

UDC

DBJ

湖南省工程建设地方标准

DBJ 43/TXXX-2021

P

备案号 JXXXXX-2021

## 湖南省钢管顶管技术标准

Technical standard for steel pipe jacking in Hunan Province

(征求意见稿)

2021-XX-XX 发布

2021-XX-XX 实施

湖南省住房和城乡建设厅 发布

湖南省市场监督管理局

湖南省工程建设地方标准

湖南省钢管顶管技术标准

Technical standard for steel pipe jacking in Hunan Province

DBJ 43/TXXX-2021

批准部门：湖南省住房和城乡建设厅

施行日期：2021年X月X日

2021

# 关于发布湖南省工程建设地方标准《湖南省钢管顶管技术标准》的通知

湘建科[2021]XXX号

各市州住房和城乡建设局，各有关单位：

由湖南省建筑设计院集团有限公司主编的《湖南省钢管顶管技术标准》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-2021，自 2021 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设计院集团有限公司负责具体技术内容解释。

湖南省住房和城乡建设厅

2021 年 X 月 X 日

## 前 言

在城镇给水排水及其它涉水工程中,采用钢管作为顶管主材的非开挖工程项目越来越多,其中所涉及的管径越来越大,线路也越来越长。为顺应这种发展趋势,同时确保工程安全质量和规范技术要求,本标准编制组根据湖南省住房和城乡建设厅《关于公布 2021 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〔2020〕169 号)的要求,制订了专门针对钢管顶管工程的技术标准。本标准在编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了大量的实践经验,并在参考国家和相关地方标准以及广泛征求意见的基础上经审查定稿。

本标准共 9 章,主要内容包括:1 总则;2 术语和符号;3 基本规定;4 顶管工程勘察;5 钢管技术要求;6 顶管工程设计;7 顶管工程施工;8 监测及验收;9 运维及信息管理。

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到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,由湖南省建筑设计院集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行本标准过程中如有意见或建议,请寄送湖南省建筑设计院集团有限公司(地址:长沙市岳麓区福祥路 65 号,邮编:410000)。

主编单位:湖南省建筑设计院集团有限公司

湖南天卓管业有限公司

参编单位:湖南大学设计研究院有限公司

湖南建工集团有限公司

湖南省建筑科学研究院有限责任公司

湖南省冶金材料研究院有限公司

湖南晟嘉建设有限公司

安徽唐兴机械装备有限公司

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术语 .....	2
2.2	符号 .....	3
3	基本规定 .....	5
4	顶管工程勘察 .....	6
4.1	一般规定 .....	6
4.2	勘察布孔 .....	7
4.3	岩土、地下水勘察 .....	8
4.4	地质勘察报告 .....	8
4.5	地下管线和障碍物的探测 .....	10
5	钢管技术要求 .....	12
5.1	基管材质 .....	12
5.2	几何尺寸允许偏差 .....	12
5.3	钢管防腐 .....	13
5.4	接口及焊接要求 .....	14
5.5	现场补口 .....	17
6	顶管工程设计 .....	20
6.1	工程选线 .....	20
6.2	钢管结构上的作用 .....	21
6.3	钢管结构设计 .....	24
6.4	工作井 .....	29
6.5	接收井 .....	33
6.6	顶管设计顶力估算及允许顶力计算 .....	33
6.7	中继间 .....	34
7	顶管工程施工 .....	36
7.1	一般规定 .....	36
7.2	施工组织设计 .....	37
7.3	顶管机具及选型 .....	38
7.4	顶进设备安装 .....	38
7.5	始发与接收 .....	40
7.6	减阻措施 .....	41

7.7	测量及纠偏 .....	41
7.8	管内弃土运输 .....	43
7.9	通风、供电 .....	43
7.10	地面沉降控制措施.....	43
7.11	冬雨期施工.....	44
7.12	施工安全及环境保护.....	45
8	监测及验收 .....	47
8.1	监测 .....	47
8.2	工程质量验收 .....	49
9	运维及信息管理 .....	51
9.1	运 维 .....	51
9.2	信息管理 .....	52
附：	条文说明 .....	55

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范湖南省钢管顶管技术要求,在给水排水及其他涉水钢管顶管工程中贯彻国家技术经济政策,做到安全可靠、确保质量、技术先进、经济合理和保护环境,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于湖南城镇给水排水及其他涉水工程 DN500 以上钢管顶管工程的勘察、设计、施工和验收。小管径钢管顶管工程和非涉水工程的钢管顶管工程可参照使用。

**1.0.3** 湖南城镇给水排水及其他涉水工程钢管顶管工程的勘察、设计、施工和验收,除应符合本标准外,尚应符合国家、行业和地方现行有关标准规范的规定。



## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 顶管 pipe jacking

利用液压顶推装置，将管道在地下逐节顶进的非开挖施工技术。

#### 2.1.2 中继间 intermediate jacking station

为控制最大顶力而设置在管道中间的续顶机构。

#### 2.1.3 工作井 starting shaft

顶管始发端安装顶进设备并进行顶进作业的竖井。

#### 2.1.4 接收井 arriving shaft

顶管终端接收顶管机的竖井。

#### 2.1.5 顶管机 jacking machine

安装在顶进管道最前端的，用于掘进、防坍、出泥和导向等的顶管机构。

#### 2.1.6 导轨 guide track

固定在工作井底板上，作为顶管初始导向和管段拼接平台用的轨道。

#### 2.1.7 穿墙孔 passage hole for pipe jacking

顶管机从工作井穿墙入土的墙洞。

#### 2.1.8 接收孔 arriving hole for pipe jacking

顶管机从土中穿入接收井的孔洞。

#### 2.1.9 反力墙 reaction wall

工作井中承受顶力的墙体。

#### 2.1.10 后座 jacking base

安装在主油缸与反力墙之间，用于扩大反力墙承力面积的支承件。

#### 2.1.11 触变泥浆 thixotropic mud

用于填充顶进管道和土体之间的空间并起到减阻作用的泥浆。

## 2.2 符号

### 2.2.1 管道结构上的作用和作用效应

$F_{sv, k1}$ ——管顶覆土皆为淤泥时，管顶上部竖向土压力标准值；

$F_{sv, k2}$ ——管拱背部竖向土压力标准值；

$F_{sv, k3}$ ——管顶覆土较深时的竖向土压力标准值；

$F_{tk}$ ——温度作用标准值；

$F_{wk}$ ——管道的工作内水压力标准值；

$R$ ——材料抗力设计值；

$S$ ——作用效应组合值；

### 2.2.2 土及管材性能

$C$ ——土的粘聚力；

$E_p$ ——管材弹性模量；

$E_d$ ——管侧土的综合变形模量；

$f$ ——材料抗拉强度；

$\gamma_s$ ——土的重度；

$\gamma$ ——管材重度；

$\varphi$ ——土的内摩擦角。

### 2.2.3 几何参数

$B_f$ ——竖向土压力传至管顶的影响宽度；

$D$ ——管道内径；

$D_0$ ——管道中心直径；

$D_1$ ——管道外径；

$H_s$ ——管顶覆土厚度；

$t$ ——管壁设计厚度；

$t_0$ ——管壁计算厚度；

$L$ ——工作井内最小净空长度

$L_1$ ——顶管机下井时最小长度，如采用刃口顶管机应包括接管长度

$L_2$ ——下井管节长度

$L_3$ ——千斤顶长度

$L_4$ ——留在井内的管道最小长度

$k$ ——后座和顶铁的厚度及安装富余量

$B_1$ ——工作井内最小净空宽度

$s$ ——施工最小操作空间

$H$ ——工作井底板面最小深度

$h$ ——管底最小操作空间

$D_g$ ——工作井穿墙孔直径

$D_2$ ——顶管机外径

$B_2$ ——接收井内最小净空宽度

$D_j$ ——接收孔直径

$C_0$ ——管道允许偏差的绝对值

#### 2.2.4 设计系数

$K_a$ ——主动土压力系数；

$\varphi_c$ ——可变荷载组合系数；

$f_1$ ——承受顶力的受压强度折减系数；

$f_2$ ——偏心受压最大压应力提高系数；

$f_3$ ——材料脆性系数；

$f_4$ ——钢管顶管稳定系数。

### 3 基本规定

**3.0.1** 顶管工程在设计和施工前,应按基本建设程序进行岩土工程勘察和工程环境调查。应了解沿线建(构)筑物状况,并对地下障碍物、地下构筑物及地下管线等进行调查,必要时应进行专业探测。

**3.0.2** 顶管工程设计应综合考虑工程地质、环境条件和施工条件等因素,因地制宜合理选择钢管制作、内外防腐蚀工艺、行程路线、施工机具及适宜的施工工艺。施工过程中需强化工程质量和安全控制管理。

**3.0.3** 顶管工程所用钢管及构配件及主要原材料等进场后应按照国家有关标准的规定进行验收。顶管设备检验合格后方可安装,并进行必要的调试。

**3.0.4** 顶管施工影响范围内存在重要建(构)筑物、地下管线或交通要道、铁路、高速公路和堤防时,应对施工可能引起的地表变形和对周边环境的影响进行实时监测并采取相应的安全保护措施,制定应急预案;在油气、自来水、燃气等管道周边作业时,应根据相关专业的安全防护要求制定专项安全方案并进行评估。

**3.0.5** 顶管穿越铁路、公路或其他重要设施时,应符合铁路、公路或其他重要设施的有关规定要求。

**3.0.6** 顶管施工单位应具有相应的施工资质,在开工之前应编制施工组织设计。

## 4 顶管工程勘察

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 应在拟建工程项目的位置或规划设计线路确定后进行顶管工程勘察。

**4.1.2** 勘察前应根据不同勘察工作阶段的要求，取得下列图纸和资料：

- (1) 管道总平面布置图；
- (2) 管道类型、管底控制高程和管径。

**4.1.3** 顶管工程重要性等级为一级，勘察等级为甲级。勘察分为初步勘察、详细勘察两个阶段。应根据勘察阶段、勘察等级制定勘察纲要，确定勘察工作量；应根据初步勘察成果综合判定实施顶管的可行性，对线路长、沿线情况复杂的工程，宜进行线路比选的选线勘察。

**4.1.4** 应查明顶管沿线各地段的地形、地貌特征，岩土类型、分布范围、埋藏深度、工程特性、分析和评价地基的稳定性、沉降和不均匀沉降等。

**4.1.5** 当管道穿越铁路、公路、河谷地段时，应查明微地貌特征、穿越断面的地层结构、工程地质特性，并对穿越河流的洪水淹没范围、河床及岸坡的稳定性作出评价。

**4.1.6** 应查明顶管沿线地表及地下暗埋的河、湖、塘、沟、洞、坑和井等的分布范围、赋存状态、埋置深度和特性，并提供覆盖层的工程地质特性。

**4.1.7** 应查明顶管沿线的不良地质作用发育和地质灾害发生的可能性，包括岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区及地面沉降等。

**4.1.8** 应进行工程环境勘察，工程环境勘察对象是施工现场环境。现场环境是指对工程施工有影响或施工对其有影响的事物，包括地面环境与地下环境。

(1) 应查明与工程相关的地下障碍物的类型、分布范围、尺寸、位置和使用现状等。

(2) 对施工可能影响到的地面各种不可移动的物体、设施和构筑物，应标明名称、用途、尺寸、稳定程度、结构形式、位置关系和使用状况。

(3) 应查清顶管范围内对人体有害的气体和其它有害物质的分布位置。

(4) 在化工区内顶管时，应查明地下受工业污染的程度和分布范围。

(5) 对工作井、接收井和顶管的施工，应对周边环境的影响作出评价。

4.1.9 勘探孔工作完成后应进行全长封孔。

4.1.10 顶管施工过程遇土洞、溶洞时，应先对土洞、溶洞进行物探及补勘，并根据物探和补勘成果进行有效处理后方可继续顶进。

## 4.2 勘察布孔

4.2.1 勘探孔的布置应符合以下要求：

(1) 勘探孔间距应符合表 4.2.1 规定：

表 4.2.1 勘探孔间距 (m)

场地类别	一级场地 (复杂场地)	二级场地 (中等复杂场地)	三级场地 (简单场地)
勘探孔间距 (初步勘察)	30~60	60~100	100~150
勘探孔间距 (详细勘察)	20~30	30~50	50~100

(2) 应在管道设计轴线两侧各 5m 范围内各布置一条勘探线，两条勘探线的勘探孔应交错布置；不宜布置在顶管管体范围内。

(3) 勘探孔位于铁道、公路地段且必须移位时，勘探孔移位以能控制地层土质变化为原则，且宜在铁道、公路两侧各布置 1 个勘探孔；

(4) 在每个地貌单元、地貌单元交界部位、管线转角处等复杂条件下，应根据场地复杂程度适当增加勘探孔数量；

(5) 在穿越暗河、暗坑、溶洞或可能产生流砂和液化等地质条件复杂的地段时，勘探孔数量应适当增加；

(6) 在穿越河谷时，河谷两岸及河床上应布置勘探孔，其总数量不应小于 3 个；

(7) 每个工作井、接收井不宜少于 2 个勘探孔，复杂地质条件下宜在矩形工作井、接收井的四角或圆形工作井的周边布置勘探孔并增加勘探孔数。

4.2.2 勘探孔的深度应达到管底设计标高以下 5~10m，如遇下列情况，应同时满足其要求。

(1) 当管线穿越河谷时，勘探孔深度应达到河床最大冲刷深度以下 4~6m。

(2) 当管线基底下存在湿陷性土及可能产生流砂、潜蚀或地震液化地层时，勘探孔深度应加深或钻穿该地层。

(3) 在必须采取降低地下水位来进行管线施工的地段，勘探孔孔深应穿透主要含水层。

(4) 当管线下部有承压透水层时，勘探孔应适当加深，或钻穿承压水层，并测量其水位。

(5) 工作井和接收井的勘探孔深度不应小于井底下 5m，在深厚软土、强透水层等特殊情况下应适当加深。

### 4.3 岩土、地下水勘察

4.3.1 应详细调查顶管的上覆地层、顶管穿越土层以及顶管的下部土层。

4.3.2 应查明顶管沿线的特殊性岩土，包括湿陷性土、红粘土、软土层、混合土层、填土层、膨胀岩土层、风化岩和残积土层以及各种污染土层等，评价其对顶管工程的影响程度。

4.3.3 应查明顶管沿线的松软土层，可能产生潜蚀、流砂、管涌和地震液化地层的分布范围、埋深、厚度及其工程地质特性。

4.3.4 应调查地下水类型、含水层、地下水埋藏条件、水力联系条件和分布特征；

4.3.5 应调查历史上地下水的最高水位、最低水位和水位变化幅度；

4.3.6 应测定地下水的 PH 值，氯离子、钙离子和硫酸根离子等的含量，测定地下水和岩土体对混凝土、钢筋及管道的腐蚀等级。

4.3.7 当地下有承压水分布时，应测量承压水的压力，评价对顶管施工的影响。

4.3.8 当顶管位于强透水层时，应测定其渗透系数及涌水量。

### 4.4 地质勘察报告

4.4.1 勘察报告应提供各土层物理力学性质参数，以及地下水和环境资料，并做出针对性的分析评价、建议和结论。

4.4.2 不同阶段的勘察报告应分别满足工程规划、设计和施工阶段的技术要求，并应符合下列规定：

(1) 初步勘察报告应阐述场地工程地质条件、评价场地稳定性和适应性，推荐管道最优线路方案，为合理确定顶管的平面布置、选择顶进标高和防治不良地质现象提供依据。

(2) 详细勘察报告应分段评价岩土工程条件，应提供顶管和工作井、接收井设计、施工所需的各土层物理力学性质参数，以及地下水和环境资料，并应对工作井、接收井和顶管设计、施工方案提出建议和针对性的分析评价。

**4.4.3** 勘察报告应满足设计、施工的要求，提供相应的资料，并作出分析、建议和结论。

**4.4.4** 工程地质条件简单和勘察工程量小的工程，可适当简化勘察报告的内容。

**4.4.5** 勘察报告主要由文字和图表构成。

**4.4.5.1** 勘察报告文字部分应包含以下内容：

- (1) 勘察目的和任务要求；
- (2) 勘察方法和工作布置；
- (3) 拟建顶管工程的基本特性；
- (4) 场地地形、地质（地层、地质构造）、地貌、岩土性质、地下水及不良地质现象的阐述和评价；
- (5) 地基稳定性评价及地基处理建议方案；
- (6) 岩土参数的搜集、分析和选用；
- (7) 工程施工期间可能发生的岩土工程问题的预测、监控和防治措施的建议；
- (8) 顶管施工中障碍物的预测、分析和评价；
- (9) 顶管施工对周边环境影响的分析和评价；
- (10) 有关顶管工程设计和施工措施的建议。

