

UDC

湖南省工程建设地方标准

DBJ

DBJ 43/TXXX-2022

P

备案号 JXXXXXX-2022

湖南省城市轨道交通工程监测技术标准

Technical specification for monitoring measurement of urban rail

transit engineering in Hunan Province

(征求意见稿)

2022-XX-XX 发布

2022-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

湖南省城市轨道交通工程监测技术标准

Technical specification for monitoring measurement of urban rail
transit engineering in Hunan Province

DBJ 43/TXXX-2022

批准部门：湖南省住房和城乡建设厅

施行日期：2022 年 X 月 X 日

关于发布湖南省工程建设地方标准《湖南省城市轨道交通工程监测技术标准》的通知

湘建科〔2022〕XXX号

各市州住房和城乡建设局，各有关单位：

由长沙市建设工程质量安全监督站、湖南省建筑科学研究院有限责任公司主编的《湖南省城市轨道交通工程监测技术标准》已由省住房和城乡建设厅组织专家审定通过。现批准为湖南省工程建设地方标准，编号为 DBJ 43/TXXX-2022，自 2022 年 X 月 X 日在全省范围内执行。

该标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位湖南省建筑科学研究院有限责任公司负责具体技术内容解释。

湖南省住房和城乡建设厅

2022 年 X 月 X 日

前 言

根据湖南省住房和城乡建设厅《关于公布 2022 年湖南省工程建设地方标准制（修）订计划项目的通知》（湘建科函[2022]40 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内先进标准，并在广泛征求意见基础上，制定了本标准。

本标准编制过程中，编制组系统总结了省内外轨道交通工程及监测技术的工程实践经验，参考了有关国内标准，在广泛征求意见的基础上，经有关部门组织审查定稿。

本标准共分 12 章和 4 个附录，主要技术内容包括：1.总则； 2.术语和符号；3.基本规定；4.监测范围及监测等级划分；5. 监测项目及要求；6.监测点布设；7.监测方法及技术要求；8.监测频率；9.监测项目控制值、预警及消警；10.运营期监测；11.监测成果及信息反馈；12.监测工作管理；4 个附录和条文说明。

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，主编单位声明：本标准不涉及任何专利情况，如在使用过程中发现涉及专利技术请及时与编制组联系。

本标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由湖南省建筑科学研究院有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送湖南省建筑科学研究院有限责任公司（地址：长沙市芙蓉区解放中路 88 号，邮政编码：410001，电子邮箱：hnsjkybzs@163.com）。

本标准主编单位：长沙市建设工程质量安全监督站
湖南省建筑科学研究院有限责任公司

本标准参编单位：长沙市轨道交通集团有限公司
中国轻工业长沙工程有限公司
中国有色金属长沙勘察设计研究院有限公司
中建五局土木工程有限公司
中大检测（湖南）股份有限公司
中国水利水电第八工程局有限公司

本标准主要起草人员：汤新辉 朱正荣 欧阳攀 任 娟 江山红
胡二中 唐利飞 于志东 颜武明 赵 凯

尹传忠 范志龙 彭红益 周伏良 龙 章

赵 刚

本标准主要审查人员：

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	5
4	监测范围及监测等级划分	7
4.1	工程影响分区及监测范围	7
4.2	监测等级划分	7
5	监测项目及要求	10
5.1	一般规定	10
5.2	仪器监测项目	10
5.3	现场巡查项目	15
5.4	远程视频监控	16
6	监测点布设	18
6.1	一般规定	18
6.2	明挖法和盖挖法基坑	18
6.3	盾构法隧道	21
6.4	矿山法隧道及矿山法车站	22
6.5	高架线路	24
6.6	周边环境	24
7	监测方法及技术要求	28
7.1	一般规定	28
7.2	竖向位移监测	29
7.3	土体分层竖向位移监测	30
7.4	水平位移监测	31
7.5	深层水平位移监测	32
7.6	倾斜监测	33

7.7	裂缝监测	33
7.8	净空收敛监测	34
7.9	地下水位监测	35
7.10	孔隙水压力监测	36
7.11	锚杆和土钉拉力监测	36
7.12	爆破振动监测	37
7.13	岩土压力监测	37
7.14	轴力监测	38
7.15	应力监测	39
7.16	现场巡查	39
7.17	远程视频监控	39
8	监测范围及监测等级划分	41
8.1	一般规定	41
8.2	仪器监测频率要求	42
8.3	巡查频率要求	46
9	监测项目控制值、预警和消警	49
9.1	一般规定	49
9.2	监测项目控制值	49
9.3	预警	57
9.4	消警	64
10	运营期监测	67
10.1	一般规定	67
10.2	运营期监测项目及对象	68
10.3	运营期监测方法	68
10.4	运营期监测要求	69
10.5	自动化监测	69
11	监测成果及信息反馈	72
11.1	监测成果	72

11.2 信息反馈	73
12 监测成果及信息反馈	75
附录 A 监测项目代号和图例	77
附录 B 基准点、监测点的埋设	80
附录 C 现场巡查报表	86
附录 D 监测日报表	89
本标准用词说明	96
引用标准名录	97
附条文说明	98

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Basic Requirements	5
4	Monitoring Range and Grade	7
4.1	Influenced Zone due to Construction and Monitoring Range	7
4.2	Monitoring Grade	7
5	Monitoring Items and Requirements	10
5.1	General Requirements	10
5.2	Instrument Monitoring Items	10
5.3	Inspection and Examination Items	15
5.4	Remote Video Monitoring	16
6	Monitoring Point Arrangement	18
6.1	General Requirements	18
6.2	Foundation Trench of Cut and Cover	18
6.3	Shield Tunne	21
6.4	Tunnel and Station of Mining Method	22
6.5	Elevated Line	24
6.6	Around Environment	24
7	Monitoring Methods and Technical Requirements	28
7.1	General Requirements	28
7.2	Vertical Displacement	29
7.3	Vertical Displacement in Different Stratum	30
7.4	Horizontal Displacement	31
7.5	Horizontal Displacement in Deep Stratum	32

7.6	Inclination	33
7.7	Crack	33
7.8	Section Convergence	34
7.9	Underground water level	35
7.10	Pore Water Pressure	36
7.11	Tensile Force in Anchor Rod, Anchor Cable and Soil Nail	36
7.12	Blasting Vibration	37
7.13	Rock and Soil Pressure	37
7.14	Axial Force	38
7.15	Stress in Supporting	39
7.16	Inspection and Examination	39
7.17	Remote Video	39
8	Monitoring Frequency	41
8.1	General Requirements	41
8.2	Instrument Monitoring Requirements of Frequency	42
8.3	Inspection and Examination Requirements of Frequency	46
9	Controlling Value and Forewarning Value of Monitoring, Disarming	49
9.1	General Requirements	49
9.2	Controlling Value of Monitoring	49
9.3	Forewarning	57
9.4	Disarming	64
10	Monitoring in Operation Period	67
10.1	General Requirements	67
10.2	Monitoring Items and Objects of Operation Period	68
10.3	Monitoring Methods of Operation Period	68
10.4	Monitoring Requirements of Operation Period	69
10.5	Automatic Monitoring	69
11	Monitoring Achievement and Information Feedback	72

11.1	Monitoring Achievement	72
11.2	Information Feedback	73
12	Monitoring Management	75
Appendix A	Monitoring Items Number and Graphic Example	77
Appendix B	Reference Points and Observation Points Diagram	80
Appendix C	Inspection and Examination Report	86
Appendix D	Daily Report of Monitoring	89
	Explanation of Wording in This Specification	96
	List of Quoted Standards	97
	Addition: Explanation of Provisions	98

1 总 则

1.0.1 为规范湖南省城市轨道交通工程监测工作，做到技术先进、经济合理、成果可靠保证工程结构和周边环境的安全,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于湖南省城市轨道交通新建、改建、扩建工程及工程运行维护的监测工作。

1.0.3 城市轨道交通工程监测应综合考虑轨道交通工程设计方案、建设场地岩土工程条件、周边环境条件、施工方案及运行状况，制定合理的监测方案，精心组织和实施监测，为动态设计、信息化施工和安全运营及时提供准确、可靠的监测成果。

1.0.4 城市轨道交通工程监测，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 监测 monitoring measurement

在城市轨道交通工程施工和运营期间,采用量测仪器、现场巡查或远程视频监控等手段和方法,采集和收集反映施工、运营线路结构以及周边环境的安全状态、变化特征及其发展趋势的信息,并进行分析、反馈的活动。

2.1.2 运营保护区 protection zone of operation

为保障城市轨道交通运营安全,沿城市轨道交通线路设定的安全保护区域范围,包括地下、地表和地上。

2.1.3 工程影响分区 influenced zone due to construction

根据城市轨道交通工程施工对周围岩土体和周边环境的影响程度大小而划分的区域。

2.1.4 明挖法 cut and cover method

由地面开挖岩土修筑基坑的施工方法。

2.1.5 盖挖法 cover cut and method

由地面开挖岩土修筑结构顶板及其竖向支撑结构,然后在顶板下面开挖岩土修筑结构的施工方法,包括盖挖顺筑法和盖挖逆筑法。

2.1.6 盾构法 shield method

在岩土体内采用盾构开挖岩土修筑隧道的施工方法。

2.1.7 矿山法 mining method

在岩土体内采用人工、机械或钻眼爆破等开挖岩土修筑隧道的施工方法。

2.1.8 风险等级 level of risk

对于轨道交通工程自身和周边环境,根据其发生发生变形或破坏的可能性与后果的严重程度,采用风险评估方法所确定的相应级别。

2.1.9 施工监测 construction monitoring

由各标段施工单位或受施工单位委托具有相应资质能力的单位在施工期间实施的监测。

2.1.10 第三方监测 the third party monitoring

受建设单位委托,由具有相应资质、独立于施工单位以外的第三方单位实施的监测。

2.1.11 基准点 datum point

作为变形监测起算依据而布设的稳定可靠、长期保存的控制点。

2.1.12 工作基点 operating control point, working base point

为便于现场监测作业而布设的可直接测定变形监测点的相对稳定的控制点。

2.1.13 监测点 monitoring point

直接或间接设置在监测体上，能反映其变形或力学特征的固定标志。

2.1.14 监测频率 monitoring frequency

单位时间内的监测次数。

2.1.15 力学监测 mechanical monitoring

对周边环境、支护结构和周围岩土体等监测对象所承受的拉力、压力及变化等所进行的量测工作。

2.1.16 变形监测 deformation monitoring

对周边环境、支护结构和周围岩土体等监测对象的竖向、水平、倾斜等变化所进行的量测工作。

2.1.17 变形速率 deformation rate

监测点单位时间内的变形量。

2.1.18 净空收敛 convergence deformadon

隧道开挖后其周边岩体向隧道净空侵入的现象，以隧道中两点间相对位置的变化量表示。

2.1.19 监测控制值 controlling value of monitoring

针对各监测对象所能承受的而不至于产生损害或影响正常使用所设定的受力或变形允许值。

2.1.20 监测预警值 forewarning value of monitoring

为保证工程支护结构及周边环境安全，在监测控制值范围内，根据监测体的变形敏感程度，对可能出现的风险能提前警觉，以控制值一定比例计算的或直接给定的警示值。

2.1.21 轨道几何形位 track geometry deformation

指铁路轨道各部分的几何形状、相对位置和基本尺寸，包括轨距、轨向，以及轨道左右水平和前后高低。

2.2 符号

B ——矿山法隧道或导洞开挖宽度；

D ——盾构法隧道开挖直径；

D' ——水平位移累计变化量控制值；

f_1 ——荷载设计值；

f_2 ——构件的承载能力设计值；

f_y ——支撑、锚杆的预应力设计值；

H ——基坑设计深度；

i ——隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式中的沉降槽宽度系数；水准仪视准轴与水准管轴的夹角；

l ——相邻基础的中心距离；

L ——开挖面至监测点或监测断面的水平距离；

L_g ——地下管线管节长度；

L_s ——沿隧道轴向两监测点间距；

L_t ——沿铁路走向两监测点间距；

S ——竖向位移累计变化量控制值；

φ ——岩土体内摩擦角；

v_d ——水平位移变化速率控制值；

v_s ——竖向位移变化速率控制值。

3 基本规定

3.0.1 城市轨道交通工程施工期间应对支护结构、周围岩土体及周边环境进行监测，在运营期间应根据实际情况对相关线路、周边环境进行监测。

3.0.2 在城市轨道交通工程施工期间，应按设计及相关规范要求施工监测和第三方监测。

3.0.3 监测项目选择、监测点布设位置及数量，应根据监测对象的特点、工程监测等级、工程影响分区、设计方案以及施工实施方案等综合确定，并形成有效、完整的监测体系。

3.0.4 城市轨道交通工程设计文件中应就监测项目、监测点布设、监测方法、监测精度、监测频率、监测控制值和预警标准等，明确相应的技术要求。

3.0.5 施工监测应按照设计文件中确定的监测项目、监测点及监测频率等要求进行监测。第三方监测的监测频率可适当降低，但不宜低于施工监测的 50%，监测项目和其他要求应同施工监测。

3.0.6 监测工作应按下列流程进行：

- 1 收集、分析资料，现场踏勘；
- 2 制定监测方案；
- 3 仪器设备检校、元器件标定；
- 4 基准点、工作基点、监测点布设与验收，监测点初始值测定；
- 5 现场监测、数据处理及分析；
- 6 提交监测日报、警情快报、阶段性监测报告；
- 7 监测工作结束后，提交监测工作总结报告及相应的成果资料；
- 8 具备结束监测条件时，应在停测前提交停测申请报告。

3.0.7 工程监测方案编制前应收集并分析水文气象资料、岩土工程勘察报告、周边环境调查报告、安全风险评估报告、设计文件及施工方案等相关资料，并进行现场踏勘。原始资料可采用拍照、录像等方式保存。

3.0.8 监测方案应根据工程的施工特点，在分析研究工程风险及影响工程安全的关键部位和关键工序的基础上进行编制，并应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 建设场地水文地质条件、周边环境条件及工程风险特点；

- 3 监测目的和依据;
- 4 监测范围及监测等级;
- 5 监测对象及项目;
- 6 基准点、工作基点、监测点的布设及保护要求;
- 7 监测方法及精度要求;
- 8 监测频率;
- 9 监测控制值、预警等级、预警标准及异常情况下的监测措施;
- 10 监测数据采集、分析和处理要求;
- 11 监测信息反馈制度;
- 12 监测仪器、设备及人员配备;
- 13 质量管理、安全管理及其他管理制度。

3.0.9 当工程遇到下列情况时,应制定专项监测方案:

- 1 穿越或邻近既有的城市轨道交通设施、重要的建(构)筑物、历史古迹、铁路、高速公路、桥梁、机场跑道、河流、湖泊等;
- 2 穿越岩溶、断裂带、地裂缝等复杂或不良地质条件;
- 3 采用新技术、新工艺或有其他特殊要求。

3.0.10 监测方案应在经设计单位、建设单位、监理单位确认后实施。监测方案应按规定要求进行专家论证。

3.0.11 监测单位应严格按照监测方案实施监测。当设计和施工有重大变更时,应及时调整监测方案。

3.0.12 监测应采用仪器监测、现场巡查、远程视频监控等多种手段相结合的综合方法进行信息采集。对穿越既有轨道交通、重要建(构)筑物等安全风险较大设施的监测以及运营期间监测,宜采用远程自动化实时监测。

3.0.13 监测所使用的仪器设备应经过检定或校准,并在有效期内使用,元器件应经过标定,监测人员资格应符合相关要求。

3.0.14 突发风险事件时的应急抢险监测,应在原有监测工作的基础上有针对性地加密监测点、提高监测频率或增加监测项目,并宜进行远程自动化实时监测。

3.0.15 监测信息应及时处理、分析和反馈,发现影响工程及周边环境安全的异常情况时,应立即报告并采取加密监测、巡查等措施。

4 监测范围及监测等级划分

4.1 工程影响分区及监测范围

4.1.1 工程影响分区应根据基坑、隧道工程施工对周围岩土体和周边环境的影响程度及范围划分，可分为主要影响区、次要影响区和可能影响区。

4.1.2 基坑工程影响分区可按表 4.1.2 进行划分。

表 4.1.2 基坑工程影响分区

基坑工程影响区	划分标准
主要影响区	基坑周边 $0.7H$ 或 $H \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)$ 范围内
次要影响区	基坑周边 $0.7H \sim (2.0 \sim 3.0)H$ 或 $H \cdot \tan(45^\circ - \phi/2) \sim (2.0 \sim 3.0)H$ 范围内
可能影响区	基坑周边 $(2.0 \sim 3.0)H$ 范围外

注：1 H ——基坑设计深度（m） ϕ ——岩土体内摩擦角（°）多层土时取土层厚度加权平均值；

2 基坑开挖范围内存在基岩时， H 可按覆盖土层和基岩强风化层厚度之和计算；

3 工程影响分区的划分界限应取表中 $0.7H$ 或 $H \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)$ 的较大值。

4.1.3 土质隧道工程影响分区可按表 4.1.3 进行划分。隧道穿越基岩时，应根据覆土层特征、岩石坚硬程度、风化程度及岩体结构与构造等地质条件和隧道埋深，综合确定工程影响分区界限。

表 4.1.3 土质隧道工程影响分区

隧道工程影响区	划分标准
主要影响区	隧道正上方及沉降曲线反弯点范围内
次要影响区	隧道沉降曲线反弯点至沉降曲线边缘 $2.5i$ 处
可能影响区	隧道沉降曲线边缘 $2.5i$ 外

注： i ——隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式中的沉降槽宽度系数（m）。

4.1.4 监测范围应根据工程影响分区和监测等级确定，当遇到下列情况时，应增大监测范围：

- 1 隧道、基坑周边土体以淤泥、淤泥质土或其他高压缩性土为主；
- 2 隧道、基坑处于断裂破碎带、岩溶、残积土等不良地质或特殊性岩土区域；
- 3 采用锚杆支护、注浆加固、高压旋喷等工程措施对岩土体产生扰动。
- 4 采用施工降水措施；
- 5 施工过程中出现严重的涌砂、涌土、管涌、渗漏水、支护结构变形过大、周边建（构）筑物或地下管线严重变形等异常情况。

4.1.5 监测范围应根据基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸、施工工法、支护结构形式、地质条件、周边环境条件等综合确定，并应包括主要影响区和次要影响区。

4.2 监测等级划分

4.2.1 监测等级宜根据基坑、隧道工程的自身风险等级、周边环境风险等级和地质条件复杂程度进行划分。

4.2.2 基坑、隧道工程的自身风险等级宜根据支护结构发生变形或破坏、岩土体失稳等的可能性和后果的严重程度，采用工程风险评估的方法确定，也可根据基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸等按表 4.2.2 划分。

表 4.2.2 基坑、隧道工程的自身风险等级

工程自身风险等级		等级划分标准
基坑工程	一级	设计深度大于或等于20m的基坑
	二级	设计深度大于或等于 10m且小于 20m的基坑
	三级	设计深度小于 10m的基坑
隧道工程	一级	超浅埋隧道；超大断面隧道
	二级	浅埋隧道；近距离并行或交叠的隧道；盾构始发与接收区段；大断面隧道
	三级	深埋隧道；一般断面隧道

注：1 超大断面隧道是指断面尺寸大于 100m² 的隧道；大断面隧道是指断面尺寸在 50m²~100m² 的隧道；一般断面隧道是指断面尺寸在 10m²~50m² 的隧道；

2 近距离隧道是指两隧道间距在一倍开挖宽度 (或直径)范围以内；

3 隧道深埋、浅埋和超浅埋的划分根据施工工法、围岩等级、隧道覆土厚度与开挖宽度 (或直径)，结合当地工程经验综合确定。

4.2.3 周边环境风险等级宜根据周边环境发生变形或破坏的可能性和后果的严重程度，采用工程风险评估的方法确定，也可根据周边环境的类型、重要性、与工程的空间位置关系和对工程的危害性按表 4.2.3 划分。

表 4.2.3 周边环境风险等级

周边环境 风险等级	等级划分标准
一级	主要影响区内存在既有轨道交通设施、重要建（构）筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊
二级	主要影响区内存在一般建（构）筑物、一般桥梁与隧道、高速公路或重要地下管线 次要影响区内存在既有轨道交通设施、重要建（构）筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊 隧道工程上穿既有轨道交通设施
三级	主要影响区内存在城市重要道路、一般地下管线或一般市政设施 次要影响区内存在一般建（构）筑物、一般桥梁与隧道、高速公路或重要地下管线
四级	次要影响区内存在城市重要道路、一般地下管线或一般市政设施

4.2.4 地质条件复杂程度可根据场地地形地貌、工程地质条件和水文地质条件按表 4.2.4 划分。

表 4.2.4 地质条件复杂程度

地质条件复杂程度	等级划分标准
复杂	地形地貌复杂；不良地质作用强烈发育；特殊性岩土需要专门处理；地基、围岩和边坡的岩土性质较差；地下水对工程的影响较大需要进行专门研究和治理
中等	地形地貌较复杂；不良地质作用一般发育；特殊性岩土不需要专门处理；地基、围岩和边坡的岩土性质一般；地下水对工程的影响较小
简单	地形地貌简单；不良地质作用不发育；地基、围岩和边坡的岩土性质较好；地下水对工程无影响

注：符合条件之一即为对应的地质条件复杂程度，从复杂开始，向中等、简单推定，以最先满足的为准。

4.2.5 工程监测等级可按表 4.2.5 划分,并应根据当地经验结合地质条件复杂程度进行调整。

表 4.2.5 工程监测等级

周边环境风险等级 工程自身风险等级	一级	二级	三级	四级
一级	一级	一级	一级	一级
二级	一级	二级	二级	二级
三级	一级	二级	三级	三级

5 监测项目及要求

5.1 一般规定

5.1.1 支护结构监测对象应包括：

- 1 明挖法和盖挖法基坑围护桩（墙、坡）、立柱、支撑、锚杆、锚索、土钉等；
- 2 盾构法隧道管片结构；
- 3 矿山法隧道初期支护结构、临时支护结构等。

5.1.2 周围岩土体监测对象应包括基坑及隧道工程周围地表、岩土体和工程相关地下水等。

5.1.3 周边环境监测对象应包括工程周边的建（构）筑物、地下管线、铁路、高速公路、城市道路、既有轨道交通、桥梁、地下通道及其他城市基础设施等。

5.1.4 施工期间监测对象的确定应符合下列要求：

- 1 支护结构开挖面附近或受围岩压力、外荷载等影响较大的部位应重点监测；
- 2 地下水及不良地质区域的变化应重点监测，当邻近河湖地段施工时，应重点监测工程开挖面与河湖的水力联系；
- 3 建（构）筑物、地下管线密集和复杂环境地段，应对风险大、安全状态差、危害程度大的环境对象进行重点监测。

5.1.5 施工期间监测项目的选择应在监测对象确定的基础上，综合考虑工程地质水文地质条件、工程规模与施工技术难点及周边环境条件等因素。

5.1.6 运营期间的监测对象应包括全线线路结构，包括地下车站、地下区间、高架桥梁、高架车站、路基、轨道等，以及重要附属设施、线路保护区内建设活动影响区段和其他特殊区段。

5.1.7 运营期间的监测项目应包括结构的竖向位移监测，隧道结构净空收敛监测及轨道几何形位监测等。

5.2 仪器监测项目

5.2.1 明挖法和盖挖法基坑支护结构及周围岩土体的监测项目，应符合表5.2.1 的要求。

表 5.2.1 明挖法和盖挖法基坑支护结构和周围岩土体监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	支护桩（墙）、边坡顶部水平位移	√	√	√
2	支护桩（墙）、边坡顶部竖向位移	√	√	√
3	支护桩（墙）体水平位移	√	√	○
4	支护桩（墙）结构应力	△	△	△
5	立柱结构竖向位移	√	√	○
6	立柱结构水平位移	√	○	△
7	立柱结构应力	△	△	△
8	支撑轴力	√	√	√
9	顶板应力	△	△	△
10	锚杆拉力	√	√	√
11	土钉拉力	○	△	△
12	地表沉降	√	√	√
13	竖井井壁支护结构净空收敛	√	√	√
14	土体深层水平位移	○	△	△
15	土体分层竖向位移	○	△	△
16	坑底隆起（回弹）	○	△	△
17	支护桩（墙）侧向土压力	○	△	△
18	地下水位	√	√	√
19	孔隙水压力	○	△	△

注：√—应测项目；○—宜测项目；△—可测项目。

5.2.2 盾构法隧道管片结构和周围岩土体的监测项目，应符合表 5.2.2 的要求。

表 5.2.2 盾构法隧道管片结构和周围岩土体监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	管片结构竖向位移	√	√	√
2	管片结构水平位移	√	○	△
3	管片结构净空收敛	√	√	√
4	管片结构应力	△	△	△
5	管片连接螺栓应力	△	△	△
6	地表沉降	√	√	√
7	土体深层水平位移	△	△	△
8	土体分层竖向位移	△	△	△
9	管片围岩压力	△	△	△
10	孔隙水压力	△	△	△

注：√—应测项目；○—宜测项目；△—可测项目。

5.2.3 山法支护结构和周围岩土体监测项目应符合表 5.2.3 的要求。

5.2.3 矿山法支护结构和周围岩土体监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	初期支护结构拱顶沉降	√	√	√
2	初期支护结构底板竖向位移	√	○	△
3	初期支护结构净空收敛	√	√	√
4	拱脚竖向位移	○	△	△
5	中柱结构竖向位移	√	√	○
6	中柱结构倾斜	○	△	△
7	中柱结构应力	○	△	△
8	初期支护结构、二次衬砌应力	○	△	△

9	地表沉降	√	√	√
10	土体深层水平位移	○	△	△
11	土体分层竖向位移	○	△	△
12	围岩压力	○	△	△
13	地下水位	√	√	√

注：√—应测项目；○—宜测项目；△—可测项目。

5.2.4 当遇到下列情况时，应对工程周围岩土体进行监测：

- 1 基坑深度较大、基底土质软弱或基底下存在承压水且对工程影响较大时，应进行坑底隆起（回弹）监测；
- 2 基坑侧壁、隧道围岩的地质条件复杂，岩土体易产生较大变形、空洞、坍塌的部位或区域，应进行土体分层竖向位移或深层水平位移监测；
- 3 工程邻近或地面沉降等不良地质发育区，或施工扰动引起周围岩土体物理力学性质发生较大变化，并对支护结构、周边环境或施工可能造成危害时，应结合工程实际选择岩土体监测项目。

5.2.5 高架线路工程的监测项目应按表 5.2.5 选择。

表 5.2.5 高架线路监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	墩台沉降	√	√	√
2	梁体挠度	√	○	○
3	梁体应力	√	○	○
4	影响区内地表沉降	√	○	○
5	影响区内建(构)筑物沉降	√	○	○
6	地下水位	○	○	○
7	地下管线变形	○	○	○

注：√—应测项目；○—宜测项目

5.2.6 周边环境的监测项目应按表 5.2.6 选择。高层、高耸建（构）筑物位于工程主要影响区时，应进行倾斜监测，既有城市轨道交通高架线和地面线的监测项目可参照桥梁和既有铁路的监测项目确定。

表 5.2.6 周边环境监测项目

监测对象	监测项目	工程影响分区	
		主要影响区	次要影响区
建（构）筑物	竖向位移	√	√
	水平位移	○	△
	倾斜	○	△
	裂缝	√	○
地下管线	竖向位移	√	○
	水平位移	○	△
	差异沉降	√	○
既有铁路地面线 （包括既有城市轨道交通地面线）	路基竖向位移	√	√
	轨道静态几何形位（轨距、轨向、高低、水平）	√	√
	接触网立柱沉降	√	√
	接触网立柱倾斜	√	√
高速公路、城市道路	路面路基竖向位移	√	○
	挡墙竖向位移	√	○
	挡墙倾斜	√	○
桥 梁	墩台竖向位移	√	√
	墩台差异沉降	√	√
	墩柱倾斜	√	√
	梁板应力	○	△
	裂缝	√	○
既有城市轨道交通 地下线（包括既有 铁路地下线）	隧道结构竖向位移	√	√
	隧道结构水平位移	√	○
	隧道结构净空收敛	○	△
	隧道结构变形缝差异沉降	√	√
	轨道结构（道床）竖向位移	√	√
	轨道静态几何形位（轨距、轨向、高低、水平）	√	√
	隧道、轨道结构裂缝	√	○

注：√—应测项目；○—宜测项目；△—可测项目。

5.2.7 仪器监测项目应采用统一的编号和图形符号，仪器监测项目编号和图形符号宜按本标准附录 A 采用。

5.3 现场巡查项目

5.3.1 监测单位应对工程建设的地质条件、环境条件、施工工况和支护结构等开展现场巡查工作。

5.3.2 明挖法和盖挖法基坑施工现场巡查内容宜按表 5.3.2 采用。

表 5.3.2 明挖法和盖挖法基坑施工现场巡查内容

分类	巡查内容
施工工况	开挖长度、分层高度及坡度，开挖面暴露时间
	开挖面岩土的类型、特征、自稳性，渗漏水量大小及发展情况
	降水、回灌等地下水控制效果及设施运转情况
	基坑侧壁及周边地表截、排水措施及效果，坑边或基底积水情况
	支护桩（墙）后土体裂缝、沉陷情况，基坑侧壁或基底的涌土、流砂、管涌等情况
	基坑周边的超载情况
	放坡开挖的基坑边坡位移、坡面开裂情况
支护结构	支护桩（墙）裂缝、侵限情况
	冠梁、围檩的连续性，围檩与桩（墙）之间的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施
	冠梁、围檩、支撑变形或裂缝情况
	支撑架设情况
	盖挖法顶板的变形和开裂情况，顶板与立柱、墙体的连续情况
	锚杆、土钉垫板变形、松动情况
	止水幕墙开裂、渗漏水情况
周边环境	建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施能否正常使用
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水漏气情况
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况
	河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现旋涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等
	工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其他生产活动
监测设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况
	监测元器件的完好状况、保护情况

5.4 远程视频监控

5.4.1 对工程施工中风险较大的部位宜进行远程视频监控，远程视频监控的前端摄像头宜安装在以下部位：

- 1 主体结构明挖基坑对角线；
- 2 含有一级风险工程的附属结构明挖基坑工程；
- 3 盾构始发、接收井与施工竖井；
- 4 盾构法隧道工程联络通道；
- 5 标准断面矿山法工程开挖面；
- 6 区间大断面、暗挖车站拱部各导洞开挖面，开挖面有渗漏水、地层不稳定等处；
- 7 根据安全风险管理要求需要重点监控的其他部位。

