

备案号：J 16437—2022

浙江省工程建设标准

DBJ

DBJ33/T 1283—2022

顶管工程技术规程

Technical specification for pipe jacking engineering

2022-07-18 发布

2022-12-01 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省住房和城乡建设厅

公 告

2022 年 第 31 号

关于发布浙江省工程建设标准 《顶管工程技术规程》的公告

现批准《顶管工程技术规程》为浙江省工程建设标准，编号为 DBJ33/T 1283 - 2022，自 2022 年 12 月 1 日起施行。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，杭州市城市建设发展集团有限公司负责具体技术内容的解释，并在浙江省住房和城乡建设厅网站公开。

浙江省住房和城乡建设厅

2022 年 7 月 18 日

前 言

根据浙江省住房和城乡建设厅《关于印发〈2018 年度浙江省建筑节能与绿色建筑及相关工程建设标准制修订计划〉的通知》（建设发〔2018〕341 号）的要求，规程编制组通过广泛调查研究，参考国内外的有关标准，并结合浙江省在顶管工程方面的实践运用，制定了本规程。

本规程共分 8 章和 3 个附录。主要内容包括：总则，术语和符号，基本规定，勘察，设计，施工，监测，验收等。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，杭州市城市建设发展集团有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送杭州市城市建设发展集团有限公司（地址：杭州市上城区婺江路 289 号城建发展大厦；邮编：310016；邮箱 196086208@qq.com），以供修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位：杭州市城市建设发展集团有限公司

浙江省建筑设计研究院

宁波市建设集团股份有限公司

参 编 单 位：宁波市水务环境集团有限公司

杭州市勘测设计研究院有限公司

泛城设计股份有限公司

浙江省隧道工程集团有限公司

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司

浙江金城建设集团有限公司

浙江省第一水电建设集团股份有限公司

浙江省建投交通基础建设集团有限公司

上海土盾隧道建设有限公司
新兴铸管股份有限公司
宁波三鼎钢管工程有限公司
浙江万华建设有限公司
平湖市福通建设工程有限公司
核工业金华建设集团有限公司
浙江远辰建设股份有限公司
核工业井巷建设集团有限公司
杭州市地铁集团有限责任公司

主要起草人： 吴桂才 刘兴旺 谢伟光 张文俊 陈卫林
叶剑伟 崔彦凯 刘恒新 李淑海 蔡静慧
干继红 卢保玲 王贵美 孔细俊 孙政波
马建红 王光辉 俞 旭 沈建良 巴清华
叶晓娟 庄仲辉 蒋良程 刘敬亮 郑 哲
吴钢伟 吴延洲 章艳杏 毛陈军 霍 超
李 瑛 胡 垚 韩东民 周 盛 张宏建
童 磊 朱小龙 杜占鹏 欧阳朝桂 谢国伟
赖在会 阮仁酉 王元明 杨道喜 沈海涛
项 斌 孙余好 于 翔 钱文涛 胡飞宙
莫云波 包正军 施 俊 黄 挺 陈伟浩
陈 成 张翰林 汪 涛
主要审查人： 蒋建良 游劲秋 沈 浩 史文杰 张广健
卢汉清 郑 楠

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	7
4	勘 察	8
4.1	一般规定	8
4.2	岩土工程勘察	8
4.3	环境调查	10
5	设 计	12
5.1	一般规定	12
5.2	线位设计	12
5.3	顶管选型	14
5.4	结构与防水	15
5.5	工作井	18
6	施 工	22
6.1	一般规定	22
6.2	施工准备	23
6.3	施工设备	24
6.4	始发	27
6.5	顶进	28
6.6	接收	35
6.7	安全与环境保护	36
6.8	应急处置	39

7 监 测	40
7.1 一般规定	40
7.2 监测范围及等级划分	42
7.3 测点布置	44
8 验 收	46
8.1 一般规定	46
8.2 主控项目	46
8.3 一般项目	49
附录 A 顶管机选择	53
附录 B 管 材	54
附录 C 压力标准值	61
本规程用词说明	63
引用标准名录	64
附：条文说明	65

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Basic requirments	7
4	Survey	8
4.1	General provisions	8
4.2	Geotechnical investigation	8
4.3	Environmental investigation	10
5	Design	12
5.1	General provisions	12
5.2	Line design	12
5.3	Jacking pipe selection	14
5.4	Structure and waterproof	15
5.5	Working shaft	18
6	Construction	22
6.1	General provisions	22
6.2	Construction preparation	23
6.3	Construction equipment	24
6.4	Originating	27
6.5	Jacking	28
6.6	Receiving	35
6.7	Safety and environmental protection	36
6.8	Emergency response	39

7	Monitor	40
7.1	General provisions	40
7.2	Monitoring scope and classification	42
7.3	Measuring point layout	44
8	Acceptance	46
8.1	General provisions	46
8.2	Dominant item	46
8.3	General items	49
Appendix A	Pipe jacking machine selection	53
Appendix B	Pipe	54
Appendix C	Pressure standard value	61
	Explanation of wording in this specification	63
	List of quoted standards	64
	Addition: Explanation of provisions	65

1 总 则

1.0.1 为规范顶管技术的工程应用，做到技术先进、经济合理、安全适用、质量保证，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于浙江省机械平衡式顶管工程的勘察、设计、施工、监测和验收。

1.0.3 顶管技术的工程应用除应符合本规程外，尚应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 顶管 pipe jacking

地下管道、地下通道等地下结构施工中，依靠顶管机和顶进装置，将管节在地下逐节顶进的施工技术。根据断面分为圆形顶管和矩形顶管。

2.1.2 机械平衡式顶管 mechanically balanced pipe jacking

顶管顶进过程，通过控制顶管机前端压力，实现顶进面土压力和水压力的平衡，以保持顶进面稳定的顶管施工方法。根据平衡方式分为土压平衡、泥水平衡和气压平衡等三种。

2.1.3 管节 pipe element

采用顶管技术施工形成地下结构的基本单元。

2.1.4 市政公用管道 municipal public pipeline

给排水、燃气、热力和电力等管道或工艺套管的统称。

2.1.5 顶管机 push bench

安装在管节前端用于掘进的机械设备。

2.1.6 长距离顶管 long - distant jacking - pipe

一次连续顶进长度 400m 以上并设置中继间的顶管。

2.1.7 土压平衡 earth pressure balance

通过控制土舱内泥土的压力，使顶进过程中顶管机与其所处土层的土压力和地下水压力处于平衡状态，而且排土量与顶管机切削刀盘破碎下来的土体积处于平衡状态，以保持顶进面稳定的一种施工方法。

2.1.8 泥水平衡 slurry balance

通过直接或间接对泥水舱压力进行控制，达到与顶进面土压

力和地下水压力的平衡，以保持顶进面稳定的一种施工方法。

2.1.9 气压平衡 air pressure balance

通过向泥水舱内加压缩空气对泥水舱压力进行控制，达到与顶进面土压力和地下水压力的平衡，以保持顶进面稳定的一种施工方法。

2.1.10 工作井 working shaft

用于顶管作业时顶进或接收所需要的地下空间结构，包括顶进井和接收井。

2.1.11 顶进井 jacking shaft

用于顶管设备安装调试、管节拼装及顶进施工的地下作业空间。

2.1.12 接收井 arriving shaft

用于接收顶管机的地下作业空间，也称为接收坑。

2.1.13 导轨 rail

铺设在工作井底部，用于顶管工程初始导向和管节拼接用的轨道。

2.1.14 洞门 hole for penetrating wall

顶管机进出顶进井、接收井的洞口。

2.1.15 顶进 jacking

顶管机由顶进井进入土层开始顶进的过程，也称为出洞。

2.1.16 接收 receiving

顶管机由土层进入接收井、完成顶进的过程，也称为进洞。

2.1.17 中继间 intermediate station

设置在管节间的接力顶进装置。

2.1.18 触变泥浆 thixotropic slurry

用于填充管道外壁与土体之间的空隙并起到减阻作用的泥浆。

2.1.19 后背 reaction base

将顶管反力传递到工作井外岩土体的墙体结构。

2.1.20 后背墙 reaction wall

将顶管反力传递到工作井外岩土体的墙体结构。

2.1.21 顶推力 jacking force

推进整个管道系统和相关机械设备向前运动的作用力。

2.1.22 压浆孔 grouting hole

在管节插口处预埋设置的管状孔道，并设有止回阀，用于顶管施工时向外注压泥浆，以形成减阻泥浆套。

2.1.23 顶铁 jacking block

放置于千斤顶和被顶管道之间的传力装置，分环形顶铁、“U”型顶铁和组合顶铁等。

2.1.24 洞门止水环 wall hole waterproof ring

在洞口设置的环形止水装置。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

F_p ——管道允许顶推力 (kN)；

σ_p ——管材抗压强度设计值 (kN/m²)。

2.2.2 作用和作用效应

C ——土的粘聚力 (kN/m²)；

F ——总顶推力 (kN)；

F' ——主顶工作站千斤顶的最大反作用力 (kN)；

F_0 ——顶管机的迎面阻力 (kN)；

F_p ——管道允许顶推力 (kN)；

$F_{sv \cdot k1}$ ——管顶上部竖向土压力标准值 (kN/m²)；

$F_{sv \cdot k2}$ ——管拱背部竖向土压力标准值 (kN/m²)；

$F_{sv \cdot k3}$ ——管顶竖向土压力标准值 (kN/m²)；

f ——管道外壁与土层的平均摩阻力 (kPa)；

P ——注浆压力 (kPa)；

P_A ——泥浆套顶部的水压力和主动土压力 (kPa);