**4.4.5.2** 勘察报告图表部分应包括以下内容：

- (1) 勘探点平面布置图。
- (2) 工程地质柱状图。
- (3) 工程地质剖面图。
- (4) 原位测试成果图表。
- (5) 室内试验成果图表。
- (6) 场地典型钻孔岩土样的彩色照片。



## 4.5 地下管线和障碍物的探测

### 4.5.1 探测工作应遵循下列原则

- (1) 应通过试验选用探测技术和数据采集参数。
- (2) 宜从已知到未知，从简单到复杂；单一方法多解时，宜采用多种方法进行综合探测。
- (3) 应充分收集和整理已有的城市综合地下管线规划和现状信息系统、水文地质、地球物理、勘察、设计、施工及运营等资料。

4.5.2 探测工作应符合现行《湖南省城镇地下管线探测技术标准》DBJ43/T502和《城市工程地球物理探测标准》CJJ/T 7的有关规定。

### 4.5.3 地下管线探测

(1) 地下管线探测应在现有地下管线资料调绘工作的基础上，采用实地调查与仪器探测相结合的方法，实地查明各种地下管线的敷设状况，绘制探测草图，并应在地面上设置管线点标志。

(2) 地下管线探测点包括地下管线特征点和附属设施(附属物)中心点，可分为明显管线点和隐蔽管线点；明显管线点应进行实地调查和直接测量，隐蔽管线点可采用物探方法。

(3) 地下管线探测点点位应设置在管线特征点或附属设施中心点上，在无特征点的直线段上也应设置地下管线探测点，其在地形图上的间距应不大于0.15m。

(4) 遇弯曲的地下管线时，应在圆弧起讫点和中点设置地下管线探测点。当圆弧较大时，设置的地下管线探测点应能反映地下管线的弯曲特征。

(5) 当采用现有的探测技术手段不能查明地下管线的空间位置时，宜进行开挖或钎探探查；现场条件不允许开挖或钎探时，应将问题记录存档。

### 4.5.4 地下其他障碍物探测

(1) 当障碍物性质与周边介质相差明显时，可以通过弹性波速度特征推断障碍物的位置和大小。

(2) 障碍物与周边介质密度相差较大或粒径较大时，可通过重力探测判定。

(3) 当障碍物的电阻率与周边介质相差较大时，可采用电法探测、电磁法探测、地震波法和声波法探测。

#### 4.5.5 探测工作质量检查

- (1) 质量检查应根据具体的探测方法选择检查方式。
- (2) 检查点应均衡分布、随机选取，异常和可疑地段应重点检查。
- (3) 在资料审核时应提交质量检查资料。

**4.5.6** 探测工作资料处理不得使用未经检查或检查不合格的探测数据，应在分析各项物探资料的基础上，充分利用已知资料，按照从已知到未知、先易后难、点面结合、定性指导定量的原则进行。

#### 4.5.7 探测成果资料应包括下列内容：

- (1) 工作的目的、任务、范围、期限和测区位置等。
- (2) 成果依据、技术要求、工作方法有效性分析；物探方法的选择原则及采取的技术措施。
- (3) 地形、地质和物性特征。
- (4) 探测工作布置图；测网布置和数据采集。
- (5) 质量检查数据和质量评定表。
- (6) 定性、定量分析图件；平面、断面成果图表。
- (7) 资料整理与解释。
- (8) 建议和结论。

## 5 钢管技术要求

### 5.1 基管材质

5.1.1 钢管顶管基管主要采用符合《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 规定的螺旋缝埋弧焊钢管。基管材质应根据不同的管道输送压力和管道周围土体压力等综合因素选择，宜采用碳素结构钢或低合金结构钢，常用 Q235A、Q235B 和 Q355B 等。

5.1.2 当采用碳素结构钢时，基管材质的规格和性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700 的规定。当采用低合金结构钢时，基管材质的规格和性能应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T1591 的规定。

### 5.2 几何尺寸允许偏差

5.2.1 制作管件的几何尺寸允许偏差应符合表 5.2.1 的规定：

表 5.2.1 钢管管件几何尺寸允许偏差（mm）

项目	允许偏差	
周长	$D_1 \leq 600$	$\pm 2.0$
	$D_1 > 600$	$\pm 0.0033D$
外径	$\pm 1\%D$ 或 $\pm 10\text{mm}$ ，两者取较小值；距管端 100mm 范围内允许偏差为 $+3.2$ 和 $-0.8$ ；	
椭圆度	管端部位 $0.005D_1$ ，其他部位 $0.01D_1$	
端面垂直度	$0.001D_1$ ，且不应大于 1.5mm	
弧度	用弧长 $\pi D/6$ 的弧形板量测于管内壁或外壁纵缝处形成的间隙，间隙不应大于 $(0.1t+2)$ mm，且不应大于 4mm；距管端 200mm 纵缝处的间隙不应大于 2mm	

注：1  $D_1$  为管道外径（mm）， $t$  为钢管壁厚（mm）。

2 椭圆度为同一横剖面上互相垂直的最大外径与最小外径之差。

5.2.2 单根钢管的长度误差应符合表 5.2.2 中的相关规定。

表 5.2.2 单根钢管长度误差

$500 \leq D_1 < 3000$	$+10\text{mm}$ ； $-0\text{mm}$
-----------------------	--------------------------------

注： $D_1$  为管道外径（mm）

5.2.3 钢管的壁厚偏差应在表 5.2.3 规定的偏差范围内。

表 5.2.3 壁厚偏差

壁厚 $t$ （mm）	偏差（mm）
$5.0 < t < 15.0$	$\pm 10\%t$

$t \geq 15.0$	$\pm 1.5$
---------------	-----------

**5.2.4** 对规定壁厚  $t \geq 9\text{mm}$  的平端钢管均应加工焊接坡口。通常坡口面角度为  $30^\circ$ ，上偏差为  $+5^\circ$ ，下偏差为  $0^\circ$ 。其钝边尺寸一般为  $1.6\text{mm}$ ，偏差为  $\pm 0.8\text{mm}$ 。

**5.2.5** 对规定壁厚  $t \leq 12.5\text{mm}$  的钢管，错边不得超过  $0.35t$ ，且最大不得超过  $3\text{mm}$ 。  
对规定壁厚  $t > 12.5\text{mm}$  的钢管，错边不得超过  $0.25t$ 。

**5.2.6** 钢管表面凹凸度一般用管道直径的百分比表示，其最大值应  $\leq 30\text{mm}$ 。

**5.2.7** 顶进钢管应考虑温差作用下的伸缩变化，当管道长度在  $100\text{m}$  以上时，应有一个工作井的穿墙管能使钢管自由伸缩；长度超过  $600\text{m}$  时，两基工作井墙壁的穿墙管均应能使钢管自由伸缩；长度超过  $1000\text{m}$  时，每  $500\text{m}$  宜设一个伸缩接头。钢管与工作井井墙均采用刚性连接时，必须验算温差作用下井墙受力和管道的连接强度。

## 5.3 钢管防腐

**5.3.1** 钢管防腐应符合下列规定：

(1) 钢管防腐分外防腐和内防腐，应根据设计和使用要求确定。

(2) 钢管进行防腐前应清除油污、水，表面需打磨至露出金属光泽，无凹凸不平。表面除锈等级应达到现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T8923.1 规定的 Sa2.5 级，锚纹深度应达到  $40\mu\text{m} \sim 90\mu\text{m}$ 。除锈后，应同步清除表面灰尘，表面灰尘度等级应不低于现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第 3 部分：涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定（压敏粘带法）》GB/T18570.3 规定的 3 级。

(3) 钢管防腐层各种原材料均应具备出厂质量证明书、出厂合格证、检验报告、安全数据单以及使用说明书等技术资料。

(4) 钢管防腐层各种原材料均应具备完好的包装条件，并按照使用说明书提出的要求进行存放，且在装运和储存过程中保持干燥和清洁。

(5) 钢管防腐层各种原材料使用前均应由通过国家计量认证的检验机构，对相应性能项目进行检测，检测结果合格后的方可使用。

(6) 钢管防腐应采用电加热工艺喷加内外防腐涂层，加热温度宜控制在  $200^\circ\text{C}$

±20℃范围之内进行。

**5.3.2** 顶管钢管内、外防腐宜在工厂内完成。其中，内防腐应根据不同的输送介质以及介质的类型、浓度和温度等选择防腐材料，可采用熔结环氧粉末；外防腐应根据顶管穿越土层的性质和穿越长度等因素选择防腐材料，可采用环氧树脂玻璃钢或三层结构聚乙烯等。

### 5.3.3 防腐层厚度

管道内防腐采用熔结环氧粉末，其厚度应符合表 5.3.3-1 的规定。管道外防腐为环氧树脂玻璃钢或三层结构聚乙烯时，其厚度应分别符合表 5.3.3-2 和表 5.3.3-3 的规定。

**表 5.3.3-1 钢管熔结环氧粉末内防腐层厚度要求**

内壁防腐层等级	最小厚度 (μm)
普通级	≥300
加强级	≥500

**表 5.3.3-2 钢管环氧树脂玻璃钢外防腐层厚度要求**

外壁防腐层构造	厚度 (mm)
(1) 底层树脂 (2) 面层树脂 (3) 玻璃布 (4) 面层树脂 (5) 玻璃布 (6) 面层树脂 (7) 面层树脂	≥3.0

**表 5.3.3-3 钢管三层结构聚乙烯外防腐层厚度要求**

钢管公称直径 DN	环氧涂层 (μm)	胶粘剂层 (μm)	聚乙烯层 (mm)	
			普通级	加强级
500≤DN<800	≥150	≥170	2.5	3.2
800≤DN≤1200			3.0	3.7
DN>1200			3.3	4.2

## 5.4 接口及焊接要求

**5.4.1** 普通钢管现场接口端面应采用一端瓶直口，另一端单边 V 形或 K 形坡口，如图 5.4.1 所示。也可根据实际需要，采用 V 形或 X 形坡口。

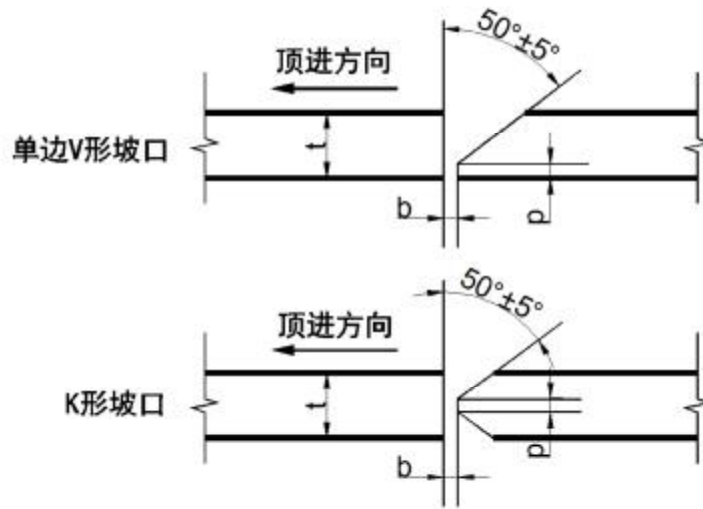


图 5.4.1 钢管焊接接口形式

**5.4.2 普通钢管焊缝应满足以下要求：**

(1) 钢管对接时，管口对接应平整，当采用 300mm 的直尺在接口外纵向贴靠检查时，相邻管壁的错位允许偏差为 0.2 倍壁厚，且不大于 2mm。

(2) 钢管对接时，相邻管段的纵向焊缝位置错开距离应大于 300mm。

(3) 对口焊接时，DN<800mm 的管道焊缝宜采用“V”形坡口，DN≥800mm 的管道宜采用“K”形坡口。不论采用何种坡口形式，同顶铁的接触面均应为平端。

**5.4.3 普通钢管现场连接应符合下列规定：**

(1) 以平直口为顶进边；

(2) 焊缝尺寸符合表 5.4.3 的要求。

表 5.4.3 钢管现场对接尺寸要求 (mm)

坡口形式	t	b	p	对接允许错边量
单边 V 形	6~9	1±1	1±1	0.2t, 且不应大于 2
	9~15	2 <sup>+1</sup> <sub>-1</sub>	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	
	15~26	3 <sup>+1</sup> <sub>-3</sub>	3 <sup>+1</sup> <sub>-3</sub>	
K 形	12~40	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	3 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	

**5.4.4 管节接口连接前，应在地面的临时堆场上提前测量并调整好管节的吊装位置后，再将管节吊入工作井内，两相邻管节纵、环向焊缝的位置应符合如下要求：**

(1) 螺旋缝埋弧焊钢管的螺旋焊缝应放在管道中心垂线上半圆的 45°左右处；且螺旋焊缝应错开，错开间距不得小于 100mm；

(2) 钢管接口连接的任何位置不应存在十字形焊缝。

**5.4.5** 在下列任何一种环境中，如未采取有效的防护措施不应进行接口连接：

- (1) 雨雪天气。
- (2) 空气湿度大于 90%。
- (3) 钨极氩弧焊，风速大于 2m/s。
- (4) 自保护药芯焊丝半自动焊，风速大于 5m/s。
- (5) 低氢型焊条手工电弧焊，风速大于 8m/s。
- (6) 环境温度低于焊接工艺评定规定的温度。

**5.4.6** 钢管焊接设备的性能应满足焊接工艺要求，并应具有良好的工作状态和安全性能。

**5.4.7** 焊接材料的使用及存放条件应符合下列要求：

(1) 损坏或有变质迹象的焊接材料严禁用于焊接，且不能随意丢弃。焊接用保护气体的纯度、配比和含水量等指标，应满足焊接工艺指导书的要求；

(2) 存放焊材的库房应配备湿度、温度自动记录仪以及空调，库房湿度不得低于 65%；地面应注意防潮，焊材存放位置应离地至少 300mm；

(3) 低氢型焊条使用前应在 350~380℃条件下烘干 1.5~2h，烘干后应缓冷放置于保温箱中存放待用；烘干后的低氢型焊条在大气中放置时间若超过 4h，应重新烘干，重复烘干次数不宜超过 2 次；

(4) 自保护药芯焊丝不应烘干，纤维素焊条不宜烘干。

**5.4.8** 当环境温度较低时，应进行钢管焊接预热处理，可使用红外线测温仪等测温工具测量，并应符合表 5.4.8 的规定。

**表 5.4.8 钢管焊接预热温度要求**

钢材材质	环境温度 (°C)	预热宽度 (mm)	预热温度 (°C)
含碳量≤0.2%碳素钢	≤-20	接口每侧 40mm 范围内	100~150
0.2%<含碳量<0.3%	≤-10		
Q355	≤0		100~200

**5.4.9** 现场焊接施工工艺应按焊接工艺指导书实施。顶管钢管的接口焊接宜常用焊条电弧焊(SMAW)、氩电联焊(GTAW+SMAW)、熔化极气体保护焊(GMAW)、药芯焊丝电弧焊(FCAW)和 STT 技术半自动保护焊等工艺。

**5.4.10** 不论是定位焊还是正式焊接，均不得在坡口以外的管壁上引弧。

5.4.11 管径  $D_1 > 800\text{mm}$  时，应采用双面焊。

5.4.12 焊接过程中，非全自动焊焊接方式应采取两人两机对称施焊。两名焊工使用的焊接电流、焊接速度和焊接层数应保持一致。

5.4.13 根焊焊道焊接时，应使用较小的焊接参数，尽可能实现单面焊双面成形。

5.4.14 多层多道焊接时，道间温度宜控制在  $150^\circ\text{C}$  以下。每层焊道上的焊渣，应清除干净后再焊下一道。

5.4.15 顶管施工过程中，管道的每道接口均应一次性焊完。如遇特殊情况导致无法焊完，当日至少应完成管壁厚度的 50%，且不应少于 3 层。

5.4.16 焊接结束后，应进行焊缝外观质量检查，并应符合表 5.4.16 的技术要求。

表 5.4.16 焊缝外观质量要求

项目	技术要求
外观	不得存在焊瘤、裂纹、未熔合、气孔、夹渣、弧坑和飞溅等表面缺陷；焊缝表面不得低于母材表面，且与母材应过渡圆滑
宽度	每侧宽度应比坡口边缘宽 1~2mm
余高	应不大于 4mm
咬边	咬边深度应 $\leq 0.5\text{mm}$ ，焊缝两侧咬边总长不得超过焊缝长度的 10%，且连续长度不应大于 100mm；当咬边深度大于 0.8mm 时，任何咬边长度均不合格
错边	应 $\leq 0.2t$ ，且不应 $> 2\text{mm}$
未焊透	不允许

