UDC

湖南省工程建设地方标准 **DBJ**

DBJ 43/XXX-20XX P

P 备案号 JXXXXX-20XX

岩土工程勘察标准

Code for investigation of geotechnical engineering

20XX—XX—XX 发布 20XX—XX—XX 实施

湖 南 省 住 房 和 城 乡 建 设 厅 发 布

湖南省工程建设地方标准

岩土工程勘察标准

Code for investigation of geotechnical engineering

DBJ 43/XXX-20XX

批准部门：湖南省住房和城乡建设厅

施行日期：20XX 年 XX 月 XX 日

中国 XXXX 出版社

20XX　长　沙

前　　言

根据湖南省住房和城乡建设厅《关于印发湖南省2018年建设科技计划项目（第四、五批）及工法立项名单的通知》(湘建科函〔2018〕375号)的要求，标准编制组在广泛调查研究，认真总结湖南省工程勘察实践经验，结合国家标准体系的发展要求，参考有关国内外相关标准，并在反复验证和广泛征求意见基础上制定了本标准。

本标准主要内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 区域地质；5. 岩土的工程分类和鉴定；6. 勘察等级、勘察阶段和勘察纲要；7. 建筑工程勘察；8. 市政基础设施工程勘察；9. 不良地质作用和地质灾害；10. 特殊性岩土；11. 工程环境专项调查和工程地质测绘；12. 勘探和取样；13. 原位测试；14. 室内试验；15. 场地和地基的地震效应；16. 地下水；17. 岩土参数的统计分析和确定；18. 岩土工程分析评价及勘察报告；19. 现场检验和监测；20. 勘察项目信息化管理与应用。

根据住房和城乡建设部《工程建设标准涉及专利管理办法》（建办标[2017]3号）文件要求，经征询各编制单位，本标准不涉及专利。

本标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由中国有色金属长沙勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中如有建议或意见，请反馈至中国有色金属长沙勘察设计研究院有限公司（地址：湖南省长沙市雨花区振华路579号康庭园1栋101号，邮政编码：410007，电子邮箱：ckzonghe@126.com），以供修订参考。

本标准主编单位：中国有色金属长沙勘察设计研究院有限公司

本标准参编单位：湖南省交通规划勘察设计院有限公司
长沙市规划勘测设计研究院
湖南省地质工程勘察院
核工业长沙工程勘察院
湖南省勘查设计研究院
湖南省建筑设计院
中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司
湖南省勘测设计院
湖南省常德工程勘察院
湖南省工程勘察院
核工业衡阳第二地质工程勘察院
湖南化工地质工程勘察院有限责任公司
湖南省农林工业勘察设计研究总院
中航长沙设计研究院有限公司
中机国际工程设计研究院有限责任公司

湖南中核建设工程公司

中南大学湖南中大设计院有限公司

湖南大学设计研究院有限公司

中国能源建设集团湖南省电力设计院有限公司

湖南省城乡建设勘测院

湖南核工业岩土工程勘察设计研究院

中盐勘察设计院有限公司

本标准主要起草人：张栋材　（下列按姓氏笔画排序）

邓立志　尹传忠　王克宏　石亮平　刘　东　朱心潇　朱郴平

孙　宁　陈七五　陈广新　陈永军　陈贵庭　陈新华　苏吉平

吴其芳　张　程　张　鹏　李　磊　周　政　段平国　段坚堤

胡程亮　贺德军　黄向京　谢特华　覃明彩　彭柏兴　管太平

黎建国

本标准主要审查人：徐张建　朱晓鸣　李仲秋　杨朝辉　周德泉　彭元生　彭溅清

目次

1 总则 11
2 术语和符号 12
2.1 术语 12
2.2 符号 13
3 基本规定 16
4 区域地质 17
4.1 地形地貌 17
4.2 区域地层 17
4.3 区域地质构造 17
5 岩土的工程分类和鉴定 18
5.1 岩石的工程分类和鉴定 18
5.2 土的工程分类和鉴定 23
6 勘察等级、勘察阶段和勘察纲要 28
6.1 勘察等级 28
6.2 勘察阶段 29
6.3 勘察纲要 31
7 建筑工程勘察 34
7.1 一般规定 34
7.2 山区地基 38
7.3 丘陵区地基 39
7.4 湖区地基 40
7.5 复合地基 41
7.6 桩基工程 43
7.7 基坑工程 45
7.8 边坡工程 47
7.9 既有建筑物的改造和保护 52
7.10 施工勘察 56
8 市政基础设施工程勘察 59
8.1 一般规定 59
8.2 城市道路工程 60
8.3 桥涵工程 63
8.4 洞室和隧道工程 65

8.5 城市轨道交通工程 67
8.6 管道和架空线路工程 72
8.7 城市给排水厂站工程 77
8.8 堤岸和岸边工程 79
8.9 废弃物处理工程 84
9 不良地质作用和地质灾害 91
9.1 滑坡 91
9.2 危岩和崩塌 93
9.3 泥石流 95
9.4 岩溶 98
9.5 采空区 103
9.6 地面沉降和地面裂缝 105
9.7 活动断裂 106
10 特殊性岩土 108
10.1 填土 108
10.2 软土 108
10.3 膨胀岩土 109
10.4 红黏土 111
10.5 污染土 113
10.6 风化岩和残积土 115
11 工程环境专项调查和工程地质测绘 118
11.1 一般规定 118
11.2 工程环境专项调查 119
11.3 工程地质测绘 120
12 勘探和取样 126
12.1 一般规定 126
12.2 勘探点定位和测量 126
12.3 钻探 126
12.4 井探、槽探和洞探 128
12.5 工程物探 129
12.6 取样 130
13 原位测试 134
13.1 一般规定 134
13.2 载荷试验 134

13.3 静力触探试验 137
13.4 圆锥动力触探试验 138
13.5 标准贯入试验 139
13.6 十字板剪切试验 141
13.7 旁压试验 141
13.8 现场直接剪切试验 143
13.9 波速测试 144
13.10 岩体原位应力测试 145
13.11 激振法测试 146
13.12 地电参数测试 147
14 室内试验 149
14.1 一般规定 149
14.2 土工试验 149
14.3 岩石试验 151
14.4 水和土的腐蚀性试验 151
15 场地和地基的地震效应 153
15.1 一般规定 153
15.2 场地抗震地段划分 153
15.3 场地类别 154
15.4 液化土和软弱地基 156
15.5 地震效应分析评价 156
16 地下水 158
16.1 一般规定 158
16.2 地下水的勘察要求 158
16.3 水文地质参数测定 159
16.4 地下水作用的评价 161
16.5 地下水控制评价 161
16.6 水和土的腐蚀性评价 162
16.7 抗浮设防水位 167
17 岩土参数的统计分析和确定 169
17.1 一般规定 169
17.2 岩土参数的统计分析 169
17.3 岩土参数代表值的选用方法 170

17.4 地基承载力的确定 171
17.5 桩基承载力的估算 171
17.6 地基变形验算 173
18 岩土工程分析评价及勘察报告 174
18.1 一般规定 174
18.2 岩土工程分析评价的内容和要求 174
18.3 岩土工程勘察报告的基本要求 175
19 现场检验和监测 178
19.1 一般规定 178
19.2 现场检验 178
19.3 不良地质作用和地质灾害的监测 179
19.4 工程监测 180
19.5 地下水的监测 182
20 勘察项目信息化管理与应用 184
20.1 勘察项目管理信息系统 184
20.2 BIM 技术在勘察项目中的应用 184
附录 A 湖南省地形地貌 186
附录 B 湖南省第四纪地层 188
附录 C 湖南省区域地质构造 194
附录 D 岩土分类和鉴定 203
附录 E 圆锥动力触探和标准贯入试验锤击数修正 204
附录 F 湖南省特殊性岩土分布图 207
附录 G 钻探野外记录表 208
附录 H 物探方法及适应范围 209
附录 J 水文地质参数测定方法 211
附录 K 用变形模量估算天然和复合地基最终沉降量 212

本标准用词说明 217
引用标准名录 218
附：条文说明 219

Contents

1 General Provisions..... 11
2 Terms and Symbols..... 12
2.1 Terms..... 12
2.2 Symbols..... 13
3 Basic Requirements..... 16
4RegionalGeology 17
4.1 Topography and Geomorphology..... 17
4.2 Regional Strata..... 17
4.3Regional Geological Formations..... 17
5Engineering Classification and Identification of Rocks and Soils..... 18
5.1 Engineering Classification and Identification of Rocks..... 18
5.2 Engineering Classification and Identification of Soils..... 23
6 Investigation Grade, Stage and Outline..... 28
6.1 Investigation Grade..... 28
6.2 Investigation Stage 29
6.3 Outline of Investigation 31
7Construction Engineering Iinvestigation..... 34
7.1 General Provisions..... 34
7.2 Foundation in Mountain Area..... 38
7.3 Foundation in Hilly Area..... 39
7.4 Foundation in Lakeland..... 40
7.5 Composite Foundation..... 41
7.6 Pile Foundation Engineering..... 43
7.7 Foundation Pit Engineering..... 45
7.8 Slope Engineering..... 47
7.9 Renovation and Protection of Existing Buildings..... 52
7.10 Construction Investigation..... 56
8 Municipal Infrastructure Engineering Investigation..... 59
8.1 General Provisions..... 59
8.2 Urban Road Engineering..... 60
8.3 Bridge and Culvert Engineering..... 63
8.4 Cavern and Tunnel Engineering..... 65
8.5 Urban Rail Transit Engineering..... 67
8.6 Piping and Overhead Line Engineering..... 72
8.7 Urban Water Supply and Drainage Works Station Project..... 77
8.8 Embankment and Shore Engineering..... 79
8.9 Waste Disposal Engineering..... 84

9AdverseGeological Actions and Geological Hazards..... 91
9.1 Landslide..... 91
9.2 Dangerous Rock and Collapse..... 93
9.3 Debris Flow..... 95
9.4 Karst..... 98
9.5 Mine Goaf..... 103
9.6 Land Subsidence and Ground Fissures..... 105
9.7 Active Fault..... 106
10 Special Rock and Soil..... 108
10.1 Artificial Fill..... 108
10.2 Soft Soil..... 108
10.3 Swelling Rock and Soil..... 109
10.4 Red Clay..... 111
10.5 Contaminated Soil..... 113
10.6 Weathered Rock and Residual Soil..... 115
11 Special Investigation of Engineering Environment and Engineering Geological Survey and Mapping..... 118
11.1 General Provisions..... 118
11.2 Special Investigation of Engineering Environment 119
11.3 Engineering Geological Survey and Mapping 120
12Exploration and Sampling..... 126
12.1 General Provisions..... 126
12.2 Positioning and Surveying of Exploration Points..... 126
12.3Drilling..... 126
12.4 Costeaning, Trenching and Caving..... 128
12.5Geophysical Exploration..... 129
12.6 Sampling..... 130
13In-Situ Tests..... 134
13.1 General Provisions..... 134
13.2 Loading Test..... 134
13.3 Static cone Penetration Test..... 137
13.4 Cone Dynamic Penetration Test..... 138
13.5 Standard Penetration Test..... 139
13.6 Vane Shear Test..... 141
13.7 Pressuremeter Test..... 141
13.8 Field Direct Shear Test..... 143
13.9 Wave Velocity Determination..... 144
13.10 Measurement of RockTress..... 145

13.11 Excitation Test..... 146
13.12 Determination of Ground Electrical Transimission..... 147
14Laboratory Tests..... 149
14.1General Provisions..... 149
14.2 Test Requirements for Soils..... 149
14.3 Test Requirements for Rocks..... 151
14.4 Corrosion Test Requirements for Water and Soil..... 151
15 Seism Effect on Yard and foundation..... 153
15.1General Provisions..... 153
15.2 Seismic Section Division of Site..... 153
15.3 Site Classification..... 154
15.4 Liquefied Soil and Soft Foundation..... 156
15.5 Analysis and Evaluation of Earthquake Effect..... 156
16Groundwater..... 158
16.1General Provisions..... 158
16.2 Requirements for Groundwater Survey..... 158
16.3 Determination of Hydrogeological Parameters..... 159
16.4Evaluation of Groundwater Effect..... 161
16.5Groundwater Control Evaluation..... 161
16.6 Corrosivity Evaluation of Water and Soil..... 162
16.7 Water Level for Prevention of Up-Floating..... 167
17 Statistical Analysis and Determination of Geotechnical Parameters..... 169
17.1General Provisions..... 169
17.2 Statistical Analysis of Geotechnical Parameters..... 169
17.3 Selection of Representative Values of Geotechnical Parameters..... 170
17.4 Determination of Bearing Capacity of Foundation..... 171
17.5 Estimation of Bearing Capacity of Pile Foundation..... 171
17.6 Checking Calculation of Foundation Deformation..... 173
18 Geotechnical Engineering Analysis, Evaluation and Investigation Report... 174
18.1 General Provisions..... 174
18.2 Contents and Requirements of Geotechnical Engineering Analysis and Evaluation..... 174
18.3 Basic Requirements of Geotechnical Engineering Survey Report..... 175
19 In-Situ Testing and Monitoring..... 178
19.1 General Provisions..... 178
19.2 Field Inspection..... 178
19.3 Monitoring of Adverse Geological Processes and Geological Hazards.. 179
19.4 Engineering Monitoring..... 180

19.5Groundwater Monitoring..... 182
20Information Management and Application of Exploration Project..... 184
20.1 Survey Project Management Information System..... 184
20.2 Application of BIM Technology in Exploration Project..... 184
Appendix A Hunan Geomorphology..... 186
Appendix B Quaternary Strata in Hunan Province..... 188
Appendix CHunan Provincial Regional Geological Structure..... 194
Appendix DClassification and Identification of Geotechnical Soils..... 203
Appendix ECone Dynamic Contact, Standard Penetration Test Hammer Number Correction
..... 204
Appendix FSpecial Geotechnical Distribution Map of Hunan Province..... 207
Appendix GDrilling Field Records 208
Appendix H Geophysical Methods and Range of Adaptation..... 209
Appendix J Method for the Determination of Hydrogeological Parameters..... 211
AppendixK Estimating the Final Settlement of Natural and Composite Foundations
Using Deformation Modulus..... 212

Explanations of Wording inThis Code..... 217
List of Quoted Standards 218
Addition: Explanation of Provisions..... 219

1 总 则

1.0.1 为了在湖南省岩土工程勘察中贯彻执行国家技术经济政策，使岩土工程勘察更好地服务于工程建设全过程，做到技术先进、经济合理、安全可靠、确保质量、保护环境、节约能源和提高投资综合效益，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于湖南省各类建筑工程和市政基础设施工程的岩土工程勘察。

1.0.3 湖南省岩土工程勘察应根据工程建设各勘察阶段要求和岩土工程勘察特点，全面准确反映工程地质、水文地质与环境地质条件，查明不良地质作用和地质灾害，对场地的岩土工程特性做出分析评价，提出资料完整、评价正确的勘察报告。

1.0.4 湖南省岩土工程勘察除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关规范和标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 岩土工程勘察 geotechnical investigation

为解决岩土工程问题而进行的工程地质测绘、勘探、测试、分析、评价，以及形成岩土工程勘察报告的活动。

2.1.2 施工勘察 investigation during construction

当地质条件复杂、设计有变更或施工中发现问题时，工程建设项目有需要而进行的补充勘察。

2.1.3 不良地质作用 adverse geologic phenomena

由地球内力或外力产生的对工程可能造成危害的地质作用。

2.1.4 地质灾害 geological hazard

由不良地质作用引发的危及人身、财产、工程或环境安全的事件。

2.1.5 持力层 bearing stratum

直接承受基础荷载的有一定厚度的岩土层。

2.1.6 岩土参数标准值 standard value of geotechnical parameter

岩土工程设计时采用的岩土参数的代表值，是岩土特性指标总体平均值的一种可靠性估值。

2.1.7 黏聚力 cohesion

表征岩土颗粒之间黏结和聚合形成的强度指标，其数值等于岩土强度包线在剪应力轴上的截距，即法向应力为零时岩土的抗剪强度。又称凝聚力、内聚力。

2.1.8 内摩擦角 internal friction angle

表征岩土内摩擦特性的强度指标。由岩土颗粒的表面摩擦力和咬合力组成，其数值为摩尔包络线的切线与正应力坐标轴间的夹角，当摩尔包络线为直线时，即为该直线与正应力坐标轴间的夹角。

2.1.9 压缩模量 compressed modulus

土在完全侧限条件下的竖向附加压应力与相应的应变增量的比值。

2.1.10 地基承载力特征值 characteristic value of subsoil bearing capacity

由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值。

2.1.11 地基极限承载力 ultimate bearing capacity of foundation soils

地基土承受荷载而不发生破坏的极限能力。

2.1.12 岩土工程评价 geotechnical eavluation

对岩土的工程特性、岩土与工程的相互作用、工程建设对岩土环境造成的影响等问题的评定意见。

2.1.13 岩土工程勘察报告 geotechnical investigation report

根据任务要求、工程特点和地质条件，在勘察工作原始资料的基础上，通过整理、分析、归纳、综合、评价，提出结论和建议，形成的为工程建设服务的技术文件。

2.1.14 工程环境 engineering environment

与工程建设相互影响的地理、地质、气候、市政设施、人文和生态条件。

2.2 符号

2.2.1 岩土物理性质和颗粒组成

e —— 孔隙比；

I_L —— 液性指数；

I_P —— 塑性指数；

n —— 孔隙度，孔隙率；

S_r —— 饱和度；

w —— 含水率；

w_L —— 液限；

w_P —— 塑限；

W_u —— 有机质含量；

γ —— 重力密度(重度)；

ρ —— 质量密度(密度)；

ρ_d —— 干密度。

2.2.2 岩土变形参数

a —— 压缩系数；

C_c —— 压缩指数；

C_e —— 再压缩指数；

C_s —— 回弹指数；

C_h —— 水平向固结系数；

C_v —— 垂直向固结系数；

E_o —— 变形模量；

E_m —— 旁压模量；

E_s —— 压缩模量；

G —— 剪切模量。

2.2.3 岩土强度参数

c —— 黏聚力；

p_o —— 载荷试验比例界限压力，旁压试验初始压力；

p_f —— 旁压试验临塑压力；

p_L —— 旁压试验极限压力；

p_u —— 载荷试验极限压力；

q_u —— 无侧限抗压强度；

p_c —— 先期固结压力；

τ —— 抗剪强度；

φ —— 内摩擦角。

2.2.4 触探及标准贯入试验指标

R_f —— 静力触探摩阻比；

f_s —— 静力触探侧阻力；

N —— 标准贯入试验锤击数；

N_{10} —— 轻型圆锥动力触探锤击数；

$N_{63.5}$ —— 重型圆锥动力触探锤击数；

N_{120} —— 超重型圆锥动力触探锤击数；

p_s —— 静力触探比贯入阻力；

q_c —— 静力触探锥头阻力。

2.2.5 水文地质参数

K —— 渗透系数；

Q —— 流量，涌水量；

R —— 影响半径；

u —— 孔隙水压力。

2.2.6 其他符号

F_s —— 边坡稳定系数；

s —— 基础沉降量，载荷试验沉降量；

S_t —— 灵敏度；

α_w —— 红黏土的含水比；

v_p —— 压缩波波速；

v_s —— 剪切波波速；

δ —— 变异系数；

μ —— 泊松比；

σ_f —— 标准差。

3 基本规定

3.0.1 岩土工程勘察阶段可划分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察和施工勘察。当岩土工程条件简单时可合并勘察阶段；当地质条件复杂、设计有变更或施工中发现岩土问题且工程建设项目有需要时宜进行施工勘察；当拟建场地及其附近存在对工程安全有影响的不良地质作用和地质灾害时应进行专门勘察。

3.0.2 岩土工程勘察等级应根据工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级划分为甲级、乙级或丙级。超高层建筑、高耸结构及环境条件特别复杂或基坑变形有特殊要求的高层建筑勘察等级的划分应符合《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72 规定。

3.0.3 岩土工程勘察应根据工程建设阶段要求和岩土工程勘察等级，在搜集资料、现场踏勘和调查工作的基础上，编制勘察纲要，在勘探和测试作业前向作业人员进行质量、安全和环境技术交底。

3.0.4 岩土工程勘察使用的仪器和设备应满足检定和校准要求；现场作业应依据国家、行业规范及本标准，勘察技术要求和勘察纲要实施；室内试验应依据国家、行业规范及本标准进行，并出具试验成果。

3.0.5 岩土工程勘察现场工作及室内试验的记录应及时整理和核对，保证原始记录真实和准确；也可采用勘察项目管理信息系统实时采集、记录和存储勘察数据。

3.0.6 岩土工程勘察工作应执行《岩土工程勘察安全标准》 GB/T 50585 的有关规定，确保人员、设备及周边环境安全，并做好安全记录。

3.0.7 岩土工程勘察报告，勘察纲要，原始记录和试验成果，质量安全管理记录应建档保存。

3.0.8 岩土工程勘察的后期现场服务人员宜由参与本勘察项目的专业技术人员担任。

4 区域地质

4.1 地形地貌

4.1.1 湖南省区域地貌可划分为湘西北侵蚀构造中-低山区，湘西侵蚀、剥蚀构造中-低山区，湘南侵蚀、溶蚀构造中低山-丘陵区，湘东构造侵蚀、剥蚀中低山-丘陵区，湘中构造溶蚀、剥蚀丘陵区，湘北堆积平原区。勘察时宜明确区域地貌分区，湖南省区域地貌分区可按本标准附录 A 图 A.0.1 采用。

4.1.2 湖南省地貌单元分类可按本标准附录 A 表 A.0.2 采用。岩土工程勘察宜根据地貌单元成因、形态及地层特征进一步划分微地貌单元，并对建设场地的微地貌单元作相应的描述，评价其对工程的影响。

4.1.3 岩土工程勘察应查明对工程建设有影响的灾害地貌及地形地貌改变可能引发的地质灾害，评价其对工程的影响。

4.1.4 场地的原始地形地貌发生变化时，应对地形地貌的变迁进行调查，评价其对工程的影响。

4.2 区域地层

4.2.1 岩土工程勘察应搜集区域地质资料，确定场地岩石地层单位，查明岩层的地质年代和岩性特征。

4.2.2 岩土工程勘察应对岩层和第四纪地层进行分层，湖南省第四纪地层划分可按本标准附录 B 表 B.0.1～B.0.6 采用。

4.2.3 岩土工程勘察应根据地层的成因年代进行工程地质层序编号，并结合地层的岩性特征和物理力学指标进一步划分工程地质亚层，并对地层特征进行描述。

4.3 区域地质构造

4.3.1 湖南省属羌塘—扬子—华南板块，横跨扬子、华夏两大古陆块，经历了 6 次构造运动，岩土工程勘察应搜集区域地质构造资料。

4.3.2 岩土工程勘察场地存在深大断裂或活动断裂时，应分析其对工程的影响，提出相应建议。湖南省境内已查明的深大断裂及特征见附录 C 表 C.0.1，其分布见附录 C 图 C.0.1；湖南省现已查明的活动断裂(特指距今 1 万年以来有地震活动及地热异常等迹象的断裂)及特征见附录 C 表 C.0.2，其分布见附录 C 图 C.0.2。

5　岩土的工程分类和鉴定

5.1　岩石的工程分类和鉴定

5.1.1　岩土工程勘察应鉴定岩石的地质名称和风化程度，并进行岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分。

5.1.2　岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分，应分别按表 5.1.2-1～表 5.1.2-3 执行。

表 5.1.2-1　岩石坚硬程度分类和现场鉴别特征

类别	亚类	饱和单轴抗压强度 f_r（MPa）	现场鉴别特征	代表性岩石
硬质岩石	坚硬岩	f_r ＞60	锤击声清脆，有回弹，震手，难击碎，基本无吸水反应	花岗岩、花岗片麻岩、闪长岩、玄武岩、石英岩、灰岩、石英砂岩、硅质砾岩等
	较硬岩	30＜ f_r≤60	锤击声较清脆，有轻微回弹，稍震手，较难击碎，有轻微吸水反应	
软质岩石	较软岩	15＜ f_r ≤30	锤击声不清脆，无回弹，震手，较易击碎，指甲可刻出印痕	千枚岩、片岩、页岩、黏土质岩等
	软岩	5＜ f_r ≤15	锤击声哑，无回弹，有凹痕，易击碎，浸水后可捏成团	
	极软岩	f_r ≤5	锤击声哑，无回弹，有较深凹痕，手可捏碎，浸水后可捏成团	

注：1　当无法取得饱和单轴抗压强度数据时，可用点荷载试验强度换算，换算方法按《工程岩体分级标准》GB 50218 执行；

2　当岩体完整程度为极破碎时，可不进行坚硬程度分类。

表 5.1.2-2　岩体完整程度分级和现场鉴别特征

完整程度等级	完整性指数	现场鉴别特征				
		结构面发育程度		主要结构面结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
		组数	平均间距（m）			
完整	＞0.75	1～2	＞1.0	好或一般	节理、裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
较完整	0.55～0.75	1～2	＞1.0	差	节理、裂隙、层面	块状或厚层状结构
		2～3	1.0～0.4	好或一般		块状结构
较破碎	0.35～0.55	2～3	1.0～0.4	好	节理、裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构
		＞3	0.4～0.2	一般		镶嵌碎裂结构
						中、薄层状结构

破碎	0.15～0.35	＞3	0.4～0.2	差	各种类型结构面	裂隙块状结构
			＜0.2	一般或差		碎裂状结构
极破碎	＜0.15	无序	-	很差	-	散体状结构

注： 完整性指数为岩体压缩波速度与岩块压缩波速度之比的平方，选定岩体和岩块测定波速时，应注意其代表性。

表 5.1.2-3 岩体基本质量等级分类

完整程度 / 坚硬程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
较硬岩	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ
较软岩	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ
软　岩	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ
极软岩	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ

5.1.3 岩石风化程度的划分可按表 5.1.3 执行。

表 5.1.3 岩石按风化程度分类

岩石类别	风化程度	野外特征	风化程度参数指标		
			压缩波速度 V_p(m/s)	波速比 K_v	风化系数 K_f
硬质岩石	未风化	岩质新鲜,未见风化痕迹	＞ 5000	0.9～1.0	0.9～1.0
	微风化	组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色。有少量风化裂隙	4000～5000	0.8～0.9	0.8～0.9
	中等风化	组织结构部分破坏，矿物成分基本未变化，仅沿节理面出现次生矿物。风化裂隙发育，岩体被切割成 20～50cm 的岩块。锤击声脆，且不易击碎；不能用镐挖掘，岩芯钻可钻进	2000～4000	0.6～0.8	0.4～0.8
	强风化	组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化。长石、云母已风化成次生矿物。裂隙很发育，岩体破碎。岩体被切割成 2～20cm 的岩块，可用手折断。用镐可挖掘，干钻难钻进	1000～20000	0.4～0.6	＜0.4
	全风化	组织结构已基本破坏，但尚可辨认，并且有微弱的残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	500～1000	0.2～0.4	-
软质	未风化	岩质新鲜，未见风化痕迹	＞4000	0.9～1.0	0.9～1.0
	微风化	组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质	3000～4000	0.8～0.9	0.8～0.9

岩石		渲染或矿物略有变色。有少量风化裂隙			
	中等风化	组织结构部分破坏。矿物成分发生变化，节理面附近的矿物已风化成土状。风化裂隙发育。岩体被切割成 20～ 50cm 的岩块，锤击易碎，用镐难挖掘。岩芯钻可钻进	1500～3000	0.5～ 0.8	0.3～0.8
	强风化	组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化，含大量黏土矿物。风化裂隙很发育，岩体被切割成碎块，可用手折断或捏碎，浸水或干湿交替时可较迅速地软化或崩解。用镐或锹可挖掘，干钻可钻进	700～1500	0.3～0.5	＜0.3
	全风化	组织结构已基本破坏，但尚可辨认，并且有微弱的残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	300～700	0.1～0.3	-

注：1 波速比(K_v)为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比；

2 风化系数(K_f) 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比；

3 花岗岩类岩石，可采用标准贯入试验划分，N≥70 为强风化；70＞N≥40 为全风化；N＜40 为残积土；

4 泥岩和半成岩可不进行风化程度划分。

5.1.4 当软化系数等于或小于 0.75 时，应定为软化岩石；当岩石具有特殊成分、特殊结构或特殊性质时，应定为特殊性岩石，如易溶性岩石、膨胀性岩石、崩解性岩石、盐渍化岩石。

5.1.5 岩石的描述应包括地质年代、岩石名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造和岩石质量指标 RQD，并应符合下列规定：

1 岩石名称应按岩石学定名，两种及以上矿物组成的岩石应以次要矿物在前、主要矿物在后定名；

2 岩石应分别描述其新鲜面及风化面的颜色；

3 沉积岩应描述沉积物的颗粒大小、形态和相对含量、胶结物成分和胶结程度，岩浆岩和变质岩应描述矿物结晶大小和结晶程度；

4 岩石应分别描述结构和构造类型；

5 岩石质量指标 RQD 可分为好的（RQD＞90）、较好的（90≥RQD＞75）、较差的（75≥RQD＞50）、差的（50≥RQD＞25）和极差的（RQD≤25）。

5.1.6 岩石结构分类应符合下列规定：

1 沉积岩结构可分为碎屑结构和泥质结构等。碎屑结构按粒径大小可分为砾状结构、砂砾状结构和粉砂状结构，按颗粒的相对大小可分为等粒结构和不等粒结构；泥质结构按颗粒大小及相对含量可分为砂泥质结构、粉砂泥质结构，按组合形态可分为豆状结构、鲕状结构等；

2 岩浆岩结构应根据矿物的结晶程度及颗粒大小、形状和组合方式划分，岩浆岩结构

划分标准可按表 5.1.6 确定；

3 变质岩结构应根据变质作用和变质程度确定，可分为变晶结构、变余结构、压碎结构。

表 5.1.6 岩浆岩结构划分标准

划分类型	结构分类	鉴别方法
按结晶程度	显晶质结构	矿物颗粒比较粗大，肉眼可辨别
	隐晶质结构	矿物颗粒在肉眼和放大镜下均看不见，只有在显微镜下能识别
	玻璃质结构	矿物没有结晶
按结晶颗粒相对大小	粗粒结构	晶粒直径大于 5mm
	中粒结构	晶粒直径 2mm～5mm
	细粒结构	晶粒直径 0.2mm～2mm
	微粒结构	晶粒直径小于 0.2mm
按结晶颗粒形态	等粒结构	岩石中矿物全部为结晶质，粒状，同种矿物颗粒大小近于相等
	不等粒结构	岩石中同种矿物颗粒大小不等
	斑状结构	岩石中比较粗大的晶粒散布于较细小的物质之中

5.1.7 岩石的构造分类应符合下列要求：

1 沉积岩应根据岩石中矿物颗粒大小、成分、颜色和形态显示出来的成层现象进行分类；

2 岩浆岩构造应根据岩石中不同矿物和其他组成部分的排列与充填方式分类，岩浆岩构造分类可按表 5.1.7-1 确定；

表 5.1.7-1 岩浆岩构造分类

构造类别	鉴别特征
块状构造	组成岩石的矿物颗粒无一定的方向排列而比较均匀地分布在岩石中
流纹状构造	岩石中不同颜色的条纹、拉长了的气孔以及长条状矿物沿一定方向排列
气孔状构造和杏仁状构造	岩石中分布着大小不同的圆形或椭圆形的空洞为气孔状构造；气孔中有硅质、钙质等物质充填为杏仁状构造

3 变质岩构造应根据岩石中不同矿物颗粒在排列方式上所具有的岩石外貌特征分类，变质岩构造分类可按表 5.1.7-2 确定。

表 5.1.7-2 变质岩构造分类

构造类别	鉴别特征
片状构造	岩石由细粒到粗粒片状或柱状矿物定向排列而成，沿平行面易劈成薄片
片麻状构造	岩石由结晶颗粒较粗大而颜色较浅的粒状矿物、片状矿物或柱状矿物大致相间成带状平行排列，形成不同颜色、不同宽窄的条带
千枚状构造	岩石中矿物颗粒细小，肉眼难以分辨，为隐晶质片状或柱状矿物，并具有定向排列，沿定向排列的矿物可劈成薄片
板状构造	岩石中矿物颗粒细小，常出现较为平整的破裂面
块状构造	岩石中结晶矿物无定向排列，无定向裂开的性质
斑状构造	岩石中的结晶矿物集中，形成不同形状和大小的斑点，不均匀分布于致密状泥质基质中

5.1.8 岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型，并宜符合下列规定：

1 结构面宜描述类型、性质、产状、组合形式、发育程度、延展情况、闭合程度、粗糙程度、充填物性质及充水性质；

2 结构体宜描述类型、形状、大小和在围岩中的受力情况；

3 岩层厚度分类宜按表 5.1.8-1 确定；

4 岩体结构类型分类宜按表 5.1.8-2 确定。

表 5.1.8 － 1 岩层厚度分类

层厚分类	单层厚度 h（m）	层厚分类	单层厚度 h（m）
巨厚层 厚层	$h>1.0$ $1.0\geqslant h>0.5$	中厚层 薄层	$0.5\geqslant h>0.1$ $h\leqslant 0.1$

表 5.1.8 － 2 岩体结构类型分类

岩体结构类型	岩体地质类型	结构体形状	结构面发育情况
整体状结构	巨块状岩浆岩和变质岩，巨厚层沉积岩	巨块状	以原生构造节理为主，多呈闭合型，间距大于 1.5m,一般为 1 组～2 组，无危险结构
块状结构	厚层状沉积岩，块状岩浆岩和变质岩	块状 柱状	有少量贯穿性节理裂隙，结构面间距 0.7m～1.5m，一般为 2 组～3 组，有少量分离体
层状结构	多韵律薄层、中厚层状沉积岩，副变质岩	层状 板状	有层理、片理、节理,常有层间错动
碎裂状构造	构造影响严重的破碎岩层	碎块状	断层、节理、片理和层理发育,结构面间距 0.25m～0.5m，一般 3 组以上，由许多分离体形成
散体状结构	断层破碎带，全风化及强风化带	碎屑状 颗粒状	构造和风化裂隙密集，结构面错综复杂，多充填黏性土，形成无序碎块

5.1.9 岩体基本质量等级为Ⅳ级和Ⅴ级的岩体，鉴定和描述除按本标准第 5.1.5 条～5.1.8 条执行外，尚应符合下列规定：

1 软岩和极软岩应描述软化性、膨胀性和崩解性；

2 极破碎岩体应描述破碎原因；

3 岩体开挖后遇水软化与失水干裂特性。

5.2 土的工程分类和鉴定

5.2.1 第四纪晚更新世 Q_3 及其以前沉积的土应定名为早期沉积土，全新世中近期沉积的土应定名为新近沉积土。根据地质成因，土可划分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土和淤积土等。土根据有机质含量分类，应按本标准附录 D 表 D.0.1 执行。

5.2.2 粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50%的土应定名为碎石土，碎石土分类应按表 5.2.2 确定。

表 5.2.2 碎石土分类

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒质量超过总质量 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50%
角砾	棱角形为主	

注：定名应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

5.2.3 粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%、粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50%的土，应定名为砂土，砂土分类应按表 5.2.3-1 确定，砂土分类现场鉴别方法可按表 5.2.3-2 确定。

表 5.2.3-1 砂土分类

土的名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量 25%～50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒质量超过总质量 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50%

注：定名时应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

表 5.2.3-2　砂土分类现场鉴别方法

砂土名称 野外鉴别方法	砾砂	粗砂	中砂	细砂	粉砂
颗粒粗细	约有 1/4 以上的颗粒接近或超过小高粱粒大小	约有一半以上的颗粒接近或超过米粒大小	约有一半以上的颗粒接近或超过鸡冠花籽粒大小	颗粒粗细程度较精制食盐稍粗，与粗玉米粉相当	颗粒粗细程度较精制食盐稍细，与小米粉相当
干燥状态	颗粒完全分散	颗粒完全分散，个别胶结	颗粒基本分散，部分胶结，一碰即散	颗粒大部分分散，少量胶结，稍加碰撞即散	颗粒小部分分散，大部分胶结，稍加压即碰即散
湿润时用手拍击状态	表面无变化	表面无变化	表面偶有水印	表面有水印，有翻浆现象	表面有显著的翻浆现象
黏着感	无黏着感	无黏着感	无黏着感	偶有轻微黏着感	有轻微黏着感

5.2.4　粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%，且塑性指数等于或小于 10 的土，应定名为粉土。

5.2.5　塑性指数大于 10 的土应定名为黏性土。黏性土应根据塑性指数分为粉质黏土和黏土。塑性指数大于 10，且小于或等于 17 的土，应定名为粉质黏土；塑性指数大于 17 的土应定名为黏土。

5.2.6　除按颗粒级配或塑性指数定名外，土的综合定名应符合下列规定：

1　特殊成因和年代的土类应结合其成因和年代特征定名；

2　呈韵律沉积的同一土层，当薄层与厚层的厚度比大于 1/3 时宜定为“互层”，厚度比为 1/10～1/3 时宜定为“夹层”，厚度比小于 1/10 的土层且多次出现时宜定为“夹薄层”；

3　土层厚度大于 0.5m 时宜单独分层定名。

5.2.7　土的鉴定应在现场描述的基础上，结合室内试验的开土记录和试验结果综合确定。土的描述应符合下列规定：

1　碎石土宜描述颗粒级配、颗粒形状、颗粒排列、母岩成分、风化程度、充填物的性质和充填程度、密实度；

2　砂土宜描述颜色、矿物组成、颗粒级配、颗粒形状、细粒含量、湿度、密实度；

3　粉土宜描述颜色、包含物、湿度、密实度；

4　黏性土宜描述颜色、状态、包含物、土的结构；

5　特殊性土除应描述上述相应土类规定的内容外，尚应描述其特殊成分和特殊性质，如对淤泥尚应描述嗅味，对填土尚应描述物质成分、堆积年代、密实度和均匀性；

6　具有互层、夹层、夹薄层特征的土尚应描述各层的厚度和层理特征；

7　粉土和黏性土目力鉴别宜按表 5.2.7 确定。

表 5.2.7　粉土和黏性土目力鉴别

鉴别项目	摇振反应	光泽反应	干强度	韧性
粉土	迅速、中等	无光泽反应	低	低
黏性土	无	有光泽、稍有光泽	高、中等	高、中等

5.2.8　根据重型圆锥动力触探锤击数，碎石土密实度按 $N_{63.5}$ 分类宜符合表 5.2.8-1 的规定，根据超重型圆锥动力触探锤击数，碎石土密实度按 N_{120} 分类宜符合表 5.2.8-2 的规定。表中的 $N_{63.5}$ 和 N_{120} 应按本标准附录 E 修正。碎石土密实度现场鉴别方法可按表 5.2.8-3 确定。

表 5.2.8-1　碎石土密实度按 $N_{63.5}$ 分类

重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度
$N_{63.5}\leqslant 5$	松散
$5<N_{63.5}\leqslant 10$	稍密
$10<N_{63.5}\leqslant 20$	中密
$N_{63.5}>20$	密实

注：本表适用于平均粒径等于或小于 50mm，且最大粒径小于 100mm 的碎石土。

表 5.2.8-2　碎石土密实度按 N_{120} 分类

超重型圆锥动力触探锤击数 N_{120}	密实度
$N_{120}\leqslant 3$	松散
$3<N_{120}\leqslant 6$	稍密
$6<N_{120}\leqslant 11$	中密
$N_{120}>11$	密实

注：本表适用于平均粒径大于 50mm,或最大粒径大于 100mm 的碎石土。

表 5.2.8-3　碎石土密实度现场鉴别方法

密实度	骨架颗粒及充填物	天然边坡和开挖情况	钻探情况
松散	骨架颗粒含量小于总重的 55% ，排列十分混乱，绝大部分不接触	锹易挖掘，井壁极易坍塌	钻进很容易，冲击钻探时，钻杆无跳动,孔壁极易坍塌
稍密	骨架颗粒含量小于总重的 60%，排列混乱，多数骨架颗	不能形成陡坎，天然坡的坡度接近于颗粒的休止角；锹可	钻进较容易，冲击钻探时，钻杆稍有跳动,孔壁易坍塌

	粒不接触，而被充填物包裹，充填物稍密	挖掘，井壁易坍塌；从井壁取出大颗粒后，砂、土即塌落	
中密	骨架颗粒含量等于总重的60%～70%，呈交错排列，大部分接触，孔隙填满,充填物中密	天然坡不易陡立，或陡坎下堆积物较多，但大于粗颗粒休止角，锹镐可挖掘,井壁有掉块现象；从井壁取出大颗粒处，砂、土不易保持凹面形状	钻进较困难，冲击钻探时，钻杆、吊锤跳动不剧烈，孔壁有坍塌现象
密实	骨架颗粒含量大于总重的70%，颗粒交错紧贴，充填物密实	天然陡坎较稳定，坎下堆积物较少，锹镐挖掘困难，用撬棍才能松动，井壁取出大颗粒处，能保持凹面形状	钻进困难，冲击钻探时，钻杆及吊锤跳动剧烈，孔壁较稳定

5.2.9 砂土的密实度应根据标准贯入试验锤击数实测值 N 划分，砂土密实度分类应符合表5.2.9-1的规定。静力触探锥头阻力划分砂土密实度可根据经验确定。砂土密实度现场鉴别方法可按表5.2.9-2确定。

表5.2.9-1 砂土密实度分类

标准贯入锤击数N	密实度
N≤10	松散
10＜N≤15	稍密
15＜N≤30	中密
N＞30	密实

表5.2.9-2 砂土密实度现场鉴别方法

密实度	现场鉴别方法	
	挖掘与钻探难易程度	其他特征
松散	钻进很快，孔壁坍塌严重	一般为新近沉积物，分布在湖、塘、沟、谷或河漫滩地段， 覆土薄或无覆土；云母、有机质及粉粒含量多
稍密	挖掘或钻进快，孔壁易坍	一般为新近沉积物，上履土层较薄，多在静水或缓慢流水环境中形成；云母及有机质含量多；颗粒均匀，粉粒含量多在25%以上，稍有黏结性
中密	挖掘或钻进正常，孔壁基本稳定	一般为早期沉积物；其上部有冲积、洪积形成的覆盖土层；颗粒级配较好；云母及有机物含量少；粉粒含量一般小于25%
密实	挖掘或钻进较困难,进展慢、孔壁稳定	一般为早期沉积物；颗粒级配好，或有胶结物；云母及有机质含量少

5.2.10 粉土密实度应按孔隙比 e 划分为稍密、中密和密实状态，粉土密实度分类及现场鉴别方法宜按表5.2.10-1确定；粉土湿度应按含水率 w 划分为稍湿、湿和很湿，粉土湿度

分类宜按表 5.2.10-2 确定。

表 5.2.10-1　粉土密实度分类及现场鉴别方法

孔隙比 e	密实度	野外特征
$e<0.75$	密实	干，易捏散
$0.75\leqslant e\leqslant 0.90$	中密	手捏不易变形，用力捏时散成粉末；一按就散
$e>0.90$	稍密	手捏变形,松手后显弹性，一摇即散；两个扰动土块,摇动时不易黏合

注：粉土的密实度有经验时可用原位测试划分。

表 5.2.10-2　粉土湿度分类

含水率 w（%）	湿度
$w<20$	稍湿
$20\leqslant w\leqslant 30$	湿
$w>30$	很湿

5.2.11　黏性土的状态应根据液性指数 I_L 划分为坚硬、硬塑、可塑、软塑和流塑，黏性土状态的分类及现场鉴别方法宜按表 5.2.11 确定。

表 5.2.11　黏性土状态的分类及现场鉴别方法

天然状态		坚硬	硬塑	可塑	软塑	流塑
液性指数		$I_L\leqslant 0$	$0<I_L\leqslant 0.25$	$0.25<I_L\leqslant 0.75$	$0.75<I_L\leqslant 1$	$I_L>1$
状态特征	黏土	干而坚硬，很难掰成块	手捏感觉硬，不易变形，用力捏先裂成块，后显柔性，手按无指印	手捏似橡皮，有柔性，手按有指印	手捏很软，易变形，土块掰时似橡皮，稍用力按形成坑	土柱不能直立，自行变形
	粉质黏土	干硬，能掰开或捏成块，有棱角	手捏感觉硬，不易变形，土块用力捏散成碎块，手按无指印	手按土易变形，有柔性，掰时似橡皮，手按有指印	手捏很软，易变形，土块掰时似橡皮，稍用力按形成坑	土柱不能直立，自行变形

6　勘察等级、勘察阶段和勘察纲要

6.1　勘察等级

6.1.1　根据工程的规模和特征，以及由于岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果，工程重要性等级划分可按表 6.1.1 确定。

表 6.1.1　工程重要性等级划分

工程重要性等级	划分条件
一级工程	重要工程，后果很严重
二级工程	一般工程，后果严重
三级工程	次要工程，后果不严重

6.1.2　根据场地的复杂程度，场地等级划分可按表 6.1.2 确定。

表 6.1.2　场地等级划分

场地等级	划分条件
一级场地 （复杂场地）	符合下列条件之一者： 1　对建筑抗震危险的地段； 2　不良地质作用强烈发育； 3　地质环境已经或可能受到强烈破坏； 4　地形地貌复杂； 5　有影响工程的多层地下水、岩溶裂隙水或其它水文地质条件复杂，需专门研究的场地
二级场地 （中等复杂场地）	符合下列条件之一者： 1　对建筑抗震不利的地段； 2　不良地质作用一般发育； 3　地质环境已经或可能受到一般破坏； 4　地形地貌较复杂； 5　基础位于地下水位以下的场地
三级场地 （简单场地）	符合下列条件者： 1　对建筑抗震有利地段或一般地段； 2　不良地质作用不发育； 3　地质环境基本未受破坏； 4　地形地貌简单； 5　地下水对工程无影响

注:1　从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准；

2　对建筑抗震有利、一般、不利和危险地段的划分，应按本标准 15.2.1 条的规定确定。

6.1.3 根据地基的复杂程度，地基等级划分可按表 6.1.3 确定。

表 6.1.3 地基等级划分

地基等级	划分条件
一级地基 （复杂地基）	符合下列条件之一者： 1 岩土种类多，很不均匀，性质变化大，需特殊处理； 2 严重湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土，以及其它情况复杂，需作专门处理的岩土
二级地基 （中等复杂地基）	符合下列条件之一者： 1 岩土种类较多，不均匀，性质变化较大； 2 除严重湿陷、膨胀、盐渍、污染以外的特殊性岩土
三级地基 （简单地基）	符合下列条件者： 1 岩土种类单一，均匀，性质变化不大； 2 无特殊性岩土

注：从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

6.1.4 根据工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级，岩土工程勘察等级划分可按表 6.1.4 确定。

表 6.1.4 岩土工程勘察等级划分

岩土工程勘察等级	划分条件
甲级	在工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级中，有一项或多项为一级
乙级	除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目
丙级	工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级

注：建筑在岩质地基上的一级工程，当场地复杂程度等级和地基复杂程度等级均为三级时，岩土工程勘察等级可定为乙级。

6.2 勘察阶段

6.2.1 勘察阶段的划分应符合本标准第 3.0.1 条的规定。

6.2.2 可行性研究勘察，应评价拟建场地的稳定性和适宜性，并应符合下列要求：

1 搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产、工程地质、岩土工程和建筑经验资料；

2 在充分搜集和分析已有资料的基础上，通过踏勘了解场地的地层、岩性、构造、不良地质作用和地下水等工程地质条件；

3 当拟建场地工程地质条件复杂、已有资料不能满足要求时，应进行工程地质测绘和必要的勘探工作；

4　当有两个或两个以上拟选场地时，应进行比选分析。

6.2.3　初步勘察应对场地内拟建建筑地段的稳定性做出评价，并应符合下列要求：

1　搜集拟建工程的有关文件、工程地质和岩土工程资料及工程场地范围的地形图；

2　初步查明地层结构、地质构造、岩土工程特性，提出特殊性岩土整治措施；

3　初步查明地下水类型、补给、径流、排泄条件，调查其变化幅度，必要时应设置地下水长期观测孔。

4　查明场地不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势，并对拟建建筑地段的稳定性做出评价，提出整治措施或避让的建议；

5　抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地应对场地和地基的地震效应做出初步评价；

6　初步判定水、土对建筑材料的腐蚀性；

7　高层建筑初步勘察应对可能采取的地基基础类型、基坑开挖与支护、工程降水方案进行初步分析评价。

8　市政工程初步勘察应对可能采用的地基基础方案、围岩及边坡的稳定性、不良地质作用及特殊性岩土对市政工程的影响进行初步分析评价，提出初步建议和防治措施。

6.2.4　详细勘察应按单体建筑物、建筑群或市政项目提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数；对其地基做出岩土工程评价，并对地基类型、基础型式、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等提出建议。并应符合下列要求：

1　搜集附有坐标和地形的项目总平面图，场区的地面整平标高，项目的性质、规模、荷载、结构特点，基础型式、埋置深度，建(构)筑物地基变形允许值等资料；

2　查明不良地质作用和地质灾害的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，查明特殊性岩土性质，提出整治方案的建议；

3　查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物；

4　查明拟建场地地层成因、时代、地层结构和岩土物理力学性质，重点查明基础以下软弱和坚硬地层的分布及其特性；对于岩质地基和岩质基坑、边坡工程，查明岩石坚硬程度、岩体完整程度、基本质量等级、各风化带厚度及主要结构面的产状；

5　查明地下水的类型，补给、径流及排泄条件，初见及稳定水位，提供地下水位变化幅度；分层量测地下水位，当地下水无连续的稳定水位时或含水层之间无明显隔水层时应予说明；

6　提供岩土水文参数，对抗浮设防水位、地下水控制措施提出建议；当建议采用降水控制措施时，应评价降水对周边环境的影响；当水文地质条件复杂且对设计及施工有重大影

响时，应提出专门水文地质勘察工作的建议；

7　判定水和土对建筑材料的腐蚀性；

8　划分建筑抗震地段，确定场地类别，确定地震效应参数，判别地震对场地地基的影响；

9　分析和评价地基的稳定性和均匀性，论证采用天然地基的可行性，对基础型式和持力层选择提出建议；

10　当采用天然地基时，提供地基持力层及下卧层的承载力和变形计算参数；提出采用天然地基时设计、施工需注意的问题及建议；

11　当采用桩基础时，对桩基础类型及桩端持力层提出建议；提供桩基础设计及施工所需岩土参数；对需要抗浮的工程提供抗浮设计所需岩土参数；对地面荷载及可能对桩产生负摩阻力的地层，提供相应岩土参数并评价其影响；分析成（沉）桩可行性、挤土效应和桩基施工对环境的影响；提出设计和施工应注意的问题及建议；

12　当采用地基处理方案时，提供地基处理设计和施工所需的岩土参数；预测所选地基处理方法对环境和邻近建筑物的影响；提出地基处理试验和检验的建议；

13　对需进行沉降计算的建(构)筑物，提供地基变形计算参数，预测建筑物的变形特征；

14　市政工程宜分析评价地基工程性质、围岩分级及围岩稳定性、边坡稳定性、不良地质作用及特殊性岩土对市政工程的影响。

6.2.5　施工勘察应根据施工阶段设计和施工要求，针对所需解决的具体问题采用相应手段进行勘察，做出分析评价和建议，提供施工勘察资料。

6.3　勘察纲要

6.3.1　勘察纲要应在了解工程设计意图、充分搜集并分析已有资料和现场踏勘的基础上，依据勘察目的、任务和相应技术标准要求，针对拟建工程的特点进行编制。

6.3.2　资料的搜集应包括下列内容：

1　工程设计总平面图，场区的地面整平标高，城市隧道、道路、管道和轨道交通等线状工程的沿线带状地形图、设计纵断面图和横断面图；

2　工程结构类型、特点、规模、地下室层数、基础型式、施工方法、荷载、埋深和地基允许变形值资料；

3　区域地质和气象水文资料；

4 地质灾害评估资料；

5 场地及周边环境资料，包括既有建筑基础类型、埋置深度、既有道路等级、既有地下管线及其他地下设施资料。

6.3.3 现场踏勘应包括下列内容：

1 了解场地及周边地形地貌形态和成因类型；

2 了解场地及周边地层、岩性、构造、不良地质作用和特殊性岩土分布情况；

3 了解场地及周边地表水和地下水情况；

4 了解场地及周边建(构)筑物和地下管网等既有工程对勘察施工的影响情况；

5 了解场地平整、交通条件和施工用水用电等施工条件。

6.3.4 勘察纲要应选择和执行合同、协议、招标文件和勘察任务书要求的技术标准。

6.3.5 勘察纲要应由文字部分与图表构成。

6.3.6 勘察纲要的文字部分应包括下列内容：

1 任务来源及工程概况；

2 场地环境、工程地质条件概述；

3 勘察目的、任务及主要岩土工程问题，勘察阶段，初步确定的勘察等级；

4 勘察执行的技术标准；

5 选用的勘察方法；

6 勘察工作布置原则及主要工作量；

7 勘探完成后的现场处理；

8 拟采取的勘察质量控制、安全保证和环境保护措施；

9 拟投入的仪器设备、人员安排、进度计划及保证措施；

10 拟提供的主要勘察成果；

11 勘察安全、技术交底及验槽等后期服务。

6.3.7 拟定的勘察工作量应包括下列内容：

1 需要进行工程地质测绘和调查时，应明确测绘范围、比例尺和测绘方法；

2 勘探点间距、数量和勘探深度；

3 原位测试的种类、方法、深度、间距和数量；

4 取样器及取样方法选择，取样的间距和数量，试验样品的贮存与运输要求；

5 室内试验的内容、方法和数量。

6.3.8 勘察纲要应附有现状地形地物的拟建工程勘探点平面布置图、勘探任务书及其他图

表。

6.3.9 因场地条件变化大、地质条件复杂或设计方案变更，拟定勘察纲要不能满足要求时应及时调整或重新编制。

7　建筑工程勘察

7.1　一般规定

7.1.1　本章适用于各类房屋建筑、构筑物、工业厂房以及相关的各类地基、桩基工程、基坑工程、边坡工程、既有建筑物的改造和保护等工程建设项目的岩土工程勘察。

7.1.2　勘察等级及勘察阶段划分应按本标准第 6.1 节和第 6.2 节执行。

7.1.3　当建筑物平面布置未确定,场地勘察资料缺乏，勘察阶段可分为初步勘察和详细勘察两阶段；当建筑物平面布置已确定，场地或其附近已有勘察资料能满足初步设计要求时，可直接进行详细勘察。

7.1.4　符合下列条件之一且工程建设项目有需要时应进行施工勘察：

1　场地或地基条件复杂，项目有特殊要求；

2　设计有变更；

3　施工期间地基土、边坡体和地下水条件发生变化，需评价其对工程环境影响；

4　基坑或基槽开挖后，勘察资料不符或需查明异常情况。

7.1.5　工程勘察前应搜集比例尺不小于 1:1000 的现状地形图、地下管线资料、拟建工程设计文件、勘察技术要求，进行现场踏勘，研究已有区域地质资料及临近场地勘察资料，分析勘察场地周边环境条件，根据建筑规模和结构特征、场地和地基复杂程度、勘察技术要求编制勘察纲要。

7.1.6　根据不同勘察阶段的要求，采用有针对性的勘察手段，提出岩土工程勘察报告。

7.1.7　可行性研究勘察应符合选择场址方案设计要求，对拟建场地的稳定性和适宜性做出评价，并满足本标准第 6.2.2 条要求。

7.1.8　初步勘察应符合初步设计要求，对场地内拟建建筑地段的稳定性做出评价，并满足本标准第 6.2.3 条要求。

7.1.9　初步勘察勘探点的布置应能控制整个建筑场地，并符合下列要求：

1　勘探线应垂直地貌单元、地质构造和地层界线布置；在地形平坦地区，可按网格布置勘探点；

2　每个地貌单元均应布置勘探点，在地貌单元交接部位和地层变化较大的地段，勘探点应予加密；

3　建筑物平面布置已确定，勘探点宜优先布置在重要建筑物上，且每栋高层建筑不应少于 1 个控制性勘探点；

4　勘探孔深度应满足查明地层结构，评价场地稳定性、确定场地覆盖层厚度、进行变形计算等所需深度的要求，有特殊要求时应适当加深。

5　初步勘察勘探线和勘探点间距可按表 7.1.9 确定。

表 7.1.9　　初步勘察勘探线及勘探点间距

地基复杂程度等级	勘探线间距（m）	勘探点间距（m）
一级	40～80	25～40
二级	60～120	35～80
三级	100～150	50～100

注：1　表中间距不适用于地球物理勘探；

2　控制性勘探点宜占勘探总数的 1/5～1/3，且每个地貌单元均应有控制性勘探点；

3　高层建筑勘察精度要求较高，初勘勘探线、勘探点间距，按一级场地的规定执行。

7.1.10　初步勘察采取岩土试样和进行原位测试应符合下列要求：

1　采取岩土试样和进行原位测试的勘探点应结合地貌单元、地层结构和岩土的工程性质布置，其数量可占勘探点总数的 1/4～1/2；

2　采取岩土试样的数量和孔内原位测试的竖向间距，应按地层特点和岩土的均匀程度确定，每层岩土均应采取岩土试样或进行原位测试，其数量不宜少于 6 组（个）。

7.1.11　详细勘察应符合施工图设计要求，对场地内拟建建筑地基的稳定性做出评价。详细勘察应按单体建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数；对建筑地基做出岩土工程评价，对地基类型、基础型式、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用防治等提出建议，并满足本标准第 6.2.4 条要求。

7.1.12　详细勘察勘探点布置应符合下列要求：

1　勘探点宜按建筑物周边线和角点布置。无特殊要求的建筑物可按建筑物或建筑群的范围布置勘探点；高层建筑层数、荷载和建筑体形变异较大位置处应布设勘探点；勘察等级为甲级的高层建筑，当基础宽度超过 30m 时应在中心点或电梯井、核心筒部位布设勘探点；

2　同一建筑范围内的主要受力层或有影响的下卧层起伏较大时应加密勘探点；

3　重大设备基础应单独布置勘探点，重大的动力机器基础和高耸构筑物勘探点不宜少于 3 个；

4　单栋高层建筑勘探点的数量，勘察等级为甲级的不应少于 5 个（其中控制性勘探点不应少于 3 个），乙级不应少于 4 个（其中控制性勘探点不应少于 2 个）；

5　当需进行场地地震液化判别时，为判别液化布置的勘探点不应少于 3 个；

6　勘探点的间距可按表 7.1.12 确定。

表 7.1.12　详细勘察勘探点的间距

地基复杂程度等级	勘探点间距（m）
一级	10～15
二级	15～30
三级	30～50

注：在暗沟、塘、浜、湖泊沉积地带和冲沟地区，在岩性差异显著或基岩面起伏很大的基岩地区，在断裂破碎带、地裂缝等不良地质作用场地，勘探点间距宜取小值并可适当加密。

7.1.13　详细勘察天然地基勘探孔深度应符合下列规定：

1　勘探孔深度应自基础底面算起并能控制地基主要受力层，当基础底面宽度不大于 5m 时，勘探孔的深度对条形基础不应小于基础底面宽度的 3 倍，对单独柱基不应小于 1.5 倍，且不应小于 5m；对仅有地下室的建筑或高层建筑的裙房，可能设置抗浮桩或锚杆时，勘探孔深度应满足抗拔承载力评价的要求；当有大面积地面堆载或软弱下卧层时，应适当加深控制性勘探孔的深度；当在上述规定深度内遇基岩或厚层碎石土等稳定地层时，勘探孔深度宜根据情况进行调整；

2　高层建筑和需作变形计算的天然地基，控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；一般性勘探孔，在预定深度范围内，有比较稳定且厚度超过 3m 的坚硬地层时，可钻入该层适当深度并能正确定名和判明其性质；当在预定深度内遇软弱地层时应加深或钻穿；在基岩和浅层岩溶发育地区，当基础底面下的土层厚度小于地基变形计算深度时，一般性钻孔应钻至较完整基岩面；控制性钻孔应钻入完整基岩不小于 5m；专门查明溶洞或土洞的钻孔深度应钻入洞底完整地层不小于 5m；花岗岩地区采用箱形或筏形基础时，一般性勘探孔宜进入中等或微风化岩 1m～2m，控制性勘探孔宜钻入中等或微风化岩 3m～5m；

3　当需进行地基整体稳定性验算时，控制性勘探孔深度应满足验算要求；

4　当需确定场地抗震类别而邻近无可靠的覆盖层厚度资料时，应布置波速测试孔，其深度应满足确定覆盖层厚度的要求；

5　为判别液化布置的勘探孔深度应大于液化判别深度；

6　大型设备基础勘探点深度不宜小于基础宽度的 2 倍。

7.1.14　详细勘察采取岩土试样和进行原位测试应符合下列要求：

1　采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量应根据地层结构、地基土的均匀性和工程特点确定，不应少于勘探孔总数的 1/2，钻探取原状土试样孔的数量不应少于可取土样勘探孔总数的 1/3；

2　单栋高层建筑采取原状土试样和原位测试勘探孔数量不宜少于全部勘探孔总数的 2/3，勘察等级为甲级的不宜少于 4 个，乙级不宜少于 3 个；

3　每个场地每一主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件(组)，当采用连续记录的静力触探或动力触探为主要勘察手段时，每个场地不应少于 3 个孔；作为针对特定地层分段次测试的动力触探孔，每个场地不应少于 6 个孔，且应均匀分布；

4　主要地层中各层岩石用于单轴极限抗压强度试验的岩样不应少于 6 组（破碎岩石可用点荷载试验代替），高层建筑场地作为持力层的岩层用于单轴极限抗压强度试验的岩样不应少于 9 组；单轴极限抗压强度试验除黏土质岩可采用天然状态外，其余均应采用饱和状态；

5　对于建筑群中的地层，原状样数量和原位测试数量应符合下列要求：

1）以土层为持力层的高层建筑群，每幢高层建筑每一主要土层原状样数量不应少于 3 件（组），原位测试数量不应少于 3 次；

2）以岩石为持力层的高层建筑群，每幢高层建筑持力层单轴极限抗压强度试验的岩样不应少于 1 组，且场地内作为持力层的每种岩层单轴极限抗压强度试验的岩样数均不应少于 9 组；

3）以土层为持力层的多层建筑群，每幢建筑持力层原状样数量不应少于 2 件（组）、原位测试数量不应少于 2 次；

4）以岩石为持力层的多层建筑群，场地持力层的每种岩层单轴极限抗压强度试验的岩样数均不应少于 9 组；

5）以方格网布置勘探点的原状样数量和原位测试数量应均匀布置；

6　需判别液化的土层每层土标准贯入试验不应少于 6 次；

7　地基主要受力层内，厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体应采取土试样或进行原位测试；

8　土层性质不均匀时应增加取土试样或原位测试数量。

7.1.15　详细勘察采取土、水试样进行腐蚀性分析应满足下列要求：

1　对混凝土结构有影响的地表水应取水试样；

2　对混凝土结构有影响的各层地下水应分层采取水样，每层地下水不应少于 2 件；

3　混凝土结构处于地下水位以上时应采取土试样，数量不应少于 2 件；

4　混凝土结构部分处于地下水位以上部分处于地下水位以下时，应分别采取土、水试样；

5　对于非盐渍土和污染土场地中长年处于地下水位毛细带的土层，已采取地下水试样时可不取土试样；淋滤作用强烈地区的碎石土、砾砂、粗砂、中砂，可不取土试样；

6　土中盐类成分和含量分布不均匀时，应分区、分层采取土样。

7.1.16　详细勘察剪切波速测试应符合本标准第 15.3.3 条的规定。

7.1.17　对于埋深较大的土层，黏性土宜采用三重管单动回转取土器，砂土宜采用环刀取土器；工程需要和不易取得Ⅰ级土样的土类，应布置原位测试。原位测试及室内试验应符合本标准第 13 章和第 14 章的规定。

7.1.18　存在对工程建设有影响的不良地质作用和地质灾害、特殊性岩土的场地，勘察工作应符合本标准第 9 章和第 10 章规定；抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地，勘察工作应符合本标准第 15 章规定。

7.2　山区地基

7.2.1　山区地基勘察前宜搜集工程建设场地及对建设工程有影响周边地段的岩溶、危岩、崩塌、滑坡和泥石流等不良地质作用与地质灾害资料。

7.2.2　山区地基勘察应在工程环境专项调查和工程地质测绘的基础上进行勘探、测试工作，一级工程可进行物探工作。物探工作宜在初勘阶段进行，详细勘察应结合物探成果布置勘察工作。

7.2.3　山区地基勘察的工程环境专项调查和工程地质测绘应符合本标准第 11 章规定。

7.2.4　山区地基勘察应包括下列内容：

1　查明山前沟谷、凹地、盆地和峡谷等微地貌特征；

2　查明建设场地及周边地段有无影响场地稳定性的岩溶、危岩、崩塌、滑坡和泥石流等不良地质作用与地质灾害；

3　查明岩石地基内岩层厚度、空间分布、基岩面起伏和有无影响地基稳定性的临空面；

4　查明岩质边坡岩层结构、软弱结构面特征、结构面与临空面的关系；

5　查明填土的类型、分布、厚度、物质成分、颗粒级配、均匀性、密实性、固结程度和压缩性；

6　查明岩溶类型、发育程度、形态、大小、分布和充填情况，分析岩溶发育的主要控制因素和成因；

7　查明地下水的初见水位、稳定水位、埋藏条件、类型，补给、径流及排泄条件，季节变化幅度；多层地下水宜查明各层地下水之间的越流渗透关系；地下暗河应查明总体走向和形成的主要原因。

7.2.5　大面积回填沟谷地段地基勘察应提出暴雨山洪条件下的排洪建议，结合结构类型、填料性能和现场条件对拟压实填土应提出地基处理及质量要求的建议，位于斜坡上的填土应提出防止填土沿坡面滑动的措施建议。

7.2.6　塘、沟和积水洼地填土地基勘察应查明地下水补给、径流与排泄条件，底层软弱土体的清除情况，自重固结程度。

7.2.7　山区地基勘察应重点评价下列内容：

1　建设场地及影响范围内，存在岩溶、危岩、崩塌、滑坡和泥石流等不良地质作用与地质灾害时应提出处理措施的建议，存在潜在威胁或直接危害的滑坡、泥石流、岩溶和土洞地段不宜选作建设场地。

2　评价施工过程中挖方、填方、堆载和卸载对山坡稳定性的影响，提出处理措施的建议；

3　评价地基的均匀性，对风化不均、基岩起伏、大块孤石、多个石芽出露和软弱下卧层问题应提出地基处理措施及基础方案的建议；

4　评价水文地质条件对场地和地基的影响，管道型地下水应评价地下水潜蚀作用对地基稳定性的影响。

7.3 丘陵区地基

7.3.1　丘陵区地基与山区地基岩土工程条件类似时，勘察工作应按本标准第 7.2 节执行。本节内容主要适用于中更新统（Q_2）冲积粉质黏土地基、白垩系及第三系岩石地基。

7.3.2　丘陵区地基勘察应包括下列内容：

1　搜集降水量、暴雨强度、汇水面积等气象水文资料；

2　查明剥蚀残丘、冲沟和阶地微地貌特征，地层岩性及分布特征；

3　查明对工程有影响的地表水分布、水位、水深、水质及与地下水之间水力联系；

4　查明地下水埋藏条件、类型、水位、水质、渗透系数和水位变化幅度。

7.3.3　中更新统（Q_2）冲积粉质黏土地基勘察应符合下列要求：

1　查明地层分布、厚度、物质组成和结构特征；

2　查明地表水汇集及排泄条件，评价浸水对地基土的影响；

3　不同深度内宜均匀布置取土试样和原位测试工作；

4　地基承载力特征值可采用浅层平板载荷试验结合地区经验确定。

7.3.4　白垩系和第三系岩石地基勘察应符合下列要求：

1　查明场地内地质构造特征；

2　查明溶洞及软弱夹层的位置、规模、埋深和性状；

3　查明地下水赋存条件；

4　查明不均匀风化岩体在水平方向和垂直方向上的变化规律，囊状风化的分布深度及范围，开挖暴露后的抗风化能力；

5　破碎岩体宜采用双重管或三重管取样，破碎岩样应取不少于 6 组岩块进行点荷载试验；

6　原位测试可采用标准贯入试验、波速测试、旁压试验和载荷试验；厚层的全风化和强风化岩石宜采用原位测试、室内试验结合地区经验进一步分层，可划分为土状和碎块状。

7.3.5　丘陵区地基勘察应重点评价下列内容：

1　评价地表水和地下水对岩土层的影响，提出控制措施建议；

2　易风化岩类应提出缩短基底暴露时间和防止浸水软化地基措施建议；

3　溶洞或软弱夹层发育时应分析评价地基土的稳定性，提出工程治理措施建议；

4　软硬互层或风化程度不同地基上的工程应分析不均匀沉降对工程的影响。

7.4　湖区地基

7.4.1　湖区地基岩土工程条件与丘陵区地基和山区地基类似时，勘察工作应按本标准第 7.2 节和 7.3 节执行。本节内容主要适用于第四系全新统（Q_4）冲积湖积土地基。

7.4.2　湖区地基勘察应包括下列内容：

1　查明微地貌形态，暗埋的塘、浜、沟、坑穴和古河道的分布特征，填土分布特征；

2　查明大面积软土成因类型、成层条件、分布规律、层理特征、水平向和垂直向的均匀性，腐殖质的含量和分布；

3　查明地表硬壳层的分布和厚度，下伏硬土层或基岩的埋深和起伏；

4　查明厚层砂卵石层成因类型、成层条件、分布规律、埋深，薄层粉细砂或粉细砂透镜体的成分、分布、厚度、均匀性、密实度及力学性质；

5　查明地下水的渗透特性、水位、变化幅度和主要影响因素。

7.4.3　大面积软土地基勘察应符合下列要求：

1　勘探点间距应在满足 7.1 节有关规定的基础上加密；

2　软土原状土样宜采用薄壁取土器采取；

3　原位测试宜采用静力触探试验、十字板剪切试验和标准贯入试验；

4　软土的力学参数宜采用室内三轴试验、固结试验和高压固结试验等方法确定。

7.4.4　地表硬壳层勘察应符合下列要求：

1　地表硬壳层应重点查明分布范围、厚度、地层特性及差异性；

2　地表硬壳层的承载力及变形指标宜采用载荷试验方法确定。

7.4.5　厚层砂卵石地基勘察应符合下列要求：

1　厚层砂卵石应重点查明粉细砂夹层或透镜体的成分、分布、厚度和均匀性；

2　厚层砂卵石的密实度宜采用原位测试方法确定。

7.4.6　湖区地基勘察应重点评价下列内容：

1　评价地基产生失稳和不均匀变形的可能性，位于池塘、河岸和边坡附近的工程应验算岸坡稳定性；

2　评价地表硬壳层及下卧层的力学性质和变形特征,对下卧层应进行变形验算。

3　评价厚层砂卵石密实度的变化对基础持力层选择的影响，夹薄层或透镜体的变形特性对基础的影响；

4　评价降水和隔水措施的可行性及其对周边环境的影响。

7.5　复合地基

7.5.1　拟采用复合地基的场地除应按本标准第 7.1.5 条搜集相关基础资料外，尚应搜集本地区同类建筑复合地基工程经验，复合地基检测成果资料，场地周边建（构）筑物结构类型、基础型式及埋深资料。

7.5.2　复合地基勘察纲要应根据勘察任务书要求及场地特征编制。

7.5.3　复合地基勘察除应满足本标准第 7.1.11 条外，尚应查明下列内容：

1　勘探深度内土的种类、成因类型、沉积时代及土层空间分布；

2　相对软弱土层的分布范围、埋深、厚度、固结系数和灵敏度；

3　影响复合地基增强体施工的块石、地下洞穴、植物残体和管线；

4　多层含水层水位；

5　饱和砂土和饱和软土地基液化等级；

6　设计有要求时应进行室内配比试验；

7 提供增强体持力层建议和复合地基设计所需的岩土物理力学参数。

7.5.4 复合地基勘察应以钻探为主，原位测试宜采用静力触探试验、旁压试验、标准贯入试验和圆锥动力触探试验。

7.5.5 勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点平面布置应符合天然地基勘察要求，按建筑物周边线和角点布置；

2 勘探点平面布置宜超出拟建建（构）筑物范围 5m～10m；

3 复杂场地勘探点间距 15m～25m，中等复杂场地勘探点间距 20m～30m，勘察等级甲级宜取小值，乙级宜取大值；

4 土层层面坡度和厚度变化较大时宜加密勘探点。

7.5.6 勘探孔深度应符合下列规定：

1 勘探孔深度应满足复合地基沉降计算和地基稳定性验算需要；

2 拟采用桩（墩）体复合地基时，应查明作为桩（墩）端持力层的地层分布情况和下卧岩土层的性状；

3 遇稳定的坚硬土层或风化岩时，桩（墩）体复合地基勘探孔深度应进入坚硬土层或风化岩 3d～5d 或 3m～5m。

7.5.7 软土的室内试验应符合下列规定：

1 软弱黏性土应测定灵敏度、水平和竖向渗透系数、固结系数、无侧限抗压强度和有机质含量；

2 淤泥质土及淤泥应测定灵敏度、无侧限抗压强度和有机质含量。

7.5.8 各类复合地基岩土参数的确定应包括下列内容：

1 采用深层搅拌桩复合地基的地层应确定含水率、pH 值、有机质含量、土和地下水的腐蚀性、塑性指数、黏性土的超固结度、固化剂（包括外渗剂）与土的配比试验结果；

2 采用高压旋喷桩复合地基的地层应确定 pH 值、有机质含量、土和地下水的腐蚀性、黏性土的超固结度；

3 采用灰土挤密桩复合地基的地层应确定地下水位、含水率、饱和度、干密度、最大干密度和最优含水率；

4 采用置换砂石桩复合地基的地层应确定软黏土的含水率、不排水抗剪强度和灵敏度；

5 采用强夯置换墩复合地基的地层应确定软黏土的含水率、不排水抗剪强度、灵敏度和液化指数；

6 采用刚性桩复合地基的地层应确定含水率、地下水和土的腐蚀性、不排水抗剪强度，软黏土的超固结度；

7 采用石灰桩复合地基的地层应确定含水率、塑性指数；

8 采用夯实水泥土桩复合地基的地层应确定 pH 值、有机质含量、土和地下水的腐蚀性；

9 采用挤密砂石桩复合地基的地层应确定砂土及粉土的黏粒含量、天然孔隙比、最大和最小孔隙比、液化指数。

7.5.9 岩土工程评价与勘察报告除应符合本标准第 18 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 评价复合地基各增强体适宜性，推荐增强体复合地基类型；

2 预估增强体成桩施工的可能性，判定成桩工艺对周围土体、邻近建筑、工程设施和环境的影响，桩体与水土间相互作用的影响；

3 确定桩间土承载力，预估单桩承载力和复合地基承载力；

4 预估桩间土、桩身、复合地基和桩端下变形计算深度范围内土层的压缩性；

5 需验算复合地基稳定性的工程，提供桩间土和桩身的抗剪强度。

7.6 桩基工程

7.6.1 桩基岩土工程勘察除应满足本标准第 7.1 节要求外，尚应包括下列内容：

1 查明岩土类型、深度、分布、工程特性、成因类型、形成年代及变化规律；

2 查明水文地质条件，评价地下水对桩基设计和施工的影响，判定水质对建筑材料的腐蚀性；

3 查明不良地质作用、场地地震效应、地震参数、可液化土层和特殊性岩土的分布，分析其对桩基的影响程度，提出防治措施的建议；

4 当采用基岩作为桩的持力层时，应查明基岩的岩性、构造、岩面变化、风化程度，确定其坚硬程度、完整程度和基本质量等级，判定有无洞穴、临空面、破碎岩体或软弱岩层；

5 当采用土层作为桩基持力层时，应调查拟建建（构）筑物使用条件、地面临时及永久荷载、地面变迁情况；

6 查明场地内影响成桩的地下建（构）筑物和地下管线的设施及分布，评价成桩的可行性，提出设计和施工建议；

7 分析桩基施工对环境及周边建（构）筑物的影响；

8 提供桩基设计所需的岩土物理力学参数，推荐桩基型式及桩基持力层。

7.6.2 桩基岩土工程勘察应采用钻探和原位测试相结合的方式进行。

7.6.3 勘探点布置应符合下列规定：

1 摩擦桩勘探点应按建筑物周边或柱列线布设，间距宜为 20m～30m；当相邻两勘探点揭露的桩端持力层顶面高差大于 4m 时，在两勘探点间加密勘探点；当软弱下卧层层位变化较大或揭露的持力层性质发生变化影响桩基方案选择时，应加密勘探点；基础宽度大于 30m 的高层建筑，中心应布设勘探点；带有裙楼或外扩地下室的高层建筑勘探点布设时应将裙楼

和外扩地下室与主楼统一考虑；

2 端承桩勘探点应按柱列线布设，间距应能控制桩端持力层层面和厚度的变化，宜为12m～24m；荷载较大或复杂地基工程应每桩布置 1 个勘探点；岩溶发育地区应每桩布置 1 个勘探点；当存在构造破碎带、桩端持力层为软硬互层且厚度不均、相邻勘探点所揭露桩端持力层层面坡度超过 10％时勘探点应加密。

7.6.4 勘探孔的深度应符合下列规定：

1 土质地基、全风化岩和强风化岩地基勘探孔深度应钻入预计桩端以下 5d～8d，大直径桩宜取小值，小直径桩宜取大值；

2 岩质地基勘探孔深度应钻入预计嵌岩面以下 3d～5d，且不应小于 5m；

3 岩溶或断层破碎带勘探孔应穿过溶洞或断层破碎带进入稳定地层，进入深度不应小于 3d～5d, 且不应小于 5m；

4 持力层为花岗岩的嵌岩桩勘探孔深度应进入中等风化岩或微风化岩 5m～8m；

5 具多层韵律薄层状的沉积岩或变质岩，当风化带内强风化、中等风化和微风化岩呈互层出现时，以中等风化或微风化岩作为持力层的嵌岩桩，勘探孔深度进入中等风化岩或微风化岩不应小于 5m；

6 勘探孔深度应根据桩长最长和桩径最大方案确定；

7 群桩基础勘探孔深度应超过下卧层沉降计算深度要求，沉降计算深度宜取桩端平面下附加应力为上覆土有效自重压力 20％的深度或桩端平面下 1.5B～2.0B（B 为群桩宽度）的深度。

7.6.5 岩土试样采取及原位测试除应满足本标准 7.1.14 条外，尚应符合下列规定：

1 摩擦桩每层土层取样不应少于 6 组；

2 嵌岩桩持力层单轴极限抗压强度试验岩样不应少于 9 组；

3 软土、黏性土、粉土和砂土宜采用静力触探或标准贯入试验；碎石土宜采用圆锥动力触探。

7.6.6 室内试验应满足下列要求：

1 当需估算桩的侧阻力、端阻力和验算下卧层强度时，黏性土应进行常规物理力学试验，软土宜进行三轴压缩试验或无侧限抗压强度试验，三轴剪切试验的受力条件应模拟工程的实际情况；

2 对需估算沉降的桩基工程，应进行压缩试验，最大压力应大于上覆自重压力与附加压力之和；

3 当桩端持力层为基岩时，坚硬岩、较硬岩和较软岩应进行饱和单轴抗压强度试验和干燥单轴抗压强度试验；软岩和极软岩应进行天然单轴抗压强度试验；对无法取样的破碎和极破碎的岩石宜进行原位测试或岩石点荷载试验；

4 单桩进行水平承载力试验时应在地表下 16 倍桩径深度范围内每隔 1m 取土样进行物

理力学试验，需要验算水平力作用下桩身内力和变形时宜进行三轴压缩试验；

7.6.7　单桩竖向和水平承载力应根据工程等级、岩土性质和原位测试成果结合当地经验确定。地基基础设计等级为甲级的建筑物和缺乏经验的地区应建议进行桩基静载荷试验；承受较大水平荷载的桩应建议进行桩基水平载荷试验；承受上拔力的桩应建议进行桩基抗拔试验。

7.6.8　需进行沉降计算的桩基工程应提供计算所需的各层岩土的变形参数。

7.6.9　岩土工程评价与勘察报告除应符合本标准第 18 章的规定外，尚应包括下列内容：

1　推荐桩基类型和桩端持力层；

2　提供岩土的桩侧阻力和桩端阻力；

3　需进行沉降计算的桩基工程，提供压缩层范围内各层岩土的变形参数；

4　欠固结土和有大面积堆载的桩基工程，应分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其对桩基承载力的影响，提供负摩阻力系数，提出减少负摩阻力措施的建议；

5　评价成桩的可行性，成桩和挤土效应的影响；

6　持力层为倾斜地层、层面凹凸不平或岩土中有洞穴时应评价桩基的稳定性，提出处理措施的建议。

7.7　基坑工程

7.7.1　基坑工程勘察宜单独进行，也可与建筑地基勘察同步进行。同步勘察时，建筑地基勘察布置的工作量应满足基坑工程勘察要求，勘察报告应有基坑评价的内容。

7.7.2　当地质环境复杂、施工过程中发现地质环境与原勘察资料不符且可能影响基坑支护效果或因设计、施工原因变更基坑支护方案时尚应进行施工勘察。

7.7.3　基坑工程勘察等级的划分应符合表7.7.3的规定。

表7.7.3　基坑工程勘察等级划分

勘察等级	安全等级	破　坏　后　果
甲级	一级	支护结构失效、土体变形过大，对基坑周边环境或主体结构施工安全影响很严重
乙级	二级	支护结构失效、土体变形过大，对基坑周边环境或主体结构施工安全影响严重
丙级	三级	支护结构失效、土体变形过大，对基坑周边环境或主体结构施工安全影响不严重

7.7.4　基坑工程勘察前应搜集资料，调查基坑周边环境，进行踏勘现场。搜集的资料宜包括下列内容：

1　项目建设红线图和建筑总平面图；

2　基坑的外轮廓线、±0.000 标高、开挖深度和基坑使用期限；

3　周边道路的类型、位置、宽度、道路行驶情况、最大车辆荷载；

4　各类地下管线类型、位置、尺寸、埋深、管压的实测资料及图件；

5　邻近地下工程的资料；

6　邻近建（构）筑物的结构类型、层数、地基与基础类型、埋深、持力层资料；

7　周边地表水汇集、排泄条件以及地下管网渗漏资料；

8　基坑开挖与支护结构使用期内施工材料、施工设备及临时荷载要求。

7.7.5　基坑工程勘察应包括下列内容：

1　查明场地的地质构造和区域稳定性影响因素；

2　查明场地不良地质作用的成因、分布、规模和发展趋势，并对场地的稳定性做出评价；

3　查明场地地下水的分布、类型、水位、补给、径流和排泄条件，地表水、地下水及土的腐蚀性；

4　土质基坑应查明土的种类、成因、时代和空间分布，特殊性岩土的层厚、分布及水理性质，提供基坑设计所需的岩土参数；

5　岩质基坑应查明岩石的坚硬程度、完整程度、风化程度及岩石的水理性质，岩层软弱夹层性质及空间分布状态，提供基坑设计所需的岩土参数；

6　岩土混合基坑应查明基岩面起伏情况，接触带地下水富水状态及土质软化状态，提供基坑设计所需的岩土参数。

7.7.6　勘探点布置应符合下列规定：

1　勘探点范围应根据基坑开挖深度及场地的岩土工程条件确定；基坑外宜布置勘探点，范围不宜小于基坑深度的 1 倍；当需要采用锚杆或锚索时，范围不宜小于基坑深度的 2 倍；复杂场地、斜坡场地或深厚软土基坑的勘探范围宜适当扩大；当基坑外无法布置勘探点或超出用地红线时，应通过搜集的勘察资料结合场地内的勘察资料进行综合分析；

2　勘探点应沿基坑周边布置，勘探点间距宜取 15m～25m，且每一侧边的勘探点不宜少于 3 个；当场地存在软弱土层、暗沟或岩溶等复杂地质条件时，应加密勘探点并查明其分布和工程特性。

3　深基坑每边宜布置垂直基坑边线的勘探线，勘探线的布置应以控制地层变化为原则，每条勘探线勘探点数量不宜少于 2 个。

7.7.7　勘探孔深度应符合下列规定：

1　勘探孔深度不宜小于基坑深度的 2 倍；

2　基坑底面下遇坚硬黏性土、碎石土和岩层时可根据岩土类别和支护设计要求减少勘探孔深度；

3　基坑底面下存在软弱土层或承压水含水层时，勘探孔深度应穿过软弱土层或承压水含水层。

7.7.8　勘探点取样除应符合本标准第 12 章要求外，尚应符合下列规定：

1　深层土体和黏性土宜采用三重管单动回转取土器取样；

2　砂土宜采用环刀取土器取样。

7.7.9　室内试验应符合下列规定：

1　主要土层宜进行抗剪强度试验。抗剪强度应进行快剪及固结快剪试验，一级基坑宜进行三轴固结不排水（CU）或三轴不固结不排水试验（UU）；

2　饱和软土应进行高压固结试验；

3　砂土应进行休止角试验和颗粒分析试验；

4　存在顺层或外倾软弱结构面的岩质基坑宜测定结构面强度。

7.7.10　原位测试应符合下列规定：

1　一般黏性土和砂土应进行标准贯入试验；

2　饱和软土宜进行十字板剪切和静力触探试验；

3　碎石土和厚度大于 3.0m 的杂填土宜进行圆锥动力触探试验。

7.7.11　基坑地下水评价应包括下列主要内容：

1　区域气象水文资料；

2　地层渗透系数和涌水量；

3　地下水及土的腐蚀性；

4　分析地表水体与地下水之间的水力联系；

5　地下水的主要特征及其承压性。

6　场地水文地质条件复杂时应提出进行专门水文地质勘察的建议。

7.7.12　特殊性岩土应分析评价其工程地质特性对基坑的影响。

7.7.13　基坑工程勘察报告除应符合本标准第 18 章的规定外，尚应包括下列内容：

1　提供基坑设计所需的岩土参数；

2　评价基坑侧壁的局部稳定性、整体稳定性和坑底抗隆起稳定性，预测基坑支挡结构和侧壁的变形性状；

3　分析基坑开挖与支护结构使用期内地下水的变化情况，分析坑底和侧壁的渗透稳定性，分析基坑开挖和降水对邻近建筑物和地下设施的影响；

4　提出基坑支护结构选型建议；

5　提出地下水控制建议；

6　提出不良地质作用防治建议；

7　提出施工中可能遇到的问题及环境保护建议；

8　提出基坑监测建议。

7.8　边坡工程

7.8.1　地质环境复杂、有明显变形迹象的一级边坡工程和边坡邻近有重要建(构)筑物的边

坡工程应进行专门性边坡工程勘察。其它边坡工程可与建筑地基勘察同步进行，同步勘察时，建筑地基勘察布置的工作量应满足边坡工程勘察要求，勘察报告应有边坡评价的内容。

7.8.2 当地质环境复杂、施工过程中发现地质环境与原勘察资料不符且可能影响边坡支护效果或因设计、施工原因变更边坡支护方案时应进行施工勘察。

7.8.3 边坡工程应根据其失稳可能造成破坏后果的严重性、边坡类型和边坡高度等因素，按表 7.8.3 确定边坡工程安全等级。

表 7.8.3 边坡工程安全等级

边坡类型		边坡高度 H（m）	破坏后果	安全等级
岩质边坡	岩体类型为Ⅰ类或Ⅱ类	H≤30	很严重	一级
			严重	二级
			不严重	三级
	岩体类型为Ⅲ类或Ⅳ类	15＜H≤30	很严重	一级
			严重	二级
		H≤15	很严重	一级
			严重	二级
			不严重	三级
土质边坡		10＜H≤15	很严重	一级
			严重	二级
		H≤10	很严重	一级
			严重	二级
			不严重	三级

注：1 边坡工程各段可根据实际情况采用不同的安全等级；

2 危害性极严重、地质环境复杂的边坡工程安全等级应适当提高；

3 破坏后果造成重大人员伤亡或财产损失的定为很严重；破坏后果可能造成人员伤亡或财产损失的定为严重；破坏后果可能造成财产损失的定为不严重；

4 边坡由外倾软弱结构面控制、位于滑坡地段或滑塌区有重要建（构）筑物的边坡工程，其安全等级应定为一级。

7.8.4 边坡地质环境复杂程度的判别应符合下列规定：

1 组成边坡的岩土体种类多，强度变化大，均匀性差，土质边坡潜在滑面多，岩质边坡受外倾结构面或外倾不同结构面组合控制，水文地质条件复杂，边坡不良地质作用发育的应判定为地质环境复杂；

2 介于地质环境复杂与地质环境简单之间的应判定为地质环境中等复杂；

3 组成边坡的岩土种类少，强度变化小，均匀性好，土质边坡潜在滑面少，岩质边坡不受外倾结构面或外倾不同结构面组合控制，水文地质条件简单，边坡不良地质作用不发育的应判定为地质环境简单。

7.8.5 根据边坡工程安全等级和地质环境复杂程度，边坡工程勘察等级应符合表 7.8.5 的

规定。

表 7.8.5　边坡工程勘察等级

边坡工程安全等级	边坡地质环境复杂程度		
	复杂	中等复杂	简单
一级	一级	一级	二级
二级	一级	二级	三级
三级	二级	三级	三级

7.8.6　边坡工程勘察应包括下列内容：

1　查明边坡区域工程地质条件及环境影响因素，自然斜坡的稳定状况以及人类工程活动导致边坡稳定性可能发生变化；

2　查明地形地貌，岩土时代、类型、成因、工程特性、覆盖层厚度、基岩面的形态和坡度、岩石风化和完整程度；

3　查明主要结构面的类型、产状、发育程度、延伸程度、结合程度、充填状况、充水状况、组合关系、力学属性和与临空面的关系；

4　提供岩土的物理力学性质和软弱结构面的抗剪强度；

5　查明地下水的类型、水位、水量、主要含水层分布情况、补给和动态变化，岩土的透水性和地下水的出露情况，地表水对坡面、坡脚的冲刷情况；

6　判定地下水、土对支挡结构材料的腐蚀性；

7　边坡存在滑坡、危岩和崩塌、泥石流等不良地质作用时应符合本标准第 9 章的要求；

8　岩土混合边坡应查明基岩面起伏情况、土与岩体接触带地下水富水情况、接触带土质软化情况及其力学性质；

7.8.7　边坡工程勘察前应搜集资料，进行踏勘现场，调查边坡及边坡周边环境。搜集的资料应包括下列内容：

1　附有坐标和地形的拟建边坡的总平面布置图；

2　边坡高度、坡体结构、坡底高程和边坡平面尺寸；

3　拟建场地的整平高程和挖方、填方情况；

4　拟建支挡结构的性质、结构特点及拟采取的基础型式、尺寸和埋置深度；

5　边坡滑塌区及影响范围内的建（构）筑物的相关资料，包括建（构）筑物的荷载、结构、基础型式和埋深，地下设施的分布和埋深；

6　边坡工程区域气象水文资料；

7　影响边坡水文地质条件的管线、江河水位等因素，相关水库水位调度方案资料；

8　对边坡工程产生影响的汇水面积、排水坡度、长度和植被情况；

9　边坡周围山洪、冲沟和河流冲淤情况；

10　附近类似天然边坡的形态和坡角，软弱结构面的产状和性质及其稳定性。

7.8.8　边坡工程勘探应采用钻探、井探、槽探和物探等方法，地质环境复杂的一级边坡工程可辅以洞探。

7.8.9　勘探范围应包括坡面区域和坡面外围一定的区域，并应符合下列规定：

1　对于无外倾结构面控制的岩质边坡到坡顶的水平距离不应小于边坡高度；外倾结构面控制的岩质边坡应根据组成边坡的岩土体性质及可能破坏模式确定；

2　对于按土体内部圆弧形破坏的土质边坡不应小于 1.5 倍坡高；

3　对沿岩土界面滑动的土质边坡，后部应大于后缘边界，前缘应大于剪出口位置；

4　边坡两侧以外勘探范围视边坡环境确定；

5　勘察范围尚应包括可能对建（构）筑物有潜在安全影响的区域。

7.8.10　勘探线、点的布置应符合下列规定：

1　勘探线应以垂直边坡走向或平行主滑方向布置，在拟设置支挡结构的位置应布置纵向和横向勘探线，控制性勘探点宜为勘探点总数的 1/5～1/3；

2　每一单独边坡段勘探线不应少于 2 条，每条勘探线不应少于 2 个勘探点；

3　勘探线、点间距可按表 7.8.10 确定；

4　需直接观察软弱夹层或软弱结构面的性状或进行原位测试以及采取原状试样时，应布置探井；

5　当覆盖层的厚度不大时，为追索重要的地质界线应布置探槽。

表 7.8.10　勘探线、点间距

边坡勘察等级	勘探线间距（m）	勘探点间距（m）
一级	≤20	≤15
二级	20～30	15～20
三级	30～40	20～25

7.8.11　勘探孔深度应符合下列规定：

1　勘探孔深度应深入最下层潜在滑面以下 3m～5m,或坡脚稳定层以下不小于 5m；

2　支挡位置控制性勘探孔深度应根据可能选择的支护结构形式确定。挡墙控制性勘探孔深度宜进入持力层不小于 3m 或 1.5 倍挡墙基础宽度；悬臂桩控制性勘探孔宜进入嵌固端以下 0.7～1.0 倍悬臂段长度，嵌固段为岩质时取小值，土质时大值。

7.8.12　试验测试应符合下列要求：

1　主要岩土层土试样不应少于 6 组，软弱层宜连续取样；抗压强度的岩样不应少于 9 件，抗剪强度的岩样不应少于 3 组；现场原位测试数量宜根据现场条件确定；

2　岩土的物理力学试验应重点测试岩土层的抗剪强度，室内试验条件应与试样在边坡体内的实际受荷情况及水文地质条件相近，室内试验方法应与稳定性分析时所采用的计算方

法相适应；

3 黏土质岩宜进行天然抗压强度试验，其他岩石宜进行饱和抗压强度试验；

4 地质环境复杂的一级边坡，当需确定控制边坡稳定性的软弱结构面或软弱夹层抗剪强度时可进行现场直接剪切试验；当需确定大型边坡岩体应力、波速值时可进行动力测试及模型试验；当需确定永久边坡岩石（体）强度随时间降低的蠕变效应时可进行岩体流变试验；

5 坡体地下水宜测定流速、流向、流量、渗透性和孔隙水压力；

6 在不影响边坡安全的条件下可进行抽水试验、渗水试验或压水试验。

7.8.13 边坡监测应符合下列要求：

1 已有变形迹象的边坡宜在勘察期间至施工前进行变形监测；

2 监测内容包括边坡变形和地下水动态变化。

7.8.14 拟填土边坡可进行料源勘察，针对可能的取土地点，查明用于边坡填筑土的数量与工程性质。

7.8.15 边坡工程勘察中的勘探孔、探井和探槽等在野外工作完成后应封填密实。

7.8.16 边坡稳定性计算应符合下列规定：

1 土质边坡按水土合算原则计算时，地下水位以下宜采用土的饱和自重固结不排水抗剪强度指标；按水土分算原则计算时，地下水位以下宜采用土的有效抗剪强度指标；

2 土质边坡土压力和抗倾覆计算时，黏土、粉质黏土宜采用直接固结快剪或三轴固结不排水剪试验指标，粉土、砂土和碎石土宜采用有效应力抗剪强度试验指标；

3 土质边坡整体稳定、局部稳定和抗滑稳定性计算时，黏土、粉质黏土宜采用直接固结快剪或三轴固结不排水剪试验指标，粉土、砂土和碎石土宜采用有效应力抗剪强度试验指标；饱和软黏性土宜采用直接快剪、三轴不固结不排水试验或十字板剪切试验指标；

4 抗震设防烈度 7 度区的永久性边坡应进行地震工况下边坡稳定性校核；

5 边坡稳定安全系数 F_{st} 应符合表 7.8.16 的规定。

表 7.8.16 边坡稳定安全系数 F_{st}

边坡类型与工况		边坡工程安全等级		
		一级	二级	三级
永久边坡	一般工况	1.35	1.30	1.25
	暴雨或连续降雨工况	1.20	1.15	1.10
	地震工况	1.15	1.10	1.05
临时边坡		1.25	1.20	1.15

注：1 地震工况时，边坡稳定安全系数仅适用于塌滑区内无重要建（构）筑物的边坡；

2 对地质环境复杂或破坏后果极严重的边坡工程，其稳定安全系数应适当提高；

3 边坡使用年限不超过 2 年时可为临时边坡，超过 2 年时应为永久边坡。

7.8.17 边坡稳定性评价应符合下列规定：

1　边坡稳定性评价应采用定性分析和定量分析相结合的方法；

2　边坡稳定性分析之前应对边坡的可能破坏形式、破坏方向、破坏范围及影响范围做出判断；

3　边坡的稳定性评价应在确定边坡破坏模式的基础上进行，可采用工程地质类比法、图解分析法、极限平衡法、有限单元法进行综合分析评价。

4　边坡各区段地质条件不一致时应分区段评价。

5　高大边坡产生多级不稳定结构面时应评价各级边坡的稳定性；

6　边坡应进行地下水作用评价，论证孔隙水压力变化规律和对边坡应力状态的影响，评价雨季和暴雨过程对边坡稳定性的影响；

7　土质较软、地面荷载较大和高度较高的边坡应进行坡脚地面抗隆起、抗管涌及抗渗流稳定性评价。

8　边坡稳定性状态可分为稳定、基本稳定、欠稳定和不稳定四种状态。边坡稳定性状态划分应符合表 7.8.17 的规定；

表 7.8.17　　边坡稳定性状态划分

边坡稳定性系数 F_S	$F_S<1.00$	$1.00\leqslant F_S<1.05$	$1.05\leqslant F_S<F_{st}$	$F_S\geqslant F_{st}$
边坡稳定性状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

7.8.18　边坡工程勘察报告除应符合本标准第 18 章的规定外，尚应包括下列内容：

1　边坡勘察等级和安全等级；

2　边坡概况（含边坡要素、边坡组成、边坡类型、边坡坡体结构特征等）；

3　边坡的工程地质条件和岩土计算参数；

4　边坡岩体类别划分和可能的破坏形式以及对边坡区域建（构）筑物稳定性的影响；

5　边坡工程危险源分析；

6　不良地质作用与特殊性岩土评价，

7　边坡稳定性评价及支护～措施建议；

8　边坡变形监测要求；

9　工程活动的影响及采取的处治措施或方案建议。

7.9　既有建筑物的改造和保护

7.9.1　既有建筑物的改造和保护岩土工程勘察可分为既有建筑物增载、纠倾、加固、平移和周边环境影响需对其地基基础进行加固或保护的岩土工程勘察。

7.9.2 既有建筑物的改造和保护岩土工程勘察前的资料搜集和现场调查应包括下列内容：

1 既有建筑物的改造和保护对地基基础的设计、加固要求；

2 既有建筑物原岩土工程勘察报告和地基基础设计资料和施工资料；

3 既有建筑物的结构、基础使用现状的鉴定资料；

4 既有建筑物使用过程中场地及其周围岩土工程条件的改变情况；

5 既有建筑物改造和保护所涉及范围内的地下管线、电缆、地下构筑物的分布情况；

6 地面沉降、形变情况，地裂缝的发生、发展资料；

7 既有建筑物的沉降、裂缝、倾斜观测资料；

8 场地及其所在地区的地下水开采历史，水位降深、降速；

9 对既有建筑可能产生影响的邻近新建建筑、深基坑开挖、降水、新建地下工程的有关勘察、设计、施工、监测资料。

7.9.3 既有建筑物增载的岩土工程勘察应符合下列要求：

1 查明地基土的承载力和变形参数，分析地基土的实际受荷程度和增载后可能产生的附加沉降和差异沉降，分析既有建筑物结构、材料状况及其适应新增荷载和附加沉降的能力，建造在斜坡上的建筑物应进行稳定性验算；

2 勘探点应紧靠基础外侧布置，有条件时宜布置在基础中心线上，每栋单独建筑物的勘探点不宜少于 3 个，基础外侧适当距离处宜布置一定数量勘探点；勘探孔深度应能控制地基的主要受力层，并满足变形计算的要求；勘探方法除钻探外，宜专门布置探井查明基础类型、尺寸、材料和地基处理等情况；

3 原位测试宜包括标准贯入试验、触探试验、十字板剪切试验或旁压试验，增层数较多或增载量较大时应进行载荷试验；

4 取土间距在基底以下一倍基础宽度的深度范围内宜为 0.5m，超过该深度时可为 1m；

5 压缩试验应提供 e～lg$p$ 曲线、先期固结压力、压缩指数、回弹指数和与增荷后土中垂直有效压力相应的固结系数，剪切试验应提供三轴不固结不排水剪切试验成果；

6 岩土工程勘察报告应着重对地基土的现状进行分析评价，预测增载施工中可能遇到的岩土工程问题以及对周边建筑物和场地设施的影响，提出变形监测的建议。

7.9.4 既有建筑物纠倾的岩土工程勘察应符合下列要求：

1 重点查明建筑物产生倾斜、破坏的原因；分析比较现状地基土与既有建筑物建设前地基土的物理力学性质；确定纠倾处理方案所需的岩土工程参数；

2 勘探点的布置、原位测试、取样及室内试验要求可参照本标准第 7.9.3 条的相关规定；

3 建筑物的变形、倾斜和破坏程度较严重时应增加控制性钻孔的数量；

4　因地基压缩层薄厚不均造成的差异沉降，应加密钻孔，查明下卧软、硬层的起伏变化情况；

5　因湿陷造成的建筑物倾斜或破坏，应查明湿陷事故的范围和界限；

6　岩土工程勘察报告应着重对地基土进行分析评价，提出纠倾方案的建议；分析预测纠倾方案施工中可能遇到的岩土工程问题以及对周边建筑物和场地设施的影响，提出变形监测的建议。

7.9.5　既有建筑物加固的岩土工程勘察应符合下列要求：

1　加固勘察可分为既有建筑物主体或基础遭受外部作用或腐蚀出现结构损伤或变形破坏的加固勘察和既有建筑物改建、抗震加固或作为保护建筑的加固勘察；

2　既有建筑物主体或基础遭受外部作用或腐蚀出现结构损伤或变形破坏的加固勘察应重点查明产生建筑物开裂和基础遭受腐蚀变形破坏的原因；既有建筑物改建、抗震加固或作为保护建筑的加固勘察应重点查明地基土的物理力学性质，确定既有建筑物加固所需的岩土工程参数；