P_a ——主动土压力 (kPa);

P_p ——被动土压力 (kPa);

R_c ——后背墙的承载能力 (kN);

σ_p ——管材抗压强度设计值 (kN/m²)。

2.2.3 几何参数

A_p ——管道最小有效传力面积 (m²);

B ——顶进井的最小宽度 (m);

B_1 ——矩形关节外边宽 (m);

B_h ——后背墙的宽度 (m);

B_t ——管顶上部土层压力传递至管顶处的影响宽度 (m);

C_1 ——管道外周长 (m);

D ——管道外径 (m);

D' ——顶管机外径 (m);

G ——工作井底板面最小深度 (m);

H_d ——管顶至原状地面埋置深度 (m);

H_g ——工作面或卸力拱以上的水柱高度 (m);

H_i ——管道中心埋深 (m);

H_1 ——矩形关节外边高 (m);

H_s ——顶管覆土层厚度 (m);

H'_s ——顶管中心点埋置深度 (m);

H_z ——管道中线至地面的距离 (m);

h_d ——管底操作空间 (m);

h_i ——管道上部 i 层土层厚度 (m);

h_0 ——卸力拱的高度 (m);

h_1 ——地面到后背墙顶部土体的高度 (m);

h_2 ——后背墙的高度 (m);
 L ——管道设计顶进长度 (m);
 L' ——顶进井的最小长度 (m);
 L_1 ——顶管机或管段长度 (m), 取两者中最大值 (m);
 L_2 ——千斤顶长度 (m);
 L_3 ——后座及扩散段厚度 (m);
 R ——曲率半径 (m);
 S_1 ——顶入管节留在导轨上的最小长度 (m);
 S_2 ——顶铁厚度 (m);
 S_3 ——顶进管节回缩及便于安装间隙 (m);
 s ——施工操作空间 (m);
 φ ——管顶土的内摩擦角 ($^{\circ}$)。

2.2.4 计算系数及其他

C_j ——顶管竖向土压力系数;
 K_0 ——顶管中心静止土压力系数;
 K_e ——后背墙安全系数;
 K_p ——被动土压力系数;
 $K_a\mu$ ——原状土的主动土压力系数和内摩擦系数的乘积;
 K ——管道综合系数;
 S_0 ——后背墙承载能力计算系数;
 α ——经验系数;
 γ ——土的重度 (kN/m^3);
 γ_{si} ——管道上部 i 层土层重度 (kN/m^3);
 γ_w ——水的重度 (kN/m^3);
 ΔS ——为曲线顶管相邻管节接口允许的最大间隙与最小间隙之差 (mm)。

3 基本规定

3.0.1 地下结构工程宜采用圆形顶管，地下情况受限时可采用矩形顶管。

3.0.2 顶管工程设计与施工应综合考虑地下结构功能、工程地质和水文地质、周边环境、施工场地和工期等因素，因地制宜选择管材与施工工艺。

3.0.3 顶管工程施工前应进行环境影响分析。当地质条件或周边环境复杂时，宜进行顶管工程与周边环境的相互影响专项分析与评估。

3.0.4 顶管工程施工全过程应对施工影响范围内的土体及周边环境进行全过程监测。

3.0.5 顶管工程宜采用信息化管理。

4 勘 察

4.1 一般规定

4.1.1 顶管工程勘察宜分阶段进行，初步勘察和详细勘察应满足相应阶段的设计要求。当施工过程顶管线路调整时应进行补充勘察，当地质条件与勘察报告不符时应进行施工勘察。

4.1.2 勘察单位应根据勘察阶段和勘察等级制定勘察纲要，确定勘察工作量。

4.1.3 当在顶管轴线范围内可能存在孤石、废弃地下构筑物等地下障碍物或重要管线时，应采用工程物探等手段探明其分布范围。

4.2 岩土工程勘察

4.2.1 岩土勘察应符合下列规定：

1 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及均匀性等；

2 当管道穿越铁路、公路或河谷地段时，应查明微地貌特征、穿越断面的地层结构和工程地质特性，并应对穿越河流的洪水淹没范围、河床及岸坡的稳定性做出评价；

3 应查明顶管沿线地表及地下暗埋的河、湖、塘、沟、洞、坑、井的分布范围、赋存状态、埋置深度和特性，并应提供覆盖层的工程地质特性；

4 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、采空区和地面沉降等；

5 应查明顶管沿线的特殊性岩土，包括软土层、混合土层、填土层、盐渍土、风化岩和残积土层及各种污染土层等，评价其对顶管工程的影响；

6 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；

7 应查明浅层气的特征，评价其对顶管工程的影响；

8 应查明场地地下障碍物情况，评价其对顶管工程的影响；

9 在抗震设防烈度大于或等于 6 度的地段，应判定场地和地基的地震效应；

10 应提供设计和施工所需的地层分布、岩土物理力学参数等资料，并应提出相应建议；提供工作井基坑支护方案建议及计算参数；评价工作井、顶管施工对周边环境的影响；

11 应判定岩土体对管道材料的腐蚀性。

4.2.2 地下水勘察应符合下列规定：

1 应查明沿线地下水类型、埋藏条件、水位变化、补给与排泄条件和土层渗透系数等水文地质资料；

2 应取水质分析样本，判定地下水对管道材料的腐蚀性；

3 当地下有承压水分布时，应查明承压水水文地质条件，评价其对顶管施工的影响；

4 应提出地下水控制方案，分析其对周边环境的影响并提出防范建议。

4.2.3 勘探孔的设置应符合下列规定：

1 勘探孔应沿管线，在管节两侧交错布置；

2 当顶管穿越河道、主要道路和隧道时，应在河道两岸、道路或隧道两侧布置勘探孔；

3 勘探孔间距应符合各类管道的勘察设计要求；

4 各个工作井的勘探孔的数量不宜少于 2 个，间距不宜超过 30m；

5 当顶管穿越暗埋的河、湖、沟、坑地段或可能产生流砂

及地震液化的地段、山前地段或地层变化较大的地段时，勘探孔应适当加密；顶管穿越轨道交通、公路或河谷的地段，勘探孔移位不宜偏离原布置位置超过 3m，勘探孔间距以能控制地层土质变化为原则。当顶管穿越轨道交通或公路地段时，不宜少于 2 个勘探孔；当顶管穿越河谷地段时，不应少于 3 个勘探孔。

6 顶管的勘探孔深度不应小于管底设计标高以下 3m，当符合下列情况之一时，应适当增加勘探孔深度：

- 1) 当顶管穿越河道时，勘探孔深度应达到河床最大冲刷深度以下 4m~6m，并应满足管道勘探深度要求；
- 2) 当管底下存在松软土层或未经固结的回填土时，勘探孔深度应适当增加；
- 3) 当管底下存在可能产生流砂、潜蚀、管涌或地震液化地层时，应予以钻穿；
- 4) 当采取降低地下水位措施施工时，勘探孔深度应满足降水设计需要；
- 5) 当已有资料证明或勘探过程中发现粘性土层下存在承压含水层，且其水压较大，需要降水施工时，勘探孔应钻穿承压水含水层，并测量其水压；
- 6) 工作井的勘探孔深度应满足基坑支护要求。

4.2.4 勘探工作完成后应对顶管影响范围内的勘探孔进行全长完全封孔。

4.3 环境调查

4.3.1 地面环境调查应符合下列规定：

- 1 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、结构形式、位置关系和使用状况；
- 2 对于重要建（构）筑物，应了解其基础情况，并宜取得竣工资料；

3 对于正在使用的设施，应与产权管理单位联系，并应了解其使用情况和保护要求。

4.3.2 地下环境调查应符合下列规定：

1 应查明沿线及影响范围内地下构筑物的名称、用途、尺寸、结构形式、埋设年份及目前使用状况，并应标明顶进管道与构筑物的相对关系；

2 查明沿线及影响范围 2m ~ 3m 内的地下管线的类型、尺寸、埋置深度以及使用状况，并应标明顶进管道与管线的相对关系；

3 对于废弃的地下管道和地下构筑物应调查其类型、位置、尺寸、完好程度、残余内容物的性质以及泄露情况等；

4 地下构筑物和管线应收集设计图纸和竣工资料，或开挖探洞、探沟或探槽获取其详细资料，必要时可进行多方公证取样存档；

5 应查明影响顶管工程施工或人员安全的有害气体分布情况；

6 顶管工程通过化工区的，应查明地下受工业污染的程度和分布范围。

5 设 计

5.1 一般规定

5.1.1 顶管工程设计应包括下列内容：

- 1 线位设计；
- 2 顶管选型；
- 3 结构与防水；
- 4 工作井设计。

5.1.2 地下结构的安全等级、耐久性能及使用年限应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定，抗震性能应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336 的规定。