5.4.17 焊缝经外观检查合格且冷却至常温后，应立即进行无损检测。无损探伤检测的方法应按设计要求选用，并应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB50683 的规定。

5.4.18 不合格的焊缝应返修，返修次数不应超过 3 次。

## 5.5 现场补口

5.5.1 现场补口应按现行国家标准《管道外防腐补口技术规范》GB/T21241 执行，施工前做好相关安全防护措施和技术交底。

5.5.2 补口前应对焊口进行检查和清理，将焊口及其两侧金属裸露范围内的油污、泥土、毛刺、焊渣、焊瘤和飞溅物等打磨清理干净，直至露出金属光泽。采



用喷砂除锈质量等级应达到 Sa2.5 级，人工除锈质量等级应达到 St3.0 级。管节原防腐层端部有翘边、生锈、开裂等缺陷时，也应同步进行清理。

**5.5.3** 管口表面处理与补口施工的间隔时间不宜超过 2h。如表面返锈，应重新进行表面处理。

**5.5.4** 在下列任何一种环境中，如未采取有效的防护措施不应进行露天补口施工：

- (1) 雨天、雪天、风沙天；
- (2) 风力达到 5 级以上；
- (3) 相对湿度大于 85%；
- (4) 环境温度低于 0℃。

**5.5.5** 补口施工可采用人工或机具两种安装方式，顶管现场一般采取人工安装方式。内壁补口可采用环氧粉末涂料涂敷，外壁补口可采用固化时间控制在 0.5h 左右的熔结环氧粉末涂料底漆+辐射交联聚乙烯热收缩带（套）方式或设计选定的其他方式；如使用热收缩带（套），补口搭接部位的聚乙烯层应打磨至表面粗糙，粗糙程度应符合热收缩带（套）使用说明书的要求。

**5.5.6** 从事补口工作地点，非操作人员禁止入内。防腐施工人员必须穿戴好工作服、手套、护目镜或面盔等防护用具。

**5.5.7** 管口表面有水气（露水或霜）时，应采用无污染的加热方式对钢管表面补口部位进行加热，加热温度宜为 30~40℃，但加热不应损坏管体防腐层。

**5.5.8** 管口加热完毕后，应立即测温。测量管口上下左右 4 点的温度，4 个点的温差不大于±5℃为宜。

**5.5.9** 补口作业时，应按照涂料生产厂家使用说明书的要求调配底漆并均匀涂敷，底漆厚度应满足设计要求。可采用便携式电磁测厚仪测量环向焊缝附近任意 8 个点的涂层厚度，取其平均值为涂层厚度，结果应符合现行行业标准《给水涂塑复合钢管》CJ/T120 的要求。一般补口区的涂层厚度为原涂层的 1.5 倍。

**5.5.10** 热收缩带（套）安装时应加热，宜控制火焰强度，缓慢加热。加热过程中，不应在热收缩带（套）上任意一点长时间烘烤。收缩过程中，用指压法检查胶的流动性，手指压痕应自动消失。收缩后，热收缩带（套）与聚乙烯层搭接宽度应不小于 100mm，但不得超过聚乙烯涂层的倒角区。采用热收缩带时，还应

采用固定片固定，周向搭接宽度应不小于 80mm。

**5.5.11** 热收缩带（套）安装完成后，应逐个检查补口外观，表面应光滑平整、无皱折、无气泡和无空鼓。涂层两端坡角处与热收缩带（套）应贴合紧密，表面无烧焦碳化现象，热收缩带（套）周向应有胶粘剂均匀溢出痕迹。

**5.5.12** 热收缩带（套）安装完成后，应逐个检查其厚度，并应符合表 5.5.12 的技术要求。但补口后的总厚度，应与原基材防腐层厚度持平。

**表 5.5.12 热收缩带（套）的厚度要求**

基材类型	管径(mm)	基材(mm)	胶层(mm)
普通型	≤400	≥1.2	≥1.0
	>400	≥1.5	
高密度型		≥1.0	≥1.5

**5.5.13** 热收缩带（套）安装完成后，应采用电火花检漏仪逐个进行针孔检查，检漏电压为 15kV。如出现针孔，应重新补口，直至合格。

**5.5.14** 热收缩带（套）安装完成后，应采用便携式剥离强度测定装置检验剥离强度。检验时，可用红外线测温仪监测剥离条根部温度，温度宜为 15~25℃。钢管和聚乙烯防腐层的剥离强度均不应小于 50N/cm<sup>2</sup>，并且 80% 的表面呈内聚破坏；当剥离强度超过 100N/cm<sup>2</sup> 时，可以呈界面破坏，剥离面的底漆应完整附着在钢管表面。

**5.5.15** 补口全部完成后，现场应保持整洁，将残存的易燃、有毒物质及其它杂物清除干净；同时，尽量缩短与下道工序的间隔时间，避免经防腐后的管道长时间暴露。

## 6 顶管工程设计

### 6.1 工程选线

6.1.1 顶管工程选线应按照以下原则：

- (1) 尽量避开地面建、构筑物及树木；
- (2) 应避开褶皱核部、地下障碍物等特殊不良工程地质情况。
- (3) 不宜在活动性地震断裂带通过；
- (4) 合理控制线路与附近建（构）筑物的距离；
- (5) 穿越河道时，应布置在河床的冲刷线以下。

6.1.2 顶管管道上覆土厚度应满足以下规定：

- (1)  $\geq 1.5D_1$  且  $\geq 3\text{m}$ ， $D_1$  为管道外径；
- (2) 穿越江河水底时，管道应布设在河床冲刷线以下，管道上已固结覆土土层最小厚度应根据计算确定，且不宜小于 3.0m；
- (3) 在有地下水地区及穿越江河时，管道上覆土层的厚度还应满足管道抗浮要求；
- (4) 穿越铁路、公路、堤防或其他重要设施时，管道上部覆土厚度应遵守铁路、公路、堤防或其他重要设施的相关安全规定。

6.1.3 拟顶管道与既有管道、周边建（构）筑物基础水平净间距应根据土层特性、管道直径、管道覆土厚度及管道走向等因素确定，并符合表 6.1.3 的要求。

表 6.1.3 各种走向管道适用净间距

平行	与既有管平	1m, 且 $>D_1$
	比既有管低	2m, 且 $>1.5 D_1$
交叉	正交下穿	1m, 且 $>0.5 D_1$
	斜交下穿	2m, 且 $>D_1$

注：1  $D_1$  为管道外径；

2 拟顶管道在既有管道上方通过时，净间距宜取  $0.5D_1$ 。

3 管底标高高于或平建筑（构）物基础底时，不应小于  $D_1$ ；

4 管顶标高低于建筑（构）物基础底时，应大于  $2D_1$ ，且不应从建（构）筑物基础的影响范围下穿过，并应根据顶管对建（构）筑物基础的不利影响对其采取保护措施。

除满足上述要求外，顶管管道尚需根据顶管及既有管道内介质的不同，满足相关规范的间距要求。

## 6.2 钢管结构上的作用

6.2.1 钢管结构上的作用，可分为永久作用和可变作用两类：

(1) 永久作用应包括管道结构自重、竖向土压力、侧向土压力、管道内水重和顶管轴线偏差引起的纵向作用。

(2) 可变作用应包括管道内的水压力、管道真空压力、地面堆积荷载、地面车辆荷载、地下水作用、温度变化作用和顶力作用。

6.2.2 钢管结构设计时，对不同性质的作用应采用不同的代表值：

(1) 对永久作用，应采用标准值作为代表值。

(2) 对可变作用，应根据设计要求采用标准值、组合值或准永久值作为代表值。

(3) 可变作用组合值应为可变作用标准值乘以作用组合系数；可变作用准永久值应为可变作用标准值乘以作用的准永久值系数。

6.2.3 当钢管结构承受两种或两种以上可变作用时，承载能力极限状态设计或正常使用极限状态按短期效应的标准组合设计中，对可变作用应采用组合值作为代表值。

6.2.4 正常使用极限状态应按长期效应组合设计，可变作用应采用准永久值作为代表值。

6.2.5 永久作用标准值：

6.2.5.1 管道结构自重标准值可按下列公式计算：

$$G_{1k} = g \times \pi \times D_0 \times t \quad (6.2.5.1)$$

式中  $G_{1k}$ ——单位长度管道结构自重标准值 (kN/m)；

$t$ ——管壁设计厚度(m)；

$\gamma$ ——管材重度，钢管可取  $\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3$ ；

$D_0$ ——管道中心直径， $D_0 = D + t$ 。

6.2.5.2 作用在管道上的竖向土压力，其标准值应按覆盖层厚度和力学指标确定。

(1) 当管顶覆盖层为淤泥土时,管顶上部竖向土压力标准值应按下式计算:

$$F_{sv,k1} = \sum_{i=1}^n g_{si} h_i \quad (6.2.5.2-1)$$

管拱背部的竖向土压力可近似化成均布压力,其标准值为:

$$F_{sv,k2} = 0.215 g_{si} R_2 \quad (6.2.5.2-2)$$

式中  $F_{sv, k1}$ ——管顶上部竖向土压力标准值(kN/m<sup>2</sup>);

$F_{sv, k2}$ ——管拱背部竖向土压力标准值(kN/m<sup>2</sup>);

$\gamma_{si}$ ——管道上部  $i$  层土层重度 (kN/m<sup>3</sup>), 地下水位以下应取有效重度;

$h_i$ ——管道上部  $i$  层土层厚度(m);

$R_2$ ——管道外半径。

(2) 当管顶覆土层不属上述情况时,顶管上竖向土压力标准值应按下式计算:

$$F_{sv,k3} = C_j (g_{si} B_t - 2C) \quad (6.2.5.2-3)$$

$$B_t = D_1 \left[ \frac{1}{e} + \frac{f}{2} \frac{H_s}{B_t} \right] + \frac{2C}{e} \quad (6.2.5.2-4)$$

$$C_j = \frac{1 - \exp\left(-\frac{2K_a m H_s}{B_t}\right)}{2K_a m} \quad (6.2.5.2-5)$$

式中  $F_{sv, k3}$ ——管顶竖向土压力标准值(kN/m<sup>2</sup>);

$C_j$ ——顶管竖向土压力系数;

$B_t$ ——管顶上部土层压力传递至管顶处的影响宽度(m);

$D_1$ ——管道外径(m);

$f$ ——管顶土的内摩擦角(°);

$C$ ——土的粘聚力(kN/m<sup>2</sup>), 宜取地质报告中的最小值;

$H_s$ ——管顶至原状地面埋置深度(m);

$K_{a\mu}$ ——原状土的主动土压力系数和内摩擦系数的乘积, 一般粘性土可取 0.13, 饱和粘土可取 0.11, 砂和砾石可取 0.165。

3 当管道位于地下水位以下时, 尚应计入地下水作用在管道上的压力。

6.2.5.3 作用在管道上的侧向土压力, 标准值可按下列几种条件分别计算:

(1) 当管道处于地下水位以上时，侧向土压力标准值可按下式计算主动土压力：

$$F_{h,k} = \frac{\alpha}{\gamma} F_{sv,ki} + \frac{\gamma_{si} D_1}{2} \frac{\alpha}{\gamma} K_a - 2C\sqrt{K_a} \quad (6.2.5.3)$$

式中  $F_{h,k}$ ——侧向土压力标准值(kN/m<sup>2</sup>)，作用在管中心；

$$K_a \text{——主动土压力系数，即 } K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

(2) 当管道处于地下水位以下时，侧向水土压力标准值应采用水土分算，土的侧压力按式 6.2.5.3 计算，重度取有效重度；地下水压力按静水压力计算，水的重度可取 10kN/m<sup>3</sup>。

**6.2.5.4** 管道内水重的标准值，可按不同水质的重度计算。

**6.2.6** 可变作用标准值及其准永久值系数：

**6.2.6.1** 管道设计水压力的标准值，可按表 6.2.6.1 采用。准永久值系数可取 0.7，但不得小于工作压力。

**表 6.2.6.1 压力管道内设计水压力标准值**

管材类型	工作压力	设计水压力 (MPa)
焊接钢管	$F_{wk}$	$F_{wk}+0.5$ 且不小于 0.9

注：1 工业企业中低压运行的管道，其设计内水压力可取工作压力的 1.25 倍，但不得小于 0.4MPa；

2 当管线上设有可靠的调压装置时，设计内水压力可按具体情况确定。

**6.2.6.2** 管道在运行过程中可能产生的真空压力，其标准值可取 0.05MPa 计算，其准永久值系数可取  $\varphi_q=0$ 。

**6.2.6.3** 地面堆积荷载传递到管顶处竖向压力标准值  $q_{mk}$ ，可按 10kN/m<sup>2</sup> 计算，其准永久值系数可取  $\varphi_q=0.5$ 。

**6.2.6.4** 地面车辆轮压传递到管顶处的竖向压力，其标准值  $q_{vk}$  按相关规范规程执行，其准永久值系数应取  $\varphi_q=0.5$ 。当埋深大于 2m 时可不计冲击系数。地面堆积荷载与地面车辆轮压可不考虑同时作用。

**6.2.6.5** 温度作用标准值，可按温差  $\pm 20^\circ\text{C}$  计算，其准永久值系数可取  $\varphi_q=1.0$ 。

## 6.3 钢管结构设计

**6.3.1** 本标准采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量管道结构的可靠度，除管道的稳定验算外，均应采用分项系数的设计表达式进行设计。

**6.3.2** 钢管应按柔性管计算。管壁设计厚度 ( $t$ ) 应采用管壁计算厚度 ( $t_0$ ) 加腐蚀量厚度，腐蚀量厚度应根据使用年限及环境条件确定，且不应小于 2mm。钢管年腐蚀量标准可按表 6.3.2 确定。

表 6.3.2 钢管年腐蚀量（单面）标准

腐蚀环境	低于地下水位区	地下水位变化区	高于地下水位地区
	淡水	淡水	
腐蚀量 (mm/年)	0.02	0.04	0.03

**6.3.3** 钢管管道结构设计应计算下列两种极限状态：

(1) 承载能力极限状态：顶管结构纵向超过最大顶力破坏，管壁因材料强度被超过而破坏；柔性管道管壁截面丧失稳定；管道的管段接头因顶力超过材料强度破坏。

(2) 正常使用极限状态：柔性管道的竖向变形超过规定限值。

**6.3.4** 钢管管道结构的内力分析，均应按弹性体系计算，不考虑由非弹性变形所引起的塑性内力重分布。

**6.3.5** 承载能力极限状态计算规定：

**6.3.5.1** 管道结构按承载能力极限状态进行强度计算时，结构上的各项作用均应采用设计值。作用设计值，应为作用代表值与作用分项系数的乘积。

**6.3.5.2** 管道按强度计算时，应采用下列极限状态计算表达式：

$$g_0 S \leq R \quad (6.3.5.2)$$

式中  $g_0$ ——管道的重要性系数，给水工程单线输水管取 1.1；双线输水管和配水管道取 1.0；污水管道取 1.0；雨水管道取 0.90；

$S$ ——作用效应组合的设计值；

$R$ ——管道结构抗力设计值。钢管道按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定确定。

**6.3.5.3** 作用效应的组合设计值，应按下列式确定：

$$S = \gamma_{G1} C_{G1} G_{G1} + \gamma_{G,sv} C_{sv} G_{sv,k} + \gamma_{Gh} C_h F_{h,k} + \gamma_{Gw} C_{Gw} G_{Gk} + j_c \gamma_Q (C_{Q,wd} F_{wd,k} + C_{Qv} Q_{vk} + C_{Qm} Q_{mk} + C_{Qt} Q_{tk}) \quad (6.3.5.3)$$