3　勘探点布置、原位测试、取样及室内试验要求可参照本标准第 7.9.3 条的相关规定；

4　岩土工程勘察报告应着重对地基土进行分析评价，提出地基基础加固方案的建议；分析预测加固方案施工中可能遇到的岩土工程问题以及对周边建筑物和场地设施的影响，提出变形监测的建议。

7.9.6　既有建筑物平移的岩土工程勘察应符合下列要求：

1　勘察范围应包括原址、平移路线和新址；

2　原址勘察应对移位建筑的地基承载力和变形进行分析，评价其满足移位要求的能力；勘察工作量的布置可参照本标准第 7.9.3 条的相关规定；

3　平移线路勘察应根据移位方式和施工要求分析场地的岩土工程条件，重点评价地基的承载能力和变形情况，提出平移轨道地基基础设计方案的建议；

4　新址勘察应按新建工程的要求，执行本标准第 7 章的相关规定；

5　岩土工程勘察报告应着重对平移建筑物原址、平移路线和新址的地基土进行分析评价；分析平移施工对周边建筑物、场地设施、地下管线的影响，提出相关监测的建议。

7.9.7　周边环境影响需对其地基基础进行加固或保护的岩土工程勘察可分为建筑物接建、邻建、评价既有建筑物受地下水抽降影响、评价基坑开挖对邻近建筑物影响和评价地下开挖对既有建筑物影响。

7.9.8　建筑物接建、邻建的岩土工程勘察应符合下列要求：

1　分析接建、邻建建筑物在既有建筑物地基土中引起的应力状态改变及其影响；

2 除按本标准第 7 章的相关要求对接建、邻建建筑物布置勘探点外，尚应为研究接建、邻建部位的地基土、基础结构和材料现状布置勘探点，探井或静力触探孔的数量不宜少于 3 个，取土间距宜为 1m；

3 压缩试验应提供 e～lg$p$ 曲线、先期固结压力、压缩指数、回弹指数和与增荷后土中垂直有效压力相应的固结系数，剪切试验应提供三轴不固结不排水剪切试验成果；

4 岩土工程勘察报告应评价由接建、邻建部分的荷载在既有建筑物地基土中引起的新的压缩和相应的沉降差；评价接建、邻建部分施工等对既有建筑物的影响，提出施工措施和变形监测的建议。

7.9.9 评价既有建筑物受地下水抽降影响的岩土工程勘察应符合下列要求：

1 分析地下水抽降与含水层埋藏条件、可压缩土层厚度、土的压缩性和应力历史的相互关系；

2 勘探孔深度应超过可压缩地层的下限；

3 压缩试验应提供 e～lg$p$ 曲线、先期固结压力、压缩指数、回弹指数和与增荷后土中垂直有效压力相应的固结系数，剪切试验应提供三轴不固结不排水剪切试验成果；

4 岩土工程勘察报告应分析预测场地可能产生地面沉降、形变、破裂及其影响，提出保护既有建筑物措施的建议。

7.9.10 评价基坑开挖对邻近建筑物影响的岩土工程勘察应符合下列要求：

1 分析既有建筑物适应附加沉降和差异沉降的能力，分析拟挖基坑在平面与深度上的位置关系和可能采用的降水、开挖与支护措施等资料；

2 查明降水、开挖影响范围内的地层结构，含水层的性质、水位和渗透系数，土的抗剪强度、变形参数；

3 着重分析预测坑底和坑外地面的卸荷回弹、坑周土体的变形位移、产生坑底隆起和管涌的可能性，分析施工降水导致的地面沉降幅度、范围和对邻近建筑物的影响；

4 岩土工程勘察报告除应符合本标准第 7.7 节的相关要求外，尚应提出基坑开挖、支护、降水方案和相关监测的建议。

7.9.11 评价地下开挖对既有建筑物影响的岩土工程勘察应符合下列要求：

1 分析已有勘察资料，工程需要时应进行补充勘探测试工作；

2 分析沿地下工程主轴线出现槽形地面沉降和在其两侧或四周的地面倾斜、挠曲的可能性及其对两侧既有建筑物的影响；

3 着重分析预测施工过程中可能产生的地面变形、围岩应力变化、围岩或建筑物地基失稳现象；

4　提出保护既有建筑物措施和进行变形监测的建议。

7.10　施工勘察

7.10.1　施工勘察应在详细勘察的基础上进行。

7.10.2　施工勘察条件宜根据场地条件、地基条件、工程特殊要求和项目设计需要按表7.10.2确定，符合施工勘察条件之一时宜进行施工勘察。

表7.10.2　施工勘察条件

类别	施工勘察条件
场地条件复杂	建筑抗震危险地段 不良地质作用强烈发育地段 地质环境已经或可能受到强烈破坏 有影响工程的多层地下水、岩溶裂隙水或其他水文地质条件复杂，需专门研究的场地 工程周边环境与工程相互影响很大，破坏后果很严重
地基条件复杂	岩土种类多，很不均匀，性质变化大，需特殊处理 特殊性岩土以及其他情况复杂需作专门处理的岩土 地基、围岩或边坡的岩土性质较差
工程特殊要求	项目有特殊要求
项目设计需要	基础施工发现有影响的土洞、溶洞、破碎带、软弱夹层、孤石和临空面，需查明其范围及工程性质 地基土受施工扰动、雨水浸泡，需查明其性状及工程性质 开挖验槽时发现岩土性状、地下水情况与勘察资料存在差异 基坑工程在详细勘察阶段难以查明主要结构面的产状

7.10.3　施工勘察应符合下列规定：

1　按设计要求搜集勘察报告、施工方案、工程周边环境调查报告及施工中形成的相关资料；

2　搜集和分析工程检测、监测和观测资料；

3　充分利用施工开挖面了解岩土工程条件，分析需要解决的岩土工程问题；

4　根据岩土工程问题的复杂程度、已有的勘察资料和场地条件确定施工勘察方法和工作量；

5　针对具体的岩土工程问题进行分析评价，提供所需岩土参数，提出工程处理措施的建议。

7.10.4　勘探点布置应符合下列规定：

1　勘探线应沿建（构）筑物轴线或按柱网布置；

2　勘探点宜按建（构）筑物、线路特点、施工方法、施工工艺和基础类型布置；

3　施工勘察勘探点间距可按表 7.10.4-1 确定；

表 7.10.4-1　施工勘察勘探点间距

工程重要性等级	地基复杂程度等级	勘探点间距（m）
一级	一级	2～3
二级	二级	3～5
三级	三级	5～10（8）

注：1　勘探点包括钻探、钎探、触探、探井和平硐；
　　2　岩溶区施工勘察勘探点的最大间距为 8m。

4　独立基础施工勘察勘探点布置可按表 7.10.4-2 确定；

表 7.10.4-2　独立基础施工勘察勘探点布置

基础底面积 A（m^2）	A≤3	3＜A≤10	A＞10
勘探点数量（个）	1	2	≥3

5　大直径端承桩桩基持力层检验时施工勘察勘探点数量可按表 7.10.4-3 确定；

表 7.10.4-3　大直径端承桩桩基持力层检验时施工勘察勘探点数量

工程重要性等级	地基复杂程度等级	桩基设计等级	勘探点数量占比
一级	一级	甲级	1/1
二级	二级	乙级	＞1/3 ～＜1/1
三级	三级	丙级	≤1/3

注：1　勘探点数量占比指施工勘察所需勘探点占施工图设计基桩总数的比例；
　　2　按工程重要性等级、地基复杂程度等级及桩基设计等级选取的勘探点数量不一致时，取大值；
　　3　场地或单位工程的施工勘察勘探点数量不应少于 10 个。

6　岩溶中等、强烈发育地段进行施工勘察时，对于抗拔桩、立柱桩宜采用一桩一孔；对于采用承重连续墙的支护结构宜采用一槽两孔；对于荷载较大的工程桩或大直径嵌岩桩可采用一桩多孔或钻孔结合孔中物探方法确定持力层性状，一桩多孔的勘探点数量可按表 7.10.4-4 确定；

表 7.10.4-4　一桩多孔的勘探点数量

桩径 d（m）	d＜1.2	1.2≤d＜1.5	1.5≤d＜1.8	d≥1.8

每桩位布置勘探点数量(个)	1	2	3	≥4

注：当辅以孔中物探时，每根桩应布置不少于 1 个钻孔。

7.10.5 勘探点深度及取样应符合下列规定：

1 条形基础和单独基础的施工勘察勘探孔深度可按表 7.10.5 确定；

表 7.10.5 条形基础和单独基础施工勘察勘探孔深度（m）

宽度（m） 基础型式	1	2	3	4
条形基础	8	10	12	—
单独基础	—	8	10	12

2 箱型基础和筏板基础的勘探孔深度应超过地基变形计算深度；

3 桩基础的勘探孔深度应穿过桩端平面以下持力层一定深度，达到预计桩端以下 3d～5d，且不应小于 3m，对大直径桩不应小于 5m；

4 遇软土、砂层、溶洞和土洞时应穿过上述地层进入持力层 3m。

5 当需要验证岩土的物理力学性质指标时，取样应符合本标准第 7.1.14 条的规定。

7.10.6 施工勘察报告的文字部分应包括前言、场地岩土工程条件、地基评价、结论和建议；图表部分应包括勘探点平面布置图及工程地质柱状图等。

8　市政基础设施工程勘察

8.1　一般规定

8.1.1　本章适用于城市规划区内的道路、桥涵、洞室与隧道、城市轨道交通、管道和架空线路，城市给排水设施、堤岸和岸边工程、废弃物处理工程的岩土工程勘察。

8.1.2　市政工程勘察的勘察等级及勘察阶段划分应符合《市政工程勘察规范》CJJ 56 与《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的规定。

8.1.3　市政工程勘察的岩土分类和试验方法应执行本标准相关章节的规定。市政工程勘察中建筑抗震地段划分、场地土类型、建筑场地类别及地震液化评价等应根据市政工程类别和设计要求选用相应的规范。

8.1.4　市政工程勘察应在充分搜集、整理、分析利用已有勘察资料的基础上，根据不同勘察阶段、市政工程的类型及勘察等级综合确定勘察工作量。既有市政基础设施的改扩建工程勘察应针对工程特点和新的工程设计条件在充分利用原勘察资料基础上进行。

8.1.5　市政工程勘察实施前应开展工程周边环境及地下设施的专项调查，取得地形图以及地下管线、设施和障碍物等现状资料，并经现场确认。

8.1.6　可行性研究勘察应符合下列要求：

1　工程位于抗震危险地段，应分析评价地震诱发产生地质灾害的可能性及对工程的不利影响，提出避让或防治建议；

2　工程场地存在特殊性岩土时，应初步了解其工程地质特征、成因和分布范围，提出避让或防治建议；

3　工程场地或附近存在不良地质作用时，应初步了解其类型、分布范围和危害程度，提出避让或防治建议；

4　工程周边环境可能影响工程方案时，应了解分析其与工程的相互影响，提出避让或保护建议。

8.1.7　初步勘察应符合下列要求：

1　初步查明场地内或附近对工程有影响的不良地质作用类型和规模，分析其对工程建设的危害程度，对场地的适宜性做出评价；

2　初步查明特殊性岩土的工程地质特性、成因和分布范围，分析其对工程建设的影响，提出防治建议；

3　对可能采用的地基基础方案、围岩及边坡支护方案进行初步分析评价。

8.1.8　详细勘察应符合下列要求：

1　详细查明场地内及其附近对工程有影响的不良地质作用类型和规模，分析其危害程度，提出防治措施建议和相关设计参数；

2　详细查明特殊性岩土的工程地质特征、成因和分布范围，分析其对工程建设的影响，提出处理建议和设计所需的岩土参数；

3　分析评价地基土工程性质、围岩分级及稳定性和边坡稳定性；

4　分析评价设计与施工中的可能遇到的岩土工程问题。

8.1.9　符合下列情况之一时，应进行专门勘察：

1　对工程周边重要建（构）筑物或对工程建设有重要影响的地下设施，需查明其与拟建市政工程之间的相互影响时，应进行专门岩土工程勘察；

2　对一级工程，当水文地质条件对工程评价或工程降水有重大影响或需论证工程使用期间水位变化和抗浮设计水位建议值时，应进行专门水文地质勘察；

3　对既有市政基础设施的改扩建工程，当需评估既有地基基础的工程状态和分析其再利用性能时，应进行专门岩土工程勘察。

8.2　城市道路工程

8.2.1　本节适用城市道路、公交场站和城市广场等工程的岩土工程勘察。

8.2.2　城市道路勘察应对沿线路基的稳定性和岩土条件做出工程评价，并为路基设计、不良地质作用的防治、特殊性岩土的治理等提供岩土参数和建议。

8.2.3　可行性研究勘察应以搜集资料、工程地质调查和测绘为主，工程需要时可布置少量勘探测试工作。

8.2.4　可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：

1　根据沿线工程地质和水文地质条件，分析评价拟建场地的稳定性和适宜性；

2　道路沿线位于抗震危险地段时，应分析评价地震诱发次生地质灾害的可能性以及对工程的不利影响；

3　道路沿线存在特殊性岩土时，应了解其工程特性，分析评价可能造成的不利影响；

4　道路沿线存在不良地质作用时，应了解其分布的范围，分析评价对道路工程的影响。

8.2.5　初步勘察勘探点布置宜符合下列要求：

1　初步勘察勘探点间距宜根据场地或岩土条件复杂程度等级和道路分类按表 8.2.5 确定，公交场站和城市广场勘探点宜按网格状布置，勘探点间距宜为 100m～200m；

表 8.2.5　初步勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件复杂程度等级	一般路基	高路堤、陡坡路堤	路堑、支挡结构
一级	150～300	100～150	100～150
二级	300～500	150～300	150～250
三级	400～600	300～500	250～400

2　场地及岩土条件特别复杂的区段可加密勘探点，并应布置控制性横断面。

8.2.6　初步勘察勘探孔深度应满足路基地基稳定性分析、变形计算和地基处理方案比选要求。

8.2.7　初步勘察应重点分析评价下列内容：

1　阐明沿线的地形地貌、地质构造，进行拟建地段稳定性评价；

2　根据路基地基土、地下水条件，提供道路初步设计所需的岩土参数；

3　根据特殊性岩土的类别、分布范围和性质，提出初步处理建议；

4　根据不良地质作用和地质灾害的分布范围和影响程度，提出初步防治措施建议。

8.2.8　详细勘察勘探点的布置应符合下列要求：

1　道路勘探点宜沿道路中线布置。当一般路基的道路宽度大于 50m、其他路基形式的道路宽度大于 30m、条件受限时宜在道路两侧交错布置勘探点。当路基岩土条件特别复杂时，应布置横剖面；

2　详细勘察勘探点间距可根据场地或岩土条件复杂程度等级和道路分类按表 8.2.8 确定，公交场站和城市广场勘探点宜按网格状布置，勘探点间距宜为 50m～100m；

表 8.2.8　详细勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件复杂程度等级	一般路基	高路堤、陡坡路堤	路堑、支挡结构
一级	50～100	30～50	30～50
二级	100～200	50～100	50～75
三级	200～300	100～200	75～150

3　每个地貌单元应布置勘察点，当勘探点间地质条件变化较大时应适当加密；

4　路堑、陡坡路堤及支挡工程的勘察，应在代表性的区段布设工程地质横断面，每条横断面上的勘探点不应少于 2 个；

5　当存在暗浜、厚层填土等不良地质条件时，应适当加密钻孔，并能控制边界线。

8.2.9　详细勘察勘探孔深度应符合下列要求：

1　一般路基、公交场站和城市广场的勘探孔深度不应小于原地面下 5m，挖方路基应达到路面标高以下 5m；

2　高路堤、陡坡路堤、路堑和支挡工程，孔深应结合设计方案的需要确定，勘探孔深度应满足稳定性分析评价要求；

3　当分布有填土、软土和可液化土层时，勘探孔宜钻穿该层至稳定地层或勘探深度满足稳定性分析评价要求；

4　在勘探深度内遇基岩时，部分勘探孔应进入基岩一定深度，查明基岩风化特征。

8.2.10　详细勘察取样应在原地面或路面设计标高以下 1.5m 和软土地区原地面或路面设计标高以下 3m 深度范围内取土样，取土间距宜为 0.5m。

8.2.11　详细勘察应重点分析评价下列内容：

1　岩土分布特征，提供路基干湿类型和道路设计所需的岩土参数；

2　地下水的分布、变化规律和地表水情况，分析评价对工程的不利影响；

3　工程地质、水文地质条件变化较大时，应进行分区评价；

4　不良地质作用的分布及其对工程的影响，提出针对性处理建议；

5　分析评价高路堤的地基承载力、稳定性，提供地基沉降计算参数，提出地基处理方法的建议，工程需要时应通过专项分析预测路基沉降；

6　评价挖方路堑段岩土条件和地下水对支护结构的影响，提供边坡稳定性验算、支护结构设计和施工所需岩土参数；

7　对路堑、下沉广场等挖方工程，工程需要时，应进行专项工作，分析评价地下水在施工和使用期间的变化及其对工程的影响，提出防治措施，提供抗浮设计建议；

8　高路堤及路堑设置支挡结构时，应分析评价地基的均匀性、稳定性和承载力，提供地基处理方法的建议；

9　对路桥接驳过渡段，应分析桥台与路堤的变形差异特征，提出接驳段沉降协调控制的地基处理措施相关建议；

10　根据公交场站、城市广场的道路与地面工程特点，分析地基的均匀性、承载力及变形特性，提供设计所需的参数，工程需要时尚应提供地基处理、挖填方或支护措施的建议。

8.2.12　丘陵和山区城市道路勘察除按本标准有关规定执行外，还应符合《公路工程地质勘察规范》 JTG C20 的有关规定。

8.2.13　对原有道路拓宽、加固时，应充分利用已有勘察资料，当已有资料不能满足设计要

求时，可按本节规定进行勘察。工程需要时宜进行原有道路状况和路面结构的专项调查，分析路基病害原因，提出防治措施的建议。

8.2.14 筑路材料勘察应按《公路工程地质勘察规范》 JTG C20 规定执行。

8.3 桥涵工程

8.3.1 本节适用于城市桥梁、涵洞及人行地下通道等工程的岩土工程勘察。

8.3.2 桥涵勘察应对地基做出岩土工程评价，为地基方案选择及基础设计提供工程地质依据和设计参数，并提出相应的建议。

8.3.3 可行性研究勘察应以搜集资料、工程地质调查和测绘为主，在特大桥、大桥的主要墩台部位宜进行适当的勘探工作。

8.3.4 可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：

1 初步调查不良地质作用的分布范围，分析评价其影响；

2 当分布有特殊性岩土时，应分析其工程特性及可能造成的不利影响；

3 分析评价拟建场地的稳定性和工程建设的适宜性。

8.3.5 初步勘察勘探线应与桥梁的轴线方向一致，勘探点宜布置在桥梁轴线两侧可能建造墩台的部位。对特大桥的主桥，每个墩台勘探点不宜少于 1 孔，对其他墩台，可采取隔墩布置。勘探孔深度应满足地基基础方案比选和地基稳定性、变形计算的要求。

8.3.6 初步勘察应重点分析评价下列内容：

1 初步分析地基稳定性、地基变形特征，对可能采用的地基方案进行比选分析；

2 拟采用桩基时，分析备选桩端持力层的分布变化规律，提出桩型、施工方法的初步建议，提供桩侧摩阻力和端阻力；

3 当存在特殊性岩土时，分析其工程特性，并评价其对桥涵工程产生的不利影响；

4 分析评价周边环境与拟建桥涵工程的相互影响，提出防治措施初步建议。

8.3.7 详细勘察勘探点的布置应符合下列规定：

1 对特大桥的主桥，每个主墩台勘探点不应少于 2 个；对其他桥梁，宜逐墩台布置勘探点；

2 对人行天桥主桥可逐墩台布点，梯道可隔墩台布点，梯脚部位应布置勘探点；

3 单个涵洞、人行地下通道的勘探点不应少于 2 个，当场地或岩土条件复杂程度为一级时应适当增加勘探点；

4 相邻勘探点揭示的地层变化较大、影响基础设计和施工方案的选择时，应按墩台适

当增加勘探点数量；

5　城市涵洞和人行地下通道的勘探点间距宜为 20m～35m。

8.3.8　详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1　当拟采用天然地基时，勘探孔深度应能控制地基主要受力层；一般性勘探孔应达到基底下（0.5～1.0）倍的基础宽度，且不应小于 5m；控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；对覆盖层较薄的岩质地基，勘探孔深度应达到持力层（或埋置深度）以下 3m～5m；

2　当拟采用桩基时，控制性勘探孔应穿透桩端平面以下压缩层厚度；一般性勘探孔深度宜达到预计的桩端以下 3d～5d，且不应小于 3m，对于大直径桩不应小于 5m；嵌岩桩的控制性勘探孔应深入预计嵌岩面以下 3d～5d，一般性勘探孔应深入预计嵌岩面以下 1d～3d，并应穿过溶洞、破碎带、软弱夹层，达到稳定地层；

3　当采用沉井基础时，勘探孔深度应根据沉井刃脚埋深和地质条件确定，宜达到沉井刃脚以下（0.5～1.0）倍沉井直径（宽度），并不应小于 5m。

8.3.9　详细勘察应重点分析评价下列内容：

1　对地基基础方案进行分析评价，提供设计所需的岩土参数，对设计与施工中的岩土工程问题提出建议；

2　当拟采用桩基时，提出桩型、施工方法的建议，分析拟选桩端持力层及下卧层的分布规律，提出桩端持力层方案的建议；

3　提供计算单桩承载力和桩基变形验算的岩土参数，评价成桩可能性，论证桩的施工条件及其对周边环境的影响；

4　当桩身周围有液化土层分布时，应评价液化土层对桩基设计的影响，提供相应参数；

5　当桩身周围存在可能产生负摩阻力的土层时，应分析其对桩基承载力的影响；

6　当拟采用沉井时，提供井壁与土体间的摩擦力，沉井设计、施工和沉井基础稳定性验算的相关岩土参数；

7　评价地下水对沉井施工可能产生的影响和沉井施工可行性，论证沉井施工条件及其对环境的影响；

8　对涵洞、人行地下通道等工程，分析评价地下水对工程的影响；工程需要时，应进行专项工作，分析评价地下水在运营期间的变化，提供抗浮设计的建议；

9　对在河床中设墩台的桥梁，应提供抗冲刷计算所需的岩土参数。

8.4 洞室和隧道工程

8.4.1 本节适用于明挖的无压地下洞室和各种城市暗挖施工隧道的岩土工程勘察。

8.4.2 洞室、隧道工程应根据设计阶段的任务、目的和要求，采用综合勘察方法，评价围岩地质条件、围岩稳定性以及进出洞口、竖（斜）井、横洞和风道等特殊部位的工程地质条件，提供设计和施工所需的岩土参数。

8.4.3 可行性研究勘察应以搜集资料、现场调查为主，辅以必要的勘探测试工作，了解拟选方案的地形地貌、地层岩性、地质构造、工程地质、水文地质和环境条件，做出可行性评价。当存在两个或以上拟选场地时，应进行洞室、隧道可行性比选。勘探点间距宜为 400m～500m，且沿线每一工程地质单元不应少于 1 个勘探点，勘探点深度应根据工程规模和拟建场地岩土工程条件综合确定。

8.4.4 可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：

1 拟建场地的稳定性及适宜性；

2 分析评价围岩分级、地应力分布、水文地质条件、洞口稳定条件及施工对环境的影响等，提出洞室、隧道位置建议；

3 存在不良地质作用、特殊性岩土时，分析其对洞室、隧道建设的影响。

8.4.5 初步勘察应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺洞身宜为 1:1000～1:2000，隧洞口边坡影响范围宜为 1:500，断面图宜为 1:100～1:200；

2 勘探点应布置在洞室、隧道外侧 3m～5m（水域 6m～10m），宜交错布置。勘探点间距宜为 100m～200m，山岭隧道勘探点的数量与位置应根据区域地质资料、地质调查和测绘及物探结果确定；

3 松散地层中，一般性勘探孔应进入拟建洞室、隧道底板以下不小于 1.5 倍洞室、隧道高度，控制性勘探孔深度应进入拟建洞室、隧道底板以下不小于 2.5 倍洞室、隧道高度；微风化和中等风化岩石中，勘探孔应进入拟建洞室、隧道底板以下，且不宜小于 1.0 倍洞室、隧道高度。遇岩溶、土洞或暗河时应穿透并根据需要加深勘探孔；

4 当存在有害气体或地温异常时，应进行有害气体成分、含量或地温测定；

5 水文地质条件复杂时应进行水文地质试验。

8.4.6 初步勘察应重点分析评价下列内容：

1 初步查明区域地质、构造、地貌、地层和水文地质条件，调查地下有害气体情况；

2 初步查明不良地质作用和地质灾害、特殊性岩土的类型、分布、性质及对洞室、隧

道工程的影响，提出防治措施的建议；

3 初步查明地表水、地下水条件，评价对洞室、隧道施工的影响；

4 初步确定岩土施工工程分级、围岩分级，提出围岩的物理力学性质参数，评价洞室、隧道围岩的稳定性；

5 初步评价进出洞口、竖(斜)井、导坑、横洞等位置的工程地质条件以及岩土体稳定性，提出工程防护措施的建议。

8.4.7 详细勘察应符合下列规定：

1 详细勘察应以钻探测试为主，工程需要时辅以物探和洞探；

2 查明地层岩性及其分布，划分岩体结构类型和风化程度，进行岩石物理力学性质试验；

3 查明断裂构造和破碎带的位置、规模、产状和力学属性；

4 查明不良地质作用的类型、性质和分布，并提出防治措施的建议；

5 查明主要含水层的分布、厚度、埋深，地下水的类型、水位、补给、径流、排泄条件和水质腐蚀性，预测开挖期间出水状态和涌水量；当需进行施工降水时，应分段提出工程降水方案和有关参数。

8.4.8 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点应布置在洞室、隧道外侧 3m～5m（水域 6m～10m），宜交错布置；

2 松散地层中，场地及岩土条件复杂时，勘探点间距应为 10m～30m；场地及岩土条件中等复杂时，勘探点间距应为 30m～40m；场地及岩土条件简单时，勘探点间距应为 40m～50m；

3 山岭隧道在地质条件简单、岩性单一、无构造影响的洞身段，勘探点间距宜为 100m～150m；岩土条件复杂的洞身段，勘探点间距宜为 50m～100m；隧道口应根据岩土条件复杂程度布置横断面；

4 隧道过沟浅埋段应布置勘探点；

5 地质构造复杂地段、岩体破碎带和水文地质条件复杂的地段应布置勘探点；

6 竖(斜)井、导坑、横洞等辅助通道应布置勘探点。

8.4.9 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 松散地层中，一般性勘探孔应进入拟建洞室、隧道底板以下不小于 1.5 倍洞室、隧道高度，控制性勘探孔深度应进入拟建洞室、隧道底板以下不小于 2.5 倍洞室、隧道高度；

2 微风化及中等风化岩石中，勘探孔深度应进入隧道底板以下 0.5 倍洞室、隧道高度且不小于 5m。遇岩溶、土洞、暗河应穿透并根据需要加深勘探孔。

8.4.10 详细勘察原位测试与岩土试验除应符合本标准第 13 章和第 14 章的规定外，还应根据具体施工方法及设计要求进行相应的原位测试与试验项目。

8.4.11 详细勘察应重点分析评价下列内容：

1 分析评价拟建场地的不良地质作用、特殊性岩土的分布及对洞室、隧道的影响，提供相应处理措施的建议；

2 分析评价围岩的稳定性和山岭隧道洞口斜坡的稳定性；

3 分析评价地质构造复杂地段及不利地形对洞室、隧道工程的影响；

4 提供洞室、隧道影响深度范围内承压水、有害气体分布情况，并分析评价其对洞室、隧道设计和施工可能产生的影响，提出处理措施；

5 对可能产生的流砂、管涌等，提出防治建议；

6 根据沿线工程地质条件、水文地质条件和环境地质条件评价施工工法的适用性，地质条件特别复杂地段应提出超前地质预报和监控量测的建议；

7 分析进出洞口、竖(斜)井、导坑、横洞等辅助通道的工程地质条件，评价其稳定性；

8 根据沿线地下设施及障碍物专项调查结果，分析评价其对洞室、隧道设计和施工的不利影响，以及洞室、隧道施工对环境的不利影响，并提出处理建议。

8.4.12 当洞室和隧道工程可能产生偏压、膨胀压力、岩爆和其他特殊情况时，应进行专门研究。

8.5 城市轨道交通工程

8.5.1 本节适用于城市轨道交通工程地下车站、高架车站、路基和涵洞的岩土工程勘察；地面车站、车辆基地的建（筑）物及附属设施的勘察应按本标准第 7 章的相关规定执行；地下工程及高架工程中的区间岩土工程勘察，应按本标准第8.3节及第8.4节的相关规定执行。

8.5.2 可行性研究应以搜集资料、现场调查为主，辅以必要的勘探测试工作；了解场地的岩土工程条件、周边环境条件，分析研究控制线路方案的主要岩土工程问题和重要工程周边环境，为线路、站位、线路敷设形式、施工方法等方案的设计与比选、技术经济论证、工程周边环境保护及编制可行性研究报告提供地质资料。勘探点的间距除满足本标准第 8.3.3 条和第 8.4.3 条之外，勘探点间距不宜大于 1000m，每个车站应有勘探点。

8.5.3 可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：

1 分析不良地质作用及特殊性岩土对工程建设的影响；

2 评价拟建场地的稳定性及适宜性。

8.5.4 初步勘察应初步查明场地的工程地质和水文地质条件，分析评价地基基础型式和施工方法的适宜性，预测可能出现的岩土工程问题，提供初步设计所需的岩土参数，提出复杂或特殊地段岩土治理的初步建议。

8.5.5 初步勘察勘探点的布置在满足本标准第 8.3.5 条和第 8.4.5 条之外，尚应符合下列规定：

1 地下车站的勘探点宜按结构轮廓线布置，每个车站勘探点数量不宜少于 4 个，勘探点间距不宜大于 100m；高架车站勘探点数量不宜少于 3 个，间距宜为 80m～150m；

2 路基（包括车辆基地的路基工程）、涵洞工程应在每个地貌、地质单元布置勘探点，在地貌、地质单元交接部位和地层变化较大地段应加密勘探点；路基的勘探点间距宜为 100m～150m，支挡结构、涵洞应有勘探点控制；路堤、路堑应布置横断面。

8.5.6 初步勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 地下车站的控制性勘探孔进入结构底板以下不应小于 30m，在结构埋深范围内如遇强风化、全风化岩石地层进入结构底板以下不应小于 15m，在结构埋深范围内如遇中等风化、微风化岩石地层进入结构底板以下不应小于 8m；一般性勘探孔进入结构底板以下不应小于 20m，在结构埋深范围内如遇强风化、全风化岩石地层进入结构底板以下不应小于 10m，在结构埋深范围内如遇中等风化、微风化岩石地层进入结构底板以下不应小于 5m；

2 高架车站的控制性勘探孔应揭露稳定持力层，勘探孔深度超过桩端不应小于 15m；一般性勘探孔深度超过桩端不应少于 5m；墩台基础置于地表水面以下时，勘探孔深度应穿过水流最大冲刷深度达持力层以下；覆盖层较薄，下伏基岩风化层不厚时，勘探孔深度应进入微风化地层 3m～8m；

3 路基、涵洞工程的控制性勘探孔深度应满足稳定性评价、变形计算、软弱下卧层验算的要求；一般性勘探孔宜进入基底以下 5m～10m。

8.5.7 初步勘察应重点分析评价下列内容：

1 初步划分场地土类型和建筑场地类别，抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地，初步评价地震液化和震陷的可能性；

2 初步评价不良地质作用及特殊性岩土对工程的影响，提出避让或防治措施的建议；

3 评价工程建设场地的稳定性、适宜性；

4 初步评价水和土对建筑材料腐蚀性；

5 初步分析地下工程、高架工程、路基及涵洞工程的岩土参数；

6 初步分析地下水对工程的静水压力和浮托作用；

7 初步评价可能采取的地基基础类型、地下工程开挖与支护方案、地下水控制方案；

8 工程周边环境环境风险等级较高时，初步分析可能出现的工程问题，提出预防措施的建议。

8.5.8 详细勘察应查明各类工程场地的工程地质和水文地质条件，分析评价地基、围岩及边坡稳定性，预测可能出现的岩土工程问题，提出地基基础、围岩加固与支护、边坡治理、地下水控制、周边环境保护方案建议,提供设计、施工所需的岩土参数。

8.5.9 详细勘察应包括下列内容：

1 查明场地范围内岩土层的类型、年代、成因、分布范围、工程特性，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载能力，提出天然地基、地基处理或桩基等地基基础方案的建议，对需进行沉降计算的建(构)筑物、路基等，提供地基变形计算参数；

2 查明不良地质作用的特征、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出治理方案的建议；

3 查明对工程有影响的地表水体的分布、水位、水深、水质、淤积物分布和已有防渗措施，地表水与地下水的水力联系，分析地表水体对工程可能造成的危害；

4 查明场地的地下水类型、埋藏条件、水位、水质、岩土渗透系数和地下水位变化幅度，分析地下水对工程的影响，提出地下水控制措施的建议，对需采取抗浮措施的地下工程，提出抗浮设防水位的建议；

5 判定地下水和土对建筑材料的腐蚀性；

6 确定场地土类型及建筑场地类别，对抗震设防烈度大于 6 度的场地进行液化判别，提出处理措施的建议。

7 分析地下工程围岩的稳定性和可挖性，进行围岩分级和岩土施工工程分级，提出对地下工程有不利影响的岩土工程问题及防治措施的建议，提供基坑支护、隧道初期支护和衬砌设计与施工所需的岩土参数；

8 分析边坡的稳定性，提供边坡稳定性计算参数，提出边坡防治工程措施的建议；

9 分析工程周边环境与工程的相互影响，提出环境保护措施的建议；

8.5.10 详细勘察勘探点布置除应满足本标准第 8.3.7 条和第 8.4.8 条规定外，尚应符合下列规定：

1 地下车站勘探点间距根据场地的复杂程度、地下工程类别及地下工程的埋深、断面尺寸等特点确定；复杂场地勘探点间距宜为 10m～20m，中等复杂场地勘探点间距宜为 20m～40m，简单场地勘探点间距宜为 40m～50m；

2 地下车站主体勘探点宜沿结构轮廓线布置，结构角点以及出入口与通道、风井与风道、施工竖井与施工通道等附属工程部位应有勘探点控制；每个车站不应少于 2 条纵断面和

3 条有代表性的横断面；车站采用承重桩时,勘探点的平面布置宜结合承重桩的位置布设；

3 高架车站勘探点应沿结构轮廓线和柱网布置，勘探点间距宜为 15m～35m。当桩端持力层起伏较大、地层分布复杂时，应加密勘探点；

4 路基勘探点间距宜为 50m～100m;路堑、支挡结构勘探点间距复杂场地宜为 15m～30m，中等复杂场地宜为 30m～50m，简单场地宜为 50m～60m；路堤、路堑应根据基底和边坡的特征，结合工程处理措施确定代表性工程地质断面的位置和数量，每个断面的勘探点不宜少于 3 个，地质条件简单时不宜少于 2 个；路堑工程遇有软弱夹层或不利结构面时，勘探点应适当加密；支挡结构的勘探点不宜少于 3 个；涵洞的勘探点不宜少于 2 个。

8.5.11 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 地下车站控制性勘探孔进入结构底板以下不应小于 25m 或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不应小于 5m；一般性勘探孔深度进入结构底板以下不应小于 15m 或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不应小于 3m；

2 高架车站浅基础控制性勘探孔应满足沉降计算和下卧层验算要求；浅基础的一般性勘探孔应达到基底以下 10m～15m 或基础底面宽度的 2 倍～3 倍；在基岩地段，当风化层不厚或为硬质岩时，应进入基底以下中等风化岩石地层 2m～3m；桩基的控制性勘探孔深度应满足沉降计算和下卧层验算要求；对嵌岩桩，控制性勘探孔应达到预计桩端平面以下 3d～5d，并穿过溶洞、破碎带、软弱夹层，进入稳定地层；桩基的一般性勘探孔深度应达到预计桩端平面以下 3d～5d，且不应小于 3m，对大直径桩，不应小于 5m；嵌岩桩一般性勘探孔应达到预计桩端平面以下 1d～3d；当预定深度范围内存在软弱土层时，勘探孔应适当加深；

3 路基、涵洞的控制性勘探孔深度应满足地基、边坡稳定性分析及地基变形计算的要求；路基的一般性勘探孔深度不应小于 5m；路堑的一般性勘探孔深度应能探明软弱层厚度及软弱结构面产状，且穿过潜在滑动面并深入稳定地层内 2m～3m，满足支护设计要求；在地下水发育地段，根据排水工程需要适当加深；支挡结构一般性勘探孔深度应达到基底以下不应小于 5m；基础置于土中的涵洞一般性勘探孔深度宜根据岩土类型确定，碎石土中宜在结构底板以下 3m～8m，砂土、粉土和黏性土中宜在结构底板以下 8m～15m，软土、饱和砂土中宜在结构底板以下 15m～20m；箱型涵洞勘探孔应适当加深；遇软弱土层勘探孔应适当加深。

8.5.12 每个地下车站的波速测试孔不宜少于 3 孔，电阻率测试孔不宜少于 2 孔。

8.5.13 室内试验除应符合本标准第 8.1 节和第 14 章的规定外，尚应符合下列规定：

1 抗剪强度室内试验方法应根据施工方法、施工条件和设计要求确定；

2 静止侧压力系数和热物理指标试验数据每一主要土层不宜少于 3 组；

3 基底以下压缩层范围内宜采取岩土试样进行回弹再压缩试验，每层土试验数据不宜少于 3 组；

4 隧道范围内的碎石土和砂土应测定颗粒级配，粉土应测定黏粒含量；

5 地表水、地下水或地下结构范围内的土应采取试样进行腐蚀性试验，地表水每处不应少于 1 组，地下水、土试样不应少于 2 组；

6 岩石地基应进行岩块的弹性波波速测试和岩石的饱和单轴抗压强度试验，工程需要时应进行软化试验；对软岩、极软岩可进行天然单轴抗压强度试验；对无法取样的破碎和极破碎岩石应进行原位测试；每个场地每一主要岩层的试验数据不应少于 3 组；

7 当需估算基桩的侧阻力、端阻力和验算下卧层强度时，宜进行三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验，三轴剪切试验受力条件应模拟工程实际情况；

8 需要进行沉降计算的桩基工程，应进行压缩试验，试验最大压力应大于自重压力与附加压力之和。

8.5.14 基床系数可通过原位测试、室内试验结合表 8.5.12 经验值综合确定，也可通过专题研究或现场 K_{30} 载荷试验确定。

表 8.5.14 基床系数经验值

岩土类别		状态/密实度	基床系数 K(MPa/m)	
			水平基床系数 K_h	垂直基床系数 K_v
新近沉积土	黏性土	软塑	10～20	5～15
		可塑	12～30	10～25
	粉土	稍密	10～20	12～18
		中密	15～25	10～25
软土（软黏性土、软粉土、淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等）		—	1～12	1～10
黏性土		流塑	3～15	4～10
		软塑	10～25	8～22
		可塑	20～45	20～45
		硬塑	30～65	30～70
		坚硬	60～100	55～90
粉土		稍密	10～25	11～20
		中密	15～40	15～35
		密实	20～70	25～70
砂类土		松散	3～15	5～15
		稍密	10～30	12～30
		中密	20～45	20～40

	密实	25～60	25～65
圆砾、角砾	稍密	15～40	15～40
	中密	25～55	25～60
	密实	55～90	60～80
卵石、碎石	稍密	17～50	20～60
	中密	25～85	35～100
	密实	50～120	50～120
软质岩石	全风化	35～39	41～45
	强风化	135～160	160～180
	中等风化	200	220～250
硬质岩石	强风化或中等风化	200～1000	
	微风化	1000～15000	

8.5.15 岩石地基应根据需要提供抗剪强度指标、软化系数、完整性指数、岩体基本质量等级参数。

8.5.16 岩土的抗剪强度指标宜通过室内试验、原位测试结合工程经验综合确定。

8.5.17 当地下水对车站有影响时应布置长期水文观测孔，对需要进行地下水控制的车站宜进行水文地质试验。

8.5.18 详细勘察应重点分析评价下列内容：

1 确定建筑场地类别，对抗震设防烈度大于 6 度的场地应进行液化判别，提出处理措施的建议；

2 分析不良地质作用及特殊性岩土对工程的影响，提出治理方案的建议；

3 分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载能力，提出地基基础方案的建议；

4 判定地下水和土对建筑材料的腐蚀性；

5 分析地表水体对工程可能造成的危害；

6 分析地下水对工程的作用，提出地下水控制措施的建议；

7 分析地下工程围岩的稳定性和可挖性，提出对地下工程有不利影响的岩土工程问题及防治措施的建议；

8 分析边坡的稳定性，提出边坡防治工程措施的建议；

9 分析工程周边环境与工程的相互影响，提出环境保护措施的建议。

8.6 管道和架空线路工程

（I）管道工程

8.6.1 城市室外地下管道工程重要性分级应根据城市室外地下管道工程施工工法及管底埋深按表 8.6.1 划分。

表 8.6.1 城市室外地下管道工程重要性分级

管底埋深（z） 施工工法	z ＜ 5m	5m ≤ z ≥ 8m	z ＞ 8m
非开挖法	一级	一级	一级
明挖法	三级	二级	一级

8.6.2 城市室外地下管道工程勘察前应搜集下列资料：

1 附有坐标、管道走向、桩号和现状地形的管道总平面布置图；

2 管道类型、管底控制高程、管径（或断面尺寸）、管材、设计示意图和可能采取的施工工法；

3 周边既有地下埋设物分布概况。

8.6.3 城市室外地下管道工程勘察应对地基做出岩土工程评价，为地基基础、管道敷设和穿越工程设计、地基处理与加固、不良地质作用的防治、深基槽开挖支护和排水设计等提供岩土工程依据和岩土参数，并提出相应的建议。

8.6.4 城市室外地下管道工程勘察应符合下列要求：

1 管道通过沿山或山前基岩埋藏较浅的地段，应查明对设计和施工方案有影响的基岩界面分布、埋深及其风化和破碎程度；

2 根据水文地质单元分层采取地下水样，在管顶和管底部位采取土样，进行腐蚀性分析试验，判定环境岩土对管材的腐蚀性。钢、铸铁金属管道埋设深度范围内各岩、土层应进行电阻率测试。

8.6.5 可行性研究勘察应以搜集管道沿线的地形、地貌、水文、地质、地震等资料及踏勘为主，宜布置少量勘探工作。重点分析评价场地的稳定性和适宜性，分析评价不良地质作用、特殊性岩土可能造成的不利影响。

8.6.6 初步勘察应在搜集管道沿线的地形、地貌、水文、地质、地震等资料的基础上，根据不同的管道和施工方法布置勘探工作，以钻探、坑探、槽探和井探为主，辅以地质测绘、调查、物探勘察方法。初步查明场地工程地质水文地质条件，评价拟建地段的稳定性。

8.6.7 初步勘察勘探点间距宜符合表 8.6.7 的规定。明挖管道勘探孔深度应满足开挖支护设计及施工的要求，且不应小于管底设计高程下 5m；当预定深度内有软弱夹层时，勘探孔

深度应适当加深；非开挖铺设管道勘探孔深度宜进入管底设计高程下 5m～10m。取样和原位测试孔数量不应少于勘探点总数的 1/2。

表 8.6.7　初步勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件复杂程度等级	明挖法施工			非开挖法施工
	埋深 ＜ 5m	埋深 5m～8m	埋深 ＞ 8m	
一级	100～200	50～100	40～75	30～60
二级	200～300	100～200	75～150	60～100
三级	300～500	200～400	150～300	100～150

注：1　地质条件复杂的大中型河流地段应进行钻探，每个穿越、跨越方案宜布置 1 个～3 个勘探点；
　　2　表中埋深均指管底埋置深度。

8.6.8　初步勘察应重点评价下列内容：

1　划分沿线地貌单元、初步查明岩土条件，分区段进行稳定性评价；

2　初步查明沿线不良地质作用及特殊性岩土分布、性质、发展趋势，初步分析其对管道工程的影响，提出防治措施初步建议；

3　初步查明拟跨越河流的洪水淹没范围、评价岸坡稳定性，调查沿线井泉的分布和地下水位的情况；

4　调查沿线矿藏分布及开采情况；

5　提供管线铺设施工、管道防腐初步设计所需的岩土参数；

8.6.9　详细勘察勘探点布置应符合下列要求：

1　明挖法施工的管道勘探点应沿管道中心线布置，当条件不许可时，勘探点位置不宜偏离管道外边线 3m；不宜超出预计开挖基坑范围布孔；

2　非开挖法施工的管道勘探点宜沿管道外边线 3m 内交叉布置；

3　管道穿越河道、铁路、公路或主要道路时，应在河道两岸或道路两侧布置勘探点，且勘探点移位不宜偏离管道边线 3m；

4　管道走向转角处、工作井（室）宜布置勘探点，工作井和接收井沿矩形井角点对角线（或圆形井直径）布置 1 个～2 个勘探点，但当矩形井宽度（或圆形井直径）超过 15m 时宜增加勘探点数量，数量不宜少于 4 个点。

8.6.10　详细勘察勘探点间距应根据管道类别、规模及地基土条件按表 8.6.10 确定；管道穿越暗埋的河、塘、沟浜地段和可能产生流砂、地震液化地段，勘探点应适当加密；管道穿越铁路、公路和河谷地段，两侧应布置勘探点。

表 8.6.10　详细勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件复杂程度等级	明挖法施工			非开挖法施工	大型的矩形或拱形管道
	埋深 ＜ 5m	埋深 5m～8m	埋深 ＞ 8m		
一级	50～100	40～75	25～50	20～30	＜60
二级	100～150	75～100	50～75	30～50	60～100
三级	150～200	100～200	75～150	50～100	100～150

8.6.11 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 明挖法施工的管道勘探孔深度宜进入设计管底下不少于 3m。当管道穿越河流时，勘探孔应进入河床最大冲刷线深度下 3m～5m；无冲刷资料时，勘探深度从河床底面算起，粉细砂、粉土及黏性土河床的勘探深度宜为 10m～15m，中、粗、砾砂河床的勘探深度宜为 8m～12m，卵（砾）石河床的勘探深度宜为 6m～8m，基岩应钻穿强风化层，当强风化层很厚时钻入强风化层深度不应大于 10m ；明挖法施工的倒虹管及大型深埋管道，勘探点深度宜为 2.5 倍开挖深度；

2 非开挖法施工的管道勘探孔深度宜达设计管底下 5m；

3 架空管道的勘探孔深度宜达支架基础下 1.5 倍～2.0 倍基础宽度，管桥跨越时，宜达墩（桩）基稳定持力层下 3m～5m；

4 基底下存在可能产生流砂、潜蚀、管涌或可液化地层时，宜钻穿该土层；

5 基底下存在松软土层或回填土时，勘探孔深度应适当增加；

6 采取降低地下水位方案施工时，勘探孔深度应钻至基坑底面下 5m～10m；当承压含水层水头较高需降水施工时，勘探孔应适当加深或钻穿承压含水层，测量其水头；

7 大型的矩形、拱形砖石砌体或钢筋混凝土结构管道工程勘探孔深度应适当加深。

8.6.12 详细勘察沿线路取土试样和进行原位测试的勘探点数量宜为勘探点总数的 1/2～2/3，并应符合下列要求：

1 取土试样和原位测试的竖向间距在地基主要受力层内宜为 1m，在每一工程地质单元中各主要土层原状土试样和原位测试不宜少于 6 件（次）；

2 每一水文地质单元应每隔 1km 分层采取水、土试样各 2 件（组），金属管道土层电阻率测试不应少于 3 组；

3 明挖法施工的深埋管道，土的抗剪强度指标可采用直接剪切固结快剪试验，对黏性土也可选用三轴压缩固结不排水剪试验，对砂性土宜结合原位测试和工程经验综合取值；对顶管、定向钻等施工工法，尚应对穿越土层进行颗粒分析试验。

8.6.13 详细勘察应重点评价下列内容：

1 分析评价场地的不良地质作用、特殊性岩土的分布对管道的影响，提出相应处理措

施的建议；

2　可能采取明挖法施工方案的深埋管道段及工作竖井，应根据埋置深度、沿线地面建筑或地下埋设物位置、岩土性质及地下水位等条件，提供基坑支护、降水工程等设计参数，分析明挖直埋的可行性和基槽边坡的稳定性，对可能产生潜蚀、流砂、管涌和坍塌的边坡提出降排水、支护或放坡措施的建议，评价基坑开挖、降水对工程周边环境的影响；

3　采用非开挖法铺设管道时，应分析沿线地层的岩性变化、富水特征及其影响，提供相应工法设计、施工所需岩土参数，并对其实施可行性做出评价；

4　管道穿越堤岸时，应分析破堤对堤岸稳定性的影响和堤岸变形对管道的影响，提供护岸措施的建议；

5　根据不同类型的管材，分段判定环境水和土对管道和管基材料的腐蚀性，提出防治措施的建议。

（11）架空线路工程

8.6.14　大型架空线路工程可分初步勘察和详细勘察，小型架空线路可合并勘察阶段。

8.6.15　初步勘察应符合下列要求：

1　调查沿线地形地貌、地质构造、地层岩性、特殊性岩土、地下水及不良地质作用，并分段进行分析评价；

2　调查沿线矿藏分布、开发计划与开采情况，线路宜避开可开采区，已开采区应对采空区的稳定性进行评价；

3　大跨越地段应查明岩土工程条件，进行岩土工程评价，推荐最优跨越方案。

8.6.16　初步勘察应以搜集和利用已有资料为主,可辅以勘探和测试；大跨越地段应进行工程环境专项调查和工程地质测绘。

8.6.17　详细勘察应符合下列要求：

1　查明塔基地层岩性、埋藏条件、物理力学性质、水文地质条件及腐蚀性，查明对塔基有影响的不良地质作用，并提出防治措施的建议；

2　丘陵和山区尚应查明塔基附近的不良地质作用，提出防治措施的建议；

3　大跨越地段尚应查明跨越河段的地形地貌、冲刷程度和岸坡稳定性；

4　特殊设计的塔基或大跨越塔基，抗震设防烈度等于或大于 6 度时应进行场地和地基的地震效应评价。

8.6.18　详细勘察转角塔、耐张塔、终端塔、大跨越塔等重要塔基或地质条件复杂地段，每

个塔基应进行勘探；直线塔基地段宜每 3 个～4 个塔基布置一个勘探点；深度应根据杆塔受力性质和地质条件确定。

8.6.19 岩土工程勘察报告应包括下列内容：

1 初步勘察应评价沿线岩土工程条件，跨越主要河流地段应评价岸坡稳定性，提出最优线路方案的建议；

2 详细勘察应评价塔位的岩土工程条件和稳定性，提出设计参数、基础方案及工程措施的建议。

8.7 城市给排水厂站工程

8.7.1 本节适用于城市给排水厂区水处理构筑物、泵房以及取水头部（排放口）等主要构筑物的勘察。厂区建筑物和管道工程分别按本标准的第 7 章和第 8.6 节执行。

8.7.2 城市给排水厂站工程勘察前应搜集下列资料：

1 给排水厂站的总平面图；

2 各构筑物可能采用的基础型式和施工工法；

3 勘察技术要求；

4 场地及周边的地下管线和设施资料。

8.7.3 可行性研究勘察宜以搜集资料、现场调查为主，可辅以少量的勘探测试工作；分析评价场地的稳定性和适宜性、不良地质作用和特殊性岩土可能造成的不利影响。

8.7.4 初步勘察厂区水处理构筑物勘探点可按网格状布置，间距宜为 80m～180m，厂区外的泵站、取排水构筑物应布置勘探点；勘探孔深度应根据拟建建（构）筑物性质及地基土条件、场地稳定性分析、可能采用的基础型式和施工工法综合确定，满足设计方案比选的要求。

8.7.5 初步勘察应重点评价下列内容：

1 初步查明场地的不良地质作用，提出处理措施的建议；

2 初步查明拟建场区的地下水类型、埋藏条件，评价地下水对工程建设和运行的影响；

3 初步分析评价地基基础方案，提出岩土参数。

8.7.6 详细勘察勘探点间距应符合下列规定：

1 厂区水处理构筑物勘探点宜沿周边线布置，大型贮水构筑物应在拟建构筑物范围内布置勘探点。详细勘察点间距应符合表 8.7.6 的规定。

表 8.7.6 详细勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件	基础方案

复杂程度等级	天然地基或地基处理	桩基	
		端承桩	摩擦桩
一级	10m～15m	12m～24m	20m～35m
二级	15m～30m		
三级	30m～50m		

注　地层条件复杂影响成桩或设计有特殊要求时，勘探点宜适当加密。

2　进出水管道应根据管径和数量垂直岸边布设勘探线，每一勘探线上的勘探点间距宜为 50m～100m，取水头部（排放口）应布置勘探点；

3　泵房勘探点布置应考虑建筑面积和场地条件，当泵房规模较大，宽度大于 15m 时，宜按角点布置勘探点，每座泵房不宜少于 4 个勘探点；建筑面积小于等于 200m^2 的泵房勘探点可为 1 个～2 个，建筑面积大于 200m^2 的泵房勘探点不宜少于 2 个；重大设备基础应单独布置勘探点，且数量不宜少于 3 个；泵房与管道接头处宜布置勘探点；

4　厂区宜布置地下水位长期观测孔，对地下水位动态变化进行监测，监测时间不宜少于一个水文年。

8.7.7　详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1　控制性勘探孔深度应达地基压缩层计算厚度下 1m～2m，厂区水处理构筑物控制性勘探孔深度尚应考虑基础型式、空载期的抗浮及地基处理的要求；一般性勘探孔深度天然地基宜取基底下 0.6 倍～1.0 倍基础宽度，桩基宜取桩端下 3d～5d 且不小于 3m；

2　开槽式泵房勘探孔深度不宜小于开挖深度的 2.5 倍，岸边泵房勘探孔深度宜达岸坡稳定验算深度下 3m～5m，泵房基础埋深≥5m 时勘探孔深度应满足降水、基坑支护设计的要求；沉井基础勘探孔深度可按 H +（0.5～1.0）b（H 为沉井深度；b 为井宽或井径）确定，且不宜小于沉井刃脚下 5m。勘探孔深度尚应同时满足不同基础类型及施工工法对孔深的要求；

3　取水头部（排放口）及进出水管道，桩基勘探孔深度不宜小于桩端下 3m；其他基础型式勘探孔深度应能控制地基主要受力层，且不应小于基础底面下 5m；

4　设计深度内遇基岩时勘探孔深度可适当减小，控制性勘探孔深度宜进入基底以下 1m～3m；

5　基底下分布对工程有影响的承压水时，控制性勘探孔应进入承压含水层，并量测稳定水位。

8.7.8　详细勘察应重点分析评价下列内容：

1　提供地基基础设计、基础抗浮、地基处理、基坑工程、地下水控制工程的岩土参数

和相应建议，工程需要时应提供动力基础设计所需参数；

2 分析评价场地的不良地质作用对工程的影响，提出相应处理措施的建议；

3 评价特殊性岩土的工程特性，提出相应处理措施的建议；

4 分析场地地下水的埋藏条件、水位变化幅度及土层的渗流条件，评价可能产生流砂、管涌或坑底突涌对工程的影响，提出相应处理措施的建议。当水文地质条件复杂且对设计及施工有重大影响时，应提出专门水文地质勘察的建议；

5 厂区水处理构筑物应分析评价不均匀沉降的影响以及空载期的抗浮问题，提出相应处理措施的建议；

6 取水头部（排放口）应分析评价地基的稳定性、承载力及防冲刷措施的建议；

7 泵房部位的岩土工程分析评价应考虑施工工法（明挖、沉井）。

8.8 堤岸和岸边工程

8.8.1 城市堤岸类别宜按表 8.8.1 划分。

表 8.8.1 城市堤岸类别

城市堤岸类别	建筑材料和结构型式
Ⅰ类堤岸	桩式堤岸和桩基加固的混合式堤岸
Ⅱ类堤岸	圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸，包括重力式、半重力式、衡重式、悬壁式、扶壁式等天然地基堤岸
Ⅲ类堤岸	土堤，包括防护堤坡采用浆砌石或干砌块石勾缝的护坡堤岸

8.8.2 根据城市堤岸类别、场地或岩土条件复杂程度等级，城市堤岸工程勘察等级宜按表 8.8.2 确定。

表 8.8.2 城市堤岸工程勘察等级

城市堤岸类别 场地或岩土条件复杂程度等级	Ⅰ类堤岸	Ⅱ类堤岸	Ⅲ类堤岸
一级	甲级	甲级	甲级
二级	甲级	乙级	乙级
三级	甲级	乙级	丙级

注：市政码头、港口等岸边市政工程勘察等级的确定应符合《港口工程地质勘察规范》JTJ 240 的有关规定。

8.8.3　堤岸和岸边工程勘察前应搜集下列资料：

1　堤岸工程设计总平面布置图；

2　垂直于堤岸走向的地形横断面图；

3　堤岸顶面设计标高、各段堤岸的结构型式、断面尺寸，采取的基础类型、尺寸、预计埋藏深度、荷载以及地基基础设计施工特殊要求的资料；

4　原有堤岸改造或加固工程的勘察应充分搜集、分析利用已有资料。

8.8.4　堤岸和岸边工程勘察宜根据地质条件和场地条件综合选用物探、钻探、坑探、槽探或井探等方法；勘探点施工完成后应回填压实。

8.8.5　可行性研究勘察应以搜集资料、工程环境专项调查和工程地质测绘为主，了解场地的地层岩性、地质构造、地貌特征、岸坡形态、冲淤变化、水系特点、淹没范围、水文地质条件、不良地质作用、抗震设防烈度及附近天然建筑材料分布等情况，需要时应布置一定数量的勘探工作，并应对场地的可行性做出评价；已建加固堤岸应根据隐患与险情的特征进行专门性工程地质测绘。可行性研究勘察应重点分析评价场地的稳定性和适宜性、不良地质作用的分布、 特殊性岩土的分布及可能对工程造成的不利影响。

8.8.6　初步勘察应采用工程环境专项调查和工程地质测绘、勘探、原位测试和室内土工试验等方法，初步查明场地工程地质和水文地质条件，提供满足初步设计要求的岩土工程参数和相关建议。并应符合下列规定：

1　查明堤岸地貌特征、地质构造、地层岩性类型、分布及其物理力学特性与渗透性；查明堤线附近滑坡、崩塌、埋藏的河、湖、沟谷等不良地质作用的分布，河流冲淤特点及河道变迁情况、地下水埋藏条件及对建筑材料的腐蚀性，对堤岸工程防渗漏及安全使用做出评价；

2　已建堤岸工程加固勘察时，应查明堤身、堤岸地基的各种病害险情，查明拟加固堤身的物质组成及其工程特性。

8.8.7　初步勘察勘探点间距应按场地复杂程度与构筑物布置方案确定，且应满足场地稳定性分析和地基变形计算要求。勘探线应垂直河床布置，沿轴线方向的勘探点间距宜为 100m～200m，场地及岩土条件复杂时可适当加密；垂直轴线的勘探点间距为 20m～50m，横剖面的勘探点不宜少于 3 个，控制性勘探点不宜少于勘探点总数的 1/2。下列部位应布置勘探点：

1　沟、渠等微地貌变化较大的地段；

2　埋藏的河、湖、沟谷地带；

3　弯道、堤外无滩或窄滩崩岸段；

4　涵闸闸址；

5　堤身塌陷、堤岸地基管涌等险情与隐患地段。

8.8.8　初步勘察勘探孔深度应根据工程规模、基础类型、设计要求和岩土条件及河流最大冲刷深度确定。一般性勘探点深度宜深入河床最大冲刷深度下 5m～10m，并满足堤岸地基下 1.5 倍～3.0 倍堤身高度；控制性勘探孔应满足地基变形计算深度要求，一般不宜小于 25m。需进行地基处理或采用桩基础时，勘探孔深度应满足地基处理或桩基的勘探要求。

8.8.9　初步勘察重点分析评价应包括下列内容：

1　堤岸工程地质条件及工程地质问题；

2　提出各设计方案所需的地基岩土参数；

3　提出防治不良地质作用的初步建议；

4　根据河势情况、河道冲淤变化、水流侧向侵蚀和岸坡的形态、防护及失稳情况，对岸坡稳定性进行初步评价，堤岸稳定性分类应符合表 8.8.9 的规定；

5　初步分析地基土的渗透特性，评价地下水的补排条件及与地表水体的关系。

表 8.8.9　堤岸稳定性分类

类别	划分条件
稳定堤岸	堤岸岩土体抗冲刷能力强，无堤岸失稳迹象
基本稳定堤岸	堤岸岩土体抗冲刷能力较强，历史上基本上未发生堤岸失稳事件
稳定性较差堤岸	堤岸岩土体抗冲刷能力较差，历史上曾发生小规模堤岸失稳事件，危害性不大
稳定性差堤岸	堤岸岩土体抗冲刷能力差，历史上曾发生堤岸失稳事件，具严重危害性

8.8.10　详细勘察应以钻探为主，并与物探、原位测试等勘探方法相结合。勘探线和勘探点布置应按场地复杂程度、岩土条件复杂程度、堤岸类别与构筑物布置方案确定，并应符合下列规定：

1　沿堤岸轴线或在基础轮廓线以内、平行堤岸轴线布置勘探点，并根据沿线地段的地形、地层土质变化的实际情况和需要，布置横断面勘探线；

2　在每个地貌单元、不同地貌单元交界部位、微地貌和地层急剧变化处、堤岸走向转折点，以及堤岸结构型式变化部位，均应布置勘探点；

3　对堤岸的改造、加固工程勘察的勘探点，不宜布置在原有堤岸范围内；

4　城市堤岸勘察的勘探线间距为 15m～30m，勘探点间距宜符合表 8.8.10 的规定；

5　控制性勘探点不宜少于勘探点总数的 1/2。

表 8.8.10　勘探点间距（m）

堤岸类别 / 场地或岩土	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类

条件复杂程度等级			
一级	25～35	35～50	50～100
二级	35～50	50～100	100～150
三级	50～100	100～150	150～200

8.8.11 详细勘察勘探孔深度应根据堤岸类型、岩土条件、建（构）筑物特点和荷载大小综合确定，并应满足岸坡稳定性、坡体开挖、支护结构、桩基、地基处理等需要，且应符合下列规定：

1 Ⅰ类桩式堤岸应达到桩尖下 3m～5m；桩式堤岸中的混合式堤岸，应有部分控制性勘探点，其深度达到桩尖下 1.5 倍～2 倍基础底面宽度；

2 Ⅱ类圬工结构或钢筋混凝土结构天然地基堤岸应进入拟选持力层 3m～5m；需进行变形计算的地基、控制性勘探点应达到地基压缩层的计算深度；

3 Ⅲ类土堤应达到 1 倍～2 倍土堤高度；

4 需考虑堤岸附近大面积地面堆载的影响或有软弱下卧层时，应适当加深勘探孔深度；

5 软土地区的一般性勘探孔深度宜为堤岸地基下 25m～30m，控制性勘探孔应满足地基变形计算深度要求；基岩地区的孔深进入中等风化基岩不宜小于 3m；相对透水层较厚时，孔深应满足渗流稳定计算要求；堤外无滩或窄滩崩岸段的勘探孔应深入河床下 5m～10m；需对堤岸地基进行地基处理时，勘探孔深度应满足地基处理要求。

6 部分勘探孔深度应满足地震效应分析深度要求。

8.8.12 详细勘察取土试样和原位测试点的竖向间距在地基主要受力层内宜为 1m ，主要受力层以外不应大于 2m；沿线应取地表水、地下水进行水质分析，可每隔 1km 取地下水样 1 组，单位工程不宜少于 3 组；其他要求可参照 《堤防工程地质勘察规范》 SL 188 的有关规定执行，并符合下列规定：

1 软土地区有经验时可采用静力触探进行分层，采用十字板剪切试验测定土的不排水抗剪强度；

2 堤岸地基由粉土、砂土、卵（砾）石等透水层组成时，应进行现场水文地质试验，确定水文地质参数；

3 验算抗滑稳定性提供基底摩擦系数时，宜进行模型试验，无实测试验资料时基底与土（岩）的摩擦系数可按表 8.8.12 采用；

4 工程需要时应提供填筑堤岸和工程回填材料的压实性指标。

表 8.8.12 基底与土（岩）的摩擦系数

材料			摩擦系数
墙底与抛石基底	墙身为预制混凝土或钢筋混凝土结构		0.60
	墙身为预制浆砌块石结构		0.65
抛石基底与地基土	地基为细砂至粗砂		0.50～0.60
	地基为粉砂		0.40
	地基为粉土		0.35～0.50
	地基为黏土、粉质黏土		0.30～0.45
挡土墙与地基土体	地基为黏性土	可塑	0.20～0.25
		硬塑	0.25～0.30
		坚硬	0.30～0.40
	地基为粉土		0.25～0.35
	地基为砂土		0.40
	地基为碎石土		0.40～0.50
	地基为软质岩石		0.40～0.60
	地基为表面粗糙的硬质岩石		0.60～0.70

8.8.13 详细勘察应重点分析评价下列内容：

1 不良地质作用和施工开挖对堤岸稳定性的影响，提出防治措施的建议；危及堤岸稳定性的滑坡、岩溶等不良地质作用应进行专门岩土工程勘察；

2 河岸与河床的冲刷、淤积以及变迁情况，地表水与地下水补给关系，评价地下水对堤岸稳定性的影响，进行地基渗透性变形分析；

3 根据堤岸类别和基础型式，提供基底稳定性验算所需参数，进行地基稳定性分析，提出基础方案、地基处理方法和施工方案的建议；采用沉井施工时，应查明地层的岩性特征及均匀性，分析判定下沉的可能性；

4 已失稳的堤岸及除险加固地段应根据搜集的资料（堤岸失稳的范围、类型、规模和崩岸速率，发生险情过程）和专门勘察资料，分析堤岸失稳的原因，提出加固处理的建议。

8.8.14 岩土勘察报告除应符合本标准第 18 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 根据堤岸沿线各地段的地形、地貌、地质和地层特征，分段分析与评价地基土工程性质和均匀性，提供地基土的承载力和变形参数、土压力计算和岸坡稳定性验算等设计和治理所需的岩土参数；

2 根据河流水文条件评价沿线岸坡稳定性和侵蚀程度，对堤岸结构类型和构筑物基础埋置深度和防腐措施提出建议；

3 根据地表水与地下水的补排关系，分析施工和使用期间地下水的变化趋势，提供降水设计所需参数；

4　分析评价堤岸地基的渗漏、渗透稳定、抗滑稳定、抗冲刷能力和沉降变形；分析产生流土、管涌的可能性，提出防治措施的建议；

5　存在采砂活动或不良地质作用的地段，应评价河槽形态发展趋势及对岸坡稳定性的影响，提出整治措施的建议和必要的防治不良地质作用的建议；

6　对各类堤岸结构宜采用的基础型式及地基处理措施提出建议；

7　预测堤岸挡水后可能出现的环境地质问题，提出相应处理措施的建议；

8　提出堤岸工程施工、监测的建议。

8.8.15　市政码头、港口等岸边市政工程勘察除执行本标准外，尚应执行《港口工程地质勘察规范》JTJ 240 的有关规定。

8.9　废弃物处理工程

8.9.1　废弃物处理工程勘察范围应包括堆填场(库区)、坝址区、管线、隧洞、截水沟、污水调节池及邻近地段；筑坝材料及防渗和覆盖用黏土材料应进行勘察。

8.9.2　废弃物处理工程勘察前除搜集地形图、地质图、工程总平面图外，还应搜集下列资料：

1　区域气象水文资料，场地及附近已有工程地质、水文地质、不良地质作用、特殊性岩土分布、活动断裂和抗震设防烈度等资料；

2　山谷型堆填场的流域面积、降水量、径流量和多年一遇洪峰流量；

3　废弃物的类型、成分、粒度、物理和化学性质、日处理量、填埋方式、填埋程序及防渗衬层和封盖层的结构，渗出液集排系统的布置；

4　初期坝的坝长和坝顶标高，加高坝的最终坝顶标高；堆场或填埋场的总容量、有效容量和使用年限；

5　防渗结构的变形要求；

6　邻近的水源地保护带、水源开采情况和环境保护要求；

7　垃圾填埋场应重点搜集垃圾的种类、成分和主要特性以及填埋的卫生要求，防渗衬层、封盖层和渗出液集排系统对地基和废弃物的容许变形要求，截污坝、污水池、排水井、输液输气管道和其他相关构筑物情况。

8.9.3　废弃物处理工程的岩土工程勘察应着重查明下列内容：

1　地形地貌特征、气象水文条件和居民区的分布；

2　地质构造、岩土分布及其物理力学性质，特殊性岩土及滑坡、泥石流、岩溶、断裂等与场地稳定有关的不良地质作用；

3　水文地质条件、岩土和废弃物的渗透性及与渗漏有关的水文地质问题；

4　有价值的自然景观、文物和矿产的分布，矿产的开采和采空情况；

5　污染物的运移，对水源和岩土的污染，对环境的影响；

6　筑坝材料和防渗覆盖用黏土的调查；

7　可溶岩分布区应着重查明岩溶发育条件，溶洞、土洞、塌陷的分布，岩溶水的通道和流向，岩溶造成地下水和渗出液的渗漏，岩溶对工程稳定性的影响；

8　全新活动断裂、场地地基和堆积体的地震效应；

9　新建项目应进行建设场地地基土和水环境（背景值）调查；扩建或改建工程应根据原有环境资料和调查资料，判断场地地基土和水的污染种类及污染程度，提出预防措施的建议；

10　平原型废弃物填埋场工程，需评价基坑突涌的可能性，并提出相关建议。

8.9.4　废弃物处理工程的工程环境专项调查和工程地质测绘应包括场地的全部范围及其邻近有关地段，其比例尺，可行性勘察宜为 1:10000～1:50000，初步勘察宜为 1:2000～1:5000，详细勘察不应小于 1:1000，除应按本标准第 11 章的要求执行外，尚应着重调查下列内容：

1　地貌形态、地形条件和居民区的分布；

2　滑坡、泥石流、岩溶、断裂等与场地稳定性有关的不良地质作用；

3　有价值的自然景观、文物和矿产的分布，矿产的开采和采空情况；

4　与渗漏有关的水文地质问题；

5　生态环境状况。

8.9.5　可行性研究勘察应主要采用踏勘，工程需要时辅以少量勘探工作，调查了解场区工程和水文地质条件、不良地质作用类型及分布范围、场区产生渗漏的可能性及确定天然建筑材料场地，对拟选场地的稳定性和适宜性做出评价。可行性研究勘察应包括下列内容：

1　场区可行性研究勘察可结合区域地质研究工作进行，存在渗漏、滑坡等工程地质问题时，应进行场区工程地质测绘，测绘范围应扩大至分水岭及邻谷，根据需要布置勘探工作。

2　坝址可行性研究勘察应了解坝址的地貌特征、地层岩性、结构及岩土体的渗透性、地质构造、不利结构组合面、地下水的埋藏特征，相对隔水层及透水层的分布情况；　测绘范围应包括比较坝址、绕坝渗漏的地段，以及截污坝，调节池等部位；坝址勘探剖面线上沟谷部位宜布置 1 个～3 个钻孔，坝肩各不应少于 1 个钻孔；钻孔深度应为坝高的 1 倍或达到防渗设计要求；坝址勘探应采用地面物探方法，横沟谷物探剖面线不应少于 3 条，截污坝地段增加 1 条～2 条；应选择代表性基岩钻孔进行压水试验；坝区主要岩土、地表水和地下水应取样测试。

8.9.6 初步勘察应在可行性研究阶段选定场址的基础上进行，以工程地质测绘为主，辅以勘探、原位测试、室内试验，对拟建工程的总平面布置、场地的稳定性、废弃物对环境的影响等进行初步评价，并提出建议。初步勘察应包括下列内容：

1 初步查明场区的主要工程地质问题，并做出初步评价；

2 初步查明坝址、污水管道、排水井、截水沟等场地的工程地质条件，并对有关的主要工程地质问题做出初步评价；

3 进行天然建筑材料的详查，进行储量估算，并对拟利用的黏土料和石料的性能指标、开采和运输条件做出评价。

8.9.7 场区初步勘察应初步查明可溶岩、强透水岩土层、断层破碎带、古河道以及分水岭等的分布和水文地质条件，估算渗漏量；初步查明地貌特征、岩性、基岩或相对隔水层的埋藏条件，地下水位及地下水的补给条件；初步查明对工程建筑物有影响的滑坡、崩塌和其他潜在不稳定边坡的分布及范围等；初步查明影响场区建设的其他环境地质问题。场区初步勘察应符合下列规定：

1 工程地质测绘的比例尺可选用 1：2000～1: 5000，对可能威胁工程安全的滑坡和潜在不稳定边坡应采用更大的比例尺；

2 根据地形地质条件，采用综合物探探测隔水层的埋深、渗漏段及隐伏断层破碎带的埋藏和延伸情况；

3 场区初步勘察勘探线和勘探点间距宜按表 8.9.7-1 确定；

表 8.9.7-1 场区初步勘察勘探线和勘探点间距(m)

场地或岩土条件复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距
一级	50～70	30～50
二级	70～150	50～100
三级	150～300	100～200

4 场区初步勘察勘探孔深度宜按表 8.9.7-2 确定；

表 8.9.7-2 场区初步勘察勘探孔深度(m)

工程重要性等级	一般性勘探点	控制性勘探点
一级	≥20	≥30
二级	15～20	20～30
三级	10～15	15～20

5 遇下列情形之一时，应适当增加或减少勘探孔深度：

1） 勘探深度内有软弱土层时，应适当增大勘探孔深度，工程需要时应穿透软弱土层；

2） 断层破碎带或渗漏地段应垂直断层破碎带、渗漏带或平行地下水流向布置勘探线，钻孔深度应穿过断层破碎带、渗漏带或达到相对隔水层；

3） 勘探孔深度内遇基岩时，勘探孔深度可适当减小；

4） 勘探孔深度内遇厚度较大、分布均匀的硬塑状黏性土层时，一般性勘探孔的深度可适当减小；遇透水性岩土层时应钻穿。

8.9.8 坝址初步勘察应初步查明坝址区第四纪沉积物厚度、成因类型、组成物质及其分布，基岩面埋深、产状和风化程度；初步查明坝址区内断层和破碎带的产状、性质规模、充填和胶结情况及活动性，进行节理裂隙统计，分析各类结构面组合对坝基、边坡稳定性和渗漏的影响；初步查明坝址区岩土的渗透性、相对隔水层的厚度及埋藏条件，地下水位、补径排条件和地下水的腐蚀性；初步查明不良地质作用，评价其对坝址的影响及提出防治措施。坝址初步勘察应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺可选用 1：1000～1：2000；

2 各比选坝址应有 2 条～3 条勘探线；主要勘探线上勘探点的间距宜为 30m～50m，沟谷部位不应少于 2 个钻孔，坝肩及坝基部位应布置钻孔；

3 勘探孔深度应为坝高的 2 倍～3 倍，且进入拟定基底高程下不应小于 1/2 坝高深度，帷幕线上的勘探孔深度可采用 1 倍坝高或进入相对隔水层≥10m；

4 应查明含水层和隔水层，选择代表性钻孔进行抽水试验、注水试验或压水试验，每一含水层应采取不少于 2 组水样进行水质分析，勘察期间应进行地下水位观测。

8.9.9 详细勘察应采用测绘、勘探、原位测试和室内试验等综合手段，也可辅用物探方法，查明场区及坝址的工程地质条件、水文地质条件和岩土设计参数，对天然建筑材料进行详细勘查，进行地下水动态观测，提出设计施工和监测工作的建议，并对不稳定地段和环境影响进行评价，提出防治建议。

8.9.10 场区详细勘察应查明场区的地下水位及动态，相对隔水层的厚度及埋藏条件；查明渗漏地段的位置、形态和规模，提出防渗处理的建议；查明排污管、排水井、截水沟等构筑物场地的岩土层结构、物理力学性质；查明滑坡、崩塌、岩溶等不良地质作用，提供设计所需的岩土参数。场区详细勘察应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺可选用 1：1000～1：2000；

2 勘探线宜平行于堆填场、坝、隧洞、管线等构筑物的轴线布置，勘探点间距应根据地质条件复杂程度确定；场区详细勘察勘探点间距宜按表 8.9.10 确定，在每个地貌单元和地貌交接部位应布置勘探点。排污管的勘探点间距宜采用 30m～50m，截水沟勘探点间距宜

取 50m～100m。地貌和地层变化较大及不良地质作用发育地段应予加密；

表 8.9.10　场区详细勘察勘探点间距(m)

工程重要性等级 场地或岩土 条件复杂程度等级	一级	二级	三级
一级	10～15	15～25	25～35
二级	15～30	25～40	35～50
三级	30～50	40～60	50～70

3　库区勘探孔深度应满足本标准第 8.9.7 条要求，地下水较丰富地区控制性勘探孔深度应钻穿含水层，一般性勘探孔宜进入 1/3 含水层厚度 ；

4　钻孔之间可采用物探方法了解地下水位、相对隔水层及埋深。

8.9.11　坝址详细勘察应查明坝址场地地基土的结构、厚度、物理力学性质；查明坝址区易溶岩、软弱夹层、断层破碎带、裂隙密集带等特殊岩土层的分布特征、规模和物理力学性质；查明坝基及坝肩岩体的完整性、结构面产状和延伸情况；划分岩体基本质量等级；评价开挖边坡的稳定性；查明坝基、坝肩岩土体渗透特性，提出防渗处理的建议。坝址详细勘察并应符合下列规定：

1　工程地质测绘比例尺可选用 1：500～1：1000；

2　坝基轴线或防渗线应布置主勘探线，勘探线间距宜为 30m～40m，工程需要时可布置辅助勘探线，辅助勘探线可根据构筑物的位置和需要确定；土石坝勘探点间距宜采用 50m～100m；混凝土重力坝勘探点间距可采用 20m～50m；平原型土基坝址区勘探点间距宜按表 8.9.10 确定；

3　土石坝勘探孔深度宜为坝高的 1/3～1/2，防渗线上的勘探孔深入相对隔水层的深度不应少于 10m 或坝高；当下伏基岩埋深小于坝高时，平原型土基坝勘探孔进入基岩深度不宜小于 10m，防渗线上勘探孔深度可根据防渗需要确定，钻孔深度应进入相对隔水层≥5m；当下伏基岩埋深大于坝高时，平原型土基坝勘探孔深度宜根据透水层与相对隔水层的具体情况确定；

4　勘探孔深度应满足稳定性分析要求；采用地基处理或垂直防渗帷幕时勘探孔深度应符合相关要求；存在软弱下卧层时应适当增加勘探孔深度。

8.9.12　废弃物堆积体勘察应采用勘探、原位测试和室内试验的方法进行，并应包括下列内容：

1　已有堆积体的成分、颗粒组成、密实程度、熟化程度,堆积规律；

2　堆积材料的工程特性、化学性质及废弃物堆积体渗出液的化学成分；

3　堆积体内浸润线位置、地下水水位及变化幅度；

4　已运行坝体的稳定性，继续堆积至设计高度的适宜性和稳定性；

5　废渣堆积坝在地震作用下的稳定性和废渣材料的地震液化可能性；

6　加高坝运行可能产生的环境影响。

7　勘探线应垂直于废弃物堆积体坝址轴线布置3条～5条；勘探点间距宜为30m～50m；一般勘探孔深度应进入自然地面下一定深度，控制性勘探孔深度应能查明可能存在的软弱层和满足变形分析要求；应根据废弃物堆积体的种类和特性选择原位测试方法；废弃物堆积体应进行地下水动态观测和位移监测，岩土参数可用反分析方法获取，评价废弃物堆积体的稳定性。

8.9.13　改扩建项目勘察工作布置应符合下列要求：

1　在充分搜集、分析、总结已有勘察、设计、施工、监测资料及已有经验的基础上开展针对性勘察工作；

2　场区勘探线宜平行于堆体边坡走向、扩建堆体及关键场区设施的轴线布置。改扩建项目勘察勘探线、勘探点间距可按表8.9.13确定，局部异常地段应加密；

表 8.9.13　改扩建项目勘察勘探线、勘探点间距(m)

场地或岩土条件复杂程度等级	初步勘察		详细勘察	
	勘探线间距	勘探点间距	勘探线间距	勘探点间距
一级	100	50～100	50	30～50
二级	200	100～200	100	50～100
三级	不少于5个勘探点			

3　加高坝址区的勘探线不宜少于3条，按堆积规模垂直坝轴线布置，每条勘探线不少于3个勘探点；勘探点间距可参照表8.9.13执行，堆场内可适当增大；一般勘探孔深度应进入自然地面下一定深度，控制性勘探孔深度应能查明可能存在的软弱层；

4　勘探点数量应根据工程特点及岩土分析评价要求确定；孔深应满足稳定、变形和渗漏分析的要求。布置于堆场内勘探孔深度应结合已有勘察资料、施工资料及设计要求综合确定，一般不宜穿透场底衬垫系统；当原有资料不能满足分析评价要求而钻孔必须穿透场底衬垫系统时，应采取有效封孔、防渗和防污染措施。

8.9.14　废弃物处理工程的勘探测试工作应符合下列规定：

1　物探线宜结合勘探线布置，根据地形、地质条件选择适宜方法；

2　类土废弃物的测试可参照其类似土类选择原位测试和室内试验方法；对非土废弃物

的测试，应根据其种类和特性采用合适的方法，并可根据现场监测资料，用反分析方法获取设计参数；

3 应测定垃圾渗出液的化学成分，工程需要时宜进行专门试验分析污染物的运移规律；

4 调查结构面、软弱带的产状、分布、含水层和渗漏带的位置宜采用综合测井方法；

5 岩体的纵波或横波速度宜采用波速试验测定，提供动弹性模量参数；

6 坝基持力层范围内的主要岩土层取土样数量应大于 9 件（组），现场直接剪切试验不宜少于 3 组；

7 改扩建项目的堆体勘探及测试方法应根据废弃物及覆盖层土的性质确定。

8.9.15 水文地质试验除应符合本标准第 16 章相关规定外，尚应符合下列要求：

1 场地主要含水层对库区及坝基渗漏有影响时宜进行抽水试验，水文地质条件复杂时多孔抽水试验不宜少于 1 组，地下水位埋藏很深或干的透水层可进行注水试验；

2 基岩地区宜进行压水试验或注水试验，试验组数不应少于 3 组。需评价岩体各向异性渗透性时，宜进行定向压水试验；

3 强透水断层破碎带和裂隙密集带应进行抽水、压水或注水试验；工程需要时可进行连通试验；

4 可能发生渗漏的地段应进行地下水动态观测，观测时间不宜少于 1 个水文年。

8.9.16 废弃物处理工程的岩土工程评价应包括下列内容：

1 场地的整体稳定性以及废弃物堆积体的变形和稳定性；

2 地基和废弃物变形，导致防渗衬层封盖层及其他设施失效的可能性；

3 坝基、坝肩、库区和其他有关部位的渗漏及稳定性；

4 预测水位变化及其影响；

5 滑坡、泥石流、岩溶、断裂等不良地质作用对工程的影响；

6 污染物的运移及其对水源、农业、岩土和生态环境的影响；

7 废渣加高坝的勘察应分析评价现状和达到最终高度时的稳定性，提出堆积方式和应采取措施的建议；

8 保证稳定、减少变形、防止渗漏和保护环境措施的建议，提出筑坝材料、防渗和覆盖用黏土等材料的产地及相关事项的建议，提出有关稳定、变形、水位、渗漏、水土和渗出液化学性质监测的建议；

9 工程需要时可进行专门勘察。

8.9.17 废弃物堆体监测内容宜包括堆体安全监测、废弃物设施及不良地质作用安全监测、环境影响监测和本底值监测。

9　不良地质作用和地质灾害

9.1　滑坡

9.1.1　拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的滑坡或有滑坡可能时，应进行滑坡勘察。

9.1.2　滑坡勘察应查明滑坡的范围、类型及要素，查明滑坡的规模、性质、地质背景及其危害程度，分析滑坡产生的条件和原因，判断其稳定程度，预测其发展趋势，提出预防与治理方案的建议。

9.1.3　滑坡勘察应采用工程环境专项调查和工程地质测绘、钻探、井探、槽探、原位测试及室内试验等综合方法，工程需要时可采用洞探、物探；勘察范围应包括滑坡区域及滑坡危及的地段。工程地质测绘比例尺可选用 1:200～1:1000，用于整治设计时应选用 1:200～1:500。

9.1.4　滑坡区的工程环境专项调查和工程地质测绘，除应符合本标准第 11 章的有关规定外，尚应包括下列内容：

1　搜集地质、水文、气象、地震和人类活动等相关资料；

2　滑坡各种要素特征和滑坡的变形破坏历史及现状，包括滑动时间、滑坡周界、地质结构、易滑地层的分布、微地貌形态及演化过程、各种裂隙的时间顺序与标高、建筑物开裂情况及修复过程；

3　地表水、地下水、泉和湿地的分布；

4　树木的异态、既有建筑物与工程设施的变形、位移及其破坏的时间和过程；

5　滑坡历史及当地滑坡治理经验；

6　滑坡的重点部位应摄影或录像。

9.1.5　滑坡勘探工作应遵循先勘探主滑线后勘探主滑线两侧的原则，根据工程地质条件、地下水情况、滑坡体的结构、滑坡复杂程度及滑坡形态确定工作方法和工作量，并应符合下列规定：

1　滑坡体上应平行主滑线方向布置主纵勘探线，滑坡体外应布置一定数量的辅纵勘探线；垂直主滑线方向应布置横向勘探线；滑坡主纵勘探线相邻间距根据滑坡地质环境复杂程度及滑坡宽度选择，不宜大于 40m，辅纵勘探线之间及辅纵勘探线与主纵勘探线之间的间距宜为 20m～30m；

2　勘探线上的勘探点数量不应少于 3 个，勘探点的间距不宜大于 40m，纵向勘探线上勘探点布置应考虑构成横向勘探线的需要，剪出口难以确定或横向勘探线可能作为支挡线时，

应适当加密勘探点；滑坡体转折处和可能进行施工治理的地段应布置勘探点；

3 勘探孔深度应穿过最下一层滑动面进入稳定地层，一般性勘探孔应进入稳定地层 1m～3m，控制性勘探孔应进入稳定地层 3m～5m，难以判断滑坡有无深层滑面时，个别控制性勘探孔可加深。探井的深度应揭穿最低滑面。可能治理部位的勘探孔深度应满足防治工程设计的需要，拟布设抗滑桩或锚索部位的控制性勘探孔进入滑床的深度宜大于滑体厚度的 1/2，并不小于 5m；

4 勘探方法应根据滑坡体类型及滑动面（带）的岩土体性质选择。土质滑坡应采用干钻、双层岩芯管钻探或全断面取芯方法；土岩交界面的浅层滑坡宜采用坑、槽、井探，深层滑坡宜辅以双层岩芯管钻探；岩质滑坡应采用地质调查与物探手段，辅以双层岩芯管钻探，物探断面宜与钻探断面一致。

9.1.6 滑坡勘察的岩土试验和测试应符合下列规定：

1 滑坡体、滑动面（带）和稳定地层应分层采取有代表性的岩、土、水试样。岩样采集位置应主要布置在滑坡可能支挡部位，土样采集位置应主要布置在滑坡主勘探线上，每一岩土层取样数量不应少于 6 组，软弱层宜连续取样；

2 结合滑动条件、岩土性质、工程要求，采用与滑动受力条件相似的抗剪强度试验方法。滑体土、滑带土宜采用原状土直接剪切试验或三轴剪切试验，剪切试验应以原状土的天然快剪和饱和快剪为主，当无法采取原状土样时，可做重塑土的剪切试验，滑带土宜作重塑土或原状土多次剪试验；直接剪切试验应测定峰值强度和残余强度；滑床岩土体应做常规土工试验或岩石物性、强度及变形试验；宜采用反分析方法检验滑动面的抗剪强度指标；重要工程宜进行现场剪切试验；

3 地下水应分层止水并测定水位，一级工程宜进行水文地质试验。

9.1.7 滑坡应进行定性和定量稳定性分析评价，并应符合下列要求：

1 定性分析评价包括滑坡的成因、类型、范围、规模、滑动面位置及形态；

2 定量分析评价应根据滑动面的类型和物质成分，选择相应的计算方法，计算时应考虑下列因素：

1) 滑坡推力计算宜采用极限平衡条分法；

2) 可能发生局部滑动时，除验算整体稳定外，尚应验算局部稳定；

3) 用反分析方法检验滑动面抗剪强度指标时，应采用滑动后实测主断面计算，对正在滑动的滑坡体，稳定系数 Fs 可取 0.95～1.00，对处于暂时稳定的滑坡体，稳定系数 Fs 可取 1.00～1.05；

4) 滑坡体内已形成地下水位面时，应计入浮托力和水压力；

5) 计算时还应考虑地震、降雨、冲刷、人类活动影响。

3 根据滑坡的规模、主导因素、滑坡区的工程地质和水文地质条件及稳定性验算结果进行综合评价。

9.1.8 滑坡勘察报告除应符合本标准第 18 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 滑坡的地质背景和形成条件；

2 滑坡的形态要素、性质和演化历史；

3 提供滑坡的平面图、剖面图和岩土工程特性指标；

4 滑坡稳定性分析；

5 滑坡防治和监测的建议。

9.2 危岩和崩塌

9.2.1 拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的危岩和崩塌时，应进行危岩和崩塌勘察。

9.2.2 危岩和崩塌勘察宜在可行性研究或初步勘察阶段进行，查明危岩或崩塌的产生条件、规模、类型和范围，判断其稳定程度，预测其发展趋势，对工程建设适宜性进行评价，提出防治方案的建议。

9.2.3 危岩和崩塌勘察应以工程环境专项调查和工程地质测绘为主，槽探、钻探和井探为辅，工程需要时可采用陆地摄影、透视雷达和弹性波检测方法。勘察范围应包括危岩带和相邻的地段，坡顶应到达卸荷带之外一定范围，坡底应到达危岩崩塌堆积区外一定范围。工程地质测绘比例尺宜选用 1:500～1:1000，崩塌方向主剖面的比例尺宜采用 1:200。

9.2.4 危岩和崩塌工程环境专项调查和工程地质测绘，除应符合本标准第 11 章的有关规定外，尚应包括下列内容：

1 地面坡度、台阶位置、平台宽度、陡坎高度等地形地貌变化情况；

2 崩塌类型、范围、崩塌体的大小和崩落方向及影响范围；

3 岩土层结构、状态、岩体基本质量等级、岩性特征和风化程度；

4 地质构造，岩体结构类型，结构面的产状、组合关系、闭合程度、力学属性、延展及贯穿情况；

5 气象、水文、地震和地下水的活动；

6 崩塌变形迹象和崩塌原因；

7 当地防治崩塌的经验。

9.2.5 危岩和崩塌勘探点布置应符合下列要求：

1　危岩带的勘探线宜通过危岩体重心，勘探线间距宜为 80m～100m；单个危岩勘探线应通过危岩体重心；揭露同一结构面的勘探点不宜少于 3 个；勘探孔深度应能控制危岩体的主要结构面；

2　崩塌的主要勘探线宜沿主崩方向布置，贯穿崖顶、崩积体、崩积前缘，超过可能崩塌的范围；在主崩方向两侧或崩塌体外，宜根据崩塌的特征和规模布置辅助勘探线；每条勘探线勘探点（含探槽、探井等）不宜少于 3 个，勘探点间距不宜大于 40m；拟采取工程措施的地段宜布置勘探点；勘探孔深度宜进入崩积体堆床下 2m；

3　查明控制性结构面的钻孔宜采用水平或倾斜钻进，钻孔宜穿过控制性结构面，深度不宜小于可能的卸荷带最大宽度和结构面最大间距；水平或倾斜钻孔宜布置在危岩（陡崖）高度的 1/2～1/3 处。

9.2.6　危岩体、母岩和基座宜采样做物理力学性质试验。受抗拉强度控制的危岩体和结构面宜进行抗拉强度试验；受抗剪强度控制的危岩体和结构面宜进行室内抗剪强度试验，也可进行现场抗剪强度试验；每种岩性的岩样不宜少于 6 组，每组不宜少于 3 件。

9.2.7　判定危岩的稳定性时应对张裂缝进行监测。破坏后果严重的大型危岩应结合监测结果，对可能发生崩塌的时间、规模、滚落方向、途径、危害范围进行预报。

9.2.8　危岩和崩塌的岩土工程评价应符合下列规定：

1　危岩和崩塌应进行定性和定量稳定性评价；

2　危岩和崩塌稳定性可根据范围、规模、地质条件、破坏模式及已经出现的变形破坏迹象，采用地质类比法作出定性评价；

3　危岩和崩塌的稳定性计算应根据形成机理确定计算模型；

4　危岩和崩塌规模大，破坏后果很严重，难以治理时，不宜作为工程场地；规模较大，破坏后果严重时，对可能产生崩塌的危岩进行加固处理后可作为工程场地；规模小，破坏后果不严重的，可作为工程场地，但应对不稳定危岩采取治理措施。

9.2.9　危岩和崩塌勘察报告除应遵守本标准第 18 章的规定外，尚应包括下列内容：

1　危岩和崩塌的地质背景和产生条件；

2　危岩和崩塌的规模、类型和范围；

3　危岩和崩塌稳定分析；

4　场地适宜性分析；

5　危岩和崩塌防治与监测的建议。

9.3 泥石流

9.3.1 拟建工程场地或其附近有发生泥石流的条件并对工程安全有影响时，应进行泥石流勘察。

9.3.2 泥石流勘察应查明泥石流的形成条件、类型、规模、发育阶段和活动规律，对工程场地作出适宜性评价，提出防治措施的建议。

9.3.3 泥石流勘察应以工程环境专项调查和工程地质测绘为主，以钻探、槽探、井探、物探和洞探为辅，也可进行遥感资料解译。勘察范围应包括泥石流形成区、流通区、堆积区及可能遭受泥石流危害的全部范围，泥石流工程地质测绘比例尺宜按表 9.3.3 确定。

表 9.3.3 泥石流工程地质测绘比例尺

泥石流规模	泥石流全域(形成区、流通区、堆积区及汇水区)	泥石流形成区及堆积区
小 型	1:500～1:2000	1:200～1:500
中 型	1:2000～1:5000	1:500～1:1000
大 型	1:5000～1:10000	1:500～1:1000

注： 不需治理的大型泥石流，其形成区及堆积区工程地质测绘比例尺可采用 1:1000～1:5000。

9.3.4 泥石流工程环境专项调查和工程地质测绘除应符合本标准第 11 章的有关规定外，尚应包括下列内容：

1 冰雪融化和暴雨强度、前期降雨量、一次最大降雨量和一次降雨总量，地下水出水点位置和流量，地下水补给、迳流和排泄特征，地表水系分布特征；

2 沟谷的发育程度、切割情况，坡度、弯曲、粗糙程度，划分泥石流的形成区、流通区和堆积区，圈绘沟谷的汇水面积；

3 形成区的水源类型、汇水区面积和流量，斜坡坡角及斜坡的地质结构、松散堆积层的分布、植被情况、以及现状已成为或今后将成为泥石流固态物质来源的滑坡、崩塌、岩堆、弃渣的体积、重量和稳定性；

4 流通区的沟床纵横坡度及变化点、沟床冲淤变化情况、跌水及急湾、两侧山坡坡度、松散物质分布、坡体稳定状况及已向泥石流供给固态物质的滑塌范围和变化状况、已有的泥石流残体特征，当有地下水出水点时，尚应调查其流量及与泥石流补给关系；

5 堆积区堆积扇的地形特征和堆积扇体积，泥石流沟床的坡降和岩土特征，堆积物的性质、组成成份和堆积旋回的结构、次数和厚度，一般粒径和最大粒径的分布规律、堆积历史，泥石流堆积体中溢出的地下水水质和流量、地面沟道位置和变迁、冲淤情况，堆积区遭

受泥石流危害的范围和程度；对粘性泥石流，尚应调查堆积体上的裂隙分布状况，并测量泥石流前峰端与前方重要建构筑物的距离；

6 泥石流沟谷的历史，历次泥石流的发生时间、频数、规模、形成过程、暴发前的降雨情况和暴发后产生的灾害情况；

7 开矿弃渣、修路切坡、砍伐森林、陡坡开荒和过度放牧等人类活动情况；

8 当地泥石流防治经验。

9.3.5 泥石流需要采取防治措施时应进行勘探，进一步查明泥石流堆积物的性质、结构和厚度，固体物质含量、最大粒径，流速和流量，冲出量和淤积量。勘探工作应符合下列要求：

1 形成区的勘探线和勘探点应布置在主要固体物质来源相对集中的位置，勘探点间距宜为 40m～80m ，勘探孔深度应穿透松散体进入稳定地层 3m～5m；

2 堆积区的勘探线和勘探点的布置应包括泥石流堆积扇的堆积范围，主勘探线应布置在扇形轴部，勘探点间距宜为 30m～50m，勘探孔深度应穿透堆积体；

3 设置防治工程地段的勘探线和勘探点应沿拟建工程轴线布置，勘探点间距不宜大于 40m，勘探孔深度应穿透松散体进入稳定地层 3m～5m。

9.3.6 泥石流勘察的岩土试验和测试应符合下列要求：

1 现场大于等于 2cm 以上的堆积物颗粒应进行筛分，小于 2cm 的样品应进行颗分试验，每件样品不应少于 50kg；

2 防治工程地段的每一稳定地层，取样数量不应少于 6 组；

3 测试方法的选用应符合不同区段堆积体的特点。

9.3.7 泥石流岩土工程评价应符合下列规定：

1 泥石流勘察应根据勘察区的物质来源、水源及汇水条件和地形特征对泥石流形成的可能性进行预测；

2 泥石流勘察宜对泥石流峰值流量、泥石流一次过程总量、泥石流运动距离、泥石流整体冲击力、泥石流大块冲击力、泥石流冲起高度和泥石流弯道超高等进行评价；

3 泥石流堆积体和泥石流区滑坡、危岩的稳定性评价按本章第 9.1 和第 9.2 节的规定执行。

4 泥石流的工程分类和特征应按表 9.3.7 执行：

表 9.3.7 泥石流的工程分类和特征

类别	泥石流特征	流域特征	亚类	严重程度	流域面积（km^2）	固体物质一次冲出量（$\times10^4 m^3$）	流量（m^3/s）	堆积区面积（km^2）
Ⅰ高频率泥石流沟谷	基本上每年均有泥石流发生。固体物质主要来源于沟谷的滑坡、崩塌。暴发雨强小于2mm～4mm/10min。除岩性因素外，滑坡、崩塌严重的沟谷多发生黏性泥石流，规模大，反之多发生稀性泥石流，规模小	多位于强烈抬升区，岩层破碎，风化强烈，山体稳定性差。泥石流堆积新鲜，无植被或仅有稀疏草丛。黏性泥石流沟中下游沟床坡度大于4%	$Ⅰ_1$	严重	＞5	＞5	＞100	＜1
			$Ⅰ_2$	中等	1～5	1～5	30～100	＜1
			$Ⅰ_3$	轻微	＜1	＜1	＜30	—
Ⅱ低频率泥石流沟谷	暴发周期一般在10年以上。固体物质主要来源于沟床，泥石流发生时“揭床”现象明显。暴雨时坡面产生的浅层滑坡往往是激发泥石流形成的重要因素。暴发雨强一般大于4mm/10min。规模一般较大，性质有黏有稀	山体稳定性相对较好，无大型活动性滑坡、崩塌。沟床和扇形地上巨砾遍布。植被较好，沟床内灌木丛密布，扇形地多已辟为农田。黏性泥石流沟中下游沟床坡度小于4%	$Ⅱ_1$	严重	＞10	＞5	＞100	＞1
			$Ⅱ_2$	中等	1～10	1～5	30～100	＜1
			$Ⅱ_3$	轻微	＜1	＜1	＜30	—

注：1　表中流量对高频率泥石流沟指百年一遇流量；对低频率泥石流沟指历史最大流量；

2　泥石流工程分类宜采用野外特征与定量指标相结合的原则，定量指标满足其中一项即可。

9.3.8　根据泥石流工程环境专项调查和工程地质测绘及勘探情况，工程建设适宜性评价应符合下列要求：

1　$Ⅰ_1$类和$Ⅱ_1$类泥石流沟谷不应作为工程场地，各类线路宜避开；

2　$Ⅰ_2$类和$Ⅱ_2$类泥石流沟谷不宜作为工程场地，当必须利用时应采取治理措施；线路应避免直穿堆积扇，可在沟口设桥（墩）通过；

3　$Ⅰ_3$类和$Ⅱ_3$类泥石流沟谷可利用其堆积区作为工程场地，但应避开沟口；线路可在堆积扇通过，可分段设桥和采取排洪、导流措施，不宜改沟、并沟；

4　当上游大量弃渣或进行工程建设改变了原有供排平衡条件时，应重新判定产生新的泥石流可能性。

9.3.9　泥石流勘察报告除应遵守本标准第18章的规定外，尚应包括下列内容：

1　泥石流的地质背景和形成条件；

2　形成区、流通区、堆积区的分布和特征，绘制专门工程地质图；

3　划分泥石流类型，评价其对工程建设的适宜性；

4　泥石流防治和监测的建议。

9.4　岩溶

9.4.1　拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的岩溶时，应进行岩溶勘察。

9.4.2　岩溶地区的勘察应查明建设场地岩溶的发育程度和分布规律、地基岩土的工程特性和地下水埋藏条件，对场地及地基作出综合评价。岩溶发育程度等级可分为强发育、中等发育和微发育。场地岩溶发育程度等级可按表 9.4.2 确定。

表 9.4.2　场地岩溶发育程度等级

岩溶发育程度 （场地和地基复杂程度）	判别条件
岩溶强发育 （一级场地和地基）	1　地表岩溶塌陷、漏斗、洼地和土洞发育，溶沟、溶槽和石芽密布； 2　钻孔见洞隙率＞30％、线岩溶率＞20％、土洞率≥10％； 3　相邻柱基之间基岩起伏面相对高差＞5m； 4　岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度＞20m； 5　地下有暗河、伏流，岩溶裂隙水丰富，地表泉眼多有分布
岩溶中等发育 （二级场地和地基）	1　地表岩溶塌陷、漏斗、洼地和土洞较发育，溶沟、溶槽和石芽较发育； 2　钻孔见洞隙率 10％～30％、线岩溶率 5％～20％、土洞率＜10％； 3　相邻柱基之间基岩起伏面相对高差 2m～5m； 4　岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度＜20m； 5　无地下有暗河、伏流。岩溶裂隙水丰富，地表泉眼有分布
岩溶微发育 （三级场地和地基）	1　无岩溶塌陷和漏斗，溶沟和溶槽较发育； 2　钻孔见洞隙率＜10％、线岩溶率＜5％、无土洞； 3　相邻柱基之间基岩起伏面相对高差＜2m； 4　岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度＜5m； 5　岩溶裂隙多被充填，地下水不丰富