5.1.3 顶管工程结构使用阶段的设计与计算应符合下列规定：

- 1 公路顶管工程设计与计算应符合现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 的有关规定；
- 2 轨道交通顶管工程设计与计算应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 的有关规定；
- 3 市政隧道顶管工程设计与计算应符合现行行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ 37、《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221 的有关规定；
- 4 市政给水排水顶管工程设计与计算应符合现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的有关规定。

5.1.4 顶管工程施工阶段的设计与计算应按本规程规定执行。

5.2 线位设计

5.2.1 顶管工程选线应符合下列规定：

1 应避开活动性地震断裂带、岩溶发育地段；
2 应考虑工作井施工空间；
3 穿越河道时，顶管布置线路应满足河道的规划要求，并应布置在河床的最大冲刷线以下；穿越通航河道的，还应满足通航安全要求；

4 宜避开地面建（构）筑物、管线及地下障碍物；
5 宜避开土层软硬明显的界面；
6 顶管顶进、接收宜避开强透水层，当不能避开时，应做地质改良或采取止水措施。

5.2.2 工作井的选址宜符合下列规定：

1 检查井或通风井的设置宜充分利用工作井；
2 便于排水、出土和运输，并宜靠近电源和水源；
3 避开建（构）筑物、地下管线、池塘和架空电线等；
4 在有曲线又有直线的顶管中，顶进井宜设在直线段的一侧；
5 在地下水位以下单向顶进时，顶进井宜设在管线下游，逆管道坡度方向顶进；

6 多排顶进或多向顶进时，可利用一个顶进井。

5.2.3 地下结构顶部覆土厚度以及相邻结构之间的距离宜根据地表条件、地层情况、结构断面尺寸、施工方法、平面及竖向的布置图等因素综合确定，并宜符合下列规定：

1 顶部覆土厚度应满足抗浮要求；矩形顶管顶部覆土厚度不宜小于 3m，圆形顶管顶部覆土厚度不宜小于 2m；

2 下穿河床，或多条顶管并行施工时，顶部覆土厚度宜加厚；

3 多条顶管并行施工时，相邻结构间的净距不宜小于后施工圆形顶管管节外径或矩形顶管管节高度，且不宜小于 2m。

5.2.4 顶管工程涉及临近既有隧道、铁路、公路、航道、堤防或其他重要设施的保护时，平面布置及竖向净距控制应符合相关

技术标准及管理规定。

5.3 顶管选型

5.3.1 顶管选型应包括顶管机选择和管材选用。

5.3.2 顶管机选择应根据工程地质条件、水文地质条件、周边环境、地下结构尺寸及性能要求等因素综合确定，并应符合下列规定：

1 顶管在岩石地层顶进时，顶管机应选择合适的刀盘和刀具，并具有顶进工程中换刀具能力及适应岩层强度的二次破碎能力；

2 矩形顶管的顶管机应具有对正面阻力有精确计量的装置；

3 地下水位以下、含卵石或砾石地层的圆形顶管，宜选用具有相应破碎能力的泥水平衡式顶管机；

4 长距离顶管的顶管机应满足相应的使用寿命，并备足相应的配件；顶进前应对后背墙及其后土体强度、变形进行复核验算，并确定加固范围及形式；

5 小直径顶管宜采用泥水平衡式顶管机，并能在地面进行遥控操作；

6 大直径顶管宜采用土压平衡式或泥水平衡式顶管机。

5.3.3 顶管机性能宜符合本规程附录 A 的规定。

5.3.4 顶管管材选用应符合下列规定：

1 顶管管材可根据使用功能、管材特性及地层情况选用钢筋混凝土管、钢管、球墨铸铁管、玻璃纤维增强塑料夹砂管和带防腐内衬混凝土管，管材性能宜符合本规程附录 B 的规定；

2 防水接头应设置在管道壁内，不应突出于管道的内外壁；

3 管道接头应具有传递轴向载荷的能力，同时在发生一定角度的偏斜时应仍然具有防水能力；

4 顶管管材的单节长度应结合工作井尺寸、吊装机械设备、顶管设备尺寸和道路运输能力等因素确定。

5.3.5 圆形顶管的管节长度宜符合下列规定：

- 1 钢筋混凝土管的单节长度宜为 1m ~ 3m；
- 2 钢管的单节长度宜为 4m ~ 10m；
- 3 球墨铸铁管的单节长度宜为 6m ~ 8m；
- 4 长距离顶管的管节长度可适当增加。

5.3.6 矩形顶管宜采用钢筋混凝土管，管节长度宜为 1m ~ 2m。

5.4 结构与防水

5.4.1 结构设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构的可靠度，除稳定验算外，均应采用分项系数的设计表达式进行设计。

5.4.2 结构设计应符合所选用管材的相应技术标准，极限状态计算内容应符合下列规定：

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；管节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；钢筋混凝土结构裂缝宽度超过规定限值。

5.4.3 钢管、玻璃纤维增强塑料夹砂管及球墨铸铁管应按柔性管道计算；钢筋混凝土管、预应力钢筒混凝土管应按刚性管道计算。

5.4.4 作用在结构上的竖向土压力，其标准值应按覆土层厚度和力学指标确定，可按本规程附录 C 的规定计算。

5.4.5 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 1.0。

5.4.6 柔性管道在准永久组合作用下长期竖向变形允许值，应符合下列规定：

1 内防腐为水泥砂浆的钢管、球墨铸铁管，先抹水泥砂浆后顶管时，最大竖向变形不应超过 $0.02D$ ；顶管后再抹水泥砂浆

时，最大竖向变形不应超过 $0.03D$ ；

2 内防腐为延性良好的涂料的钢管、球墨铸铁管，其最大竖向变形不应超过 $0.03D$ ；

3 玻璃纤维增强塑料夹砂管最大竖向变形不应超过 $0.05D$ 。

5.4.7 钢筋混凝土管道在准永久组合作用下，受拉面的最大裂缝宽度不应大于 0.2mm 。

5.4.8 顶管总顶推力可按下式估算：

$$F = C_1 L f + F_0 \quad (5.4.8)$$

式中： F ——总顶推力（kN）；

C_1 ——管道外周长（m）；

L ——管道设计顶进长度（m）；

f ——管道外壁与土层的平均摩阻力（ kN/m^2 ），采用触变泥浆减阻技术时，其取值可按表 5.4.8-1 选取；

F_0 ——顶管机的迎面阻力（kN），可按表 5.4.8-2 确定。

表 5.4.8-1 采用触变泥浆时管道外壁与土层的平均摩阻力 f （ kN/m^2 ）

土层类型		黏性土	粉性土	粉细砂	中粗砂	岩石
管材 类型	钢筋混凝土管	3.0 ~ 5.0	5.0 ~ 8.0	8.0 ~ 11.0	11.0 ~ 16.0	1.0 ~ 3.0
	钢管	3.0 ~ 4.0	4.0 ~ 7.0	7.0 ~ 10.0	10.0 ~ 13.0	1.0 ~ 2.0

注：1 当触变泥浆技术成熟可靠、管外壁能够形成和保持稳定、连续的泥浆套时， f 的值可直接取 $3.0\text{kN/m}^2 \sim 5.0\text{kN/m}^2$ ；

2 球墨铸铁管和预应力钢筒混凝土管可按钢筋混凝土管取值；玻璃纤维增强塑料夹砂管可按钢管乘以 0.8 系数采用；

3 当上下土层不一样时，应取最大值。

表 5.4.8-2 机械平衡式顶管机的迎面阻力 F_0 （kN）

顶管机机型	迎面阻力（kN）	式中符号
圆形顶管	$F_0 = \alpha \frac{\pi}{4} D'^2 \gamma_s H' K_0$	α 经验系数，无当地经验的，按 1.0 取值； D' 顶管机外径； γ_s 土的重度（ kN/m^3 ）；。

续表 5.4.8-2

顶管机型	迎面阻力 (kN)	式中符号
矩形顶管	$F_0 = \alpha H_1 B_1 \gamma_s H'_s K_0$	H'_s 顶管中心点埋置深度 (m); B_1 矩形关节外边宽 (m); H_1 矩形关节外边高 (m); K_0 顶管中心静止土压力系数。

5.4.9 钢管、钢筋混凝土管的允许顶推力可按下式计算:

$$F_p = k \cdot \sigma_p \cdot A_p \quad (5.4.9)$$

式中: F_p ——管道允许顶推力 (kN);

k ——管道综合系数, 钢筋混凝土管可取 0.391; 钢管可取 0.277, 当顶进长度小于 300m, 无弯曲且穿越土层均匀时, 可取 0.346;

σ_p ——管材抗压强度设计值 (kN/m²);