5.4.2 远程视频监控的内容宜按表 5.4.2 采用。

表 5.4.2 远程视频监控的内容

分类	监控内容
明挖法工程	地层变化情况，未探明的管线情况
	渗漏水情况
	支撑架设及时性及预应力施加情况
	土方、锚杆（索）施工情况
	桩间挂网及分层喷射混凝土情况
	注浆情况
	基坑周边堆载及作业车辆来往情况
盾构法工程	盾构机组装情况
	盾构始发、运行情况
	出渣、盾构机掘进、浆液搅拌、管片拼装情况
	盾构机拆卸情况
矿山法工程	地层变化情况
	渗漏水情况
	是否有坍塌情况
	上台阶核心土留设情况
	台阶留设情况

	钢格栅安装情况
	锁脚锚管打设情况
	网片铺设情况
	壁后回填注浆情况
	超前小导管打设情况
	分层喷射混凝土情况
施工竖井	提升设备挂钩，吊装作业情况
	井底作业情况

6 监测点布设

6.1 一般规定

6.1.1 监测点的布设应满足全面掌控工程和周边环境安全状态、反映监测对象变化规律的要求。

6.1.2 各类监测点的布设应使监测数据能反映监测对象的内在联系和变化规律。

6.1.3 监测点的布设不应影响和妨碍结构的正常受力、正常使用，并应考虑施工作业的影响，避免因施工而破坏。

6.1.4 支护结构和周围岩土体监测点的布设应符合下列规定：

1 监测点的布设应根据施工工法、工程监测等级、地质条件及监测方法的要求等综合确定具体位置和数量，并应满足反映监测对象实际位移、内力等状态变化规律及分析监测对象安全状态的要求；

2 支护结构监测应在支护结构设计的位移与内力最大部位、受力变化最大部位、工法变换关键部位及反映工程安全状态的特征部位布设监测点；

3 监测点布设应根据工程条件设置一定数量的监测断面，宜将监测断面附近的各监测项目布置在同一位置。

6.1.5 周边环境监测点的布设应符合下列规定：

1 监测点的布设应根据环境对象的类型和特征、环境风险等级、所处工程影响分区、监测项目及监测方法的要求等综合确定具体的位置和数量；

2 监测点布设应满足反映周边环境对象变化规律和分析安全状态的要求，并应布设在反映周边环境对象变形特征的关键部位和受施工影响敏感的部位；

3 监测点的布设应便于观测，且不应影响或妨碍环境监测对象的结构受力、正常使用和美观；

4 爆破振动监测点的布设及要求应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定，监测建(构)筑物不同高度的振动时，应从基础到顶部的不同高度部位布设监测点。

6.2 明挖法和盖挖法基坑

6.2.1 支护桩（墙）、边坡顶部水平位移和竖向位移监测点布设应符合下列规定：

- 1 监测点应沿基坑周边布设，且一级、二级监测等级的施工监测布设间距宜为 10m～20m；三级监测等级的施工监测布设间距宜为 20m～30m；
- 2 基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、邻近重要环境对象部位等，应布设监测点；
- 3 位移变化较大的部位，宜适当增加监测点；
- 4 使用水平横支撑时，监测点宜布设在两道水平支撑支顶点的中间部位；
- 5 出入口、风井等附属工程的基坑，每侧的监测点数量不应少于 1 个；
- 6 同一监测点可兼做水平和竖向位移监测点，监测点应布设在支护桩（墙）顶或基坑坡顶上。

6.2.2 支护桩（墙）体水平位移监测点布设应符合下列规定：

- 1 监测点应沿基坑周边的桩（墙）体布设，且一级、二级监测等级的施工监测布设间距宜为 20m～40m；三级监测等级的施工监测布设间距宜为 40m～50m；
- 2 基坑各边中间部位、阳角部位、基坑深度变化处及其他代表性部位应布设监测点，基坑两侧宜对应布设监测点；
- 3 沿支护桩（墙）竖直方向的监测间距宜为 0.5m 或 1.0m；
- 4 监测点的布设位置宜与支护桩（墙）顶部水平位移和竖向位移监测点处于同一监测断面。

6.2.3 支护桩（墙）结构应力的监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 基坑各边中间部位、阳角部位、基坑深度变化部位、桩（墙）体背后水土压力较大部位、地面荷载较大部位等，应布设竖向监测断面；
- 2 监测断面宜在基坑两侧对应布设，布设位置与支护桩（墙）体水平位移监测点宜共同组成监测断面；
- 3 监测点的竖向间距应根据桩（墙）体的弯矩大小及土层分布情况确定，且监测点竖向间距不宜大于 5m，在弯矩最大处应布设监测点。

6.2.4 立柱结构竖向位移、水平位移和结构应力监测点布设应符合下列规定：

- 1 变形监测点数量不应少于立柱总数量的 5%，且不应少于 3 根；当基底受承压水影响较大或采用逆作法施工时，应增加监测点数量；

- 2 变形监测宜选择基坑中部、多根支撑交汇处或地质条件复杂处的立柱；
- 3 变形监测点宜布设在便于观测和保护的立柱侧面上；
- 4 水平位移监测点宜在立柱结构顶部、底部上下对应布设，并可在中部增加监测点；
- 5 结构应力监测点应布设在受力较大的立柱上，监测点宜布设在各层支撑立柱的中间部位或立柱下部的 1/3 部位，并宜沿立柱周边均匀布设 4 个监测点。

6.2.5 支撑轴力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 支撑轴力监测宜选择基坑中部、阳角部位、深度变化部位、支护结构受力条件复杂部位及在支撑系统中起控制作用的支撑；
- 2 监测断面沿竖向布设，同一断面每层支撑均应布设监测点；
- 3 每层支撑的监测数量不宜少于每层支撑数量的 10%，且不应少于 3 根；
- 4 监测断面宜与相近的支护桩（墙）体水平位移监测点组成同一监测断面；
- 5 采用轴力计监测时监测点应布设在支撑的端部，采用钢筋计或应变计监测时可布设在支撑中部或两支点间 1/3 部位，当支撑长度较大时也可布设在 1/4 点处，并应避免节点位置。

6.2.6 锚杆拉力和土钉拉力的监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 锚杆拉力和土钉拉力监测宜选择基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位及周边存在重要环境对象部位的锚杆或土钉；
- 2 锚杆拉力和土钉拉力监测应选择适宜位置沿竖向布设监测断面，监测断面上每层锚杆均应布设监测点；
- 3 每层锚杆的监测数量不应少于该层锚杆总数的 1%~3%，且不应少于 3 根；
- 4 每根锚杆上的监测点宜设置在锚头附近或受力有代表性的位置，每根土钉杆体上的监测点应设置在受力有代表性的位置；
- 5 锚杆拉力监测断面宜与相近的支护桩（墙）体水平位移监测点组成同一监测断面，土钉拉力监测断面宜与土钉墙顶水平位移监测点组成同一监测断面。

6.2.7 周边地表沉降监测点布设应符合下列规定：

- 1 沿平行基坑周边边线布设不应少于 2 排的地表沉降监测点，排距宜为 3m~8m，第一排监测点与距基坑边缘的距离不宜大于 2m，每排监测点之间的间距宜为 10m~20m；
- 2 应根据工程自身和环境特点，选择有代表性的部位布设垂直于基坑边线的横向监测断面，横向监测断面应覆盖基坑的主要影响区和次要影响区，每侧监测点数量不宜少于 5 个；
- 3 监测点及监测断面的布设位置应与周边环境监测点布设相结合。

6.2.8 竖井井壁支护结构净空收敛的监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 沿竖向每 3m~5m 应布设一个监测断面；
- 2 每个监测断面在竖井结构的长、短边中部应布设监测点，每个监测断面不应少于 2 条测线。

6.2.9 地下水位观测孔布设应符合下列规定：

- 1 地下水位观测孔应根据水文地质条件的复杂程度、降水深度、降水的影响范围和周边环境保护要求，在降水区域及影响范围内分别布设地下水位观测孔，观测孔数量应满足掌握降水区域和影响范围内的地下水位动态变化的要求；
- 2 当降水深度内存在 2 个及以上含水层时，应分层布设地下水位观测孔；
- 3 降水区靠近河流、湖泊等地表水体时，应在地表水体附近增设地下水位观测孔。

6.2.10 盖挖法顶板应力和坑底隆起（回弹）监测点布设应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的有关规定。

6.2.11 支护桩（墙）侧向土压力、土体深层水平位移、土体分层

竖向位移和孔隙水压力监测点布设，应符合国家现行标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定。

6.3 盾构法隧道

6.3.1 盾构管片结构竖向、水平位移和净空收敛的监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 在盾构始发与接收段、联络通道附近、左右线交叠或邻近段、小半径曲线段等区段应布设监测断面；
- 2 下穿或邻近重要建（构）筑物、地下管线、河流湖泊等周边环境条件复杂区段应布设监测断面；
- 3 存在地层偏压、围岩软硬不均、地下水位较高等地质条件复杂区段应布设监测断面；
- 4 每个监测断面宜在拱顶、拱底、两侧拱腰处布设管片结构净空收敛监测点，拱顶、拱底的净空收敛监测点可兼做竖向位移监测点，两侧拱腰处的净空收敛监测点可兼做水平位移监测点。

6.3.2 周边地表沉降监测点布设应符合下列规定：

- 1 监测点应沿盾构隧道轴线上方地表布设，且一级、二级监测等级的施工监测布设间距

宜为 5m~10m；三级监测等级的施工监测布设间距宜为 10m~30m；始发和接收段的 100m 范围内应适当增加监测点；

2 应根据周边环境和地质条件布设垂直于隧道轴线的横向监测断面，且一级、二级监测等级的施工监测断面间距宜为 50m~100m；二级、三级监测等级的施工监测断面间距宜为 100m~150m；

3 在始发和接收段、联络通道等部位及地质条件不良易产生开挖面坍塌和地表过大变形的部位，应布设横向监测断面；

4 横向监测断面的覆盖范围应根据预测的沉降槽确定，包括工程的主要影响区和次要影响区；

5 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~11 个，且主要影响区的监测点间距宜为 3m~5m，次要影响区的监测点间距宜为 5m~10m。

6.3.3 孔隙水压力监测点布设应符合下列规定：

1 孔隙水压力监测宜选择在隧道管片结构受力和变形较大、存在易产生液化的粉细砂土层等有代表性的部位进行布设；

2 竖向监测点宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布设，竖向监测点间距宜为 2m~5m，且数量不宜少于 3 个。

6.3.4 盾构管片结构应力、地层与管片的接触压力、管片连接螺栓应力、土体深层水平位移和分层竖向位移的监测点布设，应符合国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的有关规定。

6.4 矿山法隧道及矿山法车站

6.4.1 初期支护结构拱顶沉降、净空收敛的监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测应布设垂直于隧道轴线的横向监测断面，车站监测断面间距宜为 5m~10m，区间监测断面间距宜为 10m~15m；

2 每个监测断面上的监测点宜在隧道拱顶、两侧拱脚处（全断面开挖时）或拱腰处（半断面开挖时）布设，拱顶的沉降监测点可兼做净空收敛监测点，净空收敛测线宜为 1 条~3 条；

3 标准断面单线区间隧道，每个监测断面可布设 1 个拱顶沉降监测点；车站及非标准断面区间隧道，每个监测断面的拱顶沉降监测点不应少于上层导洞数量；分部开挖施工的每个导

洞均应布设测点。

6.4.2 初期支护结构底板竖向位移监测点布设应符合下列规定：

- 1 监测点宜布设在初期支护结构底板的中部或两侧；
- 2 监测点的布设位置与拱顶沉降监测点宜对应布设。

6.4.3 车站中柱沉降、倾斜及结构应力监测点布设应符合下列规定：

- 1 应选择有代表性的中柱进行沉降、倾斜监测，监测点宜布设在中柱侧面，并便于观测；
- 2 当需进行中柱结构应力监测时，监测数量不应少于中柱总数的 10%，且不应少于 3 根，每柱宜布设 4 个监测点，并在同一水平面内均匀布设。

6.4.4 围岩压力、初期支护结构应力、二次衬砌应力监测点布设应符合下列规定：

- 1 监测断面宜布设在地质条件复杂或应力变化较大的部位，且宜与净空收敛监测断面处于同一位置；
- 2 监测点宜布设在拱顶、拱脚、墙中、墙脚、仰拱中部等部位，监测断面上每个监测项目不宜少于 5 个监测点；
- 3 需拆除竖向初期支护结构的部位应根据需要布设监测点。

6.4.5 周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 监测点应沿每个隧道或分部开挖导洞的轴线上方地表布设，且一级、二级监测等级的施工监测点间距宜为 5m~10m；三级监测等级的施工监测点间距宜为 10m~15m；
- 2 垂直于隧道轴线的横向监测断面应根据周边环境和地质条件综合确定，且一级监测等级的施工监测断面间距宜为 10m~50m；二级、三级监测等级的施工监测断面间距宜为 50m~100m；
- 3 横向监测断面应布设在车站与区间、车站与附属结构、明暗挖等的分界部位，洞口、隧道断面变化、联络通道、施工通道等部位及地质条件不良易产生开挖面坍塌和地表过大变形的部位；
- 4 横向监测断面的覆盖范围应根据预测的沉降槽确定，包括工程的主要影响区和次要影响区；
- 5 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~11 个，且主要影响区的监测点间距宜为 3m~5m，次要影响区的监测点间距宜为 5m~10m。

6.4.6 地下水位观测孔布设应符合下列规定：

- 1 观测孔位置选择、孔深等应符合本标准第 6.2.9 条的规定；
- 2 观测孔数量应根据工程需要确定。
- 3 隧道拱脚竖向位移监测、土体深层水平位移监测和分层竖向位移监测点布设应符合国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的有关规定。

6.5 高架线路

6.5.1 墩身监测点应按照确保监测精度、方便监测、利于测点保护的原则布设，并应符合以下要求：

- 1 监测点数量每墩不少于 2 处，并应位于墩身两侧；
- 2 桥墩监测点宜布设在墩底高出地面或水位以上 1m 左右；
- 3 当墩身较矮立尺困难时，桥墩监测点位置可降低或布设在对应墩身埋设位置的顶帽上。

6.5.2 桥台监测点宜布设在台顶(台帽及背墙顶)，测点数量不应少于 4 处，并应分别设在台帽两侧及背墙两侧(横桥向)。

6.5.3 梁体监测点应根据设计要求及施工情况进行布设，并应符合以下要求：

- 1 对原材料变化不大、预制工艺稳定、批量生产的预应力混凝土预制梁，每 20 孔选择 1 孔布设监测点，且每个区间不少于 3 孔；
- 2 当实测弹性上拱度大于设计值的梁，前后未监测的梁应补充监测点逐孔进行监测，其余现浇梁逐孔布设监测点；
- 3 移动模架施工的梁应对前 6 孔进行重点监测，在验证支架预设拱度的精度达到设计要求后，可每 10 孔选择 1 孔布设监测点；
- 4 简支梁的一孔梁应布设 6 个监测点，并分别位于两侧支点及跨中，连续梁上的监测点应根据不同跨度分别布设在支点、中跨跨中及边跨 1/4 跨中附近。
- 5 钢结构桥梁梁部应每孔布设 6 个监测点，分别布设在支点及跨中位置。

6.6 周边环境

I 建（构）筑物

6.6.1 建（构）筑物竖向位移监测点布设应反映建（构）筑物的不均匀沉降，并应符合下列规定：

1 竖向位移监测点应布设在外墙或承重柱上，位于主要影响区时，监测点沿外墙间距宜为 10m～15m，或每隔 2 根承重柱布设 1 个监测点；位于次要影响区时，监测点沿外墙间距宜为 15m～30m，或每隔 2～3 根承重柱布设 1 个监测点；在外墙转角处应有监测点控制；

2 在高低悬殊或新旧建（构）筑物连接、建（构）筑物变形缝、不同结构分界、不同基础形式和不同基础埋深等部位的两侧应布设监测点；

3 对烟囱、水塔、高压电塔等高耸构筑物，应在其基础轴线上对称布设监测点，且每栋构筑物监测点不应少于 3 个；

4 文物古建筑、近代优秀建筑、城市标志性建筑等风险等级较高的建（构）筑物应适当增加监测点数量。

6.6.2 建（构）筑物水平位移监测点应布设在邻近基坑或隧道一侧的建（构）筑物外墙、承重柱、变形缝两侧及其他有代表性的部位，并可与竖向位移监测点布设在同一位置。

6.6.3 建（构）筑物倾斜监测点布设应符合下列规定：

1 倾斜监测点应沿主体结构顶部、底部上下对应按组布设，且中部可增加监测点；

2 每栋建（构）筑物倾斜监测数量不宜少于 2 组，每组的监测点不应少于 2 个；

3 采用基础的差异沉降推算建（构）筑物倾斜时，监测点的布设应符合本标准第 6.5.1 条的规定。

6.6.4 建（构）筑物裂缝宽度监测点布设应符合下列规定：

1 裂缝宽度监测应根据裂缝的分布位置、走向、长度、宽度、错台等参数，分析裂缝的性质、产生的原因及发展趋势，选取应力或应力变化较大部位的裂缝或宽度较大的裂缝进行监测；

2 裂缝宽度监测宜在裂缝的最宽处及裂缝首、末端按组布设，每组应布设 2 个监测点，并应分别布设在裂缝两侧，且其连线应垂直于裂缝；

3 “Y”或“卜”型裂缝交口处应增加 1 组监测点，监测点连线应垂直于主要裂缝；

4 当出现新裂缝时，应增设监测点。

II 桥 梁

6.6.5 桥梁墩台竖向位移监测点布设应符合下列规定：

- 1** 竖向位移监测点应布设在墩柱或承台上；
- 2** 每个墩柱和承台的监测点不应少于 1 个，群桩承台宜适当增加监测点。

6.6.6 采用全站仪监测桥梁墩柱倾斜时，监测点应沿墩柱顶、底部上下对应按组布设，且每个墩柱的监测点不应少于 1 组，每组的监测点不宜少于 2 个；采用倾斜仪监测时，监测点不应少于 1 个。

6.6.7 桥梁结构应力监测点宜布设在桥梁梁板结构中部或应力变化较大部位。

6.6.8 桥梁裂缝宽度监测点的布设应符合本标准第 6.6.4 条的规定。

III 地下管线

6.6.9 地下管线监测点埋设形式和布设位置应根据地下管线的重要性、修建年代、类型、材质、管径、接口形式、埋设方式、使用状况，以及与工程的空间位置关系等综合确定。

6.6.10 地下管线位于主要影响区时，竖向位移监测点的间距宜为 5m~15m；位于次要影响区时，竖向位移监测点的间距宜为 15m~30m。

6.6.11 监测点宜布设在地下管线的节点、转角点、位移变化敏感或预测变形较大的部位。

6.6.12 地下管线位于主要影响区时，宜采用位移杆法在管体上布设直接监测点；地下管线位于次要影响区且无法布设直接监测点时，可在地表或土层中布设间接监测点。

6.6.13 隧道下穿污水、供水、燃气、热力等地下管线且风险很高时，应布设管线结构直接监测点及管侧土体监测点。

6.6.14 地下管线水平位移监测点的布设位置和数量应根据地下管线特点和工程需要确定。

6.6.15 地下管线密集、种类繁多时，应对重要的、抗变形能力差的、容易渗漏或破坏的管线进行重点监测。

IV 高速公路与城市道路

6.6.16 高速公路与城市道路的路面和路基竖向位移监测点的布设应与路面下方的地下构筑物 and 地下管线的监测工作相结合，并应做到监测点布设合理、相互协调。

6.6.17 路面竖向位移监测应根据施工工法，按本标准地表沉降监测点布设的规定，并结

合路面实际情况布置监测点和监测断面。对高速公路和城市重要道路，应增加监测断面数量。

6.6.18 隧道下穿高速公路、城市重要道路时，应布置路基竖向位移监测点，路肩或绿化带上应有地表监测点控制。

6.6.19 道路挡墙竖向位移监测点宜沿挡墙走向布置，挡墙位于主要影响区时，监测点间距宜为 5m~10m；位于次要影响区时，监测点间距宜为 10m~15m。

6.6.20 道路挡墙倾斜监测点应根据挡墙的结构形式选择监测断面布置，每段挡墙监测断面不应少于 1 个，每个监测断面上、下监测点应布设在同一竖直面。

V 既有轨道交通

6.6.21 既有轨道交通隧道结构竖向位移、水平位移和净空收敛监测应按监测断面布置，且既有隧道结构位于主要影响区时，监测断面间距不宜大于 5m；位于次要影响区时，监测断面间距不宜大于 10m。每个监测断面宜在隧道结构顶部或底部、结构柱、两边侧墙布置监测点。

6.6.22 既有轨道交通高架桥结构监测点的布置，可按本标准 6.6.5~6.6.8 条规定执行。

6.6.23 既有轨道交通地面线的路基竖向位移监测可按本标准高速公路与城市道路的规定布置监测断面，每个监测断面中的每条股道下方的路基及附属设施均应布置监测点。

6.6.24 既有轨道交通整体道床或轨枕的竖向位移监测应按监测断面布置，监测断面与既有隧道结构或路基的竖向位移监测断面宜处于同一里程。

6.6.25 轨道静态几何形位监测点的布置应按城市轨道交通或铁路的工务维修、养护要求等进行确定。

6.6.26 既有轨道交通附属设施监测点布置可按本标准建（构）筑物的规定执行。

6.6.27 既有轨道交通隧道结构、轨道结构的裂缝监测应符合本标准第 6.6.4 条的规定。

6.6.28 既有轨道交通监测宜采用自动化监测系统，并符合本标准第 10.5 节规定。

7 监测方法及技术要求

7.1 一般规定

7.1.1 监测方法应根据工程自身和环境对象的特点、工程监测等级、环境所处影响分区、设计要求、精度要求、场地条件和当地工程经验等综合确定，并应合理易行。

7.1.2 变形监测基准点、工作基点的布设应符合下列规定：

1 基准点应布设在施工影响范围以外的稳定区域，每个监测工程的竖向位移基准点不应少于 3 个，水平位移基准点不应少于 4 个；

2 当基准点距离监测工程较远时，宜设置工作基点，工作基点应布设在靠近监测目标且便于联测监测点的稳定位置；

3 基准点应在工程施工前埋设在相对稳定土层内，使用时应做稳定性检验；

4 监测期间，基准点应定期复测并进行稳定性分析，当使用工作基点时应与基准点进行联测；

5 基准点、工作基点的埋设宜按本标准附录 B 第 B.0.1 条～B.0.5 条采用。

7.1.3 监测仪器、设备和元器件应符合下列规定：

1 综合选择性价比较高的监测仪器，监测系统的安装和测读应方便适用，系统设计经济合理；

2 监测仪器、设备和元器件应满足监测精度和量程的要求，并应稳定、可靠；

3 监测仪器和设备应定期检定或校准；

4 元器件应在使用前进行标定，标定记录应齐全；

5 监测过程中应定期进行监测仪器的核查、比对，设备的维护、保养，以及监测元器件的检查。

7.1.4 监测传感器应具备下列性能：

1 与量测的介质特性相匹配；

2 灵敏度高、线性好、重复性好；

3 性能稳定可靠，漂移、滞后误差小；

4 防水性好，抗干扰能力强。

7.1.5 对同一监测项目，现场监测作业宜符合下列规定：

- 1 采用相同的监测方法和监测路线；
- 2 使用同一监测仪器和设备；
- 3 固定监测人员；
- 4 在基本相同的时段和环境条件下工作。

7.1.6 工程周边环境与周围岩土体监测点应在施工之前埋设，工程支护结构监测点应在支护结构施工过程中及时埋设。

监测点埋设并稳定后，应至少连续独立进行 3 次观测，并取其稳定值的平均值作为初始值。支护结构、周围岩土体及周边环境监测初始值应在施工影响前采集。

7.1.17 监测精度应根据监测对象和项目特点、控制值大小、国家 现行有关标准、工程风险管控要求等综合确定，并应满足对监测对象的受力或变形特征分析的要求。

7.1.18 监测过程中应做好监测点和传感器的保护工作。测斜管、水位观测孔、分层沉降管等管口应砌筑窖井，并加盖保护；爆破振动、应力应变等传感器应防止信号线被损坏。

7.1.19 工程监测新技术、新方法应用前，应与传统方法进行验证，且监测精度应符合本标准的规定。

7.2 竖向位移监测

7.2.1 竖向位移监测可采用几何水准测量、电子测距三角高程测量、静力水准测量等方法。

7.2.2 竖向位移监测应符合下列规定：

- 1 主要监测点应与水准基准点或工作基点组成闭合线路或附合线路；
- 2 监测精度应与相应等级的竖向位移监测网观测相一致；
- 3 对于采用的水准仪视准轴与水准管轴的夹角(i 角)，监测等级一级时，不应大于 $10''$ ，监测等级二级时，不应大于 $15''$ ，监测等级三级时，不应大于 $20''$ 。 i 角检校应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的有关规定；
- 4 采用钻孔等方法埋设坑底隆起（回弹）监测标志时，孔口高程宜用水准测量方法测量，高程中误差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ，沉降标至孔口垂直距离宜采用经检定的钢尺量测；
- 5 采用液体静力水准进行竖向位移自动监测时，设备的性能应满足监测精度的要求；
- 6 采用电子测距三角高程进行竖向位移监测时，宜采用 $0.5'' \sim 1''$ 级的全站

仪和特制觇牌采用中间设站、不量仪器高的前后视观测方法。

7.2.3 竖向位移监测网的布设应符合下列规定：

- 1 竖向位移监测网宜采用城市轨道交通工程高程系统，也可采用假定高程系统；
- 2 采用几何水准测量、三角高程测量时，监测网应布设成闭合、附合线路或结点网，采用闭合线路时，每次应联测 2 个以上的基准点。

7.2.4 竖向位移监测网的技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

7.2.5 竖向位移监测点的埋设宜按本标准附录 B 第 B.0.6 条～B.0.10 条采用。

7.2.6 监测仪器和监测方法应满足竖向位移监测点测站高差中误差和竖向位移控制值的要求，且竖向位移监测精度应符合表 7.2.6 的规定。

表 7.2.6 竖向位移监测精度

工程监测等级		一级	二级	三级
竖向位移 控制值	累计变化量 S (mm)	$S < 25$	$25 \leq S < 40$	$S \geq 40$
	变化速率 V_s (mm/d)	$V_s < 3$	$3 \leq V_s < 4$	$V_s \geq 4$
监测点测站高差中误差 (mm)		≤ 0.6	≤ 1.2	≤ 1.5

注：监测点测站高差中误差是指相应精度与视距的几何水准测量单程一测站的高差中误差。

7.3 土体分层竖向位移监测

7.3.1 土体分层竖向位移监测可埋设磁环分层沉降标，采用分层沉降仪进行监测；也可埋设深层沉降标，采用水准测量方法进行监测。

7.3.2 分层沉降管宜采用聚氯乙烯 (PVC) 工程塑料管，直径宜为 45mm～90mm。

7.3.3 磁环分层沉降标可通过钻孔在预定位置埋设。安装磁环时，应先在沉降管上分层沉降标的设计位置套上磁环与定位环，再沿钻孔逐节放入分层沉降管。分层沉降管安置到位后，应使磁环与土层粘结固定。

7.3.4 磁环分层沉降标埋设后应连续观测 1 周，至磁环位置稳定后，测定孔口高程并计算各磁环的高程。采用分层沉降仪量测时，应以 3 次测量平均值作为初始值，读数较差不应大于 1.5mm；采用深层沉降标结合水准测量时，水准测量精度应符合本标准第 7.2.6 条的

规定。

7.3.5 采用磁环分层沉降标监测时,应对磁环距管口深度采用进程和回程两次观测,并取进、回程读数的平均数;每次监测时均应测定分层沉降管管口高程的变化,然后换算出分层沉降管外各磁环的高程。

7.3.6 土体分层竖向位移监测点的埋设宜按本标准附录 B 第 B.0.11 条采用。

7.4 水平位移监测

7.4.1 测定特定方向的水平位移可采用小角法、方向线偏移法、视准线法、投点法、激光准直法等大地测量法,并应符合下列规定:

1 采用投点法和小角法时,应对经纬仪或全站仪的垂直轴倾斜误差进行检验,当垂直角超出 $\pm 3^\circ$ 范围时,应进行垂直轴倾斜改正;

2 采用激光准直法时,应在使用前对激光仪器进行检校;

3 采用方向线偏移法时,对主要监测点,可以该点为测站测出对应基准线端点的边长与角度,求得偏差值;对其他监测点,可选适宜的主要监测点为测站,测出对应其他监测点的距离与方向值,按方向值的变化求得偏差值。

7.4.2 测定任意方向的水平位移可根据监测点的分布情况,采用交会、导线测量、极坐标等方法。

7.4.3 当监测点与基准点无法通视或距离较远时,可采用全球导航卫星系统(GNSS)测量法或三角、三边、边角测量与基准线法相结合的综合测量方法。

7.4.4 水平位移监测基准点的埋设宜按本标准附录 B 第 B.0.4 条、B.0.5 条采用,并宜设置有强制对中的观测墩,或采用精密的光学对中装置,对中误差不宜大于 0.5mm。

7.4.5 水平位移监测点的埋设宜按本标准附录 B 第 B.0.12 条、B.0.13 条采用。

7.4.6 水平位移监测网宜采用假设坐标系统,并进行一次布网。每次变形监测前,应对水平位移基准点进行稳定性复测,并以稳定点作为起算点。

7.4.7 测角、测边水平位移监测网宜布设为近似等边的边角网,其三角形内角不应小于 30° ,当受场地或其他条件限制时,个别角度可适当放宽。

7.4.8 水平位移监测控制网的技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

7.4.9 监测仪器和监测方法应满足水平位移监测点坐标中误差和水平位移控制值的要求,且水平位移监测精度应符合表 7.4.9 的规定。

表 7.4.9 水平位移监测精度

工程监测等级		一级	二级	三级
竖向位移控制值	累计变化量 D' (mm)	$D' < 30$	$30 \leq D' < 40$	$D' \geq 40$
	变化速率 V_d (mm/d)	$V_d < 3$	$3 \leq V_d < 4$	$V_d \geq 4$
监测点测站高差中误差 (mm)		≤ 0.6	≤ 0.8	≤ 1.2

注: 1 监测点坐标中误差是指监测点相对测站点(如工作基点等)的坐标中误差,为点位中误差的 $1/\sqrt{2}$;
2 当根据累计变化量和变化速率选择的精度要求不一致时,应优先按变化速率的要求确定。