注：1　各等级的 5 项条件中，有一项符合者即可判定为相应岩溶发育等级。

2　当钻孔见洞隙率为 0，基岩面起伏高差＞5m、5m～2m、＜2m 时，可分别定为表生岩溶强发育、中等发育和微发育；

3　从强发育开始向中等发育、微发育判定，以最先满足为准。

9.4.3　岩溶地基的下列地段应进行重点勘察：

1　地面塌陷或地表水消失的地段；

2　地下水强烈活动的地段,构造导水断层或导水破碎带及交汇地段；

3　碳酸盐岩层与非碳酸盐岩层接触的地段，碳酸盐岩埋藏较浅且起伏较大的石芽发育地段；

4　基础下有溶洞、暗河、伴生土洞分布的地段；

5　存在采空区和其它人类工程活动强烈的地段。

9.4.4　岩溶地基勘察应遵循地质调查分析由面到点，勘探工作由疏到密的原则。针对建筑物特征和场地条件，宜采用工程环境专项调查和工程地质测绘、物探、钻探等多种手段结合的方法进行，并应符合下列要求：

1　可行性研究勘察应查明岩溶洞隙、土洞的发育条件，并对其危害程度和发展趋势作出判断，对场地的稳定性和工程建设的适宜性做出评价；

2　初步勘察应查明岩溶洞隙及其伴生土洞、塌陷的分布、发育程度和发育规律，并按场地的稳定性和适宜性进行分区；

3　详细勘察应查明拟建工程范围及有影响地段的各种岩溶洞隙和土洞的位置、规模、埋深、岩溶堆填物性状和地下水特征，对地基基础的设计和岩溶的治理提出建议；

4　岩溶地基某一地段尚待查明的专门问题应进行施工勘察。土洞、塌陷可能分布的地段及设计等级为甲级的基础或大直径嵌岩桩，应进行专门勘察。

9.4.5　岩溶场地的工程环境专项调查和工程地质测绘，除应符合本标准第 11 章的有关规定外，尚应包括下列内容：

1　岩溶洞隙、塌陷、漏斗、洼地、泉眼的分布形态和发育规律；

2　覆盖层厚度，溶沟、溶槽、石芽的分布形态；

3　地下水赋存条件、水位变化幅度、水质和运动规律；

4　岩溶发育程度、洞隙特征（包括规模、埋深、顶板厚度及完整性、充填物性质及充填程度）及其与地貌、构造、岩性、地下水的关系；

5　土洞和塌陷的分布、形态、成因、发育规律和发展趋势；

6　场地附近地下水开采及矿山疏排水情况；

7　当地岩溶、土洞和塌陷治理经验。

9.4.6　可行性研究勘察和初步勘察应符合下列规定：

1　可行性研究勘察宜采用工程环境专项调查和工程地质测绘与综合物探相结合的方法，勘探点的间距不应大于本标准第 7 章的规定，岩溶发育地段应予加密；

2　初步勘察应首选综合物探方法，根据工程环境专项调查和工程地质测绘结果结合地质条件确定物探方法和测点布置；物探测线应布置在岩溶发育的构造破碎带、褶皱轴部、可溶岩与非可溶岩接触带和岩溶洞穴、塌陷地带等处；浅层岩溶发育地区宜采用浅层地震勘探

和孔间地震 CT 测试或孔间电磁波 CT 测试与钻探配合，查明溶洞和土洞发育程度、范围和连通性。主要物探方法及点距应符合表 9.4.6-1 的规定。

表 9.4.6-1　主要物探方法及点距（m）

岩溶地基类型	物探方法				
	电法	电磁法	地震波法	声波测井	井中成像
裸露型	3～5	3～5	3～5	0.2～0.5	0.1～0.2
浅覆盖型	3～5	3～5	3～5	0.2～0.5	0.1～0.2
深覆盖型	5～10	5～10	5～10	0.1～0.5	0.1～0.2
埋藏型	5～10	5～10	5～10	0.1～0.5	0.1～0.2

9.4.7　详细勘察应符合下列规定：

1　勘探线应沿建筑物轴线布置，勘探点应沿建筑物周边和角点布置，勘探点间距可按表 9.4.7 确定。岩溶微发育及中等发育地段，柱下独立基础应一柱一孔，条形基础应 6m～12m 一孔。岩溶强发育地段，柱下独立基础宜一柱多孔，具体孔数应结合基础底面尺寸和实际需要确定；条形基础的布孔间距不宜大于 6m。对一柱一桩或大直径嵌岩桩的基础，宜逐柱或逐桩布置勘探点。在下列条件下，可适当增加钻孔：

1)　溶洞顶板可能作为地基持力层时；

2)　遇深溶槽或串珠状溶洞，拟采取梁、板跨越，需查找稳定支点时；

3)　发现或可能存在危害工程的洞体时；

表 9.4.7　详细勘察勘探点的间距

地基复杂程度等级	勘探点间距（m）
一级	8～15
二级	15～20
三级	20～25

2　勘探孔深度宜进入持力层独立基础宽度的 3 倍或条形基础宽度的 6 倍或桩端下 3d～5d，且不小于 5m，拟定深度内遇溶洞时，应钻穿溶洞进入洞底稳定岩层不小于 5m，遇串珠状溶洞或溶隙深度大时，钻孔深度宜结合基础施工的可行性确定；

3　土洞和塌陷发育地段可采用静力触探、小口径钻探详细查明其分布；

4　需查明断层、岩组分界、洞隙和土洞形态、塌陷等情况时，应布置适当的探槽或探井；

5　物探方法宜根据场地条件选用，物探异常点应采用钻探验证；

6　人员可进入的洞体均应入洞勘查，人员不能进入的洞体宜用井下电视或三维激光扫

描探测；

7　岩溶地下水的勘察和评价，除应符合本标准第7章、第8章和第16章的有关规定外，尚应满足下列要求：

1）　抽水试验井孔应按不同岩溶发育地段布置，岩溶强发育地段不少于 2 个，岩溶中等发育地段不少于 1 个，当抽水试验可能造成不良环境工程问题时，应将抽水试验改为压水试验或注水试验；

2）　岩溶地下水抗浮设防水位应根据其水文地质条件综合确定；

3）　土洞和塌陷应查明地下水的动力条件、潜蚀作用、地表水与地下水联系，测定流速、流向、流量、水质和水位；

8　岩溶管道或暗河的空间分布及走向探测可采用物探或连通试验；

9　浅埋溶洞顶板强度与稳定性评价可采用现场顶板岩体载荷试验，最大加载量应不小于地基设计荷载的 2 倍；

10　岩溶地基岩体完整程度的定量划分可采用声波测井，测点间距根据岩性结构及岩体破碎程度宜取 0.2m～0.4m；也可采用电磁波测井。

9.4.8　岩溶强发育地区的下列部位宜重点查明土洞的位置：

1　土层较薄、土中裂隙和其下岩体洞隙发育部位；

2　岩面张开裂隙发育，石芽或外露的岩体与土体交接部位；

3　两组构造裂隙交汇处和宽大裂隙带；

4　隐伏的溶沟、溶槽、漏斗其上有软弱土分布的负岩面地段；

5　地下水强烈活动于岩土交界面的地段和大幅度人工降水地段；

6　低洼地段和地表水体近旁。

9.4.9　施工勘察除应符合本标准第 7 章的有关规定外，在土洞、塌陷地段宜在已开挖的基槽内布置触探或钎探；一级工程或荷载较大的工程可在槽底采用小口径钻探。

9.4.10　岩溶勘察岩土试验与测试应符合下列要求：

1　溶洞强发育需要查明其分布规律和追索隐伏洞隙的联系时，可进行连通试验；

2　覆盖层和洞体充填物土样宜进行物理力学性质、胀缩性、渗透性等试验；

3　采集代表性部位的地表水和地下水水样进行水质分析，满足腐蚀性评价要求；

4　代表性岩样应进行物理力学性质试验；

5　评价洞隙稳定性时，可采取洞体顶板岩样和岩溶充填物作物理力学性质试验；

6　需查明土的性状与土洞形成的关系时，应进行湿化、胀缩、可溶性和剪切试验。

9.4.11　地基基础设计等级为甲、乙级的建筑物主体宜避开岩溶强发育地段。存在下列情况

之一且未经处理的场地，不应作为建筑物地基：

1 浅层溶洞成群分布，洞径大，洞体不稳定的地段；

2 溶沟、溶槽、溶蚀裂隙、漏斗、石芽等岩溶强发育，其中充填物为软弱土体的地段；

3 覆盖型溶洞、土洞及塌陷岩溶强发育的地段；

4 岩溶水排泄不畅，可能造成场地暂时淹没的地段；

5 覆盖型导水构造破碎带或断层交汇的地段；

6 覆盖型岩溶中等发育且存在层流、越流潜蚀形成土洞条件的地段。

9.4.12 当地基属于下列条件之一时，对二级和三级工程可不考虑岩溶稳定性的不利影响：

1 基础底面下土层厚度大于独立基础宽度的 3 倍或条形基础宽度的 6 倍，且不具备形成土洞或其它地面变形的条件；

2 基础底面与洞体顶板间岩土厚度虽小于本条第 1 款的规定，但符合下列条件之一时：

1） 洞隙或岩溶漏斗被密实的沉积物填满且无被水冲蚀的可能；

2） 洞体岩体基本质量等级为 I 级或 II 级，顶板岩石厚度大于或等于洞跨；

3） 洞体较小，基础底面大于洞的平面尺寸，有足够的支承长度；

4） 平行于基础轴线的长度或直径小于 1.0m 的竖向洞隙、落水洞近旁地段。

9.4.13 当不符合本标准第 9.4.12 条的条件时，应进行洞体地基稳定性分析，并应符合下列规定：

1 顶板不稳定，但洞内为密实堆积物充填且无流水活动时，可按不均匀地基进行评价；

2 取得计算参数后，可将洞体顶板按结构自承重体系进行力学分析；

3 有工程经验的地区，可按类比法进行稳定性评价；

4 岩体基本质量等级为III级或 Ⅳ级时，可做原位岩体载荷试验评价溶洞顶板的强度与稳定性，最大加载量应不小于地基设计要求的 2 倍；

5 基础近旁有洞隙和临空面时，应验算临空面倾覆稳定性和裂面滑移稳定性；

6 地基为石膏、岩盐等易溶岩时，应考虑溶蚀长期作用的不利影响；

7 不稳定的岩溶洞隙应提出地基处理或采用桩基础的建议；

8 单个溶洞规模较大且有多个基础位于其上时，溶洞顶板的强度与稳定性应进行专门研究。

9.4.14 岩溶地基的岩土工程评价应包括下列内容：

1 场地岩溶地下水的赋存、动态、补给、径流、排泄条件，地表水与地下水的水力联系；

2 岩溶发育的成因类型、发育程度、形态和分布特征，溶洞充填程度与充填物，覆盖

层厚度和岩土特性；

3 岩溶地基的稳定性评价；

4 溶洞、土洞和塌陷的成因及其发展趋势分析；

5 岩溶强发育和中等发育的浅覆盖型岩溶地基，当基岩面上部存在软弱土层时，应从地下水的潜蚀及土洞塌陷的形成、发育等方面分析评价地基土的稳定性；稳定性较差地段应提出工程治理措施的建议；

6 提出基础方案、地下水控制方案、基坑开挖与支护方案和岩溶地基处理措施的建议；

7 提出岩溶治理设计所需岩土参数和监测要求的建议。

9.4.15 岩溶勘察报告除应遵守本标准第 18 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 岩溶发育的地质背景和形成条件；

2 岩溶洞隙、土洞和塌陷的平面图及纵横断面图；

3 岩溶洞隙、土洞和塌陷特征一览表；

4 岩溶稳定性分析；

5 基础埋置深度的建议；

6 地下水控制方案的建议；

7 岩溶治理和监测的建议。

9.5 采空区

9.5.1 拟建工程场地或其附近存在不利于场地稳定和工程安全的采空区时，应进行采空区勘察。

9.5.2 采空区勘察应查明采空区上覆岩土层的稳定性，预测现采空区和未来采空区的地表移动、变形的特征和规律性，判定其作为工程场地的适宜性。

9.5.3 采空区勘察宜以搜集资料和调查为主；对老采空区和现采空区，当工程环境专项调查和工程地质测绘不能查明采空区的特征时，应进行物探和钻探。

9.5.4 采空区勘察资料搜集应包括下列内容：

1 矿层的分布、厚度、深度、埋藏特征和开采层的上覆岩层的岩性、构造；

2 矿层开采的范围、深度、厚度、层数、时间、方法和顶板管理方法，采空区的塌落、密实程度、空隙和积水情况；

3 地表陷坑、台阶，裂缝的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与地质构造、开采边界、工作面推进方向的关系；

4 地表移动盆地的特征，划分中间区、内边缘区和外边缘区，确定地表移动和变形的

特征值；

5 采空区附近的抽水和排水情况及其对采空区稳定的影响；

6 当地建筑物变形情况和防治措施的经验。

9.5.5 钻孔位置和数量应根据工程环境专项调查和工程地质测绘成果、物探异常带、地表变形观测资料、建筑物位置及其重要性确定。

9.5.6 采深小、地表变形剧烈且为非连续变形的小窑采空区应通过搜集资料、调查、物探和钻探，查明采空区和巷道的位置、大小、埋藏深度、开采时间、开采方式、回填塌落和充水情况，查明地表裂缝和陷坑的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与采空区的关系。

9.5.7 采空区地面应进行变形观测，查明采空区变形范围、变形特征、地表垂直沉降量、地表倾斜、地表水平变形、地表曲率以及变形速率。变形观测应按《工程测量规范》 GB 50026 执行。

9.5.8 采空区场地稳定性评价可采用开采条件判别法、地表移动变形判别法和沉降观测法。

9.5.9 建筑场地稳定性划分宜符合下列规定：

1 下列地段不宜作为建筑场地：

1） 开采过程中可能出现非连续变形的地段；

2） 地表移动处于活跃阶段的地段；

3） 特厚矿层和倾角大于 55° 的厚矿层露头的地段；

4） 地表移动和变形可能引起边坡失稳和山崖崩塌的地段；

5） 地表倾斜大于 10mm/m 或地表曲率大于 0.6mm/m^2 或地表水平变形大于 6mm/m 的地段。

2 下列地段作为建筑场地时应评价其适宜性：

1） 采深较大，上覆岩层极坚硬，并采用非正规开采方法的地段；

2） 地表倾斜为 3mm/m～10mm/m 或地表曲率为 0.2mm/m^2～0.6mm/m^2 或地表水平变形为 2mm/m～6mm/m 的地段。

3 下列地段可作为建筑场地：

1） 地表变形趋于稳定，且无重复开采可能的地表移动盆地的中间区；

2） 预测地表变形小于建筑物允许变形的地段。

9.5.10 建筑物应避开采深小、地表变形剧烈且为非连续变形的未经减灾治理的老采空区。对次要建筑，可根据建筑物的基底压力、采空区的埋深、范围和上覆岩层的性质等评价地基的稳定性，并根据矿区经验提出处理措施的建议。

9.6 地面沉降和地面裂缝

9.6.1 拟建工程场地或其附近存在有抽吸地下水引起水位或水压下降而造成大面积地面沉降及引起的地裂缝时，应进行地面沉降和地面裂缝勘察。

9.6.2 对已发生地面沉降的地区，应搜集地面沉降的相关资料，查明其原因和现状，预测其发展趋势，提出控制和治理方案。对可能发生地面沉降的地区，应分析地面沉降发生的层位，预估沉降量，提出预防和控制地面沉降的建议。

9.6.3 地面沉降和地面裂缝勘察前资料搜集应包括下列内容：

1 场地的地貌和微地貌；

2 第四纪堆积物的年代、成因、厚度、埋藏条件和土性特征，硬土层和软弱层的分布；

3 地下水位下可压缩层的固结状态和变形参数；

4 含水层和隔水层的埋藏条件和承压性质，含水层的渗透系数、单位涌水量等水文地质参数；

5 地下水的补给、径流、排泄条件，含水层间或地下水与地表水的水力联系；

6 历年地下水位、水头的变化幅度和速率；

7 历年地下水的开采量和回灌量，开采或回灌的层段；

8 地下水位下降漏斗及回灌时地下水反漏斗的形成和发展过程；

9 地面沉降与分层沉降资料、地面沉降与地下水采灌量的关系曲线；

10 场地及附近地区地表破裂情况、建设工程的破坏情况、已有勘察及地裂缝研究资料。

9.6.4 已发生地面沉降或出现地裂缝的地区，勘察工作应包括下列内容：

1 进行现场调查，了解对建设工程的影响程度，包括建（构）筑物的沉降、倾斜、裂缝及其发生时间和发展过程；

2 根据搜集的资料和现场调查，分析产生地面沉降的原因，绘制工程建设区域不同时间的地面沉降等值线图，及以地面沉降为特征的工程地质分区图；

3 可能持续发生地面沉降的地区，可根据工程地质和水文地质条件，预测地面沉降发展趋势，分析引发地裂缝的可能性；

4 分析地面沉降对工程建设的影响程度，提出下列控制或治理地面沉降的建议：

1） 减少地下水开采量和水位降深，调整开采层次，合理开发地下水资源；

2） 对地下水进行回灌时，应控制回灌水源的水质标准，防止地下水被污染；

3） 条件许可时，可限制工程建设中的人工降低地下水位；

4） 加强重点区域地面沉降的观测工作，并满足专门的水准测量精度要求；发现剧烈地面沉降时应报警，暂停地下水开采；

5　出现地裂缝时应查明场地地裂缝的位置、产状及活动性，标志层的分布及错断情况，测量地裂缝平面位置的坐标并标示在地裂缝分布图上。

9.6.5　可能发生地面沉降的地区，勘察工作应包括下列内容：

1　根据场地岩土工程条件及地下水的开采量，预测地面沉降发生的可能性与发生的层位；

2　根据抽水试验、渗透试验、固结试验和先期固结压力试验预测地面沉降量和发展趋势；

3　分析地面沉降可能对工程建设的不利影响，提出合理开采地下水资源，限制人工降低地下水位的建议。

9.6.6　地裂缝场地的建设工程应根据其重要性、结构形式及地裂缝的活动性质，提出合理避让距离的建议；地裂缝变形区内的建设工程和临近地裂缝变形区的一级工程，应在结构主体上埋设沉降观测点，长期监测地裂缝的活动性对建设工程的影响。

9.6.7　无法避让而必须跨越地裂缝的建设工程，应进行专门的地裂缝勘察研究，并提出专门防治措施的建议。

9.6.8　工程需要时可提出下列预防或减少地面沉降措施的建议:

1　设计高程有严格要求的工程，应考虑建设工程使用寿命内因地面沉降引起的高程损失，提出合理预留设计高程的建议；

2　沉降或不均匀沉降敏感的工程，根据地面沉降和沉降漏斗发生的区域情况，提出避免建（构）筑物发生开裂或倾斜，采取合适的地基基础方案或结构措施的建议。

9.7　活动断裂

9.7.1　抗震设防烈度为 7 度的一级工程场地应进行活动断裂勘察。

9.7.2　活动断裂勘察应查明断裂的位置和类型，分析其活动性和地震效应，评价断裂对工程建设可能产生的影响，提出处理方案。

9.7.3　活动断裂的地震工程分类应符合下列规定：

1　全新活动断裂为在全新地质时期（一万年）内有过地震活动或近期正在活动，在今后一百年可能继续活动的断裂；发震断裂为全新活动断裂中、近期（近 500 年来）发生过地震震级 M≥5 级的断裂，或在今后 100 年内，可能发生 M≥5 级的断裂；

2　非全新活动断裂为一万年以前活动过，一万年以来没有发生过活动的断裂。

9.7.4　全新活动断裂分级应符合《岩土工程勘察规范》 GB 50021 的规定。

9.7.5　活动断裂勘察应以搜集地质资料和现场调查为主，通过搜集资料、现场调查和勘探

查明活动断裂的性质、位置、类型和规模，分析其活动性和地震效应，评价活动断裂对工程建设可能产生的影响。

9.7.6 活动断裂勘察工程环境专项调查和工程地质测绘，除应符合本标准第 11 章的要求外，尚应包括下列内容：

1 山区不断上升剥蚀或有长距离的平滑分界线，非岩性影响的陡坡和峭壁，深切的直线形河谷，系列滑坡、崩塌和山前叠置的洪积扇，定向断续线形分布的残丘、洼地、沼泽、芦苇地、盐碱地、湖泊、跌水、泉，水系的定向展布或同向扭曲错动；

2 近期断裂活动留下的第四系错动、地下水和植被的特征，断层带的破碎和胶结特征，已错断层位和未错断层位的地质年龄，断裂活动的最新时限；

3 与地震有关的断层、地裂缝、崩塌、滑坡、地震湖、河流改道和砂土液化。

9.7.7 当场地存在全新活动断裂和发震断裂时，应提出避让要求。避让距离应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 执行。

10　特殊性岩土

10.1　填土

10.1.1　填土根据物质组成可分为素填土、杂填土，根据堆填方式可分为冲填土、压实填土及非压实填土。

10.1.2　填土勘察应包括下列内容：

1　搜集资料，调查地形和地物的变迁、填土的来源、堆积年限和堆积方式；

2　查明填土的类型、分布、厚度、物质成分、颗粒级配、均匀性、密实性、固结程度、压缩性；

3　查明地下水与填土分布的关系及地下水的动态；

4　判定不同填土对建筑材料的腐蚀性。

10.1.3　勘探方法应根据填土性质确定。素填土应采用钻探与原位测试相结合的方法；杂填土应采用钻探与原位测试相结合的方法，也可采用一定数量的探井；勘探点间距按本标准第7章相关规定取小值；勘探孔深度应穿透填土层。

10.1.4　工程特性指标的确定应符合下列要求：

1　填土的均匀性和密实度宜采用触探法，并辅以室内试验；

2　填土的压缩性宜采用室内固结试验或现场载荷试验；

3　填土的密度试验宜采用大容积法，素填土、冲填土及压实填土的密度试验也可采用室内密度试验。

10.1.5　岩土工程评价应符合下列要求：

1　阐明填土的成分、分布和堆积年代，判定地基的均匀性、压缩性和密实度；填土宜按厚度、强度和变形特性分层或分区评价；

2　压实填土和堆积年限较长的素填土、冲填土和由建筑垃圾或性能稳定的工业废料组成的杂填土，可评价其作为天然地基的可能性；

3　欠固结填土采用桩基时应考虑其负摩阻力；

4　填土地基承载力应通过原位测试结合工程经验综合确定；

5　填土底面的天然坡度大于 20%时应验算其稳定性。

10.2　软 土

10.2.1 软土应为天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水率大于液限的细粒土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土。

10.2.2 省内软土的主要分布范围可按本标准附录 F 确定。

10.2.3 软土勘察应包括下列内容：

1 成因类型、成层条件、分布规律、水平向和垂直向的均匀性；

2 地表硬壳层的分布与厚度，软土中生物碎屑和腐殖质含量，下伏硬土层或基岩的埋深和起伏；

3 固结历史、应力水平和结构破坏对强度和变形的影响；

4 开挖、回填、支护、工程降水、成桩、沉井等对应力状态、强度和压缩性的影响；

5 当地工程经验。

10.2.4 勘探方法宜采用钻探取样与原位测试相结合的手段。勘探点布置应根据土的成因类型和地基复杂程度确定，当软土分布变化较大或有暗埋的塘、浜、沟、坑、穴时应予加密；勘探孔深度应穿透软土层并按本标准第 7 章相关规定取大值。

10.2.5 软土原位测试宜采用静力触探试验和十字板剪切试验。

10.2.6 软土的力学参数宜采用室内试验和原位测试结合工程经验综合确定，有条件时可根据载荷试验、原型监测反分析确定。抗剪强度指标宜采用室内三轴剪切试验和十字板剪切试验确定；压缩系数宜采用常规固结试验确定，提供 e～p 压缩曲线；先期固结压力、压缩指数、回弹指数、固结系数宜采用高压固结试验确定。

10.2.7 岩土工程评价应包括下列内容：

1 判定地基产生失稳和不均匀变形的可能性；当工程位于池塘、河岸、边坡附近时，应验算其稳定性；

2 软土地基承载力和抗剪强度应根据室内试验、原位测试和工程经验综合确定；

3 建筑物相邻高低层荷载相差较大时应分析其变形差异和相互影响；地面有大面积堆载时应分析对相邻建筑物的不利影响；

4 提出基础型式和持力层的建议，上为硬土层、下为软土的双层土地基应进行软弱下卧层验算；

5 基坑挡土结构底面下分布有软土时，应进行软弱下卧层隆起稳定性验算。

10.3 膨胀土

10.3.1 本节适用于初判为膨胀土的岩土工程勘察，膨胀土的初判应符合下列规定：

1 多分布在二级或二级以上阶地、山前丘陵和盆地边缘；

2 地形平缓，无明显自然陡坎；

3 常见浅层滑坡、地裂，新开挖的路堑、边坡、基槽易发生坍塌；

4 裂缝发育，方向不规则，常有光滑面和擦痕，裂缝中常充填灰白、灰绿色黏土；

5 干时坚硬，遇水软化，自然条件下呈坚硬或硬塑状态；

6 自由膨胀率一般大于 40%；

7 未经处理的建筑物成群破坏，低层较多层严重，刚性结构较柔性结构严重；

8 建筑物开裂多发生在旱季，裂缝宽度随季节变化。

10.3.2 膨胀土场地按地形地貌条件可分为平坦场地和坡地场地。符合下列条件之一者应划为平坦场地，不符合以下条件的应划为坡地场地：

1 地形坡度小于 5°，且同一建筑物范围内局部高差不超过 1m；

2 地形坡度大于 5°小于 14°，与坡肩水平距离大于 10m 的坡顶地带。

10.3.3 膨胀土工程环境专项调查和工程地质测绘除应符合本标准第 11 章的有关规定外，尚应包括下列内容：

1 查明膨胀土的地质年代、成因、分布、颜色、节理及裂隙等外观特征；

2 划分地貌单元和场地类型，查明有无浅层滑坡、地裂、冲沟及微地貌形态和植被情况；

3 调查地表水的排泄和积聚情况及地下水类型、水位和变化规律；

4 搜集当地降水量、蒸发量、气温、干湿季节、干旱持续时间资料，查明大气影响深度；

5 调查当地工程建设经验。

10.3.4 膨胀土勘察应符合下列规定：

1 勘探点宜结合地貌单元、微地貌形态布置，其数量应比非膨胀土地区适当地增加，其中采取试样的勘探点不应少于全部勘探点的 1/2；

2 勘探孔的深度，除应满足基础埋深和附加应力的影响深度外，尚应超过大气影响深度；控制性勘探孔不应小于 10m，一般性勘探孔不应小于 7m；

3 在大气影响深度内，每个控制性勘探孔均应采取Ⅰ、Ⅱ级土试样，取样间距不应大于 1.0m，在大气影响深度以下，取样间距可为 1.5m～2.0m；一般性勘探孔从地表下 1m 开始至 5m 深度内，可取Ⅲ级土试样，测定天然含水率。

10.3.5 室内试验除进行常规物理力学性质试验外，尚应包括下列内容：

1　自由膨胀率；

2　一定压力下的膨胀率；

3　收缩系数；

4　膨胀力。

10.3.6　一级工程或有特殊要求的工程场地宜进行现场浸水载荷试验、剪切试验或旁压试验。各向异性的膨胀土应测定其不同方向的膨胀率、膨胀力和收缩系数。

10.3.7　初判为膨胀土的地区应计算土的膨胀变形量、收缩变形量和胀缩变形量，划分胀缩等级，计算和划分方法应符合《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 的规定。

10.3.8　岩土工程评价应符合下列规定：

1　膨胀土地基上的建筑，其基础埋深、地基处理、桩基设计、总平面布置、建筑和结构措施、施工和维护应符合《膨胀土地区建筑技术规范》 GBJ 112 的规定；

2　一级工程的地基承载力应采用浸水载荷试验确定，二级工程宜采用浸水载荷试验确定，三级工程可采用饱和状态下不固结不排水三轴剪切试验计算或根据已有经验确定；

3　边坡及位于边坡上的工程应进行稳定性验算；验算时应考虑坡体内含水率变化的影响；均质土可采用圆弧滑动法，有软弱夹层及层状膨胀土应按最不利的滑动面验算；具有胀缩裂缝和地裂缝的膨胀土边坡应进行沿裂缝滑动的验算。

10.4　红黏土

10.4.1　本节适用于红黏土（含次生红黏土）的岩土工程勘察。省内红黏土的主要分布范围可按本标准附录 F 确定。

10.4.2　红黏土岩土工程勘察应着重查明其状态、裂隙发育特征及地基的均匀性。

1　红黏土的状态除按液性指数判定外，尚可按表 10.4.2-1 判定。

表 10.4.2-1　红黏土的状态

状态	含水比α_w
坚硬	$\alpha_w \leqslant 0.55$
硬塑	$0.55 < \alpha_w \leqslant 0.70$
可塑	$0.70 < \alpha_w \leqslant 0.85$
软塑	$0.85 < \alpha_w \leqslant 1.00$
流塑	$\alpha_w > 1.00$

注：$\alpha_w = \omega / \omega_L$

2　红黏土的结构根据其裂隙发育特征可按表 10.4.2-2 分类。

表 10.4.2-2　红黏土的结构

结构	裂隙发育特征
致密状的	偶见裂隙（＜1 条/m）
巨块状的	较多裂隙（1 条～2 条/m）
碎块状的	富裂隙（＞5 条/m）

3　红黏土的复浸水特征分类可按表 10.4.2-3 确定。

表 10.4.2-3　红黏土的复浸水特征分类

类别	I_r与 I'_r的关系	裂隙发育特征
Ⅰ	$I_r \geqslant I'_r$	收缩后浸水膨胀，能恢复到原位
Ⅱ	$I_r < I'_r$	收缩后浸水膨胀，不能恢复到原位

注：$I_r=w_L/w_p$ ，$I'_r=1.4+0.0066w_L$

4　红黏土的地基类型可按表 10.4.2-4 分类。

表 10.4.2-4　红黏土的地基类型

地基类型	地基压缩层范围内岩土组成
红黏土地基	全部由红黏土组成
土岩组合地基	由红黏土和岩石组成

10.4.3　红黏土工程环境专项调查和工程地质测绘除应符合本标准第 11 章的有关规定外，尚应包括下列内容：

1　不同地貌单元红黏土的分布、厚度、物质组成、土性特征及差异；

2　下伏基岩岩性、岩溶发育特征及与红黏土土性、厚度变化的关系；

3　地裂分布发育特征及其成因，土体结构特征，土体中裂隙的密度、深度、延展方向及其发育规律；

4　地表水体和地下水的分布、动态变化及与红黏土垂向分带的关系；

5　建筑物开裂原因分析，当地勘察、设计和施工经验。

10.4.4　红黏土勘察应符合下列规定：

1　初步勘察勘探点间距宜为 30m～50m；详细勘察勘探点间距，均匀地基宜为 12m～24m，不均匀地基宜为 6m～12m，独立基础宜按一柱一孔布置；厚度和状态变化大的地段，勘探点

间距可加密；

2　勘探孔深度可按本标准第 7 章和第 8 章的有关规定执行，不均匀地基勘探孔深度应达到基岩；

3　当地基不均、土洞发育或采用岩面端承桩时，宜进行施工勘察，勘探点间距和勘探孔深度根据需要确定。

10.4.5　场地地下水的取样、试验和观测工作应按本标准第 16 章的规定执行。

10.4.6　室内试验除应满足本标准第 14 章的规定外，裂隙发育的红黏土应进行三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验，工程需要时可进行收缩试验和复浸水试验；需评价边坡稳定性时，宜进行重复剪切试验。

10.4.7　红黏土地基承载力应按本标准第 17 章规定确定。当基础浅埋、外侧地面倾斜、有临空面或承受较大水平荷载时，应结合以下因素综合考虑确定红黏土地基承载力：

1　土体结构和裂隙对承载力的影响；

2　开挖面长时间暴露，裂隙发展和复浸水对土质的影响。

10.4.8　岩土工程评价应符合下列要求：

1　建筑物应避免跨越地裂密集带或深长地裂地段；

2　轻型建筑物的基础埋深应大于大气影响层的深度；炉窑等高温设备的基础应考虑地基土的不均匀收缩变形；开挖明渠时应考虑土体干湿循环的影响；石芽出露的地段应考虑地表水下渗形成的地面变形；

3　选择适宜的持力层和基础型式，在满足本条第 2 款要求的前提下，基础宜浅埋，利用浅部硬壳层，并进行下卧层承载力验算；不能满足承载力和变形要求时，应提出地基处理或采用桩基础的建议；

4　基坑开挖和边坡工程宜提出采取保湿措施和维护的建议。

10.5　污染土

10.5.1　土的成分、结构和性质受致污物质侵入而发生了显著变异时，可在土原分类名称前冠以“污染”二字。

10.5.2　本节适用于工业污染土、尾矿污染土和垃圾填埋场渗滤液污染土的勘察，不适用于核污染土的勘察。

10.5.3　污染土场地和地基包括已受污染的已建场地和地基、已受污染的拟建场地和地基、

可能受污染的已建场地和地基、可能受污染的拟建场地和地基四类。污染土场地和地基的勘察，应根据工程特点和设计要求选择适宜的勘察手段，并应符合下列要求：

1 以现场调查为主，工业污染应着重调查污染源、污染史、污染途径、污染物成分、污染场地已有建筑物受影响程度、周边环境；尾矿污染应重点调查不同的矿物种类和化学成分，了解选矿所采用工艺、添加剂及化学性质和成份；垃圾填埋场应着重调查垃圾成分、日处理量、堆积容量、使用年限、防渗结构、变形要求及周边环境；

2 采用钻探或坑探采取土试样，现场观察污染土颜色、状态、气味和外观结构，并与正常土比较，查明污染土分布范围和深度；

3 直接接触试验样品的取样设备应严格保持清洁，每次取样后均应用清洁水冲洗后再进行下一个样品的采取；对易分解或易挥发不稳定组分的样品，装样时应尽量减少土样与空气的接触时间，防止挥发性物质流失和发生氧化；土样采集后宜采取适宜的保存方法并在规定时间内运至试验室试验；

4 需确定污染土工程性能时宜以原位测试为主；需确定污染土地基承载力时宜进行载荷试验。

10.5.4 勘探测试揭露的污染物对人体健康有害或对机具仪器有腐蚀性时，应采取防护措施。

10.5.5 污染土勘察工作量布置应符合下列规定：

1 场地污染土勘察宜分为初步勘察和详细勘察两个阶段，条件简单时可直接进行详细勘察。初步勘察应以现场调查为主，配合少量勘探测试，查明污染源性质、污染途径、污染土分布和污染程度；详细勘察应在初步勘察的基础上，结合工程特点和可能采用的处理措施，有针对性地布置勘察工作量，查明污染土的分布范围、污染程度、物理力学和化学指标；

2 勘探测试工作量的布置应结合污染源和污染途径的分布进行，近污染源处勘探点间距宜密，远离污染源处勘探点间距宜疏；勘探点深度应穿透污染土。详细勘察采取污染土试样的间距应根据其厚度及可能采取的处理措施等综合确定，确定污染土与非污染土界限时取土间距不宜大于 1m；

3 勘探点不同深度应采取地下水试样，查明污染物在地下水中的空间分布。同一钻孔内采取不同深度的地下水试样时，应采用严格的隔离措施，防止因采取混合水样而影响判别结论。

10.5.6 污染土室内试验应包括下列内容：

1 污染土的化学成分；

2 污染土的物理力学性质；

3　建筑材料腐蚀性评价指标；

4　环境影响评价指标；

5　力学试验项目和试验方法应充分考虑污染土的特殊性质，可进行相应的膨胀、湿化和湿陷性试验；

6　工程需要时应进行专门的试验研究。

10.5.7　污染土岩土工程评价应符合下列要求：

1　污染源的位置、成分、性质、污染史及对周边的影响；

2　污染土分布的平面范围和深度、地下水受污染的空间范围；

3　污染土的物理力学性质，污染对土的工程特性指标的影响程度；

4　工程需要时提供地基承载力和变形参数，预测地基变形特征；

5　污染土和水对建筑材料的腐蚀性；

6　污染土和水对环境的影响；

7　分析污染发展趋势；

8　评价污染土对已建项目的危害性或拟建项目适宜性。

10.5.8　污染土和水对建筑材料的腐蚀性评价和腐蚀等级的划分应按本标准第 16 章执行。

10.5.9　污染对土的工程特性的影响程度可按表 10.5.9 划分。根据工程具体情况，可采用强度、变形、渗透等工程特性指标进行综合评价。

表 10.5.9　污染对土的工程特性的影响程度

影响程度	轻微	中等	大
工程特性指标变化率（%）	＜10	10～30	＞30

注：“工程特性指标变化率”是指污染前后工程特性指标的差值与污染前指标之比。

10.5.10　污染土和水对环境影响的评价应结合工程具体要求进行，无明确要求时可按《土壤环境质量标准》 GB 15618、《地下水质量标准》GB/T 14848 和《地表水环境质量标准》GB 3838 进行评价。

10.5.11　污染土的处置与修复的建议应根据污染程度、分布范围、土的性质和修复标准综合考虑。

10.6　风化岩和残积土

10.6.1 风化岩应为在风化营力作用下结构、成分和性质已产生不同程度变异的岩石。残积土应为岩石已完全风化成土状而未搬运的土。

10.6.2 省内风化岩和残积土的主要分布范围可按本标准附录F确定。

10.6.3 风化岩和残积土勘察应着重查明下列内容：

1 母岩地质年代和岩石名称；

2 岩石的风化程度划分应符合本标准第5.1.3条规定；

3 岩石风化的均匀性，岩体、岩脉、断裂构造及其破碎带和其他软弱夹层；

4 岩脉和风化花岗岩中球状风化体(孤石)的分布；

5 残积土中的球状风化体(孤石)、未风化成土状的岩脉、软弱带等风化残留体分布范围；

6 地下水赋存条件。

10.6.4 勘探测试应符合下列要求：

1 勘探点布置应考虑岩脉的分布特点，间距应按本标准第7章相关规定取小值；

2 观察残积土或风化带的结构和岩土暴露后的变化宜布置一定数量的探井、探槽或探坑；

3 全风化岩宜取原状样做室内土工试验，强风化岩宜取样做点载荷试验；

4 原位测试可采用标准贯入试验、圆锥动力触探、波速测试、载荷试验；残积土与风化岩的界线划分宜采用标准贯入试验或波速试验；

5 室内试验除应按本标准第14章的规定执行外，对相当于极软岩和极破碎的岩体，可按土工试验要求进行。

10.6.5 花岗岩残积土应进行颗粒分析试验和筛去粒径大于0.5mm粗颗粒后的细粒土试验。

10.6.6 花岗岩残积土的地基承载力和变形模量，当地基基础设计等级为甲级时应采用载荷试验确定，地基基础设计等级为乙级、丙级时可根据标准贯入试验结合工程经验综合确定。

10.6.7 全风化、强风化花岗岩与花岗岩残积土的划分宜符合下列规定：

1 标准贯入试验击数N≥70为强风化岩，70＞N≥40为全风化岩，N＜40为残积土；

2 风干试样的无侧限抗压强度q_u≥800kPa为强风化岩，800kPa＞q_u≥600kPa为全风化岩，q_u＜600kPa为残积土；

3 剪切波速v_s≥350m/s为强风化岩，350m/s＞v_s≥250m/s为全风化岩，v_s＜250m/s为残积土。

10.6.8 岩土工程评价应符合下列要求：

1　厚层的强风化和全风化岩石宜结合工程经验进一步划分为碎块状、碎屑状和土状；厚层残积土可进一步划分为硬塑残积土和可塑残积土，花岗岩残积土按大于 2mm 颗粒含量百分比分类可按表 10.6.8 确定；

表 10.6.8　花岗岩残积土按大于 2mm 颗粒含量百分比分类

土的名称	大于 2mm 颗粒含量百分比（%）
砾质黏性土	＞20
砂质黏性土	≤20
黏性土	0

2　软硬互层或风化程度不同的地基应分析不均匀沉降对工程的影响；

3　基坑开挖后应进行检验，易风化和遇水易软化的岩土应提出在坑底设置排水沟、集水井和浇筑混凝土垫层措施的建议，；

4　不均匀风化岩体、软硬互层、主要软弱结构面与坡面倾向一致、夹角小于 45°的斜坡工程均应评价其稳定性，工程需要时应提出采取支挡措施的建议；

5　岩脉和球状风化体(孤石)应分析评价其对地基和桩基的影响，提出相应处理措施的建议；

6　花岗岩残积土中黏粒含量较小且富含地下水的地段，工程需要时应验算其渗透稳定性。

11　工程环境专项调查和工程地质测绘

11.1　一般规定

11.1.1　工程环境专项调查和工程地质测绘应在充分搜集资料的基础上，以现场工程环境和工程地质调查为主，也可辅以勘探及测试工作。

11.1.2　地形地貌、地质条件简单的场地可用工程地质调查代替工程地质测绘。

11.1.3　工程环境专项调查和工程地质测绘的范围应符合下列规定：

1　包括场地及附近对周边既有建（构）筑物、地下工程等有影响的区域。边坡工程外围不应小于 1.5 倍坡高且不得小于与建（构）筑物有潜在安全影响的区域；基坑工程外围不应小于 2 倍基坑深；城市轨道交通工程，区间直线段不得少于轴线两侧 100m，车站和区间弯道段不得少于轴线两侧 200m；

2　特殊保护区、控制保护区和既有建（构）筑物地段宜扩大测绘范围；

3　追溯环境影响路径和影响源、地质界线、地质构造，查明不良地质作用、特殊性岩土和湖区地层时宜扩大测绘范围；

4　抗震设防烈度为 7 度及地质条件特别复杂宜扩大测绘范围。

11.1.4　利用遥感技术资料对地质构造、地层岩性、水文地质特征、不良地质作用进行解译的地段，应对室内解译结果进行现场核查，现场核查的地质观测点数不应小于解译工程地质测绘点数的 1/3，现场核查应包括解译标志、解译结果、外推结果的检查，室内解译难以获得的资料应进行野外补充。

11.1.5　实测工程地质剖面应符合下列规定：

1　剖面线宜选择在岩层自然出露的地段、垂直岩层走向和穿越测区内地层最多的区域布置；剖面线受覆盖层影响时可进行人工探查；剖面线不应少于 1 条；

2　不良地质作用的实测工程地质剖面应布置在稳定性最差和治理工程所选择的位置；

3　重点地层、不良地质作用和地质灾害区均应有控制剖面。

11.1.6　工程地质测绘观测路线可采用追索法、穿越法或两者相结合的方法。

11.1.7　工程地质测绘精度的选择应符合下列规定：

1　测绘比例尺可行性研究勘察宜为 1:2000～1:20000，初步勘察宜为 1:1000～1:10000，详细勘察宜为 1:200～1:1000，当地质条件复杂时，比例尺可以适当放大；

2　工程地质测绘底图的比例尺应大于或等于工程地质测绘成图的比例尺；

3　图上宽度大于 2mm 的地质现象应进行工程地质测绘，场地工程评价有重要意义的地质单元在图上的宽度不足 2mm 时，应采用扩大比例尺的方法标注；

4　地质点的定位精度应与地质点的重要性相适应，图上允许偏差应为±2mm。对于地层接触线、岩性分界线、地质构造线、不良地质作用分界线、地质灾害体和环境破坏部位的边界线、地下水露头点，应采用测量仪器定位；其它地质点可采用卫星定位系统、航测、罗盘与目测方法定位。

11.1.8　地质观测点的布设应符合下列要求：

1　地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位、不同地貌单元及微地貌单元的界线、地下水出露点、不良地质作用单元体及特殊性岩土的界线应布置地质观测点。工程地质测绘底图上地质点的密度每 100mm×100mm 面积内不应少于 4 个；图上面积小于 3mm×3mm 的地质单元体，地质点宜布置在该地质单元体中心；

2　地质观测点应充分利用天然露头和人工露头，露头不足时可根据需要布置一定数量的探坑或探槽；

3　地质观测点的间距应满足地质界线在图上的精度要求，可根据场地地貌、地质条件、工程要求和成图比例确定。

11.2　工程环境专项调查

11.2.1　工程环境专项调查前应搜集场地及周边区域地形地貌、气候气象、流域水文、土壤植被、生物多样性、地震、地质灾害、地理交通、固（液）体污染和其他相关资料，研究其可利用程度后加以分析利用。

11.2.2　工程环境专项调查应包括下列内容：

1　自然环境的地理位置、道路交通、地形地貌、气候气象、流域水文和土壤植被；

2　已有的固（液）体污染的特性、种类、来源、排放、危害情况、污染等级、环境特征和环境问题；

3　既有建（构）筑物的位置、结构类型、高度、基础型式及尺寸、埋深、使用用途及年限；

4　道路（铁路）类型、位置、宽度及车辆运行荷载情况；地下轨道（隧道）类型、在地下的空间分布情况、控制保护区、特别保护区范围及车辆运行荷载情况；

5　既有地下管线及地下建（构）筑物的类型、地下空间分布、使用状况和存在的危害性；

6　人工采坑、采空区、洞穴、挖填边坡、大挖大填和抽水排水人类活动及其对场地的工程影响；

7　河流、湖泊、水库、港溪、水渠的分布，补给、排泄、流向、流量、水位、最高洪水位及淹没范围，与场地的水力联系；

8　地下水的类型、补给、径流和排泄条件，含水层的特征、埋藏深度范围、水位变化及与地表水的关系；

9　不良地质作用类型、规模、空间分布、发育程度、发展趋势及对场地的影响范围和程度；

10　地下水、土对建筑材料的腐蚀性。

11.2.3　工程环境专项调查成果宜以文字、线条、颜色、符号、照片、影像和其他标记方式编制，提出工程环境专项调查的图件、图表和报告。

11.2.4　工程环境专项调查中地质环境图件的比例和精度要求宜符合本标准第 11.1 条的要求。

11.3　工程地质测绘

11.3.1　地貌测绘应包括下列内容：

1　构造剥蚀地貌测绘应包括山丘的绝对高程、相对高度和坡度，地貌形态与新构造运动、剥蚀作用的关系,构造剥蚀地貌中局部堆积地貌的分布、类型和特征；

2　山麓斜坡堆积地貌测绘应包括坡积裙、洪积扇、山前倾斜平原、山间洼地的物质组成，相对高度和坡度，以及从上游到下游的变化规律，冲沟、溪涧、泉、沼泽地貌和微地貌形态,崩塌、滑坡、泥石流的形态；

3　河流侵蚀堆积地貌测绘应包括河谷的横断面形态,横向坡度和变化,纵向坡度和特征,河谷阶地、河床、河漫滩、蛇曲、古河床、牛轭湖、三角洲的地貌特征和分布，河流发育与地层、岩性的关系，河谷区崩塌、滑坡、泥石流的形态，河流发育与地质构造的关系，河谷的切割程度及发育阶段；

4　冲积平原和河口三角洲地貌测绘应包括地层结构和土质特征及河口三角洲上水系与微地貌发育情况；

5　湖泊和沼泽地貌测绘应包括湖水或沼泽水的补给来源和排泄条件，湖泊平原或沼泽地的坡向、坡度和地形变化,湖泊或沼泽的水位、水深及季节变化,地表水与地下水的关系，湖泊或沼泽沉积的地层结构和土质特征；

6　冲沟地貌测绘应包括冲沟的规模，冲沟两侧地层、岩性、卸荷裂隙、岩石风化和沟壁稳定情况，沟壁洪水位痕迹，沟口堆积物的分布、粒度、厚度、分层和冲沟流域面积，沟

内水量和水质，固体径流的季节、来源和数量；冲沟横向变位时，分析受活动断层走滑运动影响的可能性；

7　岩溶地貌测绘应包括岩溶微地貌，岩溶地貌形成与岩性、构造、地下水、新构造运动的关系，岩溶发育史；

8　斜（边）坡地貌测绘应包括斜（边）坡地貌的形态特征、地层成因和物质组成，与斜（边）坡地貌有关的不良地质作用和地质灾害。

11.3.2　地层岩性测绘应包括下列内容：

1　第四系地层测绘应包括成因类型、颗粒组成、均一性和递变情况，第四系地层与下伏基岩的关系；

2　沉积岩区测绘应包括岩性、胶结物、岩石强度、风化程度、层理特征、岩层产状、层面构造及化石、层间错动、裂隙发育程度及充填情况、软弱夹层、泥化夹层和可溶岩的分布范围；

3　岩浆岩区测绘应包括侵入岩与围岩的接触关系及接触带的特征，侵入体的边缘接触面、平缓的原生节理、岩床、岩墙和岩脉的风化破碎情况及软弱矿物富集带；喷出岩岩性、岩相和原生节理，与沉积岩的接触关系，凝灰岩及其泥化情况，玄武岩中的熔岩气孔；

4　变质岩区测绘应包括岩体变质类型和变质程度，变质岩的产状、母岩成分和性质，节理、劈理、片理和微构造特征，划分变质带。

11.3.3　地质构造测绘应包括下列内容：

1　褶皱测绘应包括褶皱要素特征及相互关系，轴面、枢纽及两翼岩层的产状，褶皱的岩层及其时代、岩性、厚度及次一级构造的特征，层间破碎带及夹泥层的产状和厚度，褶皱轴部岩层的破碎和两翼层间错动发育特征，水文地质及工程地质特征；

2　断层测绘应包括断层的位置、展布、规模和性质， 断层面的产状，断层两盘相对位移的方向及断距，断层泥、糜棱岩、断层角砾岩、碎裂岩和片状岩等构造岩的分类及其胶结或充填情况。构造破碎带、断层影响带和断层交汇带的宽度及变化，岩脉充填和断裂面附近岩石、矿物的物理特征， 断层特征与构造体系的关系。区域性断层、活动断层、顺河大断层、缓倾角断层和层间错动带的分布，断层破碎带和影响带的宽度；构造岩的水文地质、工程地质特性，断层产状、规模和性质在不同地段的变化，缓倾角断层的延伸长度、断层面起伏，构造岩的泥化程度和随深度的变化；

3　节理裂隙测绘应包括节理裂隙的分布、形态、产状、宽度及充填物的成因和性质，代表性地段宜采用节理裂隙玫瑰图或节理裂隙等密图进行节理裂隙统计；

4　劈理片理测绘应包括构造部位、产状、性质和发育程度，劈理片理与其他结构面的

组合关系；

5　层间软弱夹层测绘应包括产状、厚度和物质组成，胶结情况和充填物工程性质；

6　强震区断裂测绘应包括地形地貌迹象、地震地质迹象，地震断层、地裂缝、岩石崩塌、滑坡、地震湖、河流改道及砂土液化。

11.3.4　水文地质测绘应包括下列内容：

1　泉点测绘应包括泉点出露位置、高程、出露地层、地质构造、成因类型和补给来源，泉水流量、水温、水质和浑浊度及动态变化；泉水物理性质和化学成分，泉水可饮用性、受污染状况和开发利用情况；

2　井点测绘应包括井点位置、深度、类型及出露地层，井水位、水质、涌水量及动态变化，井水物理性质和化学成分，井水开采量、用途和开采后出现的问题；

3　地表水测绘应包括地表水名称、位置、水系、地形地貌特征，地表水水位、流速、流量、洪水位标高，地表水与地下水的补排关系，地表水物理性质和化学成分，地表水的利用现状；

4　地下水测绘应包括地下水的埋藏深度和含水层，地下水的类型、地下水位及其动态变化、补给、径流和排泄条件，地下水与地表水的关系，区域地下水侵蚀基准面，地下水物理性质和化学成分，地下水的开发利用情况；

5　水质污染时应调查其污染源、途径、范围、深度和危害程度。

11.3.5　特殊性岩土测绘应包括下列内容：

1　人工填土测绘应包括人工填土区地形地物变迁史，人工填土来源、堆积年限及堆积方式，人工填土分布、厚度、物质成分、颗粒级配、均匀性、密实性、压缩性和湿陷性；

2　软土测绘应包括软土名称、成因、成层条件、分布规律、层理特征、水平向和垂直向的均匀性，地表硬壳层的分布及厚度，暗浜、塘和古河道的分布范围和埋藏深度；

3　膨胀岩土测绘应包括膨胀岩土的岩性、地质年代、成因、产状、分布、颜色、节理和裂缝，地貌单元及微地貌形态，节理、裂隙、地质构造分布规律，水文地质条件；

4　红黏土测绘应包括不同地貌单元红黏土和次生红黏土的分布、厚度、物质组成和土体结构等特征及其差异，下伏基岩岩性、岩溶发育特征及与红黏土厚度变化的关系，岩土接触软弱土带和土洞特征，红黏土中裂隙的密度、深度、延伸方向及发育规律，地表水和地下水的分布、动态与红黏土垂向分带关系；

5　污染土测绘应包括污染土形成时间、分布的平面范围和深度，污染源位置、成分和污染途径，污染土化学成分、污染史、变化、发展趋势及对周边环境的影响；

6　风化岩和残积土测绘应包括母岩名称及地质年代，岩石风化程度、岩土均匀性、风

化带埋深及厚度，断裂构造及破碎带、软弱夹层的分布、产状及厚度，侵入岩、岩脉和球状风化残留体的分布范围，风化带中节理、裂隙的发育情况及产状。

11.3.6 不良地质作用和地质灾害测绘应包括下列内容：

1 滑坡测绘应包括滑坡体位置、范围、滑坡要素，滑坡史、易滑地层、水文气象、地震、降雨、地质构造，滑坡裂缝的分布、形态、性质、深度、延伸长度和充填情况，滑坡体上建筑物和树木的变形、位移及破坏的时间和过程；滑坡的发生与地层结构、岩性、断层构造、地貌及其演变、水文地质条件、地震和人为活动因素的关系，引起滑坡或滑坡复活的主导因素，滑坡主滑方向、形成机理及变化发展趋势，滑坡区水文地质条件；滑坡形成年代、运动形式与破坏程度，滑坡危及周边人口数量及滑坡造成的经济财产损失，滑坡发展的影响范围及潜在损失；

2 危岩和崩塌测绘应包括危岩和崩塌类型、规模、范围、崩落方向，岩性特征、岩体基本质量等级和风化程度，地质构造、岩体的结构类型、结构面产状、组合关系、闭合程度、力学属性、延展及贯穿情况，气象、水文、地震和地下水的活动情况，危岩失稳迹象和崩塌原因，危岩崩塌成灾范围及派生灾害程度；

3 泥石流测绘应包括沟谷至分水岭的全部地段和可能受泥石流影响的地段；冰雪融化强度、暴雨强度、前期降雨量、一次最大降雨量，平均及最大流量；沟谷的发育程度、切割情况，坡度、弯曲、粗糙程度，划分泥石流的形成区、流通区和堆积区，圈绘整个沟谷的汇水面积；形成区的水源类型、水量、汇水条件、山坡坡度，岩层性质及风化程度，不良地质作用发育情况及泥石流固体物质的分布范围、储量；流通区的沟床纵横坡度、跌水、急弯、两侧山坡坡度、稳定程度、冲淤变化和泥石流痕迹；堆积区的堆积扇分布范围、形态、纵坡、植被、沟道变迁和冲淤情况，堆积物的性质、层次、一般粒径及最大粒径、分布规律，堆积区形成历史、堆积速率、一次最大堆积量；泥石流历次发生时间、频数、规模、形成过程，爆发前的降雨情况和爆发后产生的灾害情况；开矿弃渣、修路切坡、砍伐森林、陡坡开荒及过度放牧等人类活动情况；泥石流成灾范围及派生灾害程度；

4 岩溶测绘应包括岩溶洞隙的类型、分布、形态和发育规律，岩面起伏、形态和覆盖层厚度、岩土接触软弱土带、土洞，岩溶区水文地质条件，岩溶发育与地貌、构造、岩性、地下水的关系，土洞和塌陷的成因、分布、形态和发展趋势；

5 地面沉降和地裂缝测绘应包括地面沉降区地貌和微地貌，第四系堆积物年代、成因、厚度、埋藏条件，硬土层和软弱压缩层的分布，地下水位以下可压缩层的固结状态和变形参数，含水层和隔水层的埋藏条件及承压性质，含水层的渗透系数和单位涌水量，地下水的补给、径流和排泄条件，含水层间或地下水与地表水的水力联系，地下水位、水头的变化幅度和速

率，地下水开采量和回灌量，开采或回灌的层段,地下水位降落漏斗及回灌时地下水反漏斗的形成和发展过程,地面沉降原因及影响边界；地裂缝的成因、形成年代及活动性，地裂缝位置、走向、长度、宽度和形态，地裂缝岩土结构、性状及地下水活动；

6 活动断裂测绘应包括非岩性影响的陡坡和峭壁，定向断续线形分布的残丘、洼地、沼泽、芦苇地、盐碱地、湖泊、跌水、泉，水系定向展布或同向扭曲错动，近期断裂活动留下的第四系错动，地下水和植被的特征，断层带的破碎和胶结特征；已错断层位和未错断层位的地质年龄，确定断裂活动的最新时限；与地震有关的断层、地裂缝、崩塌、滑坡、地震湖、河流改道和砂土液化。强震区应搜集场区地质构造及周边 300km 范围内的历史地震资料。

11.3.7 山区地基测绘应包括下列内容：

1 测绘的比例尺不应小于 1:1000；

2 测绘应包括地形地貌、地质构造、岩性等工程地质特征，气象、水文、植被，井（泉）、地表水体分布位置，最高洪水位及其发生时间、淹没范围，岩溶塌陷、滑坡（含不稳定斜坡）、崩塌、泥石流等不良地质作用和地质灾害，人工洞穴、地下采空、大挖大填和抽排水活动对场地稳定性的影响；

3 搜集场地周边类似工程相关资料。

11.3.8 边坡工程测绘应包括下列内容：

1 测绘范围应超出边坡范围 100m～200m，测绘成图比例尺不宜小于 1:1000；

2 边坡的形态、坡率和坡高，岩土类型、性质和成因，覆盖层厚度，岩石风化程度，岩体完整程度，结构面产状、性质、延伸长度和充填物，地下水露头位置、形态、流量和水温，汇水面积、排水条件、冲沟和植被；

3 不稳定边坡应分析其产生的原因。

11.3.9 资料整理应包括下列内容：

1 工程地质测绘成果应纳入勘察报告中，也可单独提交工程地质测绘报告；

2 工程地质测绘原始资料宜包括野外地质点、勘探、测试及试验记录，野外草图、素描图及影像资料，标本、化石及岩、土、水试样记录，遥感技术资料；

3 工程地质测绘报告文字部分宜包括下列内容：

1） 任务由来；

2） 测绘目的与要求；

3） 工作布置及依据，测绘方法及工作量；

4） 测区位置、自然地理与地质概况；

5） 测区工程地质和水文地质特征；

6） 测区环境与工程地质条件评价；

7） 结论和建议。

4 工程地质测绘报告图表部分宜包括综合工程地质图、实际材料图、工程地质分区图、工程地质剖面图、综合地质柱状图、节理和裂隙统计图表、素描图及照片、遥感解译成果图和其它图表。

12　勘探与取样

12.1　一般规定

12.1.1　勘探手段与取样方法的选取应符合勘察目的和岩土的特性。勘探手段可采用钻探、井探、槽探、洞探和地球物理勘探。

12.1.2　勘察纲要编制时应进行环境因素与危险源识别，布置勘探工作时应考虑勘探对周边环境的影响，防止对地下管线、地下工程和自然环境的破坏，并应制定有效防护措施。

12.1.3　勘探与取样现场作业前，项目负责人应对勘探作业人员进行质量、环境和安全技术交底。

12.1.4　勘探与取样工作完成后，勘探点除需要长期水位观测等特殊要求外应及时进行回填。

12.1.5　勘探与取样现场作业人员应持证上岗，原始记录应由项目技术负责人签字验收。

12.2　勘探点定位和测量

12.2.1　勘探点位应根据坐标和高程控制点采用仪器进行测放。

12.2.2　勘探点位测放与实地的允许偏差应符合下列规定：

1　陆域初步勘察平面位置允许偏差应为 0.5m，高程允许偏差应为±0.10m；详细勘察平面位置允许偏差应为 0.25m，高程允许偏差应为±0.05m。

2　水域初步勘察平面位置允许偏差应为 2.0m，高程允许偏差应为±0.20m；详细勘察平面位置允许偏差应为 1.0m，高程允许偏差应为±0.10m。

12.2.3　陆域勘探点位应设置编号标志，水域勘探点位应设置编号浮标，勘探之前应按设计要求核对桩号及实地位置。

12.2.4　确需调整勘探点位置时，应对实际勘探点位置进行测量。

12.3　钻探

12.3.1　钻探方法可根据岩土类别和勘探技术要求按表 12.3.1 选用。

表 12.3.1　钻探方法和适用范围

钻探方法	钻进地层					勘察要求	
	黏性土	粉土	砂土	碎石土	岩石	直观鉴别、采	直观鉴别、采

							取不扰动试样	取扰动试样
回转	螺旋钻探	＋＋	＋	＋	－	－	＋＋	＋＋
	无岩芯钻探	＋＋	＋＋	＋＋	＋	＋＋	－	－
	岩芯钻探	＋＋	＋＋	＋＋	＋	＋＋	＋＋	＋＋
冲击钻探		－	＋	＋＋	＋＋	－	－	－
锤击钻探		＋＋	＋＋	＋＋	＋	－	＋＋	＋＋
振动钻探		＋＋	＋＋	＋＋	＋	－	＋	＋＋
冲洗钻探		＋	＋＋	＋＋	－	－	－	－

注：1、＋＋：适用；＋：部分适用；—：不适用；

2、螺旋钻进不适用于地下水位以下的松散粉土和饱和砂土。

12.3.2 浅部土层可采用下列钻探方法：

1 小口径麻花钻钻进；

2 小口径勺形钻钻进；

3 洛阳铲钻进。

12.3.3 钻孔成孔口径应根据钻孔取样、测试要求、地层条件和钻进工艺确定，并应符合表12.3.3的规定。

表12.3.3 钻孔成孔口径 （mm）

钻孔性质		第四纪土层	基岩	
鉴别与划分地层		≥36	≥59	
取Ⅰ级、Ⅱ级试样钻孔	一般黏性土、粉土 残积土、全风化岩层	≥110	≥75	
	碎石土、填土	≥130		
原位测试钻孔		大于测试探头直径		
压水、抽水试验钻孔		≥110	软质岩石	硬质岩石
			≥75	≥59

注： 采取Ⅰ级、Ⅱ级土试样的钻孔，孔径应比使用的取土器外径大一个径级。

12.3.4 钻探应符合下列规定：

1 钻进深度和岩土分层深度的量测精度，陆域最大允许偏差为±5cm，水域最大允许偏差为±20cm。

2 全孔应采取连续取芯钻进，限制回次进尺；

3 鉴别地层天然湿度的钻孔，地下水位以上应进行干钻；当必须加水或使用循环液时，应采用双层岩芯管钻进；

4 钻探岩土芯采取率，完整和较完整岩体不应低于80%，较破碎和破碎岩体不应低于

65%；黏性土不应低于 85%，砂类土不应低于 70%，碎石类土不应低于 50%；滑动带、软弱夹层应采用双层岩芯管连续取芯，采取率不宜低于 80%；

5　需确定岩石质量指标 RQD 时，应采用 75mm 口径双层岩芯管和金刚石钻头。

12.3.5　钻探操作方法应按《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 执行。

12.3.6　钻孔的记录和编录应符合下列要求：

1　野外记录应由描述员承担；记录应真实，按钻进回次逐段填写，严禁事后追记；钻进过程中，应进行简易水文地质观测，记录初见水位、静止水位、涌水、漏水及其他异常情况。

2　钻探现场可采用肉眼鉴别和手触方法，有条件或勘察工作有明确要求时，可采用微型贯入仪进行鉴别；

3　钻探记录应符合附录 G 的要求。

12.3.7　岩土芯样的保留与存放应符合下列规定：

1　除用于试验的土样及岩芯外，其余土样及岩芯应按钻进回次先后顺序排列，注明深度和岩土名称，每回次应采用岩芯牌隔开；

2　勘察期间岩土芯样应采取保护措施，防止日晒雨淋；易冲蚀、风化、软化、崩解的岩芯，应进行封存；

3　岩土芯样保留至钻探工作检查验收完成或长期保存；

4　所有岩土芯样应拍摄彩色照片纳入勘察成果资料。

12.3.8　钻孔回填应符合下列规定：

1　勘探工作完成后应根据工程要求进行回填；特殊地质条件或特殊场地条件下的钻孔回填应按勘探任务书要求进行，并应符合有关规定。

2　回填材料及方法可按表 12.3.8 的要求选择：

表 12.3.8　回填材料及方法

回填材料	回填方法
原　土	每 0.5m 分层夯实
直径 20mm 左右黏土球	均匀回填，每 0.5m～1m 分层捣实
水泥、膨润土（4:1）制成的浆液或水泥浆	泥浆泵送入孔底，逐步向上灌注
素混凝土	分层捣实
灰土	每 0.3m 分层夯实

12.4　井探、槽探和洞探

12.4.1　钻探方法难以准确查明地下情况时可采用探井、探槽；地下工程、大型边坡、坝址需详细查明深部岩层性质和构造特征时，可采用竖井或平洞。

12.4.2　探井的深度不宜超过地下水位，探井的深度、长度、断面宜按工程要求确定。

12.4.3　探井、探槽和探洞除文字描述记录外，尚应以剖面图、展开图等反映井、槽、洞壁和底部的岩性、地层分界、构造特征、取样和原位测试位置，并辅以代表性部位的彩色照片和影像资料。

12.4.4　探井、探槽、探洞施工过程中应设置相应的安全标志和采取相应安全防护措施，勘察结束后，探井、探槽、探洞应进行回填和移交。

12.5　工程物探

12.5.1　工程进行物探时勘察纲要应附有工程物探设计书。

12.5.2　工程物探设计书应包括物探计划、执行规范、探测目的、方法比较与选用、预估效果和工作量。

12.5.3　工程物探方法可用于探查下列内容：

1　覆盖层、风化带厚度及基岩面的起伏形态；

2　隐伏断层、破碎带及裂隙密集带的空间分布，隧道超前预报地质构造和松动圈范围；

3　地下管线、地下隐蔽工程、古墓及其他埋藏物的空间分布；

4　滑坡、洞穴、岩溶、采空区；

5　地基与基础施工质量检测；

6　岩土体的波速、动弹性模量、动剪切模量、卓越周期、电阻率、放射性辐射参数、土对金属的腐蚀性。

12.5.4　采用工程物探应具备下列条件：

1　被探测对象与周围介质之间有明显的物理性质差异；

2　被探测对象具有一定的埋藏深度和规模，且地球物理异常有足够的强度；

3　能抵制干扰，区分有用信号和干扰信号；

4　在有代表性地段进行方法的有效性试验。

12.5.5　工程物探方法可按本标准附录H选用，并应遵循下列原则：

1　通过现场踏勘和资料搜集，在基本掌握场地地形、地层、工程状况的前提下，根据探测对象的埋深、规模及与周围介质的物性差异选择物探方法。

2　通过现场已知点试验或借鉴以往同类勘察项目和相近场地条件的实践基础上选择物探方法；

3　对于单一物探推断存在多解性时或地质条件复杂的情况下，应选择两种及以上的物探方法进行比对探测，进行综合判释，并应有一定数量的钻孔验证。

12.5.6　工程物探的工作程序宜为接受任务，搜集资料(包括地质资料、物探资料、卫星影像和航空影像等)，现场踏勘，方法试验，编写设计书，野外工作，内业资料整理与解释，编写成果报告，提交资料成果。特殊情况可简化上述工作程序或内容合并。

12.5.7　工程物探测线布置宜符合下列规定：

1　物探测线布置范围宜大于设定的探测范围，测线宜直线布置，相邻测线宜平行；

2　物探测线宜避开地形起伏地段、建筑物和干扰源(振动噪声，电磁干扰)；

3　物探测线应与探测目标体走向垂直，布置 2 条～3 条测线穿过探测目标体的异常分布区，每条测线上宜布置 3 个及以上的异常测点，地质条件复杂时可适当加密。

12.5.8　工程物探成果宜包括下列内容：

1　物探设计书；

2　物探成果文字报告；

3　物探成果图件；

4　物探原始记录。

12.6　取样

12.6.1　土试样质量等级应根据试验目的按表 12.6.1 划分。

表 12.6.1　土试样质量等级

等级	扰动程度	试验内容
Ⅰ	不扰动	土类定名、含水率、密度、固结试验、剪切试验
Ⅱ	轻微扰动	土类定名、含水率、密度
Ⅲ	显著扰动	土类定名、含水率
Ⅳ	完全扰动	土类定名

注：1　不扰动是指原位应力状态虽已改变，但土的结构、密度和含水率变化很小，能满足室内试验各项要求；

2　除地基基础设计等级为甲级的工程外，在工程技术要求允许的情况下可用Ⅱ级土试样进行固结试验和剪切试验，但宜先对土试样受扰动程度作抽样鉴定，判定用于试验的适宜性，并结合地区经验使用试验成果。

12.6.2　不同等级土试样的取样工具和方法可按表 12.6.2 选择。

表 12.6.2　不同等级土试样的取样工具和方法

土试样质量等级	取样工具和方法		适用土类										
			黏性土					粉土	砂土				砾砂、碎石土、软岩
			流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂	
Ⅰ	薄壁取土器	固定活塞	++	++	+	—	—	+	+	—	—	—	—
		水压固定活塞	++	++	+	—	—	+	+	—	—	—	—
		自由活塞	—	+	++	—	—	+	+	—	—	—	—
		敞口	+	+	+	—	—	+	+	—	—	—	—
	回转取土器	单动三重管	—	+	++	++	+	++	++	++	—	—	—
		双动三重管	—	—	—	+	++	—	—	—	++	++	+
	探井（槽）中刻取块状土样		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Ⅰ～Ⅱ	束节式取土器		+	++	++	—	—	+	+	—	—	—	—
	原状取砂器		—	—	—	—	—	++	++	++	++	++	+
Ⅱ	薄壁取土器	水压固定活塞	++	++	+	—	—	+	+	—	—	—	—
		自由活塞	+	++	++	—	—	+	+	—	—	—	—
		敞口	++	++	++	—	—	+	+	—	—	—	—
	回转取土器	单动三重管	—	+	++	++	++	++	++	++	—	—	—
		双动三重管	—	—	—	+	++	—	—	—	++	++	++
	厚壁敞口取土器		+	++	++	++	++	+	+	+	+	+	—
Ⅲ	厚壁敞口取土器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	—
	标准贯入器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	—
	螺纹钻头		++	++	++	++	++	+	—	—	—	—	—
	岩芯钻头		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Ⅳ	标准贯入器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	—
	螺纹钻头		++	++	++	++	++	+	—	—	—	—	—
	岩芯钻头		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

注：1　＋＋：适用；＋：部分适用；—：不适用；

2　采取砂土试样应有防止试样失落的补充措施；

3　有经验时，可用束节式取土器代替薄壁取土器。

4　三重管回转取土器的内管超前长度应根据土类不同予以调整，也可以用有自动调整装置的取土器，如皮切尔（Pitcher）取土器。

12.6.3　取土器技术参数应符合表 12.6.3 的规定。

表 12.6.3　取土器技术参数

取土器参数	厚壁取土器	薄壁取土器		
		敞口自由活塞	水压固定活塞	固定活塞
面积比 $\frac{D_W^2-D_e^2}{D_e^2}\times 100(\%)$	13～20	≤10	10～13	
内间隙比 $\frac{D_S-D_e}{D_e}\times 100(\%)$	0.5～1.5	0	0.5～1.0	
外间隙比 $\frac{D_W-D_t}{D_t}\times 100(\%)$	0～2.0	0		
刃口角度α（°）	＜10	5～10		
长　　度 L（mm）	400，550	对 砂 土：（5～10）D_e 对黏性土：（10～15）D_e		
外　　径 D_t（mm）	75～89，108	75，100		
衬　　管	整圆或半合管，塑料、酚醛层压纸或镀锌铁皮制成	无衬管，束节式取土器衬管同左		

注：1　取样管及衬管内壁应光滑圆整，内壁加工光洁度应达▽5～▽6；

2　特殊情况下取土器直径可增大至 150mm～250mm；

3　表中符号：

D_e—取土器刃口内径；

D_s—取样管内径，加衬管时为衬管内径；

D_t—取样管外经；

D_W—取土器管靴外经，对薄壁管 $D_W=D_t$。

12.6.4　钻孔中采取Ⅰ、Ⅱ级砂样时，可采用原状取砂器。

12.6.5　钻孔中采取Ⅰ、Ⅱ级土样时，应满足下列要求：

1　在软土、砂土中宜采用泥浆护壁；如使用套管，应保持管内水位等于或稍高于地下水位，取样位置应低于套管底三倍孔径的距离；

2　采用冲洗、冲击、振动等方式钻进时，应在预计取样位置 1m 以上改用回转钻进；

3　下放取土器前应仔细清孔，清除扰动土，孔底残留浮土厚度不应大于取土器废土段长度（活塞取土器除外）；

4　采取土试样宜用快速静力连续压入法；

5　具体操作方法应按《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGT/T　87 执行。

12.6.6　Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级土试样应妥善密封，防止湿度变化，严防曝晒或冰冻；运输途中应避

免振动，保存时间不宜超过三周；对易于振动液化和水分离析的土试样宜就近进行试验。

12.6.7 岩石试样可采用钻探岩芯或在探井、探槽、竖井和平洞中刻取。采取的毛样尺寸应满足试块加工的要求。在特殊情况下，试样形状、尺寸和方向由岩体力学试验设计确定。

12.6.8 进行水、土腐蚀性评价的取样数量应满足本标准第 7.1.15 条要求。

12.6.9 水试样的采取应符合下列规定：

1 水试样应能代表天然条件下的水质情况，简分析水样应取 1000ml，进行侵蚀性二氧化碳分析的水样应取 500ml，并加大理石粉 2g～3g，全分析水样应取 3000ml；取试样前应用水样洗涤试样瓶和塞子 3 次，取水样时水应缓缓注入瓶中，不能搅动水源，并注意勿使杂物进入瓶中；

2 钻孔中采取水样位置应低于水面以下 20cm；

3 采取水样时，水面与瓶塞间应留 1cm 左右的空隙；

4 取样后应立即封口，运输途中严防封口破损；

5 水样应及时化验，清洁水样放置时间不宜超过 72h，稍受污染的水样不宜超过 48h，受污染的水样不宜超过 12h。

13　原位测试

13.1　一般规定

13.1.1　原位测试方法应根据岩土条件、测试方法的适用性、设计对岩土参数的要求选用。

13.1.2　原位测试前宜编制试验方案。

13.1.3　原位测试的现场操作应遵循相关技术规程的要求。

13.1.4　原位测试资料整理时应考虑仪器设备、试验条件、试验方法对试验的影响进行修正，统计分析时应结合地层条件考虑参数的变异性剔除异常数据。

13.1.5　利用原位测试成果确定岩土工程参数和评价岩土工程问题时，应结合室内试验成果及已有工程经验综合分析。

13.2　载荷试验

13.2.1　浅层平板载荷试验适用于浅层地基土；深层平板载荷试验适用于深层地基土和大直径桩的桩端土；螺旋板载荷试验适用于深层地基土或地下水位以下的地基土。

13.2.2　载荷试验应布置在有代表性的地点，每个场地不宜少于 3 个，当场地内岩土体不均匀时，应适当增加试验点。浅层平板载荷试验应布置在基础底面标高处；深层平板载荷试验的试验深度不应小于 5m。

13.2.3　载荷试验技术要求应符合下列规定：

1　浅层平板载荷试验的试坑宽度或直径不应小于承压板宽度或直径的 3 倍；深层平板载荷试验的试井直径应等于承压板直径；当试井直径大于承压板直径时，紧靠承压板周围土的高度不应小于承压板直径；

2　试坑或试井底的岩土应避免扰动，保持其原状结构和天然湿度，并在承压板下铺设不超过 20mm 的砂垫层找平，及时安装试验设备；螺旋板头入土时，应按每转一圈下入一个螺距进行操作，减少对土的扰动；

3　载荷试验宜采用圆形刚性承压板，根据土的软硬或岩体裂隙密度选用合适的尺寸：土的浅层平板载荷试验承压板面积不应小于 $0.25m^2$，软土和粒径较大的填土不应小于 $0.5m^2$；土的深层平板载荷试验承压板面积宜选用 $0.5m^2$；岩石载荷试验承压板的面积不宜小于 $0.07m^2$；螺旋板载荷试验应采用标准型螺旋形承压板，承压板厚度为 5mm，投影面积为 $0.02m^2$、螺距为 45mm，或厚度为 5mm，投影面积为 $0.05m^2$、螺距为 60mm；

4 载荷试验加荷方式应采用分级维持荷载沉降相对稳定法（常规慢速法），加荷等级宜取 10 级～15 级，荷载量测精度不应低于最大荷载的±1%；也可采用分级加荷沉降非稳定法（快速法）或等沉降速率法；

5 荷载测量可用放置在千斤顶上的荷重传感器直接测定，也可采用并联于千斤顶油路的压力表或压力传感器测定油压，根据千斤顶率定曲线换算荷载，传感器的测量误差不应大于 1%，压力表精度应优于或等于 0.4 级；承压板的沉降可采用百分表或电测位移计量测，精度不应低于±0.01mm；

6 慢速法土体试验时，每级荷载施加后，间隔 5min、5min、10min、10min、15min、15min 测读一次沉降，以后宜按 30min 间隔测读一次沉降，当连读两小时每小时沉降量小于等于 0.1mm 时，沉降已达相对稳定标准，可施加下一级荷载；慢速法岩体试验时，每级荷载施加后，间隔 1min、2min、 2min、 5min 测读一次沉降，以后间隔 10min 测读一次，当连续三次读数差小于等于 0.01mm 时，沉降已达相对稳定标准，可施加下一级荷载；

7 螺旋板载荷试验加荷观测应符合下列规定：

1) 应力法宜采用油压千斤顶分级加荷，砂类土、中低压缩性的黏性土、粉土每级荷载宜采用 50kPa，高压缩性土每级荷载宜采用 25kPa，每加一级荷载后，宜按 5min、5min、10min、10min、15min、15min 间隔观测沉降，以后宜按 30min 间隔测读一次沉降，当连读两小时每小时沉降量小于等于 0.1mm 时，沉降已达相对稳定标准，可施加下一级荷载；

2) 应变法对砂类土和中、低压缩性土加荷速率宜采用 1mm/min～2mm/min，每下沉 1mm～2mm 测读压力一次；对高压缩性土加荷速率宜采用 0.25mm/min～0.50mm/min，每下沉 0.25mm～0.50mm 测读压力一次；

8 浅层平板载荷试验过程中，出现下列现象之一时可终止试验：

1) 承压板周围土明显侧向挤出、隆起或产生裂缝；

2) 沉降量急骤增大，荷载与沉降(p～s)曲线出现陡降段；

3) 在某一级荷载下，24h 内沉降速率不能达到相对稳定标准；

4) s/d≥0.06(d 为承压板宽度或直径）；

5) 总加荷量已达到设计要求值的 2 倍以上。

9 深层平板载荷试验和螺旋板载荷试验过程中，出现下列现象之一时可终止试验：

1) p～s 曲线上有可判定极限荷载的陡降段，且沉降量超过 0.04d(d 为承压板直径)；

2) 本级沉降量大于前一级沉降量的 5 倍；

3) 在某一级荷载下，24h 内沉降速率不能达到相对稳定标准；

4) 试验土层坚硬、压板沉降量很小时，最大加荷量大于设计荷载的 2 倍。

13.2.4 载荷试验资料整理应绘制荷载（p）与沉降（s）曲线，工程需要时宜绘制各级荷载下沉降（s）与时间（t）或时间对数（lgt）曲线。根据 p～s 曲线拐点，结合 s～lgt 曲线特征，确定比例界限压力和极限压力，评定地基土承载力；当 p～s 呈缓变曲线时，可取对应于某一相对沉降值（即 s/d，d 为承压板直径）的压力评定地基土承载力。

13.2.5 土的变形模量应根据 p～s 曲线的直线段，可按均质各向同性半无限弹性介质的弹性理论计算。

浅层平板载荷试验的变形模量 E_0（MPa），可按下式计算：

$$E_0 = I_0(1-\mu^2)pd/s \qquad (13.2.5\text{-}1)$$

深层平板载荷试验和螺旋板载荷试验的变形模量 E_0(MPa)，可按下式计算：

$$E_0 = \omega pd/s \qquad (13.2.5\text{-}2)$$

式中： I_0——刚性承压板的形状系数，圆形承压板取 0.785；方形承压板取 0.886；

μ——土的泊松比（碎石土取 0.27，砂土取 0.30，粉土取 0.35,粉质黏土取 0.38,黏土取 0.42)；

d——承压板直径或边长（m)；

p——p～s 曲线线性段的压力（kPa)；

s——与 p 对应的沉降（mm)；

ω——深层载荷试验计算系数，可按表 13.2.5 选用。

表 13.2.5 深层载荷试验计算系数ω

土类 / d/z	碎石土	砂土	粉土	粉质黏土	黏土
0.30	0.477	0.489	0.491	0.515	0.524
0.25	0.469	0.480	0.482	0.506	0.514
0.20	0.460	0.471	0.474	0.497	0.505
0.15	0.444	0.454	0.457	0.479	0.487
0.10	0.435	0.446	0.448	0.470	0.478
0.05	0.427	0.437	0.439	0.461	0.468
0.01	0.418	0.429	0.431	0.452	0.459
0.01	0.418	0.429	0.431	0.452	0.459

注：d/z 为承压板直径和承压板底面深度之比。

13.2.6 基准基床系数 K_v 可根据承压板边长或者直径为30cm的平板载荷试验，按下式计算：

$$K_v = p/s \tag{13.2.6}$$

13.3 静力触探试验

13.3.1 静力触探试验适用于软土、一般黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土。

13.3.2 静力触探设备和贯入能力应满足测试深度的要求，压力必须大于贯入阻力。静力触探可根据工程需要采用单桥探头、双桥探头或带孔隙水压力量测的单、双桥探头，有条件时可选用多功能探头。

13.3.3 静力触探试验技术要求应符合下列规定：

1 探头圆锥锥底截面积应采用 $10cm^2$ 或 $15cm^2$，单桥探头侧壁高度应分别采用57mm或70mm，双桥探头侧壁面积应采用 $150cm^2$～$300cm^2$，锥尖锥角应为60°；

2 探头应匀速垂直压入土中，贯入速率为1.2m/min；

3 探头测力传感器应进行定期标定，室内探头标定测力传感器的非线性误差、重复性误差、滞后误差、温度漂移、归零误差均应小于1%FS，现场试验归零误差应小于3%，绝缘电阻不小于500MΩ；

4 深度记录的误差不应大于触探深度的±1%；

5 贯入深度超过30m或穿过厚层软土后再贯入硬土层时，应采取措施防止孔斜或断杆，也可配置测斜探头，量测触探孔的偏斜角，校正土层界线的深度；

6 孔压探头在贯入前，应在室内保证探头应变腔为已排除气泡的液体所饱和，并在现场采取措施保持探头的饱和状态，直至探头进入地下水位以下的土层为止，在孔压静探试验过程中不得上提探头；

7 当在预定深度进行孔压消散试验时，应量测停止贯入后不同时间的孔压值，其计时间隔由密而疏合理控制，试验过程不应松动探杆。

8 当孔深已达任务书要求或探头负荷达额定荷载时应终止试验。

9 当反力失效或记录仪器显示异常时应停止试验，查明原因并采取相应措施后方可继续试验。

13.3.4 静力触探试验资料整理应包括下列内容：

1 分析计算比贯入阻力（p_s）、锥头阻力（q_c）、侧壁摩阻力（f_s）和贯入时的孔隙水压

力（u）。

2 单桥和双桥探头应绘制 p_s～z 曲线、q_c～z 曲线、f_s～z 曲线、R_f～z 曲线；孔压探头应绘制 u_i～z 曲线、q_t～z 曲线、f_t～z 曲线、B_q～z 曲线和孔压消散曲线 u_t～lgt 曲线；其中：R_f——摩阻比；

u_i——孔压探头贯入土中量测的孔隙水压力（即初始孔压）；

q_t——真锥头阻力（经孔压修正）；

f_t——真侧壁摩阻力（经孔压修正）；

B_q——静探孔压系数，B_q =（u_i～u_o）／（q_t～σ_{vo}）；

u_o——试验深度处静水压力（kPa）；

σ_{vo}——试验深度处总上覆压力（kPa）；

u_t——孔压消散过程时刻 t 的孔隙水压力。

3 根据贯入曲线的线型特征结合相邻钻孔资料划分土层和判定土类，计算各土层静力触探有关试验数据的平均值。

13.3.5 根据静力触探资料可进行力学分层，估算土的塑性状态或密实度、强度、压缩性、地基承载力、单桩承载力和沉桩阻力，进行液化判别；根据孔压消散曲线可估算土的固结系数和渗透系数。

13.4 圆锥动力触探试验

13.4.1 圆锥动力触探类型可分为轻型、重型和超重型，其规格和适用土类应符合表 13.4.1 的规定。

表 13.4.1 圆锥动力触探类型

类 型		轻 型	重型	超重型
落锤	锤的质量（kg）	10	63.5	120
	落距（cm）	50	76	100
探头	直径（mm）	40	74	74
	锥角（°）	60	60	60
探杆直径（mm）		25	42～50	50～60
指 标		贯入 30cm 的读数 N_{10}	贯入 10cm 的读数 $N_{63.5}$	贯入 10cm 的读数 N_{120}
主要适用岩土		浅部的填土、 砂土、粉土、黏性土	砂土、中密以下的碎石土、极软岩	密实的碎石土、软岩、极软岩

13.4.2 圆锥动力触探试验孔数应结合场地大小和场地地基的均匀程度确定，同一场地主要岩土单元的有效测试数据不应少于 3 孔位；特定地层分段次测试的动力触探孔，每个场地不应少于 6 个，且应均匀分布。

13.4.3 圆锥动力触探试验技术要求应符合下列规定：

1 采用自动落锤装置；

2 触探杆最大偏斜度不应超过 2%，锤击贯入应连续进行；同时防止锤击偏心、探杆倾斜和侧向晃动，保持探杆垂直度；锤击速率每分钟宜为 15 击～30 击；

3 每贯入 1m，宜将探杆转动一圈半；当贯入深度超过 10m，每贯入 20cm 宜转动探杆一次；

4 对轻型动力触探，当 N_{10}＞100 或贯入 15cm 锤击数超过 50 时，可停止试验；对重型动力触探，当连续三次 $N_{63.5}$＞50 时，可停止试验或改用超重型动力触探；当超重型动力触探实测锤击数小于 2 时，应改用重型动力触探进行试验；

5 在钻孔中分段进行触探时，应先钻探至试验土层的顶面以上 1.0m 处，然后再开始贯入试验；

6 重型动力触探试验深度超过 15m、超重型动力触探试验深度超过 20m 时，应考虑触探杆的侧摩阻力对试验结果产生的影响。

13.4.4 圆锥动力触探试验资料整理应包括下列内容：

1 圆锥动力触探试验成果可直接标示在工程地质剖面图和柱状图上，或绘制单孔锤击数与贯入深度关系曲线；

2 计算单孔分层贯入指标平均值时，应剔除临界深度以内的数值、超前和滞后影响范围内的异常值；

3 根据各孔分层的贯入指标平均值，用厚度加权平均法计算场地分层贯入指标平均值和变异系数。

13.4.5 根据圆锥动力触探试验成果指标可进行力学分层，评定土的均匀性和物理性质（状态、密实度）、土的强度、变形参数、地基承载力、单桩承载力，查明土洞、滑动面和软硬土层界面，检测地基处理效果。

13.5 标准贯入试验

13.5.1 标准贯入试验适用于砂土、粉土、一般黏性土、残积土、全风化和强风化岩层。

13.5.2 标准贯入试验设备规格应符合表 13.5.2 的规定。

表 13.5.2　标准贯入试验设备规格

落　锤		锤的质量（kg）	63.5
		落距（cm）	76
贯入器	对开管	长 度（mm）	＞500
		外 径（mm）	51
		内 径（mm）	35
	管 靴	长 度（mm）	50～76
		刃口角度(°)	18～20
		刃口单刃厚度（mm）	1.6
钻 杆		直 径（mm）	42/50
		相对弯曲	＜1/1000

13.5.3　标准贯入试验技术要求应符合下列规定：

1　标准贯入试验的竖向间距应根据工程需要确定，一般可每隔 1.0m～2.0m 进行一次试验；

2　标准贯入试验孔采用回转钻进，并保持孔内水位略高于地下水位。当孔壁不稳定时，可用泥浆护壁，钻至试验标高以上 15cm 处，清除孔底残土后再进行试验；

3　采用自动脱钩的自由落锤法进行锤击，并减小导向杆与锤间的摩阻力，避免锤击时的偏心和侧向晃动，保持贯入器、探杆、导向杆连接后的垂直度，锤击速率应小于 30 击/min；

4　贯入器贯入土中 15cm 后，开始记录每贯入 10cm 的锤击数，累计贯入 30cm 的锤击数为标准贯入试验锤击数 *N*，当锤击数已达 70 击，而贯入深度未达 30cm 时，可记录 70 击的实际贯入深度，按下式换算成相当于 30cm 的标准贯入试验锤击数 *N*，并终止试验。

$$N=30\times70/\Delta S \tag{13.5.3}$$

式中：ΔS——70 击时的贯入度（cm）。

13.5.4　标准贯入试验成果 *N* 可直接标在工程地质剖面图上，也可绘制单孔标准贯入击数 *N* 与深度关系曲线或直方图，统计分层标贯击数平均值时应剔除异常值。

13.5.5　标准贯入试验成果可用于评价砂土、粉土、黏性土、残积土、全风化和强风化岩层的强度、地基承载力、变形参数，砂土的密实度，粉土、黏性土的状态，砂土和粉土的液化判定。

13.6 十字板剪切试验

13.6.1 十字板剪切试验适用于饱和软黏性土（φ ≈0）。

13.6.2 十字板剪切试验点位置及试验深度可通过钻探或静力触探试验资料分析后确定。十字板剪切试验点的布置，均质土竖向间距可为 1m，非均质或夹薄层粉细砂的软黏性土宜先做静力触探，结合土层变化情况选择软黏土进行试验。

13.6.3 十字板剪切试验主要技术要求应符合下列规定：

1 十字板板头形状宜为矩形，径高比 1:2，板厚宜为 2mm～3mm；

2 十字板头插入钻孔底的深度不应小于钻孔或套管直径的 3 倍～5 倍；

3 十字板插入至试验深度后应静止 2min～3min，方可开始试验；

4 试验时剪切速率宜采用（1°～2°）/10s，并测记 1 次试验数据，当读数出现峰值或稳定值后继续剪切 1min，峰值或稳定值读数即为原状土剪切破坏时的最大读数；

5 在峰值强度或稳定值测试完后,用管钳顺扭转方向快速转动探杆 6 圈后，重复本条第 4 款的规定，测定重塑土的不排水抗剪强度；

6 开口钢环十字板剪切仪应修正轴杆与土间的摩阻力；

7 试验段间距可根据地层均匀情况确定，每层土的试验数应不应少于 6 次；

8 十字板剪切试验抗剪强度的量测精度应达到 1.0kPa～2.0kPa。

13.6.4 十字板剪切试验资料整理应包括下列内容：

1 根据土层条件对实测的十字板不排水抗剪强度进行修正；

2 计算各试验点软土的不排水抗剪峰值强度、残余强度、重塑土强度和灵敏度；

3 绘制单孔十字板剪切试验软土的不排水抗剪峰值强度、残余强度、重塑土强度和灵敏度随深度的变化曲线，需要时绘制抗剪强度与扭转角度的关系曲线。

13.6.5 十字板剪切试验成果可确定软土抗剪强度。

13.7 旁压试验

13.7.1 预钻式旁压试验适用于黏性土、粉土、砂土、风化岩层及软质岩石；自钻式旁压试验适用于饱和软土、黏性土、粉土、砂土、软质岩石及风化岩石。

13.7.2 同一地貌单元的旁压试验孔不宜少于 3 个，每一主要地层不宜少于 6 个试验段；旁压试验应在有代表性的位置和深度进行，旁压器的量测腔应在同一土层内。同一个试验孔中，相邻试验段的净间距不应小于 1m；试验孔与相邻钻孔或其它原位测试孔的水平距离不应小

于 2m。

13.7.3 旁压试验技术要求应符合下列规定：

1 预钻式旁压试验应与钻探配合交替进行，每钻进一段进行一次试验，严禁一次成孔多次试验，每个试验段成孔后应立即进行试验，时间间隔不宜超过 15min；

2 预钻式旁压试验应保证成孔质量，钻孔直径与旁压器直径应良好配合，防止孔壁坍塌,成孔深度应大于试验深度 0.5m～1.0m；

3 预钻式旁压仪安装、注水和水位调零应按操作要求进行；

4 预钻式旁压试验加荷等级应采用预估临塑压力的 1/7～1/5 或极限压力的 1/14～1/10 确定，初始阶段和软黏土层加荷等级可取小值；

5 预钻式旁压试验每级压力应保持相对稳定的观测时间，黏性土、粉土和砂类土应为 2min，软质岩石和风化岩石应为 1min。当稳定时间为 1min 时，实测体积变形量可按 15s、30s、60s 观测；当稳定时间为 2min 时，实际体积变形量可按 15s、30s、60s、120s 观测；

6 预钻式旁压试验当量测腔的扩张体积相当于其固有体积时或压力达到仪器的容许最大压力时，应终止试验；

7 自钻式旁压试验应根据场地的岩土类型及特性选择自钻成孔驱动方式；

8 自钻式旁压试验的自钻钻头、钻头转速、钻进速率、刃口距离、泥浆压力和流量应通过试验确定；

9 自钻式旁压试验的任一测量点的膨胀达到测试腔的 10%或最大应变量达到 6mm 时应终止试验。

13.7.4 旁压试验资料整理应包括下列内容：

1 预钻式旁压试验应对各级压力和相应的扩张体积（或换算为半径增量）分别进行约束力和体积的修正后，绘制压力与体积变形量 P～V 关系曲线，需要时可绘制 P 与蠕变量的关系曲线；自钻式旁压试验自动绘制各组传感器应力与应变曲线、应力与应变平均值曲线及孔隙水压力曲线；

2 根据压力与体积、应力与应变曲线可确定初始压力 p_0、临塑压力 p_f 和极限压力 p_L；

3 根据压力与体积曲线的直线段斜率，旁压模量 E_m 可按下式计算：

$$E_m = 2(1+\mu)(V_c+V_m)\triangle p / \triangle V \qquad (13.7.4)$$

式中：E_m——旁压模量（MPa）；

μ——泊松比，按式 13.2.5 取值；

V_c——旁压器量测腔初始固有体积（cm^3）；

V_0——与初始压力 p_0 对应的体积（cm^3）；

V_m——平均体积变形最（cm^3）；取 p～V 曲线直线段两端所对应的体积变形量之和的一半（（V_0＋V_f）/2）；

△p ——曲线上直线变形段压力增量（kPa）；

△V ——与相对应的体积变形增量（cm^3）；

△p /△V——旁压曲线直线段的斜率（kPa/cm^3）。

13.7.5 根据旁压试验的初始压力、临塑压力和极限压力可确定测试深度处地基承载力；根据自钻式旁压试验曲线可测求土的原位水平应力、静止侧压力系数、孔隙水压力、不排水抗剪强度和地基承载力。

13.8 现场直接剪切试验

13.8.1 现场直接剪切试验可用于确定岩土体本身、岩土体沿结构面和岩土体与其它材料接触面的强度指标，可分为试体在法向应力作用下沿剪切面剪切破坏的抗剪断试验、剪断后沿剪切面继续剪切的抗剪试验（摩擦试验）和法向应力为零时的抗切试验。

13.8.2 现场直接剪切试验可在试洞、试坑、探槽或大口径钻孔内进行。当剪切面水平或近于水平时，可采用平推法或斜推法；当剪切面较陡时，可采用楔形体法。同一组试验体的岩性应基本相同，受力状态应与岩土体在工程中的实际受力状态相近。

13.8.3 现场直接剪切试验每组岩体不宜少于 5 个。剪切面积不得小于 0.25m^2。试体最小边长不宜小于 50cm，高度不宜小于最小边长的 0.5 倍。试体之间的距离应大于最小边长的 1. 5 倍。每组土体试验不宜少于 3 个。剪切面积不宜小于 0.3m^2，高度不宜小于 20cm 或为最大粒径的 4 倍～8 倍，剪切面开缝应为最小粒径的 1/4～1/3。

13.8.4 现场直接剪切试验技术要求应符合下列规定：

1 开挖试坑时应避免对试体的扰动，地下水位以下试验时应避免水压力和渗流的影响；

2 施加的法向荷载和剪切荷载应位于剪切面的中心，或使法向荷载与剪切荷载的合力通过剪切面的中心，并保持法向荷载不变；

3 最大法向荷载应大于设计荷载，并按等量分级，荷载精度应为试验最大荷载的±2%；

4 每一试体的法向荷载可分 4 级～5 级施加，当法向变形达到相对稳定时，即可施加剪切荷载；

5　每级剪切荷载按预估最大荷载的 8%～10%等量分级施加，或按法向荷载的 5%～10%等量分级施加；岩体按每 5min～10min，土体按每 30s 施加一级剪切荷载；

6　当剪切变形急剧增长或剪切变形达到试体尺寸的 1/10 时，可终止试验；

7　根据剪切位移大于 10mm 时的试验成果确定残余抗剪强度，需要时可沿剪切面继续进行摩擦试验。

13.8.5　现场直接剪切试验资料整理应包括下列内容：

1　绘制剪切应力与剪切位移曲线、剪应力与垂直位移曲线，确定比例强度、屈服强度、峰值强度、剪胀点和剪胀强度；

2　绘制法向应力与比例强度、屈服强度、峰值强度和残余强度的曲线。

13.8.6　根据现场直接剪切试验相关曲线确定抗剪强度参数。

13.9 波速测试

13.9.1　波速测试适用于测定各类岩土体的压缩波、剪切波或瑞利波的波速，可根据任务要求，采用单孔法、跨孔法或面波法。

13.9.2　单孔法波速测试技术要求应符合下列规定：

1　测试孔应垂直,孔壁不坍塌掉块；

2　当采用贴壁式三分量检波器测量时，应将检波器紧贴在孔内壁预定深度处；并在地面采用叩板法进行地面激振或在孔内采用剪切锤孔内激振；

3　当采用孔中激发，地面接收方式测量时，应将地面接收传感器放在第一层土中，并去除周边杂物，也可将检波器放在挖好的坑中进行接收；

4　测点应结合土层布置，测点的垂直间距宜取 1m～3m，层位变化处加密，并宜自下而上逐点测试。

13.9.3　跨孔法波速测试技术要求应符合下列规定：

1　振源孔和测试孔应布置在一条直线上；

2　测试孔的孔距在土层中宜取 2m～5m，在岩层中宜取 8m～15m，测点垂直间距宜取 1m～2m，近地表测点宜布置在 0.4 倍孔距的深度处，震源和检波器应置于同一地层的相同标高处,并且尽量离开地层分界面，减少因折射波带来的时间判读误差；

3　当测试深度大于 15m 时，应进行激振孔和测试孔倾斜度和倾斜方位的量测，测点间距宜取 1m。

13.9.4　面波法波速测试技术要求应符合下列规定：

1　面波法波速测试可采用瞬态法或稳态法，宜采用低频检波器；

2　瞬态面波测试记录通道应不少于 12 道，道间距宜为 1.0m～2.0m，应在排列延长线方向，距排列首端或末端检波器 2.0m～5.0m 处激发；

3　稳态瑞利波测试记录通道宜为 2 道～4 道，道间距宜为 1.0m～2.0m，稳态激振频率宜由高向低变化，频率的步长应随测试深度增加而减小。

13.9.5　基岩或混凝土中钻孔波速测试应采用超声波测井的方式进行。

13.9.6　波速测试应有重复观测记录，一般重复观测比例应不少于 10%，重复观测相对误差应小于 5%。

13.9.7　波速测试资料整理应包括下列内容：

1　在波形记录上识别压缩波和剪切波的初至时间；

2　计算由振源到达测点的距离；

3　根据波的传播时间和距离确定波速；单孔法的波速确定宜采用斜距校正法；

4　计算岩土的动弹性模量、动剪切模量和动泊松比。

13.10　岩体原位应力测试

13.10.1　岩体原位应力测试适用于无水、完整或较完整的岩体。岩体原位应力测试可采用孔壁应变法、孔径变形法和孔底应变法。

13.10.2　测试岩体原始应力时，测点深度应超过应力扰动影响区；在地下洞室中进行测试时，测点深度应超过洞室直径 2 倍。

13.10.3　岩体原位应力测试技术要求应符合下列规定：

1　在测点测段内，岩性应均一完整；

2　测试孔的孔壁和孔底应光滑、平整、干燥；

3　稳定标准为每隔 10min 读数 1 次，连续 3 次读数之差不超过 5$\mu\varepsilon$；

4　同一钻孔内的测试读数不应少于 3 次。

13.10.4　岩芯应力解除后的围压试验应在 24h 内进行；压力宜分 5 级～10 级，最大压力应大于预估岩体最大主应力。

13.10.5　岩体原位应力测试资料整理应符合下列要求：

1　根据测试结果计算岩体平面应力和空间应力，计算方法应符合《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定；