A_p ——管道最小有效传力面积 (m²)。

5.4.10 顶管的总顶推力不得超过成品管材标定的允许顶推力。

5.4.11 顶管顶推力的确定应考虑顶进设备能力和施工技术措施等因素, 且不应大于管节和管口的承载能力。

5.4.12 顶进钢管应考虑温差作用下的伸缩变化, 钢管与工作井井墙采用刚性连接时, 应验算温差作用下井墙受力和管道的连接强度。

5.4.13 工作井、接收井的洞门应设置止水装置, 各止水装置的适用土层条件应符合表 5.4.13 的规定:

表 5.4.13 止水装置的适用土层条件

止水装置	适用土层条件
盘根止水	砂土、粉性土等土层
橡胶板止水	黏性土土层
多道或组合形式止水	在长距离顶管或承压水土层中

5.4.14 洞门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。

5.4.15 采用钢管做预埋顶管洞口时，钢管外宜加焊洞门止水环。

5.4.16 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。

5.4.17 顶管顶进结束后，管道与洞门的间隙应及时进行封堵。

5.5 工 作 井

5.5.1 工作井平面形状可采用矩形、圆形、椭圆形和多边形等；二段交角较小或同一位置需要多个方向的顶进或接收时，可采用圆形、多边形顶进井和接收井。

5.5.2 根据地质条件、周边环境条件、管道埋深及直径、井的平面尺寸及埋深、经济指标及施工工期要求等因素，顶进井、接收井可采用沉井、明挖顺作竖井、明挖逆作竖井或喷锚逆作竖井等结构形式。

5.5.3 顶进井结构除应进行水土压力和地面荷载作用效应分析外，尚应进行顶力作用效应分析。分析时应采用相应的作用效应最不利组合，并对其进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。

5.5.4 当顶进井和接收井的进出洞口影响范围内存在软土层且影响顶管机械设备的水平控制时，宜在进出洞口位置进行土体加固。矩形顶管土体加固尚应考虑土层性质、破洞门设计等因素。

5.5.5 长距离顶管供电时，可采用 380V 以上的供电电压，较长距离顶管可采用 1000V 高压供电。

5.5.6 当顶进井和接收井的进出洞口影响范围内存在砂性土等强透水层或顶管机械设备进出洞受地下水影响较大时，宜在进出洞口位置设置土体加固或降压防渗措施；环境保护要求高时，顶管机接收可采用水下进洞及钢套筒辅助进洞方式。

5.5.7 顶进井的平面尺寸及竖向标高应符合下列规定：

1 顶进井的最小长度应按下式计算：

$$L' = L_1 + L_2 + L_3 + S_1 + S_2 + S_3 \quad (5.5.7-1)$$

式中： L' ——顶进井的最小长度（m）；

L_1 ——顶管机或管节长度（m），取两者中最大值；

L_2 ——千斤顶长度（m）；

L_3 ——后座及扩散段厚度（m）；

S_1 ——顶入管节留在导轨上的最小长度，可取0.5m；

S_2 ——顶铁厚度（m）；

S_3 ——顶进管节回缩及便于安装间隙，可取0.2m。

2 顶进井的最小宽度应按下式计算：

$$B = D + 2s \quad (5.5.7-2)$$

式中： B ——顶进井的最小宽度（m）；

D ——管道外径（m）；矩形或类矩形截面，取外边宽度 B_1 ；

s ——施工操作空间（m），可取0.8m~1.5m。

3 顶进井底板面深度应按下式计算：

$$H = H_s + Dh_d \quad (5.5.7-3)$$

式中： H ——工作井底板面最小深度（m）；

H_s ——顶管覆土层厚度（m）；

D ——管道外径（m）；矩形或类矩形截面，取外边高 H_1 ；

h_d ——管底操作空间（m）。

5.5.8 接收井平面尺寸应符合下列规定：

1 最小长度应满足顶管机在井内拆除和起吊的要求；

2 最小宽度应满足足够的操作空间要求。

5.5.9 后背墙的结构形式可采用整体式和装配式，后背墙的设计应符合下列规定：

1 应有足够的强度，在顶管施工中能承受主顶工作站千斤顶的最大反作用力 F' ；

2 应有足够的刚度，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 后背墙表面应平直，并垂直于顶进管道的轴线；

4 后背墙材料的材质应均匀一致；

5 结构简单且装拆方便。

5.5.10 现场浇筑整体式后背墙抗冲切验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

5.5.11 后背墙的承载力应按下列公式计算：

$$R_c > K_c F' \quad (5.5.11-1)$$

$$R_c = B_h \left(\gamma \cdot h_2^2 \cdot \frac{K_p}{2} + 2C \cdot h_2 \cdot \sqrt{K_p} + \gamma \cdot h_1 + h_2 \cdot K_p \right) \quad (5.5.11-2)$$

式中： R_c ——后背墙的承载能力（kN）；

K_c ——后背墙安全系数，取 1.4 ~ 1.5；

F' ——主顶工作站千斤顶的最大反作用力（kN）；

B_h ——后背墙的宽度（m）；

γ ——土的重度（kN/m³）；

h_2 ——后背墙的高度（m）；

K_p ——被动土压力系数，计算按公式 $K_p = \tan^2 (45^\circ + \varphi/2)$ 计算， φ 指的是墙背后土体的加权内摩擦角；

C ——土的粘聚力（kN/m²）；

h_1 ——地面到后背墙顶部土体的高度（m）。

5.5.12 顶管距离超过 400m 时，宜增加中继间设计。

5.5.13 中继间的设计顶进力、数量和位置应符合下列规定：

1 中继间的设置及中继间的间距确定应根据地质状况和管道材质决定；

2 中继间的设计顶力不应大于管节相应设计转角的允许顶推力；

3 第一个中继间的设计顶推力，应保证其允许最大顶推力能克服前方管道外壁所受摩擦阻力及顶管机的迎面阻力之和；后续中继间设计顶推力应克服两个中继间之间的管道外壁摩擦阻力；

4 确定中继间位置时，应留有足够的顶推力安全储备，第一个中继间位置宜安装于顶管机后 20m ~ 50m，并应提前安装，同时应考虑顶管机在迎面阻力作用下发生反弹，引起地面沉降；

5 中继间密封装置宜采用径向可调形式，密封配合面的加工精度和密封材料的质量应满足要求；

6 顶管距离超过 700m 时，中继间应具有密封性能可靠、密封圈压紧度可调和可更换密封装置的功能，并宜采用地面远程计算机联动控制。

5.5.14 中继间的结构形状应符合相应管节接头的要求，中继间应带有木质传压环和钢制均压环，端面尺寸应满足作用于其上的顶推力要求。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 顶管施工应建立质量控制和检验标准，并采取安全 and 环境保护措施。

6.1.2 顶管施工前应编制施工组织设计和专项施工方案，经审批后可执行，施工方案应包括下列内容：

- 1 顶进方法比选和顶管段单元长度的确定；
- 2 顶管机选型及各类设备的规格、型号及数量；
- 3 工作井位置选择、结构类型及其洞口封门设计；
- 4 管节、接口选型及检验内外防腐处理；
- 5 顶管进、出洞口技术措施，地基改良措施；
- 6 顶力计算、后背设计和中继间设置；
- 7 减阻剂选择及相应技术措施；
- 8 施工测量、纠偏的方法；
- 9 曲线顶进及垂直顶升的技术控制及措施；
- 10 地表及构筑物变形与形变监测和控制措施；
- 11 安全技术措施、应急预案。

6.1.3 顶管类型和设备技术性能应满足设计要求，经检验合格后再进入施工现场，并应进行单机、整机联动调试。

6.1.4 施工现场的场地应满足工作井、管材堆放、排水设施、浆液设施、供配电设施、控制室等施工运输和生产设施用地要求。

6.1.5 顶管施工期间应对邻近的建（构）筑物、地下管线、道路与轨道交通设施等进行监测，并应对重要或有特殊要求的建（构）筑物采取必要的保护技术措施。

6.1.6 当相距较近的两条或多条平行管道采用顶管法施工时，宜遵循先深后浅和先大后小的原则。

6.1.7 在管道顶进就位后，应采用水泥砂浆或其他材料对管壁与原状土体之间的泥浆或空隙进行填充加固。

6.1.8 施工要求工作坑的位置选择宜远离房屋和带压管线等重要的建构筑物，应避免在电力架空线下作业。可根据环境情况选择钢板桩、沉井、锚喷倒挂井壁、地下连续墙等支护方式。