7.5 深层水平位移监测

7.5.1 支护桩（墙）体和土体的深层水平位移监测，宜在桩（墙）体或土体中预埋测斜管，采用测斜仪观测各深度处的水平位移。

7.5.2 测斜仪系统精度不宜低于 0.25mm/m，分辨率不宜低于 0.02mm/500mm，电缆长度应大于测斜孔深度。

7.5.3 测斜管宜采用聚氯乙烯（PVC）工程塑料或铝合金管制成，直径宜为 45mm~90mm，管内应有两组相互垂直的纵向导槽。

7.5.4 支护桩（墙）体的水平位移测斜管长度不宜小于桩（墙）体的深度，土体深层水平位移监测的测斜管长度不宜小于基坑设计深度的 1.5 倍。

7.5.5 测斜管埋设应符合下列规定：

- 1 支护桩（墙）体测斜管埋设宜采用与钢筋笼绑扎一同下放的方法；采用钻孔法埋设时，测斜管与钻孔孔壁之间应回填密实；
- 2 土体水平位移测斜管应在基坑或隧道支护结构施工 7d 前埋设；
- 3 埋设前应检查测斜管质量，测斜管连接时应保证上、下管段的导槽相互对准、顺畅，各段接头应紧密对接，管底应保证密封；
- 4 测斜管埋设时应保持固定、竖直，防止发生上浮、破裂、断裂、扭转；测斜管一对导槽的方向应与所需测量的位移方向保持一致。

7.5.6 深层水平位移监测前，宜用清水将测斜管内冲刷干净，并采用模拟探头进行试孔检查

后再使用。监测时，应将测斜仪探头放入测斜管底，恒温一段时间后自下而上以 0.5m 或 1.0m 间隔逐段量测。每监测点均应进行正、反两次量测，并取其平均值为最终值。

7.5.7 深层水平位移计算时，应确定固定起算点，固定起算点可设在测斜管的顶部或底部；当测斜管底部未进入稳定岩土体或已发生位移时，应以管顶为起算点，并应测量管顶的平面坐标进行水平位移修正。

7.5.8 支护墙体水平位移监测点的埋设应符合本标准附录 B 第 B.0.14 条的规定。

7.6 倾斜监测

7.6.1 倾斜监测应根据现场观测条件和要求，选用投点法、激光铅直仪法、垂准法、倾斜仪法或差异沉降法等观测方法。

7.6.2 投点法应采用全站仪或经纬仪瞄准上部观测点，在底部观测点安置水平读数尺直接读取偏移量，正、倒镜各观测一次取平均值，并根据上、下观测点高度计算倾斜度。

7.6.3 垂准法应在下部测点安装光学垂准仪、激光垂准仪或经纬仪、全站仪加弯管目镜法，在顶部测点安置接收靶，在靶上读取或量取水平位移量与位移方向。

7.6.4 倾斜仪法可采用水管式、水平摆、气泡或电子倾斜仪等进行观测，倾斜仪应具备连续读数、自动记录和数字传输功能。

7.6.5 差异沉降法应采用水准方法测量沉降差，经换算求得倾斜度和倾斜方向。

7.6.6 当采用全站仪或经纬仪进行外部观测时，仪器设置位置与监测点的距离宜为上、下点高差的 1.5 倍~2.0 倍。

7.6.7 倾斜观测精度应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

7.7 裂缝监测

7.7.1 建（构）筑物、桥梁、既有隧道结构等的裂缝监测内容应包括裂缝位置、走向、长度、宽度，必要时尚应监测裂缝深度。

7.7.2 裂缝监测宜采用下列方法：

- 1 裂缝宽度监测宜采用裂缝观测仪进行测读，也可在裂缝两侧贴、埋标志，采用千分

尺或游标卡尺等直接量测，或采用裂缝计、粘贴安装千分表及摄影量测等方法监测裂缝宽度变化；

2 裂缝长度监测宜采用直接量测法；

3 裂缝深度监测宜采用超声波法、凿出法等。

7.7.3 工程施工前应记录监测对象已有裂缝的分布位置和数量，并对监测裂缝进行统一编号，记录各裂缝的位置、走向、长度、宽度、深度，以及初测日期等，并拍摄裂缝照片。

7.7.4 裂缝监测标志应便于量测，长期观测可采用镶嵌或埋入墙面的金属标志、金属杆标志或楔形板标志；需要测出裂缝纵横向变化值时，可采用坐标方格网板标志；次要、短期观测的裂缝可采用石膏标志或用粘贴金属片标志。

7.7.5 裂缝宽度量测精度不宜低于 0.1mm，裂缝长度和深度量测精度不宜低于 1.0mm。每次监测时，应记录裂缝的宽度、长度、深度、监测日期等，并拍摄裂缝照片。

7.7.6 采用测缝传感器自动测记时，应与人工监测数据比对，且数据的观测、传输、保存应可靠。

7.8 净空收敛监测

7.8.1 矿山法初期支护结构和盾构法管片结构的净空收敛可采用收敛计、全站仪或红外激光测距仪进行监测。

7.8.2 采用收敛计监测应符合下列规定：

1 应在收敛测线两端安装监测点，监测点宜采用焊接或钻孔预埋，与隧道侧壁固定牢固；

2 监测点安装后应进行监测点与收敛尺接触点的符合性检查，并应进行 3 次独立观测，且 3 次独立观测较差应小于标称精度的 2 倍；

3 观测时应施加收敛尺标定的拉力，观测结果应取 3 次独立观测读数的平均值；

4 工作现场温度变化较大时，读数应进行温度修正。

7.8.3 采用红外激光测距仪监测应符合下列规定：

1 测距仪的标称精度应优于 $\pm 2\text{mm}$ ；

2 应在收敛测线两端设置对中与瞄准标志，隧道侧壁粗糙时，瞄准标志宜采用反射片；对中与瞄准标志设置后，应进行实测精度符合性检查，并应进行 3 次独立观测，且 3 次独

立观测较差应小于测距标称精度的 2 倍；

3 观测结果应取 3 次独立观测读数的平均值。

7.8.4 采用全站仪进行固定测线收敛监测应符合下列规定：

1 监测方法可采用自由设站或固定设站方法，在收敛测线两端固定小棱镜或设置反射片，设站点与测线两端点水平投影应呈一直线；

2 应按盘左、盘右两个盘位观测至少一测回，并计算测线两端点的水平距离。

7.8.5 采用全站仪进行隧道全断面扫描收敛监测应符合下列规定：

1 每个断面应设置仪器对中点、定向点和检查点，3 点水平投影应呈一直线；

2 应结合断面的剖面结构采集断面数据，断面上每段线型（直线或圆弧）内的有效数据不应少于 5 个点；

3 宜采用具有无棱镜测距、自动测量功能的全站仪，装载机载程序实现自动数据采集，无棱镜测距精度不应低于 $\pm 3\text{mm}$ ；

4 收敛变形数据宜与标准断面进行比较，并以标准断面为基准输出全断面各点向外（拉伸）或向内（压缩）变形情况。

7.8.6 矿山法隧道开挖后、盾构法隧道拼装完成后，应及时设置收敛监测点，并进行初始值测量。

7.9 地下水位监测

7.9.1 地下水位监测宜通过钻孔设置水位观测管，采用测绳、水位计等进行量测。

7.9.2 地下水位应分层观测，水位观测管的滤管位置和长度应与被测含水层的位置和厚度一致，被测含水层与其他含水层之间应采取有效的隔水措施。

7.9.3 水位观测管埋设稳定后应测定孔口高程并计算水位高程。人工观测地下水位的测量精度不宜低于 20mm，仪器观测精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$ 。

7.9.4 水位观测管的安装应符合下列规定：

1 水位观测管的导管段应顺直，内壁应光滑无阻，接头应采用外箍接头；

2 观测孔孔底宜设置沉淀管；

3 观测孔完成后应进行清洗，观测孔内水位应与地层水位一致，且连通良好。

7.9.5 水位观测管应至少在工程开始降水前 1 周埋设，且宜逐日连续观测水位并取得稳定初

始值。

7.10 孔隙水压力监测

7.10.1 孔隙水压力应根据工程测试的目的、土层的渗透性和测试期的长短等条件,选用封闭或开口方式埋设孔隙水压力计进行监测。

7.10.2 孔隙水压力计的量程应满足被测孔隙水压力范围的要求,可取静水压力与超孔隙水压力之和的 2 倍,精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

7.10.3 孔隙水压力计的埋设可采用钻孔埋设法、压入埋设法、填埋法等。当在同一测孔中埋设多个孔隙水压力计时,宜采用钻孔埋设法;当在粘性土层中埋设单个孔隙水压力计,宜采用不设反滤料的压入埋设法;在填方工程中宜采用填埋法。

7.10.4 孔隙水压力计应在施工前埋设,并应符合下列规定:

1 孔隙水压力计应进行稳定性、密封性检验和压力标定,并应确定压力传感器的初始值,检验记录、标定资料应齐全;

2 埋设前,传感器透水石应在清水中浸泡饱和,并排除透水石中的气泡;

3 传感器的导线长度应大于设计深度,导线中间不宜有接头,引出地面后应放在集线箱内并编号;

4 当孔内埋设多个孔隙水压力计,监测不同含水层的渗透压力时,应做好相邻孔隙水压力计的隔水措施;

5 埋设后,应记录探头编号、位置并测读初始读数。

7.10.5 采用钻孔法埋设孔隙水压力计时,钻孔应圆直、干净,钻孔直径宜为 110mm~130mm,不宜使用泥浆护壁成孔。孔隙水压力计的观测段应填透水材料,并用干燥膨润土球或注浆封孔。

7.10.6 孔隙水压力监测的同时,应测量孔隙水压力计埋设位置的地下水位。孔隙水压力应根据实测数据,按压力计的换算公式进行计算。

7.11 锚杆和土钉拉力监测

7.11.1 锚杆和土钉拉力宜采用测力计、钢筋应力计或应变计进行监测,当使用钢筋束作为

锚杆时，宜监测每根钢筋的受力。

7.11.2 测力计、钢筋应力计和应变计的量程宜为设计值的 2 倍。量测精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

7.11.3 锚杆张拉设备仪表应与锚杆测力计仪表相互标定。

7.11.4 锚杆或土钉施工完成后应对测力计、钢筋应力计或应变计进行检查测试，并应将下一层土方开挖前连续 2d 获得的稳定测试数据的平均值作为其初始值。

7.12 爆破振动监测

7.12.1 爆破振动监测系统由速度传感器或加速度传感器、数据采集仪及数据分析软件组成，速度传感器或加速度传感器可采用垂直、水平单向传感器或三矢量一体传感器。

7.12.2 爆破振动监测传感器的安装应与被测对象之间刚性粘结，并使传感器的定位方向与所测量的振动方向一致。监测工作中可采用以下方法固定传感器：

1 被测对象为混凝土或坚硬岩石时，宜采用环氧砂浆、环氧树脂胶、石膏或其他高强度粘合剂将传感器固定在混凝土或坚硬岩石表面，也可预埋固定螺栓，将传感器底面与预埋螺栓紧固相连；

2 被测对象为土体时，可先将表面松土夯实，再将传感器直接埋入夯实土体中，并使传感器与土体紧密接触。

7.12.3 仪器安装和连接后应进行监测系统的测试，监测期内整个监测系统应处于良好工作状态。

7.12.4 爆破振动监测仪器量程精度的选择应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

7.13 岩土压力监测

7.13.1 基坑支护桩（墙）侧向土压力、盾构法及矿山法隧道围岩压力宜采用界面土压力计进行监测。

7.13.2 土压力计的测试量程可根据预测的压力变化幅度确定，其上限可取设计压力的 2 倍，精度不宜低于 $0.5\% F \cdot S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\% F \cdot S$ 。

7.13.3 土压力计的埋设可采用埋入式，埋设时应符合下列规定：

- 1 埋设前应对土压力计进行稳定性、密封性检验和压力、温度标定，且检验记录、标定资料应齐全；
- 2 受力面与所监测的压力方向应垂直，并紧贴被监测对象；
- 3 应采取土压力膜保护措施；
- 4 采用钻孔法埋设时，回填应均匀密实，且回填材料宜与周围岩土体一致；
- 5 土压力计导线长度可根据工程监测需要确定，导线中间不应有接头，导线应按一定线路集中于导线箱内；
- 6 应做好完整的埋设记录。

7.13.4 基坑工程开挖前，应至少经过 1 周时间的监测并取得稳定初始值；隧道工程土压力计埋设后应立即进行检查测试，并读取初始值。

7.14 轴力监测

7.14.1 安装时应将轴力计安装架与钢支撑端头对中并牢固焊接，在拟安装轴力计位置的桩（墙）体钢板上焊接一块尺寸不小于 250mm×250mm×25mm 的加强垫板。待焊接件冷却后将轴力计推入安装架并用螺丝固定好。

7.14.2 钢筋混凝土支撑轴力监测应采用钢弦式钢筋应力传感器测量支撑轴力，并采用与受力钢筋串联焊接的方式。

7.14.3 在浇制支撑前应先将钢筋轴力计捆扎在主筋上，将电缆线引出放好，将钢筋轴力计用混凝土浇在支撑内。

7.14.4 轴力计安装完成后，应在室外零载时重新测定初始频率与实验室标定频率进行比对，宜使用实际零载频率作为初始频率进行轴力计算。

7.14.5 支撑轴力量测时，同一批支撑宜在相同的时间或温度下量测，每次读数均应记录温度测量结果。监测方法可按以下原则确定：

- 1 轴力传感器（轴力计）量测：轴力计可采用应变片式或钢弦式。
- 2 钢筋应力计量测：对钢筋混凝土支撑，轴力计可采用钢弦式或应变片式。
- 3 混凝土应变计量测：可在钢筋混凝土支撑内埋设混凝土应变计，通过量测混凝土应变得到支撑轴力。

4 应变片量测：可在钢支撑上粘贴电阻应变片，通过量测钢支撑应变得到支撑轴力。

7.15 应力监测

7.15.1 结构应力可通过安装在结构内部或表面的应变计或应力计进行量测。

7.15.2 混凝土构件可采用钢筋应力计、混凝土应变计、光纤传感器等进行监测；钢构件可采用轴力计或应变计等进行监测。

7.15.3 结构应力监测应排除温度变化等因素的影响，且钢筋混凝土结构应排除混凝土收缩、徐变以及裂缝的影响。

7.15.4 结构应力监测传感器埋设前应进行标定和编号，埋设后导线应引至适宜监测操作处，导线端部应做好防护措施。

7.15.5 钢筋应力计或应变计的量程宜为设计值的 2 倍，精度不宜低于 0.25% F·S。

7.16 现场巡查

7.16.1 现场巡查可采用人工目测的方法，并辅助以量尺、锤、放大镜、照相机、摄像机等器具。

7.16.2 巡查人员应以填表、拍照或摄像等方式将观测到的有关信息和现象进行记录，可按本标准附录 C 的要求填写巡查记录，并应及时整理巡查信息。

7.16.3 巡查信息应与仪器监测数据进行对比分析，发现异常或险情时，应按规定程序及时通知建设方及相关单位。

7.17 远程视频监控

7.17.1 远程视频监控系统应包括前端采集、数据传输、显示等三个部分。

7.17.2 远程视频监控系统应能实现监视、录像、回放、备份、报警及网络浏览等功能。

7.17.3 视频采集宜采用可通过遥控进行变焦、扫视和俯仰的摄像头，摄像头和拾音器等应安装在便于取景和录音的安全部位，并应采取防撞、防水等保护措施。

7.17.4 应采用硬盘机或其他大容量的媒介记录图像和声音，录像数据应至少保留 30 天。

视频信号和音频信号宜通过有线网络或无线发送设备传送到管理部门的监视器中。

7.17.5 远程视频监控的前端摄像头拆除应满足以下要求：

- 1 明挖基坑结构封顶后；
- 2 盾构法隧道工程完成始发、接收后，联络通道贯通后；
- 3 施工竖井停止使用后；
- 4 标准断面矿山法工程初支结构贯通后；
- 5 矿山法大断面、暗挖车站二次衬砌施工完成后。

8 监测范围及监测等级划分

8.1 一般规定

8.1.1 监测频率应根据施工方法、施工进度、监测对象、监测等级和项目特点、地质条件、环境条件以及当地工程经验等综合确定。

8.1.2 监测频率应使获取的监测信息及时、准确，系统反映施工工况及监测对象的安全状态的动态变化，并宜采取定时监测。

8.1.3 对穿越既有轨道交通和重要建（构）筑物等重大环境风险工程，宜在穿越施工过程中对关键监测项目采取自动化实时监测。

8.1.4 施工降水、岩土体注浆加固等工程措施对周边环境产生影响时，应根据环境的重要性和预测的影响程度确定监测频率。

8.1.5 工程施工期间，现场巡查频率应根据施工方法、施工进度、风险条件等综合确定，每次巡查应做好巡查记录，在关键工况、特殊天气等情况下应增加巡查次数。

8.1.6 当遇到下列情况时，应提高监测及巡查频率：

- 1 监测数据异常或变化速率较大；
- 2 存在勘察未发现的不良地质条件，且影响工程安全；
- 3 周边地表出现突然沉降或较严重的突发裂缝、坍塌；
- 4 建（构）筑物、桥梁等周边环境出现危害正常使用功能、结构安全的过大沉降、倾斜、裂缝等；
- 5 周边地下管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等；
- 6 盾构始发、接收以及停机检修或更换刀具期间；
- 7 矿山法隧道断面变化部位、施工中产生受力转换部位；
- 8 工程出现异常；
- 9 工程险情或事故后重新组织施工；
- 10 暴雨或长时间连续降雨；
- 11 邻近工程施工、超载、震动等周边环境条件较大改变；
- 12 根据当地工程经验判断，出现其他必须进行警情报送的情况。

8.1.7 工程监测应贯穿施工全过程，当满足下列条件时可结束监测工作：

- 1 基坑回填完成或矿山法隧道进行二次衬砌施工后；

- 2 盾构法隧道完成贯通、设备安装施工后；
- 3 支护结构工程结束，且周围岩土体和周边环境变形趋于稳定时；
- 4 满足设计要求结束监测工作的条件。

8.1.8 当建（构）筑物最大沉降速率小于 $1\text{mm}/100\text{d}\sim 4\text{mm}/100\text{d}$ 时可结束建（构）筑物变形监测，最大沉降速率的取值宜结合当地地基土的压缩性能来确定。道路、地下管线等其他周边环境的变形稳定标准宜根据地方经验或评估结果确定。

8.2 仪器监测频率要求

I 明挖法和盖挖法基坑

8.2.1 明挖法和盖挖法基坑工程施工中支护结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 8.2.1 确定。

表 8.2.1 明挖法和盖挖法基坑工程监测频率

基坑监测等级	施工进度		基坑设计深度（m）			
			≤10	10~15	15~20	>20
一 级	开挖深度 （m）	≤10	1 次/1d	1 次/2d	1 次/2d	1 次/2d
		10~20	—	1 次/1d	1 次/1d	1 次/1d
		>20	—	—	2 次/1d	2 次/1d
	底板浇筑后 时间（d）	≤7	1 次/1d	1 次/1d	2 次/1d	2 次/1d
		7~14	1 次/3d	1 次/2d	1 次/1d	1 次/1d
		14~28	1 次/5d	1 次/3d	1 次/2d	1 次/1d
		>28	1 次/7d	1 次/5d	1 次/3d	1 次/3d
	二 级	开挖深度 （m）	≤10	1 次/2d	1 次/2d	—
10~20			1 次/2d	1 次/1d	—	—

	底板浇筑后 时间 (d)	≤ 7	1 次/2d	1 次/2d	—	—
		7~14	1 次/3d	1 次/3d	—	—
		14~28	1 次/7d	1 次/5d	—	—
		> 28	1 次/10d	1 次/10d	—	—

注：1 有支撑的支护结构各道支撑开始拆除到拆除完成后 3d 内监测频率应为 1 次/1d；

2 基坑工程施工至开挖前的监测频率视具体情况确定；

3 当基坑监测等级为三级时，监测频率可视具体情况适当降低；

4 宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。

8.2.2 对于竖井井壁支护结构净空收敛监测频率，在竖井开挖及井壁支护结构施工期间应 1 次/（1d~2d），竖井井壁支护结构整体完成 7d 后宜 1 次/3d，15d 后宜 1 次/7d，经数据分析确认井壁净空收敛达到稳定后可 1 次/（15d~30 d）至停测。

8.2.3 坑底隆起（回弹）监测不应少于 3 次，并应在基坑开挖之前、基坑开挖完成后、浇筑基础混凝土之前各进行 1 次监测，当基坑开挖完成至基础施工的间隔时间大于一周时，应增加监测次数。

II 盾构法隧道

8.2.4 盾构法隧道工程施工中隧道管片结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 8.2.4 确定。

表 8.2.4 盾构法隧道工程监测频率

监测部位	监测对象	开挖面至监测点或监测断面的距离	监测频率
开挖面前方	围岩土体和周边环境	$5D < L \leq 8D$	1 次/（3d~5d）
		$3D < L \leq 5D$	1 次/2d
		$L \leq 3D$	1 次/1d
开挖面后方	管片结构、周围岩土体和周边环境	$L \leq 3D$	（1 次~2 次）/1d
		$3D < L \leq 8D$	1 次/（1d~2d）
		$L > 8D$	1 次/（3d~7d）

注：1 D —盾构法隧道开挖直径（m） L —开挖面至监测点或监测断面的水平距离（m）

2 管片结构位移、净空收敛在衬砌环脱出盾尾且能通视时进行监测；

3 监测数据趋于稳定后，监测频率宜为1次/（15d~30d）

III 矿山法隧道

8.2.5 矿山法隧道工程施工中隧道初期支护结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 8.2.5 确定。

表 8.2.5 矿山法隧道工程监测频率

监测部位	监测对象	开挖面至监测点或监测断面的 距离	监测频率
开挖面前方	周围岩土体和周边环境	$2B < L \leq 5B$	1次/2d
		$L \leq 2B$	1次/1d
开挖面后方	初期支护结构、周围岩土体和周边环境	$L \leq 1B$	（1次~2次）/1d
		$1B < L \leq 2B$	1次/1d
		$2B < L \leq 5B$	1次/2d
		$L > 5B$	1次/（3d~7d）

注：1 B —矿山法隧道或导洞开挖宽度（m） L ——开挖面至监测点或监测断面的水平距离（m）

2 当拆除临时支撑时应增大监测频率；

3 监测数据趋于稳定后，监测频率宜为1次/（15d~30d）

8.2.6 对于车站中柱竖向位移及结构应力的监测频率，土体开挖时宜为1次/1d，结构施工时宜为（1次~2次）/7d。

IV 高架线路

8.2.7 高架线路工程监测频率应符合下列规定：

1 梁体徐变沉降监测自梁体预应力张拉开始至无砟轨道铺设前，应系统监测梁体的沉降。预应力张拉前为变形起始点，梁体徐变沉降监测频率可按表 8.2.7-1 确定。

表 8.2.7-1 梁体徐变沉降监测频率

监测阶段	监测频率		备注
	监测期限	监测周期	
梁体施工完成			布设监测点
预应力张拉期间	全程	张拉前后各 1 次	测试梁体弹性变形
桥梁附属设施安装	全程	安装前后各 1 次	测试梁体弹性变形
预应力张拉完成-无砟轨道铺设期间	≥3 个月	第一周 1 次/2 天, 第二周后 1 次/周	
无砟轨道铺设期间	全程	1 次/天	
无砟轨道铺设完成后	24 个月	0~3 个月	残余徐变变形 (长期监测)
		4~12 个月	
		13~24 个月	

2 墩台基础沉降监测频率可按表 8.2.7-2 确定:

表 8.2.7-2 墩台基础沉降监测频率

监测阶段		监测频率		备注
		监测期限	监测周期	
墩台基础施工完成				布设监测点
墩台混凝土施工		全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	承台回填时,测点 应移至墩身或墩顶
预制梁桥	架梁前	全程	1 次/周	
	预制梁架设	全程	前后各 1 次	
	附属设施施工	全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	
桥位施工桥梁	制梁前	全程	1 次/周	
	上部结构施工中	全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	
	附属设施施工	全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	
架桥机(运梁车)通过		全程	前后各 1 次	至少进行 2 次通过前后的监测
桥梁主体工程完工- 无砟轨道铺设前		≥ 6 个月	1 次/周	岩石地基的桥梁,一般不宜少于 2 个月
无砟轨道铺设期间		全程	1 次/天	
无砟轨道铺设完成后	24 个月	0~3 个月	1 次/月	残余徐变变形 (长期监测)
		4~12 个月	1 次/3 个月	
		13~24 个月	1 次/6 个月	

V 地下水位

8.2.8 地下水位监测频率应根据水文地质条件复杂程度、施工工况、地下水对工程的影响程度以及地下水控制要求等进行确定，监测频率宜为 1 次/（1d~2d）。

VI 爆破振动

8.2.9 钻爆法施工首次爆破时,对所需监测的周边环境对象均应进行爆破振动监测，以后应根据第一次爆破监测结果并结合环境对象特点确定监测频率。重要建 (构) 筑物、桥梁等高风险环境对象每次爆破均应进行监测。

8.3 巡查频率要求

8.3.1 明挖法和盖挖法基坑工程施工过程巡查频率可按表 8.3.1 确定。

表 8.3.1 明挖法和盖挖法基坑工程巡查频率

项目 \ 工况		基坑开挖期间	基坑开挖结束后				主体结构施作过程中
			1d~7d	7d~15d	15d~30d	主体底板完成后	
开挖面地质状况	土层性质	1 次/2d					
	土体稳定性（土体塌落）	1 次/1d	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d	
	降水效果	1 次/1d	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d	
支护结构体系	支护及时施作情况	1 次/1d					
	渗漏水情况	1 次/1d	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d	
	支护体系开裂、变形情况	1 次/1d	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d	1 次/7d, 倒撑前后 7d 内 1 次/1d
	支护体系施工质量缺陷	1 次/2d					
施工工艺	开挖坡度	1 次/3m 进尺					
	开挖面暴露时间	1 次/各区段每层开挖后					
	施工工序	1 次/2d					

	基坑超挖情况	1 次/1d					
周边环境	坑边超载	1 次/1d	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d	1 次/7d
	地表积水	1 次/1d	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d	
	建构筑物、既有线、桥梁、道路管线等环境	1 次/1d	2 次/1d	1 次/1d	1 次/3d	1 次/7d	1 次/7d

注：1 正常情况下，巡查按此表执行；

2 支（锚）安装及拆卸等关键工序，阳角、明暗挖结合等关键部位，冬、雨季施工等关键时期，巡查项目出现预警等情况下，均应增大巡查频率；

3 相应部位的监测项目稳定后，该部位巡查频率宜为1 次/（15d~30d）

8.3.2 盾构法隧道工程施工过程巡查频率可按表 8.3.2 确定。

表 8.3.2 盾构法隧道工程巡查频率

项目 \ 工况		距开挖面的距离“L”表示尚未开挖段			
		-3D~3D	3D~5D	5D~8D	>8D
地质状况	土层性质	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d
	出渣量	1 次/环	1 次/1d	1 次/3d	1 次/7d
	出渣效果	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d
支护结构体系	支护施作及时情况	1 次/环	1 次/1d	1 次/3d	1 次/7d
	盾构铰接密封情况	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d
	管片破损情况	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d
	管片错台情况	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d
	管片间渗漏水情况	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d
建构筑物、既有线、桥梁、道路、管线等周边环境		2 次/1d	1 次/1d	1 次/3d	1 次/7d

注：1 D—盾构法隧道开挖直径（m）

2 盾构通过不良地质地层、盾构施工参数异常、地面沉降变形异常、通过重大风险源、监测出现预警等情况下，均应增大巡查频率；

3 相应部位的监测项目稳定后，该部位巡查频率宜为1 次/（15d~30d）

8.3.3 矿山法隧道工程施工过程巡查频率可按表 8.3.3 确定。

表 8.3.3 矿山法隧道工程巡查频率

工况 项目		距开挖面的距离“L”表示尚未开挖段					二衬结构施作完成后		
		-1B~0	0~1B	1B~2B	2B~5B	>5B	0d~7d	7d~15d	15d 后
开挖面地质状况	土层性质		1 次/1d						
	土体稳定性（工作面坍塌）		2 次/1d，至支护完毕						
	降水效果	1 次/1d	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d			
支护结构体系	支护及时施作情况		1 次/循环						
	渗漏水情况		1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d	1 次/3d	1 次/7d	1 次/1 月
	支护体系开裂、变形情况		1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/7d	1 次/3d	1 次/7d	1 次/1 月
	支护体系施工质量缺陷		1 次/循环						
	支护体系拱背回填情况		1 次/循环						
施工工艺	开挖面暴露时间		1 次/循环						
	开挖进尺		1 次/1d						
	超前支护、背后注浆情况		1 次/循环						
	施工工序		1 次/循环						
	超挖情况		1 次/循环						
建构筑物、既有线、桥梁、道路、管线等周边环境		1 次/1d	2 次/1d	1 次/1d	1 次/2d	1 次/7d			

注：1 B——矿山法隧道或导洞开挖宽度（m）；

2 临时支撑安装拆除、工序转换等关键工序，断面变化、复杂大跨、联络通道等关键部位，巡查项目出现预警等情况下，应增大巡查频率；

3 相应部位的监测项目稳定后，该部位巡查频率宜为 1 次/（15d~30d）。

9 监测项目控制值、预警和消警

9.1 一般规定

9.1.1 城市轨道交通工程应根据工程结构、周围岩土体和周边环境的安全控制要求等确定监测项目控制值，并就预警、消警制定相应的等级、标准和要求。

9.1.2 施工图设计文件应明确监测项目的控制值，监测项目控制值应根据施工方法特点、周围岩土体特征、周边环境保护要求并结合当地工程经验进行确定，并应符合下列规定：

1 支护结构监测项目控制值应根据工程监测等级、支护结构特点及设计计算结果等进行确定；

2 周边环境监测项目控制值应根据环境对象的类型与特点、结构形式、变形特征、已有变形、正常使用条件及国家现行有关标准的规定，并结合环境对象的重要性、易损性及相关单位的要求等进行确定；

3 对重要的、特殊的或风险等级较高的环境对象的监测项目控制值，应在现状调查与检测的基础上，通过分析计算或专项评估进行确定；

4 周围地表沉降等岩土体变形控制值应根据岩土体的特性，结合支护结构工程自身风险等级和周边环境安全风险等级等进行确定；

5 监测等级高、工况条件复杂的工程，宜针对不同的工况条件确定监测项目控制值，按工况条件控制监测对象的状态。

9.1.3 监测项目控制值应按监测项目的性质分为变形监测控制值和力学监测控制值。变形监测控制值应包括变形监测数据的累计变化值和变化速率值；力学监测控制值宜包括力学监测数据的最大值和最小值。