2　根据岩芯解除应变值和解除深度，绘制解除过程曲线；

3　根据围压试验资料，绘制压力与应变关系曲线，计算岩石弹性常数。

13.11　激振法测试

13.11.1　激振法测试适用于测定天然地基和人工地基的动力特性。

13.11.2　属于周期性振动的机器基础，激振法测试应采用强迫振动方法，有条件时宜同时采用强迫振动和自由振动两种测试方法。

13.11.3　进行激振法测试时，应搜集机器性能、基础型式、基底标高、地基土性质和均匀性、地下构筑物和干扰振源资料。

13.11.4　激振法测试技术要求应符合下列规定：

1　机械式激振设备的工作频率段宜为 3Hz～60Hz，电磁激振设备激振力不宜小于 2000N；

2　块体基础的尺寸宜采用 2.0m×1.5m×1.0m。在同一地层条件下，宜采用两个块体基础进行对比试验，基底面积一致， 高度分别为 1.0m 和 1.5m；桩基测试应采用两根桩，桩间距取设计间距；桩台边缘至桩轴的距离可取桩间距的 1/2,桩台的长宽比应为 2：1，高度不宜小于 1.6m；当进行不同桩数的对比试验时，应增加桩数和相应桩台面积；测试基础的混凝土强度等级不宜低于 C15；

3　测试基础应置于拟建基础附近和性质类似的土层上，其底面标高应与拟建基础底面标高一致；　I

4　应分别进行明置和埋置两种情况的测试，埋置基础的回填土应分层夯实；

5　仪器设备的精度、安装、测试方法和要求应符合 《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定。

13.11.5　激振法测试资料整理应包括下列内容：

1　强迫振动测试应绘制下列幅频响应曲线：

1）竖向振动为竖向振幅随频率变化的幅频响应曲线（A_z～f 曲线）；

2）水平回转耦合振动为水平振幅随频率变化的幅频响应曲线（$A_{x\varphi}$～f曲线）和竖向振幅随频率变化的幅频响应曲线（$A_{z\varphi}$～f曲线）；

3）扭转振动为扭转扰力矩作用下的水平振幅随频率变化的幅频响应曲线（$A_{x\varphi}$～f曲线）。

2　自由振动测试应绘制竖向自由振动波形图和水平回转耦合振动波形图；

3　根据强迫振动测试幅频响应曲线和自由振动测试波形图，按国家标准《地基动力特

性测试规范》GB/T 50269 计算地基刚度系数、阻尼比和参振质量。

13.12 地电参数测试

13.12.1 地电参数测试适用于测定各类岩土的电阻率和大地电导率。

13.12.2 地电参数测试宜采用数字型直流电法仪，其技术指标应满足下列要求：

1 仪器输入阻抗应大于 3MΩ；

2 AB、MN 插头和外壳三者之间的绝缘电阻应大于 100MΩ/500V；

3 电位差测量分辨率应达到 0.01mV；

4 电流测量分辨率应达到 0.1mA；

5 对 50Hz 干扰压制应大于 80dB。

13.12.3 两台或两台以上仪器在同一场地作业时，应进行仪器的一致性测定，相对均方误差应为±2%。

13.12.4 电阻率原位测试应符合下列规定：

1 表层和浅层土电阻率应采用四极对称电测深法在地表、探槽或探坑内进行；

2 测量电极和供电电极应布置在一条直线上，供电电极最大极距应不大于被测土层厚度的 3 倍；

3 当电测深曲线呈 2 层以上反映时，最后一层宜趋于稳定值；

4 深层土电阻率宜采用电测井法在钻孔内进行。

13.12.5 大地电导率原位测试应符合下列规定：

1 测试宜采用四极对称电测深法，供电极距最小间距宜选取 6m～12m，在平原和丘陵地区，供电极距 AB 宜大于 900m，山区宜大于 1500m；

2 同一地质地貌单元相邻点的大地电阻率之比大于 3 倍时，应在两点间加测一点，直至满足小于等于 3 倍的要求；

3 测量时供电电极 AB 和测量电极 MN 放线方向应与勘探线走向一致，地形复杂时，可允许有一个角度，但不应大于 30°；

4 供电电极 AB/2 间距的确定，宜满足在以 6.25cm 为模数的双对数坐标纸上大致均匀分布，相临极距彼此间距宜为 5mm～15mm。

13.12.6 电阻率原位测试资料整理应符合下列规定：

1 绘制各测点实测曲线图，提供各极距的实测视电阻率值；

2 土壤电阻率测点位置，应在场地总平面图上准确标出。

13.12.7 大地电导率原位测试资料整理宜符合下列规定：

1 绘制四极对称电测深曲线图；

2 实测曲线与理论量板相对比，求得测点垂直深度内各岩层厚度及电阻率，用拉德列夫曲线换算 50Hz 或任意频率下的视大地电导率；

3 以温耐尔装置所测的曲线与简化曲线量板的纵横坐标轴重合相交，直接求得视大地电导率。

14　室内试验

14.1　一般规定

14.1.1　室内试验项目和试验方法应根据工程要求和岩土性质综合确定。当需要时应考虑岩土的原位应力场和应力历史、工程活动引起的新应力场和新边界条件，使试验条件尽可能接近实际；并应注意岩土的非均质性、非等向性和不连续性以及由此产生的岩土体与岩土试样在工程性状上的差别。

14.1.2　室内试验方法应符合《土工试验方法标准》 GB/T　50123 和《工程岩体试验方法标准》 GB/T 50266 的规定。

14.1.3　岩土工程评价时所选用的参数值，宜与相应的原位测试成果或原型观测反分析成果比较，经修正后确定。

14.1.4　特种试验项目应制定专门的试验方案。

14.1.5　制备试样前应对岩土进行初步分类定名，对样品的特征和重要性状做肉眼鉴定和简要描述。

14.1.6　室内试验报告单提出的指标应真实、准确。

14.2　土工试验

14.2.1　各类土的测定项目应包括下列内容：

1　砂土应测定颗粒级配、天然含水率、天然密度、比重、最大和最小干密度。

2　粉土应测定颗粒级配、天然含水率、天然密度、比重、液限、塑限；

3　黏性土应测定天然含水率、天然密度、比重、液限、塑限；

4　根据土层实际情况可增加测定有机质含量、湿陷性、膨胀性及其他特殊项目试验；根据工程需要可增加土的导热系数、比热容、承载比及其他特殊试验；

5　无法取得Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级土试样的砂土可只进行颗粒级配试验。

14.2.2　土的物理性质指标测定应符合下列规定：

1　界限含水率应根据分类评价要求选用试验方法，并应在试验报告上注明；塑性指数小于 12 的土，宜用颗粒分析复测粘粒含量；

2　土的比重宜通过实测确定；

3　渗流分析、基坑降水设计要求提供土的透水性参数时可进行渗透试验，土的渗透系

数取值应与野外水文地质试验成果比较后确定。

14.2.3 土方回填或填筑工程应进行击实试验，击实试验应提供干密度和含水率关系曲线，标明最大干密度和最优含水率，注明试验类型，并应符合下列要求：

1 试验类型应与试验方法规定的土类和粒径相一致；

2 试验应绘制干密度和含水率关系曲线，取曲线峰值点相应的纵坐标为最大干密度，相应的横坐标为最优含水率，当关系曲线不能绘出峰值点时，应进行补点，土样不宜重复使用；

3 轻型击实试验中，试样中粒径大于 5mm 的土质量小于或等于试样总质量的 30%时，应对最大干密度和最优含水率进行校正。

14.2.4 固结试验应符合下列规定：

1 试验成果应按 e～p 曲线整理，固结试验最大压力应大于土的有效自重压力与附加压力之和，压缩系数和压缩模量的计算应取土的有效自重压力至土的有效自重压力与附加压力之和的压力段。考虑基坑开挖卸荷和再加荷影响时应进行回弹试验，其压力的施加应模拟实际的加、卸荷状态；

2 考虑土的应力历史进行沉降计算时应进行前期固结试验，试验成果应按 e～lgP 曲线整理，提供前期固结压力、超固结比、压缩指数和回弹指数；

3 进行沉降历时关系分析时应选取部分土试样做详细的固结历时记录，测定固结系数；

4 厚层高压缩性软土宜取土试样测定次固结系数；

5 土的应力-应变关系分析时可进行三轴压缩试验，试验方法应根据工程要求和土的实际受力情况先进行试验设计。

14.2.5 直剪试验应符合下列规定：

1 直剪试验方法应根据荷载类型、加荷速率和地基土的排水条件确定；

2 内摩擦角φ ≈0 的软黏土可采用Ⅰ级土试样进行无侧限抗压强度试验确定抗剪强度；

3 剪切破裂面土体应进行残余强度试验，计算参数时宜与现场反分析成果比较后确定。

14.2.6 三轴剪切试验应符合下列规定：

1 三轴剪切试验应说明试验方法、固结条件和排水条件；

2 饱和黏性土加荷速率较快时宜采用不固结不排水试验，饱和软土试样应在有效自重压力下预固结后再进行试验；

3 对经预压处理的地基、排水条件好的地基、加荷速率不高的工程或加荷速率较快但土的超固结程度较高的工程，以及需验算水位迅速下降时的土坡稳定性时，可采用固结不排水试验；

4　需提供有效应力抗剪强度指标时应采用固结不排水测孔隙水压力试验；

5　试验成果应提供主应力差和轴向应变关系曲线、摩尔圆和强度包络线图，重要工程应提供主应力比与轴向应变关系曲线、孔隙水压力或体积应变与轴向应变关系曲线、应力路径曲线，并列表提供相应的数值。

14.2.7　岩土工程评价有专门要求时，可进行固结不排水试验、固结不排水测孔隙水压力试验、特定应力比固结不排水试验、平面应变压缩试验和平面应变拉伸试验。

14.2.8　工程设计要求测定土的动力性质时可采用动三轴试验、动单剪试验或共振柱试验，选择试验方法和仪器时应注意其动应变的适用范围。

14.3　岩石试验

14.3.1　岩石的成分和物理性质试验项目可根据工程需要选定岩矿鉴定、颗粒密度和块体密度试验、吸水率和饱和吸水率试验、耐崩解性试验、膨胀试验。

14.3.2　岩石单轴抗压强度试验应分别测定干燥和饱和状态下的强度，提供极限抗压强度和软化系数；黏土质岩在确保施工期及使用期不致遭水浸泡时，可采用天然湿度试件进行单轴抗压强度试验；岩石的弹性模量和泊松比可根据单轴压缩变形试验测定；各向异性明显的岩石应分别测定平行和垂直层理面的强度。

14.3.3　岩石三轴压缩试验宜根据其应力状态选用四种围压，并提供不同围压下的主应力差与轴向应变关系、抗剪强度包络线和强度参数 c、φ 值。

14.3.4　验算岩石边坡或岩石地基稳定性时，可根据需要选择岩石抗拉试验、直剪试验或抗剪断试验。岩石直剪试验可测定岩石以及节理面、滑动面、断层面或岩层层面等不连续面上的抗剪强度，并提供 c、φ 值和各法向应力下的剪应力与位移曲线。

14.3.5　岩石抗拉强度试验可在试件直径方向上施加一对线性荷载，使试件沿直径方向破坏，间接测定岩石的抗拉强度。

14.3.6　取样确有困难或无法取得理想的抗压试验试样时，需要间接确定岩石的强度和模量时，可进行点荷载试验和声波速度测试。

14.4　水和土的腐蚀性试验

14.4.1　工程场地及其附近土或水(地下水或地表水) 应取样进行试验，并按本标准第 16 章规定评定其对建筑材料的腐蚀性等级。土对钢结构腐蚀性的评价可根据任务要求进行。

14.4.2　水和土的腐蚀性试验应符合下列规定：

1　水对混凝土结构腐蚀性的测试项目包括：pH 值、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Cl^{-}、SO_4^{2-}、HCO_3^{-}、CO_3^{2-}、

侵蚀性 CO_2、游离 CO_2、NH_4^+、OH^-、总矿化度；

2 土对混凝土结构腐蚀性的测试项目包括： pH 值、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Cl^-、SO_4^{2-} 、HCO_3^-、CO_3^{2-} 的易溶盐（土水比 1:5）分析；

3 土对钢结构腐蚀性的测试项目包括：pH 值、氧化还原电位、极化电流密度、电阻率、质量损失。

15　场地和地基的地震效应

15.1　一般规定

15.1.1　岩土工程勘察应进行与工程抗震设防标准相一致的场地地震效应分析与评价，市政工程场地地震效应评价尚应符合与市政工程类别相匹配的国家现行抗震设计标准的规定。

15.1.2　场地抗震设防烈度、设计基本地震加速度和所属的设计地震分组应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《中国地震动参数区划图》GB 18306 确定；已编制抗震设防区划城市的地震动峰值加速度应按地震动参数区划图执行。

15.1.3　抗震设防烈度为 7 度的一级工程场地应按本标准第 9.7 节规定进行活动断裂勘察，分析其活动性和地震效应。

15.1.4　岩土工程勘察应划分对抗震有利、一般、不利和危险地段并作出综合评价。

15.1.5　岩土工程勘察应确定岩石剪切波速或土层等效剪切波速、场地覆盖层厚度，划分场地类别；需采用时程分析的工程应根据设计要求，提供土层剖面和有关的动力参数。

15.1.6　抗震设防烈度为 6 度的建筑场地，饱和砂土、饱和粉土可不考虑液化的影响，但对沉陷敏感的乙类建筑可按 7 度进行液化判别。

15.1.7　抗震设防烈度为 7 度的建筑场地，饱和砂土、饱和粉土应提供地层地质年代、上覆非液化土层厚度、粉土的黏粒含量、地下水位等基础数据，判别该土层地震液化可能性。

15.1.8　判别为可液化的土层应确定液化指数和液化等级，提出抗液化措施的建议。

15.1.9　抗震设防烈度为 7 度的厚层软土分布区宜判别软土震陷的可能性。

15.1.10　场地或场地附近存在不良地质作用或地震作用下可能发生滑坡、崩塌、塌陷、地裂影响工程安全时，应分析评价场地在地震作用时的稳定性，工程需要时宜进行专门勘察。

15.2　场地抗震地段划分

15.2.1　建筑场地抗震地段划分应根据表 15.2.1 确定。

表 15.2.1　场地抗震地段划分

地段类别	地质、地形、地貌
有利地段	稳定基岩，坚硬土，开阔、平坦、密实、均匀的中硬土
一般地段	不属于有利、不利和危险的地段
不利地段	大面积均匀分布的厚层软弱土，液化土，条状突出的山嘴，高耸孤立的山丘，陡坡，

	陡坎、河岸和边坡的上缘，平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的地层（如故河道、疏松的断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷和半填半挖地基），地表存在结构性裂缝
危险地段	地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等及发震断裂带上可能发生地表错位的部位

15.2.2 位于条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘和非岩石和强风化岩石的陡坡、河岸和边坡上缘等不利地段的工程，应调查边坡形态、相对高差、地层岩性、拟建工程与边坡的距离，并根据地震动参数放大作用影响范围分区划分建筑场地抗震地段。

15.2.3 场地存在工程地质分区时，可分区评价划分建筑场地抗震地段。

15.3 场地类别

15.3.1 建筑的场地类别应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度进行划分，当场地存在工程地质分区时宜分区评价。

15.3.2 建筑的场地类别应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度按表 15.3.2 划分。

表 15.3.2 各类建筑场地的覆盖层厚度 d(m)

岩石的剪切波速或土的等效剪切波速（m/s）	场地类别				
	I_0	I_1	II	III	IV
v_s ＞800	0				
800≥ v_s ＞500		0			
500≥ v_{se} ＞250		＜5	≥5		
250≥ v_{se} ＞150		＜3	3～50	＞50	
v_{se} ≤150		＜3	3～15	15～80	＞80

注：表中 v_s 为岩石的剪切波速，v_{se} 为土层等效剪切波速。

15.3.3 市政工程剪切波速测试孔布置应符合与工程类别相匹配的国家现行抗震设计标准的规定。建筑工程剪切波速测试孔布置和剪切波速确定应符合下列规定：

1 剪切波速测试应涵盖场地所有地层；

2 初步勘察阶段对于大面积的同一地质单元，剪切波速测试孔的数量不应少于 3 个；

3 详细勘察阶段对于单幢建筑，剪切波速测试孔的数量不宜少于 2 个，处于同一地质单元内的密集建筑群，剪切波速测试孔的数量可适当减少，但每幢高层建筑和大跨空间结构地基土层较为均匀时不得少于 1 个； 当场地全部区域出露中风化、微风化岩石时，可不布

置波速测试孔，按《建筑抗震设计规范》 GB50011 规定估算岩石的剪切波速；

4 为划分场地类别布置的勘探点，当缺乏资料时，其深度应符合表 15.3.3 的规定；

表 15.3.3 勘探点在覆盖层中的深度

土的等效剪切波速（m/s）	勘探点在覆盖层中的深度（m）
v_{se}＞250	≥20
250≥v_{se}＞150	＞50
v_{se}＜150	＞80

5 丁类建筑及丙类建筑中层数不超过 10 层、高度不超过 24m 的多层建筑，当无实测剪切波速时,可根据岩土名称和性状，按《建筑抗震设计规范》 GB50011 规定估算各土层的剪切波速；

6 土层等效剪切波速应按下列公式计算：

$$v_{se} = d_0 / t \tag{15.3.3-1}$$

$$t = \sum_{i=1}^{n} (d_i / v_{si}) \tag{15.3.3-2}$$

式中： v_{se}--- 土层等效剪切波速（m/s）；

d_0--- 计算深度（m），取覆盖层厚度和 20m 两者的较小值；

t--- 剪切波在地面至计算深度之间的传播时间（s）；

d_i--- 计算深度范围内第 i 土层的厚度（m）；

v_{si}--- 计算深度范围内第 i 土层的剪切波速（m/s）；

n--- 计算深度范围内土层的分层数。

15.3.4 建筑场地覆盖层厚度的确定应符合下列要求：

1 一般情况下，宜按设计地坪标高至剪切波速大于 500m/s 的土层顶面的距离确定，且其下卧各岩土层剪切波速均不小于 500m/s；

2 当设计地坪标高 5m 以下存在剪切波速大于其上部各岩土层剪切波速 2.5 倍的岩土层，且该层及其下卧各层岩土的剪切波速均不小于 400m/s 时，可按地面至该土层顶面的距离确定；

3 剪切波速大于 500m/s 的孤石、透镜体，应视同周围土层；

4 同一地质单元内的覆盖层厚度实测资料可借鉴使用。

15.4 液化土和软弱地基

15.4.1 场地液化土判别勘察应符合下列要求：

1 场地进行液化土判别时应布置标准贯入试验孔，每个场地同一地质单元标准贯入试验孔不应少于 3 个，勘探孔深度应大于液化判别深度；

2 标准贯入试验点的竖向间距宜为 1.0m～1.5m，每层土的试验点数不宜少于 6 个；

3 标准贯入试验判别液化时，应按每个试验孔的实测击数进行。

15.4.2 液化判别应进行初判，判别方法应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关规定进行。

15.4.3 根据饱和砂土、饱和粉土的初步判别结果认为需进一步进行液化判别时，应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关规定进行判别。

15.4.4 存在液化砂土层、粉土层的地基，应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关规定计算标准贯入试验孔的液化指数。

15.4.5 地基液化等级与液化指数的对应关系应按表 15.4.5 确定。评价液化等级时，应符合下列规定：

1 每个试验孔应按计算的液化指数确定液化等级；

2 按每个试验孔计算液化指数结果，同一地质单元各孔判别结果不一致时，可按各孔液化指数平均值或以多数判别结果确定场地地基液化等级：处于不同地质单元或场地占地面积大、液化土层分布复杂、地基液化等级差别大时，应分区进行评价。

表 15.4.5 液化等级与液化指数的对应关系

液化等级	轻微	中等	严重
液化指数 I_{lE}	$0 < I_{lE} \leqslant 6$	$6 < I_{lE} \leqslant 18$	$I_{lE} > 18$

15.4.6 厚层软土的等效剪切波速 $v_{se} > 90$m/s 时，各类建（构）物可不考虑震陷的影响。

15.4.7 工程需要时可结合室内土的动力性质试验进行软土震陷判别。

15.4.8 软土震陷分析和建筑物震陷估算值应按《软土地区岩土工程勘察规程》JGJ 83 有关规定确定。

15.5 地震效应分析评价

15.5.1 地震效应分析评价应包括下列内容：

1 确定勘察场地的抗震设防烈度、设计基本地震加速度、设计地震分组；

2 场地发震断裂评价；

3 确定土层剪切波速、场地土的等效剪切波速、场地覆盖层厚度，划分场地类别；

4 场地地震稳定性评价；

5 饱和粉土、饱和砂土液化评价，软弱土震陷评价；

6 划分对建筑有利、一般、不利和危险的地段；

7 不利地段当无法避开时，应根据建筑类别提出采取有效措施的建议；危险地段应提出严禁建造甲、乙类建筑及不应建造丙类建筑的建议。

8 当工程单体跨越不同的场地类别分区时，提出按不利场地类别设计的建议。

16 地 下 水

16.1 一般规定

16.1.1 岩土工程勘察应查明与工程有关的水文地质条件，并根据工程需要和水文地质条件，评价地下水对工程结构和工程施工可能产生的影响并提出防治措施的建议。

16.1.2 场地水文地质条件复杂且对工程及地下水控制有重大影响时应进行专门水文地质勘察。

16.1.3 地下水勘察应在搜集已有水文地质资料的基础上，采用工程环境专项调查和工程地质测绘、钻探、物探、试验和动态观测等多种手段相结合的综合勘察方法。

16.2 地下水的勘察要求

16.2.1 地下水的勘察应符合下列要求：

1 搜集区域性气候资料，评价其对地下水的影响；

2 查明地下水的类型和赋存状态，含水层的分布规律，划分水文地质单元；

3 查明地下水的补给、径流和排泄条件，地表水与地下水的水力联系及对地下水位的影响；

4 查明勘察时的地下水位，调查历史最高地下水位和近 3 年～5 年最高地下水位，地下水位年变化幅度、变化趋势和主要影响因素；

5 提供地下水控制所需的水文地质参数；

6 查明场地内是否存在对地下水和地表水的污染源及可能的污染程度，提出相应工程措施的建议；

7 评价地下水对建筑材料的腐蚀性；

8 评价地下水对工程结构和工程施工的作用和影响，提出防治措施的建议；

9 工程需要时评价地下工程修建对地下水环境的影响。

16.2.2 缺乏地下水位长期监测资料的地区，高层建筑或一级工程的初步勘察宜设置长期观测孔。

16.2.3 高层建筑或一级工程，当场地水文地质条件复杂，且对地基评价和基础抗浮和施工中地下水的控制有重大影响时，宜进行专门水文地质勘察。

16.2.4 专门水文地质勘察除应按照本标准第 16.2.1 条执行外，尚应符合下列要求：

1 查明含水层和隔水层的埋藏条件，地下水类型、流向、水位、水质及其变化幅度，当场地存在对工程有影响的多层地下水时，应分层量测地下水位，并查明相互间的补给关系；

2 查明场地地下水的水文地质单元、水流特性，富水段的构造类型、特征及富水性；设置观测孔或在不同深度处埋设孔隙水压力计，量测压力水头随深度的变化。

3 进行现场试验测定地层的水文地质参数；

4 建筑抗浮应分析场地内地下水位的动态变化和影响动态变化的各种因素，预测场地未来地下水位变化，提出场地抗浮设防水位的建议值；

5 提出基坑开挖施工中地下水控制方案的建议；

6 查明污染场地地下水的污染范围与程度、污染源及污染途径，进行地下水污染预测。

16.3 水文地质参数测定

16.3.1 水文地质参数的测定方法应符合本标准附录 J 表 J.0.1 的规定。

16.3.2 地下水位的量测应符合下列规定：

1 遇地下水时应量测水位；

2 对工程有影响的多层含水层的水位量测，应采取止水措施，将被量测含水层与其他含水层隔开。

16.3.3 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井或测压管内直接量测，精度不得低于±2cm，并注明量测时间；量测稳定水位的间隔时间宜按地层的渗透性确定，砂土和碎石土不应少于 0.5h，粉土和黏性土不应少于 8h；位于江河湖边的工程，地表水与地下水的水位应同时量测；勘察结束后应统一量测稳定水位。

16.3.4 测定地下水流向可采用几何法，量测点不应少于呈三角形分布的 3 个测孔(井)，测点间距按岩土的渗透性、水力梯度和地形坡度确定，宜为 50m～100m，应同时量测各测孔(井)内水位，确定地下水流向；地下水流速的测定可采用指示剂法、水力梯度法或充电法。

16.3.5 含水层的渗透系数及导水系数宜采用抽水试验、注水试验求得；含水层的透水性可按表 16.3.5 划分。

表 16.3.5 含水层的透水性

类别	特强透水	强透水	中等透水	弱透水	微透水	不透水
渗透系数 K (m/d)	$K \geqslant 200$	$10 \leqslant K < 200$	$1 \leqslant K < 10$	$0.01 \leqslant K < 1$	$0.001 \leqslant K < 0.01$	$K < 0.001$

16.3.6 含水层的给水度宜采用抽水试验确定；松散岩类含水层的给水度可采用室内试验确定；岩石裂隙、岩溶的给水度可采用裂隙率、岩溶率代替；有经验的地区可采用经验值。

16.3.7 越流系数宜进行带观测孔的多孔抽水试验确定；影响半径可通过计算法求得，当工程需要时可用实测法确定。

16.3.8 孔隙水压力的测定应符合下列规定：

1 测定方法可按本标准附录 J 表 J.0.2 确定；

2 测试点应根据地质条件和分析需要布置；

3 测压计的安装和埋设应符合有关技术规定；

4 测试数据应及时分析整理，出现异常时应分析原因，采取相应措施。

16.3.9 抽水试验应符合下列规定：

1 抽水试验应布置在不同地貌单元、不同含水层(组)且富水性较强的地段；含水构造复杂且富水性较强的地段应分层或分段进行抽水试验；潜水与承压水应分别进行抽水试验；

2 抽水试验方法和应用范围可按表 16.3.9 选用；

表 16.3.9 抽水试验方法和应用范围

抽水试验方法	应用范围
钻孔或探井简易抽水	粗略估算弱透水层的渗透系数
不带观测孔抽水	初步测定含水层的渗透性参数
带观测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数

3 抽水试验宜三次降深，最大降深应接近工程设计所需的地下水位降深的标高；

4 水位量测应采用同一方法和仪器，抽水孔读数单位为厘米，观测孔为毫米；

5 涌水量与时间关系曲线和动水位与时间关系曲线在一定范围内波动，而没有持续上升或下降时，可认为已经稳定；稳定水位的延续时间，卵石、圆砾和粗砂含水层为 8h，中砂、细砂和粉砂含水层为 16h，基岩含水层(带)为 24h；

6 抽水试验应同时观测水位和水量，抽水结束后应量测恢复水位。

16.3.10 渗水试验和注水试验可在试坑或钻孔中进行；砂土和粉土可采用试坑单环法；黏性土可采用试坑双环法；试验深度较大时可采用钻孔法。

16.3.11 压水试验应根据工程要求结合工程地质测绘和钻探资料确定试验孔位，按岩层的渗透特性划分试验段，按需要确定试验的起始压力、最大压力和压力级数；绘制压力与压入水量的关系曲线，计算试验段的渗水率，确定 P～Q 曲线的类型。

16.3.12　水文地质参数计算应根据不同试验方法选择计算公式。

16.4　地下水作用的评价

16.4.1　岩土工程勘察应评价地下水的作用和影响，提出预防措施的建议。

16.4.2　地下水力学作用的评价应包括下列内容：

1　基础、地下构筑物和挡土墙，应考虑在最不利组合情况下，地下水对结构物的上浮作用；有渗流时，地下水的水头和作用宜通过渗流计算进行分析评价；节理不发育的岩石和黏性土可根据经验或实测数据确定；

2　边坡稳定性验算时应考虑地下水对边坡稳定的不利影响；

3　地下水位下降的影响范围内，应考虑地面沉降及对工程的影响，当地下水位回升时，应考虑可能引起的承载力降低、地面回弹和附加的浮托力；

4　当墙背填土为粉砂、粉土或黏性土，验算支挡结构物的稳定性时，应根据不同的排水条件评价地下水压力对支挡结构物的作用；

5　因水头压差而产生自下向上的渗流时，应评价产生潜蚀、流土、管涌、突涌的可能性；

6　地下水位以下开挖基坑或地下工程时，应根据岩土的渗透性、地下水补给条件，分析评价降水或隔水措施的可行性及其对基坑稳定和邻近工程的影响。

16.4.3　地下水物理、化学作用的评价应包括下列内容：

1　地下水位以下的工程结构，应评价地下水对混凝土、金属材料的腐蚀性；

2　软质岩石、强风化岩石、残积土和膨胀岩土，应评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解、胀缩等有害作用。

16.5　地下水控制评价

16.5.1　岩土工程勘察应评价地下水对基坑工程及周边环境的影响，并根据基坑深度、基坑支护方式、含水层岩性和地层组合关系、地下水资源和环境要求，采用适宜的地下水控制方法。

16.5.2　地下水控制方法应优先考虑选择对地下水资源影响小的帷幕截水、引渗降水、回灌等方法。

1　采用帷幕截水方法时，应分析截水帷幕的深度、施工工艺的可行性，并分析施工中存在的风险；

2　采用引渗降水方法时，应评价上层水的下渗效果及对下层含水层环境的影响；

3　采用回灌方法时，应评价同层回灌或异层回灌的可能性，异层回灌时不同含水层地下水混合后对地下水环境的影响。

16.5.3　需进行工程降水时，应根据含水层的渗透性和降深要求，选用适当的降水方法。当几种方法有互补性时，亦可组合使用。降水方法的适用范围可按表 16.5.3 选用。

表 16.5.3　降水方法的适用范围

名称		适用地层	渗透系数 *K* (m/d)	水位降深(m)
集水坑明排		风化岩石、黏性土、砂土	＜20.0	＜2
井点降水	电渗井点	黏性土	＜0.1	＜6
	喷射井点	填土、黏性土、粉土、粉砂	0.1～20.0	8～20
	真空井点	黏性土、粉土、粉砂、细砂	0.1～20.0	单级＜6，多级＜20
管井		砂土、碎石土、岩溶、裂隙	1.0～200.0	＞5
大口井		砂土、碎石土	1.0～200.0	5～20
辐射井		黏性土、粉土、砂土	0.1～20.0	＜20
引渗井		黏性土、粉土、砂土	0.1～20.0	将上层水引渗到下层含水层

16.5.4　采用降水方法时应评价下列内容：

1　降水对工程周边环境的影响程度；

2　降水形成区域性降落漏斗和引起地下水的补给、径流和排泄条件的改变；

3　辐射井降水应评价土层颗粒流失对工程周边环境的影响；

4　减压井降水应评价基底稳定性和水位下降对工程周边环境的影响。

16.5.5　地下水采取降水措施时应符合下列规定：

1　施工中地下水位应保持在基坑底面以下 0.5m～1.5m；

2　降水过程中应采取防止土颗粒流失的措施；

3　施工中应防止深层承压水引起的突涌，工程需要时应采取降低承压水头的措施。

16.6　水和土的腐蚀性评价

16.6.1 评价场地水和土对建筑材料的腐蚀性时应搜集下列资料：

1 场地海拔标高、干燥度指数；

2 场地工程地质条件；

3 场地水文地质条件；

4 场地周边污染源；

5 当地水和土对建筑材料的腐蚀情况和防腐经验。

16.6.2 工程场地应采取水、土试样进行试验，评价其对建筑材料的腐蚀性。

16.6.3 场地分布下列岩土层时应采样进行试验，评价其对建筑材料的腐蚀性：

1 含煤渣、焦炭的填土，含有硫化矿、含硫煤及含硫化物的土层及黑色岩层；

2 盐渍土，含芒硝、石膏或岩盐的岩土层；

3 有机质含量大于 5%的土；

4 湿热带的红黏土；

5 污染土。

16.6.4 水和土对建筑材料的腐蚀性，可分为微、弱、中、强四个等级。

16.6.5 环境类型分类应按表 16.6.5 确定。

表 16.6.5 环境类型分类

类别	场地条件	亚类	场地条件
Ⅰ	盐渍土地区地下水常年水位浅于 50cm；或混凝土一面与水接触，一面暴露在空气中；或混凝土部分在地表水中，部分暴露在大气中；干燥指数小于 1.5 的湿润区		
Ⅱ	混凝土全部长期处于地表水中		
Ⅲ	除Ⅰ、Ⅱ类环境以外的其他岩土环境	$Ⅲ_A$	混凝土接触的是强透水性地层
		$Ⅲ_A$	混凝土接触的是弱透水性地层

注：强透水地层是指碎石土和砂土；弱透水地层是指粉土和黏性土。

16.6.6 受环境类型影响，水和土对混凝土结构腐蚀性评价应符合下列规定：

1 受环境类型影响，水中硫酸盐对混凝土结构的腐蚀性评价应符合表 16.6.6-1 的规定；

表 16.6.6-1 受环境类型影响，水中硫酸盐对混凝土结构的腐蚀性评价

环境类别		Ⅰ	Ⅱ	$Ⅲ_A$	$Ⅲ_B$
腐蚀强度	微	SO_4^{2-}mg/L			
	弱 中 强	<250 250～300 300～1000	<300 300～1000 1000～2000	<400 400～1000 1000～3000	<500 500～2000 2000～6000

		＞1000	＞2000	＞3000	＞6000

2 受环境类型影响，水中 $NH4^{+}$ 、OH^{-}对混凝土结构的腐蚀性评价应符合表 16.6.6-2 的规定；

表 16.6.6-2 受环境类型影响，水中 NH_4^{+} 、OH^{-}对混凝土结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	腐蚀介质	环境类型			
		Ⅰ	Ⅱ	$Ⅲ_A$	$Ⅲ_B$
微 弱 中 强	铵盐含量 NH_4^{+} （mg/L）	＜800 800～1000 1000～1500 >1500	＜1000 1000～1500 1500～2000 >2000	＜1500 1500～2000 2000～3000 >3000	＜2000 2000～3000 3000～4000 >4000
微 弱 中 强	苛性碱含量 OH^{-} （mg/L）	＜50000 50000～60000 ＞60000 ——	＜60000 60000～72000 ＞72000 ——	＜72000 72000～85000 ＞85000 ——	＜85000 85000～100000 ＞100000 ——

注：苛性碱含量是 NaOH、KOH 中 OH^{-}含量之和，通过计算确定。

3 受环境类型影响，土中硫酸盐对混凝土结构的的腐蚀性评价应符合表 16.6.6-3 的规定；

表 16.6.6-3 受环境类型影响，土中硫酸盐对混凝土结构的的腐蚀性评价

环境类别		Ⅰ	Ⅱ	$Ⅲ_A$	$Ⅲ_B$
腐 蚀 强 度	微 弱 中 强	SO_4^{2-}mg/kg			
		<375 375～450 450～1500 ＞1500	<450 450～1500 1500～3000 ＞3000	<600 600～1500 1500～4500 ＞4500	<750 750～3000 3000～9000 ＞9000

4 受环境类型影响，土中 $NH4^{+}$ 、OH^{-}对混凝土结构的腐蚀性评价应符合表 16.6.6-4 的规定；

表 16.6.6-4 受环境类型影响，土中 NH_4^{+} 、OH^{-}对混凝土结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	腐蚀介质	环境类型			
		Ⅰ	Ⅱ	ⅢA	ⅢB
微 弱 中	铵盐含量 NH4+ (mg/kg)	＜1200 1200～1500 1500～2250	＜1500 1500～2250 2250～3000	＜2250 2250～3000 3000～4500	＜3000 3000～4500 4500～6000

强		>2250	>3000	>4500	>6000
微 弱 中 强	苛性碱含量 OH－ (mg/kg)	＜75000 75000～90000 ＞90000 ——	＜90000 90000～108000 ＞108000 ——	＜108000 108000～127500 ＞127500 ——	＜127500 127500～150000 ＞150000 ——

注：苛性碱含量是 NaOH、KOH 中 OH^-含量之和，通过计算确定。

16.6.7 受地层渗透性影响，水和土对混凝土结构的腐蚀性评价应符合下列规定：

1 受地层渗透性影响，水对混凝土结构的腐蚀性应按表 16.6.7-1 评价；水对混凝土结构的腐蚀性综合评价结果应根据十字法分区 (图 16.6.7) 类型按表 16.6.7-2 确定。

表 16.6.7-1 受地层渗透性影响，水对混凝土结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	酸型 pH 值		碳酸型 侵蚀性 CO_2(mg/L)		溶出型 HCO_3^- (mmol/L)	镁离子型 Mg^{2+}（mg/L）	
	A	B	A	B	A	A	B
微 弱 中 强	＞6.5 6.5～5.0 5.0～4.0 <4.0	＞5.0 5.0～4.0 4.0～3.0 <3.0	＜15 15～30 30～60 >60	＜30 30～60 60～100 >100	＞1.0 1.0～0.5 <0.5 ——	＜1000 1000～2000 2000～3000 >3000	＜2000 2000～3000 3000～5000 >5000

注：1 表中 A 是指直接临水或强透水层中的地下水，B 是指弱透水层中的地下水；

2 HCO_3^-含量是指水的矿化度低于 0.1g/L 的软水时，该类水质 HCO_3^-的腐蚀性。

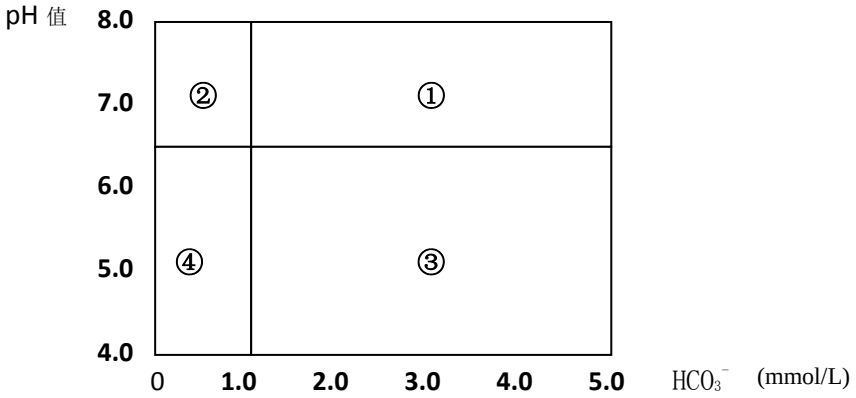


图 16.6.7 十字法分区

表 16.6.7-2 受地层渗透性影响，水对混凝土结构的腐蚀性综合评价结果

区号	环境条件	综合评价
①	A 与 B	均为微腐蚀
②	A	以 HCO_3^-腐蚀强度为评价结果

	B	
③	A B	pH 值与侵蚀性 CO_2 选腐蚀强度较强者为评价结果 以 pH 值腐蚀强度为评价结果
④	A B	两项或三项腐蚀共存时，选腐蚀强度较强者为评价结果 以 pH 值腐蚀强度为评价结果
其他：HCO_3^-＞5.0mmol/L，pH 值＞4 的 A、B 环境，均为微腐蚀区		

注 1　当硫酸盐与 Mg^{2+}腐蚀介质并存时，表中镁离子型 A，不论 Mg^{2+}腐蚀等级的强弱，当有硫酸盐结晶腐蚀时，以硫酸盐结晶腐蚀强度为评价结果；表中镁离子型 B，当 Mg^{2+}为强腐蚀，硫酸盐结晶为微腐蚀或弱腐蚀时，以镁离子强腐蚀为评价结果；

2　其他情况以硫酸盐结晶腐蚀强度为评价结果。

2　受地层渗透性影响，土对混凝土结构的腐蚀性评价应符合表 16.6.7-3 的规定。

表 16.6.7-3　受地层渗透性影响，土对混凝土结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	酸型 pH 值		镁离子型 Mg^{2+}　（mg/kg）	
	A	B	A	B
微	＞6.5	＞5.0	＜1500	＜3000
弱	6.5～5.0	5.0～4.0	1500～3000	3000～4500
中	5.0～4.0	4.0～3.0	3000～4500	4500～7500
强	<4.0	<3.0	>4500	>7500

注：1　pH 值以锥型玻璃电极野外现场插入土中直接测试，表中镁离子指标为水中镁离子指标乘以 1.5 的系数所得；

2　表中 A 是指强透水土层，B 是指弱透水土层。

16.6.8　水、土对混凝土结构的腐蚀性综合评价应符合下列规定：

1　当其他各项介质为弱或与硫酸盐腐蚀强度相等或高出一级时，应以硫酸盐的腐蚀强度为综合评价结论；

2　当其他腐蚀介质的腐蚀强度比硫酸盐腐蚀强度高两级或两级以上时，应综合评价为中等腐蚀；

3　混凝土结构直接临水或位于强透水层中，当水、土的 pH 值＜4.0 时，应综合评价为强腐蚀；

4　混凝土结构位于弱透水层中，当水、土的 pH 值＜3.0 时，应综合评价为强腐蚀。

16.6.9　水、土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价应符合表 16.6.9 的规定。

表 16.6.9　水、土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价

腐蚀	水中的 Cl^-含量(mg/L)	土中的 Cl^-含量(mg/kg)

等级	长期浸水	非长期浸水	地下水位以上的碎石土、砂土，坚硬、硬塑的黏性土	湿、很湿的粉土，可塑、软塑、流塑的黏性土
微	＜10000	＜100	＜400	＜250
弱	10000～20000	100～500	400～750	250～500
中	--	500～5000	750～7500	500～5000
强	--	>5000	>7500	>5000

16.6.10　土对钢结构的腐蚀性评价应符合表 16.6.10 的规定。

表 16.6.10　土对钢结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	pH 值	氧化还原电位（mV）	视电阻率（Ω·m）	极化电流密度（mA/cm^2）	质量损失（g）
微	＞5.5	＞400	＞100	< 0.02	< 1
弱	5.5～4.5	400～200	100～50	0.02～0.05	1～2
中	4.5～3.5	200～100	50～20	0.05～0.20	2～3
强	< 3.5	< 100	< 20	> 0.20	> 3

注：土对钢结构的腐蚀性评价，取各指标中腐蚀等级最高者。

16.6.11　水、土对建筑材料腐蚀的防护应符合《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的规定。

16.6.12　勘察报告中水和土腐蚀性的评价宜包括下列内容：

1　水和土腐蚀介质的种类及其含量；

2　腐蚀性指标的测试方法；

3　腐蚀性的单项和综合评价结果，包括腐蚀类型和腐蚀等级。

16.7　抗浮设防水位

16.7.1　存在地下室或地下构筑物的工程，应提出抗浮设防水位及使用条件和抗浮措施建议。

16.7.2　占地面积较大的地下室（地下构筑物）、位于不同标高台地上的地下室（地下构筑物）、位于斜坡地段的地下室（地下构筑物）、可能产生明显水头差的地下室（地下构筑物），可分区确定抗浮设防水位。

16.7.3　抗浮设防水位的综合确定宜符合下列规定：

1　抗浮设防水位宜取地下室自施工期间到全使用寿命期间可能遇到的最高水位，该水位应考虑场地所在地貌单元、地层结构、地下水类型、各层地下水水位及变化幅度和地下水

补给、径流、排泄条件等因素；

2 当有地下水长期水位观测资料时抗浮设防水位宜取实测最高水位，该水位应考虑地下室使用期间的水位变化及当地经验等因素；

3 施工期间的抗浮设防水位可取勘察时实测的场地最高水位，该水位应考虑季节变化导致的地下水水位可能升高的因素，还应考虑结构自重和上覆土重尚未施加时浮力对地下结构的不利影响；

4 场地内具有多种类型地下水时，抗浮设防水位宜取各层地下水的混合最高水位，该水位应考虑各自的独立水位、相对隔水层的饱和状态及水力联系等因素；

5 地下结构邻近江、河、湖等大型地表水体时，抗浮设防水位可取地表水体百年一遇最高水位加波浪雍高，该水位应考虑地表水体与本场地地下水的水力联系及地下排水管网情况；

6 城市中的低洼地区应考虑特大暴雨期间可能形成街道被淹的情况，抗浮设防水位可取室外地坪以上 0.50m 高程；地下水位高、地基土处于饱和状态的地区，抗浮设防水位可取室外地坪高程；

7 场地需大面积回填时，抗浮设防水位可取室外地坪高程；该水位应考虑地下水补给来源和地下排水管网情况；

8 场地临近高于场地的边坡时，抗浮设防水位可根据边坡地下水渗流结合场地排水设施的设置综合确定；

9 场地设计室外地坪有坡度时，可根据场地内地下水水位分段确定抗浮设防水位；

10 岩溶地下水抗浮水位宜采用地下水长期观测期间的最高水位；无地下水长期观测资料时宜采用勘察期间的地下水位与预测远期地下水位最大变幅综合确定；地下水受地表水补给时宜取地表水最高水位；山区坡地的场地宜根据地下水位分布线，按基础或地下结构埋置深度取最不利条件下的最高水位；地下结构的基底位于含水层之间的弱透水层时，宜根据最大孔隙水压力计算抗浮水位。

17　岩土参数的统计分析和确定

17.1　一般规定

17.1.1　岩土参数统计分析和确定时应符合下列要求：

1　充分了解工程结构的类型、特点、荷载情况和变形控制要求；

2　掌握场地的地质背景，考虑岩土体的非均质性、各向异性和随时间的变化，评价岩土参数的不确定性，确定其最佳估值；

3　充分考虑类似工程的经验。

17.1.2　采用多种手段勘察时，岩土参数宜根据可靠性按原型试验、原位测试、室内试验顺序综合分析确定。

17.2　岩土参数的统计分析

17.2.1　岩土参数应按场地的岩土体单元和层位分别统计，提供最大值、最小值、算术平均值、标准差、变异系数及样本数量，说明岩土参数在使用时应注意的问题。

17.2.2　岩土参数统计样本数不应少于 6 个（组）；统计前应检验样本划分的合理性，当岩土参数差异较大时，应进一步划分岩土层单元并分别进行统计；当岩土体性质不均匀，岩土层参数离散性较大时应分析原因，统计时应剔除异常数据，并说明数据的取舍标准。

17.2.3　岩土参数的统计计算应符合下列规定：

1　岩土参数的平均值 ϕ_{m} 应按下式计算：

$$\phi_{\mathrm{m}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \phi_i}{n} \tag{17.2.3-1}$$

式中　n ——岩土参数的样本数量；

ϕ_{i} ——样本数据。

2　岩土参数的标准差 σ_{f} 应按下式计算：

$$\sigma_{\mathrm{f}} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n} \phi_{\mathrm{i}}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} \phi_{\mathrm{i}}\right)^2}{n}\right]} \tag{17.2.3-2}$$

3　岩土参数的变异系数 δ 应按下式计算：

$$\delta=\frac{\sigma_{\mathrm{f}}}{\phi_m} \tag{17.2.3-3}$$

当δ值较大时，应分析原因，如分层是否合理、试验有无差错，并应同时增加测试数量。

4　岩土参数的标准值ϕ_k可按下式计算：

$$\phi_K=\gamma_{\mathrm{s}}\bullet\phi_m \tag{17.2.3-4}$$

$$\gamma_{\mathrm{s}}=1\pm(\frac{1.704}{\sqrt{n}}+\frac{4.678}{n^2})\ \delta \tag{17.2.3-5}$$

式中　γ_{s}---统计修正系数。

注：式中的正负号按不利组合考虑。

统计修正系数γ_{s}也可按岩土工程的类型和重要性、参数的变异性和统计数据的个数，根据经验选用，但不应小于 0.75。

17.3　岩土参数代表值的选用方法

17.3.1　岩土参数的代表值有标准值、平均值及特征值。用于评价抗剪强度指标、岩石单轴抗压强度和确定地基承载力时，P_{s}、N、$N_{63.5}$、N_{120}等应取标准值；用于评价压缩性指标、物理指标和判别土的状态时，P_{s}、N、$N_{63.5}$、N_{120}等应取平均值；地基承载力、桩侧土的摩阻力和桩端土的端阻力指标应取特征值。

17.3.2　岩土参数平均值的取值应符合下列规定：

1　物理指标应取测定值的算术平均值；

2　静力触探P_{s}、圆锥动力触探锤击数$N_{63.5}$、N_{120}等的取值，对土质均匀，测试数据离散性较小时，可采用单孔同一土层的平均值；对土质不均匀，测试数据离散性较大，当变异系数大于或等于 0.3 时，可取单孔同一土层厚度加权平均值或取小值平均值。

3　土的抗剪强度、压缩性指标、标准贯入锤击数 N 等的取值，对于土质均匀，测试数据离散性较小时，可采用同一土层的平均值；对土质不均匀，测试数据离散性较大，变异系数大于或等于 0.3 时，应舍弃最大值后取小值平均值。

17.4 地基承载力的确定

17.4.1 地基承载力特征值可由载荷试验确定，也可由其他原位测试和公式计算并结合工程实践经验综合确定。

17.4.2 甲级岩土工程勘察的地基承载力特征值宜通过载荷试验确定，载荷试验确定地基承载力应符合下列规定：

1 浅、深层平板载荷试验，同一土层参加统计的试验点不应少于 3 处，当试验实测值的极差不超过其平均值的 30%，可取其平均值作为该土层地基承载力特征值；当极差超过 30%时，应增加相应数量的试验点并分析原因，结合工程具体情况确定地基承载力特征值；

2 岩石地基载荷试验，同一岩层参加统计的试验点不应少于 3 处，可取试验实测值的最小值作为该岩层地基承载力特征值。

17.4.3 乙、丙级岩土工程勘察的地基承载力特征值可根据原位测试、室内试验、公式计算、野外鉴别和工程实践经验综合确定。

17.4.4 完整、较完整、较破碎的岩石地基承载力特征值，可根据岩石地基载荷试验确定；对破碎、极破碎的岩石地基承载力特征值，可根据平板载荷试验确定。对完整、较完整和较破碎的岩石地基承载力特征值，也可根据室内饱和单轴抗压强度按下式计算：

$$f_a = \psi_r \cdot f_{rk} \qquad (17.4.4)$$

式中 f_a——岩石地基承载力特征值（kPa）；

f_{rk}——岩石饱和单轴抗压强度标准值（kPa）；

ψ_r——折减系数。根据岩体完整程度以及结构面的间距、宽度、产状和组合，由工程经验确定。无经验时，对完整岩体可取 0.5，对较完整岩体可取 0.2～0.5；对较破碎岩体可取 0.1～0.2。

注：1 上述折减系数数值未考虑施工因素及建筑物使用后风化作用的继续；

2 对于黏土质岩，在确保施工期及使用期不致遭水浸泡时，也可采用天然湿度的试样，不进行饱和处理。

17.4.5 压实填土的地基承载力特征值应根据载荷试验确定。

17.5 桩基承载力的估算

17.5.1 静载荷试验确定单桩竖向承载力特征值应符合下列规定：

1 单桩竖向静载荷试验参加统计的试桩数量不得少于 3 根，当满足其极差不超过平均值的 30%时，应取其平均值作为单桩竖向极限承载力，极差超过平均值的 30%时，宜增加试桩数量并分析原因，结合工程具体情况确定单桩竖向极限承载力；

2 单桩竖向承载力特征值可按下式确定：

$$R_{\mathrm{a}} = \frac{Q_u}{K} \tag{17.5.1}$$

式中 R_{a}——单桩竖向承载力特征值（kN）；

Q_u——单桩竖向极限承载力（kN）；

K——安全系数，取 K=2。

17.5.2 单桩竖向承载力特征值也可按下式估算：

$$R_a = q_{pa}A_p + u_p\sum q_{sia}l_i \tag{17.5.2}$$

式中 A_P——桩底端横截面面积（m^2）；

q_{pa}——桩端阻力特征值（kPa）；

q_{sia}——桩侧阻力特征值（kPa）；

u_p——桩身周边长度（m）；

l_{i}——第 i 层岩土的厚度（m）。

17.5.3 桩端嵌入完整及较完整的硬质岩中，当桩长较短且入岩较浅时，可按下式估算单桩竖向承载力特征值：

$$R_{\mathrm{a}} = q_{pa}A_p \tag{17.5.3}$$

式中 q_{pa}——桩端岩石承载力特征值（kPa）。

桩端岩石承载力特征值可根据岩石饱和单轴抗压强度标准值按本标准第 17.4.4 条确定，或用岩石地基载荷试验确定。

17.5.4 桩端阻力特征值和桩侧阻力特征值可由当地静载荷试验结果统计分析算得，或由土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定。

17.6 地基变形验算

17.6.1 详勘阶段可根据工程性质和设计要求对建筑物进行最终沉降量估算。

17.6.2 天然地基最终沉降量估算应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定；对不能准确取得压缩模量的碎石土、砂土、花岗岩残积土、全风化岩、强风化岩等地基土，可按本标准附录 K 采用变形模量 E_0 估算地基沉降量。

17.6.3 需估算最终沉降量的建筑物，应提供土试样压缩曲线、地基土在有效自重压力至有效自重压力加附加压力之和时的压缩模量 E_s。

18　岩土工程分析评价及勘察报告

18.1　一般规定

18.1.1　岩土工程分析评价应在工程环境专项调查和工程地质测绘、勘探、测试和搜集以往邻近类似场地已有资料的基础上，结合工程特点，按不同岩土工程勘察阶段和岩土工程勘察等级的任务要求进行。

18.1.2　岩土工程分析评价应符合下列规定：

1　根据工程特点和场地岩土工程条件，评价内容应全面无遗漏；

2　根据场地的地质背景、岩土的非均质性和随时间的变化，确定岩土参数最佳估值；

3　分析类似工程经验。

18.1.3　岩土工程分析评价应先进行定性分析，在定性分析的基础上可根据各工程的不同要求进行定量分析。

18.1.4　岩工工程勘察报告所依据的原始资料，应进行整理、检查和分析，确认无误后方可使用。

18.1.5　岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、勘察等级、工程特点和岩土工程条件等具体情况编写。

18.1.6　岩土工程勘察报告应内容完整、真实准确、重点突出、表达清楚、论证有据、建议合理、图表清晰、便于使用和适宜长期保存。

18.2　岩土工程分析评价的内容和要求

18.2.1　根据工程特点和岩土工程条件，岩土工程分析评价宜包括下列内容：

1　不良地质作用和地质灾害分析评价；

2　场地稳定性、适宜性分析评价；

3　特殊性岩土分析评价；

4　地下水和地表水作用分析评价；

5　水、土对建筑材料腐蚀性分析评价；

6　地震效应分析评价；

7　地基基础分析评价；

8　基坑工程分析评价

9　边坡工程分析评价；

10　岩土可挖性分析评价；

11　施工可行性分析评价；

12　岩土工程参数分析；

13　地质条件可能造成的工程风险分析评价。

18.2.2　岩土工程的分析评价应根据岩土工程勘察阶段区别进行。可行性研究勘察应重点对场地稳定性适宜性、不良地质作用和地质灾害进行评价；施工勘察可直接针对任务要求提出的问题进行分析评价。

18.2.3　岩土工程的分析评价，应根据岩土工程勘察等级区别进行。丙级岩土工程勘察可根据邻近工程经验，结合触探和钻探取样试验资料进行；乙级岩土工程勘察应在详细勘探、测试的基础上，结合邻近工程经验进行，并提供岩土的强度和变形指标；甲级岩土工程勘察除按乙级要求进行外，尚宜提供载荷试验资料，工程需要时应对其中的复杂问题进行专门研究，并结合监测对评价结论进行检验。

18.2.4　岩土工程计算应符合下列要求：

1　按承载能力极限状态要求计算，可用于评价岩土地基承载力和边坡、挡墙及地基的稳定性；

2　按正常使用极限状态要求进行验算控制，可用于评价岩土体的变形、动力反应、透水性和涌水量。

18.2.5　工程需要时，可根据工程原型试验及岩土体性状的量测结果，用反分析的方法反求岩土参数，验证设计计算，查验工程效果或事故原因。

18.3　岩土工程勘察报告的基本要求

18.3.1　勘察报告应由文字部分和图表部分构成，可根据需要提供各种附件。

18.3.2　勘察报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位和标点符号均应符合国家有关标准的规定。

18.3.3　岩土工程勘察报告应对岩土利用、整治和改造方案进行分析论证，提出建议；对工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题进行预测，提出监控和预防措施的建议。

18.3.4　可行性研究勘察报告宜包括下列内容：

1　勘察目的、任务要求和依据的技术标准；

2　拟建工程概况；

3　工程所在地区的水文气象条件；

4　场地及其附近地区的地质与地震背景；

5　场地的地形和地貌；

6　场地水文地质和工程地质条件；

7　可能影响场地的不良地质作用、地质灾害、特殊性岩土的描述，对其危害影响程度的分析与评价；

8　场地稳定性和适宜性的评价；

9　结论与建议。

18.3.5　初步勘察报告宜包括下列内容：

1　勘察目的、任务要求和依据的技术标准；

2　拟建工程概况；

3　场地地形地貌、地质构造、地震效应、地层岩性及均匀性；

4　岩土物理、力学性质指标，岩土的强度参数、变形计算参数；

5　地下水类型、埋藏条件、变化规律及其和地表水补排关系的初步分析；

6　土和水对建筑材料腐蚀性的初步判定结论；

7　可能影响场地地基稳定的不良地质作用、地质灾害、特殊性岩土的描述及对其危害影响程度的评价；

8　地基基础方案的初步分析评价；

9　各类工程的重点分析评价内容；

10　结论与建议。

18.3.6　详细勘察报告宜包括下列内容：

1　拟建工程概况；

2　勘察目的、任务要求和依据的技术标准；

3　勘察方法和勘察工作布置；

4　场地地形地貌、地质构造、地震效应、地层岩性及均匀性；

5　岩土物理、力学性质指标；

6　地下水类型、埋藏条件、变化规律及其和地表水补排关系的分析；

7　土和水对建筑材料的腐蚀性评价；

8　可能影响工程稳定的不良地质作用、地质灾害、特殊性岩土的描述及其危害程度的评价；

9　地基基础方案的分析论证及设计所需的各项岩土参数；

10　对建（构）筑物施工及使用过程中的岩土工程问题的分析预测及预防、监控及治理措施的建议；

11　各类工程的重点分析评价内容；

12　地质条件可能造成的工程风险的分析评价；

13　结论与建议。

18.3.7　施工勘察报告的内容应满足施工勘察任务要求。

18.3.8　勘察报告应附下列图表：

1　勘探点平面布置图；

2　工程地质柱状图；

3　工程地质剖面图；

4　原位测试成果图表；

5　室内试验成果图表；

6　岩土工程勘察任务委托书。

18.3.9　工程需要时尚可附区域地质图、综合工程地质图、工程地质分区图、综合地质柱状图、重要地层顶面等高线图、素描、照片、综合分析图表以及岩土利用、整治和改造方案的有关图表、岩土工程计算简图及计算成果图表等。

18.3.10　工程需要时可提交下列专题报告：

1　岩土工程测试报告；

2　岩土工程检验或监测报告；

3　水文地质专门勘察报告；

4　专门岩土工程问题的技术咨询报告。

18.3.11 对丙级岩土工程勘察的成果报告，文字内容可适当简化，可以图表为主，但应提出明确的结论和建议。

19　现场检验和监测

19.1　一般规定

19.1.1　现场检验和监测应在勘察服务期和工程施工期间进行，对有特殊要求的工程，应根据工程特点，确定必要的项目，在使用期内继续进行。

19.1.2　现场检验是在施工阶段对勘察成果进行验证和检查，主要包括基槽（基坑）、桩基及地基处理效果等的检验，检验合格后，方可进行下道工序施工。

19.1.3　现场监测是在施工及使用过程中，对工程有影响的不良地质作用和地质灾害、岩土体性状、地下水、邻近的建筑物和重要设施等进行监测，确保施工和使用安全。

19.1.4　检验和监测前应编制方案；现场检验和监测的记录、数据和图件，应保持完整，并应按工程要求整理分析。

19.1.5　现场检验和监测资料应真实、可靠，并适时向有关方面报送。当监测数据接近危及工程的临界值时，必须加密监测，并提出防治建议。

19.1.6　现场检验和监测完成后，应及时提交成果报告，报告中应附有相关曲线和图纸，并进行分析评价，提出建议。

19.1.7　当现场检验结果与勘察成果不一致或遇到异常情况时，应对出现的问题进行分析，提出解决问题的建议。

19.2　现场检验

19.2.1　岩土设计参数检验宜包括下列内容：

1　大直径桩端阻力载荷试验；

2　单桩竖向抗压和抗拔静载荷试验；

3　单桩水平静载荷试验；

4　复合地基的静载荷试验；

5　抗浮桩和抗浮锚杆抗拔试验；

6　天然地基承载力的载荷试验；

7　重要岩土层现场抗剪强度试验；

8　判定沉桩可能性的沉桩试验。

19.2.2　基槽（基坑）开挖后的检验宜包括下列内容：

1　核对基槽的施工位置、平面尺寸、基础埋深和槽底标高；

2　核对岩土性状、地下水情况是否与勘察成果一致；

3　检查基底岩土是否受到施工的扰动及扰动的范围和深度；

4　检查雨季施工时基底岩土是否受到浸泡，并查明其影响范围和深度；

19.2.3　桩（墩）基工程应通过试钻、试打或试压检验岩土条件是否与勘察报告一致，当基础埋置深度很大，宜在开挖卸荷后的基础底面进行试桩，此时，也可采用自平衡法进行试桩；人工挖孔桩应逐桩检验孔底尺寸和岩土情况，进行桩端持力层检验；大直径嵌岩桩应视岩性检验桩底下 3d 且不小于 5m 深度范围内有无土洞、溶洞、破碎带、软弱夹层、孤石和临空面等不良地质作用。

19.2.4　地基处理效果的检验，除载荷试验外，尚可采用静力触探、圆锥动力触探、标准贯入试验、旁压试验、波速测试、钻探取样、基桩取芯等方法，抽检点应随机、均匀和有代表性分布。

19.2.5　验算坡体的稳定性时，对于已有剪切破裂面或其他软弱结构面的抗剪强度，宜进行野外大型剪切试验检验。

19.2.6　隧道围岩检验应包括下列内容：

1　开挖揭露围岩的性质、分布和特征；

2　地下水渗流情况；

3　工作面岩土体的稳定状态；

4　围岩超挖或坍塌情况；

5　根据开挖揭露的岩土情况，对围岩分级进行确认或修正。

19.3　不良地质作用和地质灾害的监测

19.3.1　下列情况应进行不良地质作用和地质灾害的监测：

1　场地及附近存在不良地质作用或地质灾害，并可能危及工程的安全和正常使用时；

2　工程建设和运行可能加速不良地质作用的发展或引发地质灾害时；

3　工程建设和运行对附近环境可能产生显著不良影响时。

19.3.2　不良地质作用和地质灾害的监测可在勘察服务期内进行，工程需要时应长期监测。

19.3.3　岩溶土洞发育区应着重监测下列内容：

1　地面变形；

2　地下水位的动态变化；

3　场区及其附近的抽排水情况。

19.3.4 滑坡监测应包括下列内容：

1 滑坡体的位移，一级工程宜进行深层位移监测；

2 滑面位置及错动情况；

3 滑坡裂缝的发生和发展；

4 滑坡体内外地下水位、流向、泉水流量和滑带孔隙水压力；

5 支挡结构及其他工程设施的位移、变形、裂缝的发生和发展。

19.3.5 需判定崩塌剥离体或危岩的稳定性时，应对张裂缝进行监测；对可能造成较大危害的崩塌，应进行系统监测，并根据监测结果，对可能发生崩塌的时间、规模、塌落方向和途径、影响范围等做出预报。

19.3.6 现采空区应进行地表移动和建筑物变形的观测，并符合下列规定：

1 观测线宜平行和垂直矿层走向布置，其长度应超过移动盆地的范围；

2 观测点的间距可根据开采深度确定，并大致相等；

3 观测周期应根据地表变形速度和开采深度确定。

19.3.7 区域性地面沉降监测要求和方法应按有关标准进行。

19.4 工程监测

19.4.1 工程监测应根据委托方要求、工程性质、施工场地条件与周围环境影响程度，有针对性地从施工开始进行。

19.4.2 工程监测前应进行踏勘、编制监测方案，设置基准点和监测点、测定初始值、确定报警值。

19.4.3 工程施工前应对周围建筑物和有关设施的现状、裂缝情况进行调查、记录、拍照或摄像。

19.4.4 地基处理及沉桩施工可能对周边环境及建筑物产生不良影响时，应对施工过程的振动、噪声、孔隙水压力、地下管线和建筑物变形进行监测。

19.4.5 大面积填土、软土等地基处理工程，应对地面变形进行长期监测；施工过程中还应对土体位移和孔隙水压力进行监测。

19.4.6 基坑工程监测应按《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497 执行。

19.4.7 开挖深度大于等于3m或开挖深度小于3m但现场地质情况和周围环境较复杂的基坑工程以及其他需要监测的基坑工程应实施基坑工程监测。

19.4.8 安全等级为一级、二级的支护结构，在基坑开挖过程与支护结构使用期内，应进行

支护结构的水平位移监测和基坑开挖影响范围内建(构)筑物及地面的沉降监测。

19.4.9 基坑工程监测方案应根据场地条件和开挖支护的施工设计确定，并应包括下列内容：

1 支护结构的变形；

2 基坑周边的地面变形；

3 邻近工程和地下设施的变形；

4 地下水位；

5 渗漏、冒水、冲刷和管涌情况。

19.4.10 边坡工程监测应符合《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330 的规定。

19.4.11 边坡塌滑区有重要建(构)筑物的一级边坡工程施工时应对坡顶水平位移、垂直位移、地表裂缝、坡顶建(构)筑物变形和地下水动态进行监测。

19.4.12 边坡工程监测可分为施工监测和运行监测。施工监测应为边坡施工安全及动态设计提供依据，运行监测应为判定边坡稳定性提供依据。

19.4.13 岩溶地区进行地基处理的工程在地基处理和建（构）筑物施工期间均应进行变形监测。

19.4.14 既有建筑地基基础加固施工时，应对影响范围内的周边建筑物、地下管线等市政设施的沉降和位移进行监测。

19.4.15 下列工程应进行沉降观测：

1 地基基础设计等级为甲级的建筑物；

2 不均匀地基或软弱地基上的乙级建筑物；

3 既有建筑物加层、接建，邻近开挖、堆载使地基应力发生显著变化的工程；

4 地下水位发生急剧变化的工程；

5 其他有关标准规定需进行沉降观测的工程。

19.4.16 处理地基上的建筑物应在施工期间及使用期间进行沉降观测。

19.4.17 市政工程在不良地质作用、特殊性岩土和地质界面变化处应设置变形监测断面；对周边环境有不利影响的地段，应对周边环境进行监测；支护结构工程应监测支护结构的应力变化情况；路堤工程施工应监测路堤填筑过程中及以后的地基变形动态；不良地质作用及特殊岩土地段的挖方边坡应重点监测。

19.4.18 城市轨道交通工程的基坑、矿山法及盾构法施工的隧道监测应符合《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的有关规定。

19.4.19 特殊性岩土工程监测应根据特殊性岩土的性质、与建设工程的相关性、影响程度及危害进行。

19.4.20　施工过程中有特殊要求或对周边环境产生危害时应进行专门监测。

19.4.21　工程需要时岩土体可进行下列监测：

1　洞室或岩石边坡的收敛量测；

2　深基坑开挖的回弹量测；

3　土压力或岩体应力量测。

19.5 地下水的监测

19.5.1　下列情况应进行地下水监测：

1　地下水位升降影响岩土稳定时；

2　地下水位上升产生浮托力对地下室或地下构筑物的防潮防水或稳定性产生较大影响时；

3　施工降水对拟建工程或相邻工程有较大影响时；

4　施工或环境条件改变，造成的孔隙水压力、地下水压力变化，对工程设计或施工有较大影响时；

5　地下水位的下降造成区域性地面沉降时；

6　地下水位升降可能使岩土产生软化、湿陷或胀缩时；

7　需要进行污染物运移对环境影响的评价时。

19.5.2　监测工作的布置应根据监测目的、场地条件、工程要求和水文地质条件确定。

19.5.3　地下水监测方法应符合下列规定：

1　地下水位的监测，可设置专门的地下水位观测孔，或利用水井、地下水天然露头进行；

2　孔隙水压力、地下水压力的监测，可采用孔隙水压力计、测压计进行；

3　用化学分析法监测水质时，采样次数每年不应少于 4 次。

19.5.4　地下水监测时间应满足下列要求：

1　动态监测时间不应少于一个水文年；

2　孔隙水压力变化可能影响工程安全时，应在孔隙水压力降至安全值后方可停止监测；

3　受地下水浮托力的工程，地下水压力监测应进行至工程荷载大于浮托力后方可停止监测。

19.5.5　地下水长期观测应符合下列规定：

1　观测孔宜按三角形布置，同一水文地质单元观测孔数不宜少于 3 个；

2 地下水位变化较大的地段或上层滞水或裂隙水赋存地段，均应布置观测孔；

3 在邻近地表水体的地段，应观测地下水与地表水的水力联系；

4 地下水受污染地段，应定期进行水质变化的观测；

5 采用基底地下水减压法抗浮工程，应在基底均匀布置水压力计，每个基底不应少于4处，监测应从基础顶板完成后开始，监测频率不应少于每6个月一次，监测期限不应小于设计正常使用期。

20 勘察项目信息化管理与应用

20.1 勘察项目管理信息系统

20.1.1 勘察企业宜建立勘察项目管理信息系统，系统宜建立基于互联网、移动通讯、云技术、智能化的勘察信息采集平台与大数据的勘察质量管理平台，确保勘探数据真实、可靠，实现勘察项目有效监管;勘察成果宜以勘察信息采集平台和勘察质量管理平台的数据为基础编制，实现成果资料数字化交付、审查及存档。

20.1.2 勘察项目管理信息系统应始终与现行标准保持一致。

20.1.3 勘察项目管理信息系统宜包括下列内容：

1 项目工程信息宜包括工程名称、建设单位、所在位置和工程概况；

2 项目管理信息宜包括勘察单位资质、项目负责人和主要技术人员；

3 勘察方案信息宜包括勘探点布置、勘察手段和方法、取样数量、原位测试数量及位置；

4 勘察外业信息宜包括现场勘察人员、设备、时间、位置和作业影像资料；

5 场地条件信息宜包括气象水文、地形地貌、地层结构、地质构造和水文地质；

6 室内试验信息宜包括室内岩、土、水试验原始数据和室内试验成果图表；

7 勘察内业信息宜包括报告文字、勘探点平面布置图、钻孔柱状图、地质剖面图、岩土物理力学性质参数表和原位测试成果图表；

8 其它勘察信息资料。

20.1.4 勘察项目管理信息系统宜具备下列功能：

1 不同用户访问级别设定和操作权限设定；

2 原始数据的上传、录入、整理和修改；

3 外部数据接口；

4 数据库；

5 资料共享、加密、自动排版及数字签名；

6 网络信息安全。

20.2 BIM 技术在勘察项目中的应用

20.2.1 勘察项目宜采用 BIM 技术进行数值模拟、空间分析和可视化表达，构建支持异构数据和多种采集方式的勘察项目信息数据库，实现勘察项目信息的有效传递和共享。

20.2.2 BIM 技术可与勘察项目管理信息系统结合，实现一体化应用。

20.2.3 BIM 技术可在一级及以上基坑工程和边坡工程、地下空间利用工程、堤岸和岸坡工程勘察项目中使用。

20.2.4 BIM 技术内容宜包括勘察信息数据库、三维地质模型和地层属性参数。

20.2.5 BIM 技术宜具备下列功能：

1 三维地层信息可视化、地层属性查询、平纵剖面生成、任意点柱状图查询、地层勘测指标的可视化展示、任意开挖剖切、任意地质体积量算；

2 通用的数据接口；

3 二次开发 API。

附录 A　湖南省地形地貌

A.0.1　湖南省区域地貌可按图 A.0.1 分区。

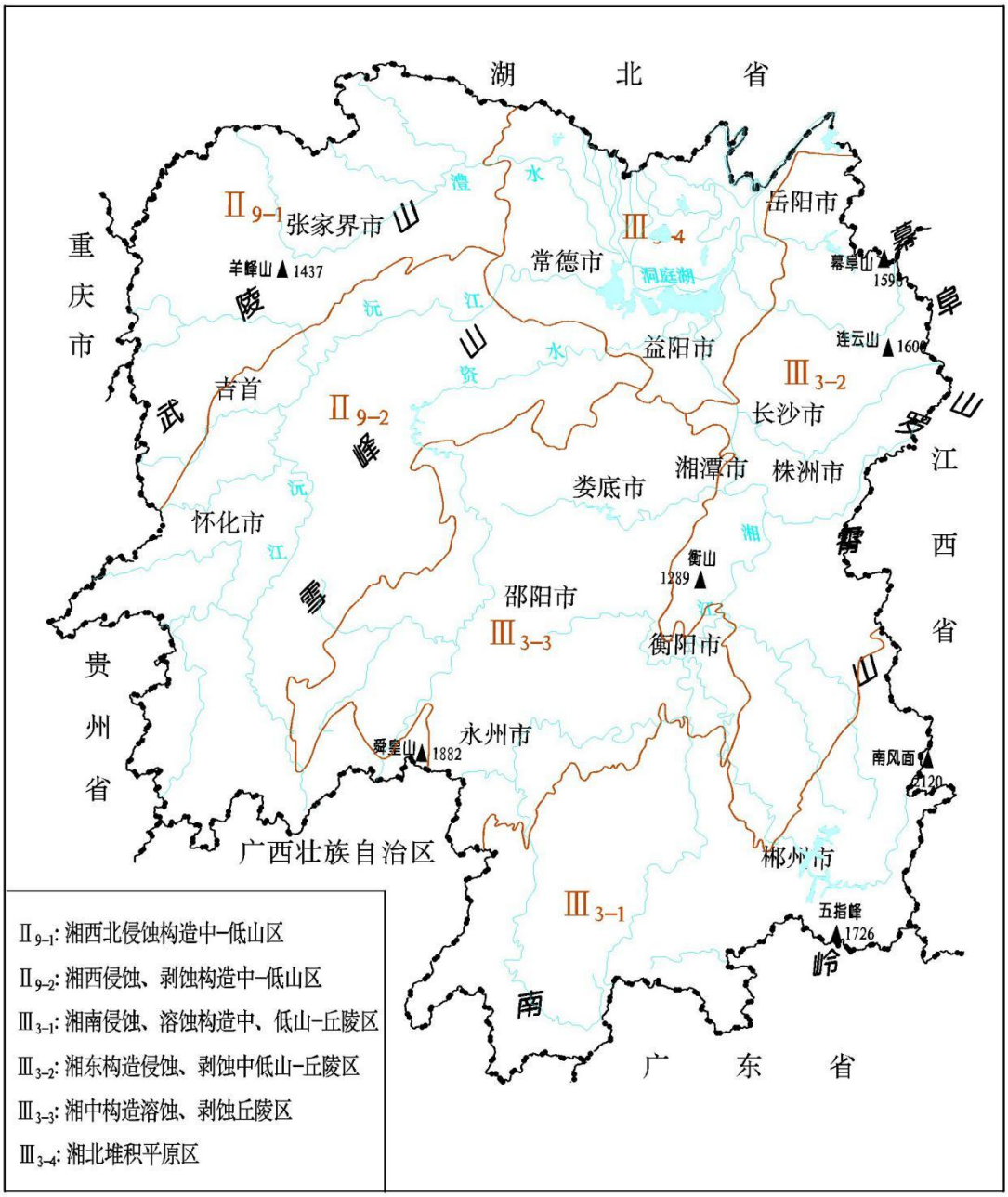


图 A.0.1　湖南省区域地貌分区

A.0.2 湖南省地貌单元可按表 A.0.2 分类。

表 A.0.2 湖南省地貌单元分类

类型	海拔标高(m)	比高(m)
中山	＞1000	＞500
中低山	700～1300	300～800
低山	500～900	300～800
高丘陵	＜500	100～300
低丘陵	＜200	＞50
岗地	＜150	20～50
平原	＜50	＜20

附录B　湖南省第四纪地层

B.0.1　洞庭湖盆地覆盖区第四纪地层可按表B.0.1划分。

表B.0.1　洞庭湖盆地覆盖区第四纪地层划分

成因类型				地层特征	分布区域
世		组			
全新世	晚全新世	赤沙组	静水湖泊沉积	褐色、褐黄色、深灰色黏土、粉砂质黏土、淤泥、淤泥质粉砂、黏土质粉砂	低平原区及现代河、湖沉积表层
	中全新世	团洲组		灰、灰黑、灰褐色黏土、粉砂质黏土、淤泥、黏土质粉砂、粉细砂，多具微层理，沉积韵律发育	主要分布于西洞庭湖区、大通湖、东洞庭湖广兴洲、南洞庭湖北部
	早全新世	沅江组		灰黑、灰绿色含粉砂黏土、粉砂质黏土、黏土质粉砂、细砂	分布于湖区中部的牛鼻滩、三仙湖、大通湖、东洞庭湖广兴洲一线
更新世	晚更新世	坡头组	湖积为主	上部为灰、灰白、灰黄色网纹状黏土，下部为黄色中砂、细砂、粉砂	分布于安乡—常德盆地的北部及东南部，万子湖—钱粮湖湖盆大部，君山—岳阳湖盆，各河流入湖口
	中更新世	洞庭湖组上段	冲积、湖积	上部为黏土、粉砂质黏土，下部为砂、砂质砾石	洞庭湖盆
		洞庭湖组中段	冲积为主	由黏土、粉砂质黏土与砂、粉砂、砂质砾石组成，一般可见1-2个韵律	洞庭湖湖盆及河口区
		洞庭湖组下段	冲积、冲湖积为主	灰、灰褐、灰白色黏土、砂质黏土、粉砂、砂及砂质砾石，组成下粗上细的正粒序韵律，多时可达3-4个组合	洞庭湖湖盆及河口区
	早更新世	汨罗组	冲积、冲湖积	东部：灰黄、灰白色花岗质砂、砂质砾石和黏土质砂、砂质黏土及黏土，构成多个向上变细的韵律结构层 西部：灰色砾石、砂质砾石、含砾砂夹细粒砂和黏土	洞庭湖盆地广大地区
		华田组上段	湖积、冲积	杂色黏土与砂质砾石组成的韵律构成，一般由一至两个韵律组成	主要分布于澧县、南县-汉寿沅江-湘阴、广兴洲、临澧5个湖盆中，除临澧和广兴洲湖盆为独立湖盆外，其他湖相互连通
		华田组下段	以湖积为主	总体以紫红色为主，杂有灰、灰白、灰黄的黏土及底部砂砾石层	主要分布于澧县、临澧、汉寿-目平湖、沅江-湘阴、广兴洲5个独立湖盆的中部

B.0.2 洞庭湖盆地露头区第四纪地层可按表 B.0.2 划分。

表 B.0.2 洞庭湖盆地露头区第四纪地层划分

成因类型				地层特征	分布区域
世		组			
全新世			冲积、冲洪积	主要由砂砾石及上部砂质黏土组成	平原区地表及周边丘岗地区的现代河流谷地
更新世	晚更新世	白水江组	湖相夹湖沼相沉积	灰黄、黄褐色砾黏二元结构层	湖盆边缘及现代河两侧阶地
	中更新世	马王堆组	冲积、湖积	上部为具网纹斑块的砂质黏土，多为浅黄棕色；下部为黄色砂质砾石	湖盆周边的低阶地地区
		白沙井组	冲积为主	上部为棕黄、棕红色网纹状黏土；下部为砂、砂质砾石，具二元结构	洞庭湖周边岗地区的Ⅲ级阶地
		新开铺组	冲积为主	上部为棕红色粗大网纹状黏土，下部为砂、砂质砾石	盆地周边的高阶地
	早更新世	汨罗组	冲积、冲湖积	上部为粉砂质黏土、高岭质黏土、棕红色网纹状黏土；中上部为浅灰白、灰白色砂质砾石、含砂砾层、砂与灰白、灰绿、灰黄色砂质黏土、粉砂质黏土、黏土呈往复式韵律结构；下部为粉砂、中细砂、砂质砾石	洞庭湖东部岳阳荣家湾至长沙铜官一带
		华田组上段	湖积、冲积	上部为杂色黏土，下部为棕黄色砂、砂质砾石，砂呈透镜状	常德黄土山
		华田组下段	湖积为主	黄、灰白色高岭质黏土，夹薄层砂、砂质砾石	常德黄土山

B.0.3　湘江流域第四纪地层可按表 B.0.3 划分。

表 B.0.3　湘江流域第四纪地层划分

成因类型				地层特征	分布区域
世		组			
全新世			冲洪积 (河流相沉积)	具二元结构，上部为灰色砂质黏土，砂土；下部为砾石。	沿着流域大小河谷两岸分布，堆积物构成高漫滩、低漫滩、心滩。除狭谷地带外，一般都有沉积。
更新世	晚更新世	白水江组	冲积、泥石流堆积、洞穴堆积	上部为漫滩相砂、砂质黏土堆积，多呈棕黄、黄褐或浅红色；下部为砾石；具二元结构。	沿河谷两岸断续分布，形成下狭窄阶地(一级阶地或内叠阶地)
	中更新世	马王堆组	冲积为主(滞流河床-边滩-堤岸沉积)，次为泥石流堆积、残坡积	上部为黄红色网纹状砂质黏土；下部为黄、褐色砾石层	沿湘江河谷断续分布，分布于二级阶地
		白沙井组	冲积为主(河床-边滩-堤岸沉积)，次为泥石流堆积、残坡积	上部为深棕红色砂质黏土；下部为砾石，具二元结构	分布于干流和支流三级阶地
		新开铺组	冲积为主(河床-砂滩沉积)，次为泥石流堆积、残坡积	黄色砂质砾石、砂及砂黏土互层，顶部为褐红色网纹红土及砾石	自下游至中上游断续分布，分布于四级阶地
	早更新世	洞井铺组	冲积为主，次为泥石流堆积、湖积	上部为深棕红色砂质黏土；下部为砾石	中下游地区零星分布

B.0.4　资水流域第四纪地层可按表 B.0.4 划分。

表 B.0.4　资水流域第四纪地层划分

<table>
<tr><th colspan="3">成因类型</th><th>地层特征</th><th>分布区域</th></tr>
<tr><th colspan="2">世</th><th>组</th><th></th><th></th></tr>
<tr><td colspan="2">全新世</td><td></td><td>冲积(河流相沉积)</td><td>具二元结构，上部为灰色砂质黏土，砂土；下部为砾石。</td><td>沿着流域大小河谷两岸分布，堆积物构成高漫滩、低漫滩、心滩。除狭谷地带外，一般都有沉积</td></tr>
<tr><td rowspan="4">更新世</td><td>晚更新世</td><td>白水江组</td><td>冲积（流沙沉积）、泥石流堆积、红土型残坡积</td><td>黄红色粉砂质黏土、砾石层，具二元结构</td><td>资江两岸断续分布，形成狭窄阶地</td></tr>
<tr><td rowspan="3">中更新世</td><td>马王堆组</td><td>冲积为主（滞流河床-堤岸沉积），次为红土型残坡积</td><td>上部为网纹红土；下部为砾石层，具二元结构</td><td>主要分布于邵阳、新化、桃江等地势较平坦的河段，地貌上构成河谷二级阶地</td></tr>
<tr><td>白沙井组</td><td>冲积为主（滞流河床-堤岸沉积），次为泥石流堆积、红土型残坡积</td><td>上部棕红色砂质黏土；下部为砾石</td><td>主要分布于资江上游平溪江、夫夷水等支谷地带，地貌上构成河谷三级阶地</td></tr>
<tr><td>新开铺组</td><td>冲积为主（滞流河床-堤岸沉积），次为泥石流堆积、红土型残坡积</td><td>网纹状砂质黏土，砾石</td><td>分布于河流中下游较为开阔的河段，地貌上构成河谷四级阶地</td></tr>
</table>

B.0.5 沅水流域第四纪地层可按表 B.0.5 划分。

表 B.0.5 沅水流域第四纪地层划分

<table>
<tr><th colspan="3">成因类型</th><th>地层特征</th><th>分布区域</th></tr>
<tr><td colspan="2">世</td><td>组</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">全新世</td><td></td><td>冲积</td><td>具二元结构，上部为灰、棕灰色砂质黏土、砂土；下部为砂质砾石或砾石，局部夹砂质透镜体</td><td>沿主、支流河谷展布的高漫滩、低漫滩、心滩均有沉积</td></tr>
<tr><td rowspan="5">更新世</td><td>晚更新世</td><td>白水江组</td><td>冲积（河相沉积）、泥石流堆积、红土型残坡积</td><td>具二元结构，上部为棕黄、灰黄色砂质黏土，下部为砾石</td><td>沿沅江河谷断续分布，主要堆积于河谷比较开阔地带</td></tr>
<tr><td rowspan="3">中更新世</td><td>马王堆组</td><td>以冲积为主（滞流河床-边滩-堤岸沉积），次为红土型残坡积</td><td>上部为砂质黏土；下部为砾石</td><td>沿沅江下游，往中、上游追索，都有所分布，但一般分布较零星、狭窄，地貌上构成二级阶地。</td></tr>
<tr><td>白沙井组</td><td>以冲积为主（河床-边滩-堤岸沉积），次为泥石流堆积、红土型残坡积</td><td>具二元结构，上部为红色网纹状砂质黏土；下部为砾石</td><td>主要分布于中下游，地貌上构成三级阶地</td></tr>
<tr><td>新开铺组</td><td>以冲积为主（河床-砂滩沉积），次为泥石流堆积、红土型残坡积</td><td>具二元结构，下部为砾石，上部为砂质黏土</td><td>主要分布于下游河谷两旁的丘岗，地貌上构成四级阶地</td></tr>
<tr><td>早更新世</td><td>洞井铺组</td><td>冲积、洞穴堆积</td><td>砾石</td><td>安洪盆地、沅麻盆地零星分布</td></tr>
</table>

B.0.6 澧水流域第四纪地层可按表 B.0.6 划分。

表 B.0.6 澧水流域第四纪地层划分

<table>
<tr><th colspan="4">成因类型</th><th>地层特征</th><th>分布区域</th></tr>
<tr><td colspan="2">世</td><td>组</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">全新世</td><td></td><td>冲积</td><td>具二元结构，分两段：上段有灰黑、灰褐色黏土质粉砂及砂质砾石；下段为灰棕色粉砂质黏土和砾石</td><td>除峡谷外，主支流均有分布，尤下游分布广，构成高漫滩、低漫滩</td></tr>
<tr><td rowspan="4">更新世</td><td>晚更新世</td><td>白水江组</td><td>冲积、泥石流堆积、红土型残坡积</td><td>上部黄红色砂质黏土；下部砾石</td><td>出露零星，沿河谷两岸断续分布，形成下狭窄阶地</td></tr>
<tr><td rowspan="3">中更新世</td><td>马王堆组</td><td>以冲积为主（滞流河床-堤岸沉积），次为洞穴堆积</td><td>具二元结构，上部黄红、浅棕红色网纹状砂质黏土，下部砾石层</td><td>分布零星，残存很少，主要分布于石门下游河段，地貌上构成二级阶地</td></tr>
<tr><td>白沙井组</td><td>以冲积为主（河床-堤岸沉积），次为泥石流堆积、洪积</td><td>具二元结构，上部为红色网纹状砂质黏土，下部为砾石层</td><td>分布零星，主要分布于石门县下列的中下游地带，地貌上构成三级阶地</td></tr>
<tr><td>新开铺组</td><td>以冲积为主（河床-堤岸沉积），次为泥石流堆积、洪积</td><td>具二元结构，上部网纹红土，下部砾石层</td><td>流域内分布颇广，张家界城区、慈利岩泊渡、石门石岗、临澧县九龙水库和澧县王家厂天子坟一带均有发育，地貌上构成四级阶地。</td></tr>
<tr><td>早更新世</td><td>洞井铺组</td><td>冲积、泥石流堆积、洪积</td><td>砾石</td><td>下游区零星分布</td></tr>
</table>

附录C　湖南省区域地质构造

C.0.1　湖南省境内已查明的深大断裂及特征见表C.0.1，其分布见图C.0.1。

表C.0.1　湖南省境内已查明的深大断裂及特征

编号	深大断裂名称	产状、规模及特征	断裂性质
F1	慈利—保靖断裂（江南断裂）	走向70°左右，倾向SE，断裂带宽7km左右，深达38km。属江南断裂带西段，为扬子板块与雪峰构造带的边界断裂。断裂带出现大量构造岩。张家界以西多见由白云质灰岩及硅质岩组成的碎裂岩、角砾岩和构造透镜体、杂色粗糜棱岩化、挤压片理岩；张家界以东常见由灰岩、泥灰岩组成的挤压带、构造透镜体(部分由角砾岩组成)、挤压片理、细糜棱岩化及磨光面，缓倾斜擦痕等。断裂西盘多出现派生低序次褶皱、断裂及帚状构造，如尹家溪帚状构造。片理、劈理也十分发育，断裂带及影响带宽近 300m。	逆冲断层
F2	辰溪—怀化断裂	总体呈向北西突出的弧形展布，倾向SE，倾角30～60°。沿怀化—辰溪—马底驿—桃花源一线延伸。由若干条平行但不连续的断裂组成断裂带组成沅麻盆地的东边界，主带内冷家溪群岩层已高度片理化，形成一系列剪切破裂之流劈理(155°∠58°)和透镜体组成基底拆离韧性剪切带(产状193°∠43°)。上盘冷家溪群岩层还形成牵引小褶皱以及轴面南倾的倒转褶皱乃至平卧褶皱，并发育片理化带或板劈理带，板劈理围绕眼球状构造透镜体及压扁拉长之砾石。	逆断层
F3	溆浦—靖州断裂	位于雪峰山西侧，为一切穿地壳并深达地幔的大断裂。南段溆浦—靖州一线呈NNE走向，北段溆浦—安化—益阳则呈NE—EW向弧形偏转，倾向南东。变形构造主要有褶皱、劈理及强劈理化带、次级断裂、挤压石香肠等。	逆断层
F4	通道—江口断裂	由多级叠瓦式逆冲断层组合而成，主要断裂从安化往南西有：鸡公坡—唐溪、高家溪—黑土坡、永镇桥，周家寨—石宝、桃子坳—古楼、丹口—广渴地、团头—全坪、中团、陇城等十余条。长40～200km，宽10～100m；断裂走向 NE25°～60°，呈向北西突出的弧形展布；断面部分倾向 SE，部分倾向 NW，倾角一般 52°～75°，北东段较缓，南西段较陡。具韧性—脆韧性变形特征，断裂带内岩石强片理化、糜棱岩化或发育典型的糜棱岩及 S-C 组构等。	逆断层
F5	城步—新化断裂	走向NE，倾向NW，深达地幔。为一表现为岩石圈低阻低速带的壳幔韧性剪切带。沿断裂走向岩石圈底界西高东低，落差达 97～140km。该剪切带在地幔层次向 NWW 陡倾，向上与壳幔边界滑脱层及中地壳韧性滑脱层相连，从而控制地壳层次的滑脱—冲断及相关的褶皱变形。目前资料表明该断裂很可能为扬子陆块与钦杭结合带的构造分界。该断裂中段的地表对应位置大致在竹市—南岳庙一带，地表 NE 向断裂发育，以倾向 NW 的逆冲断裂居主导。	逆断层
F6	公田—灰汤—新宁断裂	断裂走向20°～40°，一般倾向NW，倾角30°～45°，局部陡立或平缓。系一条规模巨大的复式断裂带，总体走向30°，斜贯湖南中部，北东端入鄂消失于崇阳背斜中，南西端入桂与资源断裂相接，省内长 500km。整个断裂带由若干条次级断裂组成，但单条断裂规模不大，呈舒缓波状断续伸展。循断裂带出现一系列不规则的白垩纪断陷盆地，如湘阴凹陷、娄	逆断层

		底盆地、邵阳盆地、新宁盆地等，为湘阴凹陷、新宁盆地东侧的主控盆正断裂。断裂所切错的地层皆呈现强烈的挤压、揉皱、强硅化破碎、角砾岩或由角砾岩组成的透镜体、糜棱岩化等，常有石英脉充填及矿化现象。切错岩体者，出现花岗片麻岩并显片麻状构造，花岗糜棱岩等。破碎带及影响带宽 100～500m，局部更大，如加里东期越城岭岩体西侧与断裂间出现片麻状糜棱岩化花岗岩带、片麻状碎裂花岗岩，宽 4～12km，走向 20°～30°。沿断裂带中小地震活动较频繁，如 1513 年宁乡 4 级地震及其附近的弱震群，1936 年娄底 5 级地震。断裂带见多处温泉出露，如宁乡灰汤温泉，水温达 97.2℃。	
F7	连云山—衡阳—零陵断裂	北东端延入赣西北与大桥盆地东缘断裂相接，至修水等地仍有其形迹可循，朝南西向桂北伸展与都庞岭西缘沙田毛竹山压扭性断裂带相接，全长大于 680km，省内 460km。为长平盆地和潭衡盆地东缘主控盆正断裂；断裂带由数条主干断裂及次一级断裂组成破碎带，北东段自鸡笼街往长寿街逐渐增强，尤以长寿街断裂突出。沿走向呈波状弯曲。循断裂走向挤压破碎、揉褶扭曲强烈、地层紊乱，构造透镜体、片理化、硅化十分明显。断裂使连云山岩体缺失了外蚀变带，岩体常见硅化破碎带或糜棱岩化带，反映发生过深度较大的韧性剪切。长寿街至株洲一段地表断裂面多倾向 NW，倾角一般 43°～60°，局部倾向 SE，倾角大于 50°；继述桥至福田铺一段地表断裂面多倾向 SE。断裂切割连云山岩体和南岳岩体，连云山岩体西侧外接触带与断裂带之间出现宽 2～5km 的片岩化和混合岩化带；南岳岩体西南侧从西往东主要所见条纹(斑)状混合岩、眼球状—条带状混合岩、眼球状混合岩等，皆属花岗质，全部长石斑晶显碎裂状、眼球状，裂隙、片麻理近于平行并发育拉伸线理等。	具长期活动特点，由左行错移—右行错移—挤压
F8	川口—双牌断裂	其存在主要通过地球物理暨岩石圈结构和南华纪—寒武纪期间的控盆活动所体现，地球物理探测表明湘中南存在一个总体呈 NE 走向的岩石圈增厚带(饶家荣等，1993)，该增厚带的北西和南东两侧边界为陡倾的岩石圈低阻带；川口—双牌板块边界明显控制了两侧加里东期和晚三叠世—早侏罗世构造线走向变化；川口—双牌汇聚带明显控制了南华纪—寒武纪的沉积作用，两侧岩性特征迥异。走向 NE，为扬子陆块（Ⅳ—4）与华夏陆块（Ⅳ—5）分界线。	逆断层
F9	茶陵—郴州断裂	总体走向约 NE30°，为倾向 SEE 的基底断裂带，从资兴到临武段倾角约 65°；断裂带北段被茶永盆地叠加覆盖，南段郴州—临武一带主要由多条 NNE 向次级逆冲断裂所显示。受该断裂深部活动与构造样式控制，于东侧千里山—炎陵一带形成走向与地表断裂带一致的 NNE 向莫霍面陡变带。该断裂为一航磁 ΔT 化极异常梯度带，断裂两侧地球物理特征迥然不同。	印支期为逆断层，燕山期转化为伸展断层
F10	桂东—汝城断裂	总体约 NE30°方向延伸，略具波状弯曲。其构成沙田—汝城侏罗纪狭长盆地沉积的西边界。断裂面产状为 290°～315°∠42°～55°。沿断裂见有宽约 10～16m 的破碎带，带内发育构造角砾岩和构造透镜体。破碎带内破劈理及次级滑动擦痕面较为发育，特别是挤压揉皱现象明显。沿断裂带及旁侧围岩中发育糜棱岩化、硅化、方解石化、片理化。北东段航片上表现为线性山脊，并有断层泉相伴生。断裂北西盘中上泥盆统向南东推覆于	逆断层

		中侏罗统之上，具明显的压性特征。断裂带上出露高温温泉。该断裂切割岩石圈地幔，深部岩浆沿断裂上侵形成汝城盆地内侏罗纪玄武岩。	
F11	常德—安仁断裂	是一条长期活动的隐伏断裂，走向约 320°，倾向 NE，倾角 54°；往北、往南分别延伸至秦岭和汕头，全长达 1000km，为一倾向 NE、深达上地幔的巨型线性低密度构造弱化带。沿断裂出现一系列密集的重力梯级带。断裂位于白垩纪衡阳盆地的北东边界，表明其控制了该盆地的发育；白垩纪攸县盆地向南西止于该断裂，反映控制攸县盆地发育的 NNE 向盆缘断裂受到 NW 向断裂的限制。	左行走滑断层
F12	郴州—邵阳断裂	走向 320° 左右，倾向 NE，倾角 50～80°，断裂带长 220km，宽 10-20km。断裂带在布格重力异常图上呈 NW—NNW 向椭圆形重力负异常；区域磁异常图上表现为 NW 向串珠状异常，强度 0～60nT(饶家荣等，1993)；形态狭长的大义山岩体(主体于中侏罗世侵位)沿断裂线展布，明确反映出深部 NW 向断裂对岩浆活动的控制。	走滑断层
F13	东安—九嶷山断裂	走向 315° 左右，倾向 NE，倾角 55～70°；长约 200km。	左行走滑断层

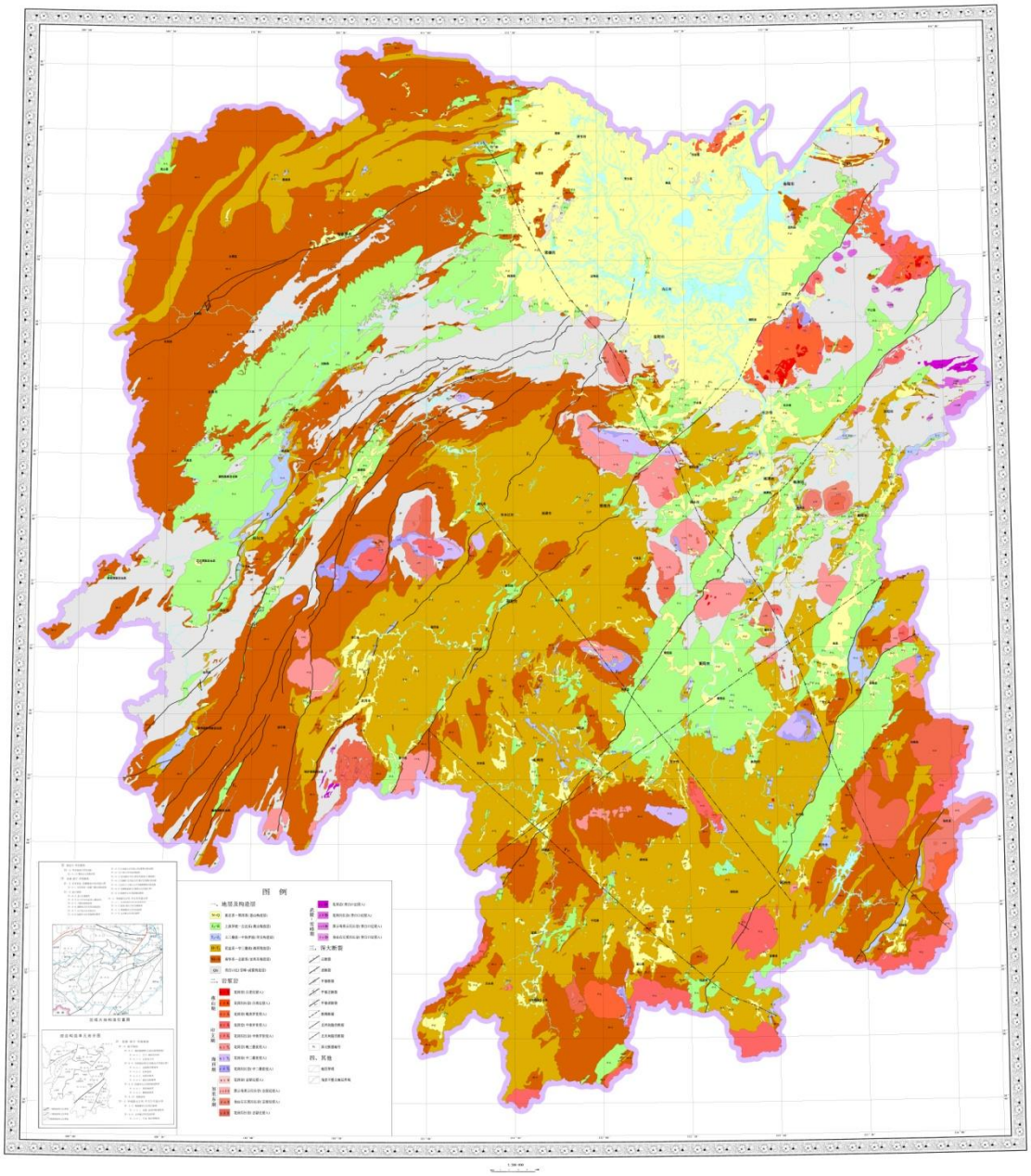


图 C.0.1　湖南省境内已查明的深大断裂分布

注：F1 慈利—保靖断裂（江南断裂）；F2 辰溪—怀化断裂；F3 溆浦—靖州断裂；F4 通道—江口断裂；F5 城步—新化断裂；F6 公田—灰汤—新宁断裂；F7 连云山—衡阳—零陵断裂；F8 川口—双牌断裂；F9 茶陵—郴州断裂；F10 桂东—汝城断裂；F11 常德—安仁断裂；F12 郴州—邵阳断裂；F13 东安—九嶷山断裂。