6.2 施工准备

6.2.1 顶管工程所用的管材、构配件和主要原材料等应进行进场验收，验收合格后方可使用。

6.2.2 顶管管材应有质量合格证书、按规定复试合格的证明文件，使用单位宜对交付使用的管材进行复检。

6.2.3 应严格控制管道线形，对于柔性接口管道，其相邻管间转角不得大于该管材的允许转角。

6.2.4 施工前应根据施工现场地形地貌情况，选择合适位置开挖泥浆池，并安装泥浆分离系统和注浆系统。

6.2.5 顶管洞口的施工应符合下列规定：

1 预留顶进和接收洞口的位置及几何尺寸和封堵方式应符合设计和施工方案的要求；

2 顶进和接收前应检查加固处理后的土体强度和渗漏水情况；

3 在软弱地层，洞口外缘宜设支撑点；

4 富水松散地层宜增加水下贯通措施。

6.2.6 下列情况宜增设管节止退装置：

1 高水压富水松散地层施工；

2 管节前方主动土压力较大。

6.2.7 应定时对顶管顶进区内的有毒有害气体含量进行检测和防护，并应对工作井下和顶管内进行通风处理。

6.2.8 顶管施工前应围绕管道设计中线 and 基坑建立地面与地下测量控制系统，控制点应设在不易扰动、视线清楚、方便校核和易于保护的地方。

6.2.9 在安装测量装置时，所用的测量仪器应与工作井的井底和井壁分开。

6.2.10 施工测量应符合下列规定：

- 1 施工中应对掘进方向的高程偏差、轴线偏差、顶管掘进的姿态与掘进长度等参数进行测量；
- 2 顶管定向测量应采用激光指向法；
- 3 顶管高程测量宜采用水准测量，并达到四等水准测量的精度。

6.3 施工设备

6.3.1 顶管后座钢板应符合下列规定：

- 1 所用材料厚薄应均匀一致，应与后背墙结构紧密接触，均匀受力；
- 2 承载能力应满足最大顶推力的要求，其整体刚度和强度应满足施工要求；
- 3 表面应平直，且与顶进轴线垂直，后背与后背墙之间宜设传力结构；
- 4 可采用装配式后座或整体式后座；
- 5 连续顶进时，可利用已顶进完毕的管道和现有井壁作为后背支撑。

6.3.2 导轨安装应符合下列规定：

- 1 导轨支架宜选用钢质材料制作。固定在工作井底板上的导轨在管道顶进时不应产生位移，其整体刚度和强度应满足施工要求；
- 2 导轨安装前，应先复核管道中心位置，导轨的高度应与穿墙管标高相对应，导轨的走向应与设计轴线一致；

- 3 两导轨安装应顺直、平行、等高，并应固定牢靠；
- 4 导轨对管道的轴心支承角宜为 60° ；
- 5 导轨安装的允许偏差应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 导轨安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
轴线平面位置	± 3
标高	$0 \sim +3$
轨道内距	± 2

6.3.3 千斤顶的配置和安装应符合下列规定：

1 千斤顶的规格和数量应根据实际需要的顶力、工作井允许顶力及管节允许顶力确定；

2 千斤顶应固定在组合架上，与管道中心的垂线对称排列，合力的作用点应在管道中心垂线上，合力作用中心应在管道端面范围内；

3 千斤顶不宜使用单台，当使用多台时，宜为偶数，并在管道中心轴两侧对称布置，多台千斤顶的油路应并联，每台千斤顶应有进油和退油的控制系统。

6.3.4 油泵安装和运行应符合下列规定：

1 应与千斤顶相匹配，并有备用油泵，油泵流量应满足顶进要求；

2 宜设置在千斤顶附近，油管应顺直且转角少；

3 安装完毕应进行试运转；

4 顶进开始时，应缓慢顶进，待各接触部位密合后，再按正常速度顶进；

5 顶进过程中，若油压突然升高，应立即停止顶进，检查原因并经处理后方可继续顶进。

6.3.5 顶铁安装应符合下列规定：

- 1 宜采用弧形顶铁和马蹄形顶铁两种形式；
- 2 两个受压面应平整且平行；
- 3 应具有刚度大且稳定性好的结构性能，满足传递顶推力的要求；
- 4 与管节端面之间的接触面应衬垫缓冲材料；
- 5 单行纵向顶铁中心线应与管道轴线一致；双行纵向顶铁的两条中心线应平行，并与管轴线距离相等，且要垂直于管端平面；
- 6 更换顶铁时，应先使用长度大的顶铁，顶铁拼装后应锁定。

6.3.6 顶管机的安装应符合下列规定：

- 1 安装前，顶管机应做保养和调试，液压系统应无泄漏，电路系统应正常，机械运转应平稳，各部分动作应正常；
- 2 吊装顶管机应采用专用吊具和吊绳；
- 3 安放时，顶管机与基坑导轨的接触面应吻合；
- 4 顶管机就位后，应重新测量基坑导轨的中线和高程，并应测量顶管机前端和后端的中线偏差和高程偏差；
- 5 开顶前，应对顶管机的电路、油路、水路、气压管道、泥浆管道和控制系统等全面检查和试运行，各部件应安装正确、连接牢固、配合紧密和运转正常；
- 6 开顶前，应统一调试顶管机的测量导向设备，并应记录原始数据。

6.3.7 管道内部装置的布置应符合下列规定：

- 1 应遵循安全可靠及方便施工的原则；
- 2 通风装置宜设置在管道两侧，并应固定牢靠；
- 3 进水排泥装置宜设置在管道底部，进水排泥两路管道宜分不同颜色标识；
- 4 供电线路及通信线路应便于设备供电，可设置在同侧。

6.3.8 中继间的安装、启动和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施工长度的顶推力计算确定，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 中继间油缸宜取偶数，且其规格宜相同；当规格不同时，其行程应同步，并应将同规格的中继间油缸对称布置；

3 中继间油缸的油路应并联，每台中继间油缸应有进油和退油的控制系统；

4 中继间安装前应检查各部件，确认正常后方可安装；安装完毕应通过试顶检验后方可使用；

5 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；

6 中继间的启动和拆除应由前向后依次进行；

7 拆除中继间时，应将间体复原成管道，原中继间处的管道强度和防腐性能应满足管道原设计功能要求；中继间的外壳若不拆除，应在安装前进行防腐处理。

6.4 始 发

6.4.1 顶管始发前应对洞口周边土体采取止水或降水措施。

6.4.2 软土地层始发时，应采取下列防止顶管机倾斜下沉的技术措施：

1 基坑导轨前端应尽量接近洞口；

2 顶进和接收作业应连续进行；

3 宜在洞口内设置支撑顶管机的临时装置。

6.4.3 顶管始发时的顶进，应符合下列规定：

1 起始顶进阶段不宜实施注浆减阻措施，不实施注浆减阻措施时，应验算顶管机和管节的后退受力状态，并设置可靠的止退装置；

2 顶管机脱离加固体前，管节与土体的空隙应填注惰性浆液；

- 3 导轨上的管节应与洞口的止水装置保持同轴；
- 4 顶进后应立即封闭洞口间隙。

6.5 顶 进

I 管节顶进

6.5.1 管节顶进前应符合下列规定：

- 1 顶进前应对成品管节、钢套环、橡胶密封及衬垫材料作检测和验收；
- 2 钢套环应按设计要求进行防腐处理，刃口无疵点，焊接处应平整；
- 3 钢筋混凝土管传力面上应设置环形木垫圈，并应用胶粘剂粘在传力面上，传力应均匀；
- 4 管节承插前，应用粘结剂将橡胶圈正确固定在槽内，并涂抹对橡胶无腐蚀作用的润滑剂，承插时外力应均匀，承插后橡胶圈应不移位且不翻转；
- 5 管材为钢管时，在顶进前钢管外防腐应完好且接口外防腐应完全固化后，方可进行顶进施工。

6.5.2 顶进施工应符合下列规定：

- 1 工作面压力值应根据顶管机机型确定；
- 2 初始顶进速度应严格控制；
- 3 曲线顶管始发时应有一段长度不小于 20m 的直线顶进段，并应逐渐过渡到曲线段。

6.5.3 顶进测量控制应符合下列规定：

- 1 在顶进期间，应每天检查测量仪器及观测点位；发现工作井位移、沉降或变形时应及时对引测点进行复核；
- 2 顶进过程中宜绘制顶管机水平与高程轨迹图和顶力变化曲线图；
- 3 在穿越道路、轨道交通设施等特殊地段应加强变形监测，

观测地表变形和土体位移情况，指导掘进施工，并应提交测量成果；

4 变形速率或累计变形量较大时，应适当提高测量频率。

6.5.4 顶进时不应发生机头下沉、机尾上翘等情况，宜采取下列措施：

1 调整后座主推千斤顶的合力中心，用后座千斤顶进行纠偏；

2 将前3节~5节管节用拉杆相联；

3 对洞口土体进行加固处理；

4 加强洞口密封可靠性。

6.5.5 顶进时应采取下列抗扭转措施：

1 顶管机宜设置限扭装置；

2 在顶管机及每个中继间设管道扭转指示针，管道扭转时宜采用单侧压重，或改变切削刀盘的转动方向进行纠正；

3 采用螺旋焊缝钢管作为顶管时，相邻管节的螺旋焊缝方向不宜一致。

6.5.6 顶进时应采取下列措施防止顶管机旋转：

1 土质由硬变软时，应放慢顶推速度，减小刀盘切土深度；

2 应根据顶管机的旋转趋势，正向和反向交替旋转刀盘；

3 开顶时，应先启动刀盘再推进管道，停顶时，应先停止推进管道再关闭刀盘；

4 入洞时可使用防转卡板、防转钢缆或防转翼板等措施阻止顶管机旋转。

6.5.7 加接管节时，主推千斤顶在缩回前应对已顶进的管节与井壁进行临时固定。

6.5.8 当采用中继间技术时，应对中继间进行编组控制，应从顶管机头向后按次序依次将每段管节向前推移，当一组中继间伸出时，其他中继间应保持不动，在所有中继间依次完成作业后，主顶工作站应完成该顶进循环的最后顶进作业。