9.1.4 城市轨道交通工程监测应根据工程特点、工程规模、施工工法、工程地质水文地质情况及监测项目控制值，制定监测预警等级和预警标准，当监测数据达到预警标准时，必须进行警情报送。

9.1.5 建设单位应建立城市轨道交通工程预警监控管理体系，制定预警监控管理办法及相关的工作管理制度。预警监控管理办法应包含参建各方的职责、监测单位资质要求、监测作业技术要求、主要监测工作流程、预警信息管理制度、信息报送制度及考核奖惩办法等内容。

9.2 监测项目控制值

9.2.1 明挖法和盖挖法施工的基坑工程监测项目控制值应根据工程地质水文地质条件、基坑设计参数、工程监测等级及当地工程经验等确定，当无地方工程经验时，可按表 9.2.1-1 和表 9.2.1-2 确定。

表 9.2.1-1 明挖法和盖挖法基坑工程监测项目控制值

监测项目	支护结构类型、岩土类型		工程监测等级一级			工程监测等级二级			工程监测等级三级		
			累计值(mm)		变化速率 (mm/d)	累计值(mm)		变化速率 (mm/d)	累计值(mm)		变化速率 (mm/d)
			绝对值	相对基坑深度(H)值		绝对值	相对基坑深度(H)值		绝对值	相对基坑深度(H)值	
支护桩 (墙) 顶竖向位移	土钉墙、喷锚支护、水泥土墙		—	—	—	—	—	—	40~50	0.5%~0.6%	5
	钢板桩、型钢水泥土墙		—	—	—	30~35	0.25%~0.35%	4	35~40	0.3%~0.4%	5
	灌注桩、地下连续墙		10~20	0.1%~0.15%	2	20~30	0.15%~0.3%	3	20~30	0.15%~0.3%	3
支护桩 (墙) 顶水平位移	土钉墙、喷锚支护、水泥土墙		—	—	—	—	—	—	40~60	0.6%~0.8%	6
	钢板桩、型钢水泥土墙		—	—	—	30~35	0.25%~0.35%	4	35~50	0.3%~0.4%	5
	灌注桩、地下连续墙		20~25	0.1%~0.15%	2	25~30	0.2%~0.3%	3	30~40	0.25%~0.35%	4
支护桩 (墙) 体水平位移	水泥土墙	坚硬~中硬土	—	—	—	—	—	—	40~50	0.4%	6
		中软~软弱土	—	—	—	—	—	—	50~70	0.7%	6
	钢板桩、型钢水泥土墙	坚硬~中硬土	—	—	—	35~45	0.4%	4	40~50	0.4%	6
		中软~软弱土	—	—	—	45~65	0.5%	5	50~70	0.7%	6
	灌注桩、地下连续墙	坚硬~中硬土	20~30	0.15%~0.2%	3	30~40	0.2%~0.4%	4	30~40	0.2%~0.4%	5
		中软~软弱土	30~50	0.2%~0.3%	4	40~60	0.3%~0.5%	5	50~70	0.5~0.7%	6
地表沉降	坚硬~中硬土		20~30	0.15%~0.2%	2~4	25~35	0.2%~0.3%	2~4	30~40	0.3%~0.4%	2~4
	中软~软弱土		20~40	0.2%~0.3%	2~4	30~50	0.3%~0.5%	3~5	40~60	0.4%~0.6%	4~6

续表 9.2.1-1

监测项目	支护结构类型、岩土类型	工程监测等级一级			工程监测等级二级			工程监测等级三级		
		累计值(mm)		变化	累计值(mm)		变化	累计值(mm)		变化
		绝对值	相对基坑深度(H)值	速率(mm/d)	绝对值	相对基坑深度(H)值	速率(mm/d)	绝对值	相对基坑深度(H)值	速率(mm/d)
立柱结构	明挖法	20	—	2	20	—	3	20	—	3
竖向位移	盖挖法	10	—	2	10	—	3	10	—	3
坑底隆起（回弹）		20	—	3	25	—	3	30	—	4
土压力		(60%~70%) f_1			(70%~80%) f_1			(70%~80%) f_1		
孔隙水压力										
支护墙结构应力		(60%~70%) f_2			(70%~80%) f_2			(70%~80%) f_2		
立柱结构应力										
支撑轴力		最大值：(60%~70%) f_2 最小值：(80%~100%) f_y			最大值：(60%~70%) f_2 最小值：(80%~100%) f_y			最大值：(60%~70%) f_2 最小值：(80%~100%) f_y		
锚杆拉力										

注：1 H —基坑设计深度， f_1 —荷载设计值， f_2 —构件的承载力设计值， f_y —支撑、锚杆的预应力设计值；

- 2 累计值应按表中绝对值和相对基坑深度(H)值两者中的小值取用；
- 3 支护桩（墙）顶隆起控制值宜为 20mm；
- 4 嵌岩的灌注桩或地下连续墙控制值可按表中数值的 50%取用；
- 5 基坑周边有建筑物时，地表沉降监测控制值应以建筑物保护要求为准。

表 9.2.1-2 竖井井壁支护结构监测项目控制值

监测项目	累计值(mm)	变化速率(mm/d)
竖井井壁支护结构净空收敛	30	2

9.2.2 盾构法隧道管片结构竖向位移、净空收敛和地表沉降控制值应根据工程地质条件、隧道设计参数、工程监测等级及当地工程经验等确定,当无地方工程经验时,可按表 9.2.2-1 和表 9.2.2-2 确定。

表 9.2.2-1 盾构法隧道管片结构竖向位移、净空收敛监测项目控制值

监测项目及岩土类型		累计值(mm)	变化速率(mm/d)
管片结构沉降	坚硬~中硬土	10~20	2
	中软~软弱土	20~30	3
管片结构差异沉降		0.04% L_s	—
管片结构净空收敛		0.2% D	3

注: 1 L_s —沿隧道轴向两监测点间距, D —盾构法隧道开挖直径;

2 本表主要适用于标准断面的盾构法隧道工程。

表 9.2.2-2 盾构法隧道地表沉降监测项目控制值

监测项目及岩土类型		工程监测等级					
		一级		二级		三级	
		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
地表沉降	坚硬~中硬土	10~20	3	20~30	4	30~40	4
	中软~软弱土	15~25	3	25~35	4	35~45	5
地表隆起		10	3	10	3	10	3

注: 1 本表主要适用于标准断面的盾构法隧道工程;

2 地表有建筑物时,地表沉降(隆起)监测控制值以建筑物保护要求为准。

9.2.3 矿山法隧道支护结构变形、地表沉降控制值应根据工程地质条件、隧道设计参数、工程监测等级及当地工程经验等确定,当无地方工程经验时,可按表 9.2.3-1 和表 9.2.3-2 确定。

表 9.2.3-1 矿山法隧道支护结构变形监测项目控制值

监测项目、区域及岩土类型			累计值(mm)	变化速率(mm/d)
拱顶沉降	区间	坚硬～中硬土	10～15	3
		中软～软弱土	15～20	3
	车站	坚硬～中硬土	20～25	3
		中软～软弱土	25～30	3
底板竖向位移			10	2
净空收敛		坚硬～中硬土	10～15	2
		中软～软弱土	15～20	2
中柱竖向位移			10～20	2

表 9.2.3-2 矿山法隧道地表沉降监测项目控制值

监测区域及岩土类型		工程监测等级					
		一级		二级		三级	
		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
区间	坚硬~中硬土	20~25	3	30~35	3	30~35	4
	中软~软弱土	25~30	3	35~40	3	35~40	4
车站	坚硬~中硬土	40~50	4	50~60	4	—	—
	中软~软弱土	50~60	4	60~70	4	—	—

注：1 大断面区间的地表沉降监测控制值可参照车站执行；

2 地表有建筑物时，地表沉降（隆起）监测控制值以建筑物保护要求为准。

9.2.4 建（构）筑物监测项目控制值的确定应符合下列规定：

1 建（构）筑物监测项目控制值应在调查分析建（构）筑物使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型、地质条件等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有沉降、差异沉降和倾斜以及当地工程经验进行确定，并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定；

2 对风险等级为一级、二级的建（构）筑物，宜通过结构检测、计算分析和安全性评估等确定建（构）筑物的沉降、差异沉降和倾斜控制值；

3 对于风险等级较低且无特殊要求的建（构）筑物，沉降控制值宜为 10mm~30mm，变化速率控制值宜为 1mm/d~3mm/d，差异沉降控制值宜为 0.001*l*~0.002*l*（*l* 为相邻基础的中心距离）。

9.2.5 桥梁监测项目控制值的确定应符合下列规定：

- 1 桥梁监测项目控制值应在调查分析桥梁规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有沉降、差异沉降和倾斜以及当地工程经验进行确定，并应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 的有关规定；
- 2 桥梁的沉降、差异沉降和倾斜控制值宜通过结构检测、计算分析和安全性评估确定。
- 3 对于风险等级较低且无特殊要求的桥梁监测项目控制值可按表 9.2.5 取值。

表 9.2.5 桥梁监测项目控制值

桥梁墩台允许沉降 (mm)	相邻桥梁墩台间差异沉降 (mm)	承台水平位移控制值 (mm)
15~30	2~3	3~4

9.2.6 地下管线监测项目控制值的确定应符合下列规定：

- 1 地下管线监测项目控制值应在调查分析管线功能、材质、工作压力、管径、接口形式、埋置深度、铺设方法、铺设年代等的基础上，结合其与工程的空间位置关系和当地工程经验进行确定；
- 2 对风险等级较高的地下管线，宜通过专项调查、计算分析和安全性评估确定其沉降（隆起）和差异沉降控制值；
- 3 对风险等级较低且无特殊要求的地下管线沉降（隆起）及差异沉降控制值可按表 9.2.6 确定。

表 9.2.6 地下管线沉降（隆起）及差异沉降控制值

管线类型	沉降（隆起）		差异沉降(mm)
	累计值(mm)	变化速率(mm/d)	
燃气管道	10~30	2	$0.3\%L_g$
雨污水管	10~20	2	$0.25\%L_g$
供水管	10~30	2	$0.25\%L_g$

注：1 燃气管道的变形控制值适用于 100mm~400mm 的管径；

2 L_g —地下管线管节长度。

- 4 特殊要求管线应以产权单位控制标准为准。

9.2.7 高速公路与城市道路监测项目控制值的确定应符合下列规定：

- 1 高速公路与城市道路监测项目控制值应在调查分析道路等级、路基路面材料、道路现状情况和养护周期等的基础上，结合其与工程的空间位置关系和当地工程经验等进行确定，并应符合现行行业标准《公路沥青路面养护技术规范》JTG 5142 和《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1 的有关规定；
- 2 对风险等级较高或有特殊要求的高速公路与城市道路，宜通过现场探测和安全性评估等

确定其沉降控制值；

- 3 对风险等级较低且无特殊要求的高速公路与城市道路，路基沉降控制值可按表 9.2.7 确定。

表 9.2.7 路基沉降控制值

监测项目		累计值(mm)	变化速率(mm/d)
路基沉降	高速公路、城市主干道	10~30	3
	一般城市道路	20~40	3

9.2.8 城市轨道交通既有线监测项目控制值的确定应符合下列规定：

1 城市轨道交通既有线监测项目控制值应在调查分析地质条件、线路结构形式、轨道结构形式、线路现状情况等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、当地工程经验，进行必要的结构检测、计算分析和安全性评估后确定；

2 城市轨道交通既有线路结构及轨道几何形位的监测项目控制值应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 和现行行业标准《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202 的有关规定，并应满足线路维修的要求；

- 3 当无地方工程经验时，城市轨道交通既有线监测控制值可按表 9.2.8 确定。

表 9.2.8 城市轨道交通既有线隧道结构变形控制值

监测项目	累计值(mm)	变化速率(mm/d)
隧道结构沉降	3~10	1
隧道结构上浮	5	1
隧道结构水平位移	3~5	1
隧道差异沉降	0.04% L_s	—
监测项目	累计值(mm)	变化速率(mm/d)
隧道结构变形缝差异沉降	2~4	1
盾构管片接缝张开量	1~2	—
轨道横向高差	4	—
轨向高差（矢度值）	4	—
轨间距	-4, +6	—
道床脱空量	5	—
结构裂缝宽度	迎水面 0.2 背水面 0.3	—

注：1 L_s ——沿隧道轴向两监测点间距；

4 城市轨道交通既有线高架线路、地面线路监测控制值应符合本标准第 9.2.5 条、第 9.2.9 条的规定。

9.2.9 既有铁路监测项目控制值的确定应符合下列规定：

1 既有铁路监测项目控制值应符合本标准第 9.2.8 条第 1 款的规定，对高速铁路应在专项评估后确定；

2 既有铁路线路结构及轨道几何形位的监测项目控制值应符合现行行业标准《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413 的有关规定，并应满足线路维修的要求；

3 对风险等级较低且无特殊要求的既有铁路路基沉降控制值可按表 9.2.9 确定，且路基差异沉降控制值宜小于 $0.04\%L_t$ (L_t 为沿铁路走向两监测点间距)。

表 9.2.9 既有铁路路基沉降控制值

监测项目		累计值(mm)	变化速率(mm/d)
路基沉降	整体道床	10~20	1.5
	碎石道床	20~30	1.5

9.2.10 爆破振动监测项目的控制值，应按现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 中的相关规定确定。

9.3 预警

9.3.1 预警应包括监测数据预警、巡查预警和综合预警三类。每类预警按严重程度由小到大可分为黄色预警、橙色预警和红色预警三个等级。

9.3.2 监测数据预警应由各监测实施单位报送发布，监测预警可按表 9.3.3 判定。

表 9.3.2 监测数据预警分级判定表

预警等级	判定条件	
	监测指标	风险状况评价
黄色预警	双控指标（变化量、变化速率）均达到控制值的 70%~ 85%时；或双控指标之一达到控制值的 85%~100%时	存在风险隐患
橙色预警	双控指标（变化量、变化速率）均达到控制值的 85%~ 100%时；或双控指标之一达到控制值时	存在风险隐患，且出现危险征兆
红色预警	双控指标（变化量、变化速率）均达到控制值时；或变化速率急剧增长时	风险不可控或出现严重危险征兆

9.3.3 巡查预警应由各巡查单位根据警情紧急程度、发展趋势和造成后果的严重程度报送或发布，其分级标准可按表 9.3.3-1~ 9.3.3-4 确定。

表 9.3.3-1 明挖法和盖挖法施工巡查预警分级标准

巡查内容		巡查状况描述	预警等级		
			黄色 预警	橙色 预警	红色 预警
降水工程	降水效果及状态	水中含砂量高，井周地面产生塌陷		★	
		排水系统（包括管沟、管道）堵塞、渗漏严重	★		
		各种原因造成抽水停止，地下水位升至作业面以上		★	
冠梁	冠梁变形	较多数量的支护桩桩头混凝土混浆、夹泥、劈裂	★		
		较多支护桩受力钢筋在冠梁与支护桩桩顶夹泥	★		
		冠梁混凝土开裂、较多冠梁与支护桩桩顶夹泥	★		
围护桩墙	桩、墙体施工质量	连续多根桩产生缩颈（桩径小于钢筋笼直径）夹泥、断桩		★	
		安全风险较高部位（如阳角、明暗挖结合等关键部位）出现断桩、严重夹泥		★	
		连续多根桩侵入主体结构，侵入尺寸超过桩体受力钢筋保护层厚度，须凿除		★	
土方开挖	桩加内撑（锚杆）桩间土稳定及渗漏	桩间土坍塌，桩后出现空洞（已稳定）	★		
		桩间土坍塌，桩后出现空洞（未稳定）			★
		锚杆锚固强度未达到设计要求值进行拉拔，或锚杆未拉拔即进行下层土开挖		★	
		桩间涌水，含砂量较高	★		
		桩间涌水，含砂量高，地面局部产生沉陷			★
支护结构体系	支护及支撑	支撑支座安装不符合有关标准或要求	★		
		支撑目视可见变形、移位		★	
		支撑架设后不及时预加轴力，轴力值未达到设计预加值		★	
		支撑固定不稳或支座松动	★		
		支撑支点面积小，引起应力集中，支撑点抗压能力低	★		
		多道支撑预加轴力后产生较大卸载，未进行调整		★	
		支撑支座处的围檩与支护桩间存在土夹层，影响支撑效果		★	
		基坑内设置运土坡道，影响部分支撑及时架设，坡道范围内影响 2 道支撑架设		★	
	支护体系变形	围檩与网喷混凝土面的缝隙在支撑预加力前未用细骨料混凝土填充密实	★		
		较大范围的支护桩向基坑外偏移，围檩与支护桩间土夹层较厚使支撑受力状态受影响	★		
		土方开挖到位后不能及时架设支撑，同一开挖区段同一横剖面内存在 2 道支撑未架设		★	
		阳角、明暗挖结合等关键部位支护与背后土出现脱开，暂无扩大情形	★		
		阳角、明暗挖结合等关键部位支护与背后土出现脱开，且有扩大情形		★	
	工序	工序不符合施工组织设计，可能引起土体、支护体系出现较大位移	★		
		工序不符合施工组织设计，可能影响工程和周边环境的安全性		★	

续表 9.3.3-1

巡查内容		巡查状况描述	预警等级		
			黄色 预警	橙色 预警	红色 预警
支护 结构 体系	超挖与 超载	靠近围护侧，局部超挖超过 1m，其他位置大范围内超 挖超过 1m	★		
		靠近围护侧，大范围超挖超过 1m，一定程度上影响支 护结构或周围土体的稳定		★	
		基坑边长期有重型设备作业，未采取加固措施	★		
		基坑强烈影响区单位面积荷载超出设计值 10kPa	★		
		基坑强烈影响区单位面积荷载超出设计值 20kPa		★	
	地表积水	排水通道不畅通，强烈影响区大面积积水	★		
		地面硬化不完善或基坑边设明排水沟，地表水直接下渗	★		
		截排水系统不完善或基坑边倒坡，地表水向基坑内回流	★		
		雨季施工，防洪措施不得当、设施不健全		★	

表 9.3.3-2 盾构法施工巡查预警分级标准参考表

巡查内容	巡查状况描述	预警等级		
		黄色 预警	橙色 预警	红色 预警
铰接密封情况	渗水～滴水	★		
	滴水（水质混沌，含砂或泥）～小股流水/流砂（泥）		★	
	严重漏水、涌砂或涌泥			★
	渗水～滴水	★		
	滴水（水质混沌，含砂或泥）～小股流水/流砂（泥）		★	
	严重漏水、涌砂或涌泥			★
管片破损情况	一般破损(管片表面出现裂纹、裂纹较浅，仅伤及管片 部分保护层，对隧道安全影响较小，今后修复即可)	★		
	较严重破损（管片出现裂缝，裂缝有一定宽度，穿过保护层厚度；或管片大面积掉块、内部钢筋裸露等； 对隧道安全影响较大，需要立即修复）		★	
	严重破损（管片出现贯通裂缝，对隧道安全影响严重， 立即停工组织专业人员抢修）			★
管片错台情况	5mm～10mm	★		
	10mm～15mm		★	
	>15mm			★
管片间渗漏水/ 砂/泥等情况	渗水～滴水	★		
	滴水（水质混沌，含砂或泥）～小股流水/流砂（泥）		★	
	流水、涌砂或涌泥			★
盾尾漏浆情况	一般流浆	★		
	浆液喷出（喷出长度<0.5m）		★	
	浆液剧烈喷射（喷出长度>0.5m）			★
橡胶止水条的位移情况	橡胶止水条错位或扭曲，位移小于其宽度的一半	★		
	橡胶止水条错位或扭曲，位移大于其宽度的一半		★	
	橡胶止水条错位或扭曲，大面积损坏、完全脱离管片			★

表 9.3.3-3 矿山法施工巡查预警分级标准参考表

巡查内容		巡查状况描述	预警等级		
			黄色 预警	橙色 预警	红色 预警
开挖面土层性质 及稳定性状况		工作面未按设计要求临时封闭	★		
		工作面掉块、开裂；拱顶少量漏砂		★	
		坍塌			★
渗漏水情况		工作面渗水	★		
		工作面小股涌水或涌砂		★	
		工作面大股涌水，且含砂			★
超前 支护	超前导管长度及打 设步距	小导管长度、打设锚距未满足设计要求	★		
	超前导管横向分布 范围	未满足设计要求		★	
	超前导管施工数量	未满足设计要求	★		
	注浆加固	注浆效果未达到设计或施工方案的预期效果		★	
		未按设计或施工方案要求注浆			★
土方 开挖	开挖进尺	>（格栅间距+20cm）	★		
	环形留核心土	核心土形状未满足设计要求	★		
	施工台阶长度	未满足设计要求（1D~1.5D）	★		
	施工台阶坡度	垂直	★		
		反坡（或开挖时反坡开挖）			★
	多部开挖各部工作 面距离	未满足设计要求	★		
初期 支护	架设纵向间距	超出设计值 50mm~100mm	★		
		超出设计值 100mm~250mm		★	
		超出设计值>250mm			★
	钢格栅或钢架连接	接头螺栓连接未满足设计要求		★	
		接头帮焊钢筋未满足设计要求		★	
		纵向连接筋规格、数量、分布、连接方式、质量未满足设计要求	★		
	格栅拱脚悬空	2 榀悬空		★	
		>2 榀悬空			★
	初支状态	出现裂缝	★		
		剥离掉块		★	
		初期支护结构出现扭曲变形			★

续表 9.3.3-3

巡查内容		巡查状况描述	预警等级		
			黄色 预警	橙色 预警	红色 预警
初期 支护	锁脚锚杆	打设未满足设计要求	★		
		设计有要求，现场未打设		★	
	钢筋网片	钢筋网的制作、搭接未满足设计要求	★		
	喷射混凝土	喷射混凝土厚度未满足设计和施工方案要求		★	
		存在漏喷离鼓现象、出现离层或剥离、喷混凝土不密实（表面离散、有孔隙）喷混凝土流淌		★	
		初支格栅或钢筋网外露		★	
	回填注浆	浆液材料不符合设计要求	★		
		注浆孔数量、布置未满足	★		
		注浆控制压力、注浆量未满足设计或施工方案 要求	★		
		初支封闭后 5mm~8m 未进行回填注浆	★		
		初支背后空洞，未进行回填		★	
	大断面隧道临时支撑	设计架设临时支撑部位，1~2 榀未设置	★		
		设计架设临时支撑部位，2 榀以上未设置		★	
		架设位置未满足设计要求		★	
		临时支撑与初支结构脱离、虚接或连接构造不满足设计要求		★	
		临时支撑拆除和二衬施工顺序未按论证后施工方案实施		★	
施工工序控制		马头门破除前未采取加强措施、破除时序不规范（存在对开马头门现象）		★	
		特大断面施工顺序不符合设计要求		★	

表 9.3.3-4 周边环境巡查预警分级标准参考表

巡查内容		巡查状况描述	预警等级		
			黄色 预警	橙色 预警	红色 预警
建（构） 筑物	建（构）筑物 开裂、剥落	施工造成建（构）筑物非承重墙体出现开裂、剥落，不影响正常使用	★		
		施工造成建（构）筑物非承重墙体出现开裂、剥落，影响正常使用		★	
		施工造成建（构）筑物承重墙体、柱或梁出现开裂、剥落			★
	地下室渗水	墙面或顶板渗水、滴水	★		
		墙面或顶板涌水		★	
桥梁	墩台或梁体开裂、 剥落	墩台、梁板或桥面裂缝 $<0.2\text{mm}$	★		
		墩台、梁板或桥面裂缝 $0.2\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$		★	
		墩台、梁板或桥面裂缝 $>0.5\text{mm}$ ，混凝土剥落、露筋			★
既有线 （铁路）	结构开裂、剥落	结构裂缝 $<0.2\text{mm}$	★		
		结构裂缝 $0.2\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$		★	
		结构裂缝 $>0.5\text{mm}$ ，混凝土剥落、露筋			★
	结构渗水	渗水、滴水	★		
		涌水		★	
	道床结构开裂	结构裂缝 $<0.2\text{mm}$	★		
		结构裂缝 $0.2\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$		★	
		结构裂缝 $>0.5\text{mm}$			★
	变形缝开合 及错台	变形缝开合较大，堵塞物与结构脱开，或堵塞物被挤坏		★	
		出现明显错台			★
道路 （地表）	地面开裂	开挖施工影响区内造成局部地面开裂，裂缝宽度 $<5\text{mm}$ ，暂无扩大情形	★		
		开挖施工影响区内造成局部地面开裂，裂缝宽度 $5\sim 10\text{mm}$ ，暂无扩大情形		★	
		强烈影响区内地面产生开裂，且裂缝宽度、深度或数量有增加情形			★
道路 （地表）	地面沉陷、隆起	地面出现沉陷或隆起，暂不影响交通，或在建（构）筑物、墩台周边出现明显的相对沉陷	★		
		地面出现明显沉陷或隆起，轻微影响交通		★	
		在基坑边坡滑移面附近或隧道中心线上方出现沉陷或隆起，或沉陷严重影响交通			★
	地面冒浆/泡沫	盾构背后注浆/泡沫、矿山法隧道超前支护注浆等施作时引起地面冒浆	★		
河流 湖泊	水面漩涡、气泡	在建隧道上方河流湖泊水面出现稀疏的水泡		★	
		在建隧道上方河流湖泊水面出现漩涡或密集的水泡			★
	堤坡开裂	施工影响范围内堤坡裂缝宽度 $<5\text{mm}$	★		
		施工影响范围内堤坡裂缝宽度 $5\text{mm}\sim 10\text{mm}$		★	
地下 管线	管体或接口 破损、渗漏	地下管线持续漏水(气)，暂无扩大趋势	★		
		地下管线持续漏水(气)，且有扩大趋势		★	
		地下通讯电缆被切断			★
		地下输变电管线破坏			★
	检查井等附属设施的 开裂及进水	施工影响范围内地下管线的检查井等附属设施出现开裂或进水	★		
邻近施工		扰动工程周边地质，支护结构受力变形较大，对支护体系产生不利影响	★		
		严重扰动工程周边地质，支护结构受力变化大，对支护体系产生不利影响		★	

9.3.4 综合预警应由项目建设单位依据风险工程的监测数据、现场巡查信息及风险状况评价，以及各相关方提出的综合预警建议，经综合判定后发布。综合预警分级可按表 9.3.4 判定。

表 9.3.4 综合预警分级判定表

预警等级	判定条件		
	监测数据预警	巡查预警	风险状况评价
黄色	橙色	黄色	存在风险隐患
橙色	橙色或红色	橙色	存在风险隐患，且出现危险征兆
红色	橙色或红色	红色	风险不可控或出现严重危险征兆

注：当监测预警或巡查预警未同时满足本表判定条件，但依据现场风险状况判定工程风险不可控或出现危险征兆，也应发布综合预警，其预警等级由发布单位依据风险状况及专业经验直接判定。

9.3.5 监测预警、巡查预警、综合预警的发布时间和流程，应按项目制定的预警监控管理办法执行，并应符合当地建设行政主管部门的相关规定。

9.3.6 预警发生后，各相关单位应对已发布预警的工程部位及工程环境加强监测和巡查，应及时组织分析和按规定要求进行预警处置，并跟踪处置情况和风险状况。

9.4 消警

9.4.1 工程实施过程中,通过相关技术措施与管理手段进行风险处置后，达到消除工程隐患且具备解除预警条件的，可进行消警。工程消警分为监测数据预警消警、巡视预警消警、综合预警消警三类，综合预警必须消警。

9.4.2 对于应力类监测，当数据小于阈值后应及时消警。对于位移类监测，应按下列要求降低预警等级：

- 1 对橙色、红色监测数据预警，监测值变化速率连续三个监测周期小于 50%报警值时，监测数据预警等级降低一级。
- 2 对橙色、红色监测数据预警，监测值变化速率连续六个监测周期小于 50%报警值时，监测数据预警等级降低二级。
- 3 红色监测预警降低后，预警等级不得低于黄色。

9.4.3 监测数据预警的消警申请时间宜按表 9.4.3 的规定执行。

表 9.4.3 监测数据消警时间

序号	施工工法	工程特点	消警时间
1	明挖法	单层结构	结构封顶,地表沉降连续 21d 稳定且收敛
		双层或多层结构	负一层顶板施工完成,地表沉降连续 21d 稳定且收敛
2	盖挖法	盖挖顺做结构	负一层顶板施工完成,地表沉降连续 21d 稳定且收敛
		盖挖逆做结构	结构施工完成,地表沉降连续 21d 稳定且收敛
3	矿山法	区间及其附属结构	标准断面 (台阶法开挖): 初支完成后,地表沉降收敛且连续 21d 平均沉降速率小于 0.1mm/d; 标准断面 (设临时支撑或临时仰拱): 二衬施工结束,地表沉降收敛且连续 21d 平均沉降速率小于 0.1mm/d; 大断面多导洞施工: 二衬施工完成后,地表沉降收敛且连续 21d 平均沉降速率小于 0.1mm/d。
		车站主体	PBA 法、洞柱法: 二衬扣拱结束,地表沉降收敛且连续 21d 平均沉降速率小于 0.1mm/d; 多导洞工法(CRD、双侧壁导坑等工法): 二衬施工结束,地表沉降收敛且连续 21d 平均沉降速率小于 0.1mm/d。
		车站附属结构	结合断面尺寸及施工方法,参照区间和车站主体的消警条件执行
4	盾构法	区间主体	盾构通过后,地表沉降收敛且连续 21d 平均沉降速率小于 0.1mm/d
		联络通道	参照矿山法区间附属结构的消警条件执行
		中间风井	结合施工工法参照明挖法或者盖挖法的消警条件执行
5	特殊工法		根据工法特点及结构分析确定消警条件

9.4.4 巡视预警的消警应同时具备下列两个条件:

- 1 导致发布巡视预警等级的因素已得到妥善处置。
- 2 周边环境、工程自身结构处于安全状态。

9.4.5 综合预警的消警应同时具备下列三个条件:

- 1 导致综合预警等级的监测数据预警已经消除。
- 2 导致综合预警等级的巡视预警已经消除。
- 3 导致综合预警等级的其他条件已经消除。

9.4.6 当风险处理措施实施结束,应由施工单位提出消警申请报告,并按照下列规定程序进行消警:

1 黄色综合预警的消警: 消警申请书面报告经监理、第三方监测单位审查后确定是否实施消警。

2 橙色综合预警的消警: 消警申请报告报监理单位初审,由监理单位召集并主持消警分析会,经建设、监理、设计、第三方监测等单位汇商后确定是否实施消警。

3 红色综合预警的消警: 消警申请报告报监理单位、第三方监测等单位初审,建设单位主管部门组织施工、设计、勘察、监理、第三方监测、风险管控或咨询等单位评估后确定是否实施消警。

9.4.7 监测数据预警、巡视预警、综合预警消警单位应在履行消警审批程序后，由建设单位、风险管控单位执行消警操作，并按不同预警级别发布消警信息。

9.4.8 消警后相应工程尚未完工，施工监测及第三方监测单位仍应按监测方案继续进行正常频率监测和巡视，直至工程完工且稳定。

9.4.9 涉及产权单位的建（构）筑物、管线、铁路、桥梁等周边环境预警消警后，各单位应继续关注监测数据、巡视对象的变化，确保安全。

9.4.10 消警后，应由设计单位重新设定相应的监测控制值和预警标准。若后续施工导致巡视预警、监测项目发生监测数据异常等情况，应再次预警。

10 运营期监测

10.1 一般规定

10.1.1 城市轨道交通线路结构修建完成后，建设单位应向运营单位移交线路结构施工期间的有关设计、施工和监测等资料。

10.1.2 城市轨道交通线路运营期间，应定期开展变形监测工作，为线路运营技术状况评定、线路养护计划和方案制定提供基础性资料。

10.1.3 在城市轨道交通保护区内进行下列作业的，作业单位应当按照有关规定制定安全防护方案，依法办理相关手续并对作业影响区域进行动态监测：

- 1 新建、改建、扩建或者拆除建（构）筑物；
- 2 挖掘、爆破、地基加固、打井、基坑施工、桩基础施工、钻探、灌浆、喷锚、地下顶进作业；
- 3 敷设或者搭架管线、吊装等架空作业；
- 4 取土、采石、采砂、疏浚河道；
- 5 大面积增加或者减少建（构）筑物载荷的活动；
- 6 电焊、气焊和使用明火等具有火灾危险作业。

10.1.4 城市轨道交通运营线路结构监测应制定监测方案，精心组织和实施监测，为运营线路结构的安全状态动态评价和安全运营及时提供准确、可靠的监测成果。

10.1.5 线路结构的运营监测方案应根据线路结构的现状，有针对性地进行编制，监测方案中宜包括施工期间延续的监测项目，并充分利用施工期间布设的监测点。

10.1.6 遇到下列情况时，应对相关区段的线路结构进行变形监测，并应制定专项监测方案：

- 1 地面沉降等不良地质作用对线路结构的安全有影响的区段；
- 2 存在湿陷性土等特殊岩土，且对线路结构的安全可能带来不利影响的区段；
- 3 因地基变形使线路结构产生不均匀沉降、裂缝的区段；
- 4 地震、堆载、卸载、列车振动等外力作用对线路结构或路基产生较大影响的区段；
- 5 既有线路保护区范围内有工程建设的区段；
- 6 采用新的施工技术、基础形式或设计方法的线路结构等。

10.1.7 城市轨道交通线路结构运营监测工作应定期提供运营监测报告，初步评定线路结构的技术状况，并提出监测结论和建议。

10.2 运营期监测项目及对象

10.2.1 城市轨道交通运营期间应对地下车站、地下区间、轨道、高架桥梁、路基和轨道开展定期监测与巡查工作。

1 地下车站监测对象宜包括车站主体结构以及风道（含风井）、出入口通道、换乘通道和出入口等附属结构。

2 地下区间监测对象宜包括隧道和 U 型槽等区间主体结构，以及联络通道、风井、泵站和迂回风道等附属结构。

3 高架桥梁监测对象包括桥梁上部结构、桥梁墩柱等。

10.2.2 城市轨道交通运营线路结构监测项目应根据地质条件、修建方式、线路结构自身特点等合理确定，并应反映线路结构的变化特征和安全状态，形成有效、完整的运营监测体系。

10.2.3 城市轨道交通运营线路结构监测内容应符合以下规定：

1 地下车站和地下区间应对主体结构和附属结构的竖向位移、净空收敛、裂缝、变形缝开合度以及盾构隧道椭圆度、错台、拼装缝开合度开展监测；

2 高架桥梁应对桥梁上部结构竖向位移、桥梁墩台竖向位移、墩柱倾斜和桥梁裂缝开展监测；

3 路基结构应对其竖向位移开展监测；

4 轨道结构应对轨距、轨向、高低、水平等轨道静态几何形位开展监测。

10.2.4 根据线路结构运营安全实际需要，可对线路上方地层开展地表竖向位移、土体深层水平位移、土体分层竖向位移及地下水位等监测。

10.2.5 城市轨道交通运营线结构变形监测时，应对线路结构病害、路基变形、轨道变形等开展现场巡查工作。

10.3 运营期监测方法

10.3.1 运营期间的线路结构变形监测工作应配备必要的监测仪器、检查工具或设备，进行仪器监测和现场巡查。

10.3.2 变形监测方法和要求应符合本标准第 7 章的相关规定。

10.3.3 重要地段的城市轨道交通线路结构监测宜采用远程自动化的监测方法。

10.3.4 附属设施、车辆基地的重要厂房等建（构）筑物的监测应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

10.3.5 运营期监测宜优先选用自动化监测方法，自动化监测系统应符合本标准第 10.5 节中的相关规定。

10.4 运营期监测要求

10.4.1 隧道、高架桥梁、路基的竖向位移、净空收敛监测点的布设应符合下列规定：

- 1 在直线段宜每 100m、曲线地段宜每 30m 布设 1 个监测点或监测断面，在直缓、缓圆、曲线中点、圆缓、缓直等部位应布设监测点；
- 2 道岔区宜在道岔理论中心、道岔前端、道岔后端、辙叉理论中心等结构部位各布设 1 个监测点，道岔前后的线路应加密监测点；
- 3 隧道结构的沉降缝和变形缝、车站与区间衔接处、区间与联络通道衔接处、附属结构与线路结构衔接处等，应布设监测点或监测断面；
- 4 隧道结构与高架桥梁、路基之间的过渡段应布设监测点或监测断面；
- 5 地下车站可在站台层纵向的 1/4、1/2 和 3/4 处各布设 1 个监测断面；
- 6 线路结构出现病害时，应根据实际情况布设监测点。

10.4.2 高架桥梁的每一桥墩均宜布设竖向位移监测点。

10.4.3 线路结构出现裂缝时，应选择有代表性的裂缝布设监测点。

10.4.4 轨道静态几何形位监测点应根据工务维修、养护要求等进行布设。

10.4.5 基准点的位置和数量应根据整条线路情况统筹考虑，利用施工期间布设的基准点时，应检查基准点的可靠性。

10.4.6 线路结构监测频率应符合下列规定：

- 1 线路结构试运行期间的监测频率宜每 1 个月~2 个月监测 1 次，当线路结构变形较大或地基承受的荷载发生较大变化时，应增加监测次数；
- 2 线路运营第一年内的监测频率宜每 3 个月监测 1 次，第二年宜每 6 个月监测 1 次，以后宜每年监测 1 次~2 次；
- 3 线路结构出现病害时，应根据实际情况提高监测频率。

10.5 自动化监测

10.5.1 城市轨道交通工程自动化监测系统应符合下列要求：

- 1 自动化监测系统应包括传感器、数据通信装置、中央控制装置、安全监测系统软件，以及其他配套设备。

2 应根据工程实际,采用成熟可靠的技术和设备,防止组建过程中造成平台纷杂和系统不协调。

3 数据处理软件应经专业检测单位测试,保证监测数据的准确性。

4 系统的建设应突出重点项目、重点部位。测点的布置应坚持少而精的原则。

5 各测项自动化监测成果精度应满足相应人工监测精度指标的要求。

6 监测仪器、设备安装不能侵界,并保护轨道交通结构范围内的既有设备。

10.5.2 自动化监测系统功能应满足下列要求:

1 应具备监测数据自动采集、传输以及信息管理与数据分析的自动化功能。

2 应具有高度可靠性和长期稳定性。硬件系统和软件系统符合城市轨道交通结构安全监测技术发展及计算机网络技术发展要求,系统应具有良好的开放性和兼容性。

3 具备自校或人工检校措施,用以验证监测数据是否真实可靠,保证监测数据的连续性。

4 具有较强的环境适应性和耐恶劣环境性,具备防雷、防潮、防锈蚀、防鼠、抗振、抗电磁干扰等性能,能够在潮湿、强电磁干扰条件下长期连续稳定运行。

5 应具有掉电保护和短期自动供电功能,在断电情况下能由备用电源自动供电,确保维持正常运行 48h 以上。

6 应具有现场网络数据通信和远程通信功能,具有开放的系统网络通用协议和传感器输入输出协议。

7 能够通过网络向相关工作人员及上级主管部门发送监测数据和有关轨道结构安全信息。

8 具有网络安全防护功能,由网络硬防火墙或软防火墙来确保网络的安全运行。

9 具有多级用户管理功能,设置有多级用户权限、多级安全密码,对系统进行有效的安全管理。

10.5.3 传感器功能应满足下列要求:

1 传感器技术指标应满足国家标准(尚无国家标准的传感器应满足行业或企业标准)的规定,具有生产计量器具许可证,并按计量法的有关要求经计量检定部门检定合格,有相应检定合格证书。

2 对于埋设的传感器,有相应的比对标准,依据标准每年进行比对,确定传感器有效。

3 传感器能够连续、准确、可靠地监测数据,在使用寿命期内适应工作环境,精度满

足技术规范的要求,能够长期稳定运行,受温度或其他因素影响的数据年漂移量满足产品标准的规定。

10.5.4 数据采集、传输与处理应满足下列要求:

1 系统的数据采集装置应能接入测量机器人、静力水准仪、激光测距仪、光纤等各类监测仪器(传感器),对接入的监测仪器进行精确测量,其综合准确度能够满足《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJ/T 202 的要求。

2 系统的数据采集装置能够以中央控制方式(应答式)按照中央控制装置(监控主机)指令进行选点、测量,或以自动控制方式(自报式)按设定的时间和方式进行自动数据采集。

3 系统的数据采集装置能够按要求将传感器采集的各种输出信号转换为测量数据,并将所测数据传送到系统的中央控制装置或其他微机。

4 系统中央控制装置能自动地对接收到的监测数据进行分类管理,存入各类数据库。

5 具有监测数据自动检验和报警功能,能对监测数据进行自动检验、判识,监测量超限、显示异常时能够实行检错、纠错处理,且能自动报警。

6 具有设备故障监测、报警功能,能对系统设备、电源、通信状态自动进行监测、检验,具有自诊断功能。

10.5.5 数据管理、分析软件功能应满足下列要求:

1 除自动采集数据自动入库外,还应具有人工输入数据功能,能够方便地输入未实施自动化监测的测点或因系统故障而用人工补测的数据。

2 具有对原始数据进行检验、计算,制作图形、报表等一系列日常监测管理功能。

3 能够为监测数据进行初步分析和异常值判识提供计算、检验和辅助服务。

4 可方便地制作或自动生成日常管理报表、图形,维护数据库,整编资料并制作整编图表.系统要有基于剖面或平面显示实时监测数据功能,图形可无级缩放。

5 可通过人机对话的方式方便地对数据进行查询、检索及编辑,能灵活显示、绘制和打印各种监测数据、图表、文档及图片。

6 具有轨道安全信息文档、图片管理功能,可以人机交互方式方便、快捷地查询、检索、输出各种安全管理档案。

7 具有必要的离线分析与评估功能,具备对监测资料进行定量分析所需的主要计算、检验、评价功能。

11 监测成果及信息反馈

11.1 监测成果

11.1.1 工程监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料及由文字、图表、照片等组成的各类监测报告。成果资料应完整、清晰、签字齐全。

11.1.2 每期变形监测结束后，应及时对监测资料进行整理、计算和分析，形成相应的监测报告。监测资料的整理应符合下列规定：

1 外业观测记录、现场巡查记录和记事项目应在现场直接记录于正式的表格中，内容应真实完整，不得涂改、伪造和转抄。

2 采用电子方式记录的数据，应完整存储在可靠的介质上并备份。

3 监测数据应有简要的工况描述。明挖和盖挖工程要求按开挖区段描述开挖深度、支撑等情况；暗挖工程要求有开挖面里程、进尺长度、支护等情况；盾构区间工程要求有刀盘切口里程、盾构中心埋深等情况。

4 对监测数据应及时按相关要求要求进行平差计算处理，并计算各种变形量和变形速率、绘制变形曲线图。当监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应到现场进行核对或复测。

5 变形监测的分析，除应对单独测项进行变形分析外，还应结合巡查情况、施工情况，进行多测项的综合分析，反映整体的安全状况。

6 监测报告应采用文字、表格、图形、照片等形式，表达直观、明确。监测成果报告格式应统一，应以名称、日期、编号等形式做出明显区分，并具有唯一性。

7 观测记录、巡查记录、计算资料和监测报告均应有相关责任人签字，成果报告应加盖技术成果章。

8 观测记录、巡查记录、计算资料和监测报告应进行归档。

11.1.3 监测报告根据监测时间段和报告的及时性可分为监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告。

11.1.4 监测日报宜包括下列内容：

1 工程施工概况：施工进度、风险状况等；

2 现场巡查信息：巡查照片、记录等；

3 监测项目日报表：仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的本次变化量、累计变化量、变化速率值、控制值等，可采用本标准附录 D 的样式；

4 监测点平面位置图；

5 监测数据、现场巡查信息的分析与说明；

6 结论与建议。

11.1.5 警情快报宜包括下列内容：

- 1 警情发生的时间、工点、部位；
- 2 警情级别、严重程度、施工工况等；
- 3 预警的测项、测点；
- 4 同断面或其周边其他测项、测点的数据情况；
- 5 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 6 监测数据图表：监测项目的累计变化量、变化速率值、监测点平面位置图；
- 7 警情原因初步分析；
- 8 警情处理措施建议。

11.1.6 阶段性报告宜包括下列内容：

- 1 工程施工概况：施工进度、风险状况等；
- 2 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 3 监测数据图表：监测项目的累计变化量、阶段变化量、控制值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图等；
- 4 监测数据、现场巡查信息的分析与说明；
- 5 结论与建议。

11.1.7 总结报告宜包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 监测技术依据与标准；
- 3 监测项目、监测点平面位置示意图及监测工程量；
- 4 采用的仪器设备型号、规格等资料；
- 5 现场监测、数据采集及分析；
- 6 现场巡查信息：现场巡查照片、记录等；
- 7 监测控制指标等资料；
- 8 监测数据图表：监测值、累计变化量、时程曲线图、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图等；
- 9 监测成果分析；
- 10 监测结论。

11.2 信息反馈

11.2.1 监测单位应及时处理、分析监测数据。监测数据宜纳入安全信息化管理系统，并由监测单位在完成每次监测后及时将数据上传安全信息化管理系统

11.2.2 监测单位应将监测成果定期报送至建设单位及监理单位的监测负责人。成果报送应及时、准确，保留相应报送记录，并符合以下要求：

1 正常情况下，施工监测单位应每日一报，每周、月末进行监测阶段总结报告，第三方监测单位每周一报，每月末进行监测阶段报告。紧急情况下应采用快报形式及时上报。

2 采用安全风险信息化平台管理的，监测报告可每月一报，紧急情况下仍须采用快报形式及时上报。

3 监测工作结束后，应向建设单位提交监测工作总结报告及相应的成果资料。

11.2.3 当监测数据达到预警标准时，监测实施单位应及时报送警情快报或通过安全信息化管理平台自动发布，同时应按相应流程采用电话、短信等方式，通知相关单位及负责人。

12 监测成果及信息反馈

12.0.1 建设单位应统筹管理城市轨道交通工程监测工作，组织各参建单位制定监测工作管理制度。各参建单位应按规定要求履行各自的监测工作职责。

12.0.2 监测单位应具备相应资质，配备与工程规模相适应的监测专业技术人员，并应对相关操作人员进行监测方案交底和安全技术交底。

12.0.3 施工单位应自行或委托具有相应资质的监测单位开展工程施工监测。对于其委托监测单位完成的监测工作，施工单位应全面负责并承担相应责任。

12.0.4 施工监测单位应履行下列监测职责：

- 1 制定施工监测方案，并按监测方案开展施工监测工作。
- 2 按施工监测方案埋设现场监测点、安装监测元器件，进行统一编号和清晰标识并采取相应的保护措施。
- 3 及时整理、分析评价施工监测数据和安全巡视信息，及时将施工监测成果反馈给监理单位 and 设计单位。
- 4 根据施工监测数据和巡视信息，对工程安全状态进行评价。
- 5 发现达到预警状态时，应按预警管理制度及施工监测方案要求进行响应，及时向相关单位报告，并采取必要的应急处置措施。

12.0.5 建设单位应在工程开工前委托具有相应资质并符合规定要求的监测单位进行第三方监测，应在委托合同中明确其工作内容和职责权限，并书面通知各相关单位。

12.0.6 第三方监测单位应独立开展监测工作，履行下列监测职责：

- 1 制定第三方监测方案，并按监测方案开展第三方监测工作。
- 2 按第三方监测方案埋设现场监测点、安装监测元器件，进行统一编号和清晰标识并采取相应的保护措施。第三方监测共用施工监测点时，应对施工监测点的埋设质量及布设数量进行检查、验收。
- 3 对施工监测单位读取的各监测点初始值进行检查并确认。
- 4 应及时处理监测数据和安全巡视信息，对工程安全状况进行评价并编制第三方监测日报、周报、月报，及时反馈给建设单位、监理单位以及合同约定的其他单位。
- 5 发现达到预警状态时，应按预警管理制度和第三方监测方案进行响应，并及时反馈给施工单位、建设单位、监理单位 and 设计单位，并根据需要采取相应措施。

6 配合建设单位做好风险事故的处置工作，提出风险防范技术措施。

12.0.7 第三方监测单位的监测点设置、监测频率宜按下列要求执行：

1 第三方监测单位与施工监测单位关于地面竖向位移、水平位移监测点宜部分共用，其监测点共用率不宜少于 50%，其余测项的监测点宜共用。共用部分与不共用部分的监测点(或断面)宜错开、间隔布设。第三方监测单位负责对全部监测点进行统一编号。

2 对不共用部分的监测点，第三方监测单位应按本标准要求的监测频率进行监测。对共用部分的监测点，第三方监测单位抽查率不应低于 30%，且监测频率不应少于施工监测的 30%。

3 对重要工程周边环境及关键工程结构部位，第三方监测宜与施工监测单位同点位、同频率监测。

4 对重大工程、现场出现异常或已发生风险事故的工程，第三方监测单位应对该区域的全部监测点进行监测，监测频率不应低于施工监测频率。

12.0.8 承担同一条线路监测工作的各施工监测单位与第三方监测单位不应为同一个单位或有隶属关系。

12.0.9 监理单位应按国家标准、规范、工程设计要求及工程施工工法等编制监理监测实施细则。

12.0.10 监理单位应按相关规定及合同约定，履行下列监理职责：

1 核查施工监测单位和第三方监测单位的资质、人员配备情况、使用仪器设备的型号及标定情况。

2 审查施工监测方案、第三方监测方案。

3 检查监测点的埋设、编号、标识和保护情况，组织开展监测点验收。

4 对施工监测和第三方监测情况进行巡视、旁站及监管。

5 比对分析施工监测和第三方监测的数据及安全巡视信息，对监测工作质量、工程安全状态进行评价，比对发现异常时应分析原因并采取相应处置措施。

6 审核预警、报警信息，并及时向有关单位报告。

12.0.11 监理单位在实施监理过程中，发现监测单位未落实监测方案及管理制度要求，应签发监理通知单，要求监测单位整改；情况严重的，应及时报告建设单位及质量安全监督机构。

附录 A 监测项目代号和图例

A.0.1 监测项目代号和图例应具有唯一性。

A.0.2 工程监测断面、监测点编号应结合监测项目及其图例，按工点统一编制。监测点编号应符合下列规定：

- 1 监测点编号组成格式宜由监测项目代号与监测点序列号共同组成；
- 2 监测项目代号宜采用大写英文字母的形式表示；
- 3 监测点序列号宜采用阿拉伯数字并按一定的顺序或方向进行编号。

A.0.3 支护结构监测项目代号和图例应符合表 A.0.3-1~A.0.3-4 的规定。

表 A.0.3-1 明(盖)挖法及竖井施工支护结构监测项目代号和图例

监测项目	项目编号	图形符号	编号示例
桩（墙）、边坡顶部水平位移	ZQS		例：ZQS01、ZQC01、ZQT01、 TS01、LZC01 “01”表示测点编号
桩（墙）、边坡顶部竖向位移	ZQC		
桩（墙）体水平位移	ZQT		
土体水平位移	TS		
立柱结构竖向位移	LZC		
立柱结构水平位移	LZS		
锚杆拉力	MSL		例：MSL01-01 前面“01”表示测点断面编号， 后面“-01”表示断面上测点编号。
土钉拉力	TDL		
支护桩（墙）结构应力	ZQL		
立柱结构应力	LZL		
顶板应力	DBL		
支撑轴力	ZCL		例：ZCL01-01 前面“01”表示测点断面编号， 后面“-01”表示断面上测点编号。
竖井井壁支护结构净空收敛	SJJ		

表 A.0.3-2 车站周边环境及周围岩土体监测项目编号和图形符号表

监测项目	项目编号	图形符号	编号示例
建（构）筑物沉降	JCJ		
建（构）筑物水平	JSJ		
轨道静态几何形位 (轨距、轨向、高低、水平)	GDX		
建（构）筑物倾斜	QX		例: JCJ01-01
建（构）筑物裂缝	JGF		前面“01”表示建（构）筑物编号，后面“-01”表示该建（构筑物）上测点编号。
地下管线竖向位移	GXC		例: GXC01-01，前面“01”表示地下管线编号，后面“-01”表示该管线上测点编号。
地下管线水平位移	GXS		
路面、路基沉降、地表沉降	DB		例: 车站 DB01-01，前面“01”表示测点断面编号，后面“-01”表示断面上测点编号。区间: DB1030-01，“1030”表示里程K1+030 处断面，“-01”表示该断面上编号。
土体分层竖向位移	TCC		例: TCC01 “01”表示测点编号
坑底隆起	KDC		
支护桩（墙）侧向土压力、管片围岩压力、围岩压力	WTC		
地下水位	DSW		
孔隙水压力	KSL		
桥梁梁板应力	LBL		
爆破振动	BPZ		

表 A.0.3-3 盾构法支护结构监测项目编号和图形符号表

监测项目	项目编号	图形符号	编号示例
管片结构竖向位移	GGC	↓	例：GGC1030-1、 GGC1030-2 “1030”表示里程 K1+030 处断面，“-1” 表示左线，“-2”表示右线
管片结构水平位移	GGS	↺	
管片结构净空收敛	GGJ	▷--◁	
管片结构应力	GGL	□	

表 A.0.3-4 矿山(暗挖)法支护结构监测项目编号和图形符号表

监测项目	项目编号	图形符号	编号示例
初期支护结构拱顶沉降	KGD	↓	例：KGD1030-1、 KGD1030-2 “1030”表示里程 K1+030 处断面，“-1” 表示左线，“-2”表示右线
初期支护结构底板竖向位移	DBS	↑	
初期支护结构净空收敛	KJK	▷---◁	
中柱结构竖向位移、倾斜	ZZC	⊕	
中柱结构应力	ZNL	□	
初期支护结构、二次衬砌应力	ZHL	■	

B.0.3 混凝土水准基点（工作基点）标石宜按图 B.0.3 所示埋设。

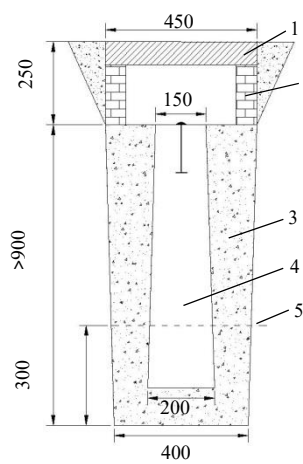


图 B.0.3 混凝土水准基点（工作基点）标石（单位：mm）

1—盖；2—砖；3—混凝土；4—标石；5—冻土线

B.0.4 平面基准点标石宜按图 B.0.4 所示埋设。

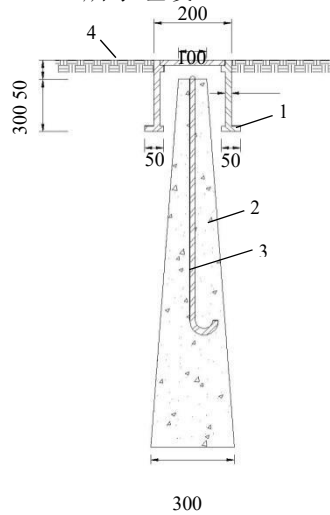


图 B.0.4 平面基准点标石（单位：mm）

1—保护井；2—混凝土底座；3— $\varnothing 25$ 钢筋；4—地面

B.0.5 平面基准点（工作基点）观测墩宜按图 B.0.5 所示埋设。

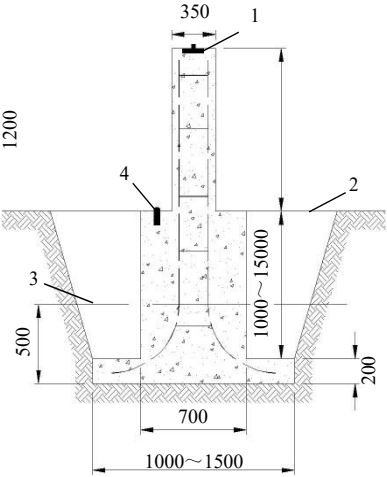


图 B.0.5 平面基准点（工作基点）观测墩（单位：mm）

1—强制对中标志；2—地坪；3—冻土线；4—水准标志

B.0.6 地表竖向位移监测点宜按图 B.0.6 所示埋设。

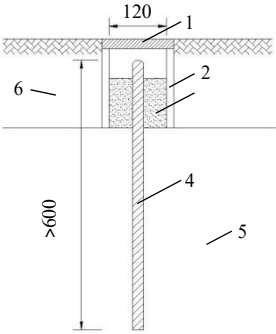


图 B.0.6 地表竖向位移监测点（单位：mm）

1—保护盖；2—保护套；3—砂土；
4— $\phi 18$ 螺纹钢；5—原状土层；6—半刚性地面

8.0.7 建（构）筑物竖向位移监测点宜按图 B.0.7 所示埋设。

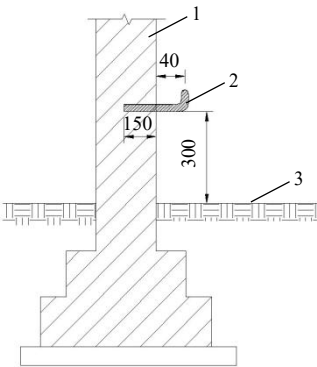


图 8.0.7 建（构）筑物竖向位移监测点（单位：mm）

1—墙体或柱体；2— $\phi 20$ 螺纹钢；3—地面

B.0.8 地下管线位移杆式监测点宜按图 B.0.8 所示埋设。

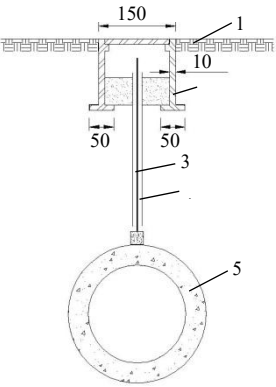


图 B.0.8 地下管线位移杆式监测点 (单位: mm)

1—地面; 2—保护井; 3—测杆; 4—保护管; 5—管线

B.0.9 地下管线管侧土体监测点宜按图 B.0.9 所示埋设。

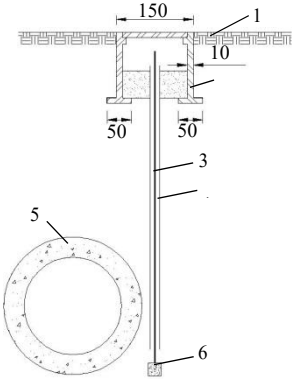


图 B.0.9 地下管线管侧土体监测点 (单位: mm)

1—地面; 2—保护井; 3—测杆; 4—保护管; 5—管线; 6—混凝土块

B.0.10 路基竖向位移监测点宜按图 B.0.10 所示埋设。

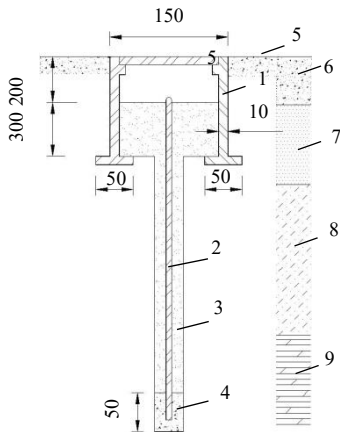


图 B.0.10 路基竖向位移监测点 (单位: mm)

1—保护井; 2— $\phi 20$ 螺纹钢标志; 3—钻孔回填细砂; 4—底端混凝土;
5—路面; 6—面层; 7—基层; 8—垫层; 9—原状土

B.0.11 土体分层竖向位移监测点宜按图 B.0.11 所示埋设。

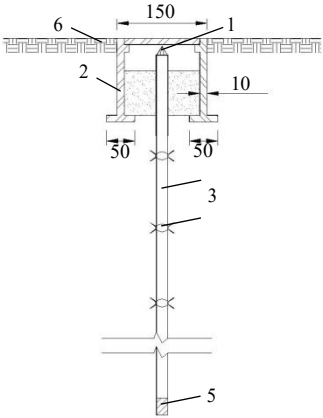


图 B.0.11 土体分层竖向位移监测点（单位：mm）

1—分层沉降管保护盖；2—保护井；3—分层沉降管；
4—磁环；5—分层沉降管底端封堵；6—地面

B.0.12 支护桩（墙）顶部水平位移监测点宜按图 B.0.12 所示埋设。

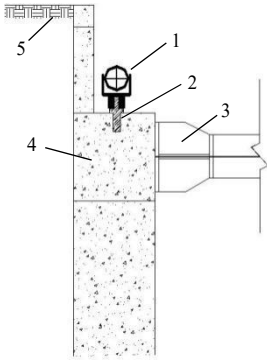


图 B.0.12 支护桩（墙）顶部水平位移监测点

1—测量装置；2—监测标志；3—支撑；4—冠梁；5—地面

B.0.13 基坑边坡顶部水平位移监测点宜按图 B.0.13 所示埋设。

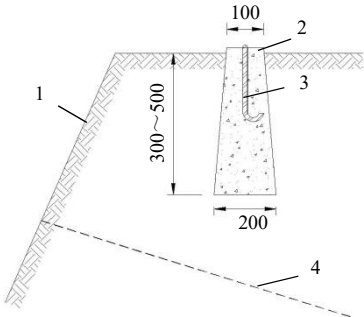


图 B.0.13 基坑边坡顶部水平位移监测点（单位：mm）

1—基坑边坡；2—混凝土标石；3— $\phi 20$ 螺纹钢；4—锚杆或土钉

B.0.14 支护墙体水平位移监测点宜按图 B.0.14 所示埋设。

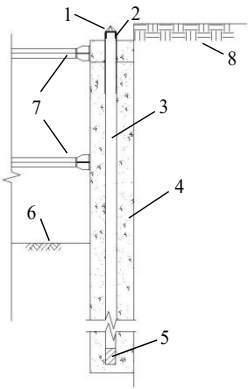


图 B.0.14 支护墙体水平位移监测点

- 1—测斜管保护盖；2—钢套管；3—测斜管；4—支护桩（墙）体；
5—测斜管底封堵端；6—基坑底部；7—支撑；8—地面

附录 C 现场巡查报表

C.0.1 明挖法和盖挖法的基坑现场巡查报表可按表 C.0.1 执行。

表 C.0.1 明挖法和盖挖法的基坑现场巡查报表

天气:

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工工况	开挖长度、分层高度及坡度，开挖面暴露时间		
	开挖面岩土的类型、特征、自稳性，渗漏水量大小及发展情况		
	降水、回灌等地下水控制效果及设施运转情况		
	基坑侧壁及周边地表截、排水措施及效果，坑边或基底有无积水		
	支护桩（墙）后土体有无裂缝、明显沉陷，基坑侧壁或基底有无涌土、流砂、管涌		
	基坑周边有无超载		
	放坡开挖的基坑边坡有无位移、坡面有无开裂		
	其他		
支护结构	支护桩（墙）有无裂缝、侵限情况		
	冠梁、围檩的连续性，围檩与桩（墙）之间的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施		
	冠梁、围檩、支撑有无过大变形或裂缝		
	支撑是否及时架设		
	盖挖法顶板有无明显变形和开裂，顶板与立柱、墙体的连续情况		
	锚杆、土钉垫板有无明显变形、松动		
	止水幕墙有无开裂、较严重渗漏水		
	其他		
周边环境	建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施能否正常使用		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水漏气情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等		
	工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其他生产活动		
	其他		
监测设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	其他		

监测单位:

C.0.2 盾构法隧道现场巡查报表可按表 C.0.2 执行。

表 C.0.2 盾构法隧道现场巡查报表

报表编号:

天气:

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工 工况	盾构始发端、接收端土体加固情况		
	盾构掘进位置（环号）		
	盾构停机、开仓等的时间和位置		
	联络通道开洞口情况		
	其他		
管片 变形	管片破损、开裂、错台情况		
	管片渗漏水情况		
	其他		
周边 环境	建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构 等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小 和数量，设施能否正常使用		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气 情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、 范围等情况		
	河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现漩涡、气泡 及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展 趋势等		
	工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其 他生产活动		
	其他		
监测 设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	其他		

监测负责人:

监测单位:

C.0.3 矿山法隧道现场巡查报表可按表 C.0.3 执行。

表 C.0.3 矿山法隧道现场巡查报表

报表编号:

天气:

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工 工况	开挖步序、步长、核心土尺寸等情况		
	开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，地下水渗漏 及发展情况		
	开挖面岩土体有无坍塌及坍塌的位置、规模		
	降水或止水等地下水控制效果及降水设备运转情况		
	其他		

续表 C.0.3

分类	巡查内容	巡查结果	备注
支护结构	超前支护施作情况及效果、钢拱架架设、挂网及喷射混凝土的及时性、连接板的连接及锁脚锚杆的打设情况		
	初期支护结构渗漏水情况		
	初期支护结构开裂、剥离、掉块情况		
	临时支撑结构有无明显变位		
	二衬结构施作时临时支撑结构分段拆除情况		
	初期支护结构背后回填注浆的及时性		
	其他		
周边环境	建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等裂缝位置、数量和宽度,混凝土剥落位置、大小和数量,设施能否正常使用		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现旋涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等		
	工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其他生产活动		
	其他		
监测设施	基准点、监测点的完好状况,保护情况		
	监测元器件的完好情况、保护情况		
	其他		

现场巡查人：

监测负责人：

监测单位：

附录 D 监测日报表

D.0.1 水平位移监测日报表可按表 D.0.1 执行。

表D.0.1 水平位移监测日报表

监测工程名称：

报表编号：

监测时间： 年 月 日 时

天气：

仪器型号：			仪器出厂编号：			检定日期：			
监测点号	测点位置	偏移方向	初始 测量值(m)	上次 测量值(m)	本次 测量值(m)	本次 变化量(mm)	累计 变化量(mm)	变化速率(mm/d)	备注
测点变化时程曲线图									
监测结论及建议：									
备注：+为基坑内偏移，-为基坑外偏移						控制值：			

现场监测人：

计算人：

校核人： 监测单位：

D.0.2 竖向位移监测日报表可按表 D.0.2 执行。

表D.0.2 竖向位移监测日报表

监测工程名称： 报表编号：

监测时间： 年 月 日 时 天气：

仪器型号：		仪器出厂编号：			检定日期：			
监测点号	测点位置	初始测量值(m)	上次测量值(m)	本次测量值(m)	本次变化量(mm)	累计变化量(mm)	变化速率(mm/d)	备注
测点变化时程曲线图								
监测结论及建议：								
备注：+为隆起，-为下沉					控制值：			

现场监测人： 计算人： 校核人： 监测单位：

D.0.3 管线竖向位移监测日报表可按表 D.0.3 执行。

表D.0.3 管线竖向位移监测日报表

监测工程名称： 报表编号：

监测时间： 年 月 日 时 天气：

仪器型号：			仪器出厂编号：			检定日期：			
监测点号	测点位置	管线属性	初始测量值(m)	上次测量值(m)	本次测量值(m)	本次变化量(mm)	累计变化量(mm)	变化速率(mm/d)	备注
测点变化时程曲线图									
监测结论及建议：									
备注：+为隆起，-为下沉						控制值：			

现场监测人： 计算人： 校核人： 监测单位：

D.0.4 桩（土）体水平位移监测日报表可按表 D.0.4 执行。

表D.0.4 桩（土）体水平位移监测日报表

监测工程名称： 报表编号：
监测时间： 年 月 日 时 天气：

监测点号及位置					
仪器型号：		仪器出厂编号：		检定日期：	
深度 (m)	上次 累计变化量 (mm)	本次 累计变化量 (mm)	本次 变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	时程曲线图
监测结论及建议：					
备注：+为基坑内偏移，-为基坑外偏移				控制值：	

现场监测人： 计算人： 校核人： 监测单位：

D.0.5 轴力（锚索）监测日报表可按表 D.0.5 执行。

表D.0.5_____轴力（锚索）监测日报表

监测工程名称： 报表编号：

监测时间： 年 月 日 时 天气：

仪器型号：		仪器出厂编号：				检定日期：			
监测点号	测点位置	初始 测量值(kN)	上次 测量值(kN)	本次 测量值(kN)	本次 变化量(kN)	累计 变化量(kN)	变化速率(kN/d)	控制值(kN)	备注
测点变化时程曲线图									
监测结论及建议：									
备注：+为压力，-为拉力									

现场监测人： 计算人： 校核人： 监测单位：

D.0.6 收敛监测日报表可按表 D.0.6 执行。

表D.0.6_____收敛监测日报表

监测工程名称： 报表编号：

监测时间： 年 月 日 时 天气：

仪器型号：		仪器出厂编号：			检定日期：			
监测点号	测点位置	初始 测量值(m)	上次 测量值(m)	本次 测量值(m)	本次 变化量(mm)	累计 变化量(mm)	变化速率(mm/d)	备注
测点变化时程曲线图								
监测结论及建议：								
备注：+为外张，-为内收					控制值：			

现场监测人： 计算人： 校核人： 监测单位：

D.0.7 水位监测日报表可按表 D.0.7 执行。

表D.0.7_____水位监测日报表

监测工程名称： 报表编号：

监测时间： 年 月 日 时 天气：

仪器型号：		仪器出厂编号：		检定日期：				
监测 点号	测点 位置	初始 测量 值(m)	上次 测量 值(m)	本次 测量 值(m)	本次 变化 量(mm)	累计 变化 量(mm)	变化速率 (mm/d)	备注
测点变化时程曲线图								
监测结论及建议：								
备注：+为上涨，-为下降					控制值：			

现场监测人： 计算人： 校核人： 监测单位：

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、规范执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定（要求）”。

引用标准名录

- 1 《工程测量标准》 GB 50026
- 2 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 3 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 4 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 5 《城市轨道交通工程测量规范》 GB/T 50308
- 6 《国家一、二等水准测量规范》 GB/T 12897
- 7 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 8 《城市桥梁养护技术标准》 CJJ 99
- 9 《公路水泥混凝土路面养护技术规范》 JTJ 073.1
- 10 《公路沥青路面养护技术规范》 JTG 5142
- 11 《地铁设计规范》 GB 50157
- 12 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》 CJJ/T 202
- 13 《铁路轨道工程施工质量验收标准》 TB 10413
- 14 《公路隧道施工技术规范》 JTG F60
- 15 《盾构法隧道施工及验收规范》 GB 50446

湖南省工程建设标准

湖南省城市轨道交通工程监测技术标准

DBJ 43/Txxx-2022

条文说明

制定说明

《湖南省城市轨道交通工程监测技术标准》DBJ 43/Txxx-2022，湖南省住房和城乡建设厅 2022 年 xx 月 xx 日以第 xx 号公告批准、发布。

为便于有关人员在使用本标准时能正确理解和执行有关条文规定，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、依据以及执行中需要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条文规定的参考。

目 次

1	总 则	102
3	基本规定	104
4	监测范围及监测等级划分	107
4.1	工程影响分区及监测范围	107
4.2	监测等级划分	107
5	监测项目及要求	109
5.1	一般规定	109
5.2	仪器监测项目	110
5.3	现场巡查项目	112
5.4	远程视频监控	113
6	监测点布设	114
6.1	一般规定	114
6.2	明挖法和盖挖法基坑	114
6.3	盾构法隧道	116
6.4	矿山法隧道及矿山法车站	116
6.5	高架线路	117
6.6	周边环境	117
7	监测方法及技术要求	120
7.1	一般规定	120
7.2	竖向位移监测	121
7.3	土体分层竖向位移监测	121
7.4	水平位移监测	122
7.5	深层水平位移监测	122
7.6	倾斜监测	123
7.7	裂缝监测	123
7.8	净空收敛监测	124
7.9	地下水位监测	124

7.10	孔隙水压力监测	125
7.12	爆破振动监测	125
7.13	岩土压力监测	125
7.14	轴力监测	125
7.15	应力监测	126
7.16	现场巡查	126
7.17	远程视频监控	126
8	监测频率	128
8.1	一般规定	128
8.2	仪器监测频率要求	128
9	监测项目控制值、预警及消警	131
9.1	一般规定	131
9.2	监测项目控制值	132
9.3	预警	134
9.4	消警	135
10	运营期监测	136
10.1	一般规定	136
10.2	运营期监测项目及对象	136
10.3	运营期监测方法	136
10.5	自动化监测	137
11	监测成果及信息反馈	138
11.1	一般规定	138
11.2	信息反馈	139
12	监测工作管理	140

1 总 则

1.0.1 在城市轨道交通工程的施工中，由于开挖基坑较深、隧道间相互交叉、隧道与其他地下构筑物穿插重叠、施工场地狭小、环境复杂、施工期较长等原因，在施工过程中存在着较大的安全隐患，可能引发的事故种类繁多，如施工区域沉降、塌陷，导致路面产生裂缝，邻近建筑物倾斜，地下通讯线路、供水供电线路、煤气管道等开裂破坏，严重时甚至影响居民的日常生活和生命安全。

在轨道交通工程施工期间对线路结构工程及施工沿线周围重要的地下、地面建（构）筑物、地面道路等实施变形、内力等方面的监测，为建设、监理、设计、施工等单位提供及时、可靠的信息用以评定轨道交通工程在施工期间的安全性及施工对周边环境的影响，并对可能发生的危及施工、周边环境安全的隐患或事故进行及时、准确的预报，以便及时采取有效措施消除隐患，避免事故的发生。

在轨道交通运营期间，为确保轨道交通线路结构的安全稳定，保证运营的安全，对线路及重要的附属结构等进行定期监测以及保护区内其他施工作业对线路结构的影响进行监测也非常必要。

目前，我省建设行业尚未编制有关城市轨道交通工程监测的技术标准，长沙市是我省首个建设城市轨道交通（地铁）的城市，在施工监测中主要应用国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 和《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 等。为使我省轨道交通工程施工建设中的监测有一套统一的标准，更具针对性和操作性，对轨道交通工程建设、监测管理发挥规范、引导和约束作用，做到安全适用、技术先进、经济合理、保证质量，推动我省轨道交通工程建设的发展与进步，填补我省在轨道交通工程监测领域的一项空白，制定本标准。

1.0.2 本标准是在分析和总结长沙市城市轨道交通工程监测成果与经验，以及运营线路和保护区监测成果和管理经验的基础上，借鉴其他类似区域城市轨道交通工程监测工作经验，参照《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 以及相关标准、技术文件编制而成，本标准适用于湖南省城市轨道交通新建、改建、扩建工程施工期间及线路运营期间的监测设计与实施等工作。

1.0.3 城市轨道交通工程是高风险工程，不同的设计方案、地质条件、环境条件，给工程带来的风险也不同。湖南省地貌复杂多样，地质情况也复杂多变，监测单位在制定监测方案时，需要综合考虑工程的风险特点，充分收集水文气象资料、岩土工程勘察资料、周边环境调查报告、安全风险评估报告、设计文件和施工方案等相关资料，并进行现场踏勘，制定有针对性的监测方案。

监测成果是判定监测对象的安全状态、预测发展趋势、控制施工影响、优化施工方案和

设计方案的重要依据，因此，监测过程中，应严格执行监测方案，提供及时、可靠的监测成果。

1.0.4 城市轨道交通工程监测工作涉及测量、岩土工程、结构工程等多门学科与技术，国家现行的标准中对轨道交通工程监测及基坑和隧道工程的监测也有很多规定，因此，在应用本标准时，还应遵守其他相关标准的要求。

3 基本规定

3.0.1 城市轨道交通工程在施工过程中容易发生支护结构失稳、周围岩土体坍塌及周边建（构）筑物、地下管线变形过大或破坏等安全风险事件，因此，在地下工程施工过程中开展监测工作对安全风险事件的预防预报和控制安全事件的发生具有十分重要的意义。

城市轨道交通在运营期间，由于城市地质条件或线路保护区内施工等的影响，使线路结构出现变形、变化，出现沉降、差异沉降、隧道结构开裂、渗水等现象，影响运行安全，因此，在运营期间开展定期的结构监测及对在保护区内作业的影响进行动态监测，对及时发现线路结构变形、保证线路运营安全具有十分重要的意义。

城市轨道交通工程支护结构包括工程自身结构及工程施工期间为保障施工安全进行的临时支挡、加固体系，如基坑支护体系的支护桩（墙）、立柱、支撑、锚杆、锚索、土钉等结构，隧道支护体系的初期支护、临时支护和二次衬砌等结构。周边岩土体包括基坑、隧道工程影响范围内的岩体、土体、地下水等工程地质和水文地质条件等。周边环境包括轨道交通工程施工影响范围内的既有建（构）筑物、交通设施、地下管线、市政设施以及河流湖泊等等。

3.0.2 城市轨道交通工程施工期间的监测工作分为施工监测及第三方监测。在施工期间，除了施工单位的监测，还要委托独立的第三方进行监测。根据《城市轨道交通工程安全质量暂行办法》（建质[2010]5 号）要求，建设单位应当委托工程监测单位进行第三方监测，从事城市轨道交通工程第三方监测业务的工程监测单位应具有相应资质。

施工监测是由施工单位自行监测或委托具有相应资质的监测单位实施监测，是施工的组成部分，贯穿于整个施工期间，是按照施工图设计文件、施工组织设计及标准规范等要求，对工程支护结构、主体结构、围岩、地下水、周边环境等进行监测。

第三方监测是受建设单位委托，独立于施工、监理之外的第三方单位进行监测，具有“独立、客观、公正”等特点。第三方监测应按照合同及标准规范要求，对工程支护结构、主体结构的关键部位及重要的周边环境等进行监测。

3.0.3 监测项目的选择及监测点的布设是开展监测工作的基础，是风险控制的关键，应能真实反映工程支护结构、周围岩土体和周边环境安全状态的变化情况。城市轨道交通工程建设是在复杂的城市环境和地质条件下进行，工程支护结构、周围岩土体和周边环境对象相

互影响、相互制约，是一个密切相关的复杂系统。工程中不同的监测对象、不同的监测项目之间存在着必然的、内在的关联性，某一单选的监测结果往往不能反映工程的整体情况，必须形成一个完整的、有效的、与设计施工相适应的监测体系，综合选取重点部位、关键项目开展监测工作，达到既能控制风险又经济合理的目的。

3.0.4 城市轨道交通工程的设计单位最了解施工过程中各种工况下支护体系的受力、变形情况，以及对周边环境的影响，因此设计单位就监测提出的技术要求，能够更好地把握住关键点，使监测工作做到有的放矢，既真实的反映工程的实际状况，又能抓住重点，避免不必要的投入。

3.0.5 城市轨道交通工程的监测是以施工监测为主导，贯穿于整个施工期间。施工单位应配置专业的监测人员和设备，按照设计文件和施工合同要求，制定监测方案、布置监测点，按监测频率开展监测工作。第三方监测是对施工监测的监督、对比和检验，其工作量可根据当地工程风险特点和建设管理要求，在施工监测工作量的基础上选择确定。目前，全国各地轨道交通第三方监测的工作量差异较大。有些城市采用与施工监测测点、测项相同，监测频率不同的方式；有些城市采用监测频率与施工监测相同，对重要测项、重点部位进行抽测的方式。综合各地第三方监测的工作量，大部分为施工监测工作量的 $1/3 \sim 2/3$ ，并与施工监测同点同测，以达到验证施工监测和控制重大工程风险的目的。

3.0.7 监测单位在制定监测方案时，应尽可能的了解和收集有关技术资料 and 监测背景资料，特别是设计文件中对监测项目和预警值的要求以及设计施工方案等，同时应进行现场踏勘，做到监测方案针对性强、可操作性强。

3.0.8 监测方案是监测单位开展监测工作的重要技术依据和文件，本条列举了监测方案制定应包括的主要内容，以规范监测方案的制定，保证监测工程质量。

3.0.10、3.0.11 施工单位应当按照设计要求和工程实际需要制定施工监测方案，监测方案需经第三方监测单位、监理单位认可，并应按规定要求组织专家进行论证。第三方监测单位应当根据设计文件、规范、监测合同及有关资料制定第三方监测方案，监测方案应由建设单位组织勘察单位、设计单位、监理单位及有关专家进行论证，经建设单位批准后实施。

监测单位应严格按照审定后的监测方案对城市轨道交通工程进行监测，不得任意减少监测项目、测点数量、监测频率。如有客观原因需要对监测方案进行调整时，应向建设单位提出申请，由建设单位组织设计、监理、监测及相关方研究调整，并经审批后实施。

关于对监测方案进行论证应遵循相关管理规定以及现行相关标准规范的规定。《建筑深基坑工程施工安全技术规范》JGJ 311-2013 中规定，施工安全等级为一级的基坑工程应进行

基坑安全监测方案的专家评审；住建部发布的《城市轨道交通工程建设安全生产标准化管理技术指南》中提出，监测方案应分为总体控制方案和工点实施方案，总体控制方案应在工程开工前完成专家论证，各工点实施方案应根据工程实施进度分阶段完成专家论证。

3.0.12 仪器监测是获取监测对象位移或应力应变数据变化的常规手段，但由于测点布设位置、数量、监测频率等原因，有时难以及时、全面的反映监测对象的状态变化，现场巡查较常规的仪器监测能更迅速的发现问题和采取措施，是对仪器监测有效的补充，是工程监测的重要组成部分。远程视频监控具有动态、直观等特点，可实时掌控工程的施工进度、施工质量和环境变化，对监控重大工程风险部位的安全状态和防止重大事故的发生具有重要的意义。自动化监测具有监测数据自动采集和传输、实时性强、全天候、受环境影响小、自动预警等特点，尤其适用于既有线路监测、运营监测和安全风险较大的关键部位等传统仪器监测难以实施的情况。

3.0.13 监测仪器设备、元器件的可靠性和准确性对于保障监测成果的质量具有十分重要的意义，因此，用于监测的仪器设备，应经法定计量检定机构检定合格，并在有效期内使用。有些仪器设备（如全站仪、水准仪等）即使在检定有效期内，由于搬运震动等原因，也可能导致仪器设备的部分指标发生变化，导致监测精度达不到要求，因此在监测作业时，应根据实际情况定期对仪器进行检查校正。监测元器件在使用前应进行标定，验证传感器是否灵敏、实际值和理论值（出厂参数）的偏差是否满足要求等。监测作业人员应具备相应的能力和资格，并经培训合格后上岗。

3.0.14 城市轨道交通工程建设过程出现风险事件时，为分析、处理及控制风险事件，应开展应急抢险监测工作，提供更及时、全面的监测数据。应急抢险监测应根据现场风险发生的实际情况，针对风险事件控制要求在原监测方案的基础上补充监测项目或监测点，并加密监测频率。当采用人工监测不能满足实际需要或存在现场监测作业人员的人身安全问题时可采用远程自动化实时监测。

3.0.15 监测信息反馈是工程信息化施工的关键步骤，是指导设计、施工的重要信息来源，也是工程监测的重要环节。监测单位应及时处理、分析监测数据，应在完成每次监测工作后及时把数据反馈给建设、监理、设计、施工等相关单位，尤其当出现异常情况和警情发生时，应迅速上报相关单位，立即采取措施，防止事故的发生。

4 监测范围及监测等级划分

4.1 工程影响分区及监测范围

4.1.1 现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 中引入了工程影响分区概念,根据施工范围内受施工影响程度的不同,从基坑、隧道外侧由近及远依次划分为主要影响区、次要影响区和可能影响区,本标准沿用其定义。

4.1.2 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 中,主要影响区、次要影响区和可能影响区以 $0.7H$ 或 $H \cdot \tan(45^\circ - \varphi/2)$ 和 $(2.0 \sim 3.0)H$ 作为分界点。

4.1.3 关于隧道工程影响分区,本标准引用了《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013 中第 3.2.3 条规定,采用隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式预测的方式,划分不同影响区域。

4.1.4 周边环境与地下工程的空间位置与其受影响程度密切相关,越邻近的受影响程度越大。同时地下工程的埋深、尺寸、施工工法、支护形式、工程地质条件的不同,对周边环境的影响程度和影响范围也不相同。确定监测范围时,应进行综合考虑,当遇到本条所列情况时,应根据具体的工程地质和水文地质条件,对监测范围进行调整。

4.1.5 工程自身、周围岩土体与周边环境具有相互作用、相互影响的关系,基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸的大小,支护结构形式的强弱,及地质条件复杂程度的不同,对周边环境的影响程度和影响范围是不同的。同时,周边环境受工程施工的影响程度与其和工程之间的空间位置关系密切相关,越邻近工程的周边环境受影响程度越大。复杂的周边环境对工程安全性也会产生较大影响,对工程支护结构设计及施工措施的要求更加严格。监测范围应结合工程自身的特点和周边环境条件进行确定,监测范围应覆盖工程周边受施工影响的主要影响区和次要影响区两个区域。

4.2 监测等级划分

4.2.1~4.2.5 现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 中对工程监测等级的划分,主要根据基坑、隧道工程的自身风险等级和周边环境风险等级确定,并根据工程地质条件复杂程度对监测等级进行调整。规范中对工程自身风险等级、周边环境风险等级及地质条件复杂程度分别进行了详细规定,工程自身(包括基坑工程、隧道工程)风险等级分为三个级别;周边环境风险等级划分为四个级别;地质条件复杂程度分为简单、中等、复杂

三个级别。监测等级按自身风险等级和环境风险等级较高的级别来确定，并结合地质条件复杂程度进行调整。

本标准对工程监测等级的划分基本遵循 GB 50911 的划分原则，将工程监测等级划分为一级、二级、三级三个级别。

5 监测项目及要求

5.1 一般规定

5.1.1~5.1.4 目前城市轨道交通工程常见的施工工法主要有明挖法（含盖挖法）、矿山法及盾构法，涉及的监测对象主要是车站（含主体及附属）明挖基坑支护结构、区间隧道支护结构、工程周围岩土体及周边环境等风险源的监测。

1 支护结构监测是指对结构自身的监测，是评价工程自身风险及状态的主要依据，主要包括明挖法围护结构（围护桩（坡、墙）体、立柱、支撑、锚杆、土钉等）的监测，矿山法的支护（拱架、临时支护、二次衬砌等）的监测，盾构法管片的监测。

2 工程周围岩土体监测是指对工程周边地表、工程地质体及地下水情况进行监测。

3 工程周边环境监测是指对施工影响区域内（下穿、上跨及邻近）的铁路、高速公路、既有轨道交通、桥梁、地下通道、建（构）筑物、地下管线等风险源进行监测。其中根据对象的重要程度及空间位置情况又可将上述风险源进行风险分级，风险等级越高，监测等级及重要程度越高。

5.1.5 监测对象的确定是根据其风险程度及易发生风险的可能性判断的。一般支护结构的阳角处、开挖面处及断面变化处会出现受力集中等不利条件，容易发生变形及事故，应重点监测；周围岩土体在邻近湖泊、河流及不良地质体区域应着重进行监测。周边环境应根据风险源等级进行着重监测，例如既有运营线路风险等级最高，应配备最先进的监测手段不间断进行监测，以满足其安全运营的要求；建筑物应根据调查资料优先对基础薄弱、年代久远、受力变化复杂的着重监测；地下管线应优先监测带水、带压管线，同一区域沉降变形应按照控制值小的进行控制，注意穿越前对管线进行排查核实，遇到无水管沟有积水应按带水管线控制。

5.1.6 工程监测项目应直接或间接的反映监测对象的变化特征和安全状态，并针对监测对象的关键部位重点监测。

监测项目按照其机理特点可分为变形和内力（应力），包括位移、裂缝、应力、应变等。按照其重要性可分为应测项目、宜测项目和可测项目。

5.1.7、5.1.8 城市轨道交通在运营期间（包括试运营期间）应对线路中的隧道、车站、高架

桥梁、路基、轨道及重要附属结构等进行结构稳定性监测，为线路运营安全状态的评价提供数据资料。

监测项目应根据建设期间结构稳定性的监测数据、线路结构形式、水文地质条件、周边环境条件等综合确定，同时还应包括建设期间延续的监测项目。

5.2 仪器监测项目

5.2.1 明挖法和盖挖法基坑支护结构和周围岩土体监测项目共有 19 项，其中监测等级为一、二级的应测项目有 10 项，这是监测中最为重要的监测项目，可以直接反映出监测对象的安全状况。

围护结构顶部位移（含桩、墙、坡的水平及竖向位移）监测反映的是围护结构顶部的变形情况，是评价基坑围护结构稳定的重要数据之一，一般情况下竖向位移变形量不大，在日常监测过程中根据工程地质条件不同有沉降和上浮两种变形趋势，其中在无水地区上浮比较普遍。

围护结构桩（墙、坡）体水平位移是整个围护结构体变形的重要数据，他的变形可直接反映出围护结构向基坑内外的变形情况，变形越大对围护结构稳定性越为不利。

支撑体系是保持明挖法基坑稳定性的主要支持部分，其受力情况是最直接反映围护结构安全状态的，支撑轴力的监测是最直接反映围护结构受力体系状态的方法，当支撑轴力出现突变时，意味着围护结构局部出现松弛或受力过度，可随时发生基坑失稳的情况，因此该监测项目是围护结构监测中最为重要的项目之一。

基坑内立柱的变形状态对反映支撑体系的稳定至关重要，立柱一旦变形过大会导致支撑体系失稳。因此，立柱的变形监测也是一项较重要的监测项目。

地表沉降是真实反映围护结构体后土体变形的直接数据，因基坑开挖导致的围护结构向内变形及围护结构后土体流失都会造成基坑周边地表发生沉降，因此该监测项目是综合分析基坑的稳定以及地层位移对周边环境影响的重要依据，也是最常规且简便易行的变形监测项目。

地下水位是对围护结构影响的一个重要因素，因其变化通常较大，因此其对围护结构的影响可以体现在静载和动力两方面，水位过高其压力会对围护结构造成较大荷载，导致其变形，同时水力的动力作用还会对基坑造成土体流失等不良影响，大量的流失还会造成上部土体变形，严重时导致基坑失稳。因此在有水区域应重点监测该项目。

其余监测项目可根据现场实际情况及科研需求进行布设测取。

5.2.2 盾构法隧道管片结构和周围岩土体监测项目共有 10 项，其中监测等级为一、二级的应测项目有 4 项。

地表沉降是真实反映盾构区间通过后地面变形的重要数据之一，能够反映出盾构施工对岩土体及周边环境影响程度。因盾构掘进会造成土体损失，土体损失量决定着地面沉降的大小，因此地表沉降观测对掌握盾构工程安全尤为重要，定为应测项目。

管片的变形也是直接反映盾构区间通过后周围岩土体对区间结构的影响，管片结构竖向位移和净空收敛监测对判断工程的质量、安全非常重要，能够及时了解和掌握隧道结构差异沉降、管片错台、断面变化等情况，了解隧道结构变形与限界情况，指导后期成型隧道贯通工作，因此是应测项目之一。

5.2.3 矿山法隧道支护结构和周围岩土体监测项目共有 13 项，其中监测等级为一、二级的应测项目有 6 项。

地表沉降是真实反映矿山法区间通过后地面变形的重要数据之一，能够反映出矿山法施工对岩土体及周边环境影响程度。因导洞开挖及封闭过程的迟滞会造成上方土体的变形和土体损失，土体的变形传递到地面造成地表沉降，地表沉降直接能够反映出矿山法施工对上部土体及地面的影响，因此被定为应测项目。