C.0.2 湖南省已查明的活动断裂及特征见表C.0.2，其分布可见图C.0.2。

表C.0.2 湖南省已查明的活动断裂特征

编号	活动断裂名称	产状、规模及活动特征	断层性质
F1	慈利－张家界－保靖断裂带	走向NE50～70°，省内长度400km，延深100km，断面倾向南东，倾角一般70°～80°，断裂带宽7km左右，为切穿地壳的一级断裂带，断距1000m以上。 断裂带中南段有明显的呈带状的汞地球化学异常，同时伴有串珠状的砷、锶等异常，反映了此断层新生代以来仍有活动；在遥感图像上，该断裂带影像特征清楚，地貌上多形成负地形如冲沟及山鞍等；沿断裂带分布有多处温泉，尤其是此断裂与北西断裂交汇部位，集中了本区主要的中温热泉，泉水温度一般40℃以上；据不完全统计，自1604年以来，发生地震约10余次，最大震级达6.1级（1915年发生于永顺县）。	燕山期显压扭性，为逆断层。
F2	沅陵－麻阳断裂	属麻阳—澧县深大断裂一部分，呈北东展布，走向30°～45°，断面倾向北西，倾角63°。 沿断裂带零星分布有低温热泉，温度37.4℃；发震次数较少，但强度较大，据不完全统计，1528年至今共发生3.5～4.5级地震7次，集中分布于泸溪县。	左行走滑正断层
F3	新晃－怀化断裂	走向NE70°～75°，省内长100km，断面倾向南东，局部北西，倾角大于60°，断裂带及影响带宽5-10km，由7条断裂带组成，一般长30km，首尾错接。构造岩发育，挤压强烈，不同地段可显示左行或右行的不同运动特征。 沿断裂带，地震活动平缓，维持小震、弱震格局，震级一般1.0～2.5级。	具长期、多次运动特征，其运动学特征及动力机制尚不明确。
F4	溆浦－靖州断裂	南段溆浦—靖州一线呈NNE走向，北段溆浦—安化—益阳则呈NE—EW向弧形偏转，全长300km，倾向南东，为一切穿地壳并深达地幔的大断裂。 该断裂与麻阳断裂控制了雪峰隆起的产生、发展和演化历史，同时也控制了溆浦断陷盆地和安江断陷盆地的生成，为现代地貌的形成奠定了基础。据历史地震记载，沿断裂带分布约8次弱震，震级1.0～2.5级。	多期活动，现主要表现为倾向南东的逆断层，局部为正断层或兼具走滑运动。
F5	通道—安化断裂	断裂带自桃江岩体北，经安化到通道，走向25°～60°，地表由多条断裂成群展布，一般40～100km，最长200km。断裂带省境总长约400Km，破碎带宽10～30m，断面部分倾向NW，倾角一般52°～75°。 断裂带北东端地震活动频繁，3.5级以上地震记录有6次，震级最大4.5级（1845曾发生于绥宁）。	总体为向北西逆冲的断层。
F6	溆浦—五团断裂	北东端截切通道—安化断裂，向南途经黄茅园、五团，走向NNE5°～15°，省内长200km，倾向北西，倾角55°～85°，断裂带宽3～4km，为压扭性断层。 沿断裂带分布有2处温泉，温度32.3～34.1℃，分别位于绥宁县金屋塘镇及瓦屋塘镇；地震活动主要分布于与通道—安化北东向断裂交汇部，据历史地震记载，共发生4次3.5级地震。	逆断层
F7	城步－新化断裂	北起桃江，往南东经锡矿山、城步，南延至广西融江，在湖南段长约340km，中段地表由一系列倾向NW向的逆冲断裂组成,倾角60°～80°。该断裂为岩石圈断裂，沿断裂走向岩石圈底界西高东低，落差达97～140km。	逆断层

		断裂带附近曾发生 20 余次 1.0～3.5 级地震，最大震级 5.5 级，1710 年发生于冷水江市高坪；此外城步一带，历史记录有 6 次 3.5 级地震。	
F8	公田－灰汤－新宁断裂	南由广西省入境，中经新宁东南部及邵东、娄底至公田附近后进入湖北，走向 NE20°～40°，省内长度 500km，断裂带向东南深部延伸，产状平缓，倾角 10°～50°，局部陡立或平缓，推测断裂延深 35km。 沿断裂带上分布有公田、灰汤温泉，泉水出自燕山期、印支期花岗岩构造破碎带中，泉水温度 25.3℃、91℃；据地震资料，断裂带附近曾发生 24 次 3～5 级地震，近几十年来，汨罗、涟源一带小震活动频繁。	逆断层
F9	湘乡－双峰断裂	走向 45°～55°，倾向北北西，倾角 40°，长度超过 60km。 断裂南西段与公田－灰汤－新宁断裂复合部位，地震频繁，但强度不大，以弱震群较为集中，震级 1.0～2.5 级。	正断层
F10	连云山－衡阳－零陵断裂	南由广西省入境，中经永州都庞岭、衡阳、平江连云山，北东进江西省境内。断裂省内长度 460km，走向 40°，长寿街至株洲一段，断层面倾向 NW，倾角 43°～60°，局部倾向 SE，倾角大于 50°，继述桥至福田铺一段地表断裂面多倾向 SE。推断延深 35km，为一级断裂带。断裂明显控制了长平盆地和潭衡盆地的发育，为其东源主控盆正断层。 沿此断裂分布有平江黄龙庙、浏阳大光洞、衡南泉湖温泉，泉水温度 26-36℃；沿断裂带地震活动较为频繁，震级一般 1.0～2.5 级，而与北西向望城-株洲活动断裂交汇部位，震级较大，发震次数多，3.5 级以上地震共记录有 10 次，震级最大的 4.0 级。	具长期活动特点，燕山运动早期，断层左行错移，伴有 NNE 和 NNW 向共轭剪切；燕山晚期转为右行错移；喜山期转为挤压性质的逆断层。
F11	宁远－江华断裂	走向北东—近南北向，总体上为一向西突出的弧形，全长 140km，向北止于连云山－衡阳－零陵深大断裂，断面倾向北西，倾角 50°～70°，局部陡立，或倾向南东，西盘强烈向东逆冲，白垩系红层沿断裂带两侧呈串珠分布，破碎带 20～40m，最大断距 2000m。 与北西向基底隐伏断裂道县-连县断裂交汇部位，地震频繁，且强度高，据历史地震记录，3.5 级以上地震共发生 5 次，最高 5.0 级（1782 年、1599 年分别发生于道县、江华）。	逆断层
F12	醴陵－衡东断裂	走向 NE20°～30°，南至吴集岩体，全长约 75km，沿断裂带，出露有长约 5km 的硅化角砾岩，断层面倾向 NE，倾角 50°～70°。 沿断裂分布有 2 处地温热泉，水温分别为 29.2℃、32℃；据历史地震记录，3.5 级以上地震共记录共 5 次，最高震级 4.0 级，震中位于北东向醴陵－衡东断裂和北西向望城-株洲断裂交汇部位。	逆断层
F13	茶陵－郴州断裂	北起茶陵，途经郴州至临武，总体走向 NE30°，省内长度 270km，倾向 SE，倾角约 65°。推断延深 35km，为一级断裂带。 该断裂带控制了蓝山-炎陵岩浆岩带，其与北西向邵阳-郴州断裂带交汇部位地下热泉密集分布，水温 26-48℃；近年来地震活动频繁，与北西向邵阳-郴州、九嶷山—东安断裂带交汇部位记录有 8 次 3.5 级以上地震，最高震级 4.1 级，2016 年发生于郴州市。	印支期为逆断层，燕山期转化为伸展断层。
F14	浣溪－汾市断裂	总体走向约 NE30°，沿走向呈弧形波状弯曲，全长约 210km，断面倾向沿走向具摆动，郴县至骑田岭岩体一段主要倾向北西，倾角 65°～70°，北西盘向南东盘左旋逆冲，骑田岭岩体往南断裂面呈舒缓波状，倾向南东，倾角约 85°。 该断裂为茶永盆地东侧控盆构造，其与北西向邵阳-郴州断裂带交汇部位分布有 3 处地下热泉；地震活动主要分布于与北西向邵阳-郴州断裂交汇部位，震级一般小于 3.5 级。	逆断层
F15	炎陵－瑶岗仙断	地球物理资料显示两端布格重力异常梯级带非常明显，中部从重力异常	逆断层

	裂	突变处通过。重力梯级带及突变处明显，航磁局部异常呈串珠状排列。推测为隐伏断裂，断裂长度 160km，断层面走向 30°，倾向 120°，推测断裂延深 25km，为北东向二级断裂。 南端宜章县分布有 5 处温泉，水温 32-44℃，中段郴州资兴市州门司镇彭公庙半隐伏岩体边界部位出露有温泉，水温 46-51℃；据历史地震记载，沿断裂带共发生 3.5 级以上地震 4 次，最大震级 4.8 级，1640 年发生于宜章。	
F16	桂东－汝城断裂	北起桂东，中经汝城，南交东西向构造带上，断裂长度 110km，断层面走向 30°，倾向 120°，推测断裂延深 25km，为一条北东向半隐伏二级断裂。 沿断裂带有 3 处温泉出露，水温 25-54℃；根据历史地震记录，断裂带南端汝城延寿乡 1992 曾发生 4.2 级地震。	逆断层
F17	望城-株洲断裂	断裂长度 115km，断层面走向 320°，倾向 50°，推测断裂延深 25km，为北西向隐伏二级断裂。 长沙、株洲地区温泉（热水井）主要沿此断裂带两侧分布，水温 25-36℃；与北东向连云山－衡阳－零陵断裂交汇部位发震次数多，震级较大，3.5 级以上地震共记录有 10 次，震级最大 4.0 级。	正断层
F18	常德—安仁断裂	长期活动的隐伏断裂，走向 320°，全长 1000km，省内长度 525km，断层面倾向 NE，倾角 54°，推断断裂延深 100km，切割较深，为一级断裂，该断裂在地表的形迹并不明显。 此断裂带与我省高温热泉关系密切，南东段汝城热水圩热泉一般温度 88℃，最高 98℃，中段宁乡灰汤热泉一般水温 85-92℃，北西段慈利—保靖深断裂带的交汇处，是全省温热水（40-60℃）温泉最集中的地区之一；湘潭以北，与北东向断裂交汇处地震频繁，强度大，一般多在 3～5.9 级，最高 6.8 级，1631 年发生于常德市。	左行走滑断层
F19	邵阳－郴州断裂	走向 320°左右，倾向 NE，倾角 50～80°，断裂带长 220km，宽 10-20km。 与北东向茶陵－郴州断裂带交汇部位地下热泉密集分布，水温 26-48℃；沿断裂带，3.5 级以上地震记录共有 9 次，最高震级 4.1 级，2016 发生于郴州。	走滑断层
F20	东安—九嶷山断裂	走向 315°左右，倾向 NE，倾角 55～70°；长约 200km。 3.5 级以上地震共发生 6 次，其中 5 次发生于与北东向茶陵－郴州断裂带交汇处，最大震级 4.5 级，1449 年发生于临武。	左行走滑断层
F21	道县-连县断裂带	断层走向 320°，长度 110km，倾向 NE50°，推测断裂延深 25km，为隐伏二级断裂。 沿断裂带有 2 处温泉出露，水温 25-39℃；与北东向宁远－江华断裂带交汇部位，地震频繁，且强度高，据历史地震记录，3.5 级以上地震共发生 5 次，最高 5.0 级，1782 年、1599 年分别发生于道县、江华。	逆断层
F22	雷公庙断裂	位于临澧凹陷西侧，走向近南北，断面近直立，具左旋走滑性质，长约 40km。据钻控资料显示，断裂两侧第四纪沉积厚度与底板高程突变。该断裂带北段历史上曾发生过多次强度 1～2.4 级的地震，偶见大于 4 级的地震。	正断层
F23	渐水断裂	位于临澧凹陷东侧，走向近南北，断面近直立，具左旋走滑性质，长约 41km。与雷公庙断裂组成临澧凹陷控凹断裂，陷带表现出宽度窄、深度大的特征，据钻控资料显示，断裂两侧第四纪沉积厚度与底板高程突变。 该断裂带北段历史上曾发生过多次强度 1～2.4 级的地震。	正断层
F24	大龙站断裂	发育于太阳山隆起内，沿大龙站谷地呈 NNE 走向，全长约 36km。	逆冲断层

		断裂带中部地段历史上曾发生过我省强度最大的地震（1631 年 8 月 12 日的 $6^{3}/_{4}$ 级常德地震）。	
F25	周家店断裂	位于太阳山隆起东缘，走向 NNE，倾向 SEE，全长 80 余 km；第四纪期间为一倾向东的正断裂，断裂西侧上升，东侧下降，地貌反差强烈，南段大部西侧为太阳山山地，东侧为湖冲积平原。 据历史地震记录，3.5 级以上地震共发生 5 次，最大震级 5.0 级。	逆冲断层
F26	南县—汉寿断裂	走向 NNE，倾向 NWW，全长 80 余 km。 该断裂带中部偏北地段，断裂西侧历史上曾发生过强度较大的地震，3.5 级以上地震记录共有 5 次，最高震级 4.8 级，1785 年发生于南县武圣宫。	正断层
F27	岳阳-湘阴断裂	走向 NNE，省境内长度 120 余 km，往北延至湖北洪湖。据钻孔及物探资料显示，断裂两侧第四纪沉积厚度与底板高程突变。 该断裂带中部偏北地段历史上曾发生过多次强度较大的地震，3.5 级以上地震记录共有 7 次，最大震级 5.8 级，1556 年发生于岳阳市。	正断层
F28	南县—黄头山断裂	走向 NW，倾向 SW，全长大于 120km，断层 NW 端延伸进入江汉盆地。断裂两侧第四纪沉积厚度与底板高程突变，断裂西侧第四纪地层底板较断裂东侧(江汉盆地)低 70m 左右。 沿断裂带，地震活动平缓，维持小震、弱震格局，震级一般 1.0～2.5 级。	正断层
F29	常德—益阳断裂	走向 NW，倾向北西，为洞庭湖盆控盆构造，省境内长度 100 余 km。被三条 NE 或 NNE 向断裂错断为四段。 该断裂为湖相沉积与河流相沉积，湖区地貌与河谷地貌的天然分界线。断裂北侧是星罗棋布、四通八达的湖泊、水洼，断裂南侧都是狭窄、流长的溪谷细流。 该断裂带地震频发，震级一般 1～2.4 级，偶见大于 4 级的地震。	正断层
F30	澧县断裂	走向 EW，倾向 N，为继承江南基底断裂带活动的产物，为太阳山隆起与澧县凹陷之间的边界。断裂两侧第四纪沉积厚度与底板高程突变，北侧第四纪地层底板较南侧低近 100m，且北侧各时代地层发育较齐全， 而南侧仅发育全新世地层。 该断裂带上历史上曾发生过多次强度 1～3.9 级的地震。	正断层

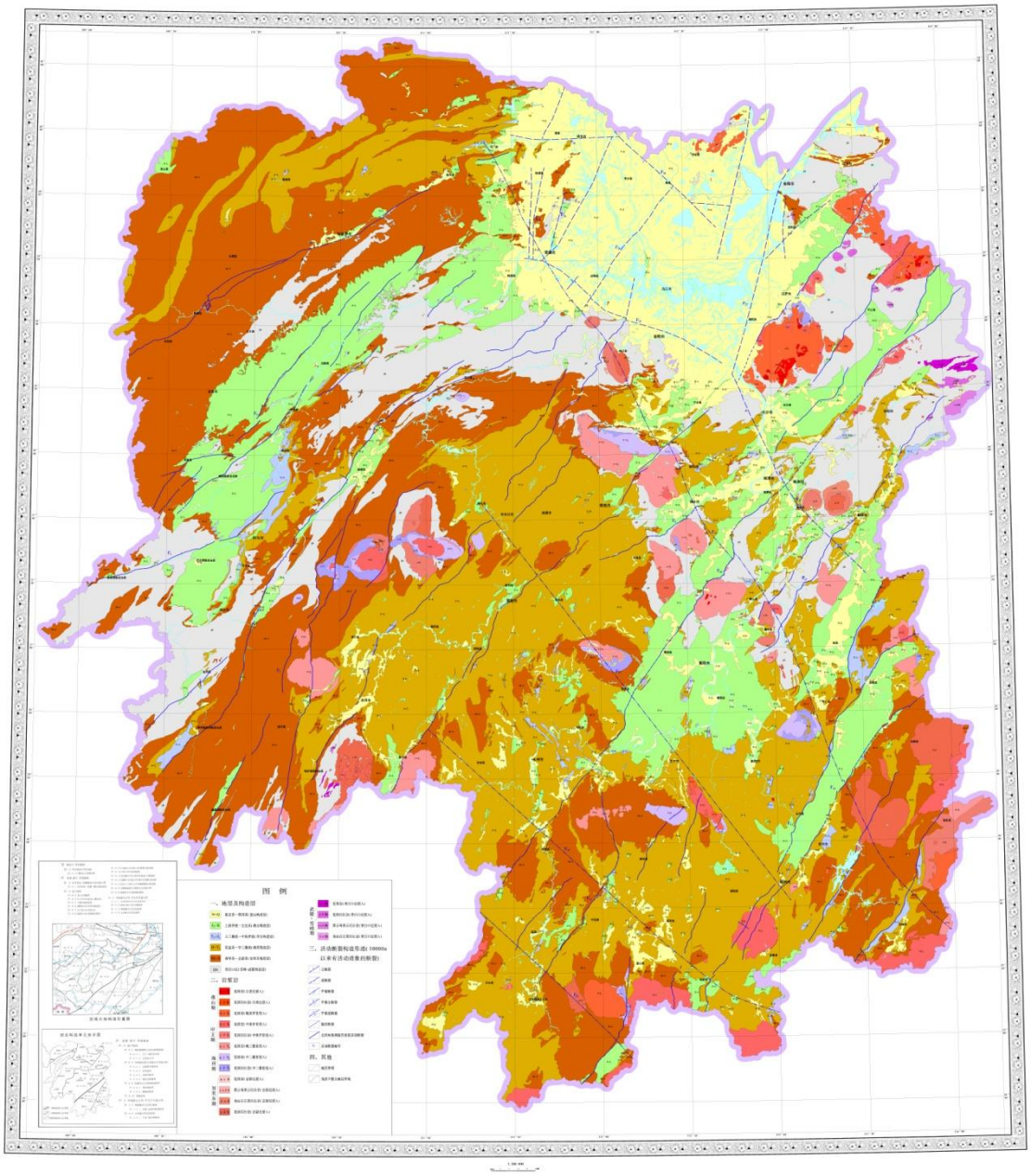


图 C.0.2　湖南省已查明的活动断裂分布

注：F1 慈利－张家界－保靖断裂带； F2 沅陵－麻阳断裂； F3 新晃－怀化断裂； F4 溆浦－靖州断裂； F5 通道—安化断裂； F6 溆浦—五团断裂； F7 城步－新化断裂； F8 公田－灰汤－新宁断裂； F9 湘乡－双峰断裂； F10 连云山－衡阳－零陵断裂； F11 宁远－江华断裂； F12 醴陵－衡东断裂； F13 茶陵－郴州断裂； F14 浣溪－汾市断裂； F15 炎陵－瑶岗仙断裂； F16 桂东－汝城断裂； F17 望城-株洲断裂； F18 常德—安仁断裂； F19 邵阳－郴州断裂带， F20 东安—九嶷山断裂；F21 道县-连县断裂带； F22 雷公庙断裂； F23 渐水断裂；F24 大龙站断裂，F25 周家店断裂；F26 南县—汉寿断裂； F27 岳阳-湘阴断裂； F28 南县—黄头山断裂； F29 常德—益阳断裂； F30 澧县断裂。

附录D　岩土分类和鉴定

D.0.1　土根据有机质含量可按表D.0.1分类。

表D.0.1　土按有机质含量分类

分类名称	有机质含量 W_u（%）	现场鉴别特征	说明
无机土	W_u＜5%		
有机质土	5%≤W_u≤10%	深灰色，有光泽，味臭，除腐殖质外尚含少量未完全分解的动植物体，浸水后水面出现气泡，干燥后体积收缩	1 现场能鉴别时可不做有机质含量测定； 2 当 $w>w_L$，1.0≤e＜1.5时为淤泥质土 3 当 $w>w_L$，e≥1.5时为淤泥
泥炭质土	10%＜W_u≤60%	深灰或黑色，有腥臭味，能看到未完全分解的植物结构，浸水体胀，易崩解，有植物残渣浮于水中，干缩现象明显	可根据地区特点和需要按 W_u 细分为： 弱泥炭质土（10%＜W_u≤25%） 中泥炭质土（25%＜W_u≤40%） 强泥炭质土（40%＜W_u≤60%）
泥炭	W_u＞60%	除有泥炭质土特征外，结构松散，土质很轻，暗无光泽，干缩现象极为明显	

附录 E　圆锥动力触探和标准贯入试验锤击数修正

E.0.1　当采用重型圆锥动力触探确定碎石土密实度时锤击数 $N_{63.5}$ 应按下式修正：

$$N_{63.5}=\alpha_1 \cdot N'_{63.5} \qquad (E.0.1)$$

式中　$N_{63.5}$——修正后的重型圆锥动力触探锤击数；

α_1——修正系数，按表 E.0.1 取值；

$N'_{63.5}$——实测重型圆锥动力触探锤击数。

表 E.0.1　重型圆锥动力触探锤击数修正系数

L（m） \ $N'_{63.5}$	5	10	15	20	25	30	35	40	≥50
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
4	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84
6	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.75
8	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.67
10	0.88	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.61
12	0.85	0.79	0.75	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.55
14	0.82	0.76	0.71	0.66	0.62	0.58	0.56	0.53	0.50
16	0.79	0.73	0.67	0.62	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45
18	0.77	0.70	0.63	0.57	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40
20	0.75	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.39	0.36

注：表中 L 为杆长。

E.0.2　当采用超重型圆锥动力触探确定碎石土密实度时，锤击数 N_{120} 应按下式修正：

$$N_{120}=\alpha_2 \cdot N'_{120} \qquad (E.0.2)$$

式中　N_{120}——修正后的超重型圆锥动力触探锤击数；

α_2——修正系数，按表 E.0.2 取值；

N'_{120}——实测超重型圆锥动力触探锤击数。

表 E.0.2 超重型圆锥动力触探锤击数修正系数

L（m） \ N'_{120}	1	3	5	7	9	10	15	20	25	30	35	40
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

2	0.96	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88
3	0.94	0.88	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81
5	0.92	0.82	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72
7	0.90	0.78	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.68	0.67	0.66
9	0.88	0.75	0.72	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.64	0.63	0.62	0.62
11	0.87	0.73	0.69	0.67	0.66	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58
13	0.86	0.71	0.67	0.65	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55
15	0.86	0.69	0.65	0.63	0.62	0.61	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53
17	0.85	0.68	0.63	0.61	0.60	0.60	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52	0.50
19	0.84	0.66	0.62	0.60	0.58	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.48

注：表中 L 为杆长

E.0.3 当采用标准贯入试验确定地基承载力时，锤击数 N 宜按下式修正：

$$N = \alpha_3 \cdot N' \tag{E.0.3}$$

式中 N ——修正后的标准贯入试验试验锤击数；

α_3——修正系数，按表 E.0.3 取值；

N' ——实测标准贯入试验试验锤击数。

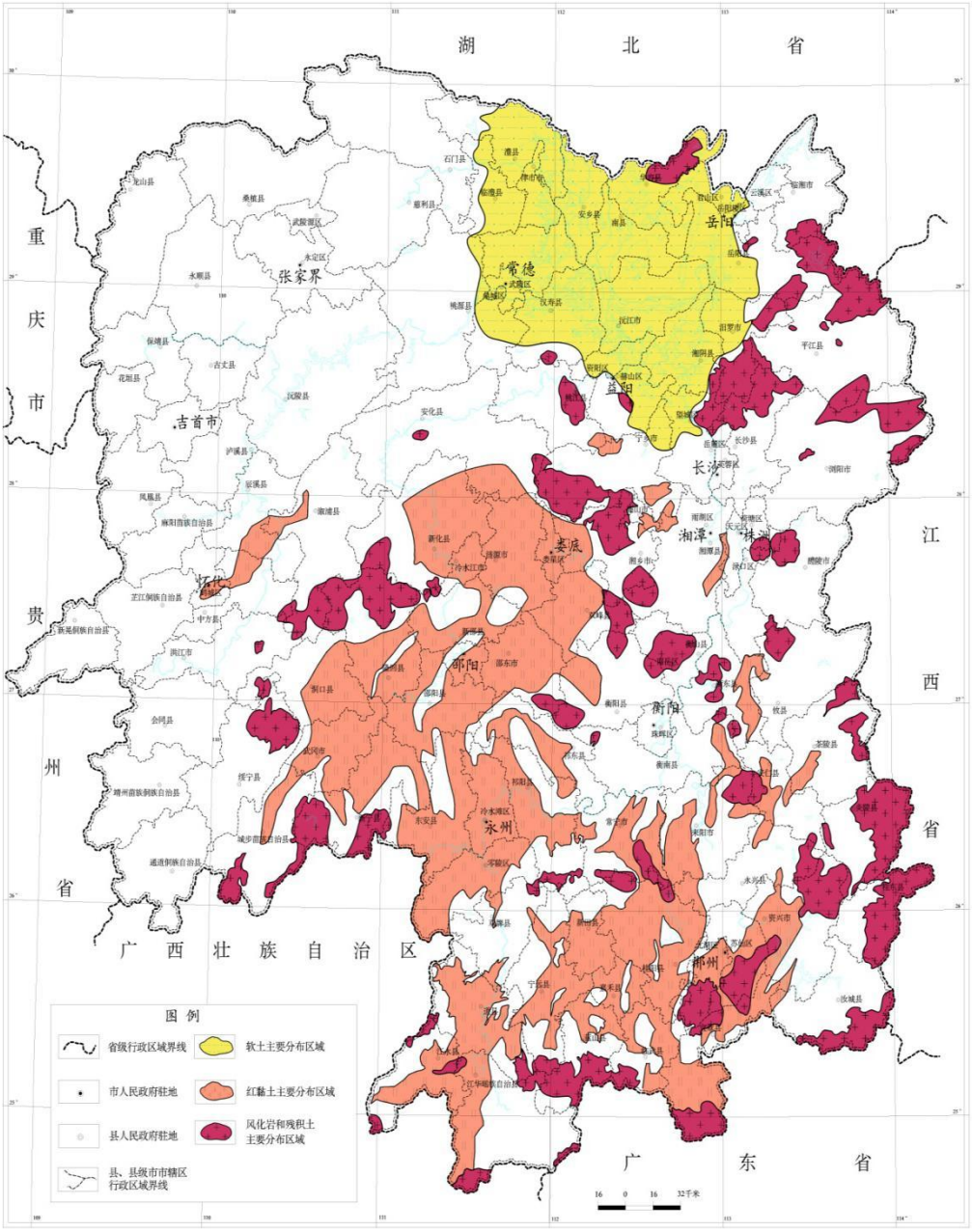
表 E.0.3 标准贯入试验锤击数修正系数

L（m）	≤3	6	9	12	15	18	21	25	30	40	50	75
α_3	1.00	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70	0.68	0.65	0.60	0.55	0.50

注：表中 L 为杆长。

附录F　湖南省特殊性岩土分布图

F.0.1　湖南省软土、红黏土和花岗岩的风化岩与残积土分布可按图F.0.1划分。



图F.0.1　湖南省软土、红黏土和花岗岩的风化岩与残积土分布

附录 G 钻探野外记录表

G.0.1 钻探野外记录可按表 G.0.1 采用。

表 G.0.1 钻探野外记录

工程名称： 孔口高程： m(初测) 地下水位： m(初见) 钻探日期： 年 月 日

钻孔编号： 孔口高程： m(复测) 地下水位： m(静止) 共 页 第 页

时间		工 作 内 容	机上余尺	钻 进			取 芯			岩土名称	岩芯描述、钻探情况描述、取样与原位测试记录等
自	至			自	至	进尺	回次	长度	数量		

钻探班长： 描述员： 项目负责人：

附录H　物探方法及适应范围

H.0.1　物探方法及适应范围可按表H.0.1执行。

表H.0.1　物探方法及适应范围

<table>
<tr><th colspan="3">物探方法</th><th>利用参数</th><th>基本原理</th><th>适应范围</th><th>适用条件</th></tr>
<tr><td rowspan="12">电法勘探</td><td rowspan="6">直流电法</td><td>电测深法</td><td rowspan="3">电阻率</td><td rowspan="12">以地下岩土体的电阻率、电磁场、极化率及介电常数等物理场为基础，借助物探仪器测量上述物理场在天然政人工场中，空间与时间的变化规律,结合已知地质资料通过分析和研究，推测出地下一定深度范围内，地质体的分布特征和水文地质条件</td><td rowspan="12">1.探测覆盖层、古河床、古墓，寻找砂砾建材；
2.探测隐伏地质构造，如不同岩性陡立接触带、岩脉、断层带；
3.探测滑坡体的滑动面；
4.探测岩溶、地下暗河、人为无底洞；
5.在第四系中和基岩断裂带及岩溶发育区寻找含水层位、富水带，划分咸淡水界线，测潜水流向、流速、测水库漏水点；
6.测电力、通讯线路的大地电阻率；
7.工程质量检测及探查地下管线</td><td rowspan="12">1.探测对象与围岩有明显电性差异；
2.探测对象直径D与埋深H比≥0.2；
3.信噪比(S/N)大于3；
4.单井充电法测潜水流向、流速，要求潜水深度小于50m；自然电场法测流向，要求潜水深度小于15m，水流坡度要大；用充电法探测暗河长度应大于埋深的 3倍
5.交流电磁法适应于接地困难、存在高屏蔽的地区、区段；
6.地质雷达探测的地质体间，介电常数应有一定差异</td></tr>
<tr><td>电测剖面法</td></tr>
<tr><td>高密度电法</td></tr>
<tr><td>自然电场法</td><td>自然电位差</td></tr>
<tr><td>充电法</td><td>电位</td></tr>
<tr><td>激发极化法</td><td>极化串衰减时</td></tr>
<tr><td rowspan="6">电磁波法</td><td>音频大地电磁法</td><td rowspan="3">导电性导碱性</td></tr>
<tr><td>可控源音频大地电磁法</td></tr>
<tr><td>甚低频率法</td></tr>
<tr><td>地质雷达</td><td>介电常数</td></tr>
<tr><td colspan="2">管线探测</td><td>人工或天然电磁场</td></tr>
<tr><td rowspan="7">弹性波法</td><td rowspan="3">地震勘探</td><td>折射波法</td><td rowspan="6">岩土的纵波速度、横波速度、面波速度</td><td rowspan="7">利用人工或天然激发的地震波、声波在岩土层中传播产生的反射、折射及瑞丽波变频测深的特征，以研究地下地质体的几何形态及岩土体的物理力学参数</td><td rowspan="7">1.探测地质构造；
2.探测覆盖层厚度、断层破碎带、滑动面、潜水位等；
3.探测岩体动弹性模量等；
4.探测地脉动卓越周期，桩基及建筑物基础探查；
5.测定岩体完整性系数</td><td rowspan="7">1.折射波法:应满足 $V_2>V_1$，岩层视倾角与临界倾角之和小于90°；
2.反射波法：应满足 $V_1\rho_1\neq V_2\rho_2$,地层倾角3°～5°时最有利</td></tr>
<tr><td>反射波法</td></tr>
<tr><td>瑞丽波法</td></tr>
<tr><td colspan="2">超声波法</td></tr>
<tr><td colspan="2">场地波速测试</td></tr>
<tr><td colspan="2">地脉动测试</td><td>卓越周期</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">重力勘探</td><td>重力加速度</td><td>测定地球重力异常分布变化，分析地下地质情况</td><td>探测区域地质构造、深部断层，微加重力仪探测大溶洞</td><td rowspan="2">探测地质体与图岩有明显密度(重力或磁)差异，探测对象规模与埋深比要足够大</td></tr>
<tr><td colspan="2">磁法勘探</td><td>磁场强度、磁化强度</td><td>量测地磁场变化</td><td>探测岩浆岩体界线，断层带、地下管线，考古</td></tr>
<tr><td colspan="2">放射性勘探</td><td>岩土的 y，a 射线的活度，测氡</td><td>测定岩土的天然或人工放射性γ 活度及氡、钍衰变物的异常</td><td>探寻基岩裂隙水、断层带，测土温度、密度、环境监测</td><td>探测对象与围岩有放射性差异，所探测对象埋深浅</td></tr>
<tr><td colspan="2">地温勘探</td><td>地温</td><td>用仪器测定地质体的温度异常、差异，或测定地表地温与深部地温的变化情况</td><td>划分有地温异常的深大断裂位置，研究地表与深部地温的变化规律</td><td>地质体间有温度差异，或在深钻孔中测定地温变化的情况</td></tr>
<tr><td rowspan="9">井下物探</td><td>电测井</td><td>电阻率</td><td rowspan="9">用仪器观测钻井及井间岩土物性差异所引起的天然或人工物理场变化规律，以研究井壁和井周空间地质构造，测定岩土自然状态下物理力学和水文地质参数</td><td rowspan="9">划分软弱夹层、风化层厚度，测定断裂带、岩溶位置，测井中出水位置及水文地质参数，测岩土物理力学参数，监测地下水污染，核处理场选址</td><td rowspan="9">电测井和无线电波透视及声速测井，应在有泥浆(水)、无套管的孔中进行，水文测井应在无套管或有滤管经洗井后的清水井中进行</td></tr>
<tr><td>放射性测井</td><td>放射性活度</td></tr>
<tr><td>水文测井</td><td>水电阻率</td></tr>
<tr><td>单孔声波探测</td><td>岩土波速</td></tr>
<tr><td>跨孔声波探测</td><td>岩土波速</td></tr>
<tr><td>管波法探测</td><td>岩土波速</td></tr>
<tr><td>声速及超声成像测井</td><td>岩土弹性波速</td></tr>
<tr><td>孔间电磁波透射法</td><td>导电性或导磁性</td></tr>
<tr><td>钻孔技术测量</td><td>井斜井温井径</td></tr>
</table>

附录 J　水文地质参数测定方法

J. 0. 1　水文地质参数测定方法可按表 J.0.1 采用。

表 J. 0. 1　水文地质参数测定方法

参数	测定方法
水位	钻孔、探井或测压管观测
渗透系数、导水系数	抽水试验、注水试验、压水试验、室内渗透试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测、室内试验
越流系数、越流因数	多孔抽水试验(稳定流或非稳定流)
单位吸水率	压水试验
毛细水上升高度	试坑观测、室内试验

J. 0. 2　孔隙水压力测定方法可按表 J.0.2 采用。

表 J. 0. 2　孔隙水压力测定方法

仪器类型		适用条件	测定方法
测压计式	立管式测压计	渗透系数大于 10^{-4}cm/s 的均匀孔隙含水层	将带有过滤器的测压管打入土层，直接在管内量测
	水压式测压计	渗透系数小的土层，量测由潮汐涨落、挖方引起的压力变化	用装在孔壁的小型测压计探头，地下水压力通过塑料管传导至水银压力计测定
	电测式测压计(电阻应变式、钢弦应变式)	各种土层	孔压通过透水石传导至膜片，引起挠度变化，诱发电阻片(或钢弦) 变化，用接收仪测定
	气动测压计	各种土层	利用两根排气管使压力为常数，传来的孔压在透水元件中的水压阀产生压差测定
孔压静力触探仪		各种土层	在探头上装有多孔透水过滤器、压力传感器，在贯入过程中测定

注：电测式测压计一般用于砂土和粉土，在黏性土中采用小的膜片避免负孔压。

附录 K　用变形模量估算天然和复合地基最终沉降量

K.0.1　对筏形和箱型基础，地基最终平均沉降量可按下式估算：

$$s=\psi_s pb\eta\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\delta_i-\delta_{i-1}}{E_{0i}}\right) \qquad (K.0.1)$$

式中　s——地基最终平均沉降量（mm）；

ψ_s——沉降经验系数，根据地区经验确定，对花岗岩残积土ψ_s可取 1；

p——对应于荷载效应准永久组合时的基底平均压力（kPa），地下水位以下扣除水浮力；

b——基础底面宽度（m）；

δ_i、δ_{i-1}——沉降应力系数，与基础长宽比（l/b）和基底至第i层和第$i-1$层（岩）土底面的距离z有关，可按表 K.0.1-1 确定；

E_{0i}——基底下第i层土的变形模量（MPa），可通过载荷试验或地区经验确定；

η——考虑刚性下卧层影响的修正系数，可按表 K.0.1-2 确定。

表 K.0.1-1　按E_0估算地基沉降应力系数δ_i

$m=\frac{2z}{b}$	圆形基础 $b=2r$	矩形基础 $n=l/b$						条形基础 $n\geqslant10$
		1.0	1.4	1.8	2.4	3.2	5.0	
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.4	0.067	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.104
0.8	0.163	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.208
1.2	0.262	0.299	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.311
1.6	0.346	0.380	0.394	0.397	0.397	0.397	0.397	0.412
2.0	0.411	0.446	0.472	0.482	0.486	0.486	0.486	0.511
2.4	0.461	0.499	0.538	0.556	0.565	0.567	0.567	0.605
2.8	0.501	0.542	0.592	0.618	0.635	0.640	0.640	0.687
3.2	0.532	0.577	0.637	0.671	0.696	0.707	0.709	0.763
3.6	0.558	0.606	0.676	0.717	0.750	0.768	0.772	0.831
4.0	0.579	0.630	0.708	0.756	0.796	0.802	0.830	0.892

4.4	0.596	0.650	0.735	0.789	0.837	0.867	0.883	0.949
4.8	0.611	0.668	0.759	0.819	0.873	0.908	0.932	1.001
5.2	0.624	0.683	0.780	0.884	0.904	0.948	0.977	1.050
5.6	0.635	0.697	0.798	0.867	0.933	0.981	1.018	1.095
6.0	0.645	0.708	0.814	0.887	0.958	1.011	1.056	1.138
6.4	0.653	0.719	0.828	0.904	0.980	1.031	1.092	1.178
6.8	0.661	0.728	0.841	0.920	1.000	1.065	1.122	1.215
7.2	0.668	0.736	0.852	0.935	1.019	1.088	1.152	1.251
7.6	0.674	0.744	0.863	0.948	1.036	1.109	1.180	1.285
8.0	0.679	0.751	0.872	0.960	1.051	1.128	1.205	1.316
8.4	0.684	0.757	0.881	0.970	1.065	1.146	1.229	1.347
8.8	0.689	0.762	0.888	0.980	1.078	1.162	1.251	1.376
9.2	0.693	0.768	0.896	0.989	1.089	1.178	1.272	1.404
9.6	0.697	0.772	0.902	0.998	1.100	1.192	1.291	1.431
10.0	0.700	0.777	0.908	1.005	1.110	1.205	1.309	1.456
11.0	0.705	0.786	0.912	1.022	1.132	1.230	1.349	1.506
12.0	0.710	0.794	0.933	1.037	1.151	1.257	1.384	1.550

注：1 l与b分别为矩形基础的长度与宽度（m）；

2 z为基础底面至该层土底面的距离（m）；

3 r为圆形基础的半径（m）。

表K.0.1-2 修正系数η

$m=\frac{z_n}{b}$	$0<m\leqslant 0.5$	$0.5<m\leqslant 1$	$1<m\leqslant 2$	$2<m\leqslant 3$	$3<m\leqslant 5$	$m>5$
η	1.00	0.95	0.90	0.80	0.75	0.70

K.0.2 按变形模量E_0预测沉降时，沉降计算深度z_n可按下式确定：

$$z_n=(z_m+\xi b)\beta \qquad \text{（K.0.2-1）}$$

式中 z_n——沉降计算深度（m）；

z_m——与基础长宽比有关的经验值，按表K.0.2-1确定；

ξ——折减系数，按表K.0.2-1确定；

β——调整系数，按表K.0.2-2确定。

表K.0.2-1 z_m值和折减系数ξ

l/b	1	2	3	4	≥5
z_m	11.6	12.4	12.5	12.7	13.2
ξ	0.42	0.49	0.53	0.60	1.00

表 K.0.2-2　调整系数 β

土类	碎石土	砂土	粉土	黏性土、花岗岩残积土	软土
β	0.30	0.50	0.60	0.75	1.00

当无相邻荷载影响，基础宽度在 30m 范围内时，基础中点的地基沉降计算深度也可按下式计算：

$$z_n = b(2.5 - 0.4\ln b) \qquad \text{（K.0.2-2）}$$

K.0.3　对扩展基础、条形基础按变形模量 E_0 预测地基沉降时，可按下列公式估算：

$$s = \eta \sum_{i=1}^{n} \frac{p_{0i}}{E_{0i}} h_i \qquad \text{（K.0.3-1）}$$

$$p_{0i} = a_i (p_k - p_c) \qquad \text{（K.0.3-2）}$$

式中　s ——地基最终沉降量（mm）；

E_{0i} ——基底下第 i 层土的变形模量(MPa)；

h_i ——第 i 层土的厚度（m）；

η ——沉降计算经验系数，对花岗岩类的土岩层可取 0.8；

对其他土层宜根据实测资料和工程经验确定；

p_{0i} ——第 i 层中点处的附加压力（kPa）；

p_k ——对应于荷载效应标准永久组合基础底面的平均压力（kPa）；

p_c ——基础底面以上土的自重压力标准值（kPa）；

a ——矩形基础和条形基础均布荷载作用下中心点竖向附加应力系数，可根据表 K.0.3 确定，l、b 分别为基础底面的长度和宽度，z_i 为基础底面至第 i 层土中点的距离。

表 K.0.3　矩形基础和条形基础均布荷载作用下中心点

竖向附加应力系数 α （Boussinesq 解）

$2z/b$	l/b											
	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	3	4	5	6	10	条形基础
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.2	0.994	0.995	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997
0.4	0.960	0.968	0.972	0.974	0.975	0.976	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977
0.6	0.892	0.910	0.920	0.926	0.930	0.932	0.936	0.936	0.937	0.937	0.937	0.937
0.8	0.800	0.830	0.848	0.859	0.866	0.870	0.878	0.880	0.881	0.881	0.881	0.881
1.0	0.701	0.740	0.766	0.782	0.793	0.800	0.814	0.817	0.818	0.818	0.818	0.818
1.2	0.606	0.651	0.682	0.703	0.717	0.727	0.748	0.753	0.754	0.755	0.755	0.755
1.4	0.522	0.569	0.603	0.628	0.645	0.658	0.685	0.692	0.694	0.695	0.696	0.696
1.6	0.449	0.496	0.532	0.558	0.578	0.593	0.627	0.636	0.639	0.640	0.642	0.642
1.8	0.388	0.433	0.469	0.496	0.517	0.534	0.573	0.585	0.590	0.591	0.593	0.593
2.0	0.336	0.379	0.414	0.441	0.463	0.481	0.525	0.540	0.545	0.547	0.549	0.550
2.2	0.293	0.333	0.366	0.393	0.416	0.433	0.482	0.499	0.505	0.508	0.511	0.511
2.4	0.257	0.294	0.325	0.352	0.374	0.392	0.443	0.462	0.470	0.473	0.477	0.477
2.6	0.226	0.260	0.290	0.315	0.337	0.355	0.408	0.429	0.438	0.442	0.446	0.447
2.8	0.201	0.232	0.260	0.284	0.304	0.322	0.377	0.400	0.410	0.414	0.419	0.420
3.0	0.179	0.208	0.233	0.256	0.276	0.293	0.348	0.373	0.384	0.389	0.395	0.396
3.2	0.160	0.187	0.210	0.232	0.251	0.267	0.322	0.348	0.360	0.366	0.373	0.374
3.4	0.144	0.169	0.191	0.211	0.229	0.244	0.299	0.326	0.339	0.345	0.353	0.354
3.6	0.131	0.153	0.173	0.192	0.209	0.224	0.278	0.305	0.319	0.327	0.335	0.337
3.8	0.119	0.139	0.158	0.176	0.192	0.206	0.259	0.287	0.301	0.309	0.318	0.320
4.0	0.108	0.127	0.145	0.161	0.176	0.190	0.241	0.269	0.285	0.293	0.303	0.306
4.2	0.099	0.116	0.133	0.148	0.163	0.176	0.225	0.254	0.270	0.278	0.290	0.292
4.4	0.091	0.107	0.123	0.137	0.150	0.163	0.211	0.239	0.255	0.265	0.277	0.280
4.6	0.084	0.099	0.113	0.127	0.139	0.151	0.197	0.226	0.242	0.252	0.265	0.268
4.8	0.077	0.091	0.105	0.118	0.130	0.141	0.185	0.213	0.230	0.240	0.254	0.258
5.0	0.072	0.085	0.097	0.109	0.121	0.131	0.174	0.202	0.219	0.229	0.244	0.248
6.0	0.051	0.060	0.070	0.078	0.087	0.095	0.130	0.155	0.172	0.184	0.202	0.208
7.0	0.038	0.045	0.052	0.059	0.065	0.072	0.100	0.122	0.139	0.150	0.171	0.179
8.0	0.029	0.035	0.040	0.046	0.051	0.056	0.079	0.098	0.113	0.125	0.147	0.158
9.0	0.023	0.028	0.032	0.036	0.041	0.045	0.064	0.081	0.094	0.105	0.128	0.140
10.0	0.019	0.022	0.026	0.030	0.033	0.037	0.053	0.067	0.079	0.089	0.112	0.126
12.0	0.013	0.016	0.018	0.021	0.023	0.026	0.038	0.048	0..058	0.066	0.088	0.106
14.0	0.010	0.012	0.013	0.015	0.017	0.019	0.028	0.036	0.044	0.051	0.070	0.091
16.0	0.007	0.009	0.010	0.012	0.013	0.015	0.022	0.028	0.034	0.040	0.057	0.079
18.0	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.012	0.017	0.023	0.028	0.032	0.047	0.071
20.0	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.009	0.014	0.018	0.023	0.027	0.040	0.064
25.0	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.009	0.012	0.015	0.017	0.027	0.051
30.0	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.019	0.042

35.0	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.005	0.006	0.008	0.009	0.015	0.036
40.0	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007	0.011	0.032

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1） 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2） 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4） 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行。

引用标准名录

《建筑地基基础设计规范》 GB 50007

《建筑抗震设计规范》 GB 50011

《岩土工程勘察规范》 GB 50021

《工程测量规范》 GB 50026

《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB 50046

《工程岩体分级标准》 GB 50218

《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 GB 50307

《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330

《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497

《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911

《地表水环境质量标准》 GB 3838

《土壤环境质量标准》 GB 15618

《中国地震动参数区划图》 GB 18306

《膨胀土地区建筑技术规范》 GBJ 112

《土工试验方法标准》 GB/T 50123

《工程岩体试验方法标准》 GB/T 50266

《地基动力特性测试规范》 GB/T 50269

《岩土工程勘察安全标准》 GB/T 50585

《地下水质量标准》 GB/T 14848

《软土地区岩土工程勘察规程》 JGJ 83

《建筑工程地质勘探与取样技术规程》 JGJ/T 87

《市政工程勘察规范》 CJJ 56

《公路工程地质勘察规范》 JTG C20

《港口工程地质勘察规范》 JTJ 240

《堤防工程地质勘察规范》 SL 188

湖南省工程建设地方标准

岩土工程勘察标准

DBJ 43/XXX-20XX

条　文　说　明

制 订 说 明

《岩土工程勘察标准》 DBJ 43/XXX-20XX，经湖南省住房和城乡建设厅 20XX 年 XX 月 XX 日以 xx 号公告批准、发布。

本标准编制过程中，编制组对湖南省房屋建筑工程与市政基础设施工程岩土工程勘察的相关资料进行了调查研究，总结了湖南省房屋建筑工程与市政基础设施工程岩土工程勘察的实践经验，同时参考了国内先进技术、法规、标准，通过工程验证、试验，获取了本标准编制技术内容的有关技术参数，根据湖南省工程建设特点，对湖南省房屋建筑工程与市政基础设施工程岩土工程勘察的各项工作，提出更科学、先进、具体的规定。并在全省范围内多次征求了有关单位及业内专家的意见，对一些重要问题进行了专题研究和反复讨论，最后召开专家审查会议，共同审查定稿。

为便于广大勘察、设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《岩土工程勘察标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目次

1 总则.....225
2 术语和符号.....226
2.1 术语.....226
2.2 符号.....226
3 基本规定.....227
4 区域地质.....228
4.1 地形地貌.....228
4.2 区域地层.....231
4.3 区域地质构造.....234
5 岩土的工程分类和鉴定.....258
5.1 岩石的工程分类和鉴定.....258
5.2 土的工程分类和鉴定.....258
6 勘察等级、勘察阶段和勘察纲要.....259
6.1 勘察等级.....259
6.2 勘察阶段.....259
6.3 勘察纲要.....259
7 建筑工程勘察.....260
7.1 一般规定.....260
7.2 山区地基.....263
7.3 丘陵区地基.....264
7.4 湖区地基.....265
7.5 复合地基.....265
7.6 桩基工程.....266
7.7 基坑工程.....267
7.8 边坡工程.....268
7.9 既有建筑物的改造和保护.....273
7.10 施工勘察.....273
8 市政基础设施工程勘察.....274
8.1 一般规定.....274
8.2 城市道路工程.....277
8.3 桥涵工程.....278
8.4 洞室和隧道工程.....278

8.5 城市轨道交通工程 278
8.6 管道和架空线路工程 279
8.7 城市给排水厂站工程 281
8.8 堤岸和岸边工程 282
8.9 废弃物处理工程 285
9 不良地质作用和地质灾害 285
9.1 滑坡 285
9.2 危岩和崩塌 286
9.3 泥石流 287
9.4 岩溶 288
9.5 采空区 290
9.6 地面沉降和地面裂缝 292
9.7 活动断裂 294
10 特殊性岩土 295
10.1 填土 295
10.2 软土 296
10.3 膨胀岩土 296
10.4 红黏土 297
10.5 污染土 298
10.6 风化岩和残积土 300
11 工程环境专项调查和工程地质测绘 302
11.1 一般规定 302
11.2 工程环境专项调查 303
11.3 工程地质测绘 303
12 勘探和取样 309
12.1 一般规定 309
12.2 勘探点定位和测量 309
12.3 钻探 309
12.4 井探、槽探和洞探 310
12.5 工程物探 311
12.6 取样 312
13 原位测试 313
13.1 一般规定 313
13.2 载荷试验 313

13.3 静力触探试验 314
13.4 圆锥动力触探试验 315
13.5 标准贯入试验 316
13.6 十字板剪切试验 317
13.7 旁压试验 319
13.8 现场直接剪切试验 321
13.9 波速测试 322
13.10 岩体原位应力测试 323
13.11 激振法测试 323
13.12 地电参数测试 324
14 室内试验 326
14.1 一般规定 326
14.2 土工试验 326
14.3 岩石试验 328
15 场地和地基的地震效应 329
15.1 一般规定 329
15.2 场地抗震地段划分 333
15.3 场地类别 333
15.4 液化土和软弱地基 334
15.5 地震效应分析评价 334
16 地下水 335
16.1 一般规定 335
16.2 地下水的勘察要求 335
16.3 水文地质参数测定 337
16.4 地下水作用的评价 340
16.5 地下水控制评价 342
16.6 水和土的腐蚀性评价 344
16.7 抗浮设防水位 344
17 岩土参数的统计分析和确定 346
17.1 一般规定 346
17.2 岩土参数的统计分析 346
17.3 岩土参数代表值的选用方法 346
17.4 地基承载力的确定 346
17.5 桩基承载力的估算 351

18 岩土工程分析评价及勘察报告 354
18.1 一般规定 354
18.2 岩土工程分析评价的内容和要求 354
18.3 岩土工程勘察报告的基本要求 354
19 现场检验和监测 356
19.1 一般规定 356
19.2 现场检验 356
19.3 不良地质作用和地质灾害的监测 357
19.4 工程监测 357
19.5 地下水的监测 359
20 勘察项目信息化管理与应用 360
20.1 勘察项目管理信息系统 360
20.2 BIM 技术在勘察项目中的应用 360

1 总　　则

1.0.1 湖南省地域广阔，工程建设发展突飞猛进，各勘察设计单位在我省岩土工程勘察工作中，均使用国家和行业现行勘察规范，也就是说目前我省还没有相应的岩土工程勘察地方标准，这给我省工程建设领域岩土工程勘察工作的开展带来了诸多影响，有些地域性技术问题还不能充分解决，为适应工程建设和科学技术发展需要，提高工程勘察成果的准确性与可靠性，亟需编制一本适合湖南地区岩土工程勘察特点的标准。虽然国家和行业现行岩土工程勘察规范已使用多年，由于内容形式要覆盖全国，相对于我省而言有一定局限性，从标准体系建设与优化角度出发，编制地方标准更能准确反映地域性，解决和完善本地区相关的岩土勘察技术问题，为工程勘察提供更详细具体的地方依据，为促进我省岩土工程勘察进步提供技术支撑。

制定本标准的目的是通过制定湖南省地方标准《岩土工程勘察标准》，进一步规范湖南地区岩土工程勘察的技术要求和方法，提供可靠的勘察成果，保证勘察成果质量稳定，在岩土工程勘察和工程建设期间的全过程做到技术先进、经济合理、安全可靠、保护环境、节约能源、创造更可观的社会效益和经济效益，促进省内勘察行业的技术进步和企业的持续健康发展。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围。本标准所指的房屋建筑工程和市政基础设施工程均为湖南省各类建筑工程、市政工程、地下工程、边坡工程,涉及到其他或特殊行业，本标准未作具体规定，应根据工程具体情况按现行有关标准、规范的规定进行勘察，满足设计和施工的需要。

1.0.4 阐述本标准与其他相关规范的关系，这种关系遵守协调一致、互相补充的原则。执行本标准时，尚应符合的现行国家和行业标准主要包括：《岩土工程勘察规范》 GB 50021、《建筑地基基础设计规范》 GB 50007、《建筑抗震设计规范》 GB 50011、《建筑桩基技术规范》JGJ94、《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330、《建筑基坑支护技术规程》 JGJ120、《工程岩体分级标准》 GB/T 502018 和《土工试验方法标准》 GB/T 502013 等。

2 术语和符号

2.1 术　　语

2.1.3 、 2.1.4 灾害是对人类和人类赖以生存的环境造成破坏性影响的事件，灾害可以扩张和发展，演变成灾难。地质灾害是由各种不良地质作用形成的灾害性地质事件，在时间和空间上的分布变化规律既受制于自然环境，又与人类活动有关，往往是人类与自然界相互作用的结果，地质灾害可能造成重大人员伤亡、经济损失和生态环境改变，是岩土工程勘察的重要内容。

2.1.10 、 2.1.11 地基类型是基础下一定深度或大面积基础下相应基础宽度的深度内土层的状况，不同建筑物所要求的深度是不同的。基础工程设计包括基础设计和地基设计两部分。地基设计包括地基土的承载力确定、地基变形计算、地基抗倾覆及抗滑等计算。本标准总结了湖南省的主要地基类型，指出了每类地基类型可能存在的地基形态和主要特点。地基类型可以从不同的角度或按不同的标准进行划分，划分时不能把大型场地的地质条件与地基的地质条件混同起来，场地的复杂地质条件需从场地整体稳定性去解决，地基的地质条件应从单个建筑物地基去考虑。因此，地基承载力特征值和地基极限承载力都是地基设计计算的主要内容。

2.2 符　　号

本节将本标准中出现频率较高的符号作出了规定，同时在标准条文公式中也做出了相应说明，对主体涵义不变但有差别的符号用角标区分。

3 基 本 规 定

3.0.1 我国工程建设的基本程序是先勘察、后设计、再施工，勘察是为设计工作提供第一手资料，是地基基础设计的重要依据，由于设计工作分阶段进行，各设计阶段对勘察成果也有不同的要求，勘察工作又是为设计工作服务的， 因此 ，不同勘察阶段的目的和任务应与设计阶段一致。

就勘察工作而言，根据数年勘察工作的经验来看，勘察是一种认知性很强的工作，由浅入深，尤其是遇到复杂的岩土工程问题，不可能一步到位，不同阶段勘察工作的重点和内容是不一样的，所以分阶段勘察的原则必须坚持。施工勘察主要协助解决施工和使用过程中的岩土工程问题。

3.0.2 岩土工程勘察等级划分的目的是突出重点，区别对待、加强管理，利于对岩土工程勘察各个工作环节按勘察等级确定工作内容和方法，确保工程质量和安全。

3.0.3 岩土工程勘察纲要也叫岩土工程勘察方案，根据规程标准、勘察任务书、勘察阶段和勘察等级要求，在搜集资料、现场踏勘和调查工作的基础上编制，是对岩土工程勘察各项工作进行设计的简称，勘察纲要的编写要提纲挈领，简明扼要，突出重点，内容完整。

3.0.4 岩土工程勘察使用的仪器和设备要加强检定和校准，确保其仪器和设备的使用状态符合质量管理要求。野外作业的依据是规程规范、勘察任务书和勘察纲要。室内试验的成果报告要符合规程规范和试验任务书的要求。

3.0.5 岩土工程勘察要确保勘察成果真实准确，提倡勘察单位采用工程勘察管理信息系统等信息化手段，通过影像留存方式，建立全过程质量行为追溯机制。

3.0.6 岩土工程勘察过程中必须严格遵守各项安全管理制度，严格执行勘察安全操作标准，严格履行各级责任人的安全职责，自觉接受安全部门的监督和管理，始终把安全工作放在首位，做好安全工作记录，杜绝各类违章现象，保证所有人员不违章作业，确保作业人员、各类设施和周边建构筑物的安全。

3.0.7 明确了勘察文件包括岩土工程勘察报告、勘察纲要、原始记录及成果和质量安全管理记录四方面的内容，是工程管理、质量检查和资料存档的依据。

3.0.8 参与勘察工作的技术人员担任后期现场服务人员，熟悉勘察项目现场岩土工程条件，能够准确解释勘察文件，依据验槽结果提出处理方案，及时解决现场工程设计和施工中与勘察工作有关的岩土工程问题。

4 区 域 地 质

4.1 地形地貌

4.1.1 湖南省位于我国地势第二级和第三级阶梯的交替地带，由云贵高原向江南丘陵、南岭山脉及江汉平原过渡，西部雪峰—武陵山脉，南部五岭山脉，东部幕阜—罗霄山脉，呈东、南、西三面环山，中部山丘隆起，丘岗、盆地串珠状斜列，北部冲湖平原、湖泊环状展布，呈朝北开口的不对称马蹄形盆地。按地表形态可分为山地、丘陵、岗地、平原、水面等五大类型。其中山地占 46.32%，丘陵占 20.3%，岗地占 13.87%，平原占 13.12%，湖泊水面占 6.39%。

根据 2017 年 7 月公开出版发行的《中国区域地质志-湖南志》（中国地质出版社），湖南省地貌隶属西北山、盆和中部高原区与东部平原和中、低山、丘陵区两个一级地貌区的过渡地带，跨云贵高原及高、中、低山区与华东华南中、低山、丘陵区两个二级地貌区。根据湖南省地处云贵高原向江南丘陵、南岭山脉及江汉平原过渡的地势地形特点、地貌形态和成因，湖南省地貌细分为 6 个三级地貌区，见表 1。

表 1 湖南省三级地貌分区

一级地貌分区	二级地貌分区	三级地貌分区
西北山、盆和中部高原区（Ⅱ）	云贵高原及高、中、低山区（$Ⅱ_{9}$）	湘西北侵蚀构造中—低山区（$Ⅱ_{9-1}$）
		湘西侵蚀、剥蚀构造中—低山区（$Ⅱ_{9-2}$）
东部平原和中、低山、丘陵区（Ⅲ）	华东华南中、低山、丘陵区（$Ⅲ_{3}$）	湘南侵蚀、溶蚀构造中、低山—丘陵区（$Ⅲ_{3-1}$）
		湘东构造侵蚀、剥蚀中低山—丘陵区（$Ⅲ_{3-2}$）
		湘中构造溶蚀、剥蚀丘陵区（$Ⅲ_{3-3}$）
		湘北堆积平原区（$Ⅲ_{3-4}$）

湖南省地貌成因、形态类型划分为三级。

第一级为成因类型，按内、外营力作用强烈不同分为侵蚀构造类型、剥蚀构造类型、构造剥蚀类型、溶蚀构造类型、构造溶蚀类型、侵蚀堆积类型、堆积类型等七大类。

第二级是形态类型，分为中山、中低山、低山、高丘陵、低丘陵、岗地、平原等七种地貌形态。山地和丘陵类型有：峡谷、谷地、宽谷。平缓坡，坡度一般 7°～15°；缓坡，坡度一般 15°～25°；陡坡，坡度一般 25°～35°；急陡坡，坡度一大于 35°。碳酸盐岩溶

蚀地貌包括峰丛洼地、洼地、残峰等。

第三级为岩性形态类型。岩性归为：浅变质岩、砂页岩、岩浆岩、红岩、碳酸盐岩、松散岩冲积、松散岩冲湖积七类。湖南省区域地貌分类见表 2

表 2　湖南省区域地貌分类

分区代号	地貌分区	地貌成因类型	地貌成因形态类型
II_{9-1}	湘西北侵蚀构造中-低山区	侵蚀构造类(Ⅰ)	侵蚀构造中山陡坡峡谷(I_1)
			侵蚀构造中、低山陡坡峡谷(I_2)
		剥蚀构造类(Ⅱ)	剥蚀构造中、低山缓坡谷地(II_1)
			剥蚀构造低山缓坡谷地(II_2)
			剥蚀构造低山缓坡宽谷(II_3)
		溶蚀构造类(Ⅳ)	溶蚀构造中、低山溶丘峡谷(IV_1)
			溶蚀构造中、低山峰丛洼地(IV_2)
			溶蚀构造中、低山溶丘洼地(IV_3)
			溶蚀构造垄岗谷地(IV_4)
II_{9-2}	湘西侵蚀和剥蚀构造中-低山区	侵蚀构造类(Ⅰ)	侵蚀构造中山陡坡峡谷(I_1)
			侵蚀构造中、低山陡坡峡谷(I_2)
			侵蚀构造低山陡坡谷地(I_4)
			侵蚀构造低山陡坡宽谷(I_5)
		剥蚀构造类(Ⅱ)	剥蚀构造中、低山缓坡谷地(II_1)
			剥蚀构造低山缓坡谷地(II_2)
			剥蚀构造低山缓坡宽谷(II_3)
			剥蚀构造高丘缓坡宽谷(II_4)
			剥蚀构造高丘缓坡谷地(II_5)
		构造剥蚀类(Ⅲ)	构造剥蚀低丘谷地(III_1)
			构造剥蚀低丘岗地(III_2)
			构造剥蚀低丘坡地(III_3)
		溶蚀构造类(Ⅳ)	溶蚀构造中、低山溶丘峡谷(IV_1)
			溶蚀构造中、低山峰丛洼地(IV_2)
			溶蚀构造中、低山溶丘洼地(IV_3)
		侵蚀堆积类(Ⅵ)	侵蚀堆积冲积河谷阶地(VI_2)
III_{3-1}	湘南侵蚀和溶蚀构造中低山-丘陵区	侵蚀构造类(Ⅰ)	侵蚀构造中山陡坡峡谷(I_1)
			侵蚀构造中、低山陡坡峡谷(I_2)
			侵蚀构造低山陡坡峡谷(I_3)
			侵蚀构造低山陡坡谷地(I_4)
		剥蚀构造类(Ⅱ)	剥蚀构造中、低山缓坡谷地(II_1)
			剥蚀构造低山缓坡谷地(II_2)
			剥蚀构造低山缓坡宽谷(II_3)
			剥蚀构造高丘缓坡宽谷(II_4)
		构造剥蚀类(Ⅲ)	构造剥蚀低丘谷地(III_1)
			构造剥蚀低丘岗地(III_2)
			构造剥蚀低丘坡地(III_3)
		溶蚀构造类(Ⅳ)	溶蚀构造中、低山峰丛洼地(IV_2)
			溶蚀构造中、低山溶丘洼地(IV_3)
			溶蚀构造垄岗谷地(IV_4)
		构造溶蚀类(Ⅴ)	构造溶蚀峰丛、峰林洼地、谷地(V_2)
			构造溶蚀残峰坡地(V_3)
		侵蚀堆积类(Ⅵ)	侵蚀堆积冲积河谷阶地(VI_2)

续表 2

分区代号	地貌分区	地貌成因类型	地貌成因形态类型
III_{3-2}	湘东构造侵蚀和剥蚀中低山-丘陵区	侵蚀构造类(Ⅰ)	侵蚀构造中山陡坡峡谷($Ⅰ_1$)
			侵蚀构造中、低山陡坡峡谷($Ⅰ_2$)
			侵蚀构造低山陡坡峡谷($Ⅰ_3$)
			侵蚀构造低山陡坡谷地($Ⅰ_4$)
			侵蚀构造低山陡坡宽谷($Ⅰ_5$)
		剥蚀构造类(Ⅱ)	剥蚀构造低山缓坡谷地($Ⅱ_2$)
			剥蚀构造低山缓坡宽谷($Ⅱ_3$)
			剥蚀构造高丘缓坡宽谷($Ⅱ_4$)
			剥蚀构造高丘缓坡谷地($Ⅱ_5$)
		构造剥蚀类(Ⅲ)	构造剥蚀低丘谷地($Ⅲ_1$)
			构造剥蚀低丘岗地($Ⅲ_2$)
			构造剥蚀低丘坡地($Ⅲ_3$)
		溶蚀构造类(Ⅳ)	溶蚀构造中、低山峰丛洼地($Ⅳ_2$)
			溶蚀构造中、低山溶丘洼地($Ⅳ_3$)
		构造溶蚀类(Ⅴ)	构造溶蚀溶丘、谷地($Ⅴ_1$)
			构造溶蚀峰丛、峰林洼地、谷地($Ⅴ_2$)
			构造溶蚀残峰坡地($Ⅴ_3$)
		侵蚀堆积类(Ⅵ)	侵蚀堆积冲积河谷阶地($Ⅵ_2$)
III_{3-3}	湘中构造溶蚀和剥蚀丘陵区	侵蚀构造类(Ⅰ)	侵蚀构造中山陡坡峡谷($Ⅰ_1$)
			侵蚀构造中、低山陡坡峡谷($Ⅰ_2$)
			侵蚀构造低山陡坡峡谷($Ⅰ_3$)
			侵蚀构造低山陡坡谷地($Ⅰ_4$)
		剥蚀构造类(Ⅱ)	剥蚀构造低山缓坡谷地($Ⅱ_2$)
			剥蚀构造低山缓坡宽谷($Ⅱ_3$)
			剥蚀构造高丘缓坡宽谷($Ⅱ_4$)
			剥蚀构造高丘缓坡谷地($Ⅱ_5$)
		构造剥蚀类(Ⅲ)	构造剥蚀低丘谷地($Ⅲ_1$)
			构造剥蚀低丘岗地($Ⅲ_2$)
			构造剥蚀低丘坡地($Ⅲ_3$)
		溶蚀构造类(Ⅳ)	溶蚀构造中、低山溶丘峡谷(Ⅳ1)
			溶蚀构造中、低山峰丛洼地($Ⅳ_2$)
			溶蚀构造中、低山溶丘洼地($Ⅳ_3$)
			溶蚀构造垄岗谷地($Ⅳ_4$)
		构造溶蚀类(Ⅴ)	构造溶蚀溶丘、谷地($Ⅴ_1$)
			构造溶蚀峰丛、峰林洼地、谷地($Ⅴ_2$)
			构造溶蚀残峰坡地($Ⅴ_3$)
		侵蚀堆积类(Ⅵ)	侵蚀堆积冲积河谷阶地($Ⅵ_2$)
III_{3-4}	湘北堆积平原区	剥蚀构造类(Ⅱ)	剥蚀构造高丘缓坡谷地($Ⅱ_5$)
		构造剥蚀类(Ⅲ)	构造剥蚀低丘岗地($Ⅲ_2$)
			构造剥蚀低丘坡地($Ⅲ_3$)
		侵蚀堆积类(Ⅵ)	侵蚀堆积冲(洪)积岗地($Ⅵ_1$)
			侵蚀堆积冲积河谷阶地($Ⅵ_2$)
		堆积类(Ⅶ)	堆积冲湖积岗地($Ⅶ_1$)
			堆积冲湖积平原($Ⅶ_2$)

4.1.2 实际工作中地貌单元分类要结合勘察场地的地形条件、地质条件和工程特点，进一步细化确定场地的微地貌单元，微地貌类型是建设场地地貌形态、成因的直观反映，更利于场地稳定性和适宜性评价。

4.1.3 灾害地貌是指对人类的生活及生存环境造成直接和间接灾害性影响的地貌现象的总称。我省是一个多山的省份，降雨充沛，是地质灾害多发的地区。地质灾害具有种类多、规模大、分布广、灾情严重等特点。主要有滑坡、崩塌、泥石流、危岩体、地面岩溶塌陷、矿山采空区地面沉降、地裂缝、水土流失、河湖淤积、堤岸渗透变形(管涌、渗漏)、堤线压缩变形(沉陷和滑动)、河湖岸坍塌、堤坝溃决等。随着城市化进程步伐的加快，人类活动愈加强烈，工程建设所引发的地质灾害更加频繁，造成的损失越来越大，因此查明建设场地及周边灾害地貌及地形地貌的改变可有效的预防地质灾害的发生，在防灾减灾上起到积极作用。

4.1.4 填方场地填土物的来源、堆填时间、原始地形地貌的变迁等缺乏必要的调查，仅靠钻探难以详细查明。通过原始地形地貌的调查与现状地形相比较，可以较为准确地查明填土的分布范围和厚度，同时进行勘察工作布置及填土区稳定性评价时能够做到有的放矢。

4.2 区域地层

4.2.1 湖南省地层分布广泛，约占全省面积的 91.7%，从青白口系至第四系均有出露。省内各系大部分层序完整、出露良好，加之湖南省地跨古生代扬子和华南两个海域的交界处，横向变化明显，沉积类型较多。根据湖南省地层横向的发育特征，尤其是古生界的变化情况，可大致将其分为湘西北、湘中-湘南和湘东南三个差异明显的地层区，前者具有扬子区的特点，后者是华南区的一部分，其间有明显的过渡区；纵向上各系一般均被划分到组，共建立了 171 个岩石地层单位。根据《中国区域地质志-湖南志》（中国地质出版社，2017 年 7 月公开出版发行），湖南省地层分区如表 3，地层单位与符号如表 4，岩层特征与分布区域如表 5。

表 3　湖南省地层分区

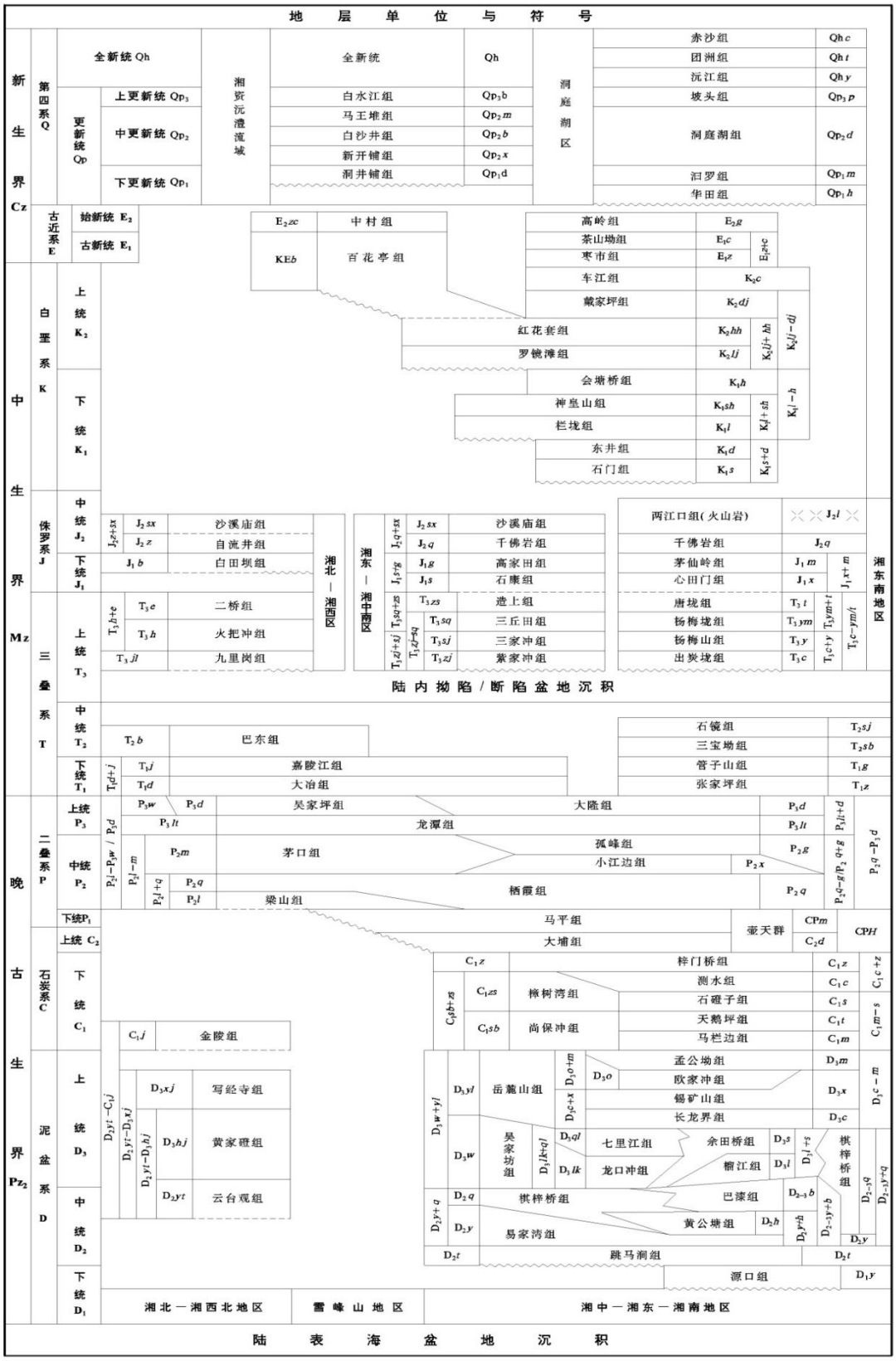
<table>
<tr><th colspan="2">地层年代</th><th colspan="3">分区名称</th><th colspan="2">分区界线及分布位置</th></tr>
<tr><td rowspan="2">古近系</td><td rowspan="2"></td><td colspan="3">湘北区</td><td colspan="2">洞庭盆地</td></tr>
<tr><td colspan="3">湘西-中南区</td><td colspan="2">洞庭盆地以外的各个断陷盆地</td></tr>
<tr><td rowspan="3">白垩系</td><td rowspan="3"></td><td colspan="3">湘北区</td><td colspan="2">以洞庭盆地为主体</td></tr>
<tr><td colspan="3">湘西区</td><td colspan="2">以沅麻盆地为主体，呈东北向延伸</td></tr>
<tr><td colspan="3">湘东南</td><td colspan="2">以衡阳盆地为主体，分布于茶永、醴攸、株洲、湘潭、长平等盆地，多呈北北东向展布</td></tr>
<tr><td rowspan="3">侏罗系</td><td rowspan="3"></td><td colspan="3">湘西北区</td><td colspan="2" rowspan="2">以通道、洞口、安化、沅江、汨罗一线为界</td></tr>
<tr><td colspan="3">湘东-湘中区</td></tr>
<tr><td colspan="3">湘东南区</td><td colspan="2">以江华、桂阳、攸县一线为界</td></tr>
<tr><td rowspan="5">三叠系</td><td rowspan="2">下、中三叠统</td><td colspan="3">湘西北-湘中区</td><td colspan="2" rowspan="2">以江华、衡阳、株洲一线为界</td></tr>
<tr><td colspan="3">湘东南区</td></tr>
<tr><td rowspan="3">上三叠统</td><td colspan="3">湘北-湘西南区</td><td colspan="2" rowspan="2">以城步、洞口、沅江、汨罗一线为界</td></tr>
<tr><td colspan="3">湘东-湘中南区</td></tr>
<tr><td colspan="3">湘东南区</td><td colspan="2">以江华、桂阳、永兴、攸县一线为界</td></tr>
<tr><td rowspan="4">二叠系</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="2">湘西北-雪峰山区</td><td colspan="2">湘西北小区</td><td colspan="2" rowspan="2">以慈利、张家界、古丈一线为界</td><td rowspan="2">位于雪峰山东北西缘</td></tr>
<tr><td colspan="2">雪峰山小区</td></tr>
<tr><td rowspan="2">湘中-湘南区</td><td colspan="2">新化-浏阳小区</td><td colspan="2" rowspan="2">以醴陵、涟源、城步一线为界</td><td rowspan="2">位于雪峰山小区南东</td></tr>
<tr><td colspan="2">邵阳-郴州小区</td></tr>
<tr><td rowspan="4">石炭系</td><td rowspan="4"></td><td colspan="3">湘西北区</td><td colspan="2">位于保靖、张家界、石门至澧县一线北西</td></tr>
<tr><td rowspan="3">湘中-湘南区</td><td colspan="2">怀化-长沙小区</td><td colspan="2">以通道、溆浦、安化、韶山、衡山弧线为界</td><td rowspan="3">位于芷江、沅陵、益阳一线以南</td></tr>
<tr><td rowspan="2">邵阳-郴州小区</td><td>邵阳-茶陵亚区</td><td colspan="2" rowspan="2">以新宁、衡阳、汝城一线为界</td></tr>
<tr><td>永州-郴州亚区</td></tr>
<tr><td rowspan="6">泥盆系</td><td></td><td colspan="3">湘西北区</td><td colspan="2">花垣-张家界-津市一线北西</td></tr>
<tr><td rowspan="3">中泥盆世晚期-晚泥盆统早期</td><td rowspan="3">湘中-湘南区</td><td colspan="2">安化-长沙小区</td><td colspan="2">以安化、韶山、长沙跳马涧一线为界</td><td rowspan="3">通道、怀化、益阳、平江一线南东</td></tr>
<tr><td colspan="2">邵阳-道县小区</td><td colspan="2" rowspan="2">以醴陵、临武一线为界</td></tr>
<tr><td colspan="2">茶陵-郴州小区</td></tr>
<tr><td rowspan="2">晚泥盆统晚期</td><td rowspan="2">湘中-湘南区</td><td colspan="2">安化-长沙小区</td><td colspan="2" rowspan="2">以安化、韶山、醴陵一线为界</td><td rowspan="2">通道、怀化、益阳、平江一线南</td></tr>
<tr><td>邵阳-郴</td><td>邵阳-衡阳亚区</td></tr>
<tr><td colspan="2">以祁东、茶陵界首为界</td><td></td></tr>
</table>

			州小区	道县–郴州亚区		

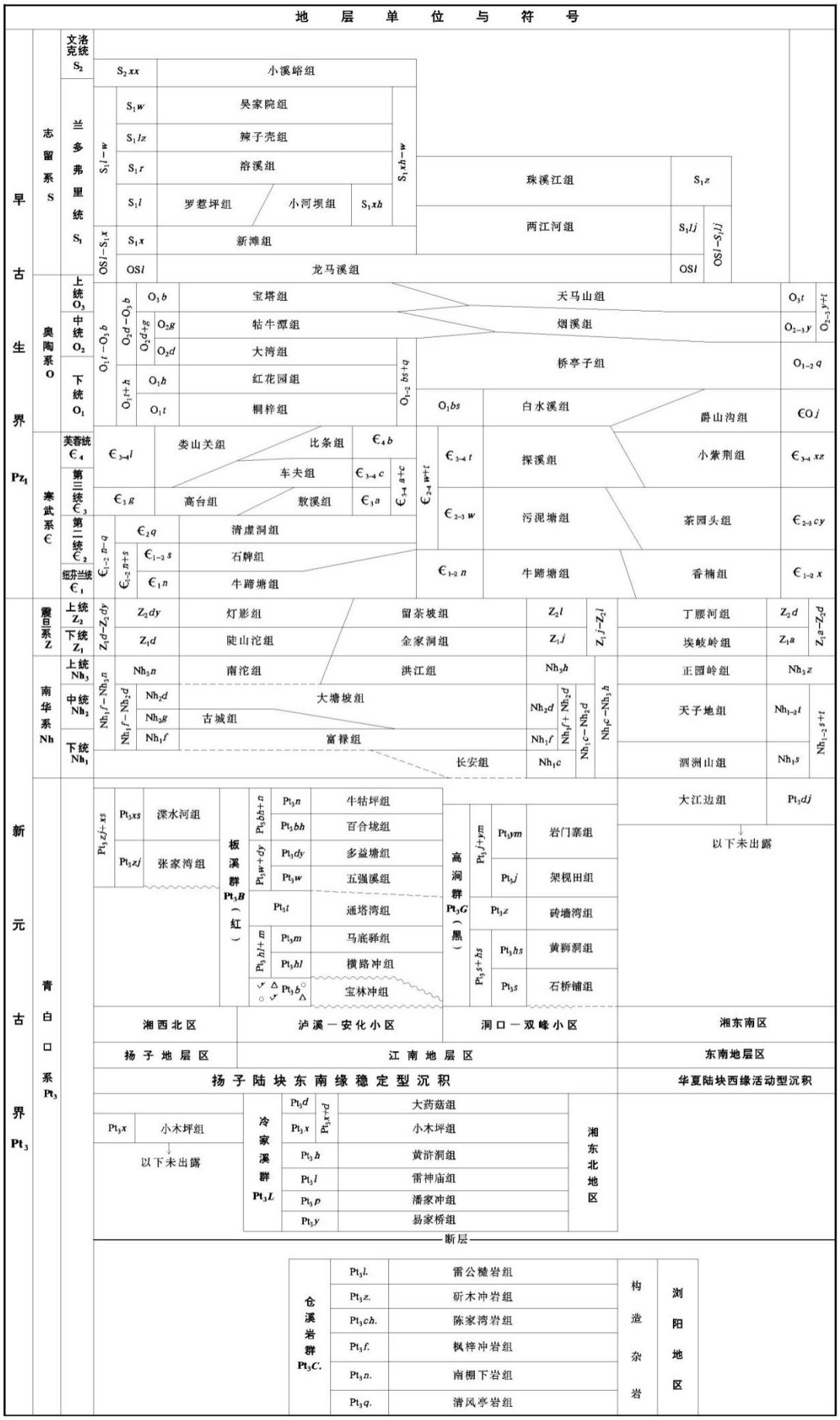
续表 3

<table>
<tr><th colspan="2">地层年代</th><th colspan="2">分区名称</th><th colspan="2">分区界线及分布位置</th></tr>
<tr><td rowspan="2">志留系</td><td rowspan="2"></td><td colspan="2">湘北区</td><td colspan="2">位于麻阳、沅陵、沅江、湖北崇阳一线以北</td></tr>
<tr><td colspan="2">雪峰山区</td><td colspan="2">位于麻阳、沅陵、沅江、湖北崇阳一线以南，城步-新化-长沙东南地区以北</td></tr>
<tr><td rowspan="4">奥陶系</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="2">湘西北区</td><td>八面山小区</td><td rowspan="2">以凤凰、古丈、九溪、岳阳一线为界</td><td rowspan="3">以芷江-怀化-桃源-沅江-平江一线为界</td></tr>
<tr><td>武陵山小区</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">湘中区</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">以零陵、衡阳、攸县一线为界</td></tr>
<tr><td rowspan="8">寒武系</td><td rowspan="4">纽芬兰统</td><td colspan="2">湘西北区</td><td></td><td rowspan="2">以龙山茨岩塘-桑植五道水为界</td></tr>
<tr><td colspan="2">武陵山过渡区</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">湘中区</td><td>泸溪-安化小区</td><td rowspan="2">以芷江-溆浦-涟源一线为界</td><td rowspan="2">以凤凰、泸溪岳阳一线为界</td></tr>
<tr><td>洞口-双峰小区</td></tr>
<tr><td colspan="2">湘南区</td><td></td><td>以东安、祁东、衡阳一线为界</td></tr>
<tr><td rowspan="4">第二统-芙蓉统</td><td colspan="2">湘西北区</td><td></td><td rowspan="2">以花垣、保靖、张家界一线为界</td></tr>
<tr><td colspan="2">武陵山过渡区</td><td></td></tr>
<tr><td>湘中区</td><td>泸溪-安化小区</td><td rowspan="2">以芷江-溆浦-涟源一线为界</td><td rowspan="2">以凤凰、常德一线为界</td></tr>
<tr><td></td><td>洞口-双峰小区</td></tr>
<tr><td colspan="2">湘南区</td><td></td><td>以东安、祁东、衡阳一线为界</td></tr>
<tr><td rowspan="5">震旦系</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="2">湘西北区</td><td>吉首-石门小区</td><td>位于凤凰-沅陵-石门一线北西</td><td rowspan="3">以会同-溆浦-石门一线为界</td></tr>
<tr><td>怀化小区</td><td>位于凤凰-沅陵一线南东，会同-溆浦-安化一线北西</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">湘中区</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">以零陵-茶陵一线为界</td></tr>
<tr><td colspan="2">湘东南区</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">南华系</td><td rowspan="4"></td><td colspan="2">湘北区</td><td></td><td>以保靖-张家界四都坪-石门-岳阳陆城和桐梓铺一线为界</td></tr>
<tr><td rowspan="2">湘中区</td><td>怀化-长沙小区</td><td rowspan="2">以会同-溆浦-高涧一线为界</td><td rowspan="2">以零陵-耒阳-茶陵一线为界</td></tr>
<tr><td>洞口-双峰小区</td></tr>
<tr><td colspan="2">湘南区</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">青白口系</td><td rowspan="4">板溪群和高涧群</td><td colspan="2">湘北区</td><td></td><td rowspan="2">以永顺、石门、临湘一线为界</td></tr>
<tr><td rowspan="2">湘中区</td><td>沅陵-安化小区</td><td rowspan="2">以芷江、溆浦、双峰、衡山一线为界</td></tr>
<tr><td>黔阳-双峰小区</td><td rowspan="2">以零陵、耒阳一线为界</td></tr>
<tr><td colspan="2">湘东南区</td><td></td></tr>
</table>

表 4　湖南省地层单位与符号



续表 4



地层单位与符号													
早古生界 Pz_1	志留系 S	文洛克统 S_2	S_2xx	小溪峪组									
		兰多弗里统 S_1	S_1l-w	S_1w	吴家院组		S_1xh-w						
				S_1lz	辣子壳组								
				S_1r	溶溪组			珠溪江组		S_1z			
				S_1l	罗惹坪组	小河坝组	S_1xh						
			$OSl-S_1x$	S_1x	新滩组			两江河组		S_1lj	$OSl-S_1lj$		
				OSl	龙马溪组					OSl			
	奥陶系 O	上统 O_3	O_1t-O_3b	O_2d-O_3b	O_3b	宝塔组		天马山组				O_3t	$O_{2-3}y+t$
		中统 O_2		O_2d+g	O_2g	牯牛潭组		烟溪组				$O_{2-3}y$	
					O_2d	大湾组	$O_{1-2}bs+q$	桥亭子组				$O_{1-2}q$	
		下统 O_1		O_1t+h	O_1h	红花园组							
					O_1t	桐梓组		O_1bs	白水溪组		爵山沟组	ϵOj	
	寒武系 ϵ	芙蓉统 ϵ_4	$\epsilon_{3-4}l$	娄山关组	比条组	ϵ_4b	$\epsilon_{2-4}w+t$	$\epsilon_{3-4}t$	探溪组		小紫荆组	$\epsilon_{3-4}xz$	
		第三统 ϵ_3		车夫组	$\epsilon_{3-4}c$	$\epsilon_{3-4}a+c$							
			ϵ_3g	高台组	敖溪组	ϵ_3a		$\epsilon_{2-3}w$	污泥塘组		茶园头组	$\epsilon_{2-3}cy$	
		第二统 ϵ_2	$\epsilon_{1-2}n-q$	ϵ_2q	清虚洞组								
		纽芬兰统 ϵ_1	$\epsilon_{1-2}n+s$	$\epsilon_{1-2}s$	石牌组			$\epsilon_{1-2}n$	牛蹄塘组		香楠组	$\epsilon_{1-2}x$	
				ϵ_1n	牛蹄塘组								
新元古界 Pt_3	震旦系 Z	上统 Z_2	Z_1d-Z_2dy	Z_2dy	灯影组	留茶坡组		Z_2l	Z_1j-Z_2l	丁腰河组		Z_2d	Z_1a-Z_2d
		下统 Z_1		Z_1d	陡山沱组	金家洞组		Z_1j		埃岐岭组		Z_1a	
	南华系 Nh	上统 Nh_3	Nh_1f-Nh_3n	Nh_3n	南沱组	洪江组		Nh_3h	Nh_1c-Nh_3h	正园岭组		Nh_3z	
		中统 Nh_2		Nh_1f-Nh_2d	Nh_2d	大塘坡组		Nh_2d	Nh_1f+Nh_2d	天子地组		$Nh_{1-2}t$	$Nh_{1-2}s+t$
					Nh_2g	古城组							
		下统 Nh_1			Nh_1f	富禄组		Nh_1f					
						长安组		Nh_1c		泗洲山组		Nh_1s	
	青白口系 Pt_3		Pt_3zj+xs	Pt_3xs	渫水河组	板溪群 Pt_3B（红）	Pt_3bh+n	Pt_3n	牛牯坪组	高涧群 Pt_3G（黑）	Pt_3j+ym	Pt_3ym	岩门寨组	大江边组	Pt_3dj
				Pt_3zj	张家湾组			Pt_3bh	百合垅组					以下未出露	
							Pt_3w+dy	Pt_3dy	多益塘组			Pt_3j	架枧田组		
								Pt_3w	五强溪组						
								Pt_3t	通塔湾组		Pt_3z	砖墙湾组			
							Pt_3hl+m	Pt_3m	马底驿组		Pt_3s+hs	Pt_3hs	黄狮洞组		
								Pt_3hl	横路冲组						
								Pt_3b	宝林冲组			Pt_3s	石桥铺组		
			湘西北区			泸溪—安化小区				洞口—双峰小区				湘东南区	
			扬子地层区			江南地层区								东南地层区	
			扬子陆块东南缘稳定型沉积											华夏陆块西缘活动型沉积	
			Pt_3x	小木坪组		冷家溪群 Pt_3L	Pt_3d	Pt_3x+d	大药菇组	湘东北地区					
				以下未出露			Pt_3x		小木坪组						
							Pt_3h		黄浒洞组						
							Pt_3l		雷神庙组						
							Pt_3p		潘家冲组						
							Pt_3y		易家桥组						
			断层												
			仓溪岩群 Pt_3C.	Pt_3l.	雷公糙岩组					构造杂岩	浏阳地区				
				Pt_3z.	斫木冲岩组										
				Pt_3ch.	陈家湾岩组										
				Pt_3f.	枫梓冲岩组										
				Pt_3n.	南棚下岩组										
				Pt_3q.	清风亭岩组										

表 5　湖南省岩层特征与分布区域

地层时代					地层特征	分布区域
界	系	统	组	代号		
新生界 Cz	古近系 E	始新统 E_2	中村组	E_2zc	巨厚层状含砾长石石英砂岩、杂砂岩、粉砂岩含砾砂质泥岩，具韵律结构	岳阳盆地东南侧
			百花亭组	KEb	砾岩、砂砾岩和含砾长石石英砂岩	主要分布于湘潭盆地、长平盆地、岳阳盆地东侧
			高岭组	E_2g	砂岩、泥岩互层	衡阳盆地北部、常桃盆地和沅麻盆地的芷江一带
		古新统 E_1	茶山坳组	E_1c	棕红、灰绿、深灰色泥岩、泥灰岩夹油页岩及膏盐	零星分布于衡阳、茶永、湘潭、株洲、醴陵、长平、常桃、沅麻、溆浦等盆地
			枣市组	E_1z	紫红色泥岩、粉砂质泥岩为主夹中-薄层粉-细砂岩	零星分布于衡阳、茶永、湘潭、株洲、醴陵、长平、常桃、沅麻、溆浦等盆地
中生界 Mz	白垩系 K	上统 K_2	车江组	K_2c	灰白色长石石英砂岩，紫红色细砂岩与粉砂岩互层	主要分布于衡阳盆地、醴攸盆地南西端，常桃、沅麻盆地零星分布
			戴家坪组	K_2dj	粉砂质泥岩、钙质粉砂岩互层，夹粉砂质泥灰岩及石膏层	主要分布于衡阳盆地北部及湘潭、株洲、澧攸等盆地
			红花套组	K_2hh	以砂岩为主，中部夹粉砂岩及泥岩	省内诸盆地均有分布
			罗镜滩组	K_2lj	砾岩、砂砾岩和少量混积岩，具韵律结构	除湘南一些小盆地外，其他各盆地均分布
		下统 K_1	会塘桥组	K_1h	暗紫红色薄-中层钙泥质粉砂岩与钙质粉砂质泥岩互层	省内各大、中型盆地西南端
			神皇山组	K_1sh	棕、褐红色长石石英砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩组成韵律层	省内各大、中型盆地
			栏垅组	K_1l	砾岩、砂砾岩和少量杂砂岩或砾砂质泥岩	沅麻、常桃及衡阳盆地分布较广，湘潭及长平盆地西北翼的南西段
			东井组	K_1d	钙质砂质泥岩及钙泥质粉砂岩	沅麻、常桃及衡阳盆地局部地段、湘南江华竹市
			石门组	K_1s	砾岩、砂砾岩及杂砂岩或砾砂质泥岩	沅麻、常桃及衡阳盆地局部地段
	侏罗系 J	中统 J_2	沙溪庙组	J_2sx	紫红色长石石英砂岩、砂质泥岩、泥岩	湘西北区、湘中-湘东区
			自流井组	J_2z	紫红色钙质泥岩为主，夹灰岩或钙质石英砂岩	湘西北怀化-靖州一带
			两江口组	J_2l	浅灰、灰绿色流纹质凝灰岩，英安斑岩(火山岩)	分布局限，见于蓝山两江口至下庙垅
			千佛岩组	J_2q	紫红、黄绿色粉砂质泥岩及泥岩，夹长石石英砂岩及少量生物屑灰岩	主要分布于湘西北区的桑植-石门小区及湘中-湘东地层分区
		下统 J_1	白田坝组	J_1b	灰色薄层石英砂岩夹粉砂岩	分布于湘西北区
			高家田组	J_1g	黄灰色薄至中层长石石英砂岩与黄绿灰黑色泥岩互层	湘东-湘中区
			石康组	J_1s	灰黑色粉砂质泥岩与深灰色薄层泥质粉砂岩互层	湘东-湘中区
			茅仙岭组	J_1m	灰色厚层长石石英砂岩	仅分布于桂湘赣地层区
			心田门组	J_1x	灰色薄层粉砂岩和深灰色粉砂质泥岩夹薄层菱铁质岩或透镜体	仅分布于桂湘赣地层区

续表 5

地层时代					地层特征	分布区域
界	系	统	组	代号		
中生界 Mz	三叠系 T	上统 T_3	二桥组	T_3e	含砾石英砂岩、细粒石英砂岩，夹泥质粉砂岩	分布于湘北-湘西南区怀化-靖州一带，分布零星
			火把冲组	T_3h	灰黑色泥岩夹粉砂岩及煤层	分布于湘北-湘西南区怀化-靖州一带
			九里岗组	T_3jl	长石石英砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩，具韵律结构	分布于湘北-湘西南区桑植洪家关附近的花园一带
			造上组	T_3zs	石英砂岩，粉砂岩及粉砂质泥岩互层，夹煤层	分布于湘东-湘中南区，以醴陵-衡阳一带发育最好
			三丘田组	T_3sq	石英砂岩、粉砂岩、泥岩组成韵律结构，夹不等层数的煤层	分布于湘东-湘中区
			三家冲组	T_3sj	灰、灰黑色泥岩夹少许粉砂岩	分布于醴陵-衡阳一带东部
			紫家冲组	T_3zj	泥岩、粉砂质泥岩、石英砂岩，夹煤线及透镜状煤层	分布于湘东-湘中南区的醴陵-衡阳一带
			唐垅组	T_3t	灰白色细粒石英砂岩与薄层粉砂岩互层，粗粒石英岩状砂岩，局部夹煤层	分布于湘东南区的三都、杨梅山及长策一带
			杨梅垅组	T_3ym	灰、深灰色粉砂岩、泥质粉砂岩，中至厚层中粗粒石英砂岩，局部夹煤层	分布于湘东南区的资兴三都及宜章长策一带
			杨梅山组	T_3y	中至厚层细粒石英砂岩与泥岩互层、薄层状石英细砂岩，夹煤线	分布于湘东南区的宜章杨梅山一带
			出炭垅组	T_3c	粉砂质泥岩、石英砂岩、泥岩，局部夹煤线	布于湘东南区，南厚北薄
		中统 T_2	巴东组	T_2b	紫灰色含钙长石石英砂岩、紫红色含钙泥质粉砂岩及粉砂质钙质泥岩；紫色薄层粉砂质泥岩；薄至中层泥质粉砂岩及粉砂质泥岩；灰、灰绿色白云岩、生物碎屑灰岩、泥灰岩	分布于湘西北-湘中区桑植-石门一带
			石镜组	T_2sj	厚层白云质灰岩、泥晶灰岩，夹中至厚层状泥质粉砂岩	分布局限，见于耒阳-攸县小区的永兴、耒阳一带
			三宝坳组	T_2sb	含白云质泥灰岩；薄层泥晶含泥质灰岩	分布局限，仅在耒阳-攸县一带有零星分布
		下统 T_1	嘉陵江组	T_1j	白云岩、角砾状白云岩、白云质灰岩含泥质灰岩或泥晶灰岩	桑植-石门发育较好，怀化-靖州小区及湘东南区局部分布
			大冶组	T_1d	页岩、泥灰岩或钙质泥岩；薄层灰岩；中至厚层灰岩	各地层分区均有分布
			管子山组	T_1g	灰绿至深灰色中层钙质细粒石英砂岩、粉砂岩及钙质页岩，具韵律结构	分布于耒阳-攸县小区及涟源一带
			张家坪组	T_1z	绿色页岩夹钙质粉砂岩，灰色灰岩、泥灰岩夹黄色页岩	湘东南区的耒阳-攸县一带
晚古生界 Pz_2	二叠系 P	乐平统 P_3	吴家坪组	P_3w	湘西北区：浅灰色含燧石带白云质灰岩、灰质白云岩，深灰、灰黑色硅质泥晶灰岩。 雪峰山区：暗灰色生物屑灰岩、泥晶灰岩，生物屑含泥质灰岩夹薄层硅质岩。 新化-浏阳小区：灰、深灰色泥晶灰岩、含硅质团块泥晶灰岩、硅质灰岩。 邵阳-郴州小区：灰黑色薄至中厚层泥晶硅质灰岩、泥晶灰岩夹钙质页岩、泥质粉砂岩，灰色泥晶含泥质灰岩、粉晶灰岩；灰白厚层至块状生物白云质灰岩	主要分布于湘西北-雪峰山区，湘中-湘南区部分地段
			大隆组	P_3d	硅质岩、硅质灰岩、硅质泥岩，夹黑色页岩、钙质泥岩、钙质灰岩	分布于邵阳-郴州小区；湘西北小区中部仁村坪-南斗溪一带

续表 5

地层时代					地层特征	分布区域
界	系	统	组	代号		
晚古生界 Pz_2	二叠系 P	乐平统 P_3	龙潭组	P_3lt	湘西北区：灰白、灰绿色杂色泥岩、黑色页岩及煤层； 雪峰山小区：黑色炭质页岩、灰白色薄层页岩夹煤层； 新化-浏阳小区：浅紫灰细粒石英砂岩、粉砂岩、页岩夹煤层，砾岩、泥灰岩； 邵阳-郴州小区：石英砂岩、砂质页岩、含炭质页岩，粉砂质泥岩及煤层，泥灰岩、钙质页岩、泥质石英粉砂岩	主要分布于湘西北-雪峰山区，湘中-湘南区部分地段
		阳新统 P_2	茅口组	P_2m	湘西北区：泥质灰岩段为灰黑色泥晶灰岩与泥晶含泥质灰岩互层；灰岩段为浅灰、灰白色厚层状泥晶生物屑灰岩 雪峰山区：浅灰色厚层至块状白云质泥晶灰岩、深灰色厚层泥晶灰岩 新化-浏阳小区：灰色泥晶灰岩、生物屑泥晶灰岩夹大量硅质条带；灰、浅灰色灰岩。	分布于湘西北-雪峰山区和新化-浏阳小区
			孤峰组	P_2g	硅质岩、泥灰岩、生物泥晶灰岩；灰黑色含铁锰质硅质岩、硅质页岩、硅质灰岩	分布于邵阳-郴州小区
			小江边组	P_2x	新化-浏阳小区：灰黑色钙质页岩、泥灰岩夹薄层灰岩、硅质灰岩 邵阳-郴州小区：深灰、灰黑色薄层钙质泥岩、泥岩，夹灰岩透镜体	分布于湘中-湘南区
			栖霞组	P_2q	湘西北区：灰黑色中至厚层状含生物屑含泥质灰岩、粉晶灰岩和条带状泥晶灰岩，泥晶灰岩与含生物屑含泥质灰岩互层 雪峰山小区：深灰、灰黑色厚层生物屑泥晶灰岩，夹白云质灰岩 新化-浏阳小区：深灰、灰黑色中至巨厚层含燧石团块泥晶灰岩、生物屑泥晶灰岩、泥晶灰岩邵阳-郴州小区：深灰色厚层泥晶-粉晶生物屑灰岩、生物屑泥晶灰岩；泥晶灰岩，局部夹薄层含泥质灰岩	主要分布于湘西北-雪峰山区，湘中-湘南区部分地段
			梁山组	P_2l	湘西北区：灰白色薄至中厚层细粒石英砂岩夹炭质页岩及烟煤层。 雪峰山小区：灰黄、黄褐色砾岩，灰褐色薄层细粒石英砂岩与砂质页岩互层，深灰色薄层硅质岩与含砂质页岩互层，局部夹灰黑色页岩、黏土矿及煤层。	分布于湘西北-雪峰山区
		船山统 P_1			厚至巨厚层灰岩	分布于湘西北区，湘中-湘南区
晚古生界 Pz	石炭系 C	上统 C_2	马平组	CPm	灰白色巨厚层白云岩、灰色厚层至巨厚层生物屑灰岩、泥晶灰岩，夹薄层硅质岩	分布于湘中-湘南区
			大埔组	C_2d	浅灰、灰白色粉晶-粗晶白云岩、白云质灰岩，夹灰岩及生物屑灰岩，局部夹少量泥灰岩、砂砾岩	分布于湘西北区，湘中-湘南区
		下统 C_1	金陵组	C_1j	厚层灰岩，顶底部为页岩或泥灰岩	分布于湘西北区石门县北部太清山
			梓门桥组	C_1z	邵阳-茶陵亚区：页岩、泥灰岩和含泥质灰岩互层；灰岩、含泥质灰岩夹少量页岩和白云岩。 永州-郴州亚区：浅灰色、灰色厚层至块状中细晶白云岩夹泥粉晶灰岩、白云质灰岩。	分布于邵阳-郴州小区