6.5.9 顶进施工中，当主顶油缸的推力达到中继间设计推力的40%~60%时，应安装第一套中继间；此后每当主顶油缸的推力达到中继间设计推力的70%~80%时，应安放一套中继间；中继间顶推力应有一定的安全储备，第一个中继间不宜小于40%，其余不宜小于30%；当主顶油缸的推力达到中继间设计推力的80%时，应启动中继间。

6.5.10 顶进过程应连续作业，当遇到下列情况之一时，应暂停顶进，并应及时采取防止顶管机前方塌方的措施：

- 1 顶管机前方遇到障碍物；
- 2 后背墙变形严重；
- 3 顶铁发生扭曲现象；
- 4 管位偏差过大且纠偏无效；
- 5 顶推力超过管材的允许顶推力；
- 6 油泵或油路发生异常现象；
- 7 管节接缝或中继间渗漏泥水或泥浆；
- 8 地层、邻近建（构）筑物和管线等周围环境的变形量超出允许值。

6.5.11 利用已顶进的管道承受后座反力时，应符合下列规定：

- 1 待顶管道的顶推力应小于已顶管道管壁与土层之间的摩擦力；
- 2 后背墙钢板与管口之间应衬垫缓冲材料；
- 3 采取措施保护已顶入管节的接口不受损伤。

6.5.12 管道贯通后，工作井中的管端处理应符合下列规定：

- 1 进入接收井的顶管机和管端下部应设枕垫；
- 2 管道两端露在工作井中的长度不宜小于0.5m，且不得有接口；
- 3 工作井中露出的混凝土管道端部应及时浇筑混凝土基础。

6.5.13 贯通测量应满足下列规定：

- 1 顶管贯通后应进行贯通误差测量，贯通误差测量应包括

平面贯通误差测量和高程贯通误差测量；

2 顶管贯通后进行顶管轴线的附和路线测量，并重新平差作为以后测量依据。

6.5.14 进入接收井前应提前进行顶进轴线和姿态测量，应根据预留洞门位置提前进行调整。

II 减 阻

6.5.15 顶进过程应采用触变泥浆减阻，并应符合下列规定：

1 土体和管节之间的环状间隙，在松散地层不宜小于 20mm；在岩层中不宜小于 30mm；

2 管节应预设压浆孔，压浆孔设置应保证管外壁和土体之间的间隙能形成稳定和连续的泥浆套；

3 注浆应遵循“同步注浆与补浆相结合”和“先注后顶、随顶随注、及时补浆”的原则。

6.5.16 顶进施工过程触变泥浆应保持流动性，其配合比应根据土层类别、地下水条件、泥浆技术指标等因素综合确定，并应符合下列规定：

1 对粘性土、粉性土和渗透系数不大于 10^{-3} cm/s 的砂性土，触变泥浆宜用膨润土制作，膨润土造浆率、失水量和动塑比应符合泥浆性能要求；土体渗透系数大于 10^{-5} cm/s 时，应另添加化学稳定剂；

2 对渗透系数不小于 10^{-2} cm/s 的粗砂和砂砾层宜采用高分子化学泥浆；

3 石蜡和废油脂等非亲水减阻剂可用于无地下水的硬土层；

4 沿海地质条件下宜使用抗盐膨润土。

6.5.17 注浆系统应符合下列规定：

1 制浆装置容积应满足形成泥浆套的需要；

2 注浆泵宜选用液压泵、活塞泵或螺杆泵；

3 注浆设备和管路应具有足够的耐压和良好的密封性能；

4 注浆前,应检查注浆装置水密性;注浆时压力应逐步升至控制压力;当出现机械故障、管路堵塞或接头渗漏等情况时,应暂停顶进,经处理后方可继续施工。

6.5.18 顶进施工阶段触变泥浆如有渗漏应及时补充。

6.5.19 采用触变泥浆减阻的设计计算,应包括下列内容:

- 1 泥浆配合比、压浆量和注浆压力的确定;
- 2 泥浆制备和输送设备及其安装规定;
- 3 注浆工艺、注浆系统及注浆孔的布置;
- 4 顶进洞口的泥浆封闭措施;
- 5 贯通后对泥浆的置换方法。

6.5.20 注浆压力 P 可按下列公式计算,施工现场估算时也可取 $P = (2 \sim 3) \gamma H_0$ 。

$$P_A \leq P \leq P_A + 30 \quad (6.5.20-1)$$

$$P_A = \gamma_w H_1 + \gamma H_s \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) - 2C \tan \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (6.5.20-2)$$

当存在卸力拱时:

$$P_A = \gamma_w H_1 + \gamma h_0 \quad (6.5.20-3)$$

$$h_0 = \frac{D \left[1 + \tan \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \right]}{2 \tan \varphi} \quad (6.5.20-4)$$

式中: P_A ——泥浆套顶部的水压力和主动土压力 (kPa);

γ_w ——水的重度 (kN/m^3);

H_1 ——工作面或卸力拱以上的水柱高度 (m);

γ ——土的重度 (kN/m^3);

H_s ——顶管覆土层厚度 (m);

φ ——管顶土的内摩擦角 ($^\circ$);

h_0 ——卸力拱的高度 (m);

C ——土的粘聚力 (kPa);

D ——管道的外径 (m)。

6.5.21 注浆过程中,应根据减阻和地面变形的实际监测数据,及时调整注浆流量和注浆压力等工艺参数。

6.5.22 每套中继间宜单独设注浆孔,中继间的注浆应与中继间启动同步,并应在运行中连续注浆。

6.5.23 注浆管出口应设单向阀,出口压力应大于地下水压力;在砂性土中顶进时,单向阀宜加装在注浆孔的管道外侧。

III 纠 偏

6.5.24 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。

6.5.25 顶进施工过程中应对顶管水平轴线、高程、偏转和顶管机姿态等进行测量,确定控制值,及时对测量控制基准点进行复核,发生偏差及时纠偏。

6.5.26 顶管施工的纠偏应符合下列规定:

1 顶管过程中应绘制顶推力变化曲线图和管节编号图,随时掌握顶进方向和趋势;

2 纠偏应在管道推进和刀盘旋转的过程中进行;刀盘式顶管机应有纠正顶管机旋转措施;

3 圆形顶管的纠偏角度不宜大于 0.5° ,当偏差稳定在 $\pm 3\text{mm/m}$ 时应停止纠偏;

4 矩形顶管的纠偏宜采用小角度纠偏方式,反复且多次进行纠偏操作,严禁一次纠偏操作完成纠偏任务;

5 在曲线顶管或者管道纠偏过程中,如果设置有中继间,且中继间必须经过纠偏折点时,若机头纠偏角度大于中继间纠偏角度,在机头纠偏过程中,纠偏角度应以中继间最大纠偏量为准进行纠偏;

6 纠偏时开挖面土体应保持稳定;采用挖土纠偏方式时,

超挖量应符合地层稳定及变形控制要求。

IV 出土和泥浆运输

6.5.27 管内运输应综合考虑土层的性质、顶管机类型、管内作业空间、每次顶进的出土量和顶进长度等因素，选择矿车输送、泥浆管道输送和渣土管道输送等输送方式。

6.5.28 采用泥浆管道输送方式排泥时，应设置泥浆沉淀池；泥浆沉淀池的容积应根据泥、水分离速度与排土体积等计算确定；输送管路接头应密封，输送管路系统应尽量降低。

6.5.29 采用泥水平衡顶管系统产生的废弃泥浆应经过处理才可排放，避免污染环境；城市顶管废弃泥浆宜采用泥浆分离系统处理。

V 顶后处理

6.5.30 顶进完成后管内继续作业前，应做好通风和有害有毒气体监测，在顶管内动火作业前，应检测顶管内易燃易爆气体含量是否符合安全要求。

6.5.31 顶进完成后应对破损管材进行修补或更换。

6.5.32 顶进完成后应对管材接缝与注浆孔封闭处理，管缝封闭，对于柔性接口应使用柔性材料，对于刚性接口可使用防渗水泥；注浆孔应使用防渗水泥封闭。

6.5.33 顶进完成后应填充管外侧由于超挖或塌落等造成的空隙，并应对被扰动的土体进行胶结固化处理。可采用水泥砂浆、粉煤灰水泥砂浆等易于固结或稳定性较好的浆液置换泥浆。泥浆置换应符合下列规定：