式中

$\gamma_{G1}$ ——管道结构自重作用分项系数，可取  $\gamma_{G1}=1.3$ ；

$\gamma_{G,sv}$ ——竖向水土压力作用分项系数，可取  $\gamma_{G,sv}=1.3$ ；

$\gamma_{Gh}$ ——侧向水土压力作用分项系数，可取  $\gamma_{Gh}=1.3$ ；

$\gamma_{Gw}$ ——管内水重作用分项系数，可取  $\gamma_{Gw}=1.3$ ；

$\gamma_Q$ ——可变作用的分项系数，可取  $\gamma_Q=1.5$ ；

$C_{G1}$ 、 $C_{sv}$ 、 $C_h$ 、 $C_{Gw}$ ——分别为管道结构自重、竖向和侧向水土压力及管内水重的作用效应系数；

$C_{Q,wd}$ 、 $C_{Qv}$ 、 $C_{Qm}$ 、 $C_{Qt}$ ——分别为设计内水压力、地面车辆荷载、地面的作用效应系数；

$G_{1k}$ ——管道结构自重标准值；

$F_{sv,k}$ ——竖向水土压力标准值；

$F_{h,k}$ ——侧向水土压力标准值；

$G_{wk}$ ——管内水重标准值；

$F_{wd,k}$ ——管内设计内水压力标准值；

$Q_{vk}$ ——车行荷载产生的竖向压力标准值；

$Q_{mk}$ ——地面堆积荷载作用标准值；

$F_{tk}$ ——温度变化作用标准值；

$\varphi_c$ ——可变荷载组合系数，对柔性管道取  $\varphi_c=0.9$ ；对其他管道取  $\varphi_c=1.0$ 。

**6.3.5.4** 承载能力极限状态强度计算的作用组合，应根据顶管实际条件按表 6.3.5.4 的规定采用。

**表 6.3.5.4 承载能力极限状态强度计算的作用组合表**

管材	计算工况	永久作用			可变作用		
		管自重 $G_1$	竖向和水 平土压力 $F_{sv}$	管内水重 $G_w$	管内水压 $F_{wd}$	地面车辆 荷载或堆 载 $Q_v$ 、 $Q_m$	温度作用 $F_t$
钢管	空管期间	√	√			√	√



	管内满水	√	√	√		√	√
	使用期间	√	√	√	√	√	√

**6.3.5.5** 对柔性钢管管壁截面进行稳定验算时，各项作用应取标准值，并应满足稳定系数不低于 2.0，作用组合应按表 6.3.5.5 规定采用。

**表 6.3.5.5 管壁稳定验算作用组合表**

永久作用	可变作用		
竖向土压力	地面车辆或堆积荷载	真空压力	地下水
√	√	√	√

**6.3.6** 正常使用极限状态验算规定：

**6.3.6.1** 管道结构按正常使用极限状态进行验算时，各项作用效应均应采用作用代表值。

**6.3.6.2** 正常使用极限状态验算时，作用组合工况可按本规程表 6.3.5.4 的规定采用。

**6.3.6.3** 钢管管道在准永久组合作用下长期竖向变形允许值，应符合下列要求：内防腐为延性良好的涂料的钢管，其最大竖向变形不应超过  $0.03D_0$ 。

**6.3.7** 承载能力极限状态计算：

**6.3.7.1** 钢管管壁截面的最大组合折算应力应满足下式要求：

$$hs_q \leq f \quad (6.3.7.1-1)$$

$$hs_x \leq f \quad (6.3.7.1-2)$$

$$g_0s \leq f \quad (6.3.7.1-3)$$

$$s = h\sqrt{s_q^2 + s_x^2} - s_q s_x \quad (6.3.7.1-4)$$

式中  $\sigma_\theta$ ——钢管管壁横截面最大环向应力(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $\sigma_x$ ——钢管管壁的纵向应力(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $\sigma$ ——钢管管壁的最大组合折算应力(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $\eta$ ——应力折减系数，可取  $\eta=0.9$ ；  
 $f$ ——管材的强度设计值。

**6.3.7.2** 钢管管壁横截面的最大环向应力  $\sigma_\theta$  应按下列下式确定：

$$s_q = \frac{N}{b_0 t_0} + \frac{6M}{b_0 t_0^2} \quad (6.3.7.2-1)$$

$$N = j_c g_Q F_{wd,k} r_0 b_0 \quad (6.3.7.2-2)$$

$$M = j \frac{(g_{G1} k_{gm} G_{1k} + g_{G,sv} k_{vm} D_1 + g_{GW} k_{wm} G_{wk} + g_{Qj} k_{vm} Q_{ik} D_1) r_0 b_0}{1 + 0.732 \frac{E_d}{E_p} \frac{\alpha_0^3}{t_0^3}} \quad (6.3.7.2-3)$$

式中  $b_0$ ——管壁计算宽度(mm)，取 1000mm；  
 $\varphi$ ——弯矩折减系数，有内水压时取 0.7，无内水压时取 1.0；  
 $\varphi_c$ ——可变作用组合系数，可取 0.9；  
 $t_0$ ——管壁计算厚度(mm)，使用期间计算时设计厚度应扣除腐蚀量厚度，钢管年腐蚀量标准可按表 6.3.2 确定，施工期间及试水期间可不扣除；  
 $r_0$ ——管的计算半径(mm)；  
 $M$ ——在荷载组合作用下钢管管壁界面上的最大环向设计值(N·mm)；  
 $N$ ——在荷载组合作用下钢管管壁截面上的最大环向轴力设计值(N)；  
 $E_d$ ——钢管管侧原状土的变形模量(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $E_p$ ——钢管管材弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $k_{gm}$ 、 $k_{vm}$ 、 $k_{wm}$ ——分别为钢管管道结构自重、竖向土压力和管内水重作用下管壁截面的最大弯矩系数，可取土的支承角为 120°，按表 6.3.7.2 确定；  
 $D_1$ ——管外壁直径(mm)；  
 $Q_{jk}$ ——地面堆载或车载传递至管道顶压力的较大标准值。

表 6.3.7.2 柔性管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数和竖向变形系数

项目	弯矩系数			变形系数
	管道自重 $k_{gm}$	竖向土压力 $k_{vm}$	管内水重 $k_{wm}$	竖向压力 $k_b$
系数	0.083	0.138	0.083	0.089

注：支承角取  $2\alpha=120^\circ$ 。

### 6.3.7.3 钢管管壁的纵向应力可按下式核算：

$$s_x = u_p s_q \pm j_c g_Q E_p D T \pm \frac{0.5 E_p D_0}{R_1} \quad (6.3.7.3-1)$$

$$R_1 = \frac{f_1^2 + \frac{\alpha L_1 \delta^2}{2 \phi}}{2f_1} \quad (6.3.7.3-2)$$

式中  $v_p$ ——钢管管材泊松比，可取 0.3；  
 $\alpha$ ——钢管管材线膨胀系数；  
 $\Delta T$ ——钢管的计算温差；  
 $R_1$ ——钢管顶进施工变形形成的曲率半径(mm)；  
 $f_1$ ——管道顶进允许偏差(mm)，应符合本规程验收相关规定；  
 $L_1$ ——出现偏差的最小间距(mm)，视管道直径和土质决定，一般可取 50m；

**6.3.7.4** 钢管在真空工况作用下管壁截面环向稳定验算应满足下式要求：

$$F_{cr,k} \geq K_{st} (F_{sv,k} + q_{ik} + F_{vk}) \quad (6.3.7.4)$$

式中  $F_{cr,k}$ ——管壁截面失稳临界压力标准值(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $F_{vk}$ ——管内真空压力标准值(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $F_{vr,k}$ ——管外水土压力标准值(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $Q_{ik}$ ——地面堆载或车辆轮压穿至管顶的压力标准值(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $K_{st}$ ——钢管管壁截面设计稳定性系数，可取 2.0。

**6.3.7.5** 钢管管壁截面的临界压力应按下式计算：

$$F_{cr,k} = \frac{2E_p (n^2 - 1) \alpha t_0 \delta^3}{3(1 - u_p^2) \phi D_0} + \frac{E_d}{2(n^2 - 1)(1 + u_s)} \quad (6.3.7.5)$$

式中  $n$ ——管壁失稳时的折约波数，其取值应使  $F_{cr,k}$  为最小并为不小于 2 的正整数；

$v_s$ ——管两侧胸腔土的泊松比，应根据土工试验确定；一般随砂性土可取 0.30，对粘性土可取 0.40；

$v_p$ ——钢材的泊松比，可取 0.3；

$D_0$ ——管道中心直径(mm)， $D_0 = D + t$ ；

$E_p$ ——管材弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)；

$E_d$ ——管侧土的变形模量(N/mm<sup>2</sup>)。

**6.3.8** 正常使用极限状态验算：

**6.3.8.1** 钢管管道在土压力和地面荷载作用下产生的最大竖向变形  $w_{c, \max}$ ，应按下式计算：

$$w_{c, \max} = \frac{k_b r_0^3 (F_{sv, k} + \psi_q Q_{ik}) D_1}{E_p I_p + 0.061 E_d r_0^3} \quad (6.3.8.1)$$

式中  $k_b$ ——竖向压力作用下柔性管的竖向变形系数，按表 6.3.7.2 确定；

$\psi_q$ ——地面作用传递至管顶压力的准永久值系数；

$I_p$ ——钢管管壁单位纵向长度的截面惯性矩( $\text{mm}^4/\text{m}$ )。

## 6.4 工作井

**6.4.1** 工作井的选址应遵循以下原则：

- (1) 充分利用线路上的工艺井；
- (2) 应考虑排水、出土和运输方便；
- (3) 应避免对周围建、构筑物 and 设施产生不利的影响；
- (4) 尽量避开房屋、地下管线、池塘、架空电线等不利于顶管的施工场地；
- (5) 当管线坡度较大时，工作井宜设置在管线埋置较深端，逆管道坡向顶进；
- (6) 多排或多向顶进时，宜利用同一个工作井。

**6.4.2** 工作井平面形状可按以下原则确定：

- (1) 工作井按形状分为圆形、矩形和多边形三类。
- (2) 深度较小，两段顶管角度近  $90^\circ$  或  $180^\circ$  时，宜选用矩形工作井。
- (3) 深度较大、两段顶管交角较小或同一工作井多方向顶管时，宜采用圆形、多边形工作井。

**6.4.3** 工作井结构形式应结合场地地质条件、周边环境条件、经济指标及施工工期等因素综合选择

**6.4.4** 工作井最小尺寸

(1) 长度

1) 当按顶管机长度确定时，工作井内净空长度可按下列公式计算：

$$L \geq L_1 + L_3 + k \quad (6.4.4-1)$$

式中： $L$ ——工作井内净空长度(m)；

$L_1$ ——顶管机下井时最小长度；

$L_3$ ——千斤顶长度(m)，一般可取 2.5m；

$k$ ——后座和顶铁的厚度及安装富余量，可取 1.6m。

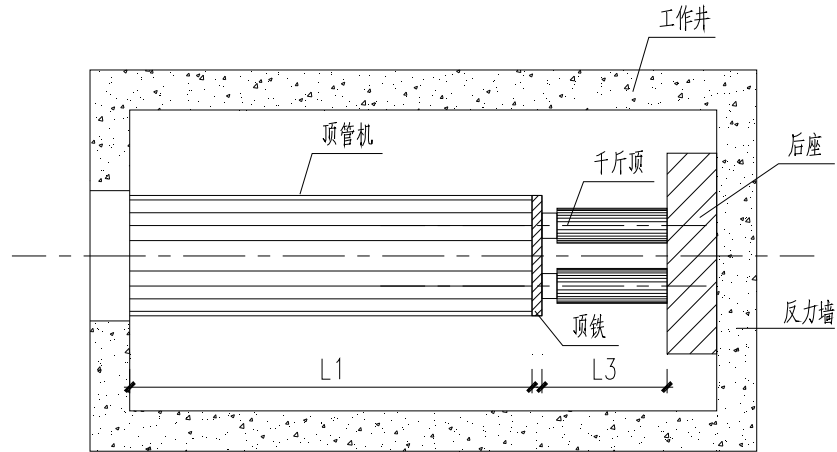


图 6.4.4-1 工作井长度计算尺寸图（一）

2) 当按下井管节长度确定时，工作井内净空长度可按下列公式计算：

$$L^3 = L_2 + L_3 + L_4 + k \quad (6.4.4-2)$$

式中： $L_2$ ——下井管节长度(m)，一般可取 6.0m。

$L_4$ ——留在井内的管道最小长度，可取 0.5m。

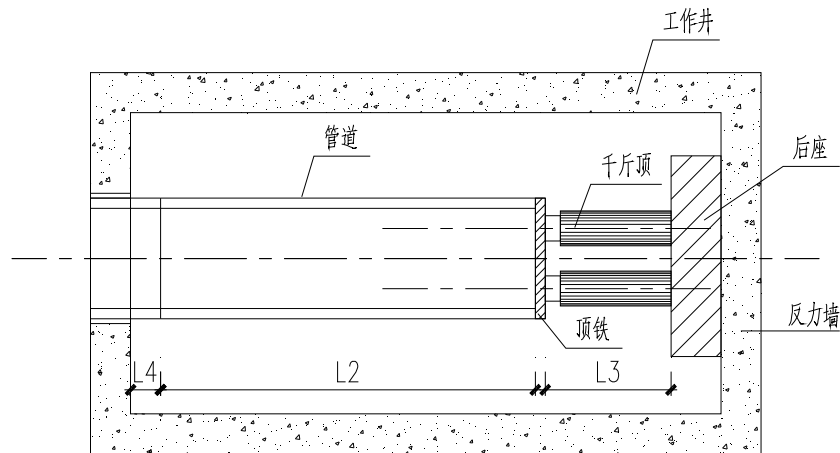


图 6.4.4-2 工作井长度计算尺寸图（二）

3) 工作井内净空长度按上述两种方法计算结果取大值。

(2) 宽度

$$B_1 = D_1 + 2s \quad (6.4.4-3)$$

式中： $B_1$ ——工作井内最小净空宽度(m)；

$s$ ——施工最小操作空间，浅工作井取 1.0 米，深工作井取 1.5 米。

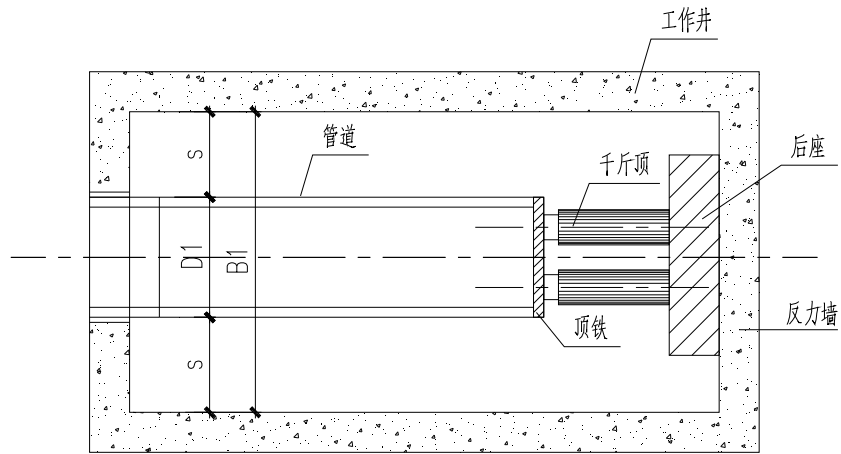


图 6.4.4-3 工作井宽度计算尺寸图

(3) 深度

工作井底板面深度应按下列公式计算：

$$H = H_s + D_1 + h \quad (6.4.4-4)$$

式中： $H$ ——工作井底板面最小深度（m）；

$H_s$ ——管顶覆土层厚度；

$h$ ——管底最小操作空间(m)，可取  $h=0.70\sim 0.80\text{m}$ 。

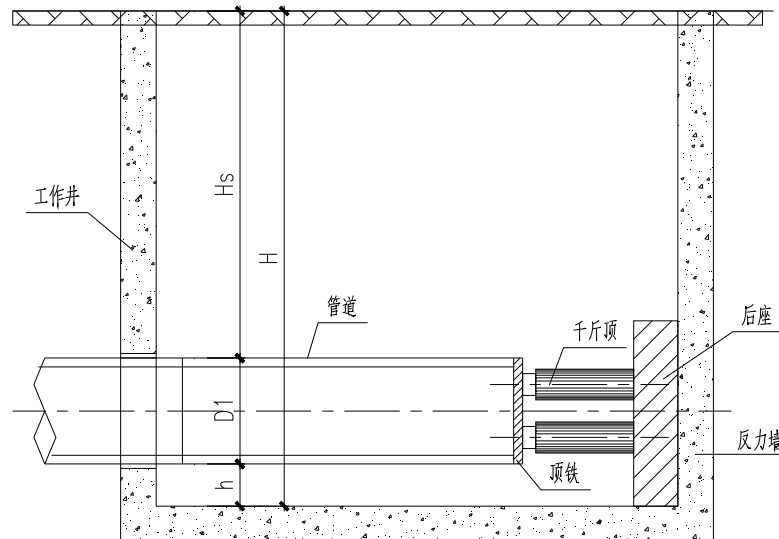


图 6.4.4-4 工作井深度计算尺寸图

(4) 工作井穿墙孔最小直径

$$D_g = D_2 + 200 \quad (6.4.4-5)$$

式中： $D_g$ ——工作井穿墙孔直径（mm）；

$D_2$ ——顶管机外径（mm）。

#### **6.4.5 工作井后座及反力墙**

- (1) 工作井后座应为方便拆除的钢筋混凝土后座。
- (2) 后座设计和安装应满足如下要求：
  - 1) 有足够的强度，确保在顶管施工中能承受千斤顶的最大反力作用；
  - 2) 有足够的刚度，在受到主顶工作站的反作用力时其变形应在允许范围内；
  - 3) 后座表面应平直，并垂直于顶进管道的轴线；
- (3) 反力墙应充分利用土体抗力，必要时应对反力墙后背土体进行加固，以提高土体抗力。