续表 5

地层时代					地层特征	分布区域
界	系	统	组	代号		
晚古生界Pz	石炭系C	下统C_1	樟树湾组	C_1zs	石英砂岩、石英砾岩、粉砂岩夹砂质页岩；西段为紫红色泥岩、泥灰岩，石英砂岩、砂砾岩	分布于怀化-长沙小区东段安化-浏阳-醴陵一带，西段溆浦-靖县一带局部分布
			尚保冲组	C_1sb	下段为灰白色细中粒石英砂岩、粉砂岩、砂质页岩夹石英砾岩；上段为砂质泥灰岩、泥灰岩、页岩	分布于怀化-长沙小区东段安化-浏阳-醴陵一带
			测水组	C_1c	紫红色钙质页岩、粉砂质页岩、泥质粉砂岩，灰白、黄灰色细砂岩；灰、灰白色细粒石英砂岩夹泥质粉砂岩；炭质页岩夹砂岩，局部地段含煤层	分布于邵阳-郴州小区
			石磴子组	C_1s	邵阳-茶陵亚区：以中厚层生物屑灰岩、生物屑白云质灰岩为主，夹泥灰岩、钙质页岩、石英砂岩 永州-郴州亚区：泥晶-粉晶生物屑-砂屑灰岩	分布于湘中-湘南区
			天鹅坪组	C_1t	邵阳-茶陵亚区：深灰色钙质泥岩、粉砂岩，细粒石英砂岩、钙质页岩夹生物屑粉晶灰岩，粉砂质页岩、泥灰岩夹粉砂岩 永州-郴州亚区：灰、深灰泥质粉砂岩、钙质粉砂岩，粉砂质泥岩，局部夹无烟煤	分布于湘中-湘南区
			马栏边组	C_1m	邵阳-茶陵亚区：灰白色厚层含生物屑粉晶白云质灰岩，生物屑泥粉晶灰岩，泥灰岩、白云质灰岩； 永州-郴州亚区：生物屑泥晶灰岩，白云质灰岩，生物屑泥晶白云质灰岩	分布于湘中-湘南区
	泥盆系D	上统D_3	写经寺组	D_3xj	下段为页岩、泥灰岩、灰岩、含泥质灰岩夹砂岩；上段主要为石英砂岩夹砂质页岩	下段分布于桑植、石门以北地区；上段仅分布于澧县、石门北部与湖北相邻的羊耳山至太清山一带
			黄家磴组	D_3hj	灰绿色页岩；浅白色、灰绿色细粒石英砂岩夹泥质粉砂岩；浅绿色含粉砂质页岩、石英粉砂岩	分布于湘西北区
			岳麓山组	D_3yl	泥质粉砂岩、细砂岩夹砂质页岩和钙质页岩；灰白、灰绿色细粒石英砂岩夹粉砂岩	主要分布于安化-长沙小区
			吴家坊组	D_3w	以石英砂岩、粉砂岩为主	主要分布于益阳、桃江、宁乡、长沙一带，其次分布于湘东茶陵-炎陵一带
			孟公坳组	D_3m	邵阳-衡阳亚区：粉砂岩、砂岩、砂质页岩为主夹泥灰岩和灰岩，砂质页岩、页岩与灰岩互层 道县-郴州亚区：灰黄色薄层泥灰岩，深灰色薄至中层泥晶灰岩夹生物屑灰岩	分布于湘中-湘南区的邵阳-郴州小区
			欧家冲组	D_3o	粉砂岩、黑色粉砂质页岩，夹石英砂岩；石英砂岩、粉砂岩夹砂质页岩	仅分布于湘中地区
			锡矿山组	D_3x	邵阳-衡阳亚区：以厚层灰岩为主，夹瘤状含泥质灰岩、泥灰岩和页岩 道县-郴州亚区：厚、巨厚层灰岩、白云质灰岩夹白云岩	分布于湘中、湘南区的邵阳-郴州小区
			长龙界组	D_3c	邵阳-衡阳亚区：泥岩、泥灰岩；薄层灰岩、含泥质灰岩夹泥灰岩、页岩 道县-郴州亚区：灰、灰黄色薄至中层生物屑泥灰岩夹泥晶灰岩，钙质页岩、泥晶含白云质灰岩	分布于湘中、湘南区

续表 5

地层时代					地层特征	分布区域
界	系	统	组	代号		
晚古生界Pz	泥盆系D	上统D_3	七里江组	D_3ql	浅灰色厚至巨厚泥晶灰岩、生物屑泥晶灰岩，生物屑灰岩、白云质灰岩，夹泥灰岩、页岩	分布于湘中及湘南地区
			龙口冲组	D_3lk	以粉砂岩、细砂岩、砂质页岩为主，夹较多的灰岩、含泥质灰岩、泥灰岩	分布于邵阳-道县小区北东部龙山、大乘山一带及以北地区
			佘田桥组	D_3s	以泥灰岩、页岩及含泥质灰岩为主	分布于湘中以及湘南地区
			榴江组	$D_{2\text{-}3}l$	以灰黑色薄层硅质岩、泥灰岩、粉砂质页岩为主	分布于湘中-湘南区的台盆相区
		中统D_2	云台观组	D_2yt	以灰白、肉红色中层石英岩状砂岩为主，夹薄层泥质石英砂岩及粉砂质泥岩	分布于湘西北区桑植复向斜周围
			棋梓桥组	D_2q	灰色厚层、巨厚层状泥晶、粉晶灰岩，泥晶生物屑灰岩，白云质灰岩	分布于湘中区、湘南区
			巴漆组	$D_{2\text{-}3}b$	深灰、灰黑色泥晶灰岩、粉晶灰岩，生物屑灰岩夹薄层泥灰岩	分布于湘中区、湘南区台盆相区
			黄公塘组	D_2h	厚层、巨厚层白云岩为主，夹白云质灰岩和生物屑泥晶灰岩	分布于湘中区、湘南区
			易家湾组	D_2y	页岩、粉砂质页岩、泥灰岩，含泥质灰岩夹灰岩	分布于湘中区、湘南区
			跳马涧组	D_2t	紫红色砂质泥岩、砂质页岩、泥质粉砂岩及细砂岩，灰白色石英砂岩、石英砾岩	分布于湘中区、湘南区
		下统D_1	源口组	D_1y	紫红色粉砂质泥岩、粉砂岩、砂岩，灰白色砾岩	分布于湘南的道县-江永一带
早古生界Pz_1	志留系S	文洛克统S_2	小溪峪组	S_2xx	以灰绿、黄绿色砂岩为主，夹少量砂质泥岩	分布于湘西北
		兰多弗里统S_1	吴家院组	S_1w	灰绿、深灰色粉砂质页岩、泥质粉砂岩，夹白云质灰岩、生物灰岩、含泥质灰岩	分布于湘西北
			辣子壳组	S_1lz	以灰、灰绿、黄绿色砂岩、粉砂岩为主，夹砂质页岩及页岩	分布于湘西北
			溶溪组	S_1r	以紫红色泥岩、粉砂质泥岩为主，夹粉砂岩、细砂岩	分布于湘西北
			罗惹坪组	S_1l	灰岩或瘤状灰岩、砂岩为主，夹泥岩、页岩	分布于湘西北的龙山洗车、石门龙池河及湘鄂边界一线
			小河坝组	S_1xh	灰、灰绿、黄绿色粉砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩，夹砂质页岩	分布于湘西北
			新滩组	S_1x	灰绿、灰、黄绿色页岩、粉砂质页岩为主，夹粉砂岩、泥质粉砂岩、细砂岩	分布于湘北
			朱溪江组	S_1z	灰绿、深灰色条带状砂质板岩、板岩、浅变质粉砂岩，夹浅变质细粒石英砂岩	分布于洞口-安化一带
			两江河组	S_1lj	青灰、灰绿色中至厚层浅变质细砂岩、粉砂岩，夹砂质板岩、板岩	分布于洞口-安化-宁乡一带

续表 5

地层时代					岩性描述	分布区域
界	系	统	组	代号		
早古生界 Pz_1			龙马溪组	OSl	黑色炭质页岩、含硅质炭质页岩	分布于城步-新化-湘潭一线以西
	奥陶系 O	上统 O_3	宝塔组	O_3b	青灰、灰色生物屑灰岩、瘤状灰岩、瘤状含泥质灰岩，灰绿钙质页岩、泥岩	分布于湘西北及湘东北临湘一带
			天马山组	O_3t	浅变质砂岩夹板岩	洪江-溆浦断裂东南、溆浦-涟源-双峰-攸县以南的湘中、湘东南及湘南
		中统 O_2	烟溪组	$O_{2\text{-}3}y$	黑色炭质板岩、炭质硅质板岩，夹薄层硅质岩	分布于湘西南、湘中、湘东南、湘南
			牯牛潭组	O_2g	紫红色含泥质灰岩、瘤状生物屑灰岩、瘤状含泥质灰岩，夹页岩	分布于湘北地区
			大湾组	O_2d	灰绿色薄层钙质页岩、页岩，黄绿、青灰色泥灰岩，紫红瘤状泥灰岩、含泥质灰岩	分布于湘西北及湘东北临湘一带
		下统 O_1	桥亭子组	$O_{1\text{-}2}q$	青灰、灰绿色砂质板岩，夹浅变质粉砂岩	分布于武陵山小区、湘中及湘南区
			白水溪组	O_1bs	灰、青灰色板岩	以湘中一带分布为主，武陵山小区局部分布
			红花园组	O_1h	白云质灰岩、白云质生物屑灰岩、白云岩，南部以中、厚层泥质生物灰岩为主	分布于湘西北及湘东北临湘一带
			桐梓组	O_1t	白云质灰岩、白云岩、泥晶灰岩，局部夹页岩、硅质页岩、钙质石英砂岩	分布于湘西及湘东北的临湘一带
	寒武系 €	芙蓉统 $€_4$	爵山沟组	$€Oj$	巨厚层、厚层浅变质石英砂岩、长石石英砂岩及板岩	分布于湘东、湘东南区
			比条组	$€_4b$	以厚层至块状灰岩为主，上部夹白云岩	分布桃源牛车河、张家界田坪、保靖敖溪、凤凰茶田、新晃酒店塘一带
			车夫组	$€_{3\text{-}4}c$	薄层泥质条带灰岩夹角砾状灰岩及白云岩	分布桃源牛车河、张家界田坪、保靖敖溪、凤凰茶田、新晃酒店塘一带
			娄山关组	$€_{3\text{-}4}l$	厚层夹薄层细-中晶白云岩	仅分布于湘西北和湘北一带
			探溪组	$€_{3\text{-}4}t$	泸溪-安化小区：炭泥质白云质泥灰岩及含泥质灰岩，泥质条带灰岩 洞口-双峰小区：深灰、灰色薄至中层粉晶灰岩、薄层泥质条带灰岩与板岩互层，深灰、灰黑色薄中层条带状板岩与条带状含粉砂质板岩互层	分布于湘中区
			小紫荆组	$€_{3\text{-}4}xz$	浅变质中细粒石英砂岩夹板岩、灰岩及硅质岩	分布于湘南地区
		第三统 $€_3$	高台组	$€_3g$	白云岩，页岩	分布于湘西北区、武陵山过渡区
			敖溪组	$€_3a$	以薄层和微层白云岩、泥质白云岩为主，次为炭质页岩与页岩互层、深灰白云质页岩、泥灰岩	分布于桃源牛车河、张家界田坪、保靖敖溪、凤凰茶田、新晃酒店塘一带，属武陵山过渡区
			污泥塘组	$€_{2\text{-}3}w$	炭质板岩、板岩、硅质板岩，白云质灰岩、泥灰岩、含炭含泥质灰岩	分布于湘中区
			茶园头组	$€_{2\text{-}3}cy$	以深灰、灰色浅变质厚层石英砂岩、长石石英砂岩为主，夹绿泥石绢云母板岩、砂质板岩	分布于湘东、湘东南及新宁、东安一带

续表 5

地层时代					岩性描述	分布区域
界	系	统	组	代号		
早古生界 Pz_1	寒武系 €	第二统 $€_2$	清虚洞组	$€_2q$	青灰、深灰色薄至中层灰岩，夹泥灰岩、炭质灰岩及钙质页岩、炭质板岩	分布于湘西北区、武陵山过渡区
			石牌组	$€_{1-2}s$	灰绿、黄绿色页岩、钙质页岩，夹泥灰岩透镜体	仅分布于上扬子地层分区(湘西北区)
			香楠组	$€_{1-2}x$	灰黑、灰绿色浅变质石英砂岩、杂砂岩、含炭质长石石英砂岩夹黑色炭质板岩、板岩	分布于湘南-湘东南一带，属东南地层区
		纽芬兰统 $€_2$	牛蹄塘组	$€_{1-2}n$	黑色炭质板岩夹薄层硅质岩，青灰色板岩、硅质板岩，夹少量细砂岩、粉砂岩	分布较广，上扬子地层分区和江南地层分区(湘中区)
新元古界 Pt_3	震旦系 Z	上统 Z_2	灯影组	Z_2dy	灰白色厚层碎屑白云岩、中至厚层白云岩、黑色薄层含沥青灰岩	分布于湘西北吉首-石门小区
			留茶坡组	Z_2l	灰色厚层硅质岩；薄至中层硅质岩，夹少量炭质板岩	分布于湘西北怀化小区及湘中区
			丁腰河组	Z_2d	灰黑、白色条带状硅质岩、硅质板岩偶夹砂质板岩	分布于湘东南区
		下统 Z_1	陡山沱组	Z_1d	厚层条带状微粒-细粒白云岩，青灰色含炭含泥质灰岩夹白云质灰岩，灰白色厚层白云岩	分布于湘西北吉首-石门小区
			金家洞组	Z_1j	黑色板岩夹白云岩、灰岩、硅质岩	分布于湘西北怀化小区及湘中区
			埃歧岭组	Z_1a	灰绿色中层浅变质石英岩屑杂砂岩、条带状板岩、硅质岩	分布于湘东南区
	南华系 Nh	上统 Nh_3	南沱组	Nh_3n	北区：灰绿、灰黄、浅灰色等杂色浅变质冰碛砾泥岩、冰碛砾粉砂岩； 湘中区：块状浅变质泥砾岩、砾质泥岩	分布于湘北区、湘中怀化-长沙小区
			洪江组	Nh_3h	以泥砾岩为主，夹较多板岩、砂岩	分布于湘中洞口-双峰小区
			正园岭组	Nh_3z	灰绿色巨厚层至块状浅变质长石岩屑杂砂岩；上灰绿、黄绿色中至厚层浅变质石英杂砂岩夹粉砂质板岩；硅质岩、含砾板岩	在桂、湘、赣地层分区分布广泛
	南华系 Nh	中统 Nh_2	大塘坡组	Nh_2d	黑色炭质板岩夹白云岩、菱锰矿，局部夹薄层硅质岩，硅质板岩	分布于湘中、湘北区
			古城组	Nh_2g	含砾泥岩、泥砾岩、含砾砂岩、砂砾岩，局部夹白云岩、板岩	仅分布于湘北区
			天子地组	$Nh_{1-2}t$	紫色、灰绿色条带状板岩、绢云母板岩与灰绿色浅变质砂质粉砂岩互层	分布于湘南区
		下统 Nh_1	富禄组	Nh_1f	洞口-双峰小区：浅变质长石石英砂岩、石英砂岩，灰绿色砂质板岩、条带状板岩； 怀化-长沙小区：灰白色浅变质含砾长石石英砂岩、砂岩，局部夹板岩或硅质板岩	分布于湘中区
			长安组	Nh_1c	主要为含砾板岩，次为浅变质砂岩、含砾砂岩和少量板岩及碳酸盐岩透镜体	分布局限于湘中区
			泗洲山组	Nh_1s	以板岩、含砾板岩夹少量碳酸盐岩为主	分布于湘南区

续表 5

地层时代					地层特征	分布区域
界	系	统	组	代号		
新元古界 Pt_3	青白口系 Qb	板溪群 QbB	渫水河组	Qb*xs*	紫灰、灰白色厚层至块状浅变质石英砾岩、砂砾岩、粗细粒长石石英砂岩、石英粉砂岩、砂质板岩、板岩	分布于湘北杨家坪及周边地区
			张家湾组	Qb*zj*	紫红色浅变质石英砂岩、石英粉砂岩，底部有石英砾岩、含砾粗砂岩；紫红、紫灰、灰白色浅变质石英砾岩、含砾石英粗砂岩、石英杂砂岩、粉砂岩	零星分布于湘北、湘东北的石门杨家坪、临湘青山、浏阳永和等地
			牛牯坪租	Qb*n*	条带状凝灰质板岩、灰绿色板岩，浅变质沉凝灰岩、凝灰质砂岩、浅变质长石石英砂岩	分布于芷江、新晃及桃江一线
			百合垅组	Qb*bh*	灰绿色、灰白色浅变质长石石英砂岩、含凝灰质石英杂砂岩、条带状凝灰质板岩	分布于芷江、新晃及桃江一线
			多益塘组	Qb*dy*	灰、灰绿色条带状含凝灰质板岩、砂质板岩，浅变质沉凝灰岩、凝灰质砂岩、浅变质凝灰岩、角斑质凝灰岩	分布于湘中北及西北地区
			五强溪组	Qb*w*	石英砾岩、石英砂岩夹板岩	分布于湘中北及西北地区
			通塔湾组	Qb*t*	灰绿色板岩、凝灰质板岩夹浅变质凝灰岩、黑色炭质板岩，青灰色粉砂质板岩	分布于芷江-溆浦-双峰-衡阳-攸县以北区域
			马底驿组	Qb*m*	条带绢云母板岩、块状灰岩、泥质大理岩互层，紫红色条带状粉砂质板岩夹条带绢云母板岩	分布于新晃-溆浦-双峰一线以北的湘中北区
			横路冲组	Qb*hl*	浅变质复成分砾岩、含砾砂岩，浅变质石英砂岩与粉砂质板岩互层，浅变质含砾石英杂砂岩、长石石英砂岩	分布于雪峰山及武陵山区
			宝林冲组	Qb*b*	紫灰色浅变质安山质集块岩、英安质集块岩夹浅变质安山质含砾凝灰岩，棕红色浅变质英安质角砾岩夹浅变质英安质凝灰角砾岩，紫红色浅变质英安质沉凝灰角砾岩	分布于益阳宝林冲-百羊庄一带
		高洞群 QbG	岩门寨组	Qb*ym*	灰黑、灰绿色厚层板岩、粉砂质板岩，灰黑色浅变质凝灰岩；条带状板岩、凝灰质板岩	分布于怀化、溆浦、黔阳、会同、城步一带
			架枧田组	Qb*j*	浅变质石英杂砂岩、长石石英杂砂岩，条带状板岩夹凝灰质板岩	分布于雪峰山地区，通道、城步-双峰一带
			砖墙湾组	Qb*z*	灰、灰黑色条带状粉砂质板岩，黑色炭质板岩，灰绿色条带状含粉砂质板岩、灰绿色板岩、凝灰质板岩夹凝灰质砂岩、薄层浅变质石英杂砂岩	分布于黔阳、怀化、洞口、会同、新晃、靖县、城步至双峰一带
			黄狮洞组	Qb*hs*	灰绿色粉砂质板岩，薄层钙质板岩夹条带状大理岩化灰岩，薄至中层大理岩化灰岩，薄至中层钙质板岩	分布于黔阳-双峰小区
			石桥铺组	Qb*s*	块状砾岩、薄层条带状粉砂质板岩，浅变质细中粒石英杂砂岩、板岩互层，浅变质含砾石英杂砂岩、浅变质岩屑石英杂砂岩	分布于黔阳-双峰小区
			大江边组	Qb*dj*	灰色条带状含炭质板岩、含白云质炭质板岩夹极薄层细晶白云质大理岩	分布于湘东南区

续表 5

地层时代					地层特征	分布区域
界	系	统	组	代号		
新元古界 Pt_3	青白口系 Qb	冷家溪群 QbL.	大药菇组	Qb*d*	浅变质砾岩、含砾杂砂岩、粉砂岩，灰绿色薄至中层浅变质含砾细砂岩夹薄层条带状粉砂质板岩与砾岩；灰绿色薄至中层板岩、条带状凝灰质板岩	分布于临湘一带
			小木坪组	Qb*x*	湘东：条带状砂质板岩与板岩互层，条带状砂质板岩、粉砂质板岩、浅变质粉砂质细砂岩 湘中北：灰色薄层板岩、粉砂质板岩，条带状粉砂质板岩夹薄层浅变质泥质粉砂岩	分布于湘东，湘中北的桃江、桃源一带
			黄浒洞组	Qb*h*	灰绿、灰色中层至块状浅变质杂砂岩、石英杂砂岩夹薄层板岩；灰绿色板岩、条带状板岩夹薄至中层浅变质岩砂岩、泥质粉砂岩；灰绿色中至厚层浅变质杂砂岩、石英杂砂岩、板岩、粉砂质板岩	主要分布于湘东平江-浏阳-醴陵一带，湘中北的益阳桃江、安化少量分布
			雷神庙组	Qb*l*	灰绿色中至厚层板岩、粉砂质板岩，夹少量浅变质砂质粉砂岩；灰色薄层板岩	主要分布于湘东平江-浏阳-醴陵一带，湘中北的益阳-桃江少量分布
			潘家冲组	Qb*p*	灰色中至厚层浅变质杂砂岩、细砂岩、粉砂岩与灰色板岩、千枚状板岩互层；青灰、灰绿色薄至中层千枚状板岩、砂质板岩夹浅变质杂砂岩、不等粒砂质粉砂岩及大理岩化白云岩	主要分布于湘东平江-浏阳-醴陵一带，湘中北的益阳-桃江少量分布
			易家桥组	Qb*y*	灰、灰绿色中至厚层浅变质细粒长石石英杂砂岩、细砂质粉砂岩夹薄层千枚岩；灰、深灰色薄至中层含粉砂质千枚岩、绿泥石千枚岩；灰、深灰色薄至中厚粉砂质千枚岩、绿泥石千枚岩夹浅变质细砂岩、浅变质晶屑凝灰岩	分布于湘东北地区
		仓溪岩群 QbC.	雷公糙岩组	Qb*l*.	浅灰色石英片岩、石榴子石片岩，灰色斜长角闪岩、角闪斜长岩	分布于湘赣边境雷公糙-通天坳一带
			斫木冲岩组	Qb*z*.	片岩、石英片岩	分布于文家市仓溪一带
			陈家湾岩组	Qb*ch*.	浅灰色片岩夹石英片岩，灰色片岩夹绿泥石石英片岩，灰色石英片岩	分布于文家市
			枫梓冲岩组	Qb*f*.	灰、绿灰色石英片岩、绿泥石长石石英片岩夹微晶片岩、石英千枚岩	分布于文家市南高升岭至枫梓冲一带，周边被断层围限。
			南棚下岩组	Qb*n*.	灰绿色变玄武凝灰岩、变玄武质熔结凝灰岩	分布于文家市涧溪冲。
			清风亭岩组	Qb*q*.	浅灰、黄灰色千枚岩夹石英绢云母微晶片岩，少量黑云母微晶片岩	分布于文家市北的龙家湾、蒋埠江、凹下。

4.2.2 根据《中国区域地质志-湖南志》（中国地质出版社，2017 年 7 月），湖南省第四系归属华南地层大区（Ⅰ级地层区），中南—东南地层区（Ⅱ级地层区）。依据新构造运动、地貌、古地理与堆积的性质、成因类型的不同进一步划分为湘资沅澧四水流域和洞庭盆地 2 个Ⅲ级地层区；依据沉积物特征，划分为洞庭湖盆地覆盖区和洞庭湖盆地露头区、湘江流域、资水流域、沅水流域和澧水流域等Ⅳ级地层区。

洞庭湖盆地地层区(III_1):洞庭湖盆地第四纪沉积物覆盖了绝大部分地区，由于湖盆自第四纪开始就处于沉降区接受沉积，因此第四纪各期的地层发育较全，沉积类型有湖相、河流相及河湖相。根据地层分布特点和出露的地貌特点可划分为覆盖区(IV_1)和露头区(IV_2)。

湘资沅澧四水流域(III_2):各流域第四纪沉积物特征、风化程度、阶地级别、堆积物接触关系等都有广泛的一致性和可对比性。但流域间沉积物差异也是存在的，尤其是更新统，主要表现在物源不同引起的沉降成分的差异性，流域地形地貌的不同引起的堆积物成因类型的差异性以及沉积组分的成分成熟度和结构的差异性。因此可细分为湘江流域地层区(IV_3)、资水流域地层区(IV_4)、沅水流域地层区(IV_5)和澧水流域地层区(IV_6)。

4.2.3 工程地质层序的划分是反映地层新老变化及岩石风化程度的重要表现，但实际工作中经常出现地层划分错误，造成不同成因时代地层划分到同一层，新近堆积与老沉积划分到同一层，新老地层反向沉积等情况。所以勘察中加强对地层成因时代、沉积类型及风化程度的分析，有利于合理分层及资料的类比分析。

4.3 区域地质构造

4.3.1 资料摘录于公开发行的《中国区域地质志-湖南志》（ 地质出版社，2017 年 7 月）；限于规范的篇幅，详细资料可参见该志相关内容或更大比例尺（如 1：20 万、1：5 万）的区域地质图及图幅说明；因图幅比例尺不同、时间先后不同，各资料就同一问题有可能互不一致，宜优先采用大比例尺的资料且以最新资料为准；

境内构造复杂，大型断裂构造多以北东向、北西向为主，湘西北华夏系构造带斜贯全区，南部和中部发育有南北向构造带及弧顶朝西的祁阳山字型构造，湘中及湘北尚分布区域性东西向构造带，中间还发育有各类型的旋卷构造。就构造形态来看，全省大致可分为两个差异明显地区，湘西北以宽缓舒展的褶皱为主，断裂较次；湘中南多为箱形紧密褶皱，且断裂构造极为发育。

湖南省地质构造单元综合划分见表 6；湖南省构造单元分区见图 1；湖南省构造纲要见图 2；主要褶皱分布可参见表 7；中—新生代主要构造盆地见表 8。

表 6　湖南省地质构造单元综合划分

一级构造单元	二级构造单元	三级构造单元	四级构造单元
羌塘—扬子—华南板块（Ⅳ）	扬子陆块（Ⅳ-4）	湘北断褶带(Ⅳ-4-5)（八面山陆缘盆地）	石门—桑植复向斜（Ⅳ-4-5-1）
			沅潭褶冲带（Ⅳ-4-5-2）
		雪峰构造带(Ⅳ-4-9)（江南新元古代造山带）	武陵断弯褶皱带(Ⅳ-4-9-1)
			沅麻盆地（Ⅳ-4-9-2）
			雪峰冲断带（Ⅳ-4-9-3）
			湘东北断隆带（Ⅳ-4-9-4）
		桂湘早古生代陆缘沉降带（Ⅳ-4-8）	邵阳坳褶带（Ⅳ-4-8-1）
			醴陵断隆带（Ⅳ-4-8-2）
		洞庭盆地(Ⅳ-4-14)	
	华南新元古代—早古生代造山带（Ⅳ-5）	粤湘赣早古生代沉陷带（Ⅳ-5-3）	炎陵—汝城冲断褶隆带(Ⅳ-5-3-1)
		云开晚古生代沉陷带（Ⅳ-5-4）	宁远—桂阳坳褶带(Ⅳ-5-4-1)

4.3.2　深大断裂是指规模巨大向地下深切、具有长期性和继承性发展特征、对地壳构造发展和各种地质作用起着明显控制作用的巨型构造破碎（软弱）带。切割深度可达下地壳，甚至穿入上地幔，延伸上百千米乃至上千千米。深大断裂一般是各级区域构造单元的分界，把地壳分割成运动特点和构造各不相同的地块，控制了不同的构造-沉积单元，其两侧的沉积建造组成、岩相和沉积厚度也是不同的；深大断裂又是连接地壳和上地幔的通道，成为不同时期、不同性质和类型的岩浆活动带，也常是区域性内生矿床成矿带所在。

深大断裂及活动断裂非常复杂，勘察难度大。受勘察手段及经费的制约，常规勘察难以达到要求，有条件时应进一步研究，条件不足时应提出进一步研究（如专门勘察、委托专门机构研究）的建议。

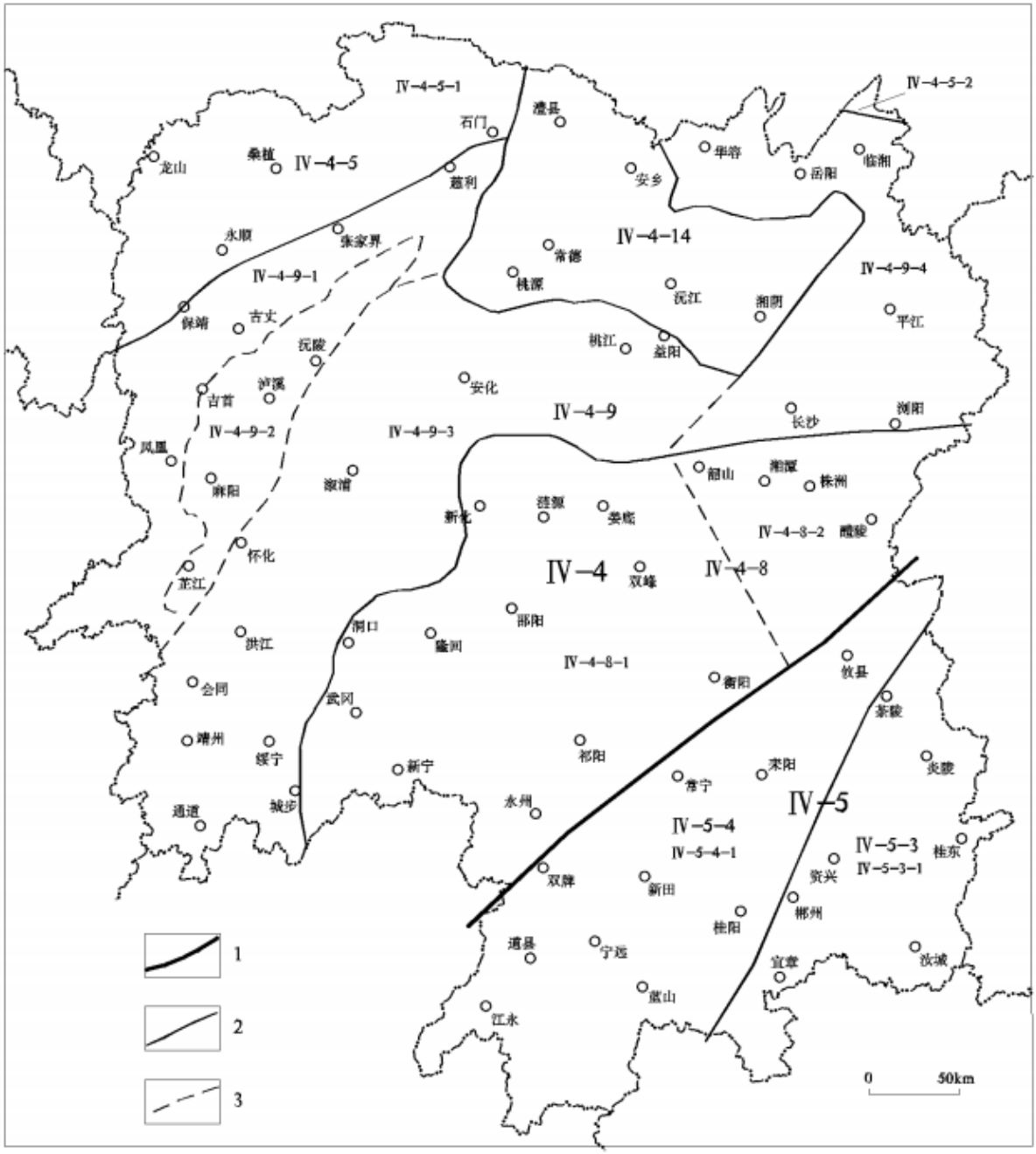


图 1　湖南省构造单元分区

1. 二级构造单元分界线；2. 三级构造单元分界线；3. 四级构造单元分界线。

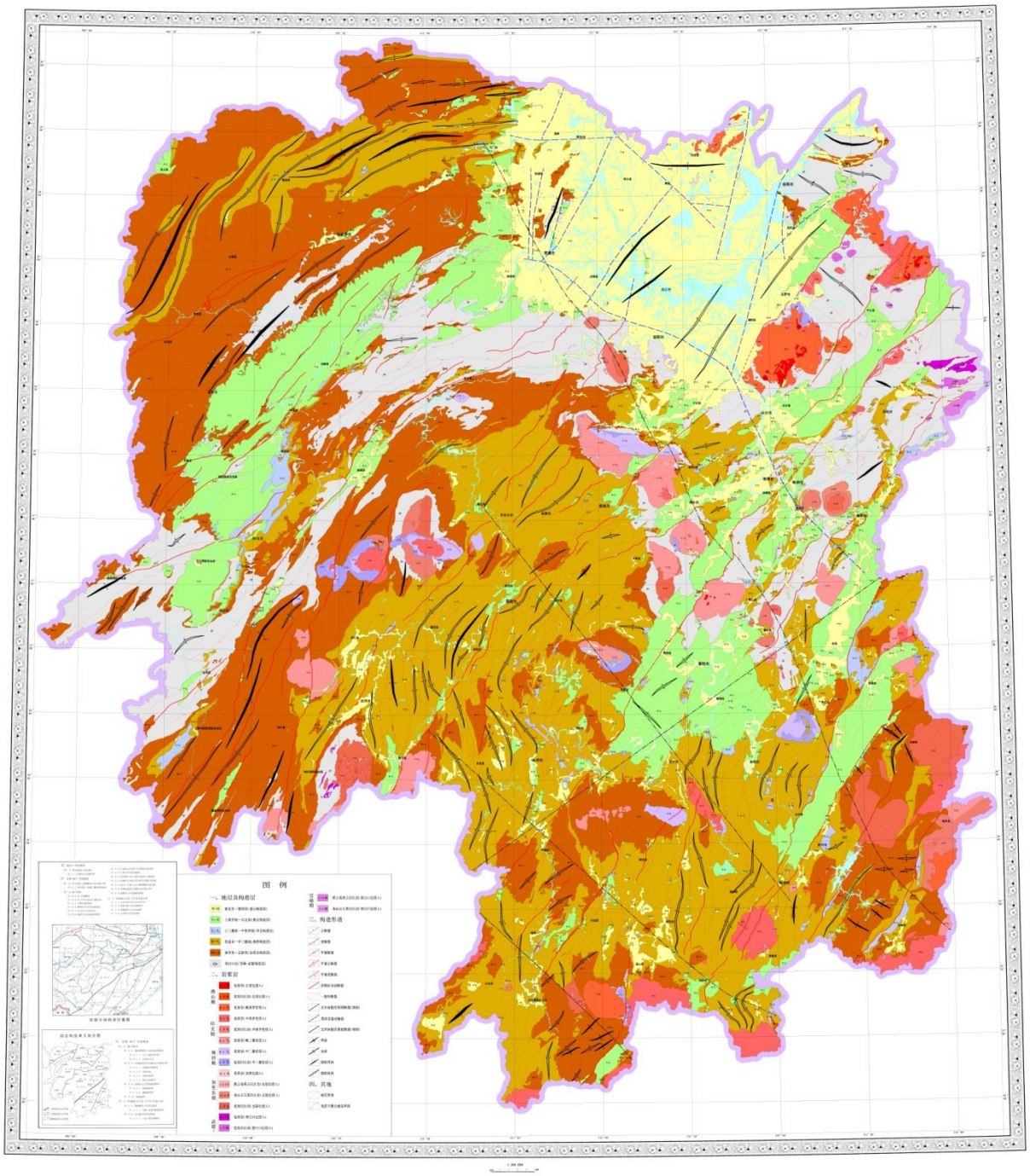


图 2　湖南省构造纲要图

表 7　湖南省主要褶皱一览表

纵向序列	构造期次	地区	褶皱名称	次级褶皱	再次级褶皱
基底褶皱	武陵期褶皱	岳阳地区	分金坪背斜		
			烟冲倒转背斜		
			大药姑倒转向斜		
			壁山倒转背斜		
			平池倒转背斜		
		马底驿—桃江地区	干溪坪倒转向斜		
		平江—浏阳地区	平江以北褶皱		
			平江一带的复式褶皱		
			黄金洞—胆坑复向斜		
			花门—康桥复背斜		
			福寿山背斜		
		醴陵—川口地区	被湘潭盆地、株洲盆地、醴攸盆地所分割的冷家溪群内。		
	加里东期褶皱	吉首—慈利地区	高坪—麻栗场复向斜	天门山－黄洞向斜	
				烈夕向斜	
				涂乍鸭堡向斜	
			古丈复背斜	堡子界－尖岩山倒转背斜	
				鬼溪—吴家湾背斜	
				大风垭小砦山背斜	
				万岩溪背斜	
				暴木营向斜	
			天门山—凤凰复向斜	景龙桥—砂厂里—黄连峡向斜	
				兴龙向斜	
				绿豆坪向斜	
				瓦屋向斜	
				西晃山向斜	
				天堂—禾滩向斜	
				中寨向斜	
		黔城—泸溪地区	辰溪—托口复向斜	郭家向斜	
				牛车河向斜	
				水田界背斜	
				庄里向斜	
				野牛塘背斜	
				下神祝向斜	
				金鸡—托口向斜	
			会同—溆浦复背斜	湖南坡—羊皮帽—会同复背斜	老山向斜
					上江溪背斜
					岩塔褶皱群
					土湾向斜
					郎江背斜
					地湖背斜
					太平界背斜
				溆浦—黔阳复背斜	隘口—黄狮洞背斜
					黄马田背斜
					方家山向斜
					苏木溪一带褶皱群
		通道—烟溪地区	奎溪背斜		
			烟溪向斜		
			桐木岭背斜		
			锯木岭向斜		
			金石桥复背斜		
			溪口复向斜		

			地阳坪复背斜		
			王家团复向斜	大塘向斜	
				王家团背斜	
				糜家团向斜	
				糜家团背斜	
				聂家向斜	
		安化—桃江地区	板溪群中发育加里东期褶皱		
		紫云山—关帝庙地区	高挂山隆起		
			一渡水向斜		
			牛头寨(中田)隆起		
			花桥向斜		
			四明山(太平洞)隆起		
		都庞岭—塔山地区	都庞岭—双牌—阳明山—塔山 NE 向隆起带	何家洞背斜	
				五星岭—盘家洞向斜	
				南冲背斜	
				五峰复向斜	
				福禄湾—上梧江背斜	
				牟江口向斜	
				丝源—五色漯背斜	
				严家—胡交漯背斜	
				通天连山复向斜	
				茶盘湾背斜	
				泗洲山背斜	
		九嶷山地区	九嶷山隆起带	一般为中常—紧闭褶皱，部分为开阔褶皱。	
		湘东南地区	彭公庙岩体以南往北至岩体西侧	阿尔卑斯型褶皱组合样式。	
			茶永盆地和醴攸盆地之间	太和仙倒转复背斜	阳寺观背斜
					大茅岭向斜
					安门前背斜
				风景仙倒转向斜	
盖层褶皱	**印支和早燕山期**	湘西北地区	湘鄂边境五峰复背斜		
			东山峰复背斜	东山峰背斜	
				太清山屉状向斜	
				大同山脊状背斜	
			桑植复向斜	洛塔向斜	
				红岩溪背斜	
				马蹄寨—龙家砦向斜	
				盐井—首车背斜	
				龙家寨—凉水口向斜	
				东山峰—堰塘湾背斜	
				青竹界背斜	
				桃子溪—官地坪向斜	
				所市向斜	
				珠宝街背斜	
				石堤西—罗塔坪向斜	
				人潮溪背斜	
				桑植—望月坪向斜	
				木耳山—向家湾背斜	
				龙潭湾向斜	
				庄塔背斜	
				中贺虎—摇湾背斜	
				三官寺向斜	
			燕子山脊状背斜		
			庄塌—磺厂脊状背斜		
			和三官寺向斜		

		临湘—岳阳地区	郭镇向斜		
			官山背斜(隆起)		
			临湘倒转向斜		
			聂市背斜		
		雪峰山及西侧地区	仙人湾向斜		
			龙门向斜		
			安坪向斜		
		煤炭坝—湘潭地区	西部宁乡奕凤山—煤炭坝一带	煤炭坝向斜	
				奕凤山向斜	
				灰山港向斜	
			花明楼复式向斜	由西冲山向斜	
				九江庙背斜	
				托冲背斜	
				秧田湾向斜	
				花明楼向斜	
			韶山石坝桥、楠竹山一带	石坝桥向斜	
				沙子寨背斜	
				桥当头至银田寺向斜	
				地前铺向斜	
				大屯营背斜	
				孙家铺向斜	
				楠竹山向斜	
			歇马岩体东侧至杨家桥一带	石潭烈家桥向斜	
				杨家桥向斜	
				溪塘向斜	
		湘中南地区（湘中凹陷）	新化—邵阳—洞口一带	毛家坪向斜	
				泰山岭背	
				白岭背斜	
				后田冲背斜	
				霞塘云向斜	
				郭家岭向斜	
				大乘山背斜	
				楠木冲背斜	
				周家向斜	
				栗山铺背斜	
				黄瓜岭向斜	
				响铃山向斜	
				紫霞山向斜	
				毛栗山背斜	
				面铺向斜	
				赵家岭背斜	
				龙井向斜	
				武邵坳背斜	
				竹市背斜	
			新宁南北向坳陷带	新宁复向斜	
			祁阳—零陵弧形构造带	东部黄阳司—三塘一带强变形带（复式向斜构造）	刘家排—文星坝向斜
					牛角坝—易家桥向斜
				牛头寨—排龙山区（背斜带）	
				东安—东湘桥复式向斜区	杨梅山—麟税村—龙河田向斜带
					铜鼓岭—龙家背斜
					地村—紫溪—落脚底向斜带
		浏阳—安仁地区	浏阳—普口复向斜	官渡向斜	
				溪江向斜	

				关口向斜	
				麻塘坳背斜、	
				高家老屋向斜	
			一字墙向斜		
			潭家山—中路铺复向斜		
			平山塘倒转复向斜		
			青洞倒转向斜		
			大障—杨桥复向斜		
			蕉园背斜		
			紫金仙背斜		
			大源背斜		
			黄丰桥—安仁复向斜	黄丰桥倒转复向斜	
				狮方塘倒转复背斜	
				南大复向斜	
				潞水复向斜（辐射状构造）	
				渌田复向斜	
				草市复向斜	
				六斗冲倒转复向斜	
		湘南宁远—江永地区	双牌—江永南北向坳陷带	北段双牌—打鼓坪一带	单江向斜
					同冲—王家岭向斜
				南段道县—江永一带	涛圩向斜
					西边岭—铜山岭背斜
					岑江渡向斜
			宁远—蚣坝复向斜	四马桥向斜	
				天堂—水市向斜	
				宁远背斜	
				湾并向斜	
			十字圩—蓝山复向斜	快乐洞向斜	
				枧头圩—云潭向斜	
				黄家源—洪洞村背斜	
				下富柏—竹子峰向斜	
		耒阳—嘉禾—宜章地区	土市—兴隆短轴背斜群	雷公岭短轴背斜	
				百头岭短轴背斜	
				尖风岭短轴背斜	
				陶岭短轴背斜	
				新圩短轴背斜	
				小岗大岭短轴背斜	
				福音山短轴背斜	
			袁家—香花岭南北向疏波坳陷带	袁家复向斜	蛤蟆岭短轴背斜
					坦坪向斜
				泗洲山—香花岭复背斜	香花岭短轴背斜
					次一级向斜
					泗洲山两个短轴背斜
			水口山—临武密波坳陷带	由一系列上古生界中的线性褶皱组成密波构造带。水口山—梅阜桥一带发育轴面倾向西的倒转褶皱。	
			五峰仙—宜章南北向疏波坳陷带	永兴复向斜	
				郴县—宜章复向斜	
				兴复向斜	上架—黄泥坳向斜
					老湾塘—清水铺向斜
				郴州—宜章复向斜	仁和南北向构造带
					郴州—鲁塘弧形构造带：龙王坝向斜、华塘背斜
					梅田弧形构造带

		炎陵—汝城地区	炎陵地区隔槽式褶皱	中村向斜	
				司命仙背斜	
				三河向斜	
				豪山背斜	
			千里山—汝城地区隔槽式褶皱	田庄—马桥向斜	
				洪水山—大源复背斜	
				龙溪—长策向斜	
				天鹅顶—黄尾垄背斜	
				兴宁—赤石向斜	
				西山背斜	
				东坡向斜	
				五盖山背斜	

表 8　湖南中—新生代主要构造盆地

地质时代	盆地名称	次级凸凹	规模、性质及特征
晚三叠世—侏罗纪盆地	沅麻盆地(东缘)		分布于沅麻盆地的东缘，南自中方，北至马底驿，呈 SN 向狭条状。基底为早三叠世大冶组薄层灰岩、寒武系厚层灰岩以及石炭—二叠系灰岩等；中三叠统全区缺失；上三叠统主要以砾岩和含煤地层为主，主要以带状分布在怀化泸阳—沅陵一线，一般厚度 30～70m，向西很快尖灭
	靖州盆地		走向 NE40°，长约 32km，宽约 5km（北东端仅 2km）。盆地周边自里向外依次为上古生界石炭系—二叠系碳酸盐岩沉积、板溪群—下古生界。盆地内部主要发育上三叠统—中侏罗统，东缘南段沙堆一带残留有少量白垩纪山间断陷盆地之紫红色块状砾岩。属挤压成因的类前陆盆地
	石门盆地		石门县新关、新铺、皂角等地发育侏罗系，呈极为狭长的条带状 EW 向展布。长度 15～20km，宽度 300m～1000m，局部(石门县城西)宽达 4km。侏罗系均微角度不整合于中三叠世巴东组之上，组成 EW 向向斜核部。属挤压类前陆盆地
	湘东南沉积盆地		分布于酒埠江—临武一线南东的湘东南地区。攸县盆地东缘的洒埠江—凉江地区，茶郴断裂西侧(茶永盆地西缘)的永兴—平安一带，茶郴断裂东侧的资兴三都、炎陵坪冲，瑶岗仙—长城岭，以及汝城—沙田等地。属伸展盆地，与区域 SN 向挤压有关
白垩纪—古近纪断陷盆地	沅麻盆地		走向 NNE，其沉降幅度不超过 3500m，主要沉积了白垩纪红色陆相河流相碎屑岩地层，自下而上为石门组、东井组、栏垅组和神皇山组。古流向测量反映东井组上部物源也为盆地两侧山地；栏垅组由一套厚度大的棕红色—砖红色碎屑岩组成，为一个厚度巨大、向上变细的层序，该组具河流三角洲沉积的特征；栏垅组沉积时期盆地中主要以径向河流为主，盆地西部、东部沉积分别来自西、东两侧山地，而来自两侧的河流在盆地中部汇聚并继续流向西南；神皇山组主要由棕红、紫红色钙质长石石英砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩组成韵律，为湖相沉积。沅麻盆地属断陷盆地
			总体特征：白垩纪—古近纪洞庭盆地出露于洞庭湖区，面积 1.55 万 km^2。盆地的沉降伴随周缘地区的抬升，西、南、东、北分别形成武陵隆起、雪峰隆起、幕阜—九岭隆起和华容隆起。 在整体断陷沉降的同时，洞庭盆地内部形成了多个 NE 向凹陷与凸起相间

白垩纪—古近纪断陷盆地	洞庭盆地		的“四凹三凸”构造格局，自北西往南东依次为澧县凹陷、太阳山凸起、常德凹陷、目平湖凸起、沅江凹陷、麻河口凸起、湘阴凹陷等。各凹陷表现为南东侧断陷、北西侧超覆的箕状断陷盆地。重力布格异常为一不规则的小型正负相间异常，南县以北，重力梯度带呈 NW 向展布，为一个断陷较深的负异常，南县、安乡一带则呈近 EW 向展布的宽缓正异常；航磁资料反映深部为一弱磁性体
		澧县凹陷	由中新生界组成复式凹陷区。北部由王家厂向斜、盐井向斜组成，呈左型斜列,中间被断裂所切。其间由泥盆系至下三叠统组成隆起，呈 70°伸展。南部白垩系埋深逾 2500m。在澧县一带出现一系列的隐伏断裂，走向 NEE—NE，其中以澧水断裂规模最大，切割较深，同时，本凹陷又被 NNE 向断裂所切
		太阳山凸起	由背斜、单斜和次一级褶皱组成，呈 NNE20°走向。背斜核部为板溪群；西翼为南华系、震旦系、寒武系和零散的奥陶系、志留系，倾向 NW，倾角 40°～56°；东翼大都被中新生界所覆和断裂截切并构成东部边界。重力布格异常显示出高异常梯度带，与整体凸起一致。隆起西部石门—漆河一带发育 SN 向次级小断陷，出露白垩系—古近系红色碎屑岩系
		常德凹陷	分布于常德至汉寿间，地震资料表明为北西浅、南东深的箕状凹陷。据航磁资料，本凹陷可分为 3 个次级构造：篙子港附近为鞍部；两侧为次凹构造，其南基底埋深 2000m；其北为安乡次凹；响水凼处于本凹陷之南缘，为本凹陷下陷最深区，并组成常德丁家港向斜
		目平湖凸起	于南县至汉寿一带。航磁、重力资料为 NE 走向的弱磁性体相对隆起区，重力高值区。其南部强度大、范围宽，北部强度低、范围窄，形似向北倾伏的重力高值鼻。钻探揭示在柳林嘴和三仙湖分别于 225m 和 170m 见板溪群变质岩(其上为第四系)，证实本凸起存在
		沅江凹陷	为一凸两凹，东、西、南三分的菱形构造格架。基底为冷家溪群—板溪群，上覆中新生界，部分地段尚存厚度不大的震旦系和寒武系，有加里东期和燕山期花岗岩体隐伏。沅江复向斜轴部为古近系，舒缓开阔，轴面走向 NEE65°。受 NE 和 NW 向两组断裂控制，形成两个斜列的菱形块体。在两组断裂收敛地段为龙山—沅江次凸区，而撒开方向则为相对凹陷区。 龙山—沅江次凸：古近系分布面积 1620km^2，为居于东、西两个次凹之间的相对凸起区。东南部的沅江鼻状凸起与西北部的鼻状凸起相向倾没伸展，总体呈一 NW 走向、两头宽、中间窄、形似“哑铃”状的凸起。东部有近 EW 向断裂分布，西北及东面以断裂与目平湖、麻河口凸起分界。 西次凹区：于上述次凸之西南部，由古近系组成，呈 NE 走向的菱形块体。总体表现为受 NE 和 NW 走向的断裂控制、切割的向斜构造。中心阳南塘—马家墩一带因走向 NE40°断裂切割使其西部向北错列抬升 300m。 东次凹区：古近系分布面积 900km^2，为一 NE 走向的菱形块体，受 NE 与 NW 走向两组断裂控制。东部以走向 NE65°断裂与麻河口凸起相截；西南以近 EW 向的两条断裂与龙山—沅江次凸相邻；东北边缘古近系覆于冷家溪群之上，西北边缘则覆于白垩系之上
		麻河口凸起	益阳沧水铺—横岭湖一带，为一重力高值区。走向 NE，由一系列串珠状重力高值圈闭所组成。钻探揭示，在白马寺一带，第四系之下井深 195m 见二长花岗岩，证明凸起存在
		湘阴凹	洞庭坳陷最东面的一个次级凹陷。南起宁乡经湘阴、汨罗，北抵桃林、

白垩纪—古近纪断陷盆地		陷	公田，长 130km，宽 40km。由白垩系及古近系组成一个不完整的箕状向斜，东部被 NNE 向的公田—灰汤断裂截切，同时又被走向 NW 断裂横切分成 4 个块体，从北东至南西有：十步桥次凸，主要由白垩系组成；茶家湾—黄沙街次凹，主要为古近系；磊石山—桃林次级凸起，为白垩系；汨罗—九雁次凹，由古近系组成。白垩系厚度 1000m；基底埋深 500～1500m
	长平盆地—湘潭盆地		长平盆地由白垩系紫红色碎屑岩组成主体，走向 NNE30°，总体呈一向 SE 缓倾之单斜构造。北西缘白垩系与冷家溪群呈不整合；南东呈箕状断陷被长寿街—双牌断裂切截，为一南宽北窄的长条状断陷盆地。 湘潭盆地由上白垩统紫红色碎屑岩组成一列复向斜，轴面走向 NE60°～30°。南西端至湘乡潭市一带扬起；北东端至湘潭一带与长衡盆地斜接。盆地两侧大部被断裂截切，基底向 SE 倾斜，构成一列不对称勺状复向斜或断陷带，北西侧上白垩统埋深可达 360m，南东侧则在 840m 以上(未见底)。盆地内部纵横起伏，出现次级背、向斜，有的被横向断裂截切错移，使其不整合不连续
	衡阳盆地		总体特征：总体呈 NE 向延伸。受基底断裂控制呈不规则菱形。基底南新北老，东西差异较大；盖层(中新生界)发育良好，总厚度大于 3500m，最厚达 5000m，蕴藏有铜、铀及盐类矿产。盆地内部构造也较复杂。据沉积建造特征、基底的起伏情况，划分为“两凸两凹”4 个次级构造单元
		鸡笼街凸起	盆地西缘，主要由鸡笼街背斜及相伴断裂组成，走向 30°～40°，核部为泥盆系，东翼被印支期二长花岗岩、花岗岩侵入，东西两侧被泉湖—排山断裂和长寿街—鸡笼街断裂截切，地层出露不全
		石牛峰凸起	出露板溪群、上古生界和侏罗系，以板溪群为核部组成轴向 NNE30°的石牛峰背斜，长约 10km，往南西倾伏，北东被 NW 走向断裂切截和白垩系所覆。石牛峰背斜自雪峰期隆起，长期剥蚀，南段被跳马涧组不整合覆盖。于背斜东、西两侧，还发育有由白垩系和古近系组成的山田寺背斜和由下、中侏罗统组成的雨母山向斜，走向皆呈 NNE。断裂发育于凸起周缘：东侧樟树湾断裂，走向 NNE20°～25°；西侧洪山庙断裂，其北东端见由上白垩统戴家坪组组成的挤压带，宽 80m，走向 30°～35°；南西端白垩系砾岩斜冲于石炭系之上，并见挤压带宽 30m，拖曳褶曲走向 NE45°～50°。据钻探揭示该断裂倾向 NW，倾角 10°，下石炭统推覆于上三叠统至下侏罗统之上
		西凹陷带	于石牛峰凸起的西侧，由上白垩统组成。凹陷带中次级凸起甚多，总体呈 NNE 向展布。可分为 4 个次级构造，即： 渣江西渡次凸(c-1)：基底埋深 1200～2400m，由 7 个次一级背向斜组成，单个走向 NW320°左右，深部为前泥盆系，次一级背、向斜呈左型雁列，与地表出露于白垩系中的低序次褶皱，即鸡笼街断裂右行错移的派生成分基本吻合。 杨柳向斜(c-2)：基底埋深 4000m，轴部由上白垩统组成，轴面走向 320°，西南翼为斜坡带，白垩系埋深 2000m，呈单斜层向盆地倾没；已发现 3 个次级小背斜，上古生界保存较完整。 茅市复向斜(c-3)：基底埋深 1800～2600m，由 3 个背斜和 2 个向斜组成。背斜为泥盆系—石炭系，向斜为二叠系—侏罗系。轴面走向 330°，与褶皱平行的阶梯状张扭性断裂十分发育，被地表由下白垩统组成的向斜横跨，轴面走向 NE60°，上下构造不协调。

白垩纪—古近纪断陷盆地			大山向斜(c-4)：于石牛峰凸起之西，基底埋深 4000m。地表由上白垩统组成向斜，轴面走向 NE40°，东翼被鸡笼街断裂切割
		东凹陷带	位于石牛峰凸起之东，可划分为 5 个次级构造，即： 车江复背斜(d-1)：由上古生界组成 3 个短轴背斜和 1 个由下白垩统组成的向斜构造。轴面走向 320°，基底埋深 2200～3200m，被两条 NW 向断裂切割。 金甲岭、车江复向斜(d-2)：由 2 个向斜组成，以古近系组成金甲岭向斜，基底埋深 2000m；下白垩统组成车江向斜，基底埋深 5800m。 大蒲街复背斜(d-3)：由上白垩统及古近系组成 3 个背、向斜，轴面走向 NNE，南东端被陈家老屋—长岭铺断裂截切。 观音桥复背斜(d-4)：由前寒武系和上白垩统及古近系组成 6 个短轴背斜。基底埋深 2200～3400m，被走向 70°的丹阳桥—向阳塘断裂切截。 东南斜坡(d-5)：由白垩系组成，向盆地内倾没，基底(上古生界)保留较全。地表构造形迹以断裂为主，伴以少量的短轴状背、向斜
	醴攸盆地		长 130km，宽 20～40km，为一狭长形断陷盆地。盆地西部白垩系出露较全，东缘缺失下白垩统。两个复向斜呈右型雁列，地层倾角一般 6°～15°，北东、南西分别与上古生界呈不整合接触，东西两侧被断裂切割。下白垩统厚度 176m，见于盆地西缘铜锣山—老君潭一带，顶部以玄武岩与上白垩统分界，两者呈整合接触；上白垩统岩性、厚度各地不一，总体由西向东厚度递增(820～1274m)，沉积物由细至粗，由简单—复杂；古近系仅见于盆地南端渡口一带，厚度 1180m，顶部含有石膏层。现有资料表明，早白垩世沉积中心在西缘，晚期向东迁移，反映了酒埠江断裂对其控制作用；古新世和始新世时盆地中北部扬起，沉降中心南迁
	茶永盆地		茶永盆地为一走向约 NNE30°左右、叠加于 NNE 向茶陵—郴州深大断裂之上的狭长的白垩纪—古近纪红色盆地，全长 145km，宽 15～30km。盆内发育有早白垩世神皇山组—古新世枣市组共 5 个岩石地层单位的沉积，自盆地南东缘向北西缘逐渐变新，反映出盆地北西边缘为主控断裂，盆地北西边缘红层与前白垩纪地层也大多为断裂接触；盆地南东边缘之南段白垩系与前白垩纪地层也呈断裂接触；郴州北面盆地南端之南西边界呈指叉状，“指叉”走向与主盆地走向完全一致，呈 30°左右，充分反映出盆地中 NNE 向基底断裂在盆地形成过程中的活动。根据上述特征，并考虑茶郴深大断裂实质上为一具有相当宽度的断裂带，初步确定茶永盆地为一北西边缘、南东边缘及盆内均有 NNE 向伸展断裂活动并以北西边缘断裂为主控盆伸展断裂的地堑式或半地堑式纵谷盆地。 此外，盆地南东边缘总体呈 NW 走向，尤其是盆地南西端马田一带发育一长 10 余千米的细长“指叉”，走向 NW，充分反映出 NW 向断裂对盆地南端边界的控制作用

5　岩土工程的分类与鉴定

5.1　岩石的分类和鉴定

5.1.1～5.1.3 岩石分类与现行《岩土工程勘察规范》 GB 50021 基本一致，增加了岩石的地质名称和风化程度、岩石坚硬程度和岩体完整程度现场鉴别方法。

5.1.9 本条规定了现场对岩体的描述内容，是洞室、边坡等工程的稳定性分析所需最基本的原始资料。本条增加了岩体结构类型划分。

5.2　土的分类和鉴定

5.2.1 ～5.2.11 土的分类与现行《岩土工程勘察规范》 GB 50021 基本一致，增加了各类土相关现场特征和鉴别方法。

6 勘察等级、勘察阶段和勘察纲要

6.1 勘察等级

6.1.3 岩土种类单一，不等于只有单一地层，关键在于分层均匀和性质变化不大。

6.1.4 对于岩质地基，如果场地和地基条件比较简单，勘察的难度是不大的，场地和地基为三级时，即便一级工程的岩土工程勘察等级也可定为乙级。

6.3 勘察纲要

6.3.1 勘察纲要是岩土工程勘察工作的指导性文件，通过勘察实施前技术交底、中间检查等形式贯穿于勘察工作全过程。勘察纲要按委托单位的技术要求，结合场地地质条件复杂程度制定，并对勘察方案的质量、技术经济合理性负责；勘察纲要及变更要按质量管理程序进行审批，由勘察单位项目负责、审定、审核及编写的相关责任人签署。经审批后的勘察纲要既是勘察单位的主要工作依据，也是建设单位和监理单位检查和监理勘察单位的重要内容。

6.3.2 只有在充分取得相关资料，详细理解勘察技术要求后，才能有针对性地编写出保证安全、经济合理的勘察纲要。

6.3.6 勘察纲要编制时确定的勘察等级只能算是初步确定，随着勘察的实施，场地实际工程地质条件的逐步掌握，勘察等级可能会有调整。勘察等级为丙级的工程，勘察纲要可采用表格等形式。勘探完成后的现场处理包括回填、钻孔孔内情况处理和钻孔移位等。

6.3.7 勘探包括钻探、井探、槽探、洞探和物探等。对可能影响工程结构设置的重大或关键性等地质问题，要布设特殊勘探点，以便有针对性地对重大或关键性地质问题采取对策、措施和专门研究。

7　房屋建筑工程勘察

7.1　一般规定

7.1.3　勘察工作分阶段进行是根据我国工程建设的实际情况和数十年勘察工作的经验规定的。勘察单位要根据任务要求进行相应阶段的勘察工作，在城市和工业区，一般已经积累了大量工程勘察资料，当建筑物平面布置已经确定时，可以直接进行详勘。但对于高层建筑和其他重要工程，在短时间内不易查明复杂的岩土工程问题，并作出明确的评价，故仍宜分阶段进行。

7.1.4　岩土工程要服务于工程建设的全过程，根据任务要求，承担后期的服务工作，协助解决施工和使用过程中的岩土工程问题。

7.1.5　进行勘察工作前，只有充分搜集、分析已有资料，理解勘察任务要求，才能针对性地制定出保证安全、经济合理的勘察方案；当有些资料，委托方不一定掌握时，要由委托方委托有关单位查明后，由委托方提供。

勘察方案包括勘探测试手段的选择、勘探点平面布设及勘探测试深度的要求等，勘察方案制定的好坏是保证勘察工作质量、满足工程设计、施工要求、技术经济合理的关键，它要根据场地具体地质条件的复杂程度制定。由于勘察单位对场地地质情况更为了解，故明确勘察方案要由勘察单位在详细了解委托方和设计方要求的基础上由勘察单位制定，避免由委托方和设计方布孔和确定深度，勘察单位只“照打不误”的不正常、不合理现象。

7.1.6　原始资料的真实性是保证工程质量的基础，也是国务院颁发的《建筑工程质量管理条例》提出“勘察成果必须真实准确”的要求。

受场地条件原因未能完成的勘察工作，可在下一勘察阶段继续完成；详细勘察未能完成的勘察工作，如影响施工图设计，要进行补充勘察。

勘察报告中引用工作量要说明引用工作量的来源及与本项目的关系；引用工作量的相关资料要有复印件作为勘察报告的附件；项目场地具备条件完成规定的勘察工作量时不能以引用非本场地工作量代替。

7.1.7　可行性研究勘察对工程项目的安全、投资、决策具有指导意义，所选场地是否适合建设超高层建筑，复杂场地、复杂地基是否适合工程建设，均要作出明确的判断和评价，并对以后的勘察程序、要解决的重点问题、勘探测试手段等提出意见和建议。

7.1.8　对场地做出稳定性评价，是初步勘察的主要内容。稳定性问题要在初步勘察阶段基本解决，

不宜留给详勘阶段。高层建筑的地基基础，基坑的开挖与支护，工程降水等问题，有时相当复杂，如果这些问题都留到详勘时解决，往往因时间仓促可能解决不好，故要求初勘阶段提出初步分析评价，为详勘时进一步深入评价打下基础。

7.1.9 高层建筑特别是超高层建筑，建筑结构等资料在初勘前尚存在一定的不确定性，故初步勘察阶段适当多布置并加深控制性钻孔，可以控制整个场地地质条件，避免孔深不足造成不能满足稳定性、变形评价计算的要求。

7.1.11 详勘阶段建筑总平面布置已经确定，面临单体工程地基基础设计的任务。

1 为了使勘察工作的布置和岩土工程的评价具有明确的工程针对性，解决工程设计和施工中的实际问题，搜集有关工程结构资料，了解设计要求，是十分重要的工作；

2 地基的承载力和稳定性是保证工程安全的前提，工程经验表明，绝大多数与岩土工程有关的事故是变形问题，包括总沉降、差异沉降、倾斜和局部倾斜；变形控制是地基设计的主要原则，分析评价地基的均匀性，提供岩土变形参数，预测建筑物的变形特性是主要任务；根据设计单位要求和业主委托，提倡勘察单位进行变形分析；

3 埋藏的古河道、沟浜，以及墓穴、防空洞、孤石等，对工程的安全影响很大，要予查明；

4 查明软弱地层分布是软弱下卧层验算、基坑支护土压力计算和锚杆，或内支撑支点选择的需要；查明坚硬地层分布是天然地基持力层和复合地基、桩基选择桩端持力层的需要。

5 地下水的埋藏条件是地基基础设计和基坑设计施工十分重要的依据，同时，由于地下水位有季节变化和多年变化，勘察时要提供地下水位及其变化幅度。

6 地下停车场、地下商店等，近年来在城市中大量兴建。这些工程的主要特点是“超补偿式基础”，开挖较深，挖土卸载量较大，而结构荷载很小。在地下水位较高的地区，防水和抗浮成了重要问题。高层建筑一般带多层地下室，需防水设计，在施工过程中有时也有抗浮问题。在这样的条件下，提供防水设计水位和抗浮设计水位成了关键。勘察报告提供的抗浮设计水位争议较大时，要进行专门水文地质勘察，论证抗浮设计水位。

7 勘察工作中，勘察单位要与设计单位互相取长补短、共同解决岩土工程问题。

7.1.12 影响地基基础变形控制设计最重要的因素是地层在水平方向上的不均匀性，地层起伏较大时要补充勘探点，尤其在古河道，埋藏的沟浜，基岩面的局部变化地方。

7.1.13 高层建筑的基础埋深和宽度都很大，钻孔深度适当与否将极大地影响勘察质量、费用和周期。天然地基控制性钻孔的深度考虑了下列要求：

1 等于或略深于地基变形计算的深度，满足变形计算的要求；

2 满足地基承载力和弱下卧层验算的需要；

3 满足支护体系和工程降水设计的要求；

4 满足对某些不良地质作用追索的要求。

花岗岩残积土、全(强)风化岩均属可压缩层，其埋藏深度、厚度变化很大，对勘察等级为甲、乙级的高层建筑，当拟以全、强风化岩作为箱基或筏基天然地基持力层时，为变形计算要查明残积土、全(强)风化岩的厚度和分布深度，当强风化岩厚度很大时，要将强风化岩划分为土状、砂砾状、块状的上、中、下三带。根据经济合理地选择地基持力层和优化地基基础方案的需要，本款规定勘探点宜穿透强风化岩至中等、微风化一定深度，强风化岩厚度较大时宜穿透中带进入下带一定深度。

对于需要进行稳定分析的情况，孔深要根据稳定分析的具体要求确定。对于基础侧旁开挖，需验算稳定时，控制性钻孔达到基底下 2 倍基宽时可以满足；坡顶和坡上的建筑物要结合边坡的具体条件，根据可能的破坏模式确定孔深。

当场地或场地附近没有可信的资料时，至少要有一个钻孔满足划分建筑场地类别对覆盖层厚度的要求。

建筑平面边缘的控制性钻孔，因为受压层深度较小，经过计算，可以适当减小，但要深入稳定地层。

7.1.14 这里勘探点指钻孔、探井，取土样勘探点为可采取原状土样的勘探点，砂卵石与岩层等仍要按标准规定采取扰动土样与岩样。原状土样指的Ⅰ、 Ⅱ级试样，扰动土样则指Ⅲ、Ⅳ级试样；全风化原状样室内试验项目与常规土样一致，计入取土样勘探点；强风化岩样室内点荷载试验项目等与常规土样不一致，不计入取土样勘探点。

原位测试孔是指标准贯入试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验，不包括载荷试验，也不包括连续记录并通过试验数据划分地层的触探，但在标准贯入测试对象如黏土层、砂土层薄且不作为持力层而碎石土层较厚可能作为持力层的情况下，配合钻探针对碎石土层的重型（超重型）动力触探试验孔计入实际原位测试孔数量。

本省详细勘察报告中重型（超重型）动力触探试验主要是配合钻探对碎石土、强风化岩等进行测试，触探统计要求是先单孔再场地，比照原位测试的要求，单孔数据和试验孔数均需 6 个数据。

对于夹层及透镜体取样测试要求，重点要放在持力层及沉降验算深度范围内的地层。某些强--中风化岩石取柱状岩芯样困难，当作为持力层时至少要进行点荷载试验。

《岩土工程勘察规范》GB 50021、《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72 等均未对取土样孔数量作出明确规定，但在勘察实践中经常遇到各种特殊情况，为了更好地解决这些问题而作出特殊情况下的规定：

1 无地下室、且无边坡时，以设计地坪标高确定是否存在可采取原状土样的土层，当采取天然地基浅基础时也可以基底标高作为依据；

2 当有大面积地下室基坑时，基坑内坑底标高以上土层仅对挖方施工及基坑降水有影响，故基坑内取土与原位测试可适当减少；但当坑底标高以上存在某土层，该土层在坑底标高下不再出现，此时要根据需要采取土样试验以满足设计施工的要求。大面积地下室系指勘察对象为全地下室或大部分地面下为地下室的小区、纯地下室；

3 当有边坡时，非边坡部位，设计地坪标高以上土层仅对挖方施工有影响，故设计地坪标高以上取土数量与原位测试可适当减少；但当设计地坪标高以上存在某土层，该土层在设计地坪标高以下不再出现，此时仍要根据需要采取土样试验以满足设计施工的要求。

7.1.15 淋滤作用强烈地区的碎石土、砾砂、粗砂、中砂，赋存盐类较为困难，可不取样做腐蚀性试验。

7.1.16 对于 10 层和高度 24m 以下的丙类和丁类建筑，无实测剪切波速时，可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定，根据土的名称和性状估计土的剪切波速。

山区、丘陵区场地常有岩石已大面积露头，软质岩石波速一般大于 500m/s，硬质岩石波速一般大于 800m/s。

7.2 山区地基

7.2.1 山区地基主要特点：不良地质现象分布较广泛，对建筑物造成直接的或潜在的威胁；岩土力学性质差别大，软硬不均，厚度不均，造成地基变形不均匀；山区水源丰富，山麓地带汇水面积大，极易发生山洪事故；地形高差起伏大，边坡治理难度大。山区地基勘察大多合并了勘察阶段，直接进行详细勘察的建筑用地变更已不可能，尽管在详细勘察阶段评价场地的稳定性、适宜性令勘察企业十分为难，但勘察报告仍需对此进行评价，并将评价重点放在分析场地稳定性的因素和提出应对措施上，必要时提出另行选址的建议。

7.2.2 工程地质条件复杂多变是山区地基的显著特征。在一个建筑场地内，经常存在地形高差较大，岩土工程特性明显不同，不良地质作用发育程度差异较大等情况。因此，进行工程、水文地质测绘与调查很有必要，可在勘察前期指导设计，避免诱发地质灾害和不必要的大挖大填。

7.2.4 山区中山前沟谷、凹地、盆地、峡谷等地貌单元工程地质、水文地质条件差异非常大，查明微地貌的成因类型和形态特征，对场地地质分区具有指导意义；

山区建设场地中，岩溶、滑坡、泥石流、崩塌等比较典型的不良地质作用和地质灾害，是影响场地稳定性与适宜性的主要原因；岩质边坡的形态和坡角，软弱结构面的产状和性质、岩石和结构面的强度指标，对于确定边坡类型和稳定坡率是十分重要，是边坡稳定性分析和边坡设计成败的关键；地下水是影响地基基础、基坑、边坡设计及施工的重要因素。

7.2.5～7.2.6 近几年城市建设高速发展，在新城区的建设过程中，形成了大量的填土场地，当利用其作为建筑物地基时，要进行详细的岩土工程勘察工作，按照设计的具体要求，选择合适的地基处理方法，不允许将未经地基处理的填土作为建筑工程的地基持力层。

7.3 丘陵区地基

7.3.1 丘陵区地基主要特点：分布范围广，地表形态和缓，地势起伏较大，地面崎岖不平，红壤广布，降水量较为充沛，有山间丘陵、山前丘陵和平原丘陵等形态，地质条件复杂，各类地基的岩土物理力学性质差别较大，地基变形破坏形式多样。当丘陵区存在地形高差较大、岩土工程特性和不良地质作用发育等情况时，可按 7.2 节要求执行。中更新统（Q_2）冲积粉质黏土指具有明显的红白相间的网纹状结构特征的黏性土（俗称“红白土”）；白垩系、第三系岩石主要指泥质粉砂岩（俗称“红砂岩”或“红层”）。

7.3.3 中更新统（Q_2）冲积粉质黏土具有低含水率、低压缩性、高强度的特征，根据工程经验，其承载力特征值最大可达 500KPa 以上，现有勘察报告一般按普通黏性土确定承载力特征值，该层土的地基潜力尚未充分发挥，但该层底部常为砂砾石层，其强度从上至下逐渐变低，勘察时要查明垂直方向结构特征。

7.3.4 白垩系、第三系红层基岩是湖南地区较典型的基岩类型，由于沉积环境主要为动荡的湖相沉积及干旱、半干旱环境下的快速堆积沉积，因此沉积环境极不稳定，其矿物成份、碎屑大小、胶结程度差异较大。红层矿物成分主要为石英、方解石和黏土矿物，黏土矿物的含量决定了岩石的力学性质，黏土矿物含量越高，岩体越软，亲水性越强，抗风化能力越弱。

其主要工程地质问题为红层溶（土）洞、软弱夹层、不均匀风化岩体、遇水崩解软化和失水干裂等，勘察时要考虑对工程建设的影响，采取针对性的勘察手段，查明溶（土）洞、软弱夹层发育特征、不均匀风化岩体分布规律、地下水埋藏条件、地表水排泄条件等。

7.3.5 对于厚层风化岩场地，要求提高岩芯采取率，直观的划分岩层风化程度，必要时结合原位测

试、室内试验综合判别；为防止将花岗岩大块孤石误定为基岩，勘探深度要穿过孤石。

7.4 湖区地基

7.4.1 湖区地基主要特点：覆盖层较厚，地表水和地下水的作用对湖区工程建设影响很大，人类工程活动如挖填和吹填对建设工程的影响也不容忽视。

7.4.2 从建设工程的技术要求出发，湖区地基勘察需查明软土的排水固结条件、薄层理与夹砂层特征、土层的水平和垂直向的均匀性、持力层的力学性质和埋藏条件、区域和场地内地下水的联系及其对工程的影响。

7.4.3 大面积软土地基属复杂地基，变化幅度较大，加密勘探点可以提高勘察工作质量。

7.4.4 ～ 7.4.5 湖区地基表面常为硬壳层，深部为厚层卵砾石，厚层卵砾石因沉积环境的变化，常常夹薄层粉细砂层或粉土层，查明他们的变化规律和力学性质对正确评价其作为基础持力层具重要意义。

7.4.6 湖区地基选择地基持力层时要考虑下列因素：湖区大面积软土地基的均匀性将影响横向滑移的稳定性；要尽可能利用地表硬壳层，但湖区硬壳层厚度不大，一般为 1m～2m，过去只把硬壳层作为低等级公路路基，选择硬壳层作为基础持力层时，要分析评价其下卧层的力学性质和变形特征，进行变形验算；选择厚层卵砾石作为基础持力层时，要分析评价其中夹薄层粉细砂层或粉土层对基础持力层的影响。

7.5 复合地基

7.5.1 复合地基由增强后的地基土和增强体两部分组成共同承担荷载。

7.5.2 复合地基勘察在充分了解业主和设计方意图基础上编制勘察纲要，勘察方案要与设计单位相互沟通。

7.5.5 需进行复合地基处理的场地一般按复杂或中等复杂场地考虑，故勘察点间距不规定简单场地。

7.5.6 承受竖向荷载的复合地基勘探孔深度，对中～低压缩性土可取地基附加应力小于或等于上覆土层有效自重应力 20%的深度，对高压缩性土可取地基附加应力小于或等于上覆土层有效自重应力 10%的深度。需验算地基稳定性的勘探孔深度要超过最危险滑动面不小于 5m 或穿透软弱土层进入硬土层不小于 3m。

7.5.8 根据《建筑地基处理技术规范》（JGJ79）、《复合地基技术规范》（GB/T50783）及沪宁高速、福厦高速公路及广西钦防高速公路海相软土处理试验资料，软黏土含水率高于 70%，不排水抗剪强度 Cu 小于 20kPa 时，散体材料桩（墩）会产生侧向鼓出破坏，如碎石桩等，采用这些桩（墩）时需

要测定软黏土的含水率和不排水抗剪强度。

采用水泥作为黏结材料的桩会受地下水、土的腐蚀，黏结质量会受有机质含量、土体 pH 值影响，强度明显减少，甚至不固化，一般软黏土和淤泥质土有机质含量超过 5%时，不宜采用水泥搅拌桩。水泥土的强度随软黏土或淤泥质土中的含水率增大而降低，随着砂粒含量增大，其强度明显增大。因此，采用水泥作为黏结材料的桩要查明地下水、土的腐蚀性，水泥与地基土拌和时要查明地基土的含水率、有机质含量、pH 值等。

欠固结软黏土对采用深层搅拌桩、刚性桩、高压旋喷桩的复合地基有影响，因此，要查明软黏土的超固结比。

当地基土的天然含水率小于 30%时，不建议采用粉喷搅拌桩。

含大孤石或障碍物较多且不易清除的杂填土、硬塑及坚硬的黏性土、密实的砂土等地层不建议采用深层搅拌桩复合地基。

填土路堤和柔性面层堆场下复合地基要进行稳定性分析，要查明稳定分析所需的抗剪强度指标，包括荷载填料的抗剪强度指标。刚度较大基础下的水泥土桩复合地基、填土路堤和柔性面层堆场等工程的复合地基可能需要进行固结分析时要查明软黏土的固结系数。

7.6 桩基工程

7.6.1 桩基础是由桩和连接桩顶的承台组成的深基础，或由柱与桩基连接的单桩基础。若桩身全部埋于土中，承台底面与土体接触，称为低承台桩基；若桩身上部露出底面而承台高于地面以上，则称为高承台桩基，建筑桩基通常为低承台桩基。特殊性岩土对桩基的危害程度较大，在湖南省尤其要查明风化花岗岩的工程特性、埋深、风化界线起伏状态、物理力学性质及水理性质。

7.6.2 岩溶发育场地初勘时一般辅以有效的地球物理勘探手段，详勘时若采用地球物理勘探手段，则要通过钻探验证其准确性。

7.6.3 湖南省洞庭湖区基岩埋藏深，采用摩擦桩较多，湖区湖积层变化大，互层或透镜体变化复杂，摩擦桩勘探点间距若超过 30m 时难以控制地层变化，本标准勘探点布置调整为 20m～30m。对荷载较大的一柱一桩工程，如高层建筑及超限高层建筑，《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72 规定要每柱设置勘探点；而对复杂地基的一柱一桩工程，《岩土工程勘察规范》 GB 50021 规定宜每柱设置勘探点；对于复杂地基的一柱一桩工程，一旦单桩失效，会影响整个工程，故本标准要求每柱设置勘探点。

7.6.4 关于勘探孔深度，《岩土工程勘察规范》 GB 50021 和《高层建筑岩土工程勘察标准》 JGJ/T 72 设置控制性钻孔深度和一般性钻孔深度，两者深度差 2d～3d（d 为桩径）或 2m～3m，湖南有些区域地层层面起伏较大，风化带厚度不一，岩体完整性差异大，控制性孔起不到控制作用，一般性孔深度有时不够，如高规规定一般性勘探孔深度要钻入预计嵌岩面以下 1d～3d，显然 1d 按桩端“梨形头”应力模式其勘探孔深度是不够的。所以，设置控制性钻孔深度和一般性钻孔是一个误区，本

标准规定勘探孔深度均以控制桩端持力层、变形稳定层稳定分析所需深度为原则，确保工程安全。

7.6.5 以基岩作桩端持力层时，桩端阻力特征值取决于岩石的坚硬程度、岩体的完整程度和岩石的风化程度。岩石坚硬程度的定量指标为岩石单轴饱和抗压强度；岩体完整程度的定量指标为岩体完整性指数，即岩体与岩块压缩波速度比值的平方；岩石风化程度的定量指标为波速比，即风化岩石与新鲜岩石压缩波波速之比。因此，岩石的抗压强度、风化程度和岩体的完整性三个指标对桩端阻力和桩侧阻力的大小起关键作用。

7.6.7 单桩极限承载力的确定较可靠的方法仍为桩的静载荷试验，故本标准强调以静载荷试验为主。对于承受较大水平荷载或承受上拔力的桩，鉴于目前计算的方法和经验尚不多，建议进行现场试验。

7.6.8 沉降计算参数和指标，可以通过压缩试验或深层载荷试验取得，对于难以采取原状土和难以进行深层载荷试验的情况，可采用静力触探试验、标准贯入试验、重型动力触探试验、旁压试验、波速测试等进行对比分析，综合评价确定计算参数。

7.6.9 在勘察报告中论及桩基持力层概念时，是涉及桩侧和桩端岩土，而非只考虑桩端岩土。

7.7 基坑工程

7.7.4 周边环境是基坑工程勘察、设计、施工必须首先考虑的问题。周边环境复杂程度是决定基坑工程设计等级、支护结构方案选型等最重要的因素之一，勘察结论和建议亦必须考虑对周边环境的影响。

7.7.5 岩质基坑往往在勘察时难以查明岩层产状及软弱夹层，只有在基坑开挖时才能暴露。那么，岩土工程师要跟踪服务，及时调查量测，复核基坑稳定性，并及时向基坑设计者反馈，复查基坑支护措施是否有效。对于 7 度地震区基坑，通过原位测试及室内试验结果分析判断砂土液化及软土震陷，砂土液化及软土震陷按照《建筑抗震设计规范》GB 50011 判别；7 度地震区当软土承载力特征值≤80kP$_a$、等效剪切波速≤90m/s 时需考虑软土震陷，其震陷量估算可按照《软土地区工程地质勘察规范》JGJ 83 执行。

7.7.6 勘察范围扩到基坑外围后，当用地红线紧靠边线时，要扩展到红线以外进行勘察有困难，通常只有依靠调查，搜集临近工程的勘察和竣工资料来弥补。

7.7.7 基坑勘察深度确定主要考虑基坑支护悬臂桩及基坑整体稳定验算的需要；当遇到坚硬黏性土、碎石土和岩层时，在满足悬臂桩的嵌固深度要求后适当减少勘探孔深度。

7.7.9 基坑工程设计最重要的是支护结构设计计算，岩土抗剪强度指标非常重要，提供不同试验方法得到的抗剪强度指标供设计选取。砂土很难取得原状土样，对砂、砾、卵石层进行水上、水下休止角试验，旨在预估这类土的内摩擦角；岩质基坑控制基坑稳定安全的主要是岩石强度、软弱结构面及岩体完整性，有条件时进行现场试验测定结构面的抗剪强度有实际意义；地下连续墙和排桩支护结构设计，按弹性地基梁计算时，竖向和水平向基床系数是重要参数。岩石极限抗弯强度一般远小于极限抗压强度，但大于极限抗拉强度，平均为抗压强度的 7%～12%；岩石的极限抗剪强度一

般也远小于极限抗压强度，等于或略小于极限抗弯强度。

7.7.11　基坑工程的地下水勘察主要有两个目的，一是满足地下水控制设计需要，二是对环境影响评估的需要。

7.8　边坡工程

7.8.3　边坡类型根据不同的角度划分亦不同，具体见表 9。高度 H≥30m 的岩质边坡及高度 H≥15m 的土质边坡不适用本标准要求，要进行专门勘察与设计，采取有效、可靠的加强措施，今后要加强此方面研究，积累勘察设计经验。

表 9　边坡类型与特征

分类方法	边坡类型	边坡特征
按构成边坡的物质种类	土质边坡	整个边坡均由土体构成，按土体种类又可分为黏性土边坡、膨胀土边坡、填土边坡等
	岩质边坡	整个边坡均由岩体构成，按岩体种类又可分为硬质岩边坡、软岩边坡和风化岩边坡等；按岩体结构分为整体状（巨快状）边坡、块状边坡、层状边坡、碎裂状边坡、散体状边坡等
	岩土混合边坡	边坡下部为岩层、上部为土层，即所谓的二元结构边坡
按边坡高度	高边坡	岩质边坡高度≥30m、土质边坡高度≥20m
	一般边坡	岩质边坡高度在 30m 以下、土质边坡高度在 20m 以下
按坡体结构特征	类均质土边坡	边坡由均质土体构成
	近水平层状边坡	由近水平层状岩土体构成的边坡
	顺倾层状边坡	由倾向临空面（开挖面）的顺倾岩土层构成的边坡
	反倾层状边坡	岩土层面倾向边坡山体内
	块状岩体边坡	由厚层块状岩体构成的边坡
	碎裂状岩体边坡	边坡由碎裂状岩体或断层破碎带、节理密集带构成
	散体状边坡	边坡由破碎块石、砂构成，如强风化层等
按边坡形成过程	自然边坡	在工程范围内，可能影响工程安全的小规模自然斜坡
	人工边坡	由施工开挖或填筑而形成的边坡，若因工程行为而引发山体大规模滑坡的则为工程滑坡；人工边坡又可分为挖方边坡和填筑边坡
按边坡的工程类别	建筑边坡	可分为建筑边坡、基坑边坡
	公路边坡	可分为路堑边坡、路堤边坡
	水工边坡	可分为水坝边坡、渠道边坡、坝肩边坡、库岸边坡
	矿山边坡	可分为露天矿边坡、弃渣场边坡
按边坡使用年限	永久边坡	边坡使用年限超过 2 年
	临时边坡	边坡使用年限不超过 2 年

7.8.5　边坡工程勘察的工作量与勘察等级密切相关，划分边坡工程勘察等级的目的在于突出重点，

区别对待，指导勘察工程的布置。

7.8.6　边坡勘察开展工程地质测绘是必要的；岩土混合边坡中基岩起伏情况影响边坡稳定，土与岩体接触带地下水往往易产生边坡失稳，查明其接触带富水、软化土情况是必要的；边坡勘察地应力测试国内做得很少，但对于山体很高、边坡切方高或地质构造复杂的边坡建议进行地应力测试，以利于边坡支护选型、岩土计算；临水边坡需考虑水位剧降和边坡应力急增情况。

根据我省岩质滑坡的地质调查，凡边坡体内或边坡区域存在断层，容易造成边坡失稳而产生滑坡；在构造地应力集中区域边坡稳定性差，但这种情况不普遍，本条加进这些内容，促使边坡勘察时予以重视。

岩体结构面的结合程度按表 10 确定。

表 10　结构面的结合程度

结合程度	结合状态	起伏粗糙程度	结构面张开度（mm）	充填状态	岩体状况
结合良好	铁硅钙质胶结	起伏粗糙	≤3	胶结	硬岩或较软岩
结合一般	铁硅钙质胶结	起伏粗糙	3～5	胶结	硬岩或较软岩
	铁硅钙质胶结	起伏粗糙	≤3	胶结	软岩
	分离	起伏粗糙	≤3（无充填时）	无充填或岩块、岩屑充填	硬岩或较软岩
结合差	分离	起伏粗糙	≤3	干净无充填	软岩
	分离	平直光滑	≤3（无充填时）	无充填或岩块、岩屑充填	各种岩层
	分离	平直光滑		岩块、岩屑夹泥或附泥膜	各种岩层
结合很差	分离	平直光滑略有起伏		泥质或泥夹岩屑充填	各种岩层
	分离	平直很光滑	≤3	无充填	各种岩层
结合极差	结合极差			泥化夹层	各种岩层

注：1　起伏度：当 R_A≤1%,平直；当 1%＜R_A≤2%,略有起伏；当 2%＜R_A,起伏；其中 R_A=A/L，A 为连续结构面起伏幅度（cm），L 为连续结构面取样长度（cm）,测量范围 L 一般为 1.0m～3.0m；

2　粗糙度：很光滑，感觉非常细腻如镜面；光滑，感觉比较细腻，无颗粒感觉；较粗糙，可以感觉到一定的颗粒状；粗糙，明显感觉到颗粒状。

7.8.7　边坡的调查测绘是边坡勘察中最基本、最主要的工作，它将从宏观上、整体上掌握边坡所在地段的地层岩性、坡体结构和构造格局；判断边坡是否可能发生整体失稳还是局部变形，以及变形的范围、机制和规模大小；并提出勘探线、点的布设，确定钻探深度，以及是否需要进行动态监测等。

根据实践经验，边坡坡体结构可划为下列类型：

1　类均质体结构：如黏性土、黄土、堆积土（崩积、坡积、洪积和冰积）和残积土层结构，无明显软弱夹层，其可能变形类型为坍塌及圆弧滑动。当地下水发育，含水率过高时，会发生溜塌，属于土质边坡稳定问题。

2　近水平层结构：土层、半成岩地层和岩层产状近水平（一般倾角小于 10°），一般较稳定。但有岩体裂隙较发育，裂隙切割贯通形成切层滑坡；亦有上覆层沿下伏基岩面顺层滑动，如膨胀土滑坡；也有同种土层中的滑坡。

3　顺倾层状结构：土层或岩层层面倾向临空面（开挖面），倾角大于 10°，最易形成顺层滑坡。当有软弱岩层或软弱夹层时，倾角 10°～30°最易滑动，当有多个软弱夹层时，会形成多层滑坡，并具牵引扩大特点。当无软弱夹层时，边坡稳定性取决于层面摩阻力与下滑力的对比。这类边坡失稳变形最多，要特别重视。

4　反倾层状结构：岩层面倾向山体内，一般稳定性较好，失稳者少，但有受节理面控制的崩塌；有岩体受构造破碎或下伏软岩时会形成切层滑坡；软质岩层倾角较陡（＞70°）时，易发生倾倒破坏。

5　斜交层状结构：岩质层面倾向坡体或坡面，其层面走向与边坡走向斜交，夹角小于 35°，常受层面和节理面两者控制发生滑坡和崩塌；当夹角大于 35°，很少发生滑坡变形。

6　碎裂状结构：指断层破碎带或多条断层交汇处，岩体十分破碎，边坡易失稳。

7　块状结构：指厚层状岩体，岩块强度高，一般边坡稳定受风化程度和构造面控制。当有倾临空面的构造面及其组合，且有地下水作用时，易发生崩塌和滑坡。

7.8.12　岩石（体）在静载荷作用下随时间推移会出现强度降低的“蠕变效应”（或称“流变效应”），建筑行业岩石（体）蠕变试验进行得不多，根据试验资料，长期强度一般为平均标准强度的 80%。对于有特殊要求的岩质边坡，从安全经济角度出发，进行“岩体蠕变”试验是必要的。

正确确定岩土和结构面的强度指标，是边坡稳定分析和边坡支护设计成败的关键；水文地质测试的前提是确保边坡稳定安全，土质边坡及较破碎、破碎和极破碎的岩质边坡进行抽水、压水或渗水试验过程中有可能导致边坡失稳，故要慎重。

7.8.16　室内试验难以确定边坡结构面抗剪强度，现场边坡因结构面上因素变化无常，现场剪切试验亦存在局限性，所以要准确确定边坡结构面的抗剪强度指标是十分困难的，需要综合试验成果、地区经验，并考虑施工期和运行期各种影响因素，才能合理取值。

无条件进行现场剪切试验时，结构面的抗剪强度指标初步勘察可按表 11 结合类似工程经验确定，详细勘察二级、三级边坡可参照使用，一级边坡要通过反演计算并结合工程经验确定。

表 11　　结构面抗剪强度指标标准值

结构面类型		结构面结合程度	内摩擦角φ（°）	黏聚力 c（kP_a）
硬性结构面	1	结合好	＞35	＞130
	2	结合一般	35～27	130～ 90
	3	结合差	27～18	90～ 50

软弱结构面	4	结合很差	18～12	50～ 20
	5	结合极差（泥化层）	＜12	＜20

注：1　除第 1 项和第 5 项外，结构面两壁岩性为极软岩、软岩时取较低值；

2　取值时要考虑结构面的贯通程度；

3　结构面浸水时取较低值；

4　临时性边坡可取高值；

5　已考虑结构面的时间效应；

6　未考虑结构面参数在施工期和运行期受其他因素影响发生的变化，当判定为不利因素时，可进行适当折减。

当无试验资料和缺少当地经验时，天然状态或饱和状态岩体内摩擦角标准值结合边坡完整程度按表 12 系数折减确定。

表 12　边坡岩体内摩擦角的折减系数

边坡岩体完整程度	内摩擦角的折减系数
完整	0.95～0.90
较完整	0.90～0.85
较破碎	0.85～0.80

注：1　全风化层可按成分相同的土层考虑；

2　强风化基岩可根据地方经验适当折减。

边坡岩体等效内摩擦角宜按当地经验确定。当缺乏经验时，可按表 13 取值。

表 13　边坡岩体等效内摩擦角标准值

边坡岩体类型	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
等效内摩擦角φ_c（°）	φ_c＞72	72≥φ_c＞62	62≥φ_c＞52	52≥φ_c＞42

注：1　适用于高度不大于 30m 的边坡；当高度大于 30m 时，要作专门研究；

2　边坡高度较大时取较小值；高度较小时取较大值；当边坡岩体变化较大时，要按同等高度段分别取值；

3　已考虑时间效应；对于Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ类岩质临时边坡可取上限值，Ⅰ类岩质临时边坡可根据岩体强度及完整程度取大于 72°的数值；

4　适用于完整、较完整的岩体；破碎、较破碎的岩体可根据经验适当折减。

7.8.18　岩质边坡的破坏形式按表 14 划分。

表 14　岩质边坡的破坏形式分类

破　坏形式	岩体特征		破坏特征
滑移型	由外倾结构面控制的岩体	硬性结构面的岩体	沿外倾结构面滑移，分单面滑移与多面滑移
		软弱结构面的岩体	
	不受外倾结构面控制和	块状岩体、碎裂状、散体	沿极软岩、强风化岩、碎裂结构或散体状岩体

	无外倾结构面的岩体	状岩体	中最不利滑动面滑移
	由地质构造和地应力作用的岩土	断层破碎带、富水区及坡脚应力增大。	沿断层破碎带或地应力主方向滑动面滑移
崩塌型	受结构面切割控制的岩体	被结构面切割的岩体	沿陡倾、临空的结构面塌滑；由内、外倾结构不利组合面切割，块体失稳倾倒； 岩腔上岩体沿结构面剪切或坠落破坏
	无外倾结构面的岩体	整体状岩体、巨块状岩体	陡立边坡、因卸荷作用产生拉张裂缝导致岩体倾倒

边坡支护结构常用形式见表 15。

表 15　边坡支护结构常用型式

支护结构	边坡环境条件	边坡高度 H（m）	安全等级	备　注
重力式挡墙	场地允许，坡顶无重要建筑（构）物	土质边坡 H≤10 岩质边坡 H≤12	一级～三级	不利于控制边坡变形，土方开挖后边坡稳定性较差时不应采用
悬臂式挡墙 扶壁式挡墙	填方区	悬臂式挡墙 H≤6 扶壁式挡墙 H≤10	一级～三级	适用于土质边坡
桩板式挡墙		悬臂式 H≤15 锚拉式 H≤25	一级～三级	桩嵌固段土质较差时不宜采用，当对挡墙变形要求较高时宜采用锚拉式桩板墙
板肋式或格构式锚杆支挡结构		土质边坡 H≤30 岩质边坡 H≤50	一级～三级	边坡高度较大或稳定性较差时宜采用逆作法施工，对挡墙变形有较高要求的边坡，宜采用预应力锚杆，一级边坡宜采用格构梁预应力锚杆，但当地质条件复杂时不应采用
排桩式锚杆墙	坡顶建筑（构）物需要保护，场地狭窄	土质边坡 H≤15 岩质边坡 H≤30	一级～三级	有利于对边坡变形控制，适用于稳定性较差的土质边坡、有外倾软弱结构面的岩质边坡、垂直开挖施工尚不能保证稳定的边坡
岩石喷锚		Ⅰ类岩质边坡 H≤30	一级～三级	适用于岩质边坡
		Ⅱ类岩质边坡 H≤30	二级、三级	
		Ⅲ类岩质边坡 H≤15	二级、三级	
坡率法	坡顶无重要建筑（构）物，场地有放坡条件	土质边坡 H≤10 岩质边坡 H≤25	一级～三级	不良地质段，地下水发育区、软塑及流塑状地层不应采用
桩锚结构		土质边坡 H＞20 或 H≤10（地质复杂） 岩质边坡 H＞30 或 H≤	一级	适用于地质条件复杂的一级岩土边坡

		30（地质复杂）		

7.9.1 既有建筑物的改造和保护岩土工程勘察主要是解决在大中城市的建筑密集区进行改建和新建时可能遇到的岩土工程问题。既有建筑物的地基工程属于特种岩土工程，在不同标准中既有建筑物的改造和保护叫法不一，本标准将既有建筑物的改造和保护岩土工程勘察分为了 5 大类：增载勘察指既有建筑物的增载和增层需进行的勘察；纠倾勘察指既有建筑物发生倾斜变形需进行的勘察；加固勘察指既有建筑物发生开裂、基础遭受腐蚀或既有建筑物进行改扩建、抗震设防烈度提高、古建筑物保护需进行的勘察；平移勘察指既有建筑物因保护需平移而进行的勘察；周边环境影响需对其地基基础进行加固或保护的岩土工程勘察指既有建筑物受地下水抽降影响、基坑开挖对邻近建筑物影响、地下工程施工对既有建筑物影响的勘察。

随着高层和超高层建筑、城市地下工程和大型立交工程的日益增多，这些新建建筑物的荷载在既有建筑物地基中引起的应力状态发生改变，引起房屋或构筑物发生倾斜开裂，还有古建筑平移保护、深基坑开挖施工降水控制等问题，必须得到重视和解决，在兴建的同时避免对既有建筑物可能造成危害。

7.10 施工勘察

7.10.1 工程地质条件具有复杂性和不确定性，按一定间距布设勘探点所揭示地质信息存在局限性；详细勘察阶段可能受周边环境条件限制，部分钻孔无法实施；施工阶段可能因周期较长地下水和周边环境会发生变化，出现一些工程地质问题；工程建设项目可能发生设计变更；场地原有勘察资料无法满足工程要求时需要进行补充勘察，对地质资料进行验证、补充或修正。

7.10.3 施工勘察是专门为解决施工中出现的问题而进行的勘察，因此，施工勘察的分析评价、提出的岩土参数、工程处理措施建议要具有针对性。

8　市政基础设施工程勘察

8.1　一般规定

8.1.1　市政工程一般是属于国家的基础建设，是指城市建设中的各种公共交通设施、给水、排水、燃气、城市防洪、环境卫生及照明等基础设施建设，本章主要是针对城市规划区内的道路、桥涵、洞室与隧道、城市轨道交通、室外管道、综合管道与架空线路，城市给排水设施、废弃物处理、堤岸和岸边工程等设施的岩土工程勘察。对于城市郊区和山区道路，当具有城市道路功能时，按本章的要求进行岩土工程勘察。

1　市政工程的重要性等级要结合项目特点，按表 16 划分。

表 16　市政工程重要性等级划分

工程类别		一级	二级	三级
道路工程		快速路和主干路	次干路	支路、公交站和城市广场的道路与地面工程
桥涵工程		特大桥、大桥	除一级、三级之外的城市桥涵	小桥、涵洞及人行地下通道
城市轨道交通		车站主体、各类通道、地下区间、高架区间、大中桥梁、地下停车场、控制中心、主变电站	路基、涵洞、小桥、车辆基地的各类房屋建筑、出入口、风井、施工竖井、盾构始发（接收）井	次要建筑物、地面停车场
隧道工程		均按一级	---	----
室外管道工程	顶管或定向钻施工	均按一级	---	----
	明挖法施工	开挖深度＞8m	5m≤开挖深度≤8 m	开挖深度＜5 m
给排水厂站工程		大型、中型厂站	小型厂站	---
废弃物处理	日处理量	＞1200t/d	200t/d～1200t/d	＜200t/d
	库容	＞1200m^3	200 m^3～1200m^3	＜200m^3
堤岸工程		桩式堤岸和桩式加固的混合式堤岸	圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸	土堤

由于各类市政工程有其自身的项目特点，现就有关问题作如下说明：

1）　关于道路工程，可分为一般路基、高路堤、陡坡路堤和深路堑。一般路基，根据《公路工程地质勘察规范》JTGC20 条文说明，是指在正常情况的地质与水文条件下，填方高度和挖方高度小于规范规定的高度及深度的路基；高路堤通常指拟建道路路面标高明显高于原地面，需要进行一定

厚度填方的路段，上海市《岩土工程勘察规范》规定填土高度大于 2.5m 时为高填土路基；陡坡路堤通常是指地面横坡坡度超过 1:2.5 的路堤；路堑是指低于原地面的挖方路基，根据《建筑边坡工程技术规范》GB50330 土质边坡高度超过 10m、岩质边坡超过 15m，其损坏后可能造成的破坏后果（危及人的生命、造成经济损失、产生不良社会影响）一般是严重或很严重，因此本标准把土质边坡垂直挖方高度超过 10m，岩质边坡垂直挖方高度超过 15m 的路基工程划为深路堑。

2） 城市桥梁分类采用现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTGD 60 表 1.0.5 的划分方法见表 17。

表 17 桥梁涵洞分类表

桥涵分类	多孔跨径总长 L(m)	单孔跨径 L_K (m)
特大桥	L＞1000	L_K＞150
大桥	100≤L≤1000	40≤L_K≤150
中桥	30＜L＜100	20≤L_K＜40
小桥	8≤L≤30	5≤L_K＜20
涵洞	——	L_K＜5

注：1 单孔跨径系指标准跨径；

2 梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长；拱式桥为两岸桥台内起拱线间的距离；其它形式的桥梁为桥面系的行车道长度；

3 管涵及箱涵不论管径或跨径大小、孔数多少，均称为涵洞；

4 标准跨径：梁式桥、板式桥以两桥墩中线之间桥中心线长度或桥墩中线与桥台台背前缘线之间桥中心线长度为准；拱式桥和涵洞以净跨径为准。

2 市政工程的场地复杂程度等级按表 18 划分。

表 18 场地复杂程度等级

等级	场地复杂程度	划分依据
一级	复杂	地形地貌复杂，抗震危险地段，不良地质作用强烈发育，地质环境已经或可能受到强烈破坏，地下水对工程的影响很大；周边环境条件复杂
二级	中等复杂	地形地貌较复杂，抗震不利地段，不良地质作用一般发育，地质环境已经或可能受到一般破坏，地下水对工程的影响较小；周边环境条件中等复杂
三级	简单	地形地貌简单，抗震一般和有利地段，不良地质作用不发育，地质环境基本未受破坏，地下水对工程无影响；周边环境条件简单