1 注浆应编组进行，可将相邻的二组注浆孔编为一个单元，分别作为注浆孔与排浆孔，自注浆孔注入固结浆液，将润滑浆从相邻排浆孔挤出，应保持一定的排浆时间，尽量多地排出润滑浆；

2 固结浆的注入应从管道一端开始，依次顺序推进，直到全线完成；

3 全线注浆完成后，应关闭所有注浆阀门，静态保压至固结浆初凝；

4 浆液初凝后，进行第二次注浆，将原排浆孔作为注浆孔使用，将原注浆孔做为排浆孔使用，交替进行，注浆次数不宜少于三次，每两次的间隔时间不宜大于 24h；

5 固结浆的注入压力宜控制在主动土压力与被动土压力之间；

6 当存在其他地下管线及地下构筑物时，应根据实际情况控制注浆压力。

6.5.34 顶进完成后管道的接口和内壁应根据管道用途及相关标准的要求进行处理。

6.6 接 收

6.6.1 洞口应预先进行处理，并校核位置。

6.6.2 在含承压水的砂性土层中，顶管接收宜采用降压措施；当地下水位高、可能发生管涌或流砂现象时，宜采用水达到、水土接收和钢套筒接收等方式。

6.6.3 顶管机在进入接收井洞口和加固区时，应降低推进速度并减小正面压力，接收井内应设置接收导轨。

6.6.4 井内宜预留略高于管底的垫层。

6.6.5 顶管机和管节进入接收井后，应及时对顶管管道与洞口间的空隙进行填充止水处理。

6.6.6 工作井洞口封门拆除应符合下列规定：

1 钢板桩工作井，可拔起或切割钢板桩露出洞口，并应采取措施防止洞口上方的钢板桩下落；

2 沉井工作井，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；

4 在高地下水压环境下施工时，应采取技术措施防止封门在水压作业下发生漏浆或漏泥现象。

6.7 安全与环境保护

I 地面沉降控制

6.7.1 应建立地面观察点，并通过试顶确定具有平衡功能顶管机的平衡参数。

6.7.2 顶进中对地层变形的控制应符合下列规定：

1 应通过信息化施工，进行实时监测和信息化施工，发生偏差应及时纠偏，优化顶进的控制参数，使地层变形最小；

2 应采用同步注浆和补浆，及时填充管外壁与土体之间的施工间隙，避免管道外壁土体扰动，管道贯通后应立即进行管外壁土体固结施工；

3 应避免管节接口、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，并应确保管节接口端面完好；

4 应限制顶管施工过程的径向超挖和轴向超挖幅度；

5 应严控出渣量，不应超量出渣，保持开挖量与出土量的平衡；

6 应通过控制土压和水压平衡力来控制地面沉降。

6.7.3 地面沉降控制应满足下列规定：

1 顶管造成的地面沉降不应造成道路开裂，隧道或其他地下设施损坏或渗水；

2 顶管造成的地面沉降量应符合周边保护设施的限值要求。

6.7.4 在不稳定的土体中顶进，应选择封闭式顶管。

6.7.5 封闭式顶管应严格控制土舱或泥水舱压力，可按下列方法控制土舱压力：

- 1 土舱压力应设定在主动土压力与被动土压力之间；
- 2 主动土压力可按下式计算：

$$P_a = \gamma H_z \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (6.7.5-1)$$

被动土压力可按下式计算：

$$P_p = \gamma H_z \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (6.7.5-2)$$

式中： P_a ——主动土压力（kPa）；

γ ——土的重度（kN/m³）；

H_z ——管道中线至地面的距离（m）；

φ ——管顶土的内摩擦角（°）；

P_p ——被动土压力（kPa）。

3 土舱压力增大可采取增加顶进速度、降低出土速度和向土舱内注浆等措施；

4 土舱压力降低可采取降低顶进速度、增加出土速度等措施。

II 通 风

6.7.6 顶管施工应确保施工人员安全，在位于回填土和淤泥等可能存在有毒有害气体的地层中施工时，应安装有毒有害气体检测报警装置；管径不大于2m、长度超过100m或管径不小于2m、长度超过150m的顶管应采取通风措施。

6.7.7 送风口宜设在距顶管机12m~15m处。

6.7.8 小管径和长距离的顶管宜采用压缩空气通风；小于150m的短距离顶管可采用鼓风机通风。

6.7.9 每个人的供气量不应小于30m³/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。

6.7.10 顶进地层中存在有害气体时应采用封闭式顶管机并应增大通风量。

6.7.11 地面空气湿度较高且地面温度又高于地下温度的季节，应采用压缩空气通气，通风管应固定在工作井侧壁及顶管管道内壁侧边，并不应影响施工作业。

6.7.12 有毒有害气体指标应符合下列规定：

1 含氧浓度为 19% ~ 21% 为正常范围，小于 17% 为报警值，小于等于 12% 时管井内施工人员应全部撤离；

2 甲烷浓度为 0 ~ 0.25% 为正常范围，0.25% ~ 0.5% 为警戒范围，0.5% ~ 1% 为终止作业，大于 1% 应疏散作业人员，切断电源和火种；

3 一氧化碳浓度为 35PPm 为报警界限，出现煤气泄露，施工人员应撤离现场并切断电源和火种；

4 硫化氢浓度为小于等于 7PPm 为正常范围，10PPm 为报警界限，超过此界限，管井内施工人员必须全部撤离。

III 供 电

6.7.13 顶管施工用电输出端宜分为三路，分别为工作井井上供电系统、井下顶管系统和主千斤顶用电系统。

6.7.14 管内供电系统应配备防触电和漏电装置。

6.7.15 井内与管内照明应采用安全电压的照明装置。

6.7.16 顶管施工应进行电压降的核算，不满足核算要求时，可采取下列措施：

1 调压器配电；

2 高压电引进管内，增设变压器进行供电。

6.7.17 应定期对电气设备和电缆线路进行检查。

IV 排 水

6.7.18 顶管排水工作仅限于在修建工作井混凝土基础时使用。

6.7.19 地下水可通过下列方法进行排出或抑止：

1 开放式排水；

- 2 封闭式排水；
- 3 组合排水方法；
- 4 水力平衡抑止地下水；
- 5 特殊的工艺方法。

6.8 应急处置

6.8.1 施工单位应制定顶管工程应急预案，包括地下管线破坏应急预案、坍塌事故应急预案、触电事故应急预案、机械伤害事故应急预案、发生窒息事故应急预案和其他事故应急预案等，加强应急情况处置。

6.8.2 施工单位应根据应急预案做好应急物资和设施设备的储备。

6.8.3 施工单位应建立应急处置组织机构和相应的作业机制，并定期组织应急知识培训和应急演练。

6.8.4 事故发生后应及时上报，并做好现场人员疏散，按照应急预案积极采取有效措施，开展事故应急处理工作。

6.8.5 应急事件处理结束后，应进行事故分析，编写事故分析报告。

7 监 测

7.1 一般规定

7.1.1 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和周边环境进行监测。

7.1.2 顶管施工的监测项目应包括下列内容：

- 1 顶管管节结构监测，包括管节应力、变形和外观监测；
- 2 工作井基坑工程支护结构及周围土体变形监测；
- 3 顶进过程对周围土体进行水平位移、沉降监测；
- 4 对邻近建（构）筑物、轨道交通设施、堤岸及可能引起严重后果的地下管线等重要设施进行监测，具体内容应符合相关专业要求。

7.1.3 结构监测应包括下列内容：

- 1 对周围土体进行水平位移、路面沉降监测和深层土体空洞探测；
- 2 对邻近建（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应进行监测；
- 3 对地铁、隧道和重要管线等的监测应符合相关专业要求。

7.1.4 工作井基坑工程监测频率与周期应符合下列规定：

- 1 工作井基坑工程施工监测应涵盖地下工程施工的各个阶段，应从施工作业一周前开始，直至施工至回填土结束且变形稳定为止；如有特殊要求可根据需要延长监测期限；
- 2 监测频率的确定应以准确反映工作井支护结构、周围土体和周边环境动态变化为前提，采用定时监测，必要时应进行跟踪监测；
- 3 施工中支护结构、周围土体和周边环境的监测频率应符

合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 和现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定。