#### **6.4.6 工作井底板应埋设安装导轨的预埋钢板。**

#### **6.4.7 穿墙管止水**

**6.4.7.1** 洞口应设置相应的止水措施，止水装置联结环板应与工作井壁内的预埋件焊接牢固，且用胶凝材料封堵，常见穿墙管止水装置有橡胶板式和盘根式两种。

**6.4.7.2** 常见穿墙管套管有钢管穿墙管和混凝土穿墙管。采用钢管做洞口套管时，钢管外宜加焊止水环，且周围应采用钢制框架，按设计位置与钢筋骨架的主筋焊接牢固；钢管内宜采用具有凝结强度的轻质胶凝材料封堵；钢筋骨架与井室结构或顶管反力墙的连接筋、螺栓、连接挡板锚筋，应位置准确、连接牢固。

**6.4.7.3** 沉井的穿墙管可采用砖砌体或低强度水泥石临时封填；地下连续墙穿墙管可采用低强度水泥石或钢板临时封填。

#### **6.4.8 工作井洞口封门**

**6.4.8.1** 洞口根据工作井的结构形式、深度、土质情况、顶管机形式等，合理选择封门类型。设置临时封门时，应考虑周围土层变形控制和施工安全等要求。封门应拆除方便，拆除时应减小对洞门土层的扰动。

**6.4.8.2** 长距离顶管施工或富水松散地层施工时，宜设置双层洞门密封。顶管结束后，管道与洞口的间隙应及时进行封堵。

**6.4.8.3** 顶管机进出洞口时拆除封门，应符合下列规定：

- (1) 钢板桩工作井可拔起或切割钢板桩露出洞口，并采取措施防止洞口上方的钢板桩下落；
- (2) 工作井的围护结构为沉井工作井时，应先拆除洞圈内侧的临时门，再拆除井壁外侧的封板或其他封填物；

(3) 在不稳定土层和高地下水压环境下施工中顶进时, 封门拆除后, 顶管机应立即顶入土层并连续顶进, 直至洞口及止水装置发挥作用为止。

## 6.5 接收井

6.5.1 接收井的选址、平面形状及结构形式可参考工作井选择。

6.5.2 接收井最小尺寸

(1) 长度

接收井最小尺寸应满足工艺管道连接及顶管机拆除吊出的尺寸需求。

(2) 宽度

接收井内最小净空宽度应按下式计算:

$$B_2 = D_2 + 2' 1.0 \quad (6.5.2-1)$$

式中:  $B_2$ ——接收井内最小净空宽度 (m);

(3) 深度

同 6.4.4。

(4) 接收孔尺寸

$$D_j = D_2 + 2' (100 + C_0) \quad (6.5.2-2)$$

式中:  $D_j$ ——接收孔直径 (mm);

$C_0$ ——管道允许偏差的绝对值 (mm), 不大于 20mm。

## 6.6 顶管设计顶力估算及允许顶力计算

6.6.1 管道的总顶力可按下式估算:

$$F_0 = \rho D_1 L f_k + N_F \quad (6.6.1-1)$$

式中:  $F_0$ ——总顶力标准值 (kN);

$D_1$ ——管道的外径(m);

$L$ ——管道设计顶进长度(m);

$f_k$ ——管道外壁与土的平均摩阻力(kN/m<sup>2</sup>), 可按表 6.6.1 采用;

$N_F$ ——顶管机的迎面阻力(kN)。



表 6.6.1 触变泥浆减阻管壁与土的平均摩阻力(kN/m<sup>2</sup>)

土的种类	软粘土	粉性土	粉细土	中粗砂
平均摩阻力	3.0~4.0	4.0~7.0	7.0~10.0	10.0~13.0

6.6.2 不同端口顶管机的迎面阻力计算可按下表选用。

顶管机迎面阻力(N<sub>F</sub>)的计算式

顶管机端面	常用机型	迎面阻力 N <sub>F</sub> (kN)	式中符号
大刀盘切削	土压平衡式	$N_F = \frac{p}{4} D_g^2 g_s H_s$	$\gamma_s$ —土的重度(kN/m <sup>3</sup> )
	泥水平衡式		$H_s$ —覆盖层厚度(m)

注：1  $D_g$ ——顶管机外径(m)；

2  $R$ ——挤压阻力(kN/m<sup>2</sup>)，可取  $R=300\sim 500\text{kN/m}^2$ 。

6.6.3 当估算总顶力大于管节允许顶力设计值或工作井允许顶力设计值时，应设置中继间。

6.6.4 钢管顶管传力面允许的最大顶力可按下式计算：

$$F_{ds} = \frac{f_1 f_2 f_3}{g_{Qd}} f_s A_p \quad (6.6.5-1)$$

式中： $F_{ds}$ ——钢管管道允许顶力设计值(N)；

$f_1$ ——钢材受压强度折减系数，可取 1.00；

$f_2$ ——钢材脆性系数，可取 1.00；

$f_3$ ——钢管顶管稳定系数，可取 0.36；当顶进长度<300m，且穿越土层均匀时，可取 0.45；

$f_s$ ——钢材受压强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)。

## 6.7 中 继 间

### 6.7.1 中继间的设置原则

(1) 当估算的最大顶力大于管材的轴向压力强度或估算的最大顶力大于后背墙承载能力的 70%时，应设置中继间。

(2) 中继间的设计允许顶力应不大于管节相应设计转角的允许顶力。

- (3) 中继间的允许转角不宜大于 1.2°且中继间的合力中心应可调节。
- (4) 设置中继间时应预留足够顶力储备，中继间的位置应计算确定。
- (5) 中继间外径宜与管道外径一致，壁厚宜大于管道壁厚。

**6.7.2 设计阶段中继间的数量按下式估算**

$$n = \frac{\rho D_1 f_k (L + 50)}{0.7' f_0} - 1 \quad (6.7.2)$$

式中： $n$ ——中继间数量（取整数）；

$L$ ——管道设计顶进长度（m）；

$f_0$ ——中继间设计允许顶力（kN）。

**6.7.4 中继间的选择**

- (1) 顶进土层为粉土和砂性土时密封圈压紧度应可调节。
- (2) 超长距离顶管宜采用密封性能可靠、密封圈压紧度可调整及可更换的密封装置，且应采用计算机联动控制。

**6.7.5 中继间的运行、拆除应符合下列规定：**

- (1) 中继间壳体应有足够的刚度，其千斤顶的数量应根据该段施工长度的顶力计算确定，并沿周长均匀分布安装，其伸缩行程应满足施工和中继间结构受力的要求；
- (2) 中继间外壳在伸缩时，滑动部分应具有止水性能和耐磨性，且滑动时无阻滞；
- (3) 中继间安装前应检查各部件，确认正常后方可安装；安装完毕应通过试运转检验后方可使用；
- (4) 中继间的启动应由前向后依次进行。

## 7 顶管工程施工

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 顶管类型和设备技术性能应满足工程地质、工程环境条件、管道功能、管道结构性能及环境保护的要求。

**7.1.2** 顶管工程专项施工方案和应急预案应根据顶管类型、地质条件和工程实际制定。

**7.1.3** 施工现场的场地应满足工作井、管材堆放、浆液设施、供配电设施、控制室等生产设施用地和施工运输要求。

**7.1.4** 顶管施工宜实施项目信息化管理，配置远程监控系统。

**7.1.5** 顶管施工期间应对邻近的建(构)筑物、地下管线、道路与轨道交通线路等进行监测，并应对重要或有特殊要求的建(构)筑物采取必要的技术措施。

**7.1.6** 管道顶进施工在非特殊情况下应连续作业。顶管施工停止时间超过 48h 且顶进距离达到设计距离的 50% 时，应制定再启动方案，确保启动顶力不大于设计允许顶力。

**7.1.7** 多条平行管道采用顶管法施工的，施工顺序宜先深后浅、先大后小。

**7.1.8** 管道施工遇到下列情况时，应暂停顶进，并应及时处理。

- (1) 顶管机前方遇到障碍；
- (2) 后背墙严重变形；
- (3) 顶铁发生扭曲显现；
- (4) 管位偏差过大且校正无效；
- (5) 顶力超过管段的允许顶力。
- (6) 使用中，若油压突然增高，应立即停止顶进，查明原因。

## 7.2 施工组织设计

**7.2.1** 顶管施工前应编制专项施工组织设计，未经批准不得实施。

**7.2.2** 施工组织设计编制依据：

- (1) 工程设计文件。
- (2) 工程地质勘察报告。
- (3) 现场地下障碍物调查报告。
- (4) 有关的法律法规、规程、规范和标准。
- (5) 对工程影响范围内的设施的检测、评估报告。
- (6) 施工合同或协议书。

**7.2.3** 施工组织设计应包括下列主要内容：

- (1) 编制依据、原则。
- (2) 工程概况：主要介绍施工场地的特征，主要介绍施工场地的特征、自然条件、工程地质、水文条件，周边环境、施工重难点、工程相关单位等。
- (3) 施工准备工作计划。
- (4) 施工顺序与施工进度计划。
- (5) 施工方法和施工设备选择。
- (6) 施工平面布置图。
- (7) 应采取的主要施工技术措施，包括以下内容：
  - ①顶管机出洞和施工方法；
  - ②顶管机的定向和水平测量方法，采用测量仪器，测量精度分析；
  - ③顶管机进洞和施工方法；
  - ④减少管壁摩阻力；
  - ⑤出泥的方法和弃土的处置；
  - ⑥纠偏措施；
  - ⑦顶管施工中的通风、供电、通信措施；
  - ⑧中继间的设置、安装、使用措施；
  - ⑨顶管施工中的垂直运输措施；
  - ⑩工程重点部位的技术措施；

- ⑪管道贯通后的处理措施；
- ⑫地面变形和对周边挤压的控制措施；
- (8) 安全保证措施；
- (9) 文明施工与绿色环境保护措施；
- (10) 应急专项预案；
- (11) 施工组织与管理措施；
- (12) 验收要求。

**7.2.4** 施工过程中应结合实际施工情况对施工组织设计相关内容进行优化, 优化后的施工组织设计应按要求重新审批后实施。

### **7.3 顶管机具及选型**

**7.3.1** 钢管顶管可采用土压平衡式顶管机和泥水平衡式顶管机。

**7.3.2** 平衡类顶管机有：

(1) 土压平衡式顶管机——通过调节出泥舱的土压力稳定开挖面, 弃土可从出泥舱排出的顶管机。

(2) 泥水平衡式顶管机——通过调节出泥舱的泥水压力稳定开挖面, 弃土以泥水方式排放出顶管机。

**7.3.4** 顶管机的选择

顶管机选择应考虑管道穿越土层的物理力学特性、有无地下水、是否存在有毒气体、地下障碍物情况等因素确定。

### **7.4 顶进设备安装**

**7.4.1** 安装在工作井内的顶进设备包括后座、导轨、主顶、掘进机、顶铁等。

**7.4.2** 后座板应符合下列规定：

(1) 可采用整体式或装配式, 应结构简单、装拆方便, 强度和刚度应满足施工要求；

(2) 应表面平整、安装时须紧贴混凝土后座墙, 若后座板与后座墙之间有空隙, 可用素混凝土、水泥砂浆、细砂或薄木板填实；

(3) 安装应与主顶油缸的轴线保持垂直；

(4) 顶进过程中，应随时检查后座板，如出现严重倾斜、变形等，须重新安装；

(5) 后座板安装允许偏差：垂直度 $\leq 0.1\%H$ ；水平扭转角度 $\leq 0.1\%L$ 。其中，H 为后座板高度，L 为后座板宽度。

#### 7.4.3 导轨应符合下列规定：

(1) 导轨支架应采用刚性材料制作，固定在工作井底板上的导轨在管道顶进时不可产生位移，其整体刚度和强度应满足施工要求。

(2) 导轨对管道的支承角宜为  $60^\circ$ ，导轨的高度应保证管中心对准穿墙管中心。导轨的坡度应与设计轴线一致。

(3) 导轨安装的允许偏差应满足下列要求：

- ①轴线位置：3mm；
- ②顶面高程：0~+3mm；
- ③两轨净距： $\pm 2$ mm。

#### 7.4.4 主顶站千斤顶的性能和安装宜满足下列规定：

(1) 根据工作井允许顶力、管段允许顶进力确定千斤顶的规格和数量；

(2) 千斤顶行程宜不小于 1000mm，单只顶力宜不小于 1000kN；

(3) 千斤顶安装应符合下列规定：

- ①千斤顶应安装在支架上；
- ②千斤顶数量宜为偶数，设置在管道两侧，并与管中心左右对称。每只千斤顶均应与管轴线平行；
- ③千斤顶的合力中心应低于管中心；
- ④千斤顶应同步运行。

#### 7.4.5 主站油泵安装和使用应符合下列规定：

(1) 油泵应与千斤顶性能相匹配。油泵流量宜满足顶进速度 100mm/min 的要求；

(2) 油泵宜设置在千斤顶附近，油管应顺直、转角少；

(3) 油泵安装完毕应进行试运转；

(4) 除遥控顶管外，主油泵的运行应能两地控制。

(5) 初顶时应缓慢进行，待各部位密合后，再按正常速度顶进；

- (6) 使用中，若油压突然增高，应立即停止顶进，查明原因；
- (7) 油缸活塞回退时，回油压力不宜过大，速度不宜过快；
- (8) 油缸宜单独设进油、退油的控制系统。

**7.4.6 顶铁安装应符合下列规定：**

- (1) 顶铁应满足传递顶力、便于出泥和人员出入的需要；
- (2) 顶铁的两个受压面应平整，互相平行；
- (3) 宜采用 U 形或弧形刚性顶铁；
- (4) 与管尾接触的环形顶铁（均压环）应与管道匹配，与管口接合面应衬垫缓冲材料；
- (5) 顶铁安装轴线应与管道轴线平行对称；
- (6) 顶铁在导轨上滑动应平稳，且无阻滞现象。

## **7.5 始发与接收**

**7.5.1** 顶管机头进、出洞时，应采用措施防止洞外土体坍塌。

**7.5.2** 应根据工程地质、水文地质、管道直径、管道埋置深度、地下水的压力等条件确定洞口止水圈的构造和临时封堵方法。

**7.5.3** 在地下水位以下的工作井，洞口应有临时封堵。

**7.5.4** 始发进洞时应根据不同土质条件采取以下相应措施：

- (1) 当穿墙管周围为粘性土且水头较高时，闷板开启后管道应迅速顶进，并及时安装好穿墙管止水装置。
- (2) 当穿墙管周围为粉土且有地下水时，应采取降低地下水，并缩短进、出洞时间，无法降水时，应对土体进行固结处理。
- (3) 当穿墙管周围为淤泥质粘土时，应设置防管道回弹的措施
- (4) 当穿墙管周围为砂土时，应加固洞口外的土体，降低土体的渗透系数。

**7.5.5** 在软土地区，顶管机入土长度小于管道直径阶段，应采取措施防止顶管机头部下沉。

**7.5.6** 接收进洞时应符合下列规定：

- (1) 顶管机进洞前的 3 倍管径范围内，应减慢顶进速度，减小管道正面阻力对接收井的不利影响。

- (2) 出洞口的临时闷板宜加水平支撑便于顶管机接近闷板。
- (3) 接收孔轴线上可安装临时支架，防止顶管机头下落。
- (4) 出洞后应立即封闭洞口间隙，防止水土流入井内。