3 市政工程的岩土条件复杂程度等级按表 19 划分。

表 19　岩土条件复杂程度等级

等级	岩土条件复杂程度	划分依据
一级	复杂	岩土种类多，很不均匀； 围岩或地基、边坡的工程性质差； 存在需进行专门治理的特殊性岩土
二级	中等复杂	岩土种类多，不均匀； 围岩或地基、边坡的工程性质一般； 特殊性岩土不需要专门治理
三级	简单	岩土种类单一，均匀； 围岩或地基、边坡的工程性质好； 无特殊性岩土

4　市政工程周边环境风险等级可根据工程与工程周边环境的位置关系和相互影响程度，工程周边环境的重要程度及破坏后果的严重程度按表 20 划分

表 20　工程周边环境风险等级

风险等级	划分依据
一级环境风险	工程周边环境与工程相互影响很大，破坏后果很严重
二级环境风险	工程周边环境与工程相互影响大，破坏后果严重
三级环境风险	工程周边环境与工程相互影响较大，破坏后果较严重
四级环境风险	工程周边环境与工程相互影响小，破坏后果轻微

5　市政工程勘察等级按表 21 划分。

表 21　市政工程勘察等级

勘察等级	划分依据
甲级	在工程重要性、场地复杂程度等级、岩土条件复杂程度等级和工程周边环境风险等级中有一项或多项为一级的
乙级	除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目
丙级	工程重要性、场地复杂程度等级、岩土条件复杂程度等级均为三级且工程周边环境风险等级为四级的勘察项目

8.1.2　一般情况下，市政工程勘察可分三个阶段进行，即可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察，

以对应不同的设计阶段。在实际工作中，由于市政工程涵盖的工程类型较多、各项工程的工程规模大小不一、轻重缓急程度有所不同、 已有地质资料亦有所差异， 因此要根据工程的特定条件充分与建设方及设计方沟通，以确定勘察阶段能够满足要求。对中小型市政工程，当场地环境和岩土条件简单或已有资料丰富时，可直接进行详细勘察。对某些市政工程，为满足工程建设进度需要，勘察工作深度可适当超前。在某些特定条件下需要进行施工勘察， 以满足施工图设计或工程施工的需要。

8.1.3 在地基土的分类和试验方法方面，虽然目前各行业标准正逐步与建筑工程的岩土分类体系接近，但由于市政工程种类较多，不同市政工程因设计要求不同，在勘察过程中执行的规范也不相同，可根据设计要求选择相应的规范。一般情况下，城市道路（含城市广场、停车场等）路基土的分类要采用统一分类法，定名及描述要符合现行行业标准《公路土工试验规程》JTGE 40 的规定；城市桥梁、涵洞及人行地下通道工程、洞室与隧道工程、管道工程、给排水工程、堤岸和岸边工程、废弃物处理工程的岩土分类定名与描述则按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 中的相关内容执行。

市政工程勘察中场地土类型、场地类别及地震液化评价等要根据市政工程类别和设计要求选用相应的规范。一般情况下，城市道路按行业标准《公路工程抗震规范》JTGB 02 执行，城市轨道交通线路工程按国家标准《城市轨道交通结构抗震设计规范》GB 50909 执行；其它工程，如城市桥梁、涵洞、人行地下通道、公交场站和城市广场、地面建筑工程、洞室和隧道工程、室外管道工程、给排水厂站、堤岸和岸边等工程的场地地震效应按国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 执行；城市桥梁工程和室外管道工程根据设计要求分别按行业标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 和国家标准《室外给水排水和燃气动力工程抗震设计规范》GB 50032 执行；。

8.1.5 市政工程一般处于建筑密集的街区，因此，市政工程勘察前要从建设单位获取地形图、地下管线及地下设施分布图等资料，以便在勘察期间确保地下管线及地下设施等的安全。

8.2 城市道路工程

8.2.1 丘陵和山区城市道路勘察与公路勘察较为相似，所需解决的岩土问题也相同，详细勘察可采用行业标准《公路工程地质勘察规范》JTG C20。

8.2.2 本条强调城市道路勘察除了满足第 8.1 节各勘察阶段的要求外，还要满足路基设计的特殊要求，如查明沿线各区段的土基湿度情况，提供划分路基干湿类型所需参数。

8.2.5 道路是线状工程，勘探点一般沿中线布置；当道路宽度较大时，中线上的勘探点常常不能控制道路横断面的岩土条件变化，故需在道路两侧交错布置，方能查明拟建道路地质条件；当城区道

路改造时，由于受交通、管线等条件影响，则需灵活布置勘探点。布置横断面勘探点的目的是进一步查明岩土条件横断面方向的变化情况，尤其是在地质条件变化较大的路段，必须布置横断面勘探点加以控制。

8.2.6 洞庭湖区软土及可液化地层厚度及范围较大，是否钻穿软土及可液化地层要视满足地基稳定性分析评价而定；其余地区软土和可液化土层厚度范围不大，原则上钻穿进入稳定地层；填土的厚度往往不均匀，范围分布不明确，原则上钻穿进入稳定地层。

8.3 桥涵工程

8.3.5 初步勘察勘探点尽量布置在桥梁墩台上，如果桥位桥型稳定时，详细勘察可以利用初步勘察成果。

8.3.7 特大桥、大桥的主桥主墩荷载大、对沉降要求高、桥墩尺寸大，2 个勘探点是最低要求，勘探点尽量布置在基础周边或角点上，岩土条件复杂时增加勘探点数。

8.4 洞室和隧道工程

8.4.1 洞室和隧道工程包括市政工程隧道和城市轨道交通工程隧道，各种城市暗挖施工隧道包括山岭隧道和地（水）下隧道。

8.4.4 城市道路山岭隧道与公路隧道相似，围岩分级可参考《公路工程地质勘察规范》JTG C20；《市政工程勘察规范》CJJ 56 的隧道围岩分级与《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 相同，轨道交通隧道和城市道路地（水）下隧道围岩分级可参考《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307。

8.4.10 试验项目往往是在满足提供岩土参数建议值的基础上进行，在特殊的地质结构下，不同的工法会需要不同的岩土参数，故在常规的岩土试验基础上还要根据设计要求进行相应的试验项目，如岩土的热物理性质试验、基床系数试验等；对于城市轨道交通工程，需提供大地电阻率，故原位测试还要进行电阻率测井，电阻率测井测试孔的数量需参照《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 有关规定执行。

8.5 城市轨道交通工程

8.5.1 城市轨道交通工程包括地下工程、高架工程、路基涵洞、地面车站及车辆基地，其中地下工

程、高架工程、路基涵洞属市政基础设施工程，地下工程和高架工程的区间工程分别属隧道工程与桥梁工程，归入本章内容；地面车站和车辆基地的建（筑）物属房屋建筑工程，归入到第 7 章内容。但城市轨道交通工程是一个复杂的系统工程，是各类工程和建筑类型的结合体，一节内容很难囊括所有勘察要求，故要执行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 有关规定，并符合本节的要求。

8.5.2、8.5.5、8.5.9 城市轨道交通工程中的桥梁工程和隧道工程与市政工程中的桥梁工程和隧道工程的土建部分是类似的，同一类建（构）筑物的勘察规定要一致，故城市轨道交通工程的桥梁、隧道勘察要在市政工程桥梁与隧道勘察规定的基础上进行，若有特殊要求另行提出。

8.6 管道和架空线路工程

（I）管道工程

8.6.1 管道工程可分为开槽埋设的管道、顶管及定向钻进施工的管道、盾构施工管道和架空管道四类。本节适用于开槽埋设的管道、顶管及定向钻施工的管道，盾构施工管道可参照第 8.4 节地下洞室和隧道工程有关要求执行，架空管道可参照第 8.6 节有关要求执行。

给水管道一般具有内压，常用钢管、铸铁管、预应力混凝土管及预制钢筋混凝土（或现浇）管敷设，小口径管道也有采用石棉水泥管或塑料管敷设的。排水管道均为无压重力流，以采用混凝土管、钢筋混凝土管居多。大口径（或断面尺寸）的排水管道通常采用砖石砌体、钢筋混凝土矩形管道敷设。煤气、热力和长距离输油、输气管道均具有内压，多用钢管、铸铁管材敷设。各种管道的直径大多在 1400㎜ 以下，干管及重要管道的综合管廊（在大城市内，有时将某些重要干线管放在综合管廊内），有的断面尺寸达到 2000㎜×2000㎜ 以上。管基的埋设深度，除排水管道及大型管道超过 3m 者外，其它多为浅埋管道。

由于管道工程具有上述特点，对地基基础的强度要求不高，一般情况下地基土的承载力特征值均能满足其强度要求，基础采用不厚的混凝土或钢筋混凝土。管道工程常采用直埋管道敷设、顶管法或明挖法施工，通过河谷地段时常采用建管架桥的方式，越岭地段（指丘陵城市和山城）常采用架空线路形式。

8.6.9 工作井和接收井一般面积较小，勘探点沿矩形井角点对角线（或圆形井直径）布置。

8.6.10 由于古河道范围内往往沉积有新近软弱地层，一些暗埋的河、塘、沟浜分布范围内的上部覆盖层常分布有厚度不等、很不均匀的杂填土，其下可能存在淤泥、淤泥质土等软弱土层。在这些

暗埋的河、塘、沟浜分布范围的边缘地带，也往往是软硬地层的交界部位。考虑到管道的震害影响，本标准要求“在管道穿越暗埋的河、塘、沟浜地段，勘探点要适当加密”。

8.6.11 详细勘探孔深度规定说明如下：

4 管道基础要避免可液化土层作持力层，当基底为可能产生流砂或震动液化土层时，考虑对液化土层进行处理或采用桩基等抗震措施，故孔深要钻穿该层。

5 主要是考虑到对软弱地基进行处理与加固的需要。

6 主要是采取人工降低地下水位施工措施时，为降水方法的选择和降水设计提供必要的工程地质依据和计算参数的需要。

8.6.12 土对钢结构腐蚀性判定，一般地区可根据土的视电阻率来进行判定，因此管道沿线要布置视电阻率测试点，其间距宜与线路勘探点间距一致。视电阻率法是现场测试方法，当采用设计指定的其它测试方法判定土的腐蚀性时，测试点的布置根据设计要求和沿线条件确定。除视电阻率法外，也可以采用原位极化法、试片失重法和氧化还原电位法等室内试验方法辅助判定土的腐蚀性。

穿越砂土、卵石和全风化、强风化岩石等地层，对顶管、定向钻等施工有影响时，勘察报告要提供颗粒组成、最大粒径及曲率系数、不均匀系数和抗压强度等。

（II）架空线路工程

8.6.14、8.6.15 初勘阶段要以搜集资料和踏勘调查为主，必要时可做适当的勘探工作。为了能选择地质、地貌条件较好，路径短、安全、经济、交通便利、施工方便的线路，可按不同地质、地貌情况分段提出勘察报告。调查和测绘重点是调查研究路径方案跨河地段的岩土工程条件和沿线的不良地质作用，对各路径方案沿线地貌、地层岩性、特殊性岩土分布、地下水情况也应了解，以便正确划分地貌、地质地段，结合有关文献资料归纳整理提出岩土工程勘察报告。对特殊设计的大跨越地段和主要塔基，要做详细的调查研究，当已有资料不能满足要求时，尚要进行适当的勘探测试工作。

8.6.17、 8.6.18 施工图设计阶段是在已经选定的线路下进行杆塔定位，结合塔位进行工程地质调查、勘探和测试，提出合理的地基基础和地基处理方案、施工方法的建议等。

1 平原地区勘察，转角、耐张、跨越和终端塔等重要塔基和复杂地段要逐基勘探，对简单地段的直线塔基勘探点间距可酌情放宽；根据国内已建和在建的 500kV 送电线路工程勘察方案的总结，结合岩土条件、塔的基础类型、基础埋深和荷重大小以及塔基受力特点，按有关理论计算结果，勘探孔深度一般为基础埋置深度下 0.5 倍～2.0 倍基础底面宽度，表 22 可作参考；

表 22　不同类型塔基勘探深度(m)

塔型	勘探孔深度		
	硬塑土层	可塑土层	软塑土层
直线塔	d+0.5b	d+(0.5～1.0)b	d+(1.0～1.5)b
转角、耐张、跨越和终端塔	d+(0.5～1.0)b	d+(1.0～1.5)b	d+(1.5～2.0)b

注：1 本表适用于均质土层。如为多层土层或碎石土、砂土时，可适当增减；

2 d 为基础埋置深度（m），b 为基础底面宽度（m）。

2　线路经过丘陵和山区，要以塔基稳定性为重点展开勘察工作；主要是查明塔基及其附近是否有滑坡、崩塌、倒石堆、冲沟、岩溶和人工洞穴等不良地质作用及其对塔基稳定性的影响；

3　跨越河流、湖沼勘察，对跨越地段杆塔位置的选择，要与有关专业共同确定：对于岸边和河中立塔，尚需根据水文调查资料（包括百年一遇洪水、淹没范围、岸边与河床冲刷以及河床演变等），结合塔位工程地质条件，对杆塔地基的稳定性做出评价；跨越河边或湖沼时，宜选择在跨距较短、岩土工程条件较好的地点布设杆塔，跨越塔宜布置在两岸地势较高、岸边稳定、地基土质坚实、地下水埋藏较深处；在湖沼地区立塔，则宜将塔位布设在湖沼沉积层较薄处，并需着重考虑杆塔地基环境水对基础的腐蚀性。

架空线路杆塔基础受力的基本特点是上拔力、下压力或倾覆力。因此，要根据杆塔性质(直线塔或耐张塔等)，基础受力情况和地基情况进行基础上拔稳定计算、基础倾覆计算和基础下压地基计算，具体的计算方法可参照行业标准《送电线路基础设计技术规定》 SDGJ 62 执行。

8.7　城市给排水厂站工程

8.7.4　初步勘察阶段勘探点间距根据场地条件和地基复杂程度等级取值，复杂时取小值，简单时取大值。

8.7.7　厂区水处理构筑物承受往复荷载，基础设计应考虑排空水时抗浮和充满水时抗压及地基差异沉降问题。

8.8　堤岸和岸边工程

8.8.1　堤岸根据筑堤材料和结构形式分为三类,这三类堤岸的工程重要性等级依次为一级、二级、三级。

8.8.5、8.8.6　可行性研究勘察、初步勘察要以搜集资料、测绘与调查为主。重点调查和了解场地的水文条件，对已建加固堤岸要根据隐患与险情的特征，查明堤身、堤岸地基的各种病害险情。

8.8.7　勘探点布置需结合基础轮廓线、沿线地段地形地貌、地层变化综合考虑，在每个地貌单元、不同地貌单元交界部位、微地貌和地层变化处、堤岸走向转折点，以及堤岸结构形式变化部位，均要布置勘探点。

8.8.13　详细勘察要查明并评价河岸与河床的冲刷、淤积以及变迁的水文条件，河水与地下水的补给关系，要分析和评价岸坡稳定性。要根据不同的施工方法，提供地基土物理力学指标。

8.9　废弃物处理工程

8.9.1　本条规定了废弃物处理工程的勘察范围。废弃物包括矿山尾矿、火力发电厂灰渣、氧化铝厂赤泥等工业废料，还包括城市固体垃圾等。各种废弃物堆场的特点虽各有所不同，但其基本特征是类似的，勘察工作量布置、手段等基本一致，故工业废渣堆场、垃圾填埋场处理工程等本节不再分开，统一按废弃物处理工程论述。

废弃物处理工程勘察包括堆填场（库区）、初期坝、相关的管线、隧洞等构筑物和建筑物，改扩建工程以及地方建筑材料的选取区域。山谷型废弃物堆场一般由下列工程组成：

1　初期坝一般为土石坝，有的上游用砂石、土工布组成反滤层；

2　堆填场，有的还设截洪沟，防止洪水入库；

3　管道、排水井、隧洞等，用以输送尾矿、灰渣，降水、排水，对于垃圾堆埋场，尚有排气设施；

4　截污坝、污水池、截水墙、防渗帷幕等，用以集中有害渗出液，防止对周围环境的污染，对垃圾填埋场尤为重要；

5　加高坝：废弃物堆填超过初期坝高后，用废渣材料加高坝体；

6　污水处理厂，办公用房等建筑物；

7　垃圾填理场的底部设有复合型密封层，顶部设有密封层；赤泥堆场底部也有土工膜或其他密封层；

8　稳定、变形、渗漏、污染等监测系统。

由于废弃物的种类、地形条件、环境保护要求等各不相同，工程建设运行过程有较大差别，勘

察范围要根据任务要求和工程具体情况确定。

8.9.3 滑坡、泥石流、岩溶、断裂等地质灾害，对工程的稳定有严重威胁，要予以查明。滑坡和泥石流还可挤占库区，减小有效库容。有价值的自然景观包括有科学意义需要保护的特殊地貌、地层剖面、化石群等。文物和矿产常有重要的文化和经济价值，要进行调查，并由专业部门评估，对废弃物处理工程建设的可行性有重要影响。与渗透有关的水文地质条件，是建造防渗帷幕、截污坝、截水墙等工程的主要依据，测绘和勘探时要着重查明。为了确保废弃物处理工程建设及营运期的安全，避免发生渗漏，需要正确评价地基土的强度、变形、渗透特征。湘北地区存在软土地区，地基土的强度低、压缩系数大，要避免由于地基强度不足发生地基整体失稳、差异变形过大引发的污染渗漏等；地基土渗透性指标是防渗设计的重要依据。稳定性评价包括场地整体稳定、坝基稳定性、堆体边坡及自然边坡的稳定性。

8.9.5、8.9.6 初期坝建筑材料及防渗和覆盖用黏土费用对工程的投资影响较大，故要在可行性勘察时确定产地，初步勘察时基本查明。

8.9.7 场区的工程重要性等级：一级工程日处理量≥1200t/d，库容≥1200m^3；二级工程日处理量在 200t/d～1200t/d，库容 200m^3～1200m^3；三级工程日处理量＜200t/d，库容＜200m^3。勘探孔深度以相对隔水层埋深作为控制标准，相对隔水层是指微透水层及不透水层。

8.9.13 垃圾场内勘探点除为防渗加固、治理工程外，勘探点一般不宜穿过已有防渗层，确需穿透已有防渗层时，钻探完成后回填的材料渗透系数不要低于原防渗层的渗透系数。堆体复杂程度等级分为 3 级，复杂堆体是指填埋物种类较多，除单一废弃物以外还有污水污泥等废弃物，或填埋过程大量采用低渗透性的中间覆土；中等复杂堆体是除复杂、简单以外的堆体；简单堆体是指填埋物比较单一且其组分变化不显著的。

8.9.14 对于含有建筑垃圾和杂填土的垃圾堆体，宜采用合金钻头钻具钻探取样和重型动力触探相结合的方法。对于含气垃圾堆体勘察时要观察孔中有无气体逸出，严禁明火与孔口接触，通过调整泥浆密度、保持孔内泥浆高度、在孔口使用三通将气体引出场地以外下风处或其它有效措施避免填埋气引发中毒或发生爆炸、火灾等事故。由于堆体中常含有建筑垃圾、铺设进场道路所用碎石土及其他坚硬填埋物，钻探宜采用带有合金钻头岩芯管。另外，根据以往勘探经验，静力触探易遇到坚硬障碍物，成功概率比较低，设备易损坏。结合钻孔实施重型动力触探成功率比较高，触探结果可为垃圾土分层、软弱夹层鉴别等提供依据。

8.9.16 根据任务委托开展专门勘察或专题研究的内容包括：

1 调查污染物的运移，评价污染对环境的影响；

2 分析预测暴雨和地质灾害对垃圾堆体、坝体的影响，预测垃圾堆体和垃圾坝发生垮塌、滑坡、

沼气爆炸、污水泄漏等突发事件可能造成的影响，提出对策或建议。

8.9.17 废弃物堆体监测内容包括垃圾堆体的渗出液水位、表面水平位移、深层水平位移、堆体表面沉降、填埋气压；设施安全监测对象主要包括垃圾坝、截洪沟、排水沟；不良地质作用安全监测包括边坡（岸坡）、滑坡、泥石流；环境影响监测内容包括地下水环境影响、垃圾渗出液影响、垃圾填埋气体影响和土壤环境影响。

9 不良地质作用和地质灾害

9.1 滑坡

9.1.1 滑坡是一种对工程安全有严重威胁的不良地质作用和地质灾害，影响范围较大，可能造成重大人身伤亡和经济损失，产生严重后果。

9.1.2 湖南省滑坡地质灾害发育主要特征为：斜坡第四系松散堆积层较厚，土体结构松散，滑坡类型以土质滑坡为主，多为推移式滑坡；成因多为综合因素（工程活动加自然因素）；各个县（市、区）都有分布，主要分布于麻阳-洞口雪峰山、湘潭-衡阳、永州市区-道县、北石门-临澧，尤以张家界武陵源区为最；规模以中小型滑坡为主，多属浅层滑坡。

9.1.3 滑坡勘探方法、适用条件及勘探点布设位置见表 23。

表 23 滑坡勘探方法

勘探方法		适用条件及勘探点布设位置
钻探		用于了解滑体结构，滑面（带）的深度、个数、地下水位及水量，观测深部位移，采集滑体、滑带及滑床岩、土、水样
槽探		用于确定滑坡周界、后缘滑壁和前缘剪出口附近滑面的产状及裂隙延伸情况，有时也可用作现场大剪及大重度试验的试坑
井探		用于观察滑体结构和滑面（带）特征、取原状土样和进行原位大剪、大重度试验。主要布在滑坡的主滑线附近
洞探（平洞或斜洞）		用于了解滑坡内部特征，取原状土样和进行原位大剪、大重度试验。适用于地质环境复杂、深层、超深层的滑坡。洞口建议选在滑坡两侧沟壁或滑坡前缘。平洞可兼作观测洞，也可用于汇排地下水，常结合滑坡排水整治施工布置
物探	电法勘探	常用高密度电法，用于了解滑体厚度、岩性的变化，了解下卧基岩起伏和断裂破碎带的分布，了解滑坡区含水层、富水带的分布和埋深。在滑坡规模较大、物性差异较大、地形地物变化较小时采用。勘探线建议布置在主滑线上、剖面线间及支挡工程轴线附近
	地震勘探	常用浅震反射波法，用于探测滑坡区基岩埋深，滑面位置、形状。在非人口密集区滑坡规模较大时采用。勘探线建议布置在主滑线上、剖面线间及支挡工程轴线附近

9.1.7 由于影响滑坡稳定的因素十分复杂，计算参数难以选定，故不能单纯依靠计算，要综合评价，滑坡稳定性定性判别可参考表 24。

表 24 滑坡稳定性定性判别

滑坡要素	稳定性差	稳定性较差	稳定性好

滑坡前缘	滑坡前缘临空，坡度较陡且日常处于地表径流的冲刷之下，有发展趋势，并有季节性泉水出露，岩土体潮湿、饱水	前缘临空，有间断季节性的地表径流流经，岩土体较湿	前缘斜坡较缓，临空高差小，无地表径流流经和继续变形的迹象，岩土体干燥
滑体	滑体平均坡度＞40°，坡面上有多条新发展的滑坡裂缝，其上建筑物、植被有新的变化迹象	滑体平均坡30°～40°，坡面上局部有小的裂缝，其上建筑物、植被无新的变化迹象	滑体平均坡度＜30°，坡面上无裂缝发展，其上建筑物、植被未有新的变化迹象
滑坡后缘	后缘壁上可见擦痕或有明显位移迹象，后缘有裂缝发育	后缘有断续的小裂缝发育，后缘壁上有不明显的变形迹象	后缘壁上无擦痕和明显位移迹象，原有的裂缝已被充填

按照滑面类型，采用圆弧形滑动面、平面滑动面、折线形滑动面分别计算滑坡稳定性。具体稳定性计算方法和滑坡推力计算方法可参照 《建筑边坡工程技术规范》 GB50330 附录 A。

9.2 危岩和崩塌

9.2.1 危岩是指位于陡崖或陡坡上被岩体结构面切割且稳定性较差的岩块。当危岩在重力或有其它外力作用下，突然向下崩落的现象称为崩塌。因此，危岩与崩塌的涵义有所区别，前者是指岩体被结构面切割，在外力作用下产生松动和塌落，后者是指危岩的塌落过程及产物。

9.2.2 湖南省崩塌发育特征主要表现为：以小型崩塌为主，多为岩质崩塌；崩塌规模一般较小，大部分小于 1 万 m^3；人类工程活动与暴雨复合是造成工程崩塌的主要原因，特别是新开挖的国省道公路及铁路沿线崩塌最为发育；零星分布于少数县（市、区），张家界武陵源区大中起伏山地区相对集中，长沙市望城-宁乡剥蚀丘陵冲积台地区、衡阳市北部剥蚀丘陵台地区、永州市双牌县中低起伏山地区较为发育。

形成危岩和崩塌的条件：

1 地形条件：陡峻的斜坡地形是形成崩塌的必要条件，规模较大的崩塌，一般发生在坡度大于 45°、高度大于 30m 的斜坡上。发生崩塌的陡峻斜坡，通常是海、湖、河谷和冲沟的岸坡及陡峻山坡，其坡形可能是直线形、凸形、凹形、阶梯形，只要其他条件具备，都可能发生崩塌；

2 岩性条件：岩性对崩塌的形成具有明显的控制作用，软硬岩互层，因差异风化，坡面凹凸不平，易产生崩塌落石，下部软岩遭受侵蚀，还可产生大规模崩塌；

3 构造条件：地质构造对崩塌的形成同样具有控制作用，与区域构造线平行的地段、断裂交汇处、褶皱核部，往往是崩塌易发地段；结构面（层理、节理、断裂、泥化夹层等）发育，完整性差的岩体，尤其是当岩体内发育的软弱结构面倾向临空面时，被切割的不稳定岩块易发生崩塌；

4　地下水条件：地下水发育地段，表明斜坡地带有连通的节理裂隙，易得到降水或较远处地下水的补给，使得斜坡上方的不稳定岩体更易失稳，形成崩塌；

5　其他条件：降雨、地震、昼夜温差变化、冰雪冻融、不合理的边坡开挖等，都可促使岩体产生崩塌。岩堆结构松散，稳定差，易产生地基沉陷、边坡坍塌或岩堆沿基底滑动等地质病害，要注意研究岩堆的类型、分布范围、物质组成及稳定性。

9.2.8　崩塌形成机理分类见表 25。

表 25 崩塌形成机理分类

类型	岩性	结构面	地貌	受力状态	起始运动形式
倾倒式崩塌	直立岩层	多为垂直节理直立层面	峡谷、直立岸坡、悬崖	主要受倾覆力矩作用	倾倒
滑移式崩塌	多为软硬相间的岩层	有倾向临空面的结构面	陡坡通常大于55°	滑移面主要受剪切力	滑移
鼓胀式崩塌	黏土、坚硬岩层下有较厚软岩层	上部有垂直节理，下部为近水平的结构面	陡坡	下部软岩受垂直挤压	鼓胀伴有下沉、滑移、倾倒
拉裂式崩塌	多见于软硬相间的岩层	多为风化裂隙和重力拉张裂隙	上部突出的悬崖	拉张	拉裂
错断式崩塌	坚硬岩层	垂直裂隙发育，通常无倾向临空面的结构面	大于45°的陡坡	自重引起的剪切力	错落

9.3　泥石流

9.3.2　湖南省泥石流发育特征主要表现为：以泥石流、泥流为主，水石流较少；多处于形成期和发展期；规模主要为中小型；全省的泥石流主要集中在湘南郴州市、湘西南绥宁县和湘西北石门县等地区。

9.3.3　一般情况下，泥石流勘察主要是通过工程地质测绘和调查，重点查明是否有形成泥石流的几大要素（泥石流沟谷区、形成区、流通区和堆积区）存在，测绘和调查的范围要包括泥石流形成区、流通区、堆积区及可能遭受泥石流危害的全部范围。

9.3.5　泥石流勘探方法、适用条件及勘探点布设位置可参考表 26。

表 26　泥石流勘探方法、适用条件及勘探点布设位置

勘探方法	适用条件及勘探点布设位置
钻探	用于了解泥石流体结构，沟床面深度，沟床的岩、土性状，地下水位及水量，

		观测泥石流体的蠕动位移，采集泥石流体、沟床面或形成区的滑坡滑动带岩土试样、水样
槽探		用于确定泥石流或形成区滑坡边界，斜坡岩、土分界线，了解岩、土特征及岩石风化带特征。必要时可作现场大剪的试坑
井探		用于观测泥石流体和沟床面特征，形成区滑坡的滑体结构和滑动带特征，采集原状土样，进行原位大剪试验，采集大容重样，也可作为注水、抽水试验的试坑，主要布置在泥石流主流线上及形成区滑坡主滑线上
洞探		用于了解暂时停息的泥石流沟床面及其下伏的岩层特征，洞口主要选择在泥石流堆积区，平洞可兼作地下水排水洞
物探	电法勘探	常用高密度电法，用于了解滑体或泥石流体厚度、岩性变化、基岩起伏，破碎带，土层中地下水突水带的分布和埋深
	地震勘探	常用浅震反射波法，用于了解泥石流区基岩埋深、断层破碎带

9.4 岩溶

9.4.1 岩溶分布广泛，地质灾害频繁，严重威胁工程安全。事先要查明建设场地内岩溶发育程度和分布规律、岩土的工程特性和地下水埋藏条件，尤其在大量抽吸地下水时，使水位急剧下降，引发土洞的发展和塌陷的发生，有很多这方面经验教训。本标准特别强调岩溶勘察的重要性，关键是要对工程场地地基稳定性作出客观科学的综合评价。

9.4.2 场地岩溶发育程度的分类等级，可相当于划分场地和地基的复杂程度等级，即岩溶强发育地段相当于一级(复杂)场地和地基，岩溶中等发育地段相当于二级(中等复杂)场地和地基，岩溶微发育地段相当于三级(简单)场地和地基。为了尽可能使分级便于操作，对强发育、中等发育和微发育等级分别列出了一些判别条件，这些条件遵循由宏观到微观、由面到点、由表及里的认识过程。随着工作的逐步 深入，岩溶发育程度等级要根据实际条件及时修正。9.4.2 表各等级的 5 项条件中，有一项符合者即可判定为相应岩溶发育等级。

见洞隙率指见洞隙钻孔数量与钻孔总数的百分比。土洞率指见土洞钻孔数量与钻孔总数的百分比。线岩溶率指溶洞、溶隙累计长度与钻探可溶岩总进尺百分比或沿岩层倾向测量线上的溶洞、溶隙累计长度与测量线长度的百分比。

9.4.4 根据多年勘察工作经验，岩溶地区勘察采用钻探与物探相结合的方法较为有效。湖南岩溶地层根据其可溶性岩石的特点，分为碳酸盐岩型和红层岩型两大岩溶地层类型。其中碳酸盐岩地层分布广泛，碳酸盐岩型岩溶区面积约 54324.56km^2，占土地总面积的 25.6%，主要分布在湘西、湘中、湘南、湘东地区，一般厚度在 2000m 以上，局部可达 4000m～5000m，集中成片,大片裸露型岩溶石山区，其中与岩溶有关的碳酸盐岩石主要为石灰岩类、白云岩类、泥灰岩类等。红层主要分布在湘北、湘西、湘东地区，分布面积约 43467km^2，均有不同程度的红层岩溶作用，主要红层岩溶类型可

分为砂砾岩类型、钙泥岩类型和灰砾岩型等。湖南碳酸盐岩型和红层型岩溶面积约 97792km^2，占全省土地面积的 46.2%。与岩溶作用有关地质灾害主要表现为岩溶地面塌陷、岩溶矿山地裂缝与塌陷、岩溶土壤石漠化、岩溶土壤荒漠化等，具有分布面积广、影响范围大、致灾程度重的特点。

9.4.5 岩溶勘察要坚持以岩溶工程地质调查研究为先导的工作程序；遵循从面到点、分区对待、先已知后未知、先地面后地下、先控制点后一般点、先疏后密以及评价中先定性后定量的工作准则。依不同的探测对象和对工程影响程度，合理选用勘探手段；使用物探时，要求有多种方法和手段相互印证，排除假象。

根据碳酸盐岩地层被覆盖埋藏的情况，岩溶地基可分为裸露型岩溶、浅覆盖型岩溶、深覆盖型岩溶和埋藏型岩溶等四种类型：裸露型岩溶指碳酸盐岩直接出露地表，没有或很少被第四系沉积物覆盖；浅覆盖型岩溶指碳酸盐岩部分被第四系沉积物覆盖，覆盖率一般在 30％～70％左右，覆盖层厚度一般小于 30m;深覆盖型岩溶指碳酸盐岩大部分被第四系沉积物覆盖，覆盖率一般在 70％以上，覆盖层厚度一般 30m～100m；埋藏型岩溶地基指碳酸盐岩层被非碳酸盐岩岩层（如砂岩、页岩）覆盖，没有岩溶景观显露地表，埋深大于 100m，最深可达 1000 多米。

9.4.6 物探方法种类较多，常用的有高密度电法、弹性波法、跨孔 CT 法等。初步勘察阶段建议采用高密度电法、弹性波法大致圈定异常范围，详细勘察阶段建议采用跨孔 CT，施工勘察阶段建议采用管波法。由于物探解译具有多解性，异常地段进行钻孔验证是必要的。

9.4.8 土洞的发育条件包括水的下渗运动造成的潜蚀，地下水位在岩面附近波动对土层形成真空吸蚀。土洞的勘察重点要把握下列三个方面：岩溶的发育程度及溶洞充填状况； 水的作用程度；形成土洞土体的特性。

9.4.11 为了结构工程安全，岩溶强发育的地段不适合建造地基基础设计等级为甲、乙级的建（构）筑物。但大量的工程实践证明，岩溶地基经过恰当的处理后，可以做建筑地基。现在建筑用地日趋紧张，在岩溶发育地区要避开岩溶强发育场地非常困难，采取合理可靠的措施对岩溶地基进行处理并加以利用，更加切合当前建筑地基基础设计的实际情况。

9.4.14 地下水活动是岩溶塌陷形成中一种十分重要的动力因素。地下水的活动主要表现为水位的升降及流速、流量、水力梯度的变化，它在塌陷形成中产生多方面的作用：对碳酸盐岩的溶蚀作用；改变岩土体的状态；对水位下岩土体的浮托作用；对岩土体的侵蚀作用；对土体的渗流潜蚀作用；引起岩溶空间的正负压力作用；地下水的搬运作用。在岩溶区进行岩土工程施工时，一定要加强对地下水的控制，切忌盲目抽排。

9.5 采空区

9.5.1 采空区是指地下矿层被开采后形成的地下空间，根据开采现状分为老采空区、现采空区和未来采空区。老采空区是指历史上已经开采过，现已停采的采空区；现采空区是指地下正在开采的采空区；未来采空区是指地下赋存着具有工业开采价值的矿层，在规划中要开采的采空区而尚未开采的采空区。采空区属于隐蔽、复杂、地表变形范围大、容易引发地质灾害的不良地质场地。采空区地表的不均匀下沉和水平变形、垮塌等灾害给工程建设及运营带来了较为严重的安全隐患。由地表移动和变形引起地面塌陷、滑坡和崩塌等次生灾害也时有发生，大面积采空区垮塌甚至可能引发地震，严重威胁工程安全。

9.5.2 对老采空区主要查明采空区的分布范围、埋深、充填情况和密实程度等，评价其上覆岩层的稳定性；对现采空区要预测地表移动的规律，计算变形特征值。通过上述工作判定其作为建筑场地的适宜性和对建筑物的危害程度。

9.5.3 采空区勘察主要通过搜集资料和调查访问，必要时辅以物探、勘探和地表移动的观测，以查明采空区的特征和地表移动的基本参数。工程地质调查与测绘的目的是研究采空区及附近的区域地质构造、地层岩性、水文地质条件、地下采空区的分布位置、采矿状况、地面塌陷程度等。工程物探的目的是在地质调查与测绘的基础上，进行物理探测。工程物探是工程地质勘察的辅助手段，无论采用那一种物探方法，都要在认识测区地质概念模型后进行典型地段（或井旁）的试验，以掌握测区内各电性层的特征和分布规律，进而利于未知地段的解释。

9.5.8 开采条件判别法评价采空区稳定性的关键是要了解采空区的采矿方法、开采范围、开采时间和矿层赋存条件等因素。地表移动变形判别法一般适用于壁式陷落法开采或经过正规设计的条带或房柱式开采的地表稳定性评价。地表沉降观测法建议以通过获得的沉降观测数据，掌握采空区地表当前的下沉速度，从而判断何时可进行工程建设。

由地下采煤引起的地表移动有下沉和水平移动，因地表各点的移动量不相等，而产生三种变形：倾斜、曲率和水平变形。这两种移动和三种变形将引起其上建筑物基础和建筑物本身产生移动和变形。

地表呈平缓而均匀的下沉和水平移动，建筑物不会变形，没有破坏的危险，但过大的不均匀下沉和水平移动，就会对建筑物造成严重的破坏。

地表倾斜将引起建筑物附加压力的重分配。建筑的原均匀荷重将会变成非均匀荷重，导致建筑结构内应力发生变化而引起破坏。

地表曲率对建筑物也有较大的影响。在负曲率（地表下凹）作用下，使建筑物中央部分悬空。如果建筑物长度过大，则在其重力作用下从底部断裂，使建筑物破坏。在正曲率（地表上凸）作用

下，建筑物两端将会悬空，也能使建筑物开裂破坏。

地表水平变形也会造成建筑物的开裂破坏。《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》附录 3 列出了地表移动与变形的四种计算方法:典型曲线法、负指数函数法、概率积分法和数值计算分析法，岩土工程师根据需要选用。

9.5.9 根据地表移动特征、地表移动所处阶段和地表移动变形值的大小等进行采空区场地的建筑适宜性评价，下列场地不适合作为建筑场地：

1 在开采过程中可能出现非连续变形的地段，当采深采厚比大于 25～30，无地质构造破坏和采用正规采矿方法的条件下，地表一般出现连续变形；连续变形的分布是有规律的，其基本指标建议用数学方法或图解方法表示；在采深采厚比小于 25～30，或虽大于 25～30，但地表覆盖层很薄，且采用高落式等非正规开采方法或上覆岩层的地质构造被破坏时，易出现非连续变形，地表将出现大的裂缝或陷坑；非连续变形是无规律的、突变的，其基本指标目前尚无严密的数学公式表示；非连续变形对地面建筑的危害要比连续变形大得多；

2 处于地表移动活跃阶段的地段，在开采影响下的地表移动是一个连续的时间过程，对于地表每一个点的移动速度是有规律的，亦即地表移动都是由小逐渐增大至最大值，随后又逐渐减小直至零。在地表移动的过程中，可以划分为起始阶段、活跃阶段和衰退阶段；其中对地表建筑物危害最大的是地表移动的活跃阶段，是一个危险变形期；

3 在地表倾斜大于 10mm/m 或地表曲率大于 0.6mm/m^2或地表水平变形大于 6mm/m 的地段，对砖石结构建筑物破坏等级已达Ⅳ级，建筑物将严重破坏甚至倒塌；对工业构筑物，此值也已超过容许变形值，有的已超过极限变形值，因此本条作了相应的规定。

应该说明的是，如果采取了严格的抗变形结构措施后，即使是处于主要影响范围内，可能会出现非连续变形的地段或水平变形值较大（10mm/m～17mm/m）的地段，也是可以建筑的。

9.5.10 采深小的采空区一般多为小窑采空区，其采空范围较窄，开采深度较浅，一般多在 50m 深度范围内，但最深也可达 200m～300m，平面延伸达 100m～200m，以巷道采掘为主。顶板无规律自由垮落。因此，地表变形的特征是：由于采空范围较窄，地表不会产生移动盆地。但由于开采深度小，又任其垮落，因此地表变形剧烈，大多产生较大的裂隙和陷坑；地表裂缝的分布常与开采工作面的前进方向平行；随开采工作面的推进，裂缝也不断向前发展，形成互相平行的裂缝；裂缝一般上宽下窄，两边无显著高差出现。

当建筑物位于采空区影响范围之内时，要进行顶板稳定分析，且要在自然塌落影响范围之外，自然塌落角前后不接，第四纪松散层可接。但目前顶板稳定性的力学计算方法尚不成熟。因此，本标准未推荐计算公式。主要靠搜集当地矿区资料和当地建筑经验，确定其是否需要处理和采取何种处理措施。但近年来由于工业用地趋紧，也在经减灾治理的浅埋老采空区上建设了一些重要工业设

施（如热力电厂、水泥和超高层建筑等），从十几年的运行情况看效果良好，因此，经治理的老采空区也是适合建设的场地。

9.6 地面沉降和地面裂缝

9.6.1 常年抽吸地下水引起水位或水压下降而造成的地面沉降，具有沉降速率大、年沉降量大（几十至几百毫米）和持续时间长（一般持续几年到几十年）的特征。本条阐述了地面沉降及地裂缝岩土工程勘察的适用范围，包括三类情况：引起大面积地面沉降的原因是场地及附近存在因抽吸地下水引起水位或水压下降；场地及附近存在的大面积地面沉降，可能对建设工程的安全与正常使用产生不良影响；剧烈的地面沉降边缘区产生地裂缝。

由于下列原因引起的地面沉降不属于本节范畴：

1 局部范围抽吸地下水引起水位下降（例如基坑施工降水）而造成的地面沉降；

2 地质构造运动和海平面上升造成的地面沉降；

3 地下洞穴或采空区的塌陷；

4 建筑物基础沉降对附近地面的影响；

5 大面积堆载造成的地面沉降；

6 欠压密土的自重固结；

7 地震、滑坡等造成的地面陷落。

9.6.2 地面沉降勘察有两种情况，一是勘察地区已发生了地面沉降；二是勘察地区有可能发生地面沉降。两种情况的勘察内容是有区别的，对于前者，主要是搜集地面沉降的相关资料，调查地面沉降的原因、预测地面沉降的发展趋势，并提出控制和治理方案；对于后者，主要是预测地面沉降的可能性和估算沉降量。

9.6.3 地面沉降原因与场地工程地质条件、地下水埋藏条件和地下水变化动态密切相关。国内外地面沉降的实例表明，发生地面沉降地区的共同特点是分布厚度较大的第四纪松散堆积物。当含水层上的黏性土厚度较大，性质松软时，易造成较大沉降。因此，在调查地面沉降原因时，要首先查明场地的沉积环境和年代，以及冲积、湖积或浅海相沉积平原或盆地中第四纪松散堆积物的岩性、厚度和埋藏条件。特别要查明硬土层和软弱压缩层的分布。必要时尚能根据这些地层单元体的空间组合，分出不同的地面沉降地质结构区。

从岩土工程角度研究地面沉降，要着重研究地表下一定深度内压缩层的变形机理及其过程。国内外已有研究成果表明，地面沉降机制与产生沉降的土层的地质成因、固结历史、固结状态、孔隙

水的赋存形式及其释水机理等有密切关系。

抽吸地下水引起水位或水压下降，使上覆土层有效自重压力增加，所产生的附加荷载使土层固结，是产生地面沉降的主要原因。因此，对场地地下水埋藏条件和历年来地下水变化动态进行调查分析，对于研究地面沉降来说是至关重要的。

9.6.4 对已经发生地面沉降的区域，现场调查工作十分重要。地下水集中开采区域，地面沉降大，沉降漏斗附近沉降量变化大，易导致建（构）筑物的开裂或倾斜等。对已发生地面沉降的地区进行调查研究，其成果能综合反映到以地面沉降为主要特征的专门工程地质分区图上。从该图可以看出地下水开采量、回灌量、水位变化、地质结构与地面沉降的关系。

对已发生地面沉降的地区，控制地面沉降的基本措施是进行地下水资源管理。全国范围内的许多地区采取压缩用水量、人工补给地下水和调整地下水开采层次等综合措施，已取得基本控制地面沉降的成效。在这三种主要措施中，压缩地下水开采量使地下水位恢复是控制地面沉降的最主要措施。

向地下水进行人工回灌时，要严格控制回灌水源的水质标准，以防止地下水被污染。

考虑地面沉降的岩土工程勘察与专项地面沉降的研究与调查有区别，本条提出了对重点区域与层位加强观测的要求，即对地面沉降严重区段且可能对建设工程造成严重影响时，需要进行必要的观测工作，地面沉降观测要满足专门的水准测量精度要求。

9.6.5 可能发生地面沉降的地区，一般指具有下列情况的地区：具有产生地面沉降的地质环境模式，如冲积平原、三角洲平原、断陷盆地；具有产生地面沉降的地质结构，即第四纪松散堆积层厚度很大；根据已有地面测量和建筑物观测资料，随着地下水的进一步开采，已有发生地面沉降的趋势。

对可能发生地面沉降的地区，主要是预测地面沉降的发展趋势，即预测地面沉降量和沉降过程。国内外研究成果表明，由于地面沉降区地质条件和各种边界条件的复杂性，采用半理论半经验方法，经实践证明是较简单实用的计算方法。实际工程中，通常寻求某地区地面沉降与地下水位的相关性进行地面沉降的预测，也有根据历年地面沉降的观测资料进行长期预测。

9.6.6 大量工程实例表明，一幢建筑物跨越地裂缝布置，由于地裂缝两侧的位移，会造成建筑物产生不均匀沉降，随着时间的累积，会造成建筑物开裂。因此，在地裂缝场地，原则上任何建筑物不得跨越地裂缝布置。对确需跨越地裂缝布置建筑物的，要采用特殊结构，并进行专门的研究工作。在临近地裂缝变形区布置的重要建（构）筑物的结构主体上布置监测点开展长期监测，也是为了评估地裂缝的活动性对建（构）筑物的影响，以便必要时采取措施。

9.7 活动断裂

9.7.1 一级工程一般是指对社会有重大价值或者有重大影响的工程，其中包括使用功能不能中断或需要尽快恢复的生命线工程，如医疗、广播、通讯、交通、供水、供电、供气等工程。一级工程的具体确定，要按照国务院、湖南省人民政府和各行业部门的有关规定执行。大型工业建设场地以及《建筑物抗震设防分类标准》 GB50223 规定的甲类、乙类及部分重要的丙类建筑属于一级工程。

10　特殊性岩土

10.1　填土

10.1.1　湖南地区填土根据物质组成分为素填土、杂填土，根据堆填方式分为冲填土、压实填土和非压实填土。

1　素填土：由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或多种材料组成，不含或少含杂物。

素填土的工程性质取决于它的均匀性和密实度。在堆填过程中，未经人工压实，一般密实度较差；但堆填时间较长者，在土的自重压密作用下，有的也能达到一定密实度。如堆积时间超过 10 年的黏性素填土，超过 5 年的砂性素填土，均具有一定的密实度和强度。

2　杂填土：由建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物组成的填土。

由于杂填土堆积条件、堆积时间，特别是物质来源和组成成分的复杂和差异，造成杂填土的性质很不均匀，密度变化大；变形大；压缩性大，强度低；孔隙大且渗透性不均匀。

3　冲填土：由水里冲填泥砂形成的填土，俗称“吹填土”。

冲填土的颗粒组成随泥砂的来源而变化，冲填土含水率大，因此冲填土均有不均匀性、透水性能差、排水固结差、压缩性高、强度低的特性。

4　压实填土：按一定的标准控制材料成分、密度、含水率，分层压实或夯实而成。

5　非压实填土：无质量控制要求，随意堆填而成。

10.1.2　在填土分布区，尤其是原来地势低洼或沟道内的填土区，一方面由于填土堵塞了地表水和地下水的排泄通道，导致地下水位上升；另一方面由于填土往往比较松散，降水容易下渗，经常形成局部上层滞水或饱和土体。两种情况均能对场地稳定性及周围地基土造成不良影响，因此要调查地下水与填土分布的关系。

10.1.3　填土的勘察方法，应针对不同的物质组成，采用不同的手段。轻型圆锥动力触探适用于黏性土、粉土素填土，静力触探适用于冲填土和黏性土素填土，圆锥动力触探适用于粗粒填土。杂填土成分复杂，均匀性很差，单纯依靠钻探难以查明，必要时有一定数量的坑探。

10.1.4　素填土和杂填土可能有湿陷性，如无法取样作室内试验，应在现场用浸水载荷试验确定。本条的压实填土指的是压实黏性土填土。

10.1.5　除了控制质量的压实填土外，一般来说，填土的成分比较复杂，均匀性差，厚度变化大，即使堆填年限较长的且具有一定强度的填土，以其作为基础持力层后所产生的不均匀沉降仍不可忽视；对填土经相应地基处理后作为基础持力层的人工地基，若地层分布厚度差异较大，也要充分考虑其不均匀沉降的不利影响。故利用填土作为天然地基持力层时应持慎重态度。

10.2 软土

10.2.2 湖南省范围内软土的主要分布区域为洞庭湖周边区域，包括岳阳市区至湘阴县以西，益阳城区、沅江、汉寿以北，常德城区至澧县一线以东及长江以南合围的洞庭湖区；附图圈定的区域仅具有指导性作用，不代表圈定区域的所有范围均一定分布有软土，使用时应予以注意；同时，除洞庭湖区圈定的范围以外的湖南省区域，尤其是部分临水区域、河流冲积的低阶地区域可能局部分布有软土。在洞庭湖区的软土物质组成上，不同区域也不尽相同，根据湖南省交通规划勘察设计院相关科研成果，总结了安乡软土为代表的质纯不夹薄层砂的软土及君山软土为代表的的具有“千层糕”状软土，上述两类代表性软土虽同属洞庭湖区形成，但在物质组成及力学性质上仍存在一定差异。

10.2.3 考虑到具有暗埋的塘、浜、沟、坑、穴分布的场地在湖南省区域不具有普遍代表性，同时，即使场地内局部地段有类似情况存在，往往在基础施工期间会采取相应处理措施，不会对基础选型及基础施工造成控制性影响，故本标准未对此类情况的场地的勘察作具体要求，但若相关任务要求查明局部区域软土的分布范围和上层填土具体堆填情况时，应视具体任务要求布置勘察工作量。

10.2.4 根据我国软土地区的工程经验，静力触探是软土地区十分有效的原位测试方法，部分地区甚至可用静力触探测试孔取代钻探孔，并总结了相关地区工程经验（承载力指标与测试指标的换算关系），静力触探在我省软土地区使用方面的工程经验有待进一步总结。

10.2.5 本条所列原位测试的方法是公认的适用于软土地区的方法，在软土区勘察时，不宜简单的只采用标准贯入的测试方法，宜采用多种测试手段，具体选择可根据场地具体情况确定。

10.2.6 软土力学参数的确定宜充分结合原位测试的成果进行综合分析，同时，参数指标应注意与测试成果的匹配，不宜简单套用室内试验成果。

10.2.7 考虑到湖南省区域软土分布不具有普遍代表性，对基坑或者边坡支护结构底部分布软土时的抗隆起稳定性容易忽视，在此特别补充，以便于引起重视。

10.3 膨胀土

10.3.1 含有大量亲水矿物，湿度变化时有较大体积变化，变形受约束时产生较大内应力的岩土，判定为膨胀土。

膨胀土的判定采用综合判定，并分初判和终判两步。由于膨胀土在我省的分布具有不规律、不均匀的特点，为有针对性的开展工作，膨胀土的初判非常重要；终判是在初判的基础上结合各种室内试验及邻近工程损坏原因分析进行。

根据对（湘）潭邵（阳）高速公路、常（德）张（家界）高速公路、耒（阳）宜（章）高速公

路、石（门）长（沙）铁路等多个项目膨胀土的研究，湖南省膨胀土的膨胀潜势主要以弱-中为主。

10.3.4 我国平坦场地的大气影响深度一般不超过 5m，考虑到湖南省气候及膨胀土特点，参考《广西壮族自治区岩土工程勘察规范》 DBJT 45-002，中等胀缩岩土的膨胀土大气影响深度为 7m，故取勘察孔深度要求超过 7m。

10.3.7 膨胀土是否可能造成工程的损害以及损害的方式和程度，通过对已有工程的调查研究来确定，是最直接最可靠的方法。

10.4 红黏土

10.4.1 红黏土包括原生与次生红黏土。颜色为棕红或褐黄，覆盖于碳酸岩系之上，液限大于或等于 50%的高塑性黏土，判定为原生红黏土；原生红黏土经搬运、沉积后仍保留其基本特征，且液限大于 45%的黏土，判定为次生红黏土。

湖南红黏土主要分布于湘中湘南地区，湘西地区局部零星分布。湘中湘南地区北起新化-娄底一线，南抵江永、郴州与广东、广西接壤；西起雪峰山脉麓地带洞口-城步，东至永兴-郴州市一带，行政区划包括邵阳、娄底、永州、郴州四个地级市和益阳市、湘潭市、邵阳市、衡阳市、永州市、郴州市的部分市、县共 45 个县（区）市，红黏土面积约 4.4 万平方公里，有涟源-邵阳盆地、祁阳盆地、衡阳-道县盆地（江永-道县-宁远一线）、以娄底、邵阳、永州、郴州的宜章等地较发育，如娄底地区总面积 8140km^2，红黏土约占全地区总面积的 80%。

湘西地区包括永顺、花坦、龙山、吉首，桑植、张家界、沅陵、辰溪部分地区，为洼地、峰丛谷地红黏土，一般厚度不大，面积约 1.4 万 km^2。

10.4.2 红黏土作为特殊性土有别于其他土类的主要特征是上硬下软、表面收缩、裂隙发育。地基是否均匀也是红黏土分布区的重要问题。

本节各条的规定均针对这些特征作出。至于与其他土类具有共性的勘察内容，可按有关章节的规定执行，本节不予重复。为了反映上硬下软的特征，勘察中应详细划分土的状态。红黏土状态的划分可采用一般黏性土的液性指数划分法，也可采用红黏土特有含水比划分法。为反映红黏土裂隙发育的特征，应根据野外观测的裂隙密度对土体结构进行分类。红黏土的网状裂隙分布，与地貌有一定联系，如坡度、朝向等，且呈由浅而深递减之势。红黏土中的裂隙会影响土的整体强度，降低其承载力，是土体稳定的不利因素。

湖南红黏土主要发育于地形舒缓、波状起伏的剥蚀夷平台地、岩溶断陷盆地及岩溶谷地两侧丘陵坡脚。发育于坡脚的红黏土主要为残积、坡残积成因的原生红黏土，而分布于盆地、谷地中心的红黏土主要为冲积、冲洪积成因的次生红黏土。

其基本特征是：由地表向下，上部呈坚硬至硬塑状，厚度一般为 10m～20m，最厚超过 30m，占红土层的大部分；可塑～软塑、流塑状态只占小部分，主要发育于近下伏基岩面的溶蚀沟、槽底部，多呈透镜体状小范围产出；裂隙较发育，常发育网状裂隙，一般可延伸到地下 2m～3m，在雨水作用下，易形成滑坍；盆地、谷地、洼地的次生红黏土多为软土区。

根据湖南省交通规划勘察设计院在省内多条高速公路勘察设计中所获红黏土 563 个试样资料的整理分析，红黏土自由膨胀率平均为 42.5% ，线缩率平均为 6.1%，体缩率平均为 16.4%，收缩系数平均为 0.36；复浸水特性 I 类组数（446 组）略大于Ⅱ类组数（354 组）。

10.4.7 红黏土承载力的确定方法，原则上与一般土并无不同。应特别注意的是红黏土裂隙的影响以及裂隙发展和复浸水可能使其承载力下降。考虑到各种不利的临空边界条件，尽可能选用符合实际的测试方法。过去积累的确定红黏土承载力的地区性成熟经验，应予充分利用。

10.5 污染土

10.5.1 本标准污染土定义不包括环境评价。

10.5.2 湖南地区现阶段污染源主要涉及工业（三废）污染、尾矿堆积污染、垃圾填埋场渗滤液的污染，农药污染等。

工业生产废水废渣污染，因生产或储存中废水、废渣和油脂的泄漏，造成地下水和土中酸碱度的改变，重金属、油脂及其他有害物质含量增加，导致基础严重腐蚀，地基土的强度急剧降低或产生过大变形，影响建筑物的安全及正常使用，或对人体健康和生态环境造成严重影响。尾矿堆积污染，主要体现在对地表水、地下水的污染以及周围土体的污染，与选矿方法、工艺及添加剂和堆存方式等密切相关。垃圾填埋场渗滤液的污染，因许多生活垃圾未能进行卫生填埋或卫生填埋不达标，生活垃圾的渗滤液污染土体和地下水，改变了原状土和地下水的性质，对周围环境也造成不良影响。因人类活动所致的地基土污染一般在地表下一定深度范围内分布，部分地区地下潜水位高，地基土和地下水同时污染。因此在具体工程勘察时，污染土和地下水的调查应同步进行。

污染土勘察包括：对建筑材料的腐蚀性评价、污染对土的工程特性指标的影响程度评价以及污染土对环境的影响程度评价。考虑污染土对环境影响程度的评价需根据相关标准进行大量的室内试验，故可根据任务要求进行。

10.5.3 污染土场地和地基的勘察可分为四种类型，不同类型的勘察重点有所不同。已受污染的已建场地和地基的勘察，主要针对污染土、水造成建筑物损坏的调查，是对污染土处理前的必要勘察，重点调查污染土强度和变形参数的变化、污染土和地下水对基础腐蚀程度等。对已受污染的拟建场地和地基的勘察，则在初步查明污染土和地下水空间分布特点的基础上，重点结合拟建建筑物基础

形式及可能采用的处理措施，进行针对性勘察和评价。对可能受污染的场地和地基的勘察，则重点调查污染源和污染物质的分布、污染途径，判定土、水可能受污染的程度，为已建工程的污染预防和拟建工程的设计措施提供依据。

本条列出污染土现场勘察的适用手段，其中现场调查和钻探(或坑探)取样分析是必要手段，强调污染土勘察以现场调查为主。根据已有工程经验，应先调查污染源位置及相关背景资料。如不重视先期调查，按常规勘察盲目布置很多勘察工作量，则针对性差，有可能遗漏和淡化严重污染地段，造成土、水试样采取量不足，以致影响评价结论的可靠性。

10.5.5 由于污染土空间分布一般具有不均匀、污染程度变化大的特点，勘察过程是一个从表面认知到逐步查明的过程，且勘察工作量与处理方法密切相关，因此污染土场地勘察宜分阶段进行，实际工程勘察也大多如此。在承接常规勘察任务时，首先通过现场污染源调查、采取少量土样和地下水样进行化学分析，初步判定场地地基土和地下水是否受污染、污染的程度、污染的大致范围；然后在已有数据的基础上，经与委托方、设计方交流，并结合可能采用的基础方案、处理措施，明确详细的勘察方法并予以实施。勘察工作应遵循分步实施，循序渐进的原则，并应有很强的针对性。

10.5.6 污染土和水的化学成分试验内容，应根据任务要求确定。无环境评价要求时，测试的内容主要满足地基土和地下水对建筑材料的腐蚀性评价；有环境评价要求时，则应根据相关标准与任务委托时的具体要求，确定需要测试的内容。工程需要时，研究土在不同类型和浓度污染液作用下被污染的程度、强度与变形参数的变化以及污染物的迁移特征等。主要用于污染源未隔离或未完全隔离情况下的预测分析。

10.5.7 对污染土的评价，应根据污染土的物理、水理和力学性质，综合原位和室内试验结果，进行系统分析，用综合分析方法评价场地稳定性和地基适宜性。

考虑污染土和水对建筑材料的腐蚀程度、污染对土的工程特性(强度、变形、渗透性)指标的影响程度、污染土和水对环境的影响程度三方面的判别标准不同，污染等级划分标准不同，且后期处理方法也有差异，勘察报告中宜分别评价。

污染土的岩土工程评价应突出重点：对基岩地区，岩体裂隙和不良地质作用要重点评价。如有些垃圾填埋场建在山谷中，垃圾渗滤液是否沿岩体裂隙特别是构造裂隙扩散或岩体滑坡导致污染扩散等；对松软土地区，渗透性、土的力学性(强度和变形)评价则相对重要。

评价时针对可能采用的处理方法要突出重点，如挖除法处理，则主要查明污染土的分布范围；对需要提供污染土承载力的地基土，则其力学性质(强度和变形参数)评价应作为重点；对污染源未隔离或隔离效果差的场地，污染发展趋势的预测评价是重点。

10.5.11 目前工程界处理污染土的方法有隔离法、挖除换垫法、酸碱中和法、水稀释减低污染程度以及采用抗腐蚀的建筑材料等。需要注意的是污染土在外运处置时要防止二次污染的发生。

环境修复工程国外案例较多，修复方法包括物理方法(换土、过滤、隔离、电处理)、化学方法(酸碱中和、氧化还原、加热分解)和生物方法(微生物、植物)，其中部分简单修复方法与目前我国工程界处理方法类同。生物修复历时较长，修复费用较高。仅从环境角度考虑修复方法时，不需要关注土体结构是否破坏，强度是否降低等岩土工程问题。

10.6 风化岩和残积土

10.6.1 本节专指花岗岩的风化岩和残积土。不同的气候条件和不同的岩类具有不同的风化特征，湿润气候以化学风化为主，干燥气候以物理风化为主。花岗岩类多沿节理风化，风化厚度大，存在球状风化体。风化岩和残积土的共同特点是均保持在其原岩所在的位置，没有经过搬运。

10.6.2 湖南省区域范围内花岗岩的风化岩及残积土主要分布范围：长沙市（岳麓区、望城区、长沙县、宁乡市、浏阳市）、株洲市（芦淞区、渌口区、醴陵市、攸县、茶陵县、炎陵县）、湘潭市（湘潭县、湘乡市、韶山市）、衡阳市（南岳区、衡阳县、衡山县、衡东县、祁东县、常宁市）、邵阳市（邵东市、隆回县、洞口县、绥宁县、新宁县、城步县）、岳阳市（君山区、华容县、岳阳县、临湘市、汨罗市、湘阴县、平江县）、常德市（汉寿县）、益阳市（赫山区、桃江县、安化县）、郴州市（北湖区、苏仙区、资兴市、永兴县、桂东县、汝城县、桂阳县、宜章县、临武县）、永州市（零陵区、双牌县、祁阳县、东安县、宁远县、蓝山县、道县、江华县、江永县）、怀化市（中方县、溆浦县、洪江市）、娄底市（双峰县、新化县、冷水江市），具体详见本标准附录 F，图中圈定的区域仅具有指导性作用，不代表圈定区域的所有范围均一定分布有花岗岩风化岩及残积土，使用时应予以注意。

10.6.3 本条规定了风化岩与残积土岩土工程勘察的任务，对不同的工程应有所侧重。如作为建筑物天然地基时，应重点查明风化岩和残积土的风化均匀性及其物理力学性质，作为桩基础时，应重点查明全风化、强风化的埋深、厚度及力学性质，作为嵌岩桩应重点查明桩端岩层埋深、力学性质，以及破碎带、软弱夹层、岩脉、球状风化体（孤石）的分布和厚度。

花岗岩的风化岩和残积土的厚度往往变化较大，其厚度可以从一米到数十米变化，勘察时应注意风化带的划分；花岗岩的残积土和风化岩层中可能含有球状风化体（孤石），对桩基施工产生很大影响，勘察时应注意识别，提示其对工程的影响；如果风化岩中有破碎带，勘探点间距按本标准相关规定取小值，查明其厚度及力学特性。

在花岗岩地区，在强风化带上部、全风化带及残积土中常见有中、微风化球状风化体（孤石），球状风化体（孤石）的存在使得土石分布不均匀，如将球状风化体误判为基岩易产生不均匀沉降。球状风化体的判别一般可从下列几个方面进行：

1 分布位置在强风化带上部及全风化带、残积土中；

2　球状风化体仅有几厘米厚的风化层薄壳，无论是勘察还是施工掘进中，风化程度不同的风化岩层常有缺失，多呈突变，不符合由残积土-全风化-强风化-中风化-微风化-未风化的风化规律；

3　球状风化体成分多以微风化岩为主，球状风化体内部一般无裂隙，开挖桩孔底部也无裂隙面上常见的铁质浸染；少量为中风化岩体，裂隙较发育；

4　桩孔中验桩时一般能见到弧面。

10.6.4　勘探点布置除遵循一般原则外，对层状岩应垂直走向布置，并考虑具有软弱夹层的特点。

勘探点间距应取本标准相关规定中的小值，对于球状风化发育的地段应加密勘探点间距及加大勘探孔深度。

由于风化岩和残积土遇水易软化和崩解，规定在探井中刻取或在钻孔中采用双重管、三重管取样器采取，目的是为了保证采取风化岩样质量的可靠性。

风化岩和残积土一般很不均匀，取样试验的代表性差，故应考虑原位测试与室内试验结合的原则，并以原位测试为主。

对风化岩和残积土的划分，可采用标准贯入试验、重型圆锥动力触探试验或无侧限抗压强度试验，也可采用波速测试，同时也不排除其他方法。

10.6.5　本条强调花岗岩残积土的黏性土特征，要求做细粒土试验。

10.6.6　花岗岩分布区，接近地表的残积土受水的淋滤作用，氧化铁富集，并稍具胶结状态，形成网纹结构，土质较坚硬，而其下强度较低，再下由于风化程度减弱强度逐渐增加，因此，同一岩性的残积土强度不一，评价时应予以注意。

10.6.7　用标准贯入试验击数进行花岗岩类风化岩与残积土的划分，是根据工程经验和结合岩性确定的。部分规范将杆长校正后的标贯击数 50 击作为划分强风化岩的标准，本次采用实测的标贯击数 70 击作为划分强风化的标准，相当于杆长校正系数取 0.7，但是当杆长超过 30.0m 时，还是应该根据花岗岩强风化野外特征进行鉴别为主，实测标贯击数为辅。

10.6.8　风化岩和残积土的岩土工程评价应注重其特性，包括遇水易软化、崩解，原生结构面产生的软弱面，风化不均产生的球状风化岩等的影响。

虽然花岗岩残积土的压缩系数大都属于中等偏高压缩性，不属于低压缩性土，但载荷试验、沉降观测和工程实践表明，花岗岩残积土的沉降速率是很快的，可与低压缩性土同等对待。

对于花岗岩残积土中黏粒含量较小，且富含地下水的地段，在工程活动及水的共同作用下，有可能形成流土等渗透破坏，实际工程活动中应予以注意。同时应防止花岗岩残积土中黏粒及粉细砂因抽排水或自然冲刷等原因的大量流失从而导致其产生渗透破坏。

11　工程环境专项调查和工程地质测绘

11.1　一般规定

11.1.1　为查明场地以及附近的环境条件，地貌、地质条件，对稳定性和适宜性作出评价，工程环境专项调查和工程地质测绘具有重要的意义。搜集和研究工作区既有的各种环境状况资料、地质资料、了解区域地质情况，初步确定工作的重点、难点、制定工作计划是必不可少的基础工作。对于一些地面观测难以准确定位和追踪的隐伏地质界线或难以准确确定其危险状况的隐藏环境源，要结合挖探、物探、试验检测、监测等手段进行调查。

11.1.3　工程环境专项调查和工程地质测绘范围包括环境条件、地质条件对工程建设可能的影响范围以及工程建设施工、营运对环境、地质可能产生的影响范围。对于特殊环境影响源、地质单元、既有建筑工程、山区和湖区地段，需要扩大工作范围的通过追索法和穿越法查明。

11.1.4　遥感技术解译是工程环境专项调查和工程地质测绘的一种重要手段，具有覆盖面广、信息量丰富等特点。但作为勘察调查方法，遥感技术解译受比例关系、信息技术处理等因素的影响，容易产生图像失真、假象或一些环境、地质现象难以辨识的情况。野外现场验证与工程环境调查和地质测绘结合的方法，可以取长补短，提高成果的质量与效率，一般包括初步解译、野外核验和成图三个步骤。

11.1.5　实测工程地质剖面的目的是为了统一划分岩土地层并确定标准层，小比例尺测绘时可以对一些岩土地层进行合并，但厚度大于 2000 mm 地层和有特殊意义的厚度小于 2000 mm 地层需要单独编录。

当场地工程地质条件较简单或者 1 条实测工程地质剖面就能穿越全部地层时可以只测 1 条剖面，否则要增加实测剖面条数。

11.1.7　测绘的精度要求，主要是指图幅的精确度。精确度包括测绘填图所划分单元的最小尺寸，以及实际单元界线在图上标定时的误差大小两方面。对在测绘填图时所划分单元的最小尺寸及实际单元的界线在图上标定的误差，本条规定了工程地质测绘与项目要求相适应的各种精度要求。要求测绘工作用图比例尺大于或等于成图比例尺以提高测绘的整体精度。地质点的定位精度，对成图的质量影响很大：

1　精密仪器法，适用于大比例尺的工程地质测绘和重要地质点的定位；

2　手持 GPS 法，满足精度要求条件的地质点定位均可以采用；

3　半仪器法，采用罗盘仪测定方位、气压计测定高程或测绳等测量方法，适用于一般地质点或中等比例尺的工程地质测绘；

4　目测法，适用于小比例尺的工程地质测绘或者远离项目边界外围的一般地质点。

11.1.8　地质点的布置是否合理对于测绘成果的质量至关重要。地质点布置在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位、地貌分界线、不良地质作用分界线、地质灾害体和环境破坏部位的边界线上，才能对各种地质体的空间分布进行准确定位控制；对图上面积小于 3mm×3mm 的地质单元体，例如地下水露头点、危岩体等，地质点布置在该地质单元体中心部位也能达到对其进行准确定位控制。地质观测点的密度目前暂无统一规定，但需要说明的是地质点的密度不应机械的采用等间距布置。

11.2　工程环境专项调查

11.2.3　工程环境图是用各种线条、颜色、符号和其他标记，在图中客观地表示工程环境的基础条件、环境工程地质区划以及与其相关的内容。根据工程的需要，可以采用考虑单因子的专题图件和考虑多因子的综合要素图件编制，或者编制系列图件等，如地下管网分布图、重金属污染分布图、地面沉降分布图、地质灾害分布图、河流防洪工程地质条件综合评估图等；为城市综合规划用的环境工程地质系列图件，如规划城市地质环境质量和土地工程能力图系、规划区土地工程能力与适宜性图、水资源规划图、场地地震灾害图、稳定性分区图、深层持力层承载力图、桩基适宜性等级图等。

11.3　工程地质测绘

11.3.1　地貌测绘内容说明如下：

1　构造剥蚀地貌是由于褶皱、断裂或地壳缓慢升降等构造运动和剥蚀作用形成的地貌。其形态类型包括山地、丘陵、剥蚀残山、准平原等；成因类型包括断块山、褶皱山、单斜山、褶皱断块山、夷平面等；

2　山麓堆积地貌分布较广，山麓堆积地貌类型包括坡积裙、洪积扇、山前倾斜平原；微地貌有滑坡堆积区、崩塌堆积区、泥石流堆积区等。测绘时值得注意的是物质组成的变化规律。一般接近山口颗粒较粗，多块石、漂石、卵石、碎石，离山口越远颗粒越细，至洪积扇或山前斜地边缘则以黏性土为主。地下水位一般上游深，下游浅，有的地方出露为泉，有的山前斜地下埋藏自流水；

3　河流地貌包括侵蚀地貌和堆积地貌，是工程地质测绘最常见的地貌，地貌形态多种多样。河流的上游、中游、下游差异很大，上游多侵蚀地貌，下游多堆积地貌。工程地质测绘时应当特别注意研究河流发育与地层、岩性、新构造、不良地质作用的关系，确定阶地的类型、级数、高程和物质组成，以利选定工程场地或路线。河谷横断面形态包括对称谷、不对称谷、阶梯形谷、V 形谷、U

形谷等；纵向特征包括急流、险滩、跌水、瀑布等；河流发育与地质构造关系包括纵向谷、横向谷、斜向谷、背斜谷、向斜谷、单斜谷、断裂谷等；河谷的切割程度包括隘谷、嶂谷、峡谷、宽谷等；河谷发育阶段一般分为青年期、壮年期、老年期。河流中的阶地成因类型包括侵蚀阶地、基座阶地、堆积阶地等，河谷阶地上非河流沉积物包括冰碛、冰水沉积、风积等；

4 冲积平原与河口三角洲地貌是区域性河流中下游堆积地貌的一大特点，测绘时需要注意软土等特殊性岩土的分布；

5 湖泊或沼泽成因类型包括断陷湖、冰川湖、火山湖、泻湖、牛轭湖、内陆湖、湖泊洼地沼泽、分水岭沼泽、山间泉边沼泽等，湖泊或沼泽沉积的地层结构和土质特征包括薄层状结构、纹泥状结构、带状黏土、淤泥和淤泥质土、泥炭和泥炭质土、盐渍土等；

6 活动断裂新近的走滑运动，会使冲沟发生横向变位，是确定新近发生断裂活动和活断层位错方向的重要证据，应当予以注意；

7 岩溶地貌类型包括峰林、石林、岩溶盆地、暗河、岩溶准平原等；岩溶微地貌包括落水洞、竖井、漏斗、溶洞、溶沟、溶槽、石芽、土洞、土洞塌陷等。

11.3.3 地质构造测绘内容说明如下：

1 褶皱又称褶曲，为任何形式的岩层弯曲。由于构造运动产生的层间破碎带、夹泥等为岩体中的软弱部位，往往给工程带来不良的影响，因此在测绘中要作为工作的重点。

2 断层主要从地形、岩层排列、断层面及破碎带的特征识别，断层面上的擦痕方向可推知断层的方向。断层发生时沿断层两侧岩体受强大的剪切和压磨，发生动力变质作用，形成破碎带和构造岩。根据构造的性状、磨碎和动力变质程度，一般分为：断层泥、糜梭岩、断层角砾岩、构造碎裂岩、片状岩。断层角砾岩的角砾与母岩相同。在正断层中，角砾岩岩块多梭角，排列无次序，在逆掩断层中角砾多磨圆磨光，不出现其他混杂物质。断层角砾岩与其他原因的角砾岩不同，在野外工作时需要注意。

3 节理裂隙为岩体中的软弱结构面，在岩土工程中具有较重要的意义：其一，它的发育程度往往影响岩石地基的风化程度，进而影响地基的承载力；其二，裂隙的发育往往影响岩体的强度，或由于其产状与边坡的不利组合而影响边坡稳定。现场测绘时，除对节理的成因与力学性质进行研究外，还需要进行节理裂隙统计，以便确定测区范围内对岩体起主导作用节理组的产状和岩体中节理裂隙的发育程度。

6 强震区断裂应当作为工程地质测绘的重点内容之一，测绘时对下列内容需要进行重点调查：

1） 山区或高原不断上升剥蚀或地形地貌有长距离平滑清晰的界线；

2） 非岩性影响的陡坡、峭壁，深切的直线性河谷，系列滑坡、崩塌及山前叠置的洪积扇；

3） 山谷中或平原山地交界处具有定向断续出现的残丘、洼地、沼泽、盐碱地、湖泊、跌

水、泉及温泉等线性规律；

4） 河流、水系定向排列展布或同向扭曲错动；

5） 第四系地层位移错动，地下水活动异常及地表植被的不同特征，断层带的破碎、胶结特征；

6） 地震断层、地裂缝、岩石崩塌、滑坡、地震湖、河流改道及砂土液化。

11.3.4 在岩土工程勘察、设计、施工过程中，地下水问题始终是一个极为重要的问题，因此在工程地质测绘中要高度重视水文地质方面的工作。岩性及岩体结构是划分、判断透水层和相对隔水层的主要依据，但在一定条件下，特别是构造断裂发育时，可以发生变化，例如，不透水地层中，由于裂隙发育，故有一定的含水性和透水性。因此，在透水层和相对隔水层调查时，要注意结合地层岩性、构造断裂等进行综合分析。

11.3.5 特殊性岩土测绘内容说明如下：

1 人工填土在岩土工程勘察中经常遇到，除了控制质量的压实填土外，一般来说，填土的成分比较复杂，均匀性差，厚度变化大；

2 软土成因对软土的成分、性质和分布特征有重要作用。如海相软土一般为含水率高、强度极低，压缩性很高的淤泥；沼泽相一般形成泥炭或泥炭质土，含大量未完全分解的腐植质，孔隙比、压缩性很高；河滨、池塘沉积的软土分布范围小，有时呈透镜体状；滨海相和三角洲相沉积常海陆交互，软土和相对较硬的土互层；

3 膨胀岩土包括膨胀岩和膨胀土。膨胀岩土的判定目前尚无统一指标和方法，多年来采用综合方法判定；本条规定的测绘内容，是为了综合判定膨胀岩土的需要设定的。即从岩性条件、地形条件、构造条件、水文地质条件、水文气象条件以及当地建筑损坏情况和治理膨胀土的经验等方面，判定膨胀土及其膨胀潜势，进行膨胀岩土评价，为治理膨胀岩土提供资料。

4 本条所指的红黏土是我国红土的一个亚类，即母岩为碳酸盐岩系，经湿热条件下红土化作用形成的一个特殊土类，以高含水率、低密度、强收缩性为其主要特征。亚热带地区玄武岩残积红土与红黏土具有相似的工程特性。红黏土地区的工程地质测绘，是在一般性的工程地质测绘基础上进行的。其内容与要求一般根据工程和现场的实际情况确定；

5 污染土包括工业污染土、尾矿污染土、垃圾填埋场渗滤液污染土、核污染土等。因为致污物质的侵入，污染土对人体健康和生态环境会产生不良的影响；

6 岩石在风化营力作用下，其结构、成分和性质产生了不同程度的变异，可以判定为风化岩。如果完全风化成土而未经搬运的即为残积土。不同的气候条件和不同的岩性具有不同的风化特征，湿润气候以化学风化为主，干燥气候以物理风化为主。花岗岩类多沿节理风化，风化厚度大，存在球状风化体。层状岩多受岩性控制，硅质比黏土质不易风化，风化后层理尚较清晰，风化厚度较薄。

可溶岩以溶蚀为主，有岩溶现象，不具完整的风化带，风化岩保持原岩结构和构造，而残积土则已全部风化成土，矿物结晶、结构、构造不易辨识，成碎屑状的松散体。本条规定的测绘内容，不同工程可以有所侧重。如作为建筑物天然地基时，要着重查明岩土的均匀性及物理力学性质，作为桩基础时应重点查明破碎带和软弱夹层的位置和厚度等。

11.3.6 不良地质作用和地质灾害测绘内容说明如下：

不良地质作用和地质灾害关系密切，有时很难区别，故本节将两者合并叙述。不良地质作用和地质灾害的形成，除了自然因素外，人为因素也十分重要。不良地质作用和地质灾害的种类很多，各行业的规范涉及的种类差别较大，只列入了经常遇见的种类。

1 滑坡的存在对场地和建筑物安全和稳定有重大影响，因此滑坡测绘在岩土工程勘察中占有重要位置。在工程建设初期阶段，要尽早发现滑坡；滑坡的测绘与勘察同步进行，测绘范围应包括滑坡区及其邻近稳定地段。对土质滑坡应注意查明滑坡体上各种裂缝的分布特征，发生的先后顺序，切割和组合关系，分清裂缝的力学属性；对岩体滑坡需要查明岩层层面、节理裂隙、软弱夹层、断层面等产状与斜坡倾向、倾角的相对关系；结合其他滑坡形成条件，分析评价滑坡形成机制。对滑动体上或其邻近建（构）筑物的裂缝调查要注意区分滑坡引起的裂缝和施工质量或其它原因引起的裂缝差异，避免误判造成夸大或降低滑坡造成的经济损失；

2 危岩和崩塌勘察的主要方法是进行工程地质测绘与调查，着重分析研究形成崩塌的基本条件，包括地形条件、岩性条件、构造条件及其他条件(如昼夜温差变化、暴雨、地震、不合理的开采或开挖边坡等都能促使岩体产生崩塌)。危岩和崩塌的测绘一般在选择场址或初步勘察阶段进行。危岩和崩塌的工程地质测绘就是从上述形成崩塌的基本条件入手，分析产生崩塌的可能性及其类型、规模、范围，提出防治方案，预测发展趋势。

3 泥石流对工程的危害很大，工程地质测绘时要注意下列问题：

1） 注意划分泥石流的形成区、流通区和堆积区。泥石流沟谷在地形地貌和流域形态上往往有其特殊反映，典型的泥石流沟谷，形成区多为高山环抱的山间盆地。流通区多为峡谷，沟谷两侧山坡陡峻，沟床顺直，纵坡梯度大。堆积区则多呈扇形或锥形分布，沟道摆动频繁，大小石块混杂堆积、垄岗起伏不平。对于典型的泥石流沟谷，这些区段均能明显划分，但对不典型的泥石流沟谷，则无明显的形成区、流通区和堆积区。

2） 泥石流流入大江大河，往往见不到堆积区。这时，地面调查测绘不能仅从沟口观察是否有堆积区来推断泥石流的存在。

3） 当泥石流流入很窄的河流或沟谷中时，调查时要注意河谷的对岸是否有泥石流堆积物。这种现象有时容易被忽略；

4 岩溶在我国是一种相当普遍的不良地质作用，在一定条件下可能发生地质灾害，严重威协工

程安全。特别是大量抽吸地下水，会使水位急剧下降，引发土洞的发展和地面塌陷发生，我国已有很多实例。岩溶区的工程地质测绘与调查一般在可行性研究或选址阶段进行。本条规定了岩溶场地工程地质测绘需要着重查明的内容，均与岩土工程分析评价密切相关。岩溶洞隙、土洞和塌陷的形成和发展，与岩性、构造、土质、地下水等条件有密切关系。因此，在工程地质测绘时，不仅要查明形态和分布，更要注意研究机制和规律。只有做好了工程地质测绘，才能有的放矢地进行勘探测试，为分析评价打下基础；

5 地面沉降的测绘包括两种情况：一是测区已发生了地面沉降；二是测区有可能发生地面沉降。其测绘内容需要针对不同情况有所区别，对于前者，主要是调查地面沉降的原因，预测地面沉降的发展趋势，并提出控制和治理方案；对于后者，主要应当预测地面沉降的可能性和估算沉降量。地面沉降原因的调查包括场地工程地质条件，场地地下水埋藏条件和地下水变化动态。地裂缝可由多种地质作用引发，如地震活动、滑坡、危岩、岩溶塌陷、采空区塌陷、超采地下水与地面沉降、膨胀土收缩、红黏土收缩等。工程地质测绘调查时，要鉴定其成因，分析与相关地质作用的关系。地裂缝的形态常见有直线形、雁行形、弧形、环形等。

11.3.8 边坡工程测绘内容说明如下：

边坡的调查测绘是边坡勘察中最基本、最主要的工作，它将从宏观上、整体上掌握边坡所在地段的地层岩性、坡体结构和构造格局，判断边坡是否可能发生整体失稳还是局部变形，以及变形的内容、机制和规模大小，并提出勘探线、点的布设位置、数量和深度，以及是否需要进行动态监测等。

岩土的成因和性质决定了其能保持边坡的稳定坡率和高度。土层包括各种成因的黏性土，包括崩积、洪积、冲积、残积、坡积及人工堆积等各种成因的土，各有其不同的颗粒组成、密实程度、含水状态和强度特征，因此有不同的稳定坡率，如坡积土往往造成边坡失稳，勘察中须把坡积土与残积土区分开。查明边坡是否存在特殊性岩土，如对边坡产状不利影响的膨胀土、软土（过湿土）等；不同的岩性对边坡稳定影响很大，如坚硬岩石可能形成数百米的陡坡，而软岩坡高数十米就会发生变形。

根据实践经验，边坡坡体结构类型及特征如下：

1 类均质体结构：如黏性土、堆积土（崩积、坡积、洪积和冰积）和残积土层结构，无明显软弱夹层，其可能变形类型为坍塌及圆弧滑动。当地下水发育，含水率过高时，会发生溜塌，属于土质边坡稳定问题。

2 近水平层结构：土层、半成岩地层和岩层产状近水平（一般倾角小于 10°），一般较稳定。但有岩体裂隙较发育，裂隙切割贯通形成切层滑坡；亦有上覆层沿下伏基岩面顺层滑动，如膨胀土滑坡；也有同种土层中的滑坡。

3 顺倾层状结构：土层或岩层层面倾向临空面（开挖面），倾角大于 10°，最易形成顺层滑坡。当有软弱岩层或软弱夹层时，倾角 10°～30°最易滑动，当有多个软弱夹层时，会形成多层滑坡，并具牵引扩大特点。当无软弱夹层时，边坡稳定性取决于层面摩阻力与下滑力的对比。这类边坡失稳变形最多，应特别重视。

4 反倾层状结构：岩层面倾向山体内，一般稳定性较好，失稳者少，但有受节理面控制的崩塌；有岩体受构造破碎或下伏软岩时会形成切层滑坡；软质岩层倾角较陡（＞70°）时，易发生倾倒破坏。

5 斜交层状结构：岩质层面倾向坡体或坡面，其层面走向与边坡走向斜交，夹角小于 35°，常受层面和节理面两者控制发生滑坡和崩塌；当夹角大于 35°，很少发生滑坡变形。

6 碎裂状结构：指断层破碎带或多条断层交汇处，岩体十分破碎，边坡易失稳。

7 块状结构：指厚层状岩体，岩块强度高，一般边坡稳定受风化程度和构造面控制。当有倾临空面的构造面及其组合，且有地下水作用时，易发生崩塌和滑坡。

11.3.9 成果资料本条只做了一般的内容规定，工程地质测绘资料应当及时整理，测绘的成果可以作为工程勘察成果报告的组成部分，如需要解决某一专题岩土工程问题，也可以整理为单独的工程地质测绘报告。

12　勘探和取样

12.1　一般规定

12.1.1　为达到勘探目的与要求，保证质量与效益，宜将多种勘探手段配合使用，如钻探加触探，钻探加地球物理勘探等。钻探和触探各有优缺点，有互补性，二者配合使用能取得良好的效果。触探的力学分层直观而连续，但单纯的触探由于其多解性容易造成误判，如以触探为主要勘探手段，除非有经验的地区，一般均应有一定数量的钻孔配合；物探成果的解译因场地环境、工程师经验等而具多解性，一般需要钻探成果验证。

12.1.2　勘察纲要是勘察质量、安全、环境保护的基本保障。

12.1.3　通过现场安全、环境、技术交底将项目工作意图传达、落实到每一个作业人员。

12.1.4　勘探点如不妥善回填，可能破坏自然环境、留下安全隐患和造成下列危害：影响人、畜安全；形成地表水和地下水通道，污染地下水；在堤防附近钻孔形成管涌通道，可能引起堤防的渗透破坏；有深层承压水时，在隔水层中形成通道，引起基坑突涌；地下工程、过江或跨海隧道的钻孔可能引起透水、涌砂，影响地下工程安全。因此，一般情况下钻孔、探井和探槽均应回填，且应分段回填夯实。

12.1.5　与住建部 《建设工程勘察质量管理办法》 要求一致。

12.2　勘探点定位与测量

12.2.1　本标准指的勘探点包括钻探、井探、槽探、洞探和物探点。为满足本精度要求，初步勘察和详细勘察应采用仪器测定勘探点位置与高程数据。

12.2.2　当前卫星定位与测量设备技术日臻完善，可以满足勘探点测量与定位要求。钻孔位置的偏差范围值考虑了钻孔测量放样与终孔复测两者之间的偏差。

12.3　钻探

12.3.1　实际工作中钻探单位选择钻探方法只重钻进效率（进尺），而不太重视如何满足勘察技术要求，因此制定勘察工作纲要时，不仅要规定孔位、孔深，而且要规定钻探方法。钻探单位应按任务

书指定的方法钻进，提交成果中也应包括钻进方法的说明。

12.3.2 主要指简易钻探，目的为鉴别地层。简易钻探设备一般有麻花钻、洛阳铲、勺型钻，深度因土层而异，一般为 5m～6m；在市政道路等基础设施勘探中，螺旋麻花钻与轻型动力触探相结合查明路基软土十分有效。

12.3.3 为鉴别与划分地层，一般采用轻便、简易钻探设备，以人力或汽油机等做辅助动力，钻探口径一般为 40mm～60mm。碎石土、填土等容易垮孔，需采用护壁措施，为满足下部基岩或深孔钻探改变孔径需要，要求开孔孔径≥130mm。

12.3.4 关于岩芯采取率，国标仅对岩石有要求，对覆盖层没有明确。本条所列各项要求，是针对既要求直观鉴别地层，又要求采取不扰动土试样的情况提出的，与覆盖层分层深度的精度相关；如果勘察要求降低，对钻探的要求也可相应地放宽。

岩石质量指标 RQD 是岩芯中长度在 10cm 以上的分段长度总和与该回次钻进深度之比，以百分数表示，国际岩石力学学会建议，量测时应以岩芯的中心线为准。RQD 值是对岩体进行工程评价广泛应用的指标。显然，只有在钻进操作统一标准的条件下测出的 RQD 值才具有可比性，才是有意义的。对此本条按照国际通用标准作出了规定。

12.3.5 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 对钻探操作的具体方法编写详细，也是钻探技工必须学习与掌握的，故在本标准中不再罗列。

12.3.6 钻探野外记录是一项重要的基础工作，也是一项有相当难度的技术工作，因此应由持证上岗的描述员来承担，也是《建设工程勘察质量管理办法（修订稿）》（建质技函[2019]2 号）重点要求。野外描述一般以目测手触鉴别为主，结果往往因人而异。为实现岩土描述的准确性，应充分采用信息化手段实时采集、记录、存储勘探数据（原始记录），利用工作群（企业微信等平台）及时将信息共享，开展远程“会诊”。有条件可补充一些标准化定量的鉴别方法，将有助于提高钻探记录的客观性可比性，推荐采用微型贯入仪测定土的状态；用点荷载仪判别岩石风化程度和强度等。钻探记录格式的统一也是标准化、规范化管理的要求。

12.3.7 基于数码信息技术的不断进步，信息化手段实时采集、记录、存储勘探数据可以满足原规范对岩芯实物保存的要求。本条 2、3 款主要为满足勘察期间质量管理要求，外业验收时要查对岩芯与钻孔记录。

12.3.8 不封孔有可能恶化工程地基、隧道地质条件和污染环境，对位于大江、大河及堤防的勘探点，应根据当地堤防管理部门的要求回填、平整，并做好记录备查。

12.4 井探、槽探和洞探

12.4.4 作业安全是保障，重点应采取下列措施：井、槽、洞等洞壁应根据地层条件设支撑保护，保障人身安全和工程进度；开挖过程中的土石方堆放位置应不影响作业安全，避免产生附加土压力而塌方；对情况不明的井、坑、洞或旧矿区作业前，应进行有毒、有害气体测试并采取通风措施，避免发生人身安全事故；采取支护措施时要考虑保障观测、取样、编录和拍照工作

12.5 工程物探

12.5.1 本条重点突出加强工程物探的质量管理，只有在勘察纲要明确工程物探要求，才会突出物探质量管理。

12.5.2 根据勘察纲要的要求，由专业工程师制定物探方案，执行现行工程地球物理勘探规程的有关规定，在方案中把物探的计划、方法、工作量、评判标准、预估的效果等一一说明，更有利于项目质量管理。

12.5.3～12.5.4 物探方法有多种，要解决什么样的工程地质问题，如何选择有效的物探测试方法，只有工程地质、岩土工程与地球物理勘探的工程师密切配合，共同制定方案，才会达到目的；

12.5.5 地球物理勘探发展很快，不断有新的技术方法出现。如近年来发展起来的瞬态多道面波法、地震 CT、电磁波 CT 法等，效果很好。铁路部门物探技术应用较多，方法成熟，附录 H 主要引自现行的 《铁路工程地质勘察规范》 TB 10012。

近年来广东、广西等地区在岩溶场地桩基施工超前钻中结合钻孔发展了管波探测法，湖南省地质工程勘察院在这方面也进行了技术引进与创新，均取得了较好效果，相关科技单位如上海岩联工程技术有限公司等与相关单位合作已研制了管波测试仪。该种方法最大探测深度 100m，探测有效直径大于 2m，可以分辨大于 0.3m 的孔旁溶洞，可以分辨大于 5cm 的裂隙、软弱岩层、桩底沉渣等，该方法与井下物探单孔声波探测的方法、基本原理、应用范围、适用条件等相一致，在附录 H 中增列。

12.5.6 ～12.5.7 工程物探是岩土工程勘察的辅助手段，受场地环境影响不同而解译成果不同，采用两种物探方法进行平行验证可以提高解译成果的准确性。无论采用哪种物探方法，都应在认识测区地质概念模型后，选择典型地段（或钻孔）进行试验，以掌握测区内各地层物探参数的特征与分布规律，进而有利于未知地段的解译。

12.5.8 工程物探是岩土工程勘察的综合勘探手段之一，通常在岩土工程勘察报告中有一个章节介绍工程物探的情况,但要作为成果文件的一个附件；有些特殊勘察项目需要进行专门物探工作,需要

提供专项成果文件。

12.6 取样

12.6.1 不同的试验目的对土样的质量等级要求不同，可根据试验内容选择试样质量等级，实际工作中不要求一个试样做所有的试验。

12.6.2 随着国家的创新能力与技术进步，取土器材料与制造技术等标准不断更新，2018 年 4 月住建部先后发布了《三重管单动回转取土器》JG/T 555、 《三重管双动回转取土器》 JG/T 556、《束节式取土器》JG/T 553 等标准，取代了原取土器标准。上述标准对引用标准进行了更新，采用了国内最新技术标准，可以采取Ⅰ级土试样。如三重管单动回转取土器 TD108×74 调整为 TD108×75、衬管内径由 74mm 调整为 75mm，由原规范中依据《地质钻探用钢管》YB235 调整为按照《钻探用无缝钢管》GB/T 9808 要求制定。

厚壁敞口取土器，系指我国目前大多数单位使用的内装镀锌管铁皮衬管的对分式取土器，与国际上惯用的取土器相比，性能相差甚远，最理想的情况下，也只能取得Ⅱ级土样，不能视为高质量的取土器，应逐步予以淘汰，代之以塑料或酚醛层压纸管。

12.6.3 取土器的基本技术参数包括内外径尺寸、面积比、内间隙比、外间隙比、衬管等。内外径尺寸是否合理，关系到土样的质量；面积比与土样扰动程度直接相关；内、外间隙比是取土器与土样之间摩擦力的标志，均是取土器的重要参数。

12.6.7 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 对不同类型试验要求的岩石质量、尺寸不同，现场取样时应充分考虑试验目的与要求。

12.6.8 水、土有可能对建筑材料产生腐蚀性危害，当有资料或足够经验能确定场地的土或水（地下水或地表水）对建筑材料为微腐蚀时，可不取样进行腐蚀性评价，否则，应取水、土样进行腐蚀性评价。地下水位以上的构筑物，规定只取土样，不取水样，但实际工作中应注意地下水位的季节变化幅度，当地下水位上升可能浸没构筑物时，仍应取水样进行水的腐蚀性测试。当有多层地下水时应分层采取水试样。

12.6.9 本条主要为规范取水样方法，以保证试验结果真实性。

13　原位测试

13.1　一般规定

13.1.1　原位测试是岩土工程勘察十分重要的手段，在探测地层分布、测定岩土特性、确定地基承载力等方面有突出的优点，应与钻探取样和室内试验配合使用。本条规定了原位测试方法选用时应考虑的因素中，测试方法的适用性最为重要。

13.1.2　为了做好原位测试工作，测试前要编制测试方案。当需要与其他专业相配合时，在测试方案中应予以说明，并注明相关要求，以便顺利地进行测试，保证满足工程设计的需要。

13.1.3　本条强调各类原位测试现场操作应按照相关技术规程进行，以确保获得测试数据可靠。

13.1.4　造成各种原位测试所得试验数据误差的因素较为复杂，有测试仪器、试验条件、试验方法、操作技能、土层的不均匀性等，对此应有基本估计，并剔除异常数据，提高测试数据的精度。静力触探和圆锥动力触探在软硬地层的界面上有超前和滞后效应，应予注意。

13.1.5　原位测试成果的应用，应以工程经验为依据。

13.2　载荷试验

13.2.1　平板载荷试验是在岩土体原位，用一定尺寸的承压板，施加竖向荷载，同时观测承压板沉降，测定岩土体承载力和变形特性；螺旋板载荷试验是将螺旋板旋入地下预定深度，通过传力杆向螺旋板施加竖向荷载，同时量测螺旋板沉降，测定土的承载力和变形特性。

常规的平板载荷试验，只适用于地表浅层地基和地下水位以上的地层。对于地下深处和地下水位以下的地层，浅层平板载荷试验已显得无能为力。以前在钻孔底进行的深层载荷试验，由于孔底土的扰动，板土间的接触难以控制等原因，早已废弃不用。深层平板载荷试验适用于地下水位以上的一般土和硬土。进行螺旋板载荷试验时，如旋入螺旋板深度与螺距不相协调，土层也可能发生较大扰动；当螺距过大，竖向荷载作用大，可能发生螺旋板本身的旋进，影响沉降的量测。上述这些问题，应注意避免。

13.2.2　一般认为，载荷试验在各种原位测试中是最为可靠的，并以此作为其他原位测试的对比依据，但这一认识的正确性是有前提条件的，即基础影响范围内的土层是均质的。实际上，土层往往是非均质土或多层土，当土层变化复杂时，载荷试验反映的承压板影响范围内地基土的性状与实际基础下地基土的性状将有很大的差异。故在进行载荷试验时，对尺寸效应要有足够的估计。

13.3 静力触探试验

13.3.1 静力触探试验是用静力匀速将标准规格的探头压入土中，同时量测探头阻力，测定土的力学特性，具有勘探和测试双重功能；孔压静力触探试验除静力触探原有功能外，在探头上附加孔隙水压力量测装置，用于量测孔隙水压力增长与消散。目前国际上已较广泛采用多功能探头，国内部分院校也引进多功能 CPTU 系统。集成化探头可测试计算端阻、侧阻、倾斜、孔隙水压、地温、剪切波速、电阻率、水位、pH 值、数字图像等多种参数。

13.3.3 对静力触探的技术要求中的主要问题作如下说明：

1 圆锥截面积，国际通用标准为 10cm^2,但国内勘察单位广泛使用 15cm^{2}的探头；10cm^{2}与 15cm^{2}的贯入阻力相差不大，在同样的土质条件和机具贯入能力的情况下，10cm^{2}比 15cm^{2}的贯入深度更大；向国际标准靠拢，最好使用锥头底面积为 10cm^2 的探头。探头的几何形状及尺寸会影响测试数据的精度，故应定期进行检查。以 10cm^2 探头为例，锥头直径 d_e、侧壁筒直径 d_s 的容许误差分别为:34.8≤d_e≤36.0mm；d_e≤d_s≤d_e＋0.35mm；锥截面积应为 10.00cm^2±(3%～5%)；侧壁筒直径必须大于锥头直径，否则会显著减小侧壁摩阻力；侧壁摩擦筒侧面积应为 150cm^2±2%；

2 贯入速率要求匀速，贯入速率（1.2±0.3）m/min 是国际通用的标准；

3 探头传感器除室内率定误差（重复性误差、非线性误差、 归零误差、温度漂移等）不应超过±1%FS 外，特别提出在现场当探头返回地面时应记录归零误差，现场的归零误差不应超过 3%，这是试验数据质量好坏的重要标志；探头绝缘度不应小于 500MΩ 的条件，是在 3 个工程大气压下保持 2h；

4 贯入读数间隔一般采用 0.1m，不超过 0.2m，深度记录误差不超过±1%；当贯入深度超过 30m 或穿过软土层贯入硬土层后，应有测斜数据；偏斜度明显时应校正土层分层界线；

5 为保证触探孔与垂直线间的偏斜度所使用探杆的偏斜度应符合标准：最初 5 根探杆每米偏斜小于 0.5mm，其余小于 1mm；当使用的贯入深度超过 50m 或使用 15 次～20 次后，应检查探杆的偏斜度；如贯入厚层软土后再穿入硬层土，每用过一次应作探杆偏斜度检查。触探孔一般至少距钻探孔 2m。静力触探宜在钻孔前进行，以免钻孔对贯入阻力产生影响。

13.3.4 静力触探成果分析做下列说明：

1 绘制各种触探曲线应选用适当的比例尺；

2 利用静力触探贯入曲线划分土层时，可根据 q_c（或 p_s）、R_f 贯入曲线的线型特征、u 或（Δu）或[Δu/（q_c-p_0'）]等，参照邻近钻孔的分层资料划分土层。利用孔压触探资料，可以提高土层划分的能力和精度，分辨薄夹层的存在。

13.3.5 利用静探资料可估算土的强度参数、浅基或桩基的承载力、砂土或粉土的液化判定。只要

经验关系经过检验已证实是可靠的，利用静探资料可以提供有关设计参数。利用孔压静探资料评定土的应力历史方面还有待于积累经验。

13.4 圆锥动力触探试验

13.4.1 圆锥动力触探试验是用一定质量的重锤，以一定高度的自由落距，将标准规格的圆锥形探头贯入土中，根据打入土中一定距离所需的锤击数，判定土的力学特性，具有勘探和测试双重功能。本标准列入了三种圆锥动力触探（轻型、重型和超重型）。轻型动力触探的优点是轻便，对于施工验槽、填土勘察、查明局部软弱土层、洞穴等分布，均有实用价值。重型动力触探是应用最广泛的一种，其规格标准与国际通用标准一致。超重型动力触探的能量指数（落锤能量与探头截面积之比）与国外的并不一致，但相近，适用于碎石土。表中所列贯入指标为贯入一定深度的锤击数（如 N_{10}、$N_{63.5}$、N_{120}），也可采用动贯入阻力。

13.4.2 动力触探试验的工作布置和试验指标的数量应体现出代表性，符合试验指标数理统计的概括性要求。

13.4.3 本条考虑了影响试验成果的因素：

1 锤击能量是动触试验最重要的因素，采用控制落距的自动落锤方式其目的是使锤击能量比较恒定，要求保持杆件垂直，探杆的偏斜度不超过 2%，锤击时防止偏心及探杆晃动；

2 触探杆与土间的侧摩阻力是试验的另一重要因素，可采取下列措施减少侧摩阻力的影响：使探杆直径小于探头直径，在砂土中探头直径与探杆直径比应大于 1.3，在黏土中直径比可小些；贯入一定深度后旋转探杆，每米转动一圈或半圈，以减少侧摩阻力；贯入深度超过 10m 后每贯入 0.2m 转动一次；探头的侧摩阻力与土类、土性、杆的外形、刚度、垂直度和触探深度等均有关，很难用一固定的修正系数处理，应对贯入深度加以限制，采取切合实际的措施减少侧摩阻力；

3 锤击速度也影响试验成果，一般采用每分钟 15 击～30 击，砂土、碎石土中因锤击速度影响不大可采用每分钟 60 击，黏性土中击入的间歇会使侧摩阻力增大，贯入过程应不间断地连续击入；