拱顶沉降及净空收敛也是暗挖施工中直接造成的变形，因此该项数据的获取对了解及评价施工有着重要参考意义，拱顶沉降是由于开挖后上部土层压力及拱脚变形叠加后造成的最大变形，其数值大小直接影响传递到地面的沉降值大小，因此获取该数据是最直观了解暗挖施工沉降质量控制的参数之一，净空收敛变形是开挖后侧部土层压力对支护结构的作用体现，以上两项被定为应测项目也是为了了解暗挖施工中支护结构在初始阶段受周围岩土体左右的变形情况，是评价安全状态的重要依据。

地下水位监测是在矿山法施工前的监测，主要是了解开挖前水位变化情况，避免带水作业等风险系数大的操作，对控制地面沉降有较大帮助。

5.2.4 对于在施工中遇到特殊情况的工程，因会增加施工过程中风险并且可能导致严重后果，应丰富监测项目，增加监测频次，作为常规必测项目的有益补充，互相印证，发现问题及时分析解决。通常遇到的特殊情况比如基坑底部遇到压缩性土，卸载后会产生较大回弹隆起，此时就需要增加基底隆起测项；对于隧道所在地质条件复杂，岩土体易产生较大变形、空洞、坍塌的部位应增加土体分层沉降等测项，及时了解分层变形的趋势，从而提前预判地面的沉降及影响。

5.2.6 周边环境风险源受工程邻近施工影响会产生变形,根据不同风险源抵抗变形能力及受力变形特征不同,其监测的主要项目也会有侧重点。如建(构)筑物受到施工影响会造成不均匀沉降,对于高层及高耸结构倾斜往往是主要控制条件,因此要求对于高耸、高层结构需要进行倾斜监测,多层结构可采用差异沉降的形式计算倾斜;地下管线应根据其材质、性质、管道类型及所处位置等确定监测项目;既有线、铁路应根据其特有监测要求增加对轨道、路基及信号设备的监测项目;对于河流、湖泊等应根据河底材质情况对监测项目进行选择,并通过监测河堤及堤前区域确定穿越施工参数,积累经验,安全通过。

5.3 现场巡查项目

5.3.1 按照相关标准及项目需要,监测单位应对轨道交通建设过程中的地质条件、环境条件、施工工法及支护结构等对象进行日常安全巡查,巡查包括现场文字记录、影像资料并按照本标准巡查内容记录成表,每日汇报,现场安全巡查同时也是监测工作的一部分,通过在宏观方面发现的问题,再结合现场仪器监测数据的对比,从而发现并确定施工过程中的问题,现场巡查是仪器监测的有益补充和重要组成。

5.3.2 明挖法和盖挖法基坑施工现场巡查主要针对基坑本身及周边环境,基坑围护结构主要以壁面、支护体系、基底、开挖面、坡顶地面等为主要巡查对象,意在发现数据监测无法发现的隐患并及时处理。

周边环境现场巡查主要针对工程沿线周边的桥梁、湖泊、建(构)筑物、地下管线、地表、周边堆载区域等进行现场安全巡查,对结构发生开裂、破损、变形等问题的具体情况进行记录和分析。

此外还要对施工过程中的工艺、工法及施工步骤是否按照设计及施工组织方案要求执行进行巡查,发现工序、工艺及施工组织不符合要求的应及时指出并通报相关方,协助规范施工单位作业。

5.3.3 盾构法隧道施工现场巡查主要针对盾构成型隧道及掘进过程中的参数进行复查复核,并巡查盾构沿线上方地面、建筑物、地下管线等风险源情况,发现异常应及时通知并采取相关措施。针对出土异常、参数异常、管片破损、错台、漏水的环片位置等应记录在巡查记录表中,以备其他人员检查核实。

5.3.4 矿山法隧道施工现场巡查主要针对施工中开挖面地层情况、施工情况、施工进度、施工质量及区间沿线上方地面、建筑物、地下管线等风险源情况进行巡查记录。在矿山法

施工中，地质条件的变化往往决定了施工的难度，巡查中对地质的描述也是主要工作之一，若与地勘报告不一致应详细记录位置及具体情况。矿山法施工中因为地质条件原因往往最容易出现施工措施不到位现象，巡查的另一个目的也是为了检查施工质量是否按照施工组织要求进行，如粘土层打设锁脚锚管、砂层的超前导管的间距及注浆情况，初支封闭的及时性等都在巡查工作的范畴之内。

5.4 远程视频监控

5.4.1 为了对轨道交通建设现场施工进行全方位把控，实时了解施工现场情况，施工单位宜安装远程视频监控设备，因视频设备硬件性能参数各异，安装及使用方法不同，监控质量也有所不同，因此特规定应按照一定的标准进行远程视频监控设备的安装及布设，为了保障监控质量，必须在应有的位置布设摄像头，并保证一定的数量和及时跟进。本标准要求的是最少数量及位置，是根据以往施工经验必须覆盖到每个施工环节的最少数量，施工单位可根据现场实际情况及项目自身情况调整增加。

6 监测点布设

6.1 一般规定

6.1.1~6.1.3 监测点的布设基本要求就是充分考虑安全范围、经验规律、空间分布、相互关系、对象本身等因素条件,结合技术手段对监测对象的施工影响变化进行可控的监控。测点布设应满足能掌控现场工程和周边环境安全状态为原则,使得监测对象能够有效反映变化规律,测点的布设合理与否直接影响我们对监测对象安全状态的评价及反馈。

测点的布设还不能影响监测对象的正常使用及受力,例如在承重结构上钻设测点就要考虑该构件是否受拉,如果应力条件复杂,布点会导致应力重新分布,致使监测数据失真甚至造成构件结构的破坏等不可逆损伤。

6.1.4 支护结构和周围岩土体监测点的布设最重要的就是保证监测点与监测项目同源,意思就是有时为了监测方便,可能会把测点放到更容易测到的地方而不是监测对象本身的位置,可能造成测点与实际监测部位不一致而数据失真。应认真分析工程监测对象的关键部位,并在这些部位布设监测点。

影响监测点的布设的因素主要有施工工法、工程监测等级、地质条件及监测方法等,它们决定了监测测点的具体位置和数量。施工工法主要包括明挖法和盖挖法、矿山法及盾构法,工程监测等级是指国标规定的结合当地规范确定的监测等级,代表着监测对象的重要等级。地质条件一般不会对监测布点造成决定性影响,但可能会导致增加监测项目。

根据经验及评估设计文件,监测点一般优先布设在位移与内力最大部位、受力变化最大部位、工法变换关键部位等,这些部位一般是首先达到失稳或破坏的位置,具有明显的代表性和提前性。呈断面布设以后,更加能够明显体现出变形规律,提早预测出变形异常及发展趋势。应尽量将监测断面附近的各监测项目布置在同一位置,以反映监测对象自身和监测项目之间的变化规律。

6.1.5 周边环境监测点的布设应在影响范围内布设,根据环境对象的类型和特征、环境风险等级、所处工程影响分区等因素进行测点的布设及优化,在变形的关键部位和受施工影响敏感的部位优先布设,并应呈断面布设,以便更明显的体现变形规律,提早预测出变形异常及发展趋势,识别、判断及评价环境风险状态。

6.2 明挖法和盖挖法基坑

6.2.1 支护桩(墙)、边坡顶部位移监测的实施是较为简易的,其数据可以直观代表基坑口的变形情况,其测点的布设应选取在主要特征位置,主要包括基坑各边中点、阳角位置、

变断面位置、深度变化位置、周围邻近重要管线位置及地质条件发生突变位置等，以上是经大量实测经验证明，为受力集中复杂，变形集中发生的部位，测点布设应首先考虑上述部位。

在围护结构的监测中，因其变化过程及原因较为复杂，变化时程较长，以施工监测为监测主体，落实日常监测（1~2）次/天，并及时上报监测数据，第三方监测作为监督及校验单位，可以适当放宽监测频率至1次/（2~3）天，但发生变形异常及预警情况后，应立即加密监测频率与施工监测一致，保障监测数据及时校准和比对。

6.2.2 对于支护结构体水平位移监测是基坑支护结构体系稳定状态的最直接反映，该监测项目对判断桩（墙）体的安全性至关重要。由于其监测点布设方式较为复杂繁琐，因此根据国标布设间距适当增大，但最大间距不得超过40m，且保障任意边不少于一个测点。第三方监测可根据现场风险的情况对测点进行1/2至1/3的选取。测点布设时，附近部位其它测项监测点最好与支护结构体水平位移监测点处于同一监测断面，使得数据可以互相印证和参考。

围护结构体水平位移测点的布设一般随围护结构施作一起进行，放坡开挖时需要钻设土体水平位移测孔，围护结构为桩或地连墙时水平位移测点可随成桩成墙一起绑入钢筋笼浇筑，布设过程中应尽量减少对测管的扭曲、受力，避免测孔内部滑道被损坏，特别是围护桩分多次下笼，应确保对接后测斜管的平顺连接，同时注意测管的密封，避免异物进入导致测管报废。

6.2.3 支护桩（墙）结构应力监测一般是选测项目，是为了检验设计对桩体受力的计算结果，监测点布设需要根据内力计算结果及围护结构受力特点综合考虑，布设在弯矩极值出现的部位是为了便于分析受力与变形的相互关系。

6.2.4 立柱结构在承载和支撑约束作用下会产生竖向及水平的位移，位移一般是很微小的，如果位移过大可导致围护结构体系的整体或局部失稳，甚至基坑倾覆。

立柱结构位移测点的布设要根据其受力特征进行合理的布置，支撑联系越多的立柱其受力及约束条件越为复杂，导致其变形的因素也就越多，因此立柱变形监测测点尽量放在基坑中部、断面变化处及多根支撑交汇处，对于首道支撑是混凝土支撑的应布设测量通道，保证行走安全。

6.2.5 支撑轴力监测是直接反映围护结构支撑体系安全的测项，其数值的变化直接反映支撑体系的安全状态，任何时间和位置的突变都是异常变化，都是支撑所在部位有较大变形造成的，因此通过轴力的时空变化可以推断出围护结构及支撑体系的异常。因为围护结构支撑属于轴心受压构件，在测点布设中一定注意其轴心受力的特点，不能出现偏心及单点受力状态，围檩不密贴也会导致应力集中等轴力异常出现。

针对每一个监测断面的每一层支撑都要覆盖布点，当遇到双撑、加撑时还应该布设两个传感器，避免因受力不均匀导致支撑受力集中、失稳的情况发生。

支撑轴力一般使用轴力计监测，当遇到特殊情况可采用钢筋计或应变计，混凝土支撑监

测轴力需采用钢筋计或应变计布设于梁截面中性面位置，并应在支撑长度的 1/3 处布设，因为该位置位于支撑的零弯矩位置，不会出现拉压应力干扰。同时注意修正各方面的不利影响，例如温度及附加弯矩等。

另外，轴力传感器属于精密仪器，其工作环境及条件也直接影响其监测精度及数值，因此在测点埋设时应注意保护，传感器引出线应尽量朝下，避免雨水等浸泡造成短路断路，轴力计测线应该规整路由布设，避免支撑及其他施工碰触及损坏。

6.2.7 周边地表沉降监测点是日常监测中最为平常、易实现的测项，能够通过地面的变形反映出地下岩土体变形的形态及趋势。地表沉降是通过一定规模和断面化的测点布置来体现总体变形规律的，基坑周边的地表变形主要控制区布设不少于 2 排的沉降监测点，是为了控制基坑周边的最大地表变形。在有代表性的部位设置垂直于基坑边线的监测断面，是为了监测基坑周边地表变形的范围，分析基坑工程对周边的影响范围和影响程度。

6.2.9 地下水位观测时分为基坑内降水和基坑外降水，一般城市内开挖基坑为了减少对周边建筑物的影响一般会采用基坑内降水加地连墙的围护结构，此时水位监测是为了监控围护结构外部水位有没有流失，避免形成管涌等风险。对于周边风险简单或建筑物沉降要求不高的一般采用基坑外降水，目的是为了将坑内的地下水排干，此时水位监测的目的是为了掌握坑外水位的变化，避免水位上升造成坑外地层水土流失入坑内，诱发地面沉降等不利影响。

6.3 盾构法隧道

6.3.1 盾构管片结构变形分为竖向、水平及收敛变形，是评价和控制管片自身受施工影响的直观数据，一般在盾构始发和接收阶段是风险比较集中的，因此需要在该段进行测点加密，在横向和纵向都应该增加测点密度以保证盾构的施工参数有足够的数据进行参考调整。另外盾构在施工曲线段、小净距段、叠摺段及联络通道段时也是土体损失量较大的区段，因此在上述部位管片变形监测应给予高度重视。

6.3.2 周边地表沉降监测点是日常监测中最为平常、易实现的测项，对于盾构区间测点呈断面布设是为了了解区间沿线掘进的变形规律，横断面的布设是为了取得盾构掘进影响范围及中心线与周边的变形规律。纵向布设是为了预测和评价区间掘进影响时程规律。在始发和接收段、联络通道等部位应加密监测测点及断面。

洞内监测也是盾构监测的一项重要内容，洞内变形可以直观反映出盾构隧道的状态，在受力状态不均匀的情况下会出现较大的洞内变形，严重时可影响盾构管片姿态和限界，因此在布设测点时应尽量选取地质条件变化大、曲线段、联络通道等变断面处。

6.4 矿山法隧道及矿山法车站

6.4.1 初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测是评价和控制初期支护自身受施工影响的直观

数据。一般在矿山法隧道开马头门、联络通道附近、线路交叠或邻近段是应力变化最为集中和复杂的地方，其初支受力及变形也是较易出现问题的地方，因此在上述部位初支变形监测应给予高度重视。

车站开挖断面较大，导洞较多，工法变换复杂，因此测点横向和纵向的布置密度较区间要密集，纵向间距一般为 5m~10m，区间则可以在 10m~15m。为了不遗漏每个导洞的开挖影响，原则上分部开挖施工的每个导洞均应布置横向监测断面。根据沉降分布规律，垂直于隧道轴线的横向监测断面一般布置在地质条件变化大的位置。另外车站与区间、车站与附属结构、明暗挖等的分界部位，洞口、隧道断面变化、联络通道、施工通道等部位也都是布点的重点部位，易发生沉降和差异沉降，应重点关注。

6.4.3 车站中柱沉降、倾斜及结构应力监测主要目的是监测中柱的受力是否超过设计强度或存在荷载偏心情况。通常结构应力可沿中柱周边在同一平面内均匀布置 4 个监测点（每隔 90°一个测点），可用应变计或应变片。

6.4.5 周边地表沉降监测断面及监测点是日常监测中最为平常、易实现的测项，对于矿山法区间测点呈断面布置是为了了解区间沿线掘进的变形规律，横断面的布置是为了取得矿山法开挖影响范围及中心线与周边的变形规律。纵向布置是为了预测和评价区间开挖影响时程规律。在开马头门处及联络通道等部位应加密监测测点及断面。

沉降槽是断面沉降发生的范围的形态描述，其形态和分布与地层性质及开挖步骤有关，对于粘土地层分布宽度较宽，对于砂层等敏感地层分布宽度较窄。根据此规律可以适当调整监测断面的覆盖范围。

6.5 高架线路

6.5.1 高架工程监测点布置内容参照《京沪高速铁路线下工程沉降变形观测评估实施细则》第 6 章第 6.1 节相关要求进行编制。

6.6 周边环境

I 建（构）筑物

6.6.1~6.6.3 建（构）筑物竖向位移监测点应覆盖包含每个建筑物外墙或承重柱，并根据其建筑结构形式确定主要监测部位和测点密度，独立基础、框架结构测点应该布设于承重柱上，对于连续基础、剪力墙结构测点应该布设于承重墙上。对于年代久远的独立基础建筑物其抗变形能力较差，应特别关注。除了考虑建筑结构形式还应关注建（构）筑物特殊部位，如连接处、变形缝、结构分界等位置的变化及高低悬殊、基础不同的，因为其抵抗变形的能力不同，都应分别布点测取差异沉降。对于高耸结构、文物古建、近代优秀建筑及城市标志

性建筑等应适当加密监测点。倾斜监测主要针对高耸建筑，采用全站仪或倾斜仪进行测量，对于多层建筑物一般采用差异沉降反算获得。

II 桥 梁

6.6.5~6.6.8 对于桥梁监测来说，主要关注的是受施工影响后桥梁的梁、柱、墩台的受力变化和变位。对于一座桥来说，由于其结构形式不同，当桥墩、桥台受影响变形后会使其桥梁结构内力发生变化，特别是刚性桥、连续梁桥其受力变化是复杂的，如果不通过监测进行了解，容易忽视关键点的安全状态导致事故发生。

对于桥梁来说主要监测的是竖向位移及桥墩的倾斜，对于不同的桥墩（台）都要进行布点监测且每个桥墩（台）测点不少于 2 个，可以互相检验。

III 地下管线

6.6.9~6.6.15 地下管线监测是为了保障地下市政管线在地下工程施工期间变形及受力安全的有效手段，针对不同种类的管线都有其监控的要点。应根据地下管线的重要性、修建年代、类型、材质、管径、接口形式、埋设方式、使用状况等综合确定监测的方案。

在日常监测中，我们重点关注的是带水带压管线及大直径管线，一般包括燃气、给水、热力、污水等。对于重要管线我们在布设测点时一般都会要求布设直接测点或管侧深层测点以保证在地下岩土体下沉后准确获取管线侧部、下部的土体损失及脱空情况。

大量监测数据显示，地下管线的节点、转角点及预测变形大的位置往往是薄弱环节，应在监测布点时重点布设。对于有管井的测点应该避开管井范围布设，因管井的体积及刚度较大，往往管线发生变形后管井不能同步协调变形，导致测点不能真实反映管线系统的变形变化。

IV 高速公路与城市道路

6.6.16~6.6.20 城市轨道交通下穿高速公路与城市道路时会造成路面和路基下沉，严重时候可造成路面和路基开裂，威胁行车安全。若高速公路发生较大沉陷还可能导致行车事故，因此监测路面沉降尤为重要。路面竖向位移监测点应根据施工工法呈断面布设，布设方式与地表沉降一致，对于柏油路面等硬质路面应打穿硬壳层，使测点钢筋进入原状土自由变形，同时注意加保护盖、保护筒进行测点保护。

对于高速公路、城市高等级道路无法上路监测的可采取非接触监测手段实施路面监测，

并加密在路基、路肩及路中心的测点布设。布设应尽量考虑施测条件，尽量减少测站及路线。

道路挡墙是道路的重要组成，其变形也直接影响上方路面的稳定，特别对于斜穿、侧穿等不对称穿越应特别关注，不均匀沉降及倾斜的监测在每段挡墙都应有监测点布设。

V 既有轨道交通

6.6.21～6.6.28 既有轨道交通是指已建成的运营轨道线路，为了保障运营安全，应在施工影响期进行工程监测，主要监测对象为既有车站及区间结构、路基、轨道，涉及监测项目主要有竖向位移、水平位移、轨道几何形位及净空收敛，对于 24 小时施工的线路穿越建议进行不间断的自动化监测。

既有线路监测点的布设应不影响正常行车运营，确保在限界以外进行，结构测点应布设于结构底部及侧墙，路基测点应布设于路基一侧，测点不应超过运营限界，轨道测点应根据实际情况进行划刻布设，但不应遮挡、破坏信号、里程及行车标识。此外，测点的布设还应遵守执行国家、行业、地方的相关养护标准及工务维修规则。

城市轨道交通、铁路的轨道几何形位主要包括轨距、轨向、轨道的左右水平和前后高低，轨道静态几何形位监测涉及轨道的行车安全，目前湖南省还没有相关规范、标准，可参考国家、行业的相关养护标准及工务维修规则。

7 监测方法及技术要求

7.1 一般规定

7.1.1 监测方法是根据诸多因素确定的，工程监测要根据监测对象及监测项目的不同确定不同的监测方法及监测设备。工程监测等级及精度的要求也决定着选用的仪器的精度，因此应该按照需求进行合理的选择。

7.1.2 本条对变形监测网的基准点及工作基点的布设及规范进行要求，目的是保证基准点及工作基点的稳定可靠，避免因基准网的问题造成的数据错误及误差，同时强调基准点及工作基点的保护。

7.1.3 、**7.1.4** 本条对监测仪器、设备和元器件的选取进行规范要求，目的是保证监测仪器及设备的合格和有效，避免因仪器、设备、传感器的问题造成数据错误及误差，同时强调对监测仪器、设备和元器件的维护保养及保护。

7.1.5 本条对现场监测作业方法进行规范要求，目的是为了保证监测过程中的稳定性和规范性，避免因监测作业不同或者不规范造成的差异及错误，将因此造成的系统误差降到最小。

7.1.6 本条说明了监测点的布设时间和初始值的测取时间及取值方法，测点的布设和测取需在施工前进行且遵循规范，避免因测点布设滞后及初始值采取滞后造成的数据差异及数据损失。为保证初始值观测的准确性，要求对各项监测项目初始值观测次数应不少于 3 次，同时需要对初始观测值进行相对稳定性的判别，规定了取值要求。

7.1.7 监测精度是指每次测量能够做到的测量值与实际真值的接近程度，监测精度越高说明操作仪器每次测量的值与真值的接近程度越高，更容易获得准确的数据。监测精度与监测环境、人员及仪器精度有关，是一项综合参数。在日常监测中精度的选取主要考虑对象的安全控制要求并兼顾经济合理性。

7.1.8 本条给出了监测精度的要求，因不同的监测及测量规范对此要求不一，因此可以根据实际情况选用。

7.1.9 对于监测点的布设，应按照国家规范及地方规范、法规、文件执行，对于容易发生破坏的环节及测项应该重点给予保护，以保证监测的连续性及有效性，这里主要针对测

斜管、水位管、分层沉降管等成活率较低的测项进行要求，对于其他监测项目应该严格执行国家规范及方案，做好测点保护的落实工作。

7.1.10 随着科技水平的不断发展，一些新的、效率更高的监测方法开始出现，对于满足特殊条件的监测工作给予了技术保障及支持，这些监测技术可以弥补常规技术的不足，具有实施安全、高精度、高效率、操作灵活等特点，有效地提高了监测的技术水平和精度。但由于自动化仪器存在一些不可预料的问题，应适时辅以常规监测方法进行校验，避免出现单一监测模式而产生的错误等问题。

7.2 竖向位移监测

7.2.1 为保证监测精度，竖向位移监测宜首选水准测量方法，在某些无法实现的特殊情况下可采用三角高程、静力水准等监测方法。

7.2.2 本条规定了竖向位移监测的实施要点。主要监测点与基准点、工作基点成线组网是为了避免粗差造成的误差，另外也能及时发现因基准点或工作基点的不稳定造成的监测误差。

本条还规定了 i 角的限值，这是为了尽量消除因前后视距差造成的监测误差，以 i 角为 $10''$ 计算，视距差为 10m 对一测站的高差影响可达到 0.5mm，因此作业中应时常检查 i 角并尽量缩短前后视距差，避免误差影响结果。

静力水准仪因生产厂商不同，质量控制标准不一，原理有所不同，因此其性能参数及精度也不尽相同，在监测作业中应根据技术要求选用合适的仪器及维护，并注意辅以人工监测检验。

7.2.3 竖向位移监测网优先采用城市轨道交通工程高程系统是为了使各监测方数据统一，具有可比性，利于数据验证比对，监测中也可根据实际情况采取假定高程系统。

7.3 土体分层竖向位移监测

7.3.1 分层沉降仪是用来监测由岩土施工引起的周围深层岩土体内竖向位移的仪器，它是通过安装在其探头内的电磁传感器感测磁环位置，再通过每次不同深度磁环位置的变化得出各层土体标高位置的竖向位移。

7.3.2 分层沉降管是沉降观测的导管，包括主管和连接管。连接管宜为伸缩式，套于两节主管之间，用自攻螺丝固定，还需用透明胶带缠好，以防泥水渗入。

7.3.3 土体分层竖向位移测量系统由地下监测元件、地面测试仪器及管口水准测量系统构成。

地下监测元件为磁环，是一种磁性圆环，外壳注塑成型，内安装磁性材料，套在沉降管外壁，带有三个叉簧片，固定于土体中，随土体沉降。

探头是内部带有磁感应器的探测器，遇到土中的磁环，引起感应发出声响，即可从钢卷尺上读出数值。

钢卷尺与电缆一同系于探头的尾部，测量时一同放在沉降管内，用以提供深度信息。其测量深度一般为 50m~100m，工作温度为 30℃~80℃，电源为 9V 直流电。

7.3.4 在分层沉降管埋设中应注意管与孔壁间隙的填充密实，保持管与土体变形的协调工作。

7.3.5 分层沉降仪器使用时先用水准仪测得管口高程，放入探头时应缓缓放入，待听到最大蜂鸣声时是与磁环位置最为接近的位置，应及时记录准确位置。为了尽量消除探头进入和拉出测管的相对位置误差，一般采取进程和回程两次观测，并取进、回程读数的平均数。

7.4 水平位移监测

7.4.1 水平位移监测是获取监测对象平面位置变化的监测，主要是针对围护结构的变形考虑，其监测设备主要使用全站仪。

仪器垂直轴倾斜误差不能通过取盘左、盘右的平均值来消除，应严格控制仪器水平气泡偏移，可采取测回间重新整平水平气泡来削弱其影响。

7.4.2 、**7.4.3** 根据现场测点位置及通视情况选取合适的监测方法及网型。

7.4.4 监测基准网一般边长均较短，为了提高监测的精度可采用强制对中墩来设站，可最大限度降低对中的误差影响监测结果。

7.4.6 水平控制网及监测网宜采用假设坐标系统，因实际用于测量的交桩点、网精度无法满足监测精度，在局部坐标系中可按照监测精度对控制点进行定义，之后在此网内进行观测。

7.5 深层水平位移监测

7.5.1 深层水平位移主要是为了测得围护结构及岩土体受施工影响的各层水平位移变化，多采用测斜仪进行观测。测斜仪主要由读数仪、电缆线及测斜探头组成。按测斜探头中传感器种类分为滑动电阻式、电阻应变片式、伺服加速度计式及振弦式，其中伺服加速度计式稳

定性及灵敏度最好。

7.5.2 因测斜探头原理不同，其监测精度也不尽相同，应根据监测控制要求选取合适的监测仪器。

7.5.3 测斜管应选取质量好，柔韧度佳的材料，一般 ABS 工程塑料的质量最为可靠，其次是 PVC 工程塑料，选取测斜管导槽规矩，尺寸精准的材料。因测斜管在下放时需要变形扭曲，因此不要选取较为脆性的材料避免扭转破损。

7.5.4 当按管底起算时，为保证测斜管底部变形为零，应按照嵌固深度的要求进行测斜管的通体埋设。这里尤其强调软土地区，能够及时发现底部位移状态。

7.5.5 保证测斜管质量是获得合格测量精度及正确数据的前提，因此在埋设前要检查测斜管管口、导槽及连接的质量，发现问题及时解决。在绑扎测斜管时应尽量留出一定变形余地，为的是可以承受一定量的扭曲变形，避免脆性破坏。当遇到桩长过长需要接桩时，一定要确保测斜管的接驳平顺。为防止有异物进入测斜管，还应保证各段接头紧密对接，管底保证密封，遇到旋挖桩等有泥浆的成桩方式的，还需在下好的测斜管内注水，保持内外压力平衡，防止泥浆进入管道内。

7.5.6 监测前应将测斜管内杂物冲洗干净，从管底 0.5m 刻度开始读数，读数时因外界环境温度与地下水温度存在差异，测斜仪探头放到孔底后，恒温一段时间，待读数稳定后方可采样，从而减小测量误差。

7.6 倾斜监测

7.6.1~7.6.5 倾斜监测应根据现场观测条件和要求选取合适的监测方法和仪器，特别对于不同高度的建筑，应有不同的方式，多层结构一般采用差异沉降反算，高耸结构可采用全站仪或倾斜仪。

7.7 裂缝监测

7.7.1 裂缝的位置、走向、长度、宽度是裂缝监测的 4 个要素，裂缝深度因为实现较为复杂，一般不做要求。

7.7.3 工程施工前对周围环境监测对象的裂缝情况进行现状普查是一项非常重要的工作内容。通过普查，一方面能够对周边环境对象的裂缝情况了解和掌握，另一方面也是留下客观资料，为后续工程处理纠纷问题提供依据。

7.7.4 坐标方格网板直接读数宜根据裂缝宽度选用两块有机玻璃板，把聚脂薄膜上的毫米方格网粘贴在玻璃板上，并在方格网左边线中间画一指示线，将一块板固定在裂缝的左侧，作为下标，另一块板固定在裂缝的右侧，作为上标，并使上下标的指标线重合。当裂缝变化时上下指标线便错开。观测时以上指标线为准，读取下标方格网上的坐标值，通过计算可知裂缝的变化。

石膏标志方法是将石膏涂盖在裂缝上，长约 250mm，宽约 50mm~80mm，厚约 10mm。长宽度可视裂缝大小而改变。石膏干后用色漆在其上标明日期和编号。当裂缝继续发展时，石膏板随之开裂，从监测可测定其裂口的大小和变化从而得出裂缝发展的状况。

金属片标志方法是采用两片厚约 0.5mm 的金属片，一为正方形，另一为矩形，长宽由裂缝而定。将方形金属片固定在裂缝一侧，使其边缘与裂缝边缘对齐。然后将另一矩形金属片一端固定在裂缝的另一侧，另一端压在方形金属片上约 75mm。将两张金属片全部涂上红漆。干后在其上写明设置日期和编号。如裂缝继续发展，两白金属片将被拉开，露出正方形白铁片上原被覆盖没有涂油漆的部分，其宽度即为裂缝加大的宽度。

7.8 净空收敛监测

7.8.1 净空收敛是暗挖法施工中经常监测的一个重要项目，为的是获取洞内开挖后由于应力释放导致的净空向内收缩的数值。以收敛位移监测值来判断围岩和支护结构（或管片）稳定性的方法比较直观和明确。

7.8.2 收敛计在选取时应根据监测的精度进行，测点埋设后若是焊接到初支拱架的应确保弯钩上无焊渣，以免影响监测精度。

7.8.3 选用激光测距仪监测时，应保证接收面的光滑，对于表面过于粗糙的应贴设反射片，并在有条件的情况下架设支座，确保测距仪工作稳定及位置唯一。

7.8.4 、7.8.5 使用全站仪进行净空收敛监测时可采用固定设站和自由设站两种观测模式，监测点可采用反射片代替价格昂贵的棱镜，且安装方便。通过固定的后视基准点，对比不同时刻监测点的三维坐标，计算该监测点的三维位移变化量（相对于某一初始状态）。