## 7.6 减阻措施

**7.6.1** 顶管过程中须采取措施减小管壁摩擦阻力，常用向管外壁与土体间注入触变泥浆的方式减阻。

**7.6.2** 触变泥浆优先选用钠基膨润土，必要时还应添加纯碱和高分子化合物，触变泥浆的技术参数应符合表 7.6.2 的要求。

表 7.6.2 触变泥浆技术参数

比重 (g/cm <sup>3</sup> )	粘度 (s)	失水量 (cm <sup>3</sup> /30min)	pH	静切力 (Pa)	稳定性
1.1~1.16	>30	<25	<10	100	静置 24h 无离析

**7.6.3** 触变泥浆减阻应遵循机尾为主、随注随顶以及同步注浆与补浆相结合的原则。

**7.6.4** 一般补浆孔道的数量和间距要根据管道直径、顶进长度和土质情况等因素确定。

**7.6.5** 当管道顶进配备中继间时，应在中继间处集中补浆。

**7.6.6** 原则上，注浆孔的开孔封堵工序应由管材供应商在厂内完成，且应在基管内外防腐前进行。每组注浆孔 3 个，均应在距离管节端部大于 100mm 以上的位置布置。注浆孔不得布置在管底，应沿圆周环向隔 120° 分布，其中一个位于管顶中心。

**7.6.7** 一般情况下，注浆孔可采用火焰切割或机械钻孔，在基管上沿圆周环向开 3 个 DN30mm 的孔，然后焊接加工有内螺纹的 D=27mm 管箍。管箍外端焊接后应与管节外表面平齐，内端应高于管节内表面 6~10mm 为宜。最后，拧上单向铸铁丝堵即可实施基管的内外防腐。待防腐完成后，拧下注浆孔的丝堵，先采用手电钻从内向外钻一通孔，然后再采用电动内磨机缓慢扩孔，避免破坏防腐层。



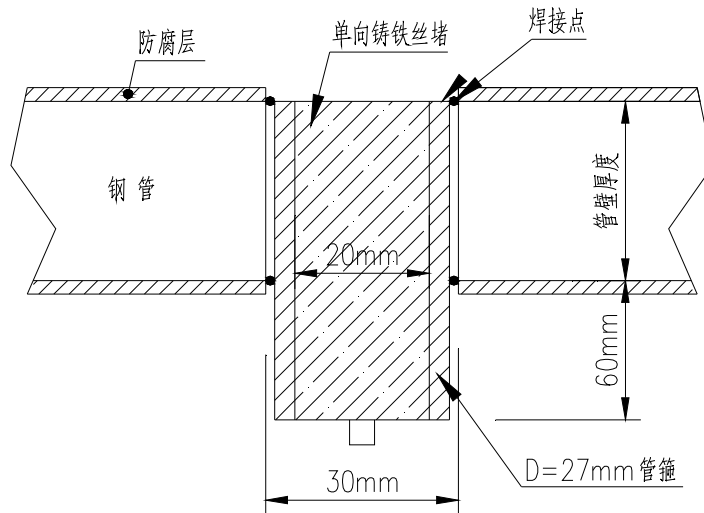


图 7.6.7 注浆孔封堵大样图

**7.6.8** 注浆完成后，应先清除注浆孔内杂物，均匀涂抹和填充一些专用的环氧树脂胶后再拧上丝堵为佳。

**7.6.9** 注浆设备和管路必须可靠，应具有足够的耐压能力和良好的密封性能。

**7.6.10** 注浆孔的实际注浆量，对于粘性土和粉土不应大于超挖量的 1.5~3 倍，对于中粗砂层应大于超挖量的 3 倍以上。

## 7.7 测量及纠偏

**7.7.1** 为了满足顶管施工精度要求，在施工中必须对以下参数进行测量：1)顶进方向的垂直偏差；2)顶进方向的水平偏差；3)顶管机机身的转动；4)顶管机的姿态；5)顶进长度。

**7.7.2** 顶管定向测量宜采用激光指向法或自动测量导向。

**7.7.3** 管道顶进过程中，应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则，控制顶管机前进方法和姿态，并应根据测量结果分析偏差产生的原因和发展趋势，确定纠偏的措施。

**7.7.4** 顶管施工纠偏应符合下列规定：

(1) 起始纠偏位置和纠偏量应根据土质、管材以及顶管机的特点设定，纠偏角度不宜大于 0.5 度；

(2) 严禁一次纠偏操作完成纠偏任务，应采用小角度纠偏方式，反复、多次进行纠偏操作，使管道逐渐趋近回归；

(3) 当偏差稳定在  $\pm 3\text{mm/m}$  时，应停止纠偏。

## 7.8 管内弃土运输

**7.8.1** 管内弃土运输应考虑土层的性质、顶管机选型、管内作业空间、每次顶进的出土量、顶进长度等因素，选择合适的运输方法。

**7.8.2** 弃土运输装置的安装和运行不得损坏管道的内防腐层。

## 7.9 通风、供电

**7.9.1** 进入作业的顶管管道，必须确保施工人员安全，管道位于回填土、淤泥等可能存在有毒有害气体的土层应安装有毒有害气体检测报警装置。

**7.9.2** 管径小于等于 2m，长度超过 100m 或直径大于等于 2m，长度超过 150m 的进入操作顶管必须采取通风措施。

**7.9.3** 地面空气湿度较高且地面温度又高于地下温度的季节，应采用经除湿的压缩空气通风。

**7.9.4** 每个人的供气量不应小于 30m<sup>3</sup>/h，采用敞开式顶管时送风量应酌情增大；送风管道出口空气质量应满足环保要求。

**7.9.5** 地层中存在有害气体时必须采用封闭式顶管机并增大通风量。

**7.9.6** 顶管施工供电系统应进行计算确定。顶管施工现场临时用电应符合现行国家标准《建设工程施工现场供用电安全规范》GB50194 和行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46 以及相关高压用电规范的规定。

**7.9.7** 管内电缆线路应采用架空敷设，严禁沿管道内地面明设，并应避免机械损伤和腐蚀。若采用高压供电，应与低压电缆分开单独走线，并做醒目安全标识。

**7.9.8** 井内照明应采用 36V 以下的低压防爆灯（或 LED 灯），顶管内照明电源电压不应大于 12V。

**7.9.9** 管内供电系统应配备防触电漏电保护装置。

**7.9.10** 定期对电气设备、电缆线路进行检查。

## 7.10 地面沉降控制措施

**7.10.1** 建立地面观察点，并通过试顶确定具有平衡功能顶管机平衡参数。

**7.10.2** 在不稳定的土体中应选择具有平衡功能的顶管机，不应采用敞开式顶管

机。

### 7.10.3 顶进中对地层变形的控制应符合下列要求：

- (1) 进行实时监测和信息化施工，发生偏差应及时纠偏，不可采用大角度纠偏，优化顶进的控制参数，使地层变形最小；
- (2) 避免中继间、工作井洞口及顶管机尾部等部位的水土流失和泥浆渗漏；
- (3) 应严格限制顶管中的径向超挖、轴向超挖幅度；
- (4) 严格控制出渣量，不可超量出渣，保持开挖量与出土量的平衡；
- (5) 通过控制土压、水压平衡力来控制地面沉降。

## 7.11 冬雨期施工

### 7.11.1 雨期施工应符合下列规定：

- (1) 工作（接收）井上部周围应设置截水、降水、排水及防水措施；
- (2) 应在施工区域的通道与操作平台上设置防滑措施；
- (3) 应按规定设置避雷装置，做好防雷电措施，增加设备检测频次；
- (4) 应经常对基坑排水设施进行检查，保证排水设施通畅；
- (5) 加强对工作(接收)井及周边环境巡视检查及监控措施；
- (6) 备用应急供电和排水设施并保证其可靠性；
- (7) 应制定防汛应急处置措施。

### 7.11.2 冬期施工应符合下列规定：

- (1) 明确冬期顶管施工条件，合理安排现场施工；
- (2) 应编制专项施工方案，制定保温措施，并按规定程序进行审批后方可实施；
- (3) 土方作业施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ104有关规定；
- (4) 泥浆池、泥浆搅拌设备、注浆设备和输送设备应采取相应保温措施，不得受冻；
- (5) 抽水设备、加温设备、泥浆设备等应定期维护。

## 7.12 施工安全及环境保护

**7.12.1** 施工过程的安全和环境保护应符合现行行业标准《建筑施工安全检查标准》JGJ59及《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ146的有关规定。

**7.12.2** 施工前应对周边建（构）筑物、管线进行调查摸底，制定合理的监测方案，对需重点保护的建（构）筑物、管线应加密监测。

**7.12.3** 建（构）筑物、地下管线的安全保护应制定技术措施，并应标出施工区域内和外的建（构）筑物、地下管线的分布示意图。

**7.12.4** 施工现场应使用全封闭围挡，并设置相应警示标志。

**7.12.5** 顶管施工现场的预留孔、洞等必须加盖安全网盖，基坑、集土坑、泥浆池四周应设置防护栏杆。

**7.12.6** 施工时工作面、井内与地面的通信应保持畅通。

**7.12.7** 工作井、接收井施工安全应符合下列规定：

（1）工作井、接收井内渣土应及时运输至弃土场，严禁在基坑周边堆放；

（2）工作井、接收井开挖应严格控制开挖进尺、及时设置施工初期支护，保证初期支护及时封闭；

（3）工作井、接收井内应设置集水井，防止积水对工作井、接收井底部侵蚀，防止发生坍塌；

（4）工作井、接收井作业面距离地面达到一定距离后应设置送风管，保证井内通风顺畅；

（5）工作井、接收井内应设置应急逃生通道及安全梯。

**7.12.8** 焊、割作业点与氧气瓶、乙炔瓶、易燃易爆物品的距离及动火作业等相关要求应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的规定。

**7.12.9** 排土运输遵守有关的安全技术规定。施工过程中产生的废土、渣土及废泥浆应集中堆放，并按有关部门规定进行处置。

**7.12.10** 施工现场应设置排水系统，严禁向市政排水系统排放泥浆。排水沟的废水应经沉淀过滤达到标准后排入市政排水管网。

**7.12.11** 施工现场出入口处应设置冲洗设施、污水池和排水沟，应由专人对进出车辆进行清洗保洁。

**7.12.12** 施工期间噪声应符合现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB12523 的规定。

**7.12.13** 夜间施工应办理相关手续，并应采取措施减少声、光的不利影响。

## 8 监测及验收

### 8.1 监测

**8.1.1** 在顶管工程施工过程中，应对工程本体结构及施工影响范围内的土体、周边环境进行监测。

**8.1.2** 施工监测的范围应包括地面以上和地面以下两大部分。地面以上应监测地面沉降和地面建筑物的沉降、位移和损坏。地面以下应监测在顶管扰动范围内的地下构筑物、各种地下管线的沉降、水平位移及漏水、漏气。

**8.1.3** 施工监测的重点应放在邻近建筑物(构筑物)、堤岸及可能引起严重后果的地下管线及其他重要设施。

**8.1.4** 所有监测点必须在顶管施工开始前进行埋设、布置。

**8.1.5** 顶管工程监测应符合下列规定：

- 1 现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法；
- 2 监测点应稳固、明显，监测点的位置应避开障碍物，便于观测；
- 3 顶管穿越铁路、公路或其他建(构)筑物时，应增加监测频次。

**8.1.6** 顶进施工期间，管道线路上的仪器监测项目符合表 8.1.6 的规定：

表 8.1.6 顶管管道顶进允许偏差

项目类别		管道外边线两侧 2 倍埋深范围内
管道轴线范围地面沉降		宜测
周围地下管线位移		应测
周围建(构)筑物变形	竖向位移	应测
	水平位移	应测
	裂缝	应测
后座变形		宜测
管道应力		宜测
管道内气体		宜测

注:1 当顶管穿越地铁、隧道或其他对位移(沉降)有特殊要求的建(构)筑物及设施时，具体监测项目应与有关部门或单位协商确定；

2 地面沉降沿轴线布置监测点。

#### **8.1.7 测点布置应符合下列规定：**

(1) 工作(接收)井施工期间，监测点宜设置在基坑顶部。基坑每边监测点数目不应少于 1 个；

(2) 顶管管道周边的建(构)筑物监测时，每个建(构)筑物的监测点不宜少于 3 个；

(3) 地下管线的监测点应直接布设在管线上；

(4) 顶进管道穿越铁路、隧道或其他对位移(沉降)有特殊要求的建(构)筑物及设施时，监测点的布设应符合相关行业的要求；

(5) 长距离顶管宜进行应力监测。从顶管机尾部 1 倍管径处起每 30m~50m 设一个应力监测断面，每个断面至少布 4 个测点。

**8.1.8** 当出现下列情况之一时，应加强监测，提高监测频率，并应及时向相关单位报告监测结果：

(1) 监测数据达到报警值；

(2) 监测数据变化量较大或速率加快；

(3) 存在勘察中未发现的不良地质条件；

(4) 邻近的建(构)筑物、周边地面出现异常。

**8.1.9** 报警值和监测频率应符合下列规定：

(1) 顶管机距监测点 5 倍管道直径开始监测，离开监测点 5 倍管道直径后降低监测频率，具体监测频率宜符合表 8.1.9 的规定；

(2) 监测频率应根据工程要求和监测对象的变形量和变形速率确定，并可随监测对象变化需要进行调整；

(3) 监测值超过绝对值时，应对监测点进行加密，加大监测频率或实行实时监测，直到顶管结束。

**8.1.10** 监测数据整理后上报，当实测数据达到(或超过)预警值时，应即刻报警，及时采取相应措施确保施工和周围环境的安全，并对超限数据标记警示。

**8.1.11** 结束监测的条件应符合下列规定：

(1) 工作（接收）井及其周边环境监测项目从基坑施工时开始，至基坑完成回填结束；

(2) 管道周边环境监测每段顶进完成后降低频率，连续 3 次监测结果稳定后停止监测。

**表 8.1.11 顶管工程周边环境监测报警值和监测频率**

项目监测对象		累计值		变化速率 (mm/d)	监测频率	
		绝对值 (mm)	倾斜			
1	管线位移	10~40	—	—	1 次/d	
2	临近建(构)筑物	最大沉降	10~60	—	—	1 次/d
		差异沉降	—	2/1000	0.1H/1000	1 次/d
3	地面沉降	30	—	5	1 次/d	
4	后座或反力墙变形	30	—	—	1 次/d	
5	钢管应力	钢材 强度	—	—	1 次/节	
6	管内气体	—	—	—	人员进入前	

注：1.若出现异常情况，应提高监测频率；2.H 为建(构)筑物承重结构高度。

## 8.2 工程质量验收

**8.2.1** 工程资料管理应满足 JGJ/T 185 的要求。

**8.2.2** 顶管结构施工完成，经分部工程验收合格后，方可进行后续施工。

**8.2.3** 工程验收应包括下列内容：

- (1) 管道顶进情况；
- (2) 结构防水效果；
- (3) 承重和受力结构；
- (4) 竣工资料。

**8.2.4** 顶管施工工程质量验收不合格时，应按下列规定处理：

(1) 经返工重做或更换材料、构件、管节、管件、管道设备等的分项工程(验收批)，应重新进行验收；

(2) 经有相应资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的验收批，应予以验收；



(3) 经有相应资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位验算认可，能够满足结构安全和使用功能要求的验收批，可予以验收；

(4) 经返修或加固处理的分项工程、分部工程，改变外形尺寸但仍能满足结构安全和使用功能要求，可按技术处理方案文件和协商文件进行验收。

**8.2.5** 所有顶管设备必须经检验合格后方可进入施工现场，并应进行单机、整机联动调试。

**8.2.6** 工作（接收）井的围护结构、井内结构、顶管管道施工质量验收标准应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB50141 及《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 的相关规定执行。

## 9 运维及信息管理

### 9.1 运 维

**9.1.1** 管道应定期巡检，巡检应包括下列内容：

- (1) 检查管道沿线的明漏或地面塌陷情况；
- (2) 检查井盖、标志装置等管网附件的缺损情况；
- (3) 检查各类阀门、检查井、消火栓及设施井等的损坏和堆压的情况；
- (4) 检查管道周围环境变化情况和影响管网及其附属设施安全的活动。