4 地下水位对击数与土的力学性质关系影响不大，但对击数与土的物理性质（砂土孔隙比）关系有影响，故应记录地下水位埋深。

13.4.4 对动力触探成果分析作如下说明：

1 根据触探击数、曲线形态，结合钻探资料可进行力学分层，分层时注意超前滞后现象，不同土层的超前滞后量是不同的。上为硬土层下为软土层，超前约为 0.5m～0.7m，滞后约为 0.2m；上为软土层下为硬土层，超前约为 0.1m～0.2m，滞后约为 0.3m～0.5m；

2 在整理触探资料时，应剔除异常值，在计算土层的触探指标平均值时，超前滞后范围内的值

不反映真实土性；临界深度以内的锤击数偏小，不反映真实土性，故不应参加统计。动力触探本来是连续贯入的，但也有配合钻探，间断贯入的做法，间断贯入时临界深度以内的锤击数同样不反映真实土性，不应参加统计；

3 整理多孔触探资料时，应结合钻探资料进行分析，对均匀土层，可用厚度加权平均法统计场地分层平均触探击数值。

13.4.5 动力触探指标评定土的状态、地基承载力、场地均匀性时要结合工程经验。

13.5 标准贯入试验

13.5.1 标准贯入试验是用质量为 63.5kg 的穿心锤，以 76cm 的落距，将标准规格的贯入器，自钻孔底部预打 15cm，记录再打入 30cm 的锤击数， 判定土的力学特性。标准贯入试验一般不适用于软塑～流塑软土。

13.5.2 标准贯入试验设备规格考虑了国内各单位实际使用情况，并参考了国际标准。贯入器规格，国外标准多为外径 51mm，内径 35mm,全长 660mm～810mm。贯入器内外径的误差，欧洲标准确定为± 1mm 是合理的。 本标准采用 42mm、50mm 钻杆,日本采用 40.5mm、50mm、60mm 钻杆,钻杆的弯曲度小于 1%，钻杆要定期检查，剔除弯管。落锤的质量误差±0.5kg 为欧洲标准。关于刃口厚度的规定原为 2.5mm， 现规定为 1.6mm。我国其他标准一般不作规定，美国 ASTM D1586(1967, 1974 再批准)为 1/16 英寸，ASTM D1586(1999)为 2.54mm, 英国 BS 为 1.6mm，我国电力部门 SD128-022-86 为 0.8mm，本标准与国际多数标准基本相当，与我国实际情况基本一致。

13.5.3 标准贯入试验技术要求说明如下：

2 回转钻进可减少对孔底土的扰动，钻进时保持孔内水位高出地下水位一定高度，使孔底土处于平衡状态不发生涌砂变松，影响 N 值；下套管不要超过试验标高，缓慢下放钻具，避免孔底土扰动，细心清孔；为防止涌砂或塌孔，可采用泥浆护壁；

3 手拉绳牵引贯入试验时，由于绳索与滑轮的摩擦阻力及运转中绳索所引起的张力消耗了一部分能量，减少了落锤的冲击能，使锤击数增加；而自动落锤完全克服了上述缺点，能真实地反映土的性状。据有关单位的试验，N 值自动落捶为手拉落锤的 0.8 倍，为 SR-30 型钻机直接吊打时的 0.6 倍，据此本标准规定采用自动落锤法；欧洲标准规定的锤击速度不超过 30 击/min；

4 标贯实测发现，真正传导给杆件系统的锤击能量有很大差异，它受机具设备、钻杆接头的松紧、落锤方式、导向杆的摩擦、操作水平及其他偶然因素等支配；美国 ASTM-D4633-86 制定了实测锤击的力-时间曲线，用应力波能量法分析（即计算第一压缩波应力波曲线积分）可得传输杆件的能量；通过现场实测锤击应力波能量，可以对不同锤击能量的 N 值进行合理的修正。

13.5.4、13.5.5 标贯试验成果分析应用说明如下：

1 修正问题：国外对 N值的传统修正包括饱和粉细砂的修正、地下水位的修正、土的上覆压力修正，国内长期以来并不考虑这些修正，而着重考虑杆长修正；杆长修正是依据牛顿碰撞理论，杆件系统质量不得超过锤重 2 倍，限制了标贯使用深度小于 21m，但实际使用深度已远超过 21m，最大深度已达 100m 以上；通过实测杆件的锤击应力波，发现锤击传输给杆件的能量变化远大于杆长变化时能量的衰减，故建议不作杆长修正的 N值是基本的数值；但考虑到过去建立的 N值与土性参数、承载力的经验关系，所用 N 值均经杆长修正，但抗震规范评定砂土液化时，N 值不作修正；故在实际应用 N值时，应按具体岩土工程问题，参照有关规范考虑是否作杆长修正或其他修正；勘察报告应提供不作杆长修正的 N值，应用时再根据情况考虑修正或不修正以及用何种方法修正；

2 由于 N值离散性大，故在利用 N值解决工程问题时，应持慎重态度，依据单孔标贯资料提供设计参数是不完全可信的；与动力触探相同，在分析整理时应剔除个别异常的 N值；

3 依据 N值提供定量的设计参数时应有工程经验，否则只能提供定性参数供初步评定用。

13.6 十字板剪切试验

13.6.1 十字板剪切试验是用插入土中的标准十字板探头以一定速率扭转，量测土破坏时的抵抗力矩，测定土的不排水抗剪强度。十字板剪切试验按扭力测量设备工作原理的不同可分为机械式和电阻式。

十字板剪切试验的适用范围，大部分国家规定限于饱和软黏性土（$\varphi \approx 0$），特别适用于难于采样或试样在自重作用下不能保持原有形状的软黏性土。我国的工程经验也限于饱和软黏性土，对于其他的土，十字板剪切试验会有相当大的误差。

13.6.2 在进行十字板剪切试验之前，应先进行钻探或触探，以掌握饱和软黏性土层的分布范围和厚度，避免试验的盲目性。

13.6.3 十字板剪切试验的主要技术要求作如下说明：

1 十字板头形状国外有矩形、菱形、半圆形等，但国内均采用矩形，故本标准只列矩形。当需要测定不排水抗剪强度的各向异性变化时，可以考虑采用不同菱角的菱形板头，也可以采用不同径高比板头进行分析。矩形十字板头的径高比 1 ： 2 为通用标准。十字板头面积比，直接影响插入板头时对土的挤压扰动，一般要求面积比小于 15%；十字板头直径为 50mm 和 75mm，翼板厚度分别为 2mm 和 3mm,相应的面积比为 13%～14%；

2 十字板头插入孔底的深度影响测试成果，美国规定为 5b（b 为钻孔直径），前苏联规定为 0.3m～0.5m，原联邦德国规定为 0.3m，我国规定为 3b～5b；

3　剪切速率应考虑能满足在基本不排水条件下进行剪切,Skempton 认为用 0. l°/s 的剪切速率得到的 C_u 误差最小；实际上对不同渗透性的土，规定相应的不排水条件的剪切速率是合理的。目前各国规程规定的剪切速率在 0. l°/s～0.5°/s，　如美国 0. l°/s，英国 0. l°/s～0.2°/s，前苏联 0.2°/s～0.3°/s，原联邦德国 0.5°/s。已有试验结果表明，剪切速率大时抗剪强度也大；剪切速率小时抗剪强度也小。因此，剪切速率应控制在适当范围内；

6　机械式十字板剪切仪由于轴杆与土层间存在摩阻力，因此应进行轴杆校正。由于原状土与重塑土的摩阻力是不同的，为了使轴杆与土间的摩阻力减到最低值，原状土和扰动土在进行不排水抗剪强度试验时有同样的摩阻力值，进行十字板试验前应将轴杆先快速旋转十余圈。由于电测式十字板直接测定的是施加于板头的扭矩，故不需进行轴杆摩擦的校正；

7　试验点的竖向间距规定为 1m，目的是便于均匀地绘制不排水抗剪强度随深度的变化曲线；当土层随深度的变化复杂时，可根据土层分布特点和工程实际需要，选择有代表性的点布置试验点，不一定均匀间隔布置试验点，遇到变层时要相应增加试验点；

8　十字板剪切试验规程对精度的规定，美国 1.3kPa，英国 1.0kPa，前苏联 1.0 kPa～2.0kPa，原联邦德国 2.0kPa，参照这些标准，本标准采用 1.0kPa～2.0kPa。

13.6.4　十字板剪切试验的成果分析说明如下：

1　实践证明，正常固结的饱和软黏性土的不排水抗剪强度是随深度增加的；室内抗剪强度的试验成果，由于取样扰动等因素，往往不能很好反映这一变化规律；利用十字板剪切试验，可以较好地反映不排水抗剪强度随深度的变化；

2　根据原状土与重塑土不排水抗剪强度的比值可计算灵敏度，采用灵敏度评价软黏土的触变性；

3　绘制抗剪强度与扭转角的关系曲线，可进一步了解土体受剪时的剪切破坏过程，确定软土的不排水抗剪强度峰值、残余值及剪切模量（不排水）；

4　十字板剪切试验所测得的不排水抗剪强度峰值，一般认为是偏高的，土的长期强度只有峰值强度的 60%～70%。因此在工程中，需根据土质条件和工程经验对十字板测定的数值作必要的修正。对高塑性的灵敏黏性土,不排水抗剪强度的试验结果相差达 20％～40％,对试验结果要做慎重分析。

13.6.5　十字板不排水抗剪强度，主要用于可假设φ ≈0、按总应力法分析的各类土工问题：

1　计算地基承载力

按中国建筑科学研究院、华东电力设计院的经验，地基容许承载力可按下式估算：

$$q_c = 2C_u + \gamma h \qquad (1)$$

式中 C_u——修正后的不排水抗剪强度（kPa)；

γ ——土的重度（kN/m³）；

h——基础埋深（m）；

2 地基抗滑稳定性分析；

3 桩的端阻力和侧阻力按下式估算：

桩端阻力 $q_p = 9C_u$ （2）

桩侧阻力 $q_s = \alpha C_u$ （3）

α 与桩类型、土类、土层顺序等有关；

依据 q_p 及 q_s 可以估算单桩极限承载力；

4 通过加固前后土的强度变化，可以检验地基的加固效果；

5 根据 C_u～h 曲线判定软土的固结历史：若 C_u～h 曲线大致呈一通过地面原点的直线，可判定为正常固结土；若 C_u～h 直线不通过原点，而与纵坐标的向上延长轴线相交，则可判定为超固结土。

13.7 旁压试验

13.7.1 旁压试验是用可侧向膨胀的旁压器，对钻孔孔壁周围的土体施加径向压力的原位测试，根据压力和变形关系，计算土的模量和强度。旁压仪包括预钻式、自钻式和压入式三种。预钻式旁压试验对不易成孔或容易缩孔的软黏土和流砂层使用效果不理想；自钻式旁压试验操作技术要求较为复杂，对碎石土使用效果不理想；压入式旁压试验对含有结核的黏性土、碎石土、残积土和软岩不适应。目前国内以预钻式旁压仪为主，本节下列各条规定主要是针对预钻式的。旁压器分单腔式和三腔式。当旁压器有效长径比大于 4 时，可认为属无限长圆柱扩张轴对称平面应变问题。单腔式、三腔式所得结果无明显差别。

13.7.2 旁压试验点的布置，应在了解地层剖面的基础上进行，最好先做静力触探或动力触探或标准贯入试验，以便能合理地在有代表性的位置上布置试验。布置时要保证旁压器的量测腔在同一土层内。根据实践经验，旁压试验的影响范围，水平向约为 60cm,上下方向约为 40cm。为避免相邻试验点应力影响范围重叠，建议试验点的垂直间距至少为 1.5m，试验孔与已有钻孔的水平距离不小于 1m。

13.7.3 旁压试验的主要技术要求说明如下：

1 用预钻式旁压仪进行试验，一般应与钻探配合进行。每钻进一段进行一次试验，这是因为一次性成孔往往会使岩土体结构受到扰动，影响测试成果质量。因此在同一孔中进行不同深度的试验时，孔深必须按预定的试验深度逐次加深；

2 成孔质量是预钻式旁压试验成败的关键，成孔质量差，会使旁压曲线反常失真，无法应用。

为保证成孔质量要注意：孔壁垂直、光滑、呈规则圆形，尽可能减少对孔壁的扰动；软弱土层（易发生缩孔、坍孔）用泥浆护壁；孔孔径应略大于旁压器外径，一般宜大 2mm～8mm；

3 水位调零是为了准确测定试验段的体积变化，注水完后必须进行调零工作。为使调零准确，调零后应稍等 1min～2min，再检查水位恢复是否归零，直至满足测管水位在零位为止；

4 加荷等级选择是重要的技术问题，一般可根据土的临塑压力或极限压力而定，不同土类的加荷等级通常按表 27 选用；

表 27 旁压试验加荷等级表

土的特征	加荷等级（kPa）	
	临塑压力前	临塑压力后
淤泥、淤泥质土、流塑黏性土和粉土、饱和松散的粉细砂	≤15	≤30
软塑黏性土和粉土、稍密很湿粉细砂、稍密中粗砂	15～25	30～50
可塑一硬塑黏性土和粉土、中密一密实很湿粉细砂、稍密一中密中粗砂	25～50	50～100
坚硬黏性土和粉土、密实中粗砂	50～100	100～200
中密一密实碎石土、软质岩	≥100	≥200

5 关于加荷速率，目前国内有“快速法”和“慢速法”两种。国内一些单位的对比试验表明，两种不同加荷速率对临塑压力和极限压力影响不大。为提高试验效率，本标准规定使用每级压力维持 1min 或 2min 的快速法。在操作和读数熟练的情况下，尽可能采用短的加荷时间；快速加荷所得旁压模量相当于不排水模量；

6 旁压试验满足其下一条即可终止试验：

1）加荷接近或达到极限压力；

2）量测腔的扩张体积相当于量测腔的固有体积，避免弹性膜破裂；

3）国产 PY2-A 型旁压仪，当测管水位下降刚达 36cm（额定值为 40cm）时，立即终止试验；

4）法国 GA 型旁压仪规定，当蠕变变形等于或大于 50cm^{3}或测管水位读数大于 600cm^{3}时应终止试验。

13.7.4、13.7.5 旁压试验成果分析和应用说明如下：

1 在绘制压力 p 与扩张体积Δv或$\Delta V/V_0$、测管水位下沉量 s、或径向应变曲线前，应先进行弹性膜约束力和仪器管路体积损失的校正。由于约束力随弹性膜的材质、使用次数和气温而变化，因此新装或用过若干次后均需对弹性膜的约束力进行标定。仪器的综合变形，包括调压阀、量管、压力计、管路等在加压过程中的变形。国产旁压仪还需作体积损失的校正， 国外 GA 型和 GAm 型旁压仪，如果体积损失很小可不作体积损失的校正；

2 特征值初始压力 p_0、临塑压力 p_F 和极限压力 p_L 确定如下：

p_0按 M’enard 方法定为旁压曲线中段直线段的起始点或蠕变曲线的第一拐点对应的压力；按国内经验，该压力比实际的原位初始侧向应力大，因此推荐直接按旁压曲线用作图法确定 p_0；

p_F为旁压曲线中段直线的末尾点或蠕变曲线的第二拐点对应的压力；

p_L为量测腔扩张体积相当于量测腔固有体积（或扩张后体积相当于二倍固有体积）时的压力；或 P–Δv 曲线的渐近线对应的压力；或用 p–（1/ΔV）关系，末段直线延长线与 p 轴的交点对应的压力；

3 旁压模量计算：

加荷采用快速法相当于不排水条件，依据弹性理论去计算旁压模量。国内过去采用的是慢速法加荷，考虑了排水固结变形，用旁压系数及旁压曲线直线段斜率计算变形模量的公式不再推荐。自钻式旁压试验与预钻式旁压试验的初始条件不同，预钻式旁压试验的原位侧向应力经钻孔后已释放，两种试验对土的扰动也不相同，故两者的旁压模量并不相同，因此要说明试验仪器类型；

4 根据工程经验，直接取 p_F或 p_F-p_0作为地基承载力或（p_L-p_0）除以安全系数 2～3 作为地基承载力。

13.8 现场直接剪切试验

13.8.1 现场直接剪切试验是一种较可靠的原位测试方法，试验遵循的理论公式是库仑定律，根据现场工程地质条件、工程荷载特点，可能发生的剪切破坏模式、剪切面的位置和方向、剪切面的应力等条件确定试验对象，选择相应的试验方法。由于试验岩土体远比室内试样大，试验成果更符合实际。

13.8.3 岩体试样尺寸不小于 50cm×50cm, 一般采用 70cm×70cm 的方形体，与国际标准一致；土体试样可采用圆柱体或方柱体，试样高度则与土中的最大粒径有关，试样高度不小于 1/2 最小边长。

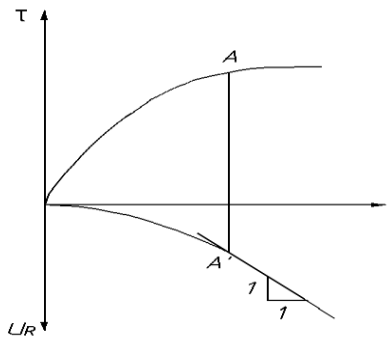
13.8.4 现场直接剪切试验主要技术要求说明如下：

保持岩土样的原状结构不受扰动是非常重要的，故在爆破、开挖和切样过程中，均应避免岩土样或软弱结构面破坏和含水率显著变化；软弱岩土体顶面和周边要加钢或混凝土保护套，护套底边在剪切面以上；

在地下水位以下试验时，应先降低水位安装试验装置，恢复水位后再进行试验；

法向荷载和剪切荷载应尽可能通过剪切面中心；试验过程中注意保持法向荷载不变；对于高含水率的塑性软弱层，法向荷载应分级施加，以免软弱层挤出。

13.8.5 绘制剪应力与剪切位移关系曲线和剪应力与垂直位移曲线。依据图 3 曲线特征确定强度参数。



确定屈服强度的辅助方法

图 3　确定屈服强度的辅助方法

1　比例界限压力定义为剪应力与剪切位移曲线直线段的末端对应的剪应力，如直线段不明显，可采用如下辅助手段确定：

用循环荷载方法，比例强度前卸荷后的剪切位移基本恢复，过比例界限后则不然；

利用试体以下基底岩土体水平位移与试样水平位移的关系判断，在比例界限之前两者相近，过比例界限后试样水平位移大于基底岩土水平位移；

绘制τ $-u/\tau$ 曲线，在比例界限之前 u/τ 变化极小，过比例界限后 u/τ 值增大加快；

2　屈服强度可通过绘制试样的绝对剪切位移 u_A 与试样和基底间的相对位移 u_R 以及与剪应力τ 的关系曲线来确定，在屈服强度之前 u_R 的增率小于 u_A，过屈服强度后基底变形趋于零，则 u_A 与 u_R 的增率相等，其起始点为 A，剪应力τ 与 u_A 曲线上 A 点对应的剪应力为屈服强度；

3　关系曲线容易确定峰值强度和残余强度；

4　剪胀强度相当于整个试样由于剪切带发生体积变大而发生相对的剪应力，可根据剪应力与垂直位移曲线判定；

5　岩体结构面的抗剪强度，与结构面的形状、闭合、充填情况和荷载大小及方向等有关。根据长江科学院的经验，脆性破坏岩体可采用比例强度确定抗剪强度参数，塑性破坏岩体可采用屈服强度确定抗剪强度参数。验算岩土体滑动稳定性可采用残余抗剪强度，因在滑动面上破坏的发展是累进的，发生峰值强度破坏后，破坏部分的强度降为残余强度。

13.9　波速测试

13.9.1　波速测试目的，是根据弹性波在岩土体内的传播速度，间接测定岩土体在小应变条件下（10^{-4}～10^{-6})动弹性模量。试验方法有跨孔法、单孔法（检层法）和面波法。

13.9.2　单孔波速法可沿孔向上或向下检层进行测试，主要检测水平的剪切波速，识别第一个剪切

波的初至是关键。激振通常的做法是用锤水平敲击上压重物的木板或混凝土板，作为水平剪切波的振源，板与孔口距离取 1m～3m,板上压重大于 400kg，板与地面紧密接触，沿板的纵轴从两个相反方向敲击两端，记录极性相反的两组剪切波形。除地面激振外，也可在孔内激振。

13.9.3 跨孔法以 1 孔为激振孔，2 个钻孔作为检波孔，以便校核。钻孔应保持垂直，当孔深较大应对钻孔的倾斜度和倾斜方位进行量测，量测精度为 0.1°，以便对激振孔与检波孔 的水平距离进行修正。在现场应及时对记录波形进行鉴别判断，波形不符合要求时要立即重做。

13.9.4 面波的传统测试方法为稳态法，近年来，瞬态多道面波法获得很大发展，并已在工程中大量应用，技术已经成熟，故列入了本标准。

13.10 岩体原位应力测试

13.10.1 孔壁应变法测试采用孔壁应变计，量测套钻解除应力后钻孔孔壁的岩石应变；孔径变形法测试采用孔径变形计，量测套钻解除应力后的钻孔孔径的变化；孔底应变法测试采用孔底应变计，量测套钻解除应力后的钻孔孔底岩面应变。按弹性理论公式计算岩体内某点的应力。当需测求空间应力时，应采用三个钻孔交会法测试。

13.10.3 岩体原位应力测试的设备、测试准备、仪器安装和测试过程按国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 执行。

13.10.4 应力解除后的岩芯若不能在 24h 内进行围压试验，要对岩芯进行蜡封，防止含水率发生变化。

13.10.5 空间应力、平面应力分量和空间主应力及方向的计算和确定按《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 附录 A 执行。

13.11 激振法测试

13.11.1 激振法测试包括强迫振动和自由振动，用于测定天然地基和人工地基的动力特性。

13.11.2 具有周期性振动的机器基础一般采用强迫振动测试，因为竖向自由振动试验，当阻尼比较大时，特别是有埋深的情况，实测的自由振动波数少，很快就衰减了，从波形上测得的固有频率值以及由振幅计算的阻尼比，都不如强迫振动试验准确。当基础固有频率较高时，强迫振动测不出共振峰值的情况也是有的，因此本条规定“有条件时宜同时采用强迫振动和自由振动两种测试方法”，以便互相补充，互为印证。

13.11.4 由于块体基础水平回转耦合振动的固有频率及在软弱地基土的竖向振动固有频率一般均较低，因此激振设备的最低频率规定为 3Hz～5Hz，使测出的幅频响应共振曲线能较好地满足数据处理的需要。而桩基础的竖向振动固有频率高，要求激振设备的最高工作频率尽可能地高，最好能达到 60Hz 以上，以便能测出桩基础的共振峰值。电磁式激振设备的工作频率范围很宽，但扰力太小时对桩基础的竖向振动激不起来。

为了获得地基的动力参数，应进行明置基础的测试，而埋置基础的测试是为获得埋置后对动力参数的提高效果，有了两者的动力参数，就可进行机器基础的设计。因此本条规定“测试基础应分别做明置和埋置两种情况的测试”。

13.11.5 强迫振动测试结果经数据处理后可得到变扰力或常扰力的幅频响应曲线。自由振动测试结果为波形图。根据幅频响应曲线上的共振频率和共振振幅计算动力参数，根据波形图上的振幅和周期数计算动力参数。具体计算方法和计算公式按国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定执行。

13.12 地电参数测试

13.12.1 电力线路对电信线路的感性耦合影响，取决于电力线路地中电流和电信线路之间的互感系数，而大地电导率是决定互感系数的重要参数。

13.12.3 由于电法勘探规定的总精度是允许相对均方误差为±5％，在各项误差分配中，仪器产生的误差小于±2％才能满足总精度要求。

13.12.5 由于四极对称电测深法的电极是等距对称布置的，所以只需考虑供电电极 A、B 极距的选取问题。据理论分析 50Hz 电流的渗透深度最大可达数千米的广阔范围，但实践表明多数情况主要取决于 300m～500m 的有效深度。等距四极法的探测深度约为 A、B 电极距离的 1/3，所以 A、B 间最大极距可采用 900m～1500m。A、B 间最小极距选择应大于电极入地深度的几倍，以避免受电极附近电位分布的影响，又要小于地表岩层的厚度，以取得完整的实测曲线，故一般选取 6m～12m。

13.12.7 大地电导率主要取决于较大深度内的地质构造和地下水的情况，与季节和温度变化关系不大。地质结构变化是很复杂的，不同的地质结构有不同的大地电导率，即使同期的地质结构，大地电导率随年降雨量和地下水位不同会在一定范围内变化，故大地电导率是一个概略值。大地电导率除与地层电阻率有关外，尚与地中电流在地表下的等效深度和入地电流频率有关，其关系如下式：

$$H = 660\,(1/f \cdot \sigma)^{1/2} \qquad (4)$$

式中：f一一入地电流频率（Hz）；

σ 一一大地电导率（S/m）。

14　室内试验

14.1　一般规定

14.1.1～14.1.4　本章只规定了室内试验项目和试验方法的选取以及一些原则性问题。由于岩土试样和试验条件不可能完全代表现场的实际情况，故规定在岩土工程评价时要将试验结果与原位测试成果或原型观测反分析成果进行比较，并做必要的修正。一般的岩土试验，可按标准的方法进行，但岩土工程师必须注意到岩土性质和现场条件中存在应力历史、应力场、边界条件、非均质性、非等向性、不连续性等许多复杂情况，使得岩土体与岩土试样的性状之间存在不同程度的差别,试验时尽可能模拟实际，成果使用时不要忽视这些差别。**14.1.5～14.1.7**　岩、土、水试验样品接收是重要环节，要重视把好关；制备试样前对岩土的描述是非常重要的，它是分析试验数据的基础,通过对岩土样的描述，可以初步了解岩土的性质，对一些特殊岩土样要重新编制试验方案，确保试验的精度，当工程技术负责人认为试验结果与现场有出入时要进行追溯；土样保存时间不宜过长，否则会引起试验结果失真；试验报告中指标是否真实准确和物理性质指标与力学性质指标匹配关系是否一致，是审核试验报告的主要依据。

14.2　土工试验

14.2.1　本条规定的都是土的基本物理性质试验项目，一般工程都应进行。

14.2.2　土的物理性质指标一般要求实测，部分指标也可按经验确定。

1　液限国内通常采用 76g 瓦氏圆锥仪测定，国际上更通用卡氏碟式仪。不同的测定方法其试验成果有差异，试验报告上注明测定方法。界限含水率的测定常因人而异，塑性指数在不同操作人员间偏差较大，故塑性指数小于 12 的土，宜用颗粒分析复测粘粒含量；

2　土的比重变化幅度不大，一般黏性土和砂土各地各行业都积累了经验，可根据经验判定或用 I_p 来确定，但缺乏经验地区及尾矿土和特殊性岩土仍要直接测定。

3　室内试验测定的渗透系数与野外抽水试验或注水试验测定的渗透系数有较大的差异，因此土的渗透系数取值应与野外抽水试验或注水试验的成果比较后综合确定。

14.2.4　固结试验说明如下：

1　采用常规固结试验求得的压缩模量和一维固结理论进行沉降计算，是目前广泛应用的方法；

2　前期固结试验保证原状土样是关键，要求采取Ⅰ级土样，按 e～logp 曲线整理固结试验成果，计算压缩指数、回弹指数，确定先期固结压力，并按不同的固结状态（正常固结、欠固结、超固结）

进行沉降计算，是国际上通用的方法；

4 沉降计算时一般只考虑主固结，不考虑次固结，但对于厚层高压缩性软土，次固结沉降可能占相当分量，不能忽视；

5 需建立非线性弹性土力学模型进行应力应变分析的一级工程，三轴试验按工程需要使土试样在若干不同围压固结后逐级增加轴压，取得在各级围压下的轴向应力与应变关系结果及 1 次～3 次回弹试验结果；需建立弹性、非线性弹性、弹塑性土力学模型进行应力应变分析的一级工程，除三轴试验外，还要进行等向固结试验，即保持围岩与轴压相等，逐级加荷，取得围压与体积应变关系，计算相应的体积模量。

14.2.5 直剪试验虽然存在一些明显的缺点，如受力条件比较复杂、排水条件不能控制，但由于仪器操作比较简单，又有大量实践经验，一般工程仍可利用，但对其应用范围应予限制。无倒限抗压强度试验实际上是三轴试验的一个特例，仅适用于试样等级为Ⅰ级试样且$\varphi \approx 0$ 的饱和黏土,其他土均不适用；测滑动带土的残余强度，首先考虑采用含有滑面的土样进行滑面重合剪试验，有时取不到这种土样时采用滑带附近的原状土样或控制含水率和密度的重塑土样做多次剪切，试验可用直剪仪，也可用环剪仪。

14.2.6 排水状态对三轴试验成果影响很大，不同的排水状态所测得的 c、φ 值差别很大，试验时的排水状态应尽量与工程实际一致。不固结不排水剪得到的抗剪强度最小，用其进行计算结果偏于安全，但是饱和软黏土的原始固结程度不高，而取样等过程又难免有一定的扰动影响，为了不使试验结果过低，规定了在有效自重压力下进行预固结的要求。

14.2.7 本条规定的是一些非常规的特种试验，当岩土工程分析有专门需要时才做，主要包括两大类：一是采用接近实际的固结应力比，试验方法包括 K_o 固结不排水试验、K_o 固结不排水测孔压(试验和特定应力比固结不排水)试验；二是考虑到可能沿破坏面应力方向的变化，试验方法包括平面应变压缩试验和平面应变拉伸试验。这些试验结果一般用于应力状态复杂的堤坝或深挖方的稳定性分析。

14.2.8 构筑物抗震设计和场地地震安全性评价需要提供土的动力特性参数，根据抗震设计要求和地震安全性评价目的，合理选择动力性质试验方法，提供专项动力试验报告。土的动力参数值随动应变而变化，不同仪器或试验方法其应变值有一个有效范围，在提出试验要求时，应考虑动应变的范围和仪器的适用性。用动三轴仪测定动弹性模量、动阻尼比及动应变的关系时，施加动荷载前模拟原位应力条件下先使土样固结，动荷载的施加从小应力开始，连续观测若干循环周数，然后逐渐加大动应力，测定既定的循环周期下轴向应力与应变关系，试验结果一般用于分析震陷和饱和砂土的液化。

14.3 岩石试验

14.3.2 黏土质岩极易风干，浸水后一般呈不稳定状态，易产生膨胀、崩解、泥化或沿裂隙面开裂，在无侧限条件下抗压强度极低，不能真实地反映极软岩强度，难以划分岩石坚硬程度，对黏土质岩要保持天然湿度制样，再进行抗压强度试验。

14.3.5 岩石对于拉伸的抗力很小。岩石的抗拉强度是岩石的重要特征之一，测定岩石抗拉强度的方法很多，比较常用的有劈裂法和直接拉伸法，推荐劈裂法。

14.3.6 点荷载试验和声波速度试验是间接试验方法，利用试验关系确定岩石的强度参数，在工程上是很实用的方法。岩石声波测试中求取的纵波速度和横波速度可应用于计算波速比，划分岩石风化程度，计算岩体完整性指数，划分岩体完整程度，计算动弹性力学参数。

15　场地和地基的地震效应

15.1 一般规定

15.1.1　工程的抗震设防类别是场地和地基地震效应勘察的输入条件，勘察工作量布置、地震效应评价均与此相关，勘察工作开始前应搜集该资料。市政各类工程尚有多种抗震设计标准，勘察时应注意选用符合与市政工程类别相匹配的国家抗震设计标准。

15.1.2　本省的抗震设防烈度为 6 度和 7 度，对应的设计基本地震加速度值分别为 0.05g、0.1g、0.15g，设计地震分组为第一组和第二组，国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 地震参数仅划分到县市一级，《中国地震动参数区划图》GB 18306 则划分到街道和乡镇一级，应注意本省部分县市在不同的街道或乡镇在《中国地震动参数区划图》GB 18306 上地震参数与《建筑抗震设计规范》GB 50011 不一致，勘察报告应根据场地所属行政区域按《中国地震动参数区划图》GB 18306 提供地震参数。湖南省近 50 年所发生的地震可见表 28。

表 28　湖南省近 50 年所发生的地震

发震时间						震中位置			震级	精度	备注
年	月	日	时	分	秒	纬度	经度	地　点			
长沙 地 区											
*1973	2	23	13	56		28.0	113.1	长沙			疑炮
1973	3	16	17	05		28.0	113.1	长沙黄花团然一带	1.0	Ⅰ	
1973	3	25	13	42		28.0	113.1	长沙黄花团然一带	0.9	Ⅰ	疑炮
*1974	1	18	14	52	25	28.1	113.1	长沙	0.6	Ⅱ	疑炮
*1974	1	19	19	11	43	28.3	113.1	长沙	1.0	Ⅱ	疑炮
*1976	7	13	14	12	04	27.9	112.7	宁乡石家湾附近	1.3	Ⅱ	疑炮
湘 潭 地 区											
*1975	11	1	12	01	02	27.7	112.3	湘乡县棋梓桥	1.2	Ⅱ	可疑
*1975	12	2	11	28	46	27	112.4	湘乡县县西南	1.7	Ⅲ	疑炮
*1976	1	16	12	34		27.8	112.6	湘乡县与湘潭交界处	1.5		疑炮
岳 阳 地 区											
1964	9	30	21	41		29.41	112.51	岳阳县许市东	1.8	Ⅱ－Ⅲ	
1973	8	3	15	50	38	28.8	113.2	汨罗县新市镇	2.0	Ⅰ	有感
1973	8	4	16	01	28	28.8	113.2	汨罗县新市镇	1.0	Ⅰ	有感
1973	11	3	11	31	16	28.9	113.5	汨罗县东北	1.2		
1973	12	5	13	52	09	28.5	113.1	汨罗县弼时公社	2.0	Ⅰ	有感

1964	11	3	14	26		29.20	113.32	临湘县林东南	1.8	III	
1971	12	27	13	08		29.30	113.14	临湘县云溪西	1.9	II	
1973	1	19	14	09	34	29.4	113.6	临湘县	1.6		
*1973	5	31	21	06		29.3	113.5	临湘县桃林	1.8	II	可疑
1975	11	9	14	50	39	29.	113.6	临湘县与粤交界	1.5		双台
1976	5	4	18	26	42	29.8	113.4	临湘县江南，沅潭黄蓋湖	2.8	I	有感
1976	8	21	17	24	46	29.7	113.4	临湘县江南	2.3	I	有感
1965	12	22	3	08		19.32	112.23	华容县梅湖东	1.2	II	
益 阳 地 区											
1972	4	13	7	15	22	28.36	112.31	益阳市泉交河	1.9		
1974	11	28	19	32	45	28.7	112.1	桃江县	1.3		
1974	11	28	4	16	57	28.7	112.1	桃江县	0.9		
*1976	9	27	16	51	03	28.2	111.7	安化县梅城仙廷间	2.0	II	疑炮
常 德 地 区											
1971	5	26	4	40	7	28.41	111.40	常德市沦山	1.6		
1973	8	28	17	57	31	29.0	111.7	常德市	1.0	II	
1965	7	14	1	07		29.34	112.09	安乡县安福东	0.8	III	
1970	4	6	22	37	23	29.23	112.14	安乡县六家渡南	1.9		
1973	4	3	13	53	16	29.29	112.11	安乡县安丰	2.6		有感
*1973	10	16	6	13	30			安乡县洞庭湖区	1.2		可疑
*1973	10	16	6	28	19			安乡县洞庭湖区	1.2		可疑
1976	9	22	22	11		29.6	112.15	安乡县安福公社	1.8	II	
1965	12	31	20	54		29.29	111.34	临澧县县西北	1.2	II	
1974	9	28	13	57	02	29.4	111.6	临澧县	2.2		
1967	12	24	7	8	5	29.22	111.12	桃源县热市西	1.9		
1971	3	10	23	0	57	28.36	111.29	桃源县马湾南	1.8		
1971	3	12	9	1	13	29.19	111.23	桃源县热市东南	1.6		
1972	3	21	13	55		29.20	111.20	桃源县双溪口	1.0		
1964	4	28	2	20		29.21	110.58	慈利县岩泊渡	1.2	II	
1965	7	5	18	06		29.26	110.52	慈利县高峰西	1.6	II	
1966	1	14	1	23		29.44	110.53	慈利县磨市西南	1.3	I	
1970	4	21	19	48	21	29.07	110.42	慈利县金岩南	1.4		
1973	5	1	4	50		29.2	111.1	慈利县龙潭河	1.0		双台
1973	7	13	21	24	19	29.3	111.2	慈利县景龙桥	1.3	I	有感
*1974	9	21	17	20	42	29.4	111.1	慈利县	2.3	II	可疑
*1975	8	31	14	12	35	29.4	111.2	慈利县	1.4	II	疑炮
1976	5	18	5	45	30	29.2	111.1	慈利县龙潭河	1.2		有感
1976	7	27	22	10	54	29.2	111.1	慈利县龙潭河	1.0		有感
1962	10	21	15	38		29.36	111.08	石门县皂市北	2.3	II	
1962	12	4	15	23		29.44	111.14	石门县岗市东	2.6	II	
1964	3	11	18	55		29.51	111.22	石门县河口东	1.2	II	
1965	5	7	6	59		29.41	111.04	石门县沿市东南	1.2	II	
1971	5	26	16	01	4	29.49	110.58	石门县磨市东北	1.2		

1971	3	27	3	11	36	29.45	111.15	石门县岗市皂市间	1.5		
1971	12	3	0	52	57	29.39	111.21	石门县皂市新铺南	1.4		
1972	5	30						石门县皂市一带	1.3		
1972	7	30	17	40		29.8	111.38	石门县皂市一带	2.8		
*1973	7	6	13	24	08	29.9	110.77	石门县泥市	1.9	II	疑炮
1973	9	22	14	38	8	29.9	111.2	石门县河口北	1.7	III	
*1974	9	14	17	01	15	29.9	110.9	石门县泥市	1.5	III	疑炮
*1974	11	11	12	20	54	29.9	110.6	石门县泥市	1.7		
1975	12	3	11	33	55	29.7	111.2	石门县岗市	0.5		双台
1960	4	16	8	53		28.51	112.01	汉寿县汉太东北	1.8		
1974	11	25	1	24	38	28.8	112.0	汉寿县	1.4		
*1975	3	31	3	16	04	28.9	111.7	汉寿县郭家铺	1.3	II	疑炮
1960	11	3	4	29		29.52	111.19	澧县洞市西	1.5		
1963	12	25	9	50		29.32	111.47	澧县新州西	0.9	III	
1965	4	23	9	51		29.39	111.52	澧县津市	1.4	II	
1965	8	11	13	29		29.54	111.32	澧县闸口东北	1.1	II	
1968	6	7	5	12	3	29.30	111.49	澧县白衣庵西北	1.2		
黔 阳 地 区											
1973	3	24	19	50		28.0	110.1	辰溪县	1.0	II	
1973	4	6	14	58	56	28.00	109.52	麻阳县兴隆境	2.1		
1973	9	8	11	06	40	26.1	109.7	通道县	1.1		疑炮
1975	10	18	2	58	48	26.0	109.6	通道县县西南	0.7		
1973	9	18	11	24	02	26.4	109.4	靖县	1.8	III	
*1974	7	5	14	35		26.5	109.6	靖县	0.7	II	疑炮
1964	7	1	16	29		28.48	110.57	沅陵县麻伊洑西	1.4	II	
1964	8	31	10	46		28.51	110.28	沅陵县茼年坪杂	2.3		
1973	1	3	11	31	14	27.8	110.0	沅陵县县南	1.7		
1973	6	20	5	28	30	28.8	111.0	沅陵县七甲坪	2.0	I	
*1974	1	18	17	47	58	28.5	110.8	沅陵县楠木铺	1.4	II	
湘 西 自 治 州											
*1975	8	17	19	31	39	28.2	109.7	吉首县	1.1	II	疑炮
1975	12	6	15	48		28.3	109.7	吉首县万溶江	0.7	III	
*1975	12	6	11	58	43	28.1	105.3	凤凰县腊尔山	18		疑炮
1975	10	9	12	50	43	28.8	109.2	花垣县县西北	1.1	III	
*1973	2	28	12	29		28.8	110.3	古丈县	1.8	II	疑炮
*1975	9	22	12	29	26	28.5	110.0	古丈县	1.3		疑炮
*1975	9	30	15	01	19	28.3	109.6	古丈县	1.3		疑炮
*1975	11	20	13	55	30	28.6	110.0	古丈县	1.0		疑炮
*1975	11	21	12	59	35	28.6	110.0	古丈县	1.2		疑炮
1975	12	27	13	58	20			古丈县镇溪	1.5	III	
*1973	9	25	13	52	39	29.2	110.5	大庸县	2.0	I	疑炮
*1973	11	25	12	59	40	29.0	110.5	大庸县大坪	1.8	II	疑炮
1973	12	19	13	18	47	29.1	110.4	大庸县	2.0	III	

1974	3	12	16	49	13	29.01	110.51	大庸县	2.2		
1961	5	5	0	41		29.34	110.40	桑植县大潮溪东	1.2	II	
1971	1	15	23	52	15	29.32	110.27	桑植县官地坪南	2.0		
1972	3	13	9	42				桑植县湘西与鄂交界处	2.8		
1973	1	20	16	27	07	29.38	110.26	桑植县龙洞坪	1.4		
*1976	8	26	10	59	20	29.8	110.5	桑植县	1.1		疑炮
邵 阳 地 区											
*1973	5	24	17	44		28.0	111.7	涟源县七星街	1.7	II	疑炮
*1973	5	29	17	44		27.9	111.7	涟源县七星街	1.5	II	疑炮
1974	5	30	17	51	06	27.8	112.1	涟源县娄底	1.1	I	有感
1974	5	30	21	10	42	27.8	112.1	涟源县娄底	2.2	I	有感
1974	5	31	19	58	08	27.8	112.1	涟源县娄底	1.4	I	有感
1975	11	15	11	58	10	27.7	112.0	涟源县娄底	1.2	II	
1976	1	8	21	37	43	27.7	111.9	涟源县娄底石井铺头圹	202	II	有感
1976	1	9	10	07	18	27.7	111.8	涟源县娄底石井铺头圹	2.1	II	有感
1976	1	14	13	07	46	27.7	112.0	涟源县娄底	1.2	II	
1976	3	11	9	17	24	27.7	112.1	涟源县娄底石井杉山	2.1	II	有感
1976	4	8	18	49	10	27.8	112.0	涟源县	1.2	II	
*1972	12	4	19	40		27.3	111.6	邵东县	2.0		疑炮
1974	7	6	12	12	46	27.0	112.0	邵东县铜锣坪	0.8	II	
1974	7	20	11	53	08	27.0	112.0	邵东县铜锣坪	1.0	II	
1974	7	20	18	43	40	27.0	112.0	邵东县铜锣坪	1.0	II	
1974	7	21	19	15	37	27.0	112.1	邵东县云麓	1.2	II	
1974	7	21	12	01	45	27.1	112.0	邵东县荷公殿	0.8	II	
1974	7	25	7	45	16	27.3	111.9	邵东县廉桥	2.8		有感
1974	7	25	08	38	43	27.3	111.9	邵东县廉桥	0.8	II	
1974	7	25	15	24	35	27.3	111.9	邵东县廉桥	0.9	I	有感
1974	7	25	17	49	07	27.3	111.9	邵东县廉桥	1.4	I	有感
1974	7	26	22	54	36	27.3	111.9	邵东县廉桥	1.2	I	有感
1974	7	27	5	4	22	27.3	111.9	邵东县廉桥	0.7	II	
1974	7	28	21	10	24	27.3	111.9	邵东县廉桥	1.2	I	有感
1974	7	31	11	38	24	27.3	111.9	邵东县廉桥	0.7		
*1972	11	11	3	58		27.5	111.3	新化县天龙山	2.4		可疑
1973	1	18	18	21		27.8	111.6	新化县晏家东	1.6		
1976	8	10	19	18	23	28.1	110.0	新化县县西北	1.9	II	
1964	4	13	7	55		27.33	110.41	隆回县茅坳西	1.8	III	
衡 阳 地 区											
*1973	5	26	12	33		27.21	112.1	衡阳县金兰寺	1.6		疑炮
郴 州 地 区											
1974	8	25	6	2	35	25.6	112.8	郴县县西	1.1		
1974	8	31	16	07	07	25.8	112.9	郴县县西	1.2		
1974	10	21	11	59	12	26.1	113.0	永兴县	1.8		
1975	9	29	15	55	39	26.1	112.8	永兴县县西	1.1		

1975	8	14	13	43	29	26.2	112.9	耒阳县	1.2		双台
1973	8	4	12	47	20	25.1	113.8	汝城县县南井坡东	1.6		
零 陵 地 区											
*1972	10	14	12	14		26.4	111.4	东安县	1.8		疑炮
*1972	12	7	12	25		26.2	111.4	东安县	2.3		疑炮
*1973	5	15	21	43		26.5	111.1	东安县	1.4		疑炮
*1975	11	29	17	34	33	26.7	111.5	东安县	0.9		疑炮
*1975	12	26	12	17		26.5	111.3	东安县黄金洞	0.7	Ⅲ	

注："*"表示为资料少，有疑问或震中难定；行政区划为统计时的区划。

15.2 场地抗震地段划分

15.2.1 勘察报告常有场地局部分布软弱土或软弱土厚度较薄就划分为不利地段的现象，更有只要存在边坡就划为不利地段的情况发生，本条对此进行了明确。场地大面积均匀分布软弱土是指：当场地等效剪切波速计算深度内土层剪切波速≤150m/s 的土层厚度＞15m 时的情形，如湖区广泛分布的厚层淤泥、场地整平时大面积分布的厚层未处理的新填土。考虑到 15m 是软弱土场地划分为Ⅱ、Ⅲ类场地的界限，我国地震反应谱基准场地为Ⅱ类，故以软弱土厚度 15m 为划分不利地段的界限

15.2.2 位于条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘和非岩石和强风化岩石的陡坡、河岸和边坡上缘等不利地段的工程场地，边坡形态、相对高差、地层岩性和拟建工程与边坡的距离是确定地震放大系数的基本参数，位于边坡上的工程且在地震动参数放大作用影响范围内的工程场地，属于建筑对抗震不利地段，而对地震动参数放大作用影响范围内的工程场地，就不一定属于建筑对抗震不利地段，对于此种情况，分区划分抗震地段是合适的。

15.2.3 对于面积较大的场地、线状工程场地，可能跨越不同的工程地质单元，各工程地质单元的地形地貌地层都有很大的差异，有必要分区划分抗震地段。面积较大的场地是指在平坦区面积不小于 1km×1km。

15.3 场地类别

15.3.1 本省山区、丘陵区分布较广，常有同一场地地形地貌、岩性差异较大的现象，这种场地需先划分工程地质分区，再对各区进行评价。

15.3.2 本条是国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的强制性条文。

15.3.3 本省山区、丘陵区分布广泛，同一场地岩性分布不均，各剪切波速测试孔布置时应注意涵

盖场地所有地层。对于中风化、微风化岩石，可直接根据其坚硬程度估算其剪切波速。当资料缺乏时，勘探点在覆盖层中的最小深度，应能满足确定场地类别要求。国家标准《建筑抗震设计规范》 GB 50011 规定了可估算各土层的剪切波速的条件。借鉴使用的覆盖层厚度应有证据。

市政工程按工程特点尚有多种抗震设计标准，各标准对于剪切波速测试孔的布置有不同的要求，工程勘察中需注意。

15.3.4 工程实践中，有以勘探时的原始地面标高为覆盖层厚度取算点，也有以设计地坪标高为覆盖层厚度取算点的，根据本省山区、丘陵区分布较广，场地设计地坪标高与原始地形差异较大的特点，统一规定采用设计地坪标高为覆盖层厚度取算点。当场地分区划分场地类别时，取算点采用各分区的设计地坪标高。

15.4 液化土和软弱地基

15.4.6 本条参照了《软土地区岩土工程勘察规程》JGJ 83 相关规定。

15.5 地震效应分析评价

15.5.1 本条是勘察报告中地震效应分析评价的基本内容，涵盖了国标《岩土工程勘察规范》GB 50021 对地震评价的要求及国标《建筑抗震设计规范》GB 50011 对勘察成果的要求。

建筑单体的刚度与场地类别的多种组合，如长周期的高层建筑位于Ⅲ、Ⅳ类场地或短周期的低矮建筑位于Ⅰ类场地，均构成不利组合，同一建筑单体跨类别分区界线时，提请设计根据建筑物的刚度按不利组合核算是合适的。

16 地 下 水

16.1 一般规定

16.1.1 在工程建设中，地下水对工程影响重大，如抗浮问题、抗渗问题、施工方法选择、地下水控制、水土压力计算等均与地下水密切相关，在施工过程中因地下水问题产生的工程事故频发，地下水勘察是岩土工程勘察的重要组成部分。

16.1.2 水文地质条件简单时，在详细勘察工作中采取的一些水位观测、水文地质试验等可满足工程需要；鉴于地下水对工程建设的重要性，对水文地质条件复杂的场地，一般采用水文地质钻孔、地下水动态观测孔、抽水试验等手段进行专门水文地质勘察工作。

16.2 地下水的勘察要求

16.2.1 地下水的勘察要求说明如下：

1 本条是地下水勘察的基本要求，加强对宏观资料的搜集工作，强调对已有资料的分析整理和评价，根据区域水文地质条件和场地内水文地质条件，研究影响场地内地下水位变化的各种因素和影响程度；

2 上层滞水为存在于包气带局部隔水层上的局部水体，水体下还有非饱和土的存在。一般受大气降水、地表水、农业灌溉、管道滴水等补给。无论在时间上还是空间上，水位变化都很大。勘察时要查明具体补给来源和变化规律。潜水为具有自由水面的地下水体，分布范围较广，一般受大气降水和地表水体补给。无论在时间上还是空间上，水位变化都有一定规律。承压水是充满两个隔水层之间的含水层中的地下水，具有承压性，分布范围较广，一般受补给区大气降水和地表水体补给。勘察时应根据地下水的赋存状态合理确定地下水类型和分布规律；

4 历史最高水位指长期观测孔中历年地下水位达到的最高记录；近 3 年～5 年最高地下水位为勘察当年之前 3 年～5 年中的最高地下水位；勘察地下水位是指建筑地基勘察时，在勘察钻孔中量测的稳定水位；

5 一般通过现场勘察和试验取得具体水文地质参数；

6　随着工程建设范围的扩大，经常遇到场地内填埋垃圾等污染地下水的污染源，这些污染源不仅造成水资源污染，而且还影响场地内工程建设的环境安全。一旦工程完成后再对污染源处理非常困难，因此要求在岩土工程勘察阶段查明污染源，并提出相应工程措施的建议。

16.2.2～16.2.4　归纳了近年来各地在岩土工程勘察，特别是高层建筑勘察中取得的一些经验。随着城市建设的高速发展，特别是高层建筑的大量兴建，地下水的赋存和渗流形态对基础工程的影响日渐突出：

1　很多高层建筑的基础埋深超过 10m，甚至 20m，加上建筑体型往往比较复杂，大部分“广场式建筑(plaza)”的建筑平面内都包括有纯地下室部分，在北京、上海、西安、大连等城市还修建了地下广场；在抗浮设计和地下室外墙承载力验算中，正确确定抗浮设防水位成为一个牵涉巨额造价以及施工难度和周期的十分关键的问题；

2　高层建筑的基础，除埋置较深外，其主体结构部分多采用箱基或筏基；基础宽度很大，加上基底压力较大，基础的影响深度可数倍、甚至十数倍于一般多层建筑；在这个深度范围内，有时可能遇到 2 层或 2 层以上的地下水，不同层位地下水之间的水力联系和渗流形态往往各不相同，难于准确掌握建筑场地孔隙水压力场的分布；由于孔隙水压力在土力学和工程分析中的重要作用，对孔压的考虑不周将影响建筑沉降分析、承载力验算、建筑整体稳定性验算等一系列重要的工程评价问题；

3　地下水控制设计和支护结构的侧向压力与上述问题紧密相关，在基坑支护工程勘察中，要加强资料的搜集；由于地下水的赋存状态是随时间变化的，不仅有年变化规律，也有长期的动态规律，因此要设置长期观测孔；详勘阶段时间紧迫，只能了解勘察时刻的地下水状态，有时甚至没有足够的时间进行本章第 16.3 节规定的现场试验，除要求加强搜集长期水文动态规律资料和分析工作外，也提出了预设长期观测孔和进行专门水文地质勘察的规定；

4　地下水对基础工程的影响，实质上是水压力或孔隙水压力场的分布状态对工程结构影响的问题，而不仅仅是水位问题，基础受压层范围内孔隙水压力场的分布，特别是在黏性土层中的分布，对高层建筑勘察与评价中至关重要，因此提出了有关了解各层地下水的补给关系、渗流状态，以及量测压力水头随深度变化的要求，有条件时还要进行渗流分析，量化评价地下水的影响；

5　多层地下水分层水位(水头)的观测，尤其是承压水压力水头的观测，虽然对基础设计和基坑设计都十分重要，但目前不少勘察人员忽视这件工作，造成勘察资料的欠缺，本次作了明确的规定；

6　渗透系数的测定有现场试验和室内试验两种方法，一般室内试验误差较大，现场试验比较切合实际。当需了解某些弱透水性地层的参数时，也可采用室内试验方法。

16.3 水文地质参数测定

16.3.1 水文地质参数测定方法一般根据地层透水性能、工程的重要性及对参数的要求选择确定。

16.3.2、16.3.3 地下水位的量测着重说明几点：

1 稳定水位是指钻探时的水位经过一定时间恢复到天然状态后的水位；地下水位恢复到天然状态的时间长短受含水层渗透性影响最大，根据含水层渗透性的差异，第 16.3.3 条规定了至少需要的时间；当需要编制地下水等水位线图或工期较长时，在工程结束后要统一量测一次稳定水位；

2 采用泥浆钻进时，为了避免孔内泥浆的影响，需将测水管打入含水层 20cm 方能较准确地测得地下水位；

3 地下水位量测精度规定为±2cm 是指量测工具、观测等造成的总误差的限值，因此量测工具应定期用钢尺校正。

16.3.4 测定地下水流向流速说明如下：

1 用几何法测定地下水流向的钻孔布置，除应在同一水文地质单元外，尚需考虑形成锐角三角形，其中最小的夹角不宜小于 40°；孔距宜为 50m～100m，过大和过小都将影响量测精度；

2 用指示剂法测定地下水流速，试验孔与观测孔的距离由含水层条件确定，一般细砂层为 2m～5m，含砾粗砂层为 5m～15m，裂隙岩层为 10m～15m，对岩溶水可大于 50m；指示剂可采用各种盐类、着色颜料等，其用量决定于地层的透水性和渗透距离；

3 当工程对地下水流速精度要求不高时，可以采用水力梯度法计算。只要知道场地内含水层的渗透系数 K 和水力梯度 I，则流速为：

$$v = K \cdot I \tag{5}$$

4 用充电法测定地下水的流速适用于地下水位埋深不大于 5m 的潜水。

16.3.5 为了使渗透系数等水文地质参数更接近工程实际情况，在勘察工作中一般采用抽水试验、注水试验等现场测试方法确定。表 29 中的渗透系数经验值可供参考。

表 29 岩土的渗透系数经验值

岩土名称	渗透系数 K	
	(m/d)	(cm/s)
黏土	＜0.001	＜1.2×10^{-6}
粉质黏土	0.001～0.100	1.2×10^{-6}～1.2×10^{-4}
粉土	0.100～0.500	1.2×10^{-4}～6.0×10^{-4}
粉砂	0.500～1.000	6.0×10^{-4}～1.2×10^{-3}

细砂	1.000～5.000	1.2×10^{-3}～6.0×10^{-3}
中砂	5.000～20.000	6.0×10^{-3}～2.4×10^{-2}
粗砂	20.000～50.000	2.4×10^{-2}～6.0×10^{-2}
圆砾	50.000～100.000	6.0×10^{-2}～1.2×10^{-1}
卵石	100.000～500.000	1.2×10^{-1}～6.0×10^{-1}

16.3.6　松散类岩土给水度可参考表 30 中的经验值。

表 30　岩土的给水度经验值

岩土名称	给水度	岩土名称	给水度
粉砂与黏土	0.100～0.150	粗砂及砾砂	0.250～0.350
细砂与泥质砂	0.150～0.200	黏土胶结的砂岩	0.020～0.030
中砂	0.200～0.250	裂隙矿岩	0.008～0.100

16.3.7　越流系数 *B* 表征弱透水层垂直方向上传导越流水量能力的参数，是指弱透水层上、下含水层之间的水头差为一个单位时，垂直渗透水流通过弱透水层与含水层单位界面的流量，换言之，是指含水层顶(底)板弱透水层的垂直渗透系数 *K* 与其厚度 *M* 之比值，即 *B*=*K* / *M*。量纲为[1/T]。采用计算法计算影响半径 R 时，表 31 列出了常用的计算公式：

表 31　影响半径计算公式

计算公式		适用条件	备注
潜水	承压水		
$\lg R=\dfrac{S(2H-S)\lg r_1-S_1(2H-S_1)\lg r}{(S-S_1)(2H-S-S_1)}$	$\lg R=(S_1\lg r_1-S\lg r)/(S-S_1)$	单孔抽水，有 1 个观测孔	结果偏大
$\lg R=\dfrac{S_1(2H-S_1)\lg r_2-S_2(2H-S_2)\lg r_1}{(S_1-S_2)(2H-S_1-S_2)}$	$\lg R=(S_1\lg r_2-S_2\lg r_1)/(S_1-S_2)$	单孔抽水，有 2 个观测孔	精度可靠
$\lg R=[1.366k(2H-S)/Q]+\lg r$	$\lg R=(2.73k\bullet m\bullet S/Q)+\lg r$	单孔抽水，无观测孔	一般偏大
$R=2S\sqrt{HK}$	$R=10S\sqrt{K}$	单孔抽水，无观测孔	概略计算

16.3.8　孔隙水压力的测定说明如下：

1　所列孔隙水压力测定方法及适用条件主要参考英国规范及我国实际情况制定，各种测试方法的优缺点：立管式测压计安装简单，并可测定土的渗透性，但过滤器易堵塞，影响精度，反应时间较慢；水压式测压计反应快，可同时测定渗透性，适用于浅埋，有时也用于在钻孔中量测大的孔隙

水压力，但因装置埋设在土层，施工时易受损坏；电测式测压计(电阻应变式、钢弦应变式)性能稳定、灵敏度高，不受电线长短影响，但安装技术要求高，安装后不能检验，透水探头不能排气，电阻应变片不能保持长期稳定性；气动测压计价格低廉，安装方便，反应快，但透水探头不能排气，不能测渗透性；孔压静力触探仪操作简便，可在现场直接得到超孔隙水压力曲线，同时能测出土层的锥尖阻力；

2 目前我国测定孔隙水压力多使用振弦式孔隙压力计，即电测式测压计和数字式钢弦频率接收仪；

3 孔隙水压力试验点的布置要考虑地层性质、工程要求、基础型式、地基土在荷载不断增加过程中新建筑物对临近建筑物的影响、深基础施工和地基处理引起孔隙水压力的变化；圆形基础一般以圆心为基点按径向布孔，其水平及垂直方向的孔距多为 5m～10m；

4 测压计的埋设与安装直接影响测试成果的正确性，埋设前必须经过标定；安装时将测压计探头放置到预定深度，其上覆盖 30cm 砂均匀充填，并投入膨润土球，经压实注入泥浆密封；泥浆的配合比为 4(膨润土) ：8～12(水) ：1(水泥)；地表部分应有保护罩以防水灌入；

5 试验成果应提供同一深度孔隙水压力与时间变化的曲线图、孔隙水压力与深度变化曲线图。

16.3.9 本条是对抽水试验的原则规定，具体说明下列几点：

1 抽水试验是求得含水层水文地质参数的有效方法；岩土工程勘察一般采用稳定流抽水试验，正文表 16.3.9 所列的应用范围，可结合工程特点，勘察阶段及对水文地质参数精度的要求选择；

2 抽水量和水位降深应根据工程性质、试验目的和要求确定；对于一级工程，应进行 3 次不同水位降深，并使最大的水位降深接近工程设计的水位标高，以便得到较符合实际的数据；一般工程可进行 1 次～2 次水位降深；

3 试验孔和观测孔的水位量测采用同一方法和器具，可以减少其间的相对误差；观测孔的水位量测读数精确至毫米，是因其不受抽水泵和抽水时水面波动的影响，水位下降较小，且直接影响水文地质参数计算的精度；

4 抽水试验的稳定标准是当出水量和动水位与时间关系曲线均在一定范围内同步波动而没有持续上升和下降的趋势时即认为达到稳定；稳定延续时间，可根据工程要求和含水地层的渗透性确定；

5 试验成果分析可参照《供水水文地质勘察规范》GB 50027 进行。

16.3.10 本条所列注水试验的几种方法是国内外测定饱和松散土渗透性能的常用方法；试坑法和试坑单环法只能近似地测得土的渗透系数，而试坑双环法因排除侧向渗透的影响，测试精度较高，试坑试验时坑内注水水层厚度常用 10cm。

16.3.11 本条主要参照《水利水电工程钻孔压水试验规程》SL31 及美国规范，具体说明下列几点：

1 常规性的压水试验为吕荣试验，该方法是 1933 年吕荣(M．Lugeon)首次提出，经多次修正完善，已为我国和大多数国家采用；成果表达采用透水率，单位为吕荣(Lu)，当试段压力为 1MPa，每米试段的压入流量为 1L/min 时，称为 1Lu；除了常规性的吕荣试验外，也可根据工程需要，进行专门压水试验；

2 压水试验的试验段长度一般采用 5m，要根据地层的单层厚度、裂隙发育程度以及工程要求等因素确定；

3 按工程需要确定试验最大压力、压力施加的分级数及起始压力；调整压力表的工作压力为起始压力；一般采用三级压力五个阶段进行，取 1.0MPa 为试验最大压力；每 1min～2min 记录压入水量，当连续五次读数的最大值和最小值与最终值之差，均小于最终值的 10％时，为本级压力的最终压入水量，这是为了更好地控制压入量的最终值接近极值，以控制试验精度；

4 压水试验压力施加方法应由小到大，逐级增加到最大压力后，再由大到小逐级减小到起始压力；并逐级测定相应的压入水量，及时绘制压力与压入水量的相关图表，其目的是了解岩层裂隙在各种压力下的特点，如高压堵塞、成孔填塞、裂隙张闭、周围井泉等因素的影响；

5 *P*～*Q* 曲线可分为五种类型：A 型(层流型)、B 型(紊流型)、C 型(扩张型)、D 型(冲蚀型)、E 型(充填型)；

6 试验时应经常观测工作管外的水位变化及附近可能受影响的坑、孔、井、泉的水位和水量变化，出现异常时应分析原因，并及时采取相应措施。

16.4 地下水作用的评价

16.4.1 在岩土工程的勘察、设计、施工过程中，地下水的影响始终是一个极为重要的问题，因此，在工程勘察中应当对其作用进行预测和评估，提出结论与建议。

地下水对岩土体和建筑物的作用，按其机制可以划分为两类：一类是力学作用，一类是物理、化学作用。力学作用原则上应当是可以定量计算的，通过力学模型的建立和参数的测定，可以用解析法或数值法得到合理的评价结果，很多情况下，还可以通过简化计算，得到满足工程要求的结果。由于岩土特性的复杂性，物理、化学作用有时难以定量计算，但可以通过分析，得出合理的评价。

16.4.2 地下水对基础的浮力作用，是最明显的一种力学作用。在静水环境中，浮力可以用阿基米德原理计算。一般认为，在透水性较好的土层或节理发育的岩石地基中，计算结果即等于作用在基底的浮力；对于渗透系数很低的黏土来说，上述原理在原则上也应该是适用的，但是有实测资料表

明，由于渗透过程的复杂性，黏土中基础所受到的浮托力往往小于水柱高度。在铁路路基设计规范中，曾规定在此条件下，浮力可做一定折减，由于这个问题缺乏必要的理论依据，很难确切定量，只有在具有地方经验或实测数据时，方可进行一定的折减；在渗流条件下，由于土单元体的体积 V 上存在与水力梯度 I 和水的重力密度 γ_w 呈正比的渗流力 J (体积力)，造成了土体中孔隙水压力的变化，因此，浮力与静水条件下不同，应该通过下式渗流分析得到。

$$J = I \cdot \gamma_w \cdot V \tag{6}$$

无论用哪种条分极限平衡方法验算边坡稳定性，孔隙水压力都会对各分条底部的有效应力条件产生重大影响，从而影响最后的分析结果。当存在渗流条件时，和上述原理一样，渗流状态还会影响到孔隙水压力的分布，最后影响到安全系数的大小。因此条文对边坡稳定性分析中地下水作用的考虑做了原则规定。

验算基坑支护支挡结构的稳定性时，不管是采用水土合算还是水土分算的方法，都需要首先将地下水的分布搞清楚，才能比较合理地确定作用在支挡结构上的水土压力。当渗流作用影响明显时，还应该考虑渗流对水压力的影响。

渗流作用可能产生潜蚀、流砂、流土或管涌现象，造成破坏。以上几种现象，都是因为基坑底部某个部位的最大渗流梯度大于临界梯度 I_{cr}，致使安全系数 F_s 不能满足要求：

$$F_s = I_{cr} / I_{max} \tag{7}$$

从土质条件来判断，不均匀系数小于 10 的均匀砂土，或不均匀系数大于 10，但含细粒量超过 35%的砂砾石，其表现形式为流砂或流土；正常级配的砂砾石，当其不均匀系数大于 10，但含细粒量小于 35%时，其表现形式为管涌；缺乏中间粒径的砂砾石，当含细粒量小于 20%时为管涌，大于 30%时为流土。以上经验可供分析评价时参考。

在防止由于深处承压水水压力面引进的基底隆起，需验算基坑底不透水层厚度与承压水水头压力，见图 4 并按平衡式(8)进行计算：

$$\gamma \cdot H = \gamma_w \cdot h \tag{8}$$

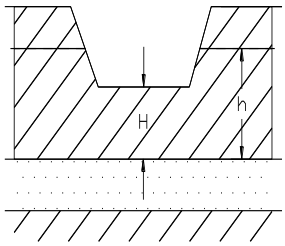


图 4 含水层示意图

要求基坑开挖后不透水层的厚度按式(9)计算：

$$H \geqslant (\gamma_w/\gamma) \cdot h \tag{9}$$

式中　H——基坑开挖后不透水层的厚度(m)；

γ——土的重度；

γ_w——水的重度；

h——承压水水头高于含水层顶板的高度(m)。

以上式子中当 $H=(\gamma_w/\gamma) \cdot h$ 时处于极限平衡状态，工程中应有一定的安全度，取值根据实际工程经验确定。

地下水位以下开挖基坑需采取降低地下水位的措施时，需要考虑：如何疏干基坑内的地下水，得到安全的作业面；在造成水头差条件下，如何保证基坑侧壁和底部土体稳定；降水是否会对邻近建筑、道路和地下设施产生不利影响。

16.4.3　地下水即使是在赋存条件和水质基本不变的前提下，对地基和基础的作用往往也是一个渐变的过程，开始可能不为人们所注意，一旦危害明显就难以处理。由于受环境，特别是人类活动的影响，地下水位和水质还可能发生变化。所以在勘察时要注意调查研究，在充分了解地下水赋存环境和岩土条件的前提下做出合理的预测和评价。

16.5　地下水的控制评价

16.5.1　施工降水的环境问题主要指降水过程中由于流土、管涌、坑底失稳、坑壁坍塌及地下水降

低使地层有效应力增加，地层压缩而导致的基坑周边地面沉降，造成基坑周围一定范围内地下管线和建筑物不同程度的破坏，在人员和经济上造成不可估量的损失。本标准不仅考虑施工降水可能造成的环境问题，而且还要考虑地下水控制与地下水资源和地下水环境的关系。随着城市工程建设规模的不断扩大，基坑开挖深度不断加深，一味采用抽水降低地下水位保障工程施工的做法不妥，严重浪费了地下水资源，因此要采用适宜的地下水控制方法。

16.5.2 地下水控制不管采用什么方法都是有利有弊，岩土工程勘察建议的地下水控制方法应评价其适用性：

帷幕截水方法，以现有的技术，当属地下连续墙最为可靠，但造价偏高，目前采用的薄壁地下连续墙已经在城市建设中有所应用，因造价降低值得推广；旋喷桩帷幕截水，虽然每根桩深度不受过多限制，但由于成桩过程中存在垂直度不能保证达到设计要求，可能会出现局部缝隙在施工开挖时造成严重后果。因此深大基坑应慎重选择旋喷桩截水帷幕，如选用也应强调施工的质量要求。

目前国内许多城市的浅层地下水污染较严重，深部地下水质量相对较好。自渗方法降低地下水位就是把上层水通过自渗导入下水层，在不考虑地下水环境的情况下，是施工降水比较节省的方法。如上层水导入下水层可能恶化下层水的水质，则不宜采用这类方法。

地下水回灌具有两个作用：一是保障基坑周边地面不发生沉降，二是保障地下水资源量不受施工降水的影响。采用回灌方法是与抽水方法相伴生的。回灌可在同层进行，也可以在异层进行。同层回灌应保证回灌井回灌的水量不能过多地流入抽水井，加重抽水量，这就要求工程场区存在同层回灌的条件，即存在设置回灌井的位置，并能保证回灌井与抽水井的距离。异层回灌虽不受场地大小的限制，但考虑到上层水水质往往较差，在选择采用异层回灌前，应评价不同层位地下水混合后对地下水环境的影响，避免产生水质型水资源损失。

16.5.3 降水对工程周边环境的影响主要有地面沉降和地下水资源的消耗。考虑到现有的施工技术条件和工程投资的可能性，许多情况下还会选择抽取地下水来降低地下水位的方法。本标准不限制采用抽水方法降低地下水位，但考虑到水资源和水环境的保护，地基勘察时可提出施工降水可能抽取的水量，为业主提供决策依据。抽取的地下水宜用于施工环节和环境美化等，尽量减少浪费。

16.5.5 施工中要求地下水位降至开挖面以下一定距离，是为了避免由于土体中毛细作用使槽底土质处于饱和状态，在施工活动中受到严重扰动，影响地基的承载力和压缩性；在降水过程中如带出土颗粒，有可能使基底土体受到扰动，严重时可能影响拟建建筑物的安全和正常使用；深基坑降水时，可能穿越上部含水层，或位于含水层底板附近，含水层会出现疏不干的问题，如没有预防措施可能影响施工造成经济损失，出现疏不干问题时，可采用明排或局部截水等辅助措施，并应评价基坑侧壁渗水可能造成的边坡失稳。

16.6 水和土的腐蚀性评价

16.6.11 水、土对建筑材料腐蚀的防护，国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 和《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212 已有详细的规定，为避免重复，本标准不再列入“防护措施”，当水、土对建筑材料有腐蚀性时，可按上述规范的规定，采取防护措施。

16.7 抗浮设防水位

16.7.1 影响地下室抗浮设防水位的因素有：场地的工程地质、水文地质条件、地形、地貌、当地的水文气象条件及人类工程活动（深切方、高填方、地面排水、盲沟设置、基坑回填、管道渗漏等），由于勘察企业无法对人类工程活动产生的地下水浮力进行评判，加之对结构使用期内（如未来 50 年或 100 年等）工程所在地的抗浮水位做出判断，只能进行事后验证，而无法即时验证，因此明确抗浮设计水位使用条件是非常必要的。

16.7.2 本条所述地下室的情形，地下水位变化情况显著，取统一抗浮水位有时既不安全也不经济，分区提出抗浮水位是合适的。难点是如何分区以及怎样提出抗浮水位，实践中有按场地两侧的不同水位标高在场地中央按内插方式提供的，也有将地下室分区分别提供抗浮水位的，为简便起见，本标准建议分区按不利原则提出抗浮水位。

16.7.3 地下室抗浮设防水位确定是岩土工程勘察的主要内容之一，由于地下室面积越来越大，基坑深度也越来越深，抗浮水位定得过高，工程费用可能浪费很大，定得过低，如果地下室发生上浮破坏，后果也很严重。由于抗浮设防水位是地下室使用期间可能遇到的最高水位，这个水位显然不是勘察期间实测到的场地最高水位，也不完全是历史上观测或记录到的历史最高水位，而是地下室使用期间可能遇到的最高水位，也就是说这个水位是岩土工程师根据场地条件和当地经验预测的、未来可能出现的一个水位，这个水位既反映了岩土工程师的经验判断水平，也反映当地技术经济发展水平，而地下室未来几十年使用期间，地下水位变化可能很大，这就给岩土工程师确定合理设防水位带来很大的困难。

我省各地工程地质、水文地质条件千差万别，要统一规定一个抗浮设防水位取值标准非常困难。因此本条第 1 款仅给出一个取值原则，具体应由岩土工程师按照场地条件和当地经验选取。

本条第 2 款规定了当有地下水长期观测资料时，可根据历史上最高水位，来推定和预测今后使用期间的地下水最高水位；当没有地下水长期观测资料，而当地不同地貌单元地下水季节变化幅度

有经验数据时，可按“勘察期间实测地下水位”+“地下水季节变化幅度”（旱季勘察时加变化幅度大值，雨季勘察时加变化幅度小值）+“意外补给可能带来的地下水升高值”，来预测和推定地下水抗浮设防水位。

本条第 3 款规定了施工期间临时抗浮稳定的设防水位选取办法，以引起设计与施工人员重视，因为实际工程中确实发生过地下室整体上浮的事故，岩土工程师在抗浮评价中必须提醒设计和施工人员关注此类问题，在施工过程中加强基坑抽排水，防止地下室发生上浮，特别是地下室埋置不太深，没有设置抗浮桩或抗浮锚杆的工程要重点关注。

本条第 4 款考虑了场地存在上层滞水、潜水和多层承压水，各层地下水虽具有各自的独立水位，但若相对隔水层已属饱和状态，说明各类地下水具有水力联系，且由于场地勘察孔钻穿了所有含水层，桩基施工时也可能将场地可能存在的多个含水层连通起来，甚至地下室肥槽回填未处理好也可能引起地下水各层互相连通，因此地下室使用期间，各类地下水实际上是相互连通的，故本款规定按各层水的混合最高水位确定抗浮设防水位。

本条第 5 款规定了当地表水和地下水有水力联系时，取百年一遇洪水位或潮水位作为抗浮设防水位是合适的。因为按国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定，“标志性建筑和特别重要的建筑结构”使用年限为 100 年，高层建筑属于此类，而地表水体一般都有系统的水文观测资料，可通过地表水体 100 年的洪水位来推定地下水 100 年的最高水位。

本条第 6 款是针对我省许多城市，雨季往往会遭遇特大暴雨，城市中不少低洼地区被水淹，形成水涝，若这些地区正进行地下结构施工，其基坑将会迅速被淹没，可能造成地下结构上浮，为保证地下结构施工安全，其抗浮设防水位应取室外地坪以上 0.50m 高程。

考虑到大面积回填场地地下水位常会雍高，本条第 7 款针对此种情况作出规定。

本条第 8 款是针对高边坡地下水因渗流作用，常出现地下水从坡脚涌出的现象，边坡底的地下室如不设置盲沟排水，易产生高于地表的水头，本省曾出现过多项此种案例。

本条第 9 款规定了场地设计室外地坪有坡度变化时，应根据场地设计室外地坪标高实际情况分段确定抗浮设防水位。

本条第 10 款原则性规定了岩溶地下水抗浮设防水位确定方法。

17　岩土参数的统计分析和确定

17.1　一般规定

17.1.1　本条提出了岩土参数统计分析和确定的基本原则，明确了进行岩土参数统计分析所需的基本条件以及主要工作思路，强调了岩土参数统计分析时搜集类似工程经验的重要性。

17.1.2　当采用多种勘察手段时，应根据其可靠性，按先采用原型试验、直接测定的原位试验、再一般原位测试、后室内土工试验的原则进行。原型试验指工程原型的量测、足尺试验。

17.2　岩土参数的统计分析

17.2.2　当岩土参数离散性较大时，应进行具体分析并查找原因，尤其是对岩土体单元、层位的划分是否合理等方面进行检查复核。

17.3　岩土参数代表值的选用方法

17.3.1　本条明确了岩土参数代表值的选取原则，对于不同的岩土参数或不同的需求，其代表值均有可能不同。

17.3.2　本条规定了岩土体的物理指标、力学指标及现场原位测试指标等不同岩土参数其平均值的取值方法。

17.4　地基承载力的确定

17.4.3　根据野外鉴别(岩石坚硬程度、碎石土和砂土密实度等)确定地基承载力特征值时，可查表32～34。

表 32　岩石地基承载力特征值 f_{ak}（kPa）

风化程度 岩石坚硬程度类别	全风化	强风化	中风化	微风化
坚硬岩	300～350	800～1500	1800～4000	≥4000
较硬岩	280～320	600～1200	1500～2500	3000～4000
较软岩	250～300	500～1000	1200～2000	2500～3500
软　岩	220～280	400～500	900～1500	1600～2500
极软岩	200～260	300～400	700～1000	1100～1600

注：1　对全风化岩，适用于硬塑～坚硬状态，当呈坚硬状态时，取表中高值，反之取低值；
　　2　对强风化岩，当含泥量（风化残积土）较少时，取表中高值，反之取低值；

3　对中风化、微风化岩，当节理裂隙不发育、整体性较好时，取表中高值，反之取低值。

表 33　碎石土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

土的名称＼密实度	稍密	中密	密实
卵　石	300～500	500～800	800～1000
碎　石	250～400	400～700	700～900
圆　砾	200～300	300～500	500～700
角　砾	200～250	250～400	400～600

注：1　表中数值适用于骨架颗粒空隙全部由中砂、粗砂或硬塑、坚硬状态的黏性土或稍湿的粉土所充填；

2　当粗颗粒为中风化或强风化时，可按其风化程度适当降低承载力，当颗粒间呈半胶结状时，可适当提高承载力。

表 34　砂土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

土的名称＼密实度		稍密	中密	密实
砾砂、粗砂、中砂		160～240	240～340	＞340
细砂、粉砂	水上（稍湿或潮湿）	120～160	160～220	＞220
	水下（饱和）		120～160	＞160

根据室内土工试验确定地基承载力特征值时，可先按本标准 17.2 节的规定计算指标标准值，然后查表 35～42 进行选取。

表 35　山区、丘陵区一般性黏性土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

孔隙比 e＼液性指数 I_L	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
0.5	470	410	360	（320）	
0.6	375	325	285	250	（225）
0.7	305	270	230	210	190
0.8	260	225	200	180	160
0.9	220	195	170	150	135
1.0	195	170	150	135	120
1.1		150	135	120	110

注：　有括号者仅供内插用。

表 36　丘陵区中更新统（Q_2）冲积粉质黏土(网纹状黏性土)承载力特征值 f_{ak}（kPa）

孔隙比 e \ 液性指数 I_L	0.00	0.25	0.50
0.5	500	440	（390）
0.6	405	355	（315）
0.7	335	305	（260）
0.8	290	255	（230）
0.9	250	225	（200）

注：有括号者仅供内插用。

表 37　山区、丘陵区粉土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

孔隙比 e \ 含水率 ω（%）	10	15	20	25	30	35
0.5	405	370	350	330		
0.6	300	280	260	245	（230）	
0.7	240	220	205	195	180	（175）
0.8	195	180	170	160	150	（145）
0.9	160	150	140	130	120	（115）
1.0	140	130	120	115	110	105

注：　有括号者仅供内插用。

表 38　湖区黏性土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

孔隙比 e \ 液性指数 I_L	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
0.6	330	290	255	225	205
0.7	270	235	210	185	170
0.8	225	200	175	160	145
0.9	195	170	155	140	125
1.0	170	150	135	125	115
1.1	150	135	125	115	105

注：　分布于沟、塘、洼地、古河道及河漫滩等地段的新近沉积土，工程性能一般较差，应根据实测或经验取值。

表 39　湖区粉土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

含水率 ω（%） 孔隙比 e	10	15	20	25	30	35
0.6	290	250	230	215	200	—
0.7	240	210	190	180	170	—
0.8	200	180	165	155	150	—
0.9	180	160	145	135	130	（125）
1.0	160	145	130	120	115	（110）
1.1	145	130	120	115	110	（105）

注：　有括号者仅供内插用。

表 40　湖区淤泥和淤泥质土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

含水率 ω（%）	36	40	45	50	55	65	75
f_{ak}（kPa）	100	90	80	70	60	50	40

注：　山区、丘陵区沟、塘淤积的淤泥和淤泥质土可参考使用。

表 41　红黏土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

含水比 α_ω		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
土的名称	液塑比 I_r						
红黏土	≤1.7	350	260	210	170	130	110
	≥2.3	260	190	160	120	100	80
次生红黏土		230	180	150	120	100	80

注：　含水比系含水率与液限之比，液塑比系液限与塑限之比。

表 42　素填土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

压缩模量 E_{s1-2}（MPa）	7	6	5	4	3	2
f_{ak}（kPa）	160	150	135	115	85	65

注：　本表只适用于堆填时间超过 10 年的黏性土及超过 5 年的粉土。

根据标准贯入试验或动力触探试验确定地基承载力特征值时，先按附录 E 的相关规定对锤击数进行修正，求得修正后锤击数的标准值，然后查表 43～47。

表 43　山区、丘陵区黏性土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

标贯击数 N	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
f_{ak}（kPa）	105	145	190	220	270	310	345	375	410	455	490	520

表 44　山区、丘陵区粉土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

标贯击数 N	4	6	8	10	12	14	16	18	20
f_{ak}（kPa）	115	155	195	230	265	295	325	345	365

表 45　湖区黏性土、粉土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

标贯击数 N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
f_{ak}（kPa）	85	100	120	140	160	180	200	220	235	255	270

表 46　砂土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

标贯击数 N / 土的名称	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
中砂、粗砂、砾砂	120	180	250	280	310	340	380	420	460	500
粉砂、细砂	90	140	180	200	230	250	270	290	310	340

表 47　碎石土承载力特征值 f_{ak}（kPa）

动探击数 $N_{63.5}$	6	8	10	12	14	16	18	20
f_{ak}（kPa）	240	280	320	360	400	440	480	520

17.4.4　岩石地基的承载力一般较土高得多。本条规定对破碎、极破碎的岩石地基承载力特征值，可根据平板载荷试验确定地基承载力特征值；对于完整、较完整、较破碎的岩石地基，由于可采取试样进行室内试验，故除了可根据岩石地基载荷试验确定地基承载力特征值，还可根据饱和单轴抗压强度标准值，乘以折减系数确定地基承载力特征值。

关键问题是如何确定折减系数。岩石饱和单轴抗压强度与地基承载力之间的不同在于：第一，抗压强度试验时，岩石试件处于无侧限的单轴受力状态，而地基承载力则处于有围压的三轴应力状态。如果地基是完整的，则后者远远高于前者。第二，岩块强度与岩体强度是不同的，原因在于岩

体中存在或多或少、或宽或窄、或显或隐的裂隙，这些裂隙不同程度的降低了地基的承载力。显然，岩体越完整，折减越少；岩体越破碎，折减越多。由于情况复杂，折减系数的取值原则上由工程经验确定，无经验时，对完整岩体可取 0.5；对较完整岩体可取 0.2～0.5；对较破碎岩体可取 0.1～0.2。

17.5 桩基承载力的估算

17.5.3 嵌入完整和较完整的未风化、微风化、中等风化硬质岩石的嵌岩桩，给出了单桩竖向承载力特征值的估算公式（17.5.3），只考虑端阻。简化的意义在于硬质岩强度超过桩身混凝土强度，设计以桩身强度控制，桩长较小时再计入侧阻、嵌岩阻力等已无工程意义。当然，嵌岩桩并不是不存在侧阻力，有时侧阻力和嵌岩阻力占有很大的比例。对于嵌入破碎岩和软质岩石中的桩，单桩承载力特征值则按公式（17.5.2）进行估算。

17.5.4 根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向承载力，核心问题是经验参数的搜集以及统计分析。无当地经验时，可按表 48 确定桩侧阻力特征值，按表 49 确定桩端阻力特征值。

表 48　桩侧阻力特征值 q_{sia} （kPa）

土层名称	土的状态		混凝土预制桩	泥浆护壁钻（冲、挖）孔桩	干作业钻孔桩
填土	—		11～15	10～14	10～14
淤泥	—		7～10	6～9	6～9
淤泥质土	—		11～15	10～14	10～14
黏性土	流塑	$I_L>1$	12～20	11～19	11～19
	软塑	$0.75<I_L\leqslant1$	20～26	19～27	19～27
	可塑	$0.50<I_L\leqslant0.75$	26～35	27～34	27～33
	硬可塑	$0.25<I_L\leqslant0.50$	35～43	34～42	33～41
	硬塑	$0<I_L\leqslant0.25$	43～49	42～48	41～47
	坚硬	$I_L\leqslant0$	49～53	48～51	47～52
红黏土	$0.7<a_w\leqslant1$		7～16	6～15	6～15
	$0.5<a_w\leqslant0.7$		16～37	15～35	15～35
粉土	稍密	$e>0.9$	13～23	12～21	12～21
	中密	$0.75\leqslant e\leqslant0.9$	23～33	21～31	21～31
	密实	$e<0.75$	33～44	31～41	31～41
粉细砂	稍密	$10<N\leqslant15$	12～24	11～23	11～23
	中密	$15<N\leqslant30$	24～33	23～32	23～32
	密实	$N>30$	33～44	32～43	32～43
中砂	中密	$15<N\leqslant30$	27～37	27～36	27～36
	密实	$N>30$	37～48	36～47	36～47
粗砂	中密	$15<N\leqslant30$	37～48	37～48	38～49
	密实	$N>30$	48～58	48～58	49～60
砾砂	稍密	$5<N_{63.5}\leqslant15$	35～55	25～45	30～50
	中密、密实	$N_{63.5}>15$	58～69	58～65	56～65
圆砾、角砾	中密、密实	$N_{63.5}>10$	80～100	68～75	68～75
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5}>10$	100～150	70～85	75～85
全风化软质岩	—	$30<N\leqslant50$	50～60	40～50	40～50
全风化硬质岩	—	$30<N\leqslant50$	70～80	60～70	60～75
强风化软质岩	—	$N_{63.5}>10$	80～120	70～100	70～110
强风化硬质岩	—	$N_{63.5}>10$	110～150	80～120	80～130

注：1　对于尚未完成自重固结的填土和以生活垃圾为主的杂填土，不计算其侧阻力；

2　α_ω为含水比，$\alpha_{\omega=}\omega/\omega_L$，$\omega$ 为土的天然含水率，ω_L为土的液限；

3　N为标准贯入击数；$N_{63.5}$为重型圆锥动力触探击数；

4　全风化、强风化软质岩指其母岩为$f_{rk}\leqslant30$MPa 的岩石；全风化、强风化硬质岩指其母岩为$f_{rk}>30$MPa 的岩石。

表 49　桩端阻力特征值 q_{pa}（kPa）

土名称	桩型 / 土的状态		混凝土预制桩桩长 $l(m)$				泥浆护壁钻（冲）孔桩桩长 $l(m)$				干作业钻孔桩桩长 $l(m)$		
			l≤9	9＜l≤16	16＜l≤30	l＞30	5≤l＜10	10≤l＜15	15≤l＜30	30≤l	5≤l＜10	10≤l＜15	15≤l
黏性土	软塑	0.75＜I_L≤1	105～425	325～700	600～900	650～950	75～125	125～150	150～225	150～225	100～200	200～350	350～475
	可塑	0.50＜I_L≤0.75	425～850	700～1100	950～1400	1150～1800	175～225	225～300	300～375	375～400	250～350	400～550	500～800
	硬可塑	0.25＜I_L≤0.50	750～1150	1150～1650	1350～1800	1800～2200	400～450	450～500	500～600	600～700	425～550	750～850	850～950
	硬塑	0＜I_L≤0.25	1250～1900	1900～2750	2750～3000	3000～3400	550～600	600～700	700～800	800～900	800～900	1100～1200	1300～1400
粉土	中密	0.75＜e≤0.90	475～850	700～1050	950～1350	1250～1700	150～250	250～325	325～375	375～425	400～600	600～700	700～800
	密实	e＜0.75	750～1300	1050～1500	1350～1800	1800～2200	325～450	375～475	450～550	550～600	600～850	700～950	800～1050
粉砂	稍密	10＜N≤15	500～800	750～1150	950～1350	1050～1500	175～250	225～300	300～350	325～375	250～475	650～800	750～850
	中密、密实	N＞15	700～1100	1050～1500	1500～2250	1900～2750	300～375	375～450	450～550	550～600	450～500	850～950	850～950
细砂	中密、密实	N＞15	1250～2000	1800～2500	2200～3000	2650～3500	325～425	450～600	600～750	750～900	600～800	1000～1200	1200～1350
中砂	中密、密实	N＞15	2000～3000	2750～3500	3250～4000	3750～4500	425～525	550～750	750～950	950～1050	900～1200	1400～1900	1800～2200
粗砂	中密、密实	N＞15	2850～3750	3750～4250	4250～5000	4750～5500	750～900	1050～1200	1200～1300	1300～1400	1450～1800	2000～2300	2300～2600
砾砂	中密、密实	N＞15	3000～4750		4500～5250		700～1000		1000～1600		1750～2500		
角砾、圆砾	中密、密实	$N_{63.5}$＞10	3500～5000		4750～5750		900～1100		1100～1800		2000～2750		
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5}$＞10	4000～5500		5250～6500		1000～1500		1500～2000		2250～3250		
全风化软质岩	—	30＜N≤50	2000～3000				500～800				600～1000		
全风化硬质岩	—	30＜N≤50	2500～4000				600～1000				700～1200		
强风化软质岩	—	$N_{63.5}$＞10	3000～4500				800～1200				1000～1500		
强风化硬质岩	—	$N_{63.5}$＞10	3500～5500				1000～1500				1200～1800		
中风化软质岩	—	—	4000～7000				1500～3000				2000～4000		

注：1）砂土和碎石类土中桩的极限端阻力取值，宜综合考虑土的密实度，桩端进入持力层的深径比h_b/d，土愈密实，h_b/d愈大，取值愈高；
2）预制桩的岩石极限端阻力指桩端支承于中、微风化基岩表面或进入强风化岩、软质岩一定深度条件下极限端阻力；
3）全风化、强风化、中风化软质岩指其母岩为f_{rk}≤30MPa 的岩石；全风化、强风化硬质岩指其母岩为f_{rk}＞30MPa 的岩石。

18　岩土工程分析评价及勘察报告

18.1　一般规定

18.1.1　工程地质测绘、勘探、测试和搜集已有资料是岩土工程评价的基础，岩土工程勘察各阶段原则上是从宏观到微观、从整体到局部对工程建设场地认识不断深化的过程，因此各阶段对岩土工程评价的侧重点也不同。

18.1.2　本条为岩土工程评价的原则要求。

18.1.3　岩土工程定量分析评价的内容应根据工程特点和需求确定，包括岩土体的变形、强度和稳定性分析：变形的定量分析包括提供岩土变形参数、进行初步变形估算；强度的定量分析包括提供岩土强度参数、确定承载力、进行承载力验算；稳定性定量分析主要指地基的整体稳定及其与边坡有关的稳定性计算，在何种条件下需要进行定量分析，应根据场地地形地貌、岩土体自身性质和外部条件综合确定。

18.1.4　原始资料是岩土工程分析评价和编写成果报告的基础，加强原始资料的编录工作是保证成果报告质量的基本条件。

18.1.5　勘察阶段不同，对勘察报告的内容要求也不同，如施工勘察报告可直接针对具体要求书写即可。

18.1.6　本条是对勘察报告的基本要求。

18.2　岩土工程分析评价的内容和要求

18.2.1　强调岩土工程分析评价内容应根据工程特点和岩土工程条件确定，本条所列内容是建筑工程和市政工程常见的评价项目。

18.2.3—18.2.5　提出了岩土工程分析评价采用的方法。

18.3　岩土工程勘察报告的基本要求

18.3.1、18.3.2　本条为勘察报告的基本要求。

18.3.3　本条为各勘察阶段岩土工程勘察报告通用要求。

18.3.4～18.3.7 鉴于岩土工程项目的规模、目的、工程特点、自然条件等差别很大，本条只规定了各勘察阶段岩土工程勘察报告的基本内容。

对地质条件可能造成的工程风险进行分析评价，是住房和城乡建设部第 37 号令《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》的要求。勘察单位提交的勘察报告仅罗列工程危险性较大的分部分项工程及危险源清单是不恰当的，应当根据工程实际及工程周边环境资料，分析在施工工程中不利地质条件作用可能引起的工程风险。值得注意的是：

1 《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》是针对工程施工过程中的危险性较大的分部分项工程；

2 危险性较大的分部分项工程在住房和城乡建设部办公厅关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知（建办质〔2018〕31 号）有明确的定义；

3 不利地质条件通常是指场地的不良地质作用、影响危险性较大的分部分项工程施工安全的特殊性岩土和地下水。

19　现场检验和监测

19.1　一般规定

19.1.1　使用过程中需进行监测的工程包括：有特殊意义，一旦损坏将造成生命财产重大损失，或产生重大社会影响的工程；对变形有严格限制的工程；采用新的设计施工方法，而又缺乏经验的工程。

19.1.4　为了保证施工的安全与质量，现场检验与监测的数据必须真实、可靠，一旦发现异常情况应进行原因分析。监测对保证工程安全有重要作用，当监测数据接近安全临界值时，必须加密监测，并迅速向有关方面报告，以便及时采取措施，保证工程和人身安全。

19.2　现场检验

19.2.1　设计参数检验主要是指设计施工期间在现场进行岩土工程试验，对岩土设计指标、所采用施工工艺和控制施工的重要参数进行校验核定。

19.2.2　验槽检验时，一般首先核对基础或基槽的位置、平面尺寸和坑底标高是否与图纸相符；对土质地基，可用肉眼、微型贯入仪、 轻型动力触探等简易方法，检验土的密实度和均匀性，必要时可在槽底普遍进行轻型动力触探，坑底下埋有砂层，且承压水头高于坑底时，应特别慎重，以免造成冒水涌砂。

19.2.3　桩长设计一般采用地层和标高双控制，并以勘察报告为设计依据。但在工程实践中，实际地层情况与勘察报告不一致是常有的事，故应通过试打试钻，检验岩土条件是否与设计时预计的一致，在工程桩施工时，也应密切注意是否有异常情况，以便及时采取必要的措施。人工挖孔桩应逐桩进行终孔验收，终孔验收的重点是持力层的岩土特性检验。对大直径嵌岩桩，应用超前钻钻入桩底下 3d 且不小于 5m 深度范围内对持力层进行检验，查明有无土洞、溶洞、破碎带、软弱夹层、孤石、临空面等不良地质作用，持力层中存在对基础施工有影响的不良地质作用时，应逐桩进行超前钻。对于采用大直径桩基础的建筑物场地，相邻桩位桩端高差过大，可能会造成桩端埋深浅的基桩沿临空面滑移或剪切破坏，为了实际工作中的可操作性，临界的临空面角度一般按 45°考虑，即当相邻基桩间净距小于桩端高差时，埋深浅的桩端应加深，该桩的勘探孔深度也应相应加深。

19.3 不良地质作用和地质灾害的监测

19.3.3 土洞和塌陷对工程的危害很大，而土洞和塌陷的发生和发展又与地下水的运动密切相关，特别是人工抽吸地下水，使地下水位急剧下降时，常常引发大面积的地面塌陷。故本条规定，岩溶土洞区监测工作的内容中，除了地面变形外，特别强调对地下水的监测。

19.3.4 滑坡体位移监测时，应建立平面和高程控制测量网，通过定期观测，确定位移边界、位移方向、位移速率和位移量。滑面位置的监测可采用钻孔测斜仪、单点或多点钻孔挠度计、钻孔伸长仪等进行，钻孔应穿过滑面，量测元件应通过滑带。地下水对滑坡的活动极为重要，应根据滑坡体及其附近的水文地质条件精心布置测点，并搜集当地的气象水文资料，以便对比分析。

对滑坡地点和规模的预报，应在搜集区域地质、地形地貌、气象水文、人类活动等资料的基础上，结合监测成果分析判定。对滑坡时间的预报，应在地点预报的基础上，根据滑坡要素的变化，结合地面位移和高程位移监测、地下水监测，及测斜仪、地音仪、测震仪、伸长计的监视结果进行分析判定。

19.3.6 现采空区的地表移动和建筑物变形观测工作，一般由矿产开采单位进行，勘察单位可向其搜集资料。

19.4 工程监测

19.4.1 现场监测的内容主要取决于工程性质及周围环境的状况。基于岩土工程的理论计算还不十分精确，具有半经验半理论特点，为保证工程安全，监测是非常必要的，既能根据监测数据指导施工，也为岩土工程的反演计算研究提供资料。

19.4.4 在软土地基中采用夯实、挤密桩、旋喷桩、水泥粉煤灰碎石桩、柱锤冲扩桩、注浆等方法进行施工时，会产生挤土效应，对周边建筑物或地下管线产生影响，应按要求进行监测。

在渗透性弱，强度低的饱和软黏土地基中，挤土效应会使周围地基土体受到明显的挤压并产生较高的超静孔隙水压力，桩周土体的侧向挤出、向上隆起现象比较明显，对邻近的建（构）筑物、地下管线等将产生不利影响。挤土效应中孔隙水压力增长是引起土体位移的主要原因。通过孔隙水压力监测可掌握场地地质条件下孔隙水压力增长及消散的规律，为调整施工速率、设置释放孔、设置隔离措施、开挖地面防震沟、设置袋装砂井和塑料排水板等提供施工参数。为了保护周围建筑物和地下管线，应在施工期间有针对性地采取监测措施，并有效合理地控制施工进度和施工顺序，使施工带来的种种不利影响减小到最低程度。

施工时的振动对周围建筑物的影响程度与土质条件、需保护的建筑物、地下设施和管线等的特性有关。振动强度主要有三个参数：位移、速度和加速度，而在评价施工振动的危害性时，建议以速度为主，结合位移和加速度值参照国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的进行综合分析比较，然后作出判断。通过监测不同距离的振动速度和振动主频，根据建筑（构）物类型来判断施工振动对建（构）筑物是否安全。

19.4.5 大面积填土、软土等地基处理工程，应对地面变形进行长期监测；施工过程中还应对土体位移和孔隙水压力等进行监测。

19.4.7 基坑支护结构以及周边环境的变形和稳定与基坑的开挖深度有关，相同条件下基坑开挖深度越深，支护结构变形以及对周边环境的影响越大；基坑工程的安全性还与场地的岩土工程条件以及周边环境的复杂性密切相关。原建设部《建筑工程预防坍塌事故若干规定》（建质[2003]82 号）中规定:深基坑是指开挖深度超过5m的基坑或深度未超过5m但地质条件和周边环境较复杂的基坑。上海、山东以及深圳、南京等国内诸多省市关于深基坑工程的有关规定对深基坑都作出了相似的定义，并且规定深基坑工程应实施基坑工程监测。对深基坑及周边环境复杂的基坑工程实施监测是确保基坑及周边环境安全的重要措施。

考虑到基坑工程施工涉及市政、公用、供电、通讯、人防及文物等管理单位，各地方相关管理单位会出台一些地方性规定，因此本条还规定“其他需要监测的基坑工程应实施基坑工程监测”。

19.4.8 因支护结构水平位移和基坑周边建筑物沉降能直观、快速反应支护结构的受力、变形状态及对环境的影响程度，故安全等级为一级、二级的支护结构均应对其进行监测，且监测应覆盖基坑开挖与支护结构使用期的全过程。

19.4.9 目前基坑工程的设计计算模式和计算参数，常常与实际情况不一致，通过对监测数据的分析，必要时可调整施工程序，调整支护设计，遇有紧急情况时，可及时发出警报，以便采取应急措施。本条主要从保证基坑安全的角度提出了监测的基本内容。

19.4.11 坡顶有重要建(构)筑物的一级边坡工程风险较高，破坏后果严重，因此规定坡顶有重要建(构)筑物的一级边坡工程施工时应进行监测，并明确了必须监测的项目，其他监测项目应根据建筑边坡工程施工的技术特点、难点和环境确定。

19.4.16 本条规定建筑物和构筑物地基进行地基处理，应对地基处理后的建筑物和构筑物在施工期间和使用期间进行沉降观测。

19.4.21 对于地下洞室，常需进行岩体内部的变形监测，根据具体情况，在洞室顶部，洞壁水平部位，45°角部，采用机械钻孔埋设多点位移计，监测成洞时围岩的变形和成洞后围岩的蠕动。

19.5 地下水的监测

19.5.1 地下水的动态变化，包括水位的季节变化和多年变化，人为因素造成的地下水的变化，水中化学成分的运移等，对工程的安全和环境的保护，常常是最重要最关键的因素，故本条作了相应的规定。

19.5.2 工程建设进行的地下水监测与区域性的地下水长期观测是不同的，监测要求要随工程而异。

19.5.3 孔隙水压力和地下水压力的监测，应特别注意设备的埋设和保护，使其处于长期良好而稳定的工作状态。水质监测原则上可以每季度一次。

20 勘察项目信息化管理与应用

20.1 勘察项目信息化管理系统

20.1.1 我国正在实施大数据战略和“互联网+”行动，对于建筑行业，国务院出台的《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》（2016 年 2 月 6 日）、《国务院办公厅关于促进建筑业持续健康发展的意见》（国办发[2017]19 号）均强调了信息化对行业发展的重要性；住房和城乡建设部《2016-2020 年建筑业信息化发展纲要》、《关于印发工程质量安全提升行动方案的通知》（建质[2017]57 号）提出了建筑行业信息化发展规划。住房和城乡建设部《关于开展工程质量安全提升行动试点工作的通知》（建质[2017]169 号）决定在北京、上海、浙江、山东、广西、云南、新疆地区开展勘察项目质量管理信息化试点工作。

目前外业勘探数据采集手段相对落后，缺乏有效质量监管手段以及相应的平台，勘察项目应向信息化管理推进，勘察企业建立勘察项目信息化管理系统，接受相关部门的监管和服务，以提升勘察行业信息化水平，推动智慧勘察向前发展。

建立基于互联网、移动通讯、云技术智能化的勘察信息采集平台，以及大数据的勘察质量管理平台，通过影像留存、人员设备定位和数据实时上传等信息化方式，推动勘察项目现场、试验室行为和成果的质量管理标准化，实现外业勘探数据的移动采集，内外业数据同步传递，勘察质量管理平台同步监管，项目多方实时互动协作，促进勘察技术和质量的提高。

20.2 BIM 技术在勘察项目中的应用

20.2.3 地下空间利用工程主要包括地铁、综合管廊、城市隧道、人防工程。