7.9 地下水位监测

7.9.1~7.9.3 地下水位监测一般通过测量钻孔设置的水位观测管内的水位高程来得出地下水位，在不具备钻孔条件的情况下，也可通过观测静态降水井的水位估算出地下水位。

7.10 孔隙水压力监测

7.10.1~7.10.6 孔隙水压力监测沿用了现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 中的规定和要求。

7.12 爆破振动监测

7.12.2 爆破振动监测中，传感器是反映被测信号的关键设备，为了能正确反映所测信号，除了传感器本身的性能指标满足一定要求外，传感器的安装、定位也是极为重要的。为了可靠地测到爆破振动或结构动力响应的记录，传感器应与被测点的表面牢固地结合在一起，否则在爆破振动时往往会导致传感器松动、滑落，使得信号失真。传感器安装时，还应注意定位方向，要使传感器与所测量的震动方向一致，否则也会带来测量误差。

若测量竖向分量，则使传感器的测震方向垂直于地面；若测量径向水平分量，则使传感器的测震方向垂直于由测点至爆破点连线方向。

7.12.3 爆破振动监测的测量导线对监测系统的工作状态有较大影响，一般采用屏蔽线，以防外界电磁干扰信号。

测量导线线路一般不与交流电路平行，以避免强电磁场的干扰。同时也需注意测量导线的两端固定问题，连接传感器的一端需使一段导线与地面或建 (构) 筑物等的表面紧密接触固定，防止测量导线局部摆动给传感器带来干扰信号。在测量导线末端与仪器相连段也需采取有效的固定措施。

7.13 岩土压力监测

7.13.1~7.13.3 岩土压力监测作为非必测项目，其主要是为了获取施工过程中岩土体内应力的变化情况，当开挖卸载后，由于应力释放会使得岩土压力发生变化，可能在某部位出现压力集中等不良后果，土压力传感器埋设时应考虑压力发生的主要方向，沿着法向埋设以获取最大压力感应。

7.14 轴力监测

7.14.1 轴力监测是对围护结构最为直接的一项监测内容，其受力情况变化直接反映基坑围护结构的受力变化，当基坑内支撑体系受力发生突变时意味着基坑局部出现异常变形，轴力

可因此异常发生变大或骤降，导致基坑进一步失稳发生。轴力变化后才会延伸至其他变形类项目，因此轴力是最为直接的监测项目，是一项重要的监测项目。

钢筋混凝土支撑轴力因为计算原理、现场埋设及受力等影响因素造成结果差异很大，往往轴力值较大，甚至出现超过控制值数倍情况，此时应加强现场巡查及其他同断面测项的比较，设计也可适当增加控制值的上限。

7.14.2 轴力计是轴心受压构件，一般会承受数十吨的压力，因此其安装的规范性决定着其数值准确和施工安全。在安装中应避免偏心、单点受力、围檩后间隙填充不密实现象。在安装时应尽量避免线路绞缠，并且应尽量将轴力计引线头朝下，避免雨水浸泡等造成短路失效。

7.14.3 轴力计安装完成后，应在室外零载时重新测定初始频率与实验室标定频率进行比对，建议使用实际零载频率作为初始频率进行轴力计算。

7.15 应力监测

7.15.1 应力监测也是选测项目之一，其监测目的主要是为了了解结构在施工期间的应力变化，评价结构安全及稳定，也是其他监测项目的有益补充。

7.15.2 混凝土构件可采用钢筋应力计、混凝土应变计、光纤传感器等进行监测，应变计多为纸基材质，贴于混凝土结构表面，寿命较应力计差，容易受到外界破坏，在埋设过程中应注意保护，日常监测也应注意测点维护。

7.16 现场巡查

7.16.1 现场巡查是现场安全监测的一项重要工作，是仪器监测的有效补充，结合巡查的信息可以更有效的分析出监测数据的特征、原因等。

7.16.2 现场巡查及仪器监测大多存在联系，可以把监测对象从定性和定量两方面有机结合起来，更加全面的分析围护结构及周边环境的变形规律及风险状态。

7.17 远程视频监控

7.17.3 选用摄像头时应综合考虑施工安全、施工条件（暗）、施工工期等选用合适的设备，在设备启用期间应进行必要的保养及维护，并规定每个摄像头的信息，确保每个接入的信号源都能区分且正常工作。为了监控视频能有可追溯性，应至少保证能储存一定时间，可为上

级调查提供参考证据。

7.17.5 随着施工进度完成，远程视频监控的前端摄像头可根据需要进行拆除，但应须遵循本标准要求，不得提早拆除及擅自更改位置。

8 监测频率

8.1 一般规定

8.1.1 确定监测频率是监测工作的重要内容之一，应根据施工工法、施工进度、监测对象属性、地质及环境条件等综合确定。监测频率与监测实施工作量及监测费用有关，同时也和监测单位性质定位有关，在制定监测频率时既要考虑不能错过监测对象的重要变化时刻，也应合理安排工作密度，控制监测费用，选择科学、合理的监测频率有利于监测工作的有效开展。

8.1.2 采取定时监测，可以获得在相同的时间间隔下监测对象的变化和发展，有利于评价变化速率对施工的影响及风险程度的划分，及时关注短时间内发生较大变形变化的现象，并用累计变化量和变化速率两个方面评价监测对象的安全状态。

8.1.3 对于既有线路穿越期间，由于常规监测频率无法满足实时反映监测对象的变化，所以对关键监测项目采用自动化监测，可以满足更小时间间隔的数据获取，从而指导施工安全进行并控制风险发生。

8.1.5 除了数据监测，现场巡查也是监测的重要手段之一，是监测的有效补充，应根据施工进度合理安排现场巡查，做好巡查记录。

8.1.7 本条规定了结束监测工作应满足的条件。施工监测期应包括工程施工的全过程，即从施作支护结构或降水施工之前开始，至土建施工完成之后止。

8.2 仪器监测频率要求

I 明挖法和盖挖法基坑

8.2.1 本条主要规定了明挖法和盖挖法基坑工程监测频率。基坑监测等级、基坑设计深度、基坑开挖深度是影响监测频率的主要因素。原则上基坑监测等级越高，基坑开挖深度越深，监测频率越高。支护结构、周围岩土体及周边环境正常情况下可采用相同的监测频率，若遇监测对象变形过大等异常情况时，应提高监测频率。

8.2.2 竖井开挖及井壁结构施工期间是竖井初期支护井壁净空收敛的主要监测时段，以

确保竖井施工过程中的安全。竖井在使用过程中的监测也很重要，一般是通过井壁水平净空收敛的速率确定监测频率。

8.2.3 基坑底隆起（回弹）与地质条件、基坑开挖深度和开挖范围有着密切的关系，对基底为软弱地层、遇水软化地层或有承压水分布的基坑工程，坑底隆起（回弹）的监测十分必要，但由于坑底隆起（回弹）的监测实施较为困难，在基坑开挖过程中无法进行监测，一般基底隆起的监测只能在基坑开挖之前、开挖完成后和混凝土基础浇筑前这三个阶段进行。

II 盾构法隧道

8.2.4 本条主要规定了盾构法隧道工程的监测频率。监测部位及开挖面至监测断面的距离是影响监测频率的主要因素。原则上监测部位风险等级越高、开挖面距离监测断面越近，监测频率越高。管片结构、周围岩土体及周边环境正常情况下可采用相同的监测频率，若遇到监测对象变形变化过大等异常，应提高监测频率。

一般盾构区间通过时，变形发展主要集中在刀盘前（推力控制）及盾尾脱出后（同步注浆控制）的一段时间内，因此在施工期间此部位应作为重点监测对象。

III 矿山法隧道

8.2.5 本条主要规定了矿山法隧道工程的监测频率。监测部位及开挖面至监测断面的距离是影响监测频率的主要因素。原则上监测部位风险等级越高、开挖面距离监测断面越近，监测频率越高。隧道初支结构、周围岩土体及周边环境正常情况下可采用相同的监测频率，若遇到监测对象变形变化过大等异常，应提高监测频率。

一般矿山法区间通过时，变形发展主要集中在开挖及初支未封闭（土体损失）阶段，遇到粘性土地层可能在初支封闭后（回填不密实）一段时间内还会出现一定量的变形，因此在此施工期间的部位应作为重点监测对象。

IV 高架线路

8.2.7 高架工程监测频率内容参照《京沪高速铁路线下工程沉降变形观测评估实施细则》第6章第6.1节相关要求进行编制。由于地质条件、结构形式、周边环境及施工方法的不同，

各地及不同区段等轨道交通的高架工程结构达到完全稳定的持续时间有很大差异,沉降速率和最终沉降量也各不相同。因此,结构的监测频率可以根据各自的实际情况综合确定,以能够及时、准确、系统地反映结构变形为确定原则。

梁体徐变沉降监测频率参照《京沪高速铁路线下工程沉降变形观测评估实施细则》表 6.3.4.2 编写,墩台基础沉降监测频率参照其表 6.3.4.1 编写。

9 监测项目控制值、预警及消警

9.1 一般规定

9.1.1 监测项目控制值是工程施工过程中对工程本体及周边环境的安全状态或正常使用状态进行判断的重要依据，也是工程设计、工程施工及施工监测等工作的重要控制点。监测项目控制值是制定监测预警的重要依据，其大小直接影响到工程本体和周边环境的安全，对施工方法、监测手段的确定以及对施工工期和造价都有很大的影响。

工程监测预警是整个监测工作的核心，通过监测预警能够使相关单位对异常情况及时做出反应，采取相应措施，控制和避免工程自身和周边环境等安全事故的发生。工程监测预警需有一定的标准，并要按照不同的等级进行预警，因此，城市轨道交通工程监测应当制定工程监测预警等级和预警标准。

目前，我国城市轨道交通工程在建城市中，由于各地的建设管理水平、施工队伍的素质和施工经验，以及工程地质条件和施工环境不同，对监测项目的控制值、监测预警的分级不尽相同。另外，由于城市轨道交通工程线路比较长，往往都要划分为若干个标段进行施工，为了便于预警工作的统一管理，通常由建设单位组织设计单位、施工单位、监理单位及相关专家，根据工程特点、监测项目的重要性、当地施工经验等，研究制定监测项目控制值、预警等级和预警标准。

9.1.2 合理确定监测项目控制值是一项十分重要的工作。监测设计是施工图设计文件的重要组成部分，监测项目控制值是监测设计的重要内容之一，是控制工程自身结构和周边环境安全的重要标准。同时，相关法律、法规和规范性文件对设计文件中明确控制指标及控制值也有具体要求。因此，本条规定在施工图设计文件中应提出监测项目控制值，以满足工程支护结构安全及周边环境保护的要求。

工程设计应针对工程支护结构和周边环境两类监测对象分别确定相应的监测项目控制值，同时应考虑两类监测对象间的相互影响。支护结构监测项目控制值的制定，首先应保证施工过程中的支护结构的稳定及施工安全，同时还要保证周边环境处于正常使用的安全状态。这就要求在制定支护结构控制值时要充分考虑支护结构的设计特点、周围岩土体的特征及周边环境条件。

对于重要的建（构）筑物、桥梁、管线、既有轨道交通等环境对象控制值的确定，主要是在保证其正常使用和安全的前提下，分析研究其还能承受的变形量。这往往需要收集环境对象原有的相关工程资料，并通过现场现状调查与检测，进行评估后确定，最终还应符合相关单位的管理要求。

周围岩土体是工程所处的地质环境,是工程支护结构和周边环境对象之间相互作用的媒介。周围地表沉降等岩土体变形可间接反映支护结构和周边环境对象的变形、变化,其相关监测数据能为判定工程结构和周边环境的安全状态提供辅助依据,其控制值的确定应根据工程结构安全等级和周边环境安全风险等级确定。

对于采用分步开挖的暗挖大断面隧道、隧道穿越既有线等监测等级较高、工况条件复杂的工程,一般控制指标较为严格,有时在施工还没有完成之前,监测对象的变化、变形量就已超过控制值,增加了后续施工的难度。因此,对于监测等级较高、工况条件复杂的工程,控制值应按主要工况条件进行分解,以便分阶段控制监测对象的变形,最终满足工程自身和环境控制的要求。

9.1.3 变形监测不但要控制监测项目的累计变化值,还要注意控制其变化速率。累计变化值反映的是监测对象当前的安全状态,而变化速率反映的是监测对象安全状态变化的发展速度,过大的变化速率,往往是突发事故的先兆。因此,变形监测数据的控制值应包括累计变化值 and 变化速率值。

9.1.4 监测工作是一种信息化施工手段,工程监测预警是整个监测工作的核心,通过监测预警能够使相关单位对工程可能出现的异常信息提高警觉并迅速做出反应,及时采取相应措施,控制和避免工程本体和周边环境等安全事故的发生。工程监测预警需有一定的标准,并按照不同的等级进行预警。因此城市轨道交通工程监测应当制定工程监测预警等级和预警标准。

本标准为提高工程监测预警、安全风险监控质量和效率,根据国家、省市有关法律、法规的规定,结合长沙市轨道交通建设实际,为规范湖南省轨道交通建设期间监测工作的预警,制定了工程监测预警等级和预警标准。

9.1.5 国家相关法律法规和规范性文件等对突发性事件的应对做出了具体的规定,对城市轨道交通工程施工异常情况的预警预报及响应也有相关的要求。城市轨道交通工程应当根据工程特点、监测项目的控制值、当地施工经验、工程管理及应急能力,制定工程监测预警管理制度,其中包括监测预警等级、分级标准及不同预警等级的警情报送对象、时间、方式、流程及分别采取的应对措施等。工程监测异常情况的预警,可根据事故发生的紧急程度、发展势态和可能造成的危害程度由低到高进行分级管理。

工程监测预警等级的划分要与工程建设城市的工程特点、施工经验等相适应,具体的预警等级可根据工程实际需要确定,目前大多城市取监测控制值的 70%、85%和 100%划分为三级。

9.2 监测项目控制值

9.2.1 ~9.2.3 城市轨道交通工程支护结构及周围岩土体监测项目控制值与地质条件、工程规模、周边环境条件等有密切关系,同时控制值对工程的工期、造价等都有较大影响。监

测项目控制值的确定需遵循安全与经济相统一，与当前的设计、施工和管理水平相适应，支护结构和周边环境安全有效控制，关键项目严格控制，按地质条件分类控制以及相关规范、地方经验与实测统计结果相协调等原则。因此，合理确定工程施工过程中支护结构及周围岩土体监测项目控制值是一个复杂的过程。

国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 在编制过程中，就监测项目控制值的确定开展了专题研究，收集了有关城市轨道交通工程监测控制指标的规范、规程和工程标准 53 部，以及北京、上海、广州等 14 个轨道交通建设城市 25 条线路、158 个工点的设计文件及第三方监测资料。其研究表明，监测项目的监测数据变化量与基坑、隧道工程的各项设计参数、工法相关，并与基坑、隧道所处场区的岩土体特性、类型等因素也密切相关。GB 50911 编制组在对收集资料、研究结果进行综合研究和统计分析的基础上，给出了相应监测项目的控制值。

本标准基本沿用了 GB 50911 所给出的监测项目控制值，结合其他省市和长沙地区轨道交通工程监测的实际情况做了适当的细化。

9.2.4 建（构）筑物允许的变形由其自身特点和既有变形决定，工程监测项目控制值与其自身的使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型和地基条件密切相关。建（构）筑物与工程的空间位置关系决定了其所受工程的影响程度，影响程度的确定应考虑两者之间的空间位置关系。对于建设年代久远的建（构）筑物、存在病害的危险建（构）筑物或国家级文物等特殊建（构）筑物的控制值确定应特别慎重，一般应通过专项评估确定监测项目控制值。

对于新建或一般性的建（构）筑物，其监测项目控制值可以依据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中的有关规定进行确定，但应考虑建（构）筑物已发生的变形。

国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 在编制过程中，依据国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292、《危险房屋鉴定标准》JGJ 125 和《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 等相关规范，结合已有实践经验给出了相应的控制值。本标准沿用了其给出的控制值。

9.2.5 桥梁允许的变形由其自身特点和已有变形决定，监测项目控制值与其自身的规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等密切相关，桥梁与工程的空间位置关系决定了其所受工程的影响程度。

对于桥梁监测项目，国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 在编制过程中，依据国家现行标准《地铁设计规范》GB 50157、《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63、《公路桥涵养护规范》JTG H11、《铁路桥涵设计基本规范》TB 10002.1 和《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10002.5 等相关规范，结合已有实践经验给出了相应的控制值。本标准沿用了其给出的控制值。

9.2.6 地下管线允许的变形由其自身特点和既有变形决定，监测项目控制值与其自身的功

能、材质、工作压力、管径、接口形式、埋置深度、铺设方法、铺设年代等密切相关，地下管线与工程的空间位置关系决定了其所受工程的影响程度。

对于地下管线监测项目，国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 在编制过程中，依据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 和《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 等相关规范，结合已有实践经验给出了相应的控制值。本标准沿用了其给出的控制值。

9.2.7 对于高速公路与城市道路，国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 在编制过程中，根据国家现行标准《城镇道路养护技术规范》CJJ 36、《公路养护技术规范》JTG H10、《公路技术状况评定标准》JTG H20、《公路沥青路面养护技术规范》JTG 5142 和《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1 等相关规范，结合已有实践经验给出了相应监测项目的控制值。本标准沿用了其给出的控制值。

9.2.8 城市轨道交通既有有线监测项目控制值的确定，一般都是在现状调查的基础上通过专项评估确定，同时也要遵循运营管理单位的意见。

国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 在编制过程中，根据现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 和北京、上海等地的城市轨道交通既有有线养护、保护标准，以及一些实测变形监测成果。综合各类技术规范要求和实测变形情况，给出了城市轨道交通既有有线隧道结构变形的监测项目控制值。本标准沿用了其给出的控制值。

9.2.9 既有铁路监测项目控制值主要依据现行行业标准《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413 和《铁路线路维修规则》（铁运[1999]146 号）中的有关规定确定。对于高速铁路等特殊的既有铁路线，其过大变形的影响后果极为严重，需通过专项评估确定监测项目控制值，并应满足既有铁路运营单位的要求。

9.3 预警

9.3.1 为加强施工过程中安全风险的监控、反馈和管理，施工过程中的监测预警分为监测数据预警、巡查预警和综合预警三类。

1 监测数据预警：根据设计单位提出的监控量测控制指标值，将施工过程中监测点的预警状态按严重程度由小到大分为三级：黄色预警、橙色预警和红色预警。

2 巡查预警：施工过程中通过现场巡查，发现安全隐患或不安全状态而进行的预警，根据工况巡查、环境巡查、支护结构巡查和作业面状态观察描述等信息，将工程建设巡查安全状态按严重程度由小到大分为三级：黄色预警、橙色预警和红色预警。

3 综合预警：根据工况、巡查检查情况（自身结构裂缝情况、作业面状态观察、周边环境裂缝状况）等信息，结合监测数据分析与控制指标预警情况，对各级风险工程的安全状态（基坑、隧道的支护体系、作业面、周边环境等）进行综合判断发生事故的可能性增高而发布的预警，按严重程度由小到大分为三级：黄色预警、橙色预警和红色预警。

9.3.2 监测数据预警分级判定标准采用变化量和变化速率双控指标，根据国内大部分城市采用的分级标准给定。针对盾构法正常施工过程中因盾构脱开段变化速率超标而预警太多的情况，盾构法施工黄色预警判定标准可调整为“实测变化量达到控制指标的 70%~85%，或变化速率达到控制值时”，橙色预警判定标准可调整为“实测变化量达到控制指标的 85%~100%，或变化连续两次 达到控制值时”。

9.3.3 巡查预警应根据工程特点、地质情况、施工要求、风险等级预判等制定具体的巡查内容及出现风险时对应的预警等级。本标准参照多个轨道交通城市巡查预警分级标准，分别给出明挖法和盖挖法、盾构法矿山法施工巡查预警分级标准表，以及周边环境巡查预警分级标准表，表中内容可根据巡查情况内容增减，实际执行中制定预警级别。

9.3.4 综合预警由建设单位的风险管控部门依据工程的监测数据、现场巡查信息及风险状况评价，并结合现场复核、参考相关方提出的综合预警建议，多方会商或专家论证等形式确定综合预警等级。

9.3.6 预警发生后，应在进行信息分析、报送的同时，加强监测和巡视，及时进行预警处置。不同预警级别可分别采用以下处置方式：

1 黄色预警：施工单位应加强组织分析，项目技术负责人应主持并组织风险处理，监理单位项目总监代表、第三方监测单位项目技术负责人、设计单位专业负责人和建设单位工程主管部门应参加风险处理方案的制定，以及和风险处理过程的监督、管理。施工单位、监理单位、第三方监测单位应加强监测和巡视。

2 橙色预警：施工单位应召开预警分析会议，由项目经理主持并组织风险处理，监理单位总监理工程师、第三方监测单位负责人、设计单位和勘察单位的项目技术负责人及建设单位工程主管部门有关领导，应参与风险处理方案的制定和风险处理过程的监督、管理。建设单位工程主管部门应加强督查和协调处理。

3 红色预警和综合预警：施工单位应组织专家论证，启动应急预案。施工单位主管领导应主持并组织风险处理，监理单位主管领导、第三方监测单位项目负责人、设计单位和勘察单位的项目负责人、建设单位工程主管部门领导，应参与风险处理方案的制定和风险处理过程的监督、管理。

9.4 消警

9.4.1 对处于预警状态的工点，经风险处置后判断风险状态已排除可进行消警。由施工单位根据处理方案采取对应措施，监测单位跟踪监测，在根据监控情况确认工程达到安全的状态后取消预警状态。

9.4.6 施工单位应对综合预警提出消警建议报告,根据综合预警级别报相应层级的监控或管理单位审核。

10 运营期监测

10.1 一般规定

10.1.1、10.1.2 轨道交通线路运营前应由建设单位向运营单位移交初始状态资料，包括结构设计、施工、监测等资料，便于运营单位了解线路初始状态。其中监测资料是线路变形的历史资料，在后续评价线路安全状态时是重要依据之一。运营期监测方案应与施工期监测方案统筹考虑，尽量利用施工期间的监测点位，并取得初始值，作为运营期监测的起始数据。

10.1.4~10.1.5 城市轨道交通运营线路结构监测是专项方案，需要经过专家评审，应具备一定的技术先进性及便捷性，当线路运营影响监测数据人工采集时，为保障线路运营的不间断性应采取自动化监测手段。

运营期监测方案应与施工期监测方案统筹考虑，施工期部分测点应直接转为运营期监测点，在运营前统一采集初始值，作为运营期监测的起始数据。

10.2 运营期监测项目及对象

10.2.1 运营监测的对象应涉及涵盖所有受到影响的运营设施，主要包括地下车站、地下区间、高架桥梁、路基和轨道，对上述监测对象的监测应根据不同对象选取合适的监测方法及监测设备。

10.2.3 监测内容根据穿越情况不同应包括结构、轨道、路基等的竖向位移，对于部分区间还应增加净空收敛测项。一般可以认为下穿主要造成隆起及下沉变形，监测项目必须包含竖向位移监测，而侧穿、旁穿及开挖等不对称穿越则会造成水平位移，监测项目应有水平位移监测。

10.2.4 可根据线路结构运营安全实际需要，增加穿越区域岩土体的各项变形监测，这里包括深层的位移监测。主要由土体测斜等实现。

10.3 运营期监测方法

10.3.1~10.3.3 为了不影响轨道交通线路的运营，同时还要保障运营期的安全，实时了解运营期间线路的安全状态，应优先考虑自动化监测手段。自动化监测仪器可在白天不间断运营的情况下实时监测变形数据，监测时间、间隔可以随意设定，并自动连接预警平台实现联动。

10.5 自动化监测

10.5.1~10.5.5 城市轨道交通工程结构安全自动化监测系统是较为复杂的集硬件与软件于一体的监测系统,应具备功能完整、稳定可靠、工作效率高、维护方便等特性。自动化监测系统一般包括传感器、数据通信装置、中央控制装置、安全监测系统软件与其他配套设备。为保证系统的稳定运行与维护方便,宜采用成熟可靠的技术和设备,以避免平台纷杂和系统不协调。在自动化监测系统中,安全监测系统软件是一个重要的组成部分,为保证监测数据的准确性、可靠性,安全监测系统软件应该经过国家相关部门的合法鉴定,应有计算机软件著作权。自动化监测设备安装过程中,应保护轨道交通结构范围内的既有设备,且不影响列车的安全运营,如监测设备不能侵入运营界线。

本标准也对自动化监测系统功能、传感器功能、数据采集、数据传输与处理、数据管理与分析软件功能等规定了基本的要求,以保证自动化监测系统的正常运行。另外,有条件和有更多需求的工程,可以提出本规程未包含的、合理的、经过努力可以达到的系统功能要求。

11 监测成果及信息反馈

11.1 一般规定

11.1.1 监测成果是工程监测工作的具体体现，现场的外业观测记录、现场巡查记录、记事项目、内业计算分析资料及各类监测成果报告等均属于监测成果，均需完整记录和保存。

11.1.2 现场监测资料是内业计算分析的基础和依据，必须要做到数据真实可靠。变形测量数据的平差计算和分析处理是变形监测的重要环节，应该高度重视。变形监测具有很强的时效性，其测量过程很难完全再现，因此对于异常数据，应立即分析是否有元器件、仪器、人员等问题导致监测数据错误，必要时应立即进行重新观测，防止错误的监测数据影响监测成果质量。

轨道交通工程监测是一项系统工程，系统内的各监测项目有着内在的、必然的联系。某一项目的监测结果往往不能揭示和反映整体情况，变形分析时，应结合相关项目的监测数据和自然环境、施工工况等情况以及以往数据进行综合分析，才能通过相互印证、去伪存真，正确地把握基坑及周边环境的真实状态。

各类监测报告均应以文字、表格、图形、图片等“形象化、直观化”的表达形式表示出监测对象的安全状态变化情况，以便于相关人员的分析及判断。

为了保证监测成果的可靠性和可追溯性，有关观测记录、巡查记录、计算资料和成果报告均应有责任人签字，并按档案管理的规定进行完整的归档。

11.1.3 ~11.1.7 轨道交通工程监测是按期进行，且监测时间持续较长，监测过程中需要向相关方及时反馈监测信息，提交阶段性监测成果报告。监测日报是即时反映工程安全状态的重要形式，是指导安全施工的重要依据；警情快报是出现各类警情异常时，对警情情况的快速反应，以便各方及时了解异常情况的时间、部位、严重程度等，及时采取相应的风险控制措施；阶段性报告是某一时间段内对该阶段变形工作的总结，综合分析该阶段内各类监测项目和工程总体的变化状态及发展趋势，阶段报告可根据委托方要求以周报、月报或季报等形式提交；总结报告是监测工作全部完成后，向委托方提交的监测工作综合总结报告，应对整个监测工作进行说明、分析，得出整体性的监测结论与建议。监测过程中提交的监测日报、警情快报、阶段性报告是监测总结报告的重要组成部分，应保证其与总结报告成果的一致性。

11.2 信息反馈

11.2.1 为提高安全风险管理和控制水平，建设单位宜建立完善的安全信息化管理系统，实现对监测信息的统一管理。安全信息化管理系统应具备数据采集、处理、分析和查询功能，综合存储和管理各类监测信息，通过自动安全预警与响应，实现工程建设安全风险的标准化管理与信息化管理。

施工监测单位和第三方监测单位应及时将监测数据和巡查情况全面、及时、准确地上传至安全信息化管理系统。

11.2.2 监测成果报告应及时向建设、监理等单位进行报送，应具有时效性。尤其是出现监测预警情况时，应根据预警机制，及时发送快报。

11.2.3 工程监测预警是整个监测工作的核心，也是监测人员的重要职责，通过监测预警使相关单位对异常情况及时做出反应，采取相应措施，控制和避免工程自身和周边环境等安全事故的发生。

12 监测工作管理

12.0.1 本条要求建设单位对轨道交通工程建设期间的监测工作中应起到统筹管理和协调作用,各参建单位应配合建设单位做好监测工作。

12.0.2 监测单位应具备相应的资质和监测专业技术人员,并应符合建设工程所在地相关规定以及合同的要求,同时对相关操作人员进行监测方案交底和安全技术交底。

12.0.3 施工单位关于现场监测方面的任务可委托具有相应资质的单位实施。施工单位对其委托监测单位的工作应进行全面管理,并承担相应工作责任。施工监测单位应具有国家测绘地理信息局颁发的工程测量专业或中华人民共和国住房和城乡建设部颁发的工程勘察设计专业资质证书,并获得省级以上行政主管部门或认证中心颁发的 CMA 计量认证证书。

12.0.4 要求施工监测单位对施工监测成果及时处理、分析并反馈给相关参建单位。施工监测报告应由监测项目负责人及施工单位负责人审核把关。

12.0.5 要求建设单位必须委托第三方监测单位独立开展第三方监测工作,并应在合同中明确第三方监测单位的管理职能,包括其对施工监测单位的管理、监督职能等,并书面通知各相关单位。

12.0.6 第三方监测单位对其监测成果应及时进行处理、分析,并反馈给相关参建单位。第三方监测单位在独立开展监测工作的同时,还应负责对施工监测单位的管理职责,并指导施工监测单位开展工作。

此外,第三方监测单位还应配合建设单位做好相关工作,在工程竣工验收阶段提交相应监测工作成果,并做好监测成果移交工作。

12.0.7 为了体现第三方监测单位的管理、监督、检核及指导等作用,对第三方监测单位的现场监测作业提出要求。

对于明(盖)挖法、矿山法、盾构法等工程,地面竖向位移及水平位移监测点,第三方监测和施工监测单位宜部分共用,共用率不宜少于 50%。共用部分和不共用部分的监测点应错开、间隔布设,且对全部监测点进行编号,标识清晰,并标明哪些监测点是第三方监测单位需监测的,哪些监测点是施工监测单位需要监测的。其目的—是控制工程风险,二是结合施工监测单位的监测成果进行整体分析,判断工程的安全状态,三是可以弥补监测点破坏后的数据缺失。其他测项的监测点宜共用。

对共用部分的监测点,第三方监测单位采用抽查的方式,且抽查率不应低于 30%,监测频率不应少于施工监测的 30%,主要确保施工监测单位监测成果的准确及可靠。

对重大工程、现场出现异常或已发生风险事故的,第三方监测单位应对该区域的全部监测点进行监测,以分析和判断该区域的安全状态。

12.0.9 监理单位应根据监测方案编制监测监理实施细则，以便于合规有效地开展监测监理的相关工作。

12.0.10~12.0.11 监理单位应对施工监测单位、第三方监测单位的工作行使管理职能，及时制止监测单位的不规范行为。