**9.1.2** 因基础沉降、温度和外部荷载变化等原因造成的管道损坏，在进行维修的同时，还应采取措施，消除各种隐患。

**9.1.3** 管道维护所用的材料不应影响管道整体质量，给水管还不应影响管道水质。

**9.1.4** 开启与关闭井盖应使用专用工具，严禁直接用手操作。开启压力井盖时，应采取相应的防爆措施。

**9.1.5** 下井作业人员必须经过专业安全技术培训、考核，具备下井作业资格，并应掌握人工急救技能和防护用具、照明、通信设备的使用方法。作业单位应为下井作业人员建立个人培训档案。

**9.1.6** 作业人员下井检修前，必须对井内异常情况进行检验和消除，并应强制通风换气，机械通风平均风速不应小于 0.8m/s。检测有害气体，确认无异常状况后方可入内作业，井内有毒气体的浓度应符合有关标准的要求。

**9.1.7** 井下作业时，必须进行连续气体检测，且井上监护人员不得少于两人；进入管道内作业时，井室内应设置专人呼应和监护，监护人员严禁擅离职守。作业员每次下井时间不宜超过半个小时，如发现有不适应立即上井。井内空气含氧量不应低于 19.5%。

**9.1.8** 检查管道内部情况时，宜采用电视检查、声纳检查和便携式快速检查等方式。

**9.1.9** 如必须采用潜水检查，其管道管径不得小于 1.2m，管内流速不得大于 0.5m/s。从事潜水作业的单位 and 潜水员必须具备相应的特种作业资质。

**9.1.10** 定期对给水管网进行冲洗，避免管内沉积、锈蚀。

**9.1.11** 定期对排水管道进行疏通，避免堵塞。

**9.1.12** 对顶管附近实施的施工应编制顶管保护方案，方案应包含针对顶管破坏的应急处理措施及事故应急救援方案。

## **9.2 信息管理**

**9.2.1** 钢管顶管信息管理应包含以下内容：

- (1) 管道规划、设计、施工及竣工验收的纸质版及数字化档案；
- (2) 资产管理信息；
- (3) 各管段及附属设施的基础信息；
- (4) 流量、流速、压力和水质检测等运行信息；
- (5) 各类事故发生后处理的信息；
- (6) 运行维护管理的相关信息等。

## 本规程用词说明

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

(2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

(4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用规范名录

- 1 《岩土工程勘察规范》 GB50021-2001(2009 年版)
- 2 《市政工程勘察规范》 CJJ56-2012
- 3 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》 GB50141-2008
- 4 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB50202-2018
- 5 《给排水管道工程施工及验收规范》 GB50268-2008
- 6 《堤防工程设计规范》 GB50286-2013
- 7 《碳素结构钢》 GB/T700-2006
- 8 《给水排水工程顶管技术规程》 CECS246-2008
- 9 《顶管工程施工规程》 DG/TJ08-2049-2016
- 10 《建筑地基基础设计规范》 GB50007-2011
- 11 《非开挖顶管技术规程》 DBJ/T 13-309-2019
- 12 《给水排水顶管工程技术标准》 DB22/T5032-2019

# 钢管顶管技术标准

## 条文说明

# 目 次

2	术语和符号 .....	57
2.1	术 语 .....	57
4	顶管工程勘察 .....	57
4.1	一 般 规 定.....	57
4.2	勘探孔的布置.....	57
4.3	岩土、地下水勘察.....	58
4.4	勘 察 报 告.....	58
4.5	地下管线和障碍物的探测.....	59
5	钢管技术要求 .....	59
5.1	钢 材 .....	59
5.2	几何尺寸允许偏差.....	59
6	顶管工程设计 .....	60
6.1	工 程 选 线.....	60
6.2	钢管管道结构上的作用.....	60
6.3	钢管顶管管道结构设计.....	61
6.4	工作井 .....	64
6.6	顶管设计顶力估算及允许顶力计算.....	64
6.7	中继间 .....	65
7	钢管顶管施工 .....	66
7.1	一 般 规 定.....	66
7.4	顶进设备安装.....	66
7.5	始发与接收.....	66
7.6	减阻措施 .....	67
7.7	测量及纠偏.....	67
7.8	管内弃土运输.....	67
7.11	冬雨期施工.....	68
7.12	施工安全及环境保护.....	68
8	监测及验收 .....	69
8.1	监 测 .....	69
9	运维及信息管理 .....	70
9.1	运 维 .....	70
9.2	信 息 管 理.....	71
		56

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.11 触变泥浆

触变泥浆一般是以膨润土为主要材料，CMC（粉末化学浆糊）或其它高分子材料等为辅助材料的一种均匀混合溶液。

## 4 顶管工程勘察

### 4.1 一般规定

**4.1.2** 勘察前必须取得的图纸和资料是勘察任务书的主要内容，应由设计单位在下达（委托）任务时提供。

**4.1.4~4.1.7** 顶管工程勘察时应充分调查地上所有建(构)筑物，地下所有障碍物(构筑物)，穿越大堤、铁路、公路、河流、房屋、断裂层、地震带、其它管线等情况，或顶管时在地下遇到的各种复杂地质、有害气体障碍物。顶管工程勘察必须查明地下各土层的性质、分布空间和范围，在选择管位时应避让障碍物，提供详尽资料，供设计及施工单位参考，避免对顶管施工产生不利影响。

**4.1.8** 规定了工程环境勘察的范围和基本内容。当地下有障碍物时，应查明障碍物的分布范围、埋深和特性。地下存在沼气及其他有毒有害物质时，应查明分布范围、埋深和特性。在化工厂区地下顶管时，查明酸碱和油脂的污染程度。

**4.1.9** 勘探孔应全长封孔，封堵材料宜选用水泥浆或水泥砂浆等材料。

### 4.2 勘探孔的布置

**4.2.1** 本标准规定的场地类别是引自中华人民共和国国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。《岩土工程勘察规范》GB 50021 第 3.1.2 条根据场地的复杂程度，可按下列规定分为三个场地等级：

(1) 符合下列条件之一者为一级场地（复杂场地）：

①对建筑抗震危险的地段；



- ②不良地质作用强烈发育；
- ③地质环境已经或可能受到强烈破坏；
- ④地形地貌复杂；
- ⑤有影响工程的多层地下水、岩溶裂隙水或其他水文地质条件复杂，需要专门研究的场地。

(2) 符合下列条件之一者为二级场地（中等复杂场地）：

- ①对建筑抗震不利的地段；
- ②不良地质作用一般发育；
- ③地质环境已经或可能受到一般破坏；
- ④地形地貌复杂；
- ⑤基础位于地下水位以下的场地。

(3) 符合下列条件者为三级场地（简单场地）：

- ①抗震设防烈度为 6 度，或对建筑抗震有利的地段；
- ②不良地质作用不发育；
- ③地质环境基本未受破坏；
- ④地形地貌简单；
- ⑤地下水对工程无影响。

《给水排水工程顶管技术规程》（CECS246）规定顶管勘探孔布置在轴线两侧，不应布置在轴线上，以避免对顶管的不利影响。如在勘察条件有限的情况下，必须将勘探孔布置在顶管轴线上，则应对勘探孔进行封孔处理。

### 4.3 岩土、地下水勘察

**4.3.5** 地下水勘察时的水位不是最高水位也不是最低水位，最高水位和最低水位应向当地水文部门查询。

**4.3.7** 地下的承压水有可能威胁顶管施工的安全，应准确提供必要的数据库。

### 4.4 勘察报告

**4.4.1~4.4.5** 勘察报告内容应根据任务要求，勘察区域的地理、地质特征和工程地质环境特征，以及顶管工程项目的具体情况确定。为了便于工作，本节规定了勘察报告内容的基本要求，这些内容可根据上述原则作适当增减。对地质条件简

单和勘察工作量小的工程，勘察报告可适当简化，采用图表形式，并附必要的文字说明。

## **4.5 地下管线和障碍物的探测**

**4.5.2~4.5.3** 概述了地下管线、地下其他障碍物探测的主要方法。

**4.5.6** 在顶管轴线范围内存在地下障碍物时，需要采用工程物探等手段进一步探明地下障碍物范围，并在平面图和地质剖面图上标注。

## **5 钢管技术要求**

### **5.1 钢 材**

**5.1.1** 本标准适用于 DN500~DN2600mm 给水和排水管道工程顶管设计施工中的埋地钢质管道。

### **5.2 几何尺寸允许偏差**

**5.2.1** 表 5.2.1 来源于 1998 年中国建筑工业出版社出版的《实用给水排水工程施工手册》。

**5.2.3** 可使用壁厚千分尺或其他具有相应精度的无损检测装置测量。当壁厚测量发生争议时，应以壁厚千分尺的测量结果为准。

**5.2.7** 当钢管与两井之间不设伸缩接头，需验算钢管温度应力。当需要验算时，可按温度 20℃计算。钢管与井连接经常发生断裂漏水，除了钢管收缩变形原因外，尚有沉降变形的原因。

## 6 顶管工程设计

### 6.1 工程选线

6.1.1 (4) 应满足检查井施工空间的需要。

(5) 抗浮和航道要求在设计中仍要考虑。

6.1.2 (1) 规定管道上覆土层厚度主要是为了减少地面沉降或隆起。另外，也有管道和施工安全方面考虑。本规程在参考 CECS 246-2008《给水排水工程顶管技术规程》的基础上，进一步明确了：1) 顶管穿越江河时管道应布设河流冲刷线以下；2) 穿越铁路、公路、堤防或其他设施时，管道上部覆土厚度应遵守铁路、公路、堤防或其他设施的相关安全规定。

6.1.3 拟顶管道与既有建(构)筑物的距离，与顶管深度、土层特性、既有建(构)筑物结构、材料、接头构造、基础形式等因素有关，具体情况往往又是千差万别、无法一一罗列；可行的处理方法就是：拟顶管道尽量离开既有建(构)筑物，顶管不要从建筑(构)物的基础的影响范围下穿过，特别是刚性的条形基础、扩大基础，除非有可靠的保护措施。对于能预计发生的情况，事先做好保护措施。

### 6.2 钢管管道结构上的作用

6.2.5.2 管顶覆盖层的竖向土压力公式取自现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332 附录 B。

原公式只考虑土的内摩擦角  $\varphi$ ，未考虑的粘聚力  $C$ ，本规程根据美国标准《预制混凝土管顶管设计规范》ASCE27-00 考虑了内摩擦角和粘聚力共同作用，对于顶管而言比较符合真实情况，但由于粘聚力在土工试验时离散性较大，为确保安全，建议  $C$  值取试验成果的最低值。砂性土也可考虑  $C$  值，美国标准《预制混凝土管顶管设计规范》ASCE27-00 规定：对于粉质砂土  $C$  可取  $4800\text{N/m}^2$ ，密实砂土  $C$  可取  $4400\text{N/m}^2$ 。干燥的松砂时  $C$  取 0。美国标准取  $B_t=D_1$ ，本规程在送审稿审查后决定取  $B_t = D_1[1 + \text{tg}(45^\circ - j/2)]$ ，与现行国家标准《给水排水管道结构设计规范》GB50332 协调一致。关于  $K_{a\mu}$  本规程则按美国标准《预制混凝土

管顶管设计规范》ASCE27—00 按土质分别取值。

**6.2.5.3** 当覆盖层土体部分在地下水以上，部分在地下水以下时，地下水以上土重取实重，地下水以下土重取有效重度。

管道处于地下水以下时，计算竖向压力和水平侧压力时都采用水土分算。有地下水时计算结果比没有地下水时要小，因此地下水位应选取较低的水位比较安全。

**6.2.6.1** 表 6.2.6.1 摘自现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332。

**6.2.6.4** 地面堆积荷载与地面车辆轮压不考虑同时作用，当垂直土压力计算的土柱高度大于顶管埋深时，这两项都可不考虑。

**6.2.6.5** 温差指冬季或夏季管内水温与顶管埋置深度的土体温度之差。

### **6.3 钢管顶管管道结构设计**

**6.3.1.4** 钢管顶管的计算分四个工况：顶管期间、空管期间、管内满水、使用期间。顶管期间管内不可能有水、水压，也没有温差作用，顶管计算只考虑顶力。当采取注浆减阻并且浆液确实饱满时，管外水土压力和地面堆载可以不计，只承受减阻泥浆压力，此工况不是受力控制工况，所以在计算组合中不考虑。管内满水工况不同于使用工况，因为管内静水压力，对管壁横截面弯矩起控制作用。当不使用减阻泥浆施工时，施工阶段管道计算可参照使用阶段工况设计，并应考虑顶力作用，但不考虑温度作。

**6.3.1.5** 验算柔性管截面稳定时，竖向土压和侧向土压应分别按本规程第 6.2.5.2 条 和第 6.2.5.3 所列公式计算，地面车辆或地面堆积荷载是否考虑视计算土柱高度决定。使用期间承载能力和稳定验算时，对于钢管应扣除腐蚀厚度。而施工阶段则不应考虑这些因素。

**6.3.3.2** 钢管的内力计算公式同埋地钢管结构设计规程相同，由于钢管的侧向抵抗力是通过钢和土的弹性模量比来反映的，不再计入侧向水土压力作用。由于压力水作用下管道的变形同土压作用下是相反的，计算  $M$  的组合作用公式的折减系数 0.7。当有地下水时，计算竖向土压力取土的有效重度。

**6.3.3.3** 钢管的纵向应力通常包括三个部分：

(1) 因钢材的泊松比影响产生的纵向应力。

(2) 温度应力。一般顶管埋置较深，温差不大，并且顶管在土层中不可能呈直线，而是不同曲率的曲线，它能释放部分温度应力。本规程建议温差取 20°C。

(3) 公式 6.2.3-1 最后一项是考虑钢管弯曲产生的应力，钢顶管轴线偏差值除了满足顶管验收要求外，尚应要求钢管变形的曲率半径  $R_1 \geq 1260D_0$ 。当  $R_1 < 1260D_0$  时，公式 6.2.3-1 中第三项  $\frac{0.5E_p D_0}{R_1}$  值较大，可能导致  $\eta\sigma_x > f$ ，此时，

可通过增加管壁厚度或根据实际情况调整  $L_1$  来满足设计要求。

1260 $D_0$  的依据见如下推导过程：

$$\text{纵向应力 } \sigma_x = u_p \sigma_q \pm j_c \gamma_Q \alpha E_p D T + s_m$$

假定横截面应力  $\sigma_q \leq f$ ，并取  $\nu_p = 0.3$ ， $\varphi_c = 0.9$ ， $\gamma_Q = 1.4$ ， $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ ， $E_p = 2.06 \times 10^5$ ， $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ 。

$$\begin{aligned} \text{则得 } \sigma_x &= 0.3f + 0.9 \cdot 1.4 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 2.06 \cdot 10^5 \cdot 20 + s_m \\ &= 0.3f + 62.29 + s_m \\ &= 0.3f + \frac{62.29}{205} f + s_m \\ &= 0.3f + 0.302f + s_m \\ &= 0.602f + s_m \end{aligned}$$

假定  $\sigma_x = f$  代入上式：

$$\text{则 } s_m = (1 - 0.602)f = 0.4f$$

根据计算：

①当轴线高程偏差为  $f_1 = 150\text{mm}$ ，轴线长度  $L_1 = 150\text{m}$ ，100m，75m 时， $\sigma_m$  均不超过  $0.4f$ 。

②当轴线高程偏差  $f_1 = 150\text{mm}$ ，轴线长度  $L_1 = 50\text{m}$  时，某些直径的钢管出现应力  $\sigma_m > 0.4f$ ，因此在限制轴线允许偏差的同时必须限制曲率半径。

考虑到钢板厚度可能超过 16mm，根据现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 取  $f = 205$ 。

$$\text{令 } s_m = \frac{0.5E_p D_0}{R_1} = 0.4f$$

$$R_1 = \frac{0.5E_p D_0}{s_m} = \frac{0.5' 2.06' 10^5 D_0}{0.4' 205} = 1256.1D_0 \gg 1260D_0$$

考虑管道纵向应力  $\sigma_x$  的几种可能组合(第二项和第三项符号变化)比较:

$$\text{组合I} \quad s_{x1} = 0.3f + 0.302f + 0.4f = 1.0f$$

$$\text{组合II} \quad s_{x2} = 0.3f - 0.302f + 0.4f = 0.4f$$

$$\text{组合III} \quad s_{x2} = 0.3f - 0.302f - 0.4f = -0.4f$$

$$\text{组合IV} \quad s_{x2} = 0.3f + 0.302f + 0.4f = -0.2f$$

计算组合折算应力  $\sigma$  时, 组合 III  $\sigma_x = -0.4f$  最为不利,  $\sigma_0$  也应要有余地, 假定  $\sigma_0 = 0.9f$ 。

$$\begin{aligned} s &= h \sqrt{s_q^2 + s_x^2 - s_q s_x} \\ &= 0.9' \sqrt{(0.9f)^2 + (-0.4f)^2 - 0.9f' (0.9f)} \\ &= 0.9f \sqrt{0.91 + 0.16 + 0.36} \\ &= 0.9f \sqrt{1.33} \\ &= 1.037f \gg f \end{aligned}$$

根据表 13.2.1, 考虑长距离顶管, 按管底高程偏差  $f_1 = 150\text{mm}$ , 取相应的轴线长度  $L_1 = 50\text{m}$ 。

$$\text{此时时曲率半径} R_1 = \frac{0.15^2 + (50/2)^2}{2' 0.15} = 2083.4\text{m} \gg 2080\text{m};$$

$$\text{按应力控制时: } R_1 = \frac{0.5E_p D_0}{s_m} = \frac{0.5' 2.06' 10^5}{0.4' 205} D_0 = 1260D_0;$$

$$\text{协调管径: } D_0 = \frac{2083}{1256} = 1.6584\text{m}, \text{ 取} 1.60\text{m}。$$

即当管径:  $D_0 \leq 1600$  时, 应满足  $R_1(50\text{m})^3 \geq 2080\text{m}$ ;

$D_0 > 1600$  时, 应满足  $R_1(50\text{m})^3 \geq 1260D_0 \gg 1260D_0$ 。

设计时, 可根据实际情况调整  $L_1$  的取值。

### 6.3.4 正常使用极限状态验算

本节中公式 6.3.4.1 摘自《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程》CECS 141: 2002, 所不同的是本规程公式中没有变形滞后系数  $D_L$ , 并且管侧土的综合变形模量  $E_d$  应取原状土的试验值。顶管同埋管不一样, 顶管管侧基本上是原状土, 根据在软土地基上的实测, 施工阶段管道是有一定变形量, 使用阶段变形反而减小。

## 6.4 工作井

6.4.2 圆形井受力性能好，特别适用于超深的情况，而矩形井则适用于多根平行顶进的工作井。

6.4.4 确定顶管工作井长度所需的各种平衡类顶管机参考长度：小于 DN1000 的小直径顶管机长度为 3.5 米，大中直径顶管机长度大于或等于 5.5 米。

## 6.6 顶管设计顶力估算及允许顶力计算

### 6.6.4 钢管顶管传力面允许的最大顶力

#### (1) 计算模型

管道纠偏在减少偏差的同时，必然造成管轴线弯曲。由弯曲造成的纵向弯矩的大小与管道的抗弯刚度、曲率半径有关，刚度越大、曲率半径越小，则抗弯刚度越大，弯曲应力越大。实践证明，管径较大的钢管弯曲应力如不加重视，容易造成不良后果。

钢管设计允许顶力的计算模式是：钢管最大允许弯曲应力加顶力造成的钢管平均应力应等于钢管最大允许应力  $f_m$ （见图 1）。

钢管最大允许压应力为：

$$f_m = \frac{f_1 f_3 f_4 f}{g_{Q_d}} \quad (1)$$

钢管最大允许弯曲压应力为：

$$f_{b, \max} = g f_1 f_4 f \quad (2)$$

式中  $f_m$ ——钢管最大允许压应力；

$f_{b, \max}$ ——可能发生的钢管最大纵向弯曲应力；

$f_p$ ——允许顶力造成的钢管平均应力；

$f$ ——钢材强度设计值。

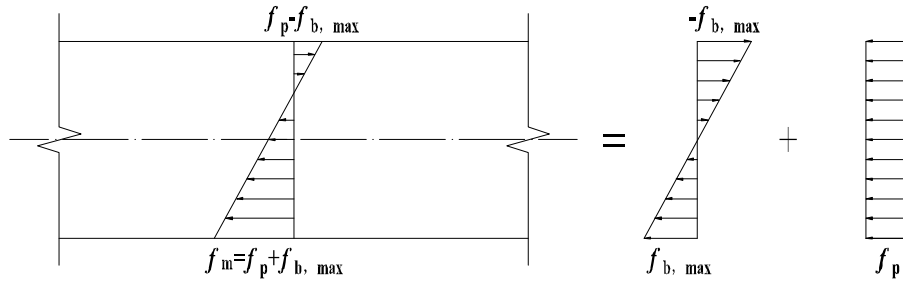


图 1 钢管顶力计算模型图

(2) 最大允许顶力计算公式推导

$$F_{ds} = f_p A_p = \frac{\varphi_1 f_3 f_4 f}{g_{Q_d}} - f_{b, \max} \frac{A_p}{g} \quad (3)$$

钢管允许最大纵向弯曲应力  $f_{b, \max}$  是根据施工纠偏的需要及钢管弯曲的可能以及参照以往的施工经验确定为：

$$f_{b, \max} = 0.72 \varphi_1 f_3 f \quad (4)$$

代入(3)式并取  $\varphi_4=0.36$ （根据顶管施工经验推定）可得：

$$F_{ds} = \frac{f_1 f_3 f_4}{g_Q} f A_p \quad (5)$$

## 6.7 中继间

### 6.7.1 中继间设置原则：

(1) 安装第一个中继间后每当主顶油缸的推力达到管道设计推力 50%~60% 时，应安放一套中继间；当主油缸推力达到管道设计推力的 60%~70% 时，应重启中继间。

(2) 中继间的允许顶力指控制顶力，应比中继间的允许最大顶力小。

(3) 中继间在曲线段或轴线偏差运行时，应及时调整合力中心，确保中继间转角不扩大。

(4) 第一个中继间顶力富余量不易小于 40%，其余不宜小于 30%。第一个中继间安装时应考虑顶管机在迎面阻力作用下发生反弹。

**6.7.3** 中继间密封装置应具有良好的密封性、耐磨性和较长的寿命，应避免浆液、地下水、沙子或者土颗粒等进入中继间外壳和其后部的管道之间。可以通过注油管定期地向内外弹性密封环之间以及密封环的外部注入油脂润滑。



## 7 钢管顶管施工

### 7.1 一般规定

**7.1.6** 顶管过程中停止时间超过 48h 后，管壁的摩阻力成倍增加，存在顶进施工风险。

### 7.2 施工组织设计

**7.2.4** 实际施工中可能会发生开工前预计不到或与开工前了解信息不对等的情况，此次应及时根据实际施工情况对施工组织设计相关内容进行优化，但作为施工纲领性文件的施工组织设计，优化后应按要求重新审批，通过后方可组织实施。

### 7.4 顶进设备安装

**7.4.2** 后背墙为沉井或地下连续墙结构时，可采用拼装式后座；后背墙为 SMW 工法、旋喷桩、深层搅拌桩等结构形式时可采用整体式后座。后背墙的面积应满足土体承载力的要求，强度、刚度应满足最大顶进力要求。

**7.4.4** 千斤顶的合力中心应低于管中心，其尺寸宜为管道外径的 1/10~1/8，本条解释参考《给水排水工程顶管技术规程》CECS246-2008 条文说明第 12.11 节。

### 7.5 始发与接收

**7.5.4** 穿墙壁管临时闷板提起后，应迅速顶进。近年来已有数个工程发生穿墙时大量坍方的情况，其中原因之一是打开闷板到顶管机开始顶进时间过长，这是时空效应在顶管中的反映。时空效应在许多场合，例如深基础开挖，证明是非常重要的。顶管的成功经验也证明，穿墙迅速，顶管机尽快向土体挤压，在大多数情况是可以避免坍方的。

**7.5.5** 在软土地区，顶管机入土长度较小时要防止顶管机头下沉。在软土地区，如果导轨的支承力不够，顶管机入土长度较小时，因土体支承面小，造成较大的地基应力，容易发生顶管机端部下沉，应采取以下措施：

- (1) 导轨前端应尽量接近穿墙管，减少顶管机的悬臂长度。

(2) 穿墙内应有定心环。

(3) 穿墙迅速连续,不应在此停留。

**7.5.6** 进洞前减慢顶进速度。进洞多发的事故是顶管机正面阻力太大,造成接收孔闷板被顶开,或板桩墙向井内鼓起,结果造成涌土、塌方和流砂。最好的解决办法是减慢顶进速度,减少顶管机的正面阻力,使顶管机平稳地进入墙洞,接近闷板。这种情况对周围的土体扰动最小,可避免上述不良后果。

## 7.6 减阻措施

**7.6.1** 减阻泥浆注浆要求是保证顶进管道外壁与土体之间形成稳定的、连续的泥浆套,其效果可通过顶进力降低程度来验证。

## 7.7 测量及纠偏

**7.7.2** 顶管定向测量宜采用下列方法:

- 1.采用全站仪直接传递定向时,全站仪传递采用 I 级全站仪且传递倾角不应大于 300;
- 2.采用联系三角形定向时,联系三角形的图形应符合相关要求;
- 3.采用铅垂仪投点定向时,铅垂仪的投点精度应得到保证。

**7.7.3** 顶管施工的测量应符合下列要求:

1 施工过程中应对管道水平轴线和高程、顶管机姿态等进行测量,并及时对测量控制基准点进行复核,以便发现偏差;顶管机姿态应包括其轴线空间位置、垂直方向倾角、水平方向偏转角、机身自转的转角。

**7.7.4** 纠偏基本要领:及时纠偏和小角度纠偏;挖土纠偏和调整顶进合力方向纠偏;刀盘式顶管机纠偏时,可采用调整挖土方法、调整顶进合力方向、改变切削刀盘的转动方向、在管内相对于机头旋转的反向增加配重等措施。

## 7.8 管内弃土运输

**7.8.1** 弃土运输分为管内运输和场内地面运输两种。可参考使用的输土方法有以下几种:

- 1 泥水平衡顶管机采用水力机械方式将泥浆通过与管路连接的吸泥泵排出

并由排泥旁通装置直接输送至地面泥浆沉淀池；

2 土压平衡顶管机由螺旋输送机控制出土，然后通过电瓶车、皮带输送机将弃土运输至顶进工作井，再由垂直运输机械吊至地表；或者采用砂石泵直接从螺旋输送机将弃土泵送至地表。顶进距离较长的可用泥泵输送，顶进距离较短的可采用矿车运输；

3 接力泵的形式进行出土，有条件的还可采用电动混凝土泵取代泥泵。

## 7.11 冬雨期施工

**7.11.1** 本条对雨季顶管施工提出要求。工作井周围防排水措施应符合下列要求：

1 排水沟和集水坑宜布置于地下结构外边距坡脚不小于 0.5m。

2 排水沟深度和宽度应根据基坑排水量确定，沟底宽不宜小于 0.3m，坡度不宜小于 0.1%；

3 集水坑大小和数量应根据地下水量大小和积水面积确定，且直径(或宽度)不宜小于 0.6m，其底面应比排水沟沟底深不宜小于 0.5m。

4 雨期施工应急备用电源应处在良好状态。

5 应有防洪、防暴雨的应急措施及相应的应急人员、材料、设备等。

**7.11.2** 本条对顶管冬期施工提出要求。

1 本地区冬期施工指室外日平均气温连续 5d 稳定低于 5℃即进入冬期施工，室外日平均气温连续 5d 高于 5℃即解除冬期施工。

## 7.12 施工安全及环境保护

**7.12.9** 废土、渣土及废泥浆应及时外运至指定弃土场，外运车辆应为密封车或有遮盖自卸车，车辆及车胎应保持干净，不粘带泥块等杂物，防治污染道路。

## 8 监测及验收

### 8.1 监测

**8.1.1** 工程监测对象主要包括支护结构、周围岩土体和周边环境，支护结构监测对象主要为工作井支护桩(墙)、立柱、支撑、锚杆、土钉，盾构法顶管管片；周围岩土体监测对象主要为工程周围的岩体、土体、地下水以及地表；周边环境监测对象主要为工程周边的建(构)筑物、地下管线、高速公路、城市道路、桥梁、既有轨道交通以及其他城市基础设施。这些对象的安全状态是控制城市顶管地下工程施工安全的关键所在。

**8.1.9** 本条对顶管检测预警值及监测频率提出要求。

1 顶管工程周边环境监测报警值中监测对象的累计值给出的是报警值范围，具体数值应根据管道输送介质的危险性、管道结构、建(构)筑物的结构和安全级别等确定，可与产权单位、设计单位和第三方评估等单位共同确定。

2 监测初期应按照监测方案规定的频率进行，监测中可根据实测变形量和变形速率等情况调整监测频率。

## 9 运维及信息管理

### 9.1 运 维

**9.1.1** 巡检的内容是多方面的，巡检中发现的问题越早，处理得越及时，越有利于管道的安全运行和管道维护检修费用的降低。

**9.1.3** 管道修复所用的管材应不影响管道的修复质量。对于金属管材的焊接，若材质不一，易产生电化学腐蚀；而化学管材则将影响粘接、熔接的质量。

**9.1.4** 开闭井盖要采用具有一定刚性的专用工具，由于井盖型号、材料、重量不一，如需两人启闭时，要用力一致，轻开轻放，防止受伤。防爆措施主要指管道压力井盖、带锁井盖和排水泵站出水压力池盖板等，由于压力井盖常年暴露在外或长期封闭地下，风吹日晒、潮湿，容易锈蚀，正常开启比较困难，又因井内气体情况不便检测、无法确认其是否有易燃易爆气体存在，因而无法保证安全作业环境，如贸然动用电气焊等明火作业容易发生爆炸事故，造成人员伤亡，因此，开启压力井盖时应采取防爆措施。

**9.1.5** 井下作业是市政排水管道维护作业中经常遇到的一种特殊作业项目，其作业的特殊环境，作业中的危险性较大，作业人员容易出现硫化氢中毒和窒息事故。本条井下作业要求主要是针对作业单位和作业人员，是对进行井下作业安全最基本的要求。由于井下作业环境比较恶劣，劳动强度大，操作困难并且作业时间较长，因此对作业人员的技术素质、安全素质和身体素质以及自我保护和自救能力要求比较高，对作业单位的现场安全监督管理，作业组织能力，设备配备和使用以及应急救援措施等要求比较严格。对此应保证每年不少于一次进行井下作业安全专项技术培训，对井下作业的操作、监护人员实行操作证制度。

**9.1.6** 下井作业前作业单位必须先检测管道内气体情况，必须坚持先检测后作业的程序，该规定是作业中预防硫化氢中毒的有效手段，通过气体检测可以使现场作业人员对该作业环境有一个正确的辨识和认知，以便及时采取安全预防措施，杜绝盲目下井作业。

**9.1.7** 由于排水管道内水体流动没有规律且气体比较复杂，当井下作业人员工作时造成井内泥水搅动，有毒气体可随时发生变化并释放，因此进行全过程气体检测可保证作业单位及时掌握井内气体情况，一旦发生变化可及时采取防护措施，

保证作业人员安全。

井下作业必须设有监护人员，并且不得少于两人，是因为监护人员在地面既要随时观察井内作业人员情况，又要随时观察地面设备运转情况，还要掌握好供气管、安全绳，潜水作业时还要掌握好通信线缆等，特别是一旦井下作业出现异常，监护人员可立即帮助井下人员迅速撤离。监护人员的工作直接关系到井下作业人员安全，责任重大，所以要求监护人员必须经过专业培训，并具备一定的安全素质、操作技能、管理能力、抢救方法，工作中必须严肃、认真、负责。

进入管道内的作业，监护人员要下到井室内的管道口处进行监护，应以随时能观察管内人员工作情况并能保证通话正常，一般不能超过监护人员视线，一旦出现异常情况以能够保证迅速将管内作业人员救出为准，井下作业未结束时监护人员不得撤离。

**9.1.8** 近年来我国许多城市已采用了排水管道电视检查、声纳检查和便携式快速检查的方法，并取得良好的效果，减少了人员进入管道检查的频率。

由于电视检查多用于已建成的排水管道或经过清理后的旧有管道，其旧有管道内气体比较复杂，人员进入检查有一定的难度和危险性，因此宜采用电视检查方法，人员尽量不进入管道检查。管道检查可分为新管道交接验收检查、运行管道状况检查和应急事故检查等，其中管道状况检查和应急事故检查，由于受管道现状影响较大，检查有一定难度，并存在一定的危险性。

**9.1.9** 潜水作业一般包括潜水检查和潜水清掏作业。对管道内的潜水作业，因作业面比较狭窄，管内情况比较复杂，一旦作业出现问题，潜水员很难及时撤离，存在一定安全隐患。所以作业单位尽量不安排潜水员进入管道内作业。同时，凡从事潜水作业的单位 and 潜水员必须具备特种作业资质。

## 9.2 信息管理

**9.2.1** 详细的信息管理既便于管网的运行维护，同时可以避免城市工程建设时因土方开挖破坏管道，或防止在顶管附近进行强大的施工，大的振动使管道破裂。