7.1.5 顶进过程施工监测应涵盖顶进施工的各个阶段，应从始发作业一周前开始，直至接受且变形稳定为止。

7.1.6 顶管施工前应编制监测方案，并提出相应的轴线地面竖向变形报警参考值，报警参考值宜符合表 7.1.6 的规定。

表 7.1.6 轴线地面竖向变形报警参考值

报警指标	
日变化量（mm）	连续三天变化量（mm/d）
±5	2~4

7.1.7 顶管穿越地面建（构）筑物、地铁隧道、铁路、桥梁、防汛墙和地下管线等重要设施时，报警限值和监测频率应符合相应设施的保护要求。

7.1.8 监测数据整理和反馈应符合下列规定：

1 监测数据的采集应根据预先的计划按时进行，数据应采用计算机程序批量处理，并应建立监测数据库；

2 应结合施工和现场环境状况定期进行综合分析，并应绘制管节变形、地表沉降等时态曲线图；

3 应对时态曲线进行基于概论统计的分析，从中找出共性以指导施工；

4 对重要的观测项目应建立预警值，当实测变形值大于允许变形的 4/5 时，应及时通报建设、施工和监理等单位，并应采取相应措施；

5 应在当次施测后 2h~4h 内提供监测成果，当变形超过预警值时应向现场提供实时监测数据；

6 工程竣工后应提供监测技术总结报告。

7.2 监测范围及等级划分

7.2.1 工程影响分区应根据顶管工程施工对周围土体扰动和周边环境影响的程度及范围确定，可分为主要影响区和次要影响区。

7.2.2 工作井基坑工程影响分区宜按表 7.2.2 的规定进行划分。

表 7.2.2 工作井基坑工程影响分区

工程影响分区	范 围
主要影响区	工作井边线外侧 $1H$ 范围内
次要影响区	工作井边线外侧 $1H \sim 2H$ 范围内

注： H —工作井底板面深度（m）。

7.2.3 顶管工程影响分区宜按表 7.2.3 的规定进行划分。

表 7.2.3 顶管工程影响分区

工程影响分区	范 围
主要影响区	管道地表投影区域， 45° 坡度角 $1H_1$ 深度
次要影响区	管道地表投影区域边线至 $1H_1$ 范围内（管道中心埋深小于或等于 20m）
	管道地表投影区域边线至 $3D_1$ 范围内（管道中心埋深大于 20m 时）

注： H_1 —管道中心埋深（m）； D —管道外径（m）。

7.2.4 当遇到下列情况时，应根据工程实际情况调整监测范围：

1 采用地下水降水控制措施时；

2 施工期间发生严重的渗漏水、涌砂、冒水、支护结构变形过大、邻近建（构）筑物或地下管线严重变形等异常情况时。

7.2.5 工作井支护结构安全等级应综合考虑基坑周边环境 and 地质条件的复杂程度及工作井深度等因素，工作井结构本体的安全等级宜符合表 7.2.5 的规定。

表 7.2.5 工作井结构本体安全等级

安全等级	破坏后果
一级	支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响很严重
二级	支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响严重
三级	支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响不严重

7.2.6 顶管工程的结构本体安全等级宜根据工程所处的地质条件、施工工况条件及外界制约因素确定，并宜符合表 7.2.6 的规定。

表 7.2.6 顶管工程结构本体安全等级

安全等级	等级划分
一级	掘进断面遇到古河道中软塑状粘性土、粘性土与粉性土、粉砂相间成层土的顶管
	顶部埋深小于等于 $1D_1$ 的顶管
	平面曲率半径小于等于 350m 的顶管
	近距离施工的顶管（并行或交叠）
	掘进断面存在地下障碍物的顶管
二级	顶部埋深在 $1D_1 \sim 1.5D_1$ 的顶管；顶管顶进与接收区段
三级	除一级、二级以外的顶管

注：1 符合条件之一即为对应的结构本体安全等级，从一级开始，以最先满足为准；
2 近距离顶管是指两条管道净间距在一倍直径（或开挖宽度）范围以内。

7.2.7 周边环境保护等级宜符合表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7 周边环境保护等级

保护等级	周边环境条件
一级	主要影响区内存在既有重要桥梁与隧道，重要建（构）筑物，重要市政设施及重要市政管线，河流、湖泊
二级	主要影响区内存在一般建（构）筑物，一般市政设施及市政管线 二级次要影响区内存在既有重要桥梁与隧道，重要建（构）筑物，重要市政设施及市政管线，河流、湖泊
三级	主要影响区内无建（构）筑物，市政设施 次要影响区内存在一般建（构）筑物、一般市政设施及市政管线般环境条件，包括空旷地段

注：符合条件之一即为对应的周边环境保护等级，从一级开始，以最先满足为准。

7.2.8 监测等级划分为三级，根据工作井及顶管工程的本体结构安全等级和周边环境保护等级中的最高安全等级确定。

7.3 测点布置

7.3.1 监测点应沿顶管轴线上方地表布设，监测点间距宜为 5m；顶管顶进和接收加固区应加密布设监测点，加固区轴线测点应布设为深埋点。

7.3.2 应选择有代表性的部位布设垂直于顶管轴线的横向监测断面，监测断面间距宜为 20m ~ 40m；每个顶管工程应至少布设一条监测断面。

7.3.3 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个 ~ 9 个，应以顶管轴线为中心对称分布，主要影响区监测点间距宜为 2m ~ 3m，次要影响区监测点间距宜为 3m ~ 5m。

7.3.4 距离顶管 45°角范围内的建筑物均应设置沉降观测点，建筑物四角和外墙每 10m ~ 20m 处设置监测点，每个建（构）筑物的监测点不宜少于 3 个。

7.3.5 路面水平位移监测点设置要求应为纵向间距 20m，横向

间距 5m。

7.3.6 沉降监测点设置要求应为纵向间距 20m，横向间距 5m。

7.3.7 距离管线 45° 角范围内的建筑物均应设置沉降观测点，建筑物四角和外墙每 10m ~ 20m 处设置监测点，当最后 100d 的最大沉降速率小于 $0.01\text{mm/d} \sim 0.04\text{mm/d}$ 时，可认为已达到稳定状态，可不考虑影响。

8 验 收

8.1 一般规定

8.1.1 顶管工程施工质量验收应在施工单位自检基础上，按检验批、分项工程、分部工程和单位工程的顺序进行，并应符合下列规定：

1 工程施工质量应符合本规程和相关国家和浙江省现行验收规范的规定；

2 工程施工质量应符合工程勘察和设计文件的要求；

3 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；

4 涉及结构安全和使用功能的试块、试件和现场检测项目，应按规定进行平行检测或见证取样检测；

5 验收批的质量应按主控项目和一般项目进行检查；

6 承担检测的单位应具有相应的资质；

7 外观质量应由质量验收人员通过现场检查共同确认。

8.1.2 分部工程质量验收应符合下列规定：

1 分部工程所含分项工程的质量验收应全部合格；

2 质量控制资料应完整；

3 分部工程中，混凝土强度、管道接口连接、管道位置及高程等的检验和抽样检测结果应符合各类管道的相关标准规定。

8.2 主控项目

8.2.1 工作井的支护结构、井内结构施工质量验收标准应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 和各类管道的相关标准规定。工作井的允许偏差应符合表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 工作井的允许偏差

检查项目			允许偏差 (mm)	检查数量		检查方法
				范围	点数	
井内 导轨 安装	顶面高程		+3.0	每座	每根导轨 2 点	用水准仪测量、 水平尺量测
	中心水平位置		3		每根导轨 2 点	用经纬仪测量
	两轨间距		±2		2 个断面	用钢尺量测
井尺寸	矩形	每侧长、宽	不小于 设计要求	每座	2 点	挂中线 用尺量测
	圆形	半径				
工作井和接收 井预留洞口		中心位置	20	每个	竖向、水平向 各 1 点	用经纬仪测量
		内径尺寸	±20		垂直向各 1 点	用钢尺量测
井底板高程			±30	每座	4 点	用水准仪测量
工作井 后背墙	垂直度		$0.1\% h_2$	每座	1 点	用垂线、 角尺量测
	水平扭转度		$0.1\% L_h$			

注： h_2 为后背墙的高度 (mm)； L_h 为后背墙的宽度 (mm)。

8.2.2 顶管管道质量验收应符合下列规定：

1 管节的规格、技术性能、产品质量应符合现行国家相关标准的规定和设计要求。

检查方法：对照设计文件检查产品每批出厂质量保证材料、力学性能报告；检查成品管进场验收记录；

检查数量：全数检查。

2 管节应无裂缝、保护层脱落、空鼓、接口掉角等缺陷，管端面混凝土应平整、光洁、密实；承口、插口的工作面应光洁；钢套环应无焊瘤、毛刺、锈斑等现象，防腐涂装应完整。

检查方法：观察；

检查数量：全数检查。

3 衬垫表面应平整无剥落，粘贴牢固，位置准确。

检查方法：目测检查；

检查数量：每台班。

4 橡胶圈的性能指标应符合设计文件规定，外形平整，接口无裂纹，表面无油污和机械损伤。

检查方法：检查进场台账记录、质保书检测报告，外观目测检查；

检查数量：每批次。

5 橡胶圈粘结剂涂刷应均匀、粘结牢固、无皱折、断面无明显收缩。

检查方法：目测、尺量；

检查数量：每台班。

6 管节拼装时应在钢套环与橡胶圈涂抹硅油等润滑剂，拼装时橡胶圈不应滑落。

检查方法：目测检查；

检查数量：全数检查。

7 接口橡胶圈安装位置应正确，无位移、脱落现象。

检查方法：观察；

检查数量：全数检查。

8 管道的管底坡度应无明显反坡现象。

检查方法：观察；检查顶进施工记录、测量记录；

检查数量：全数检查。

9 管道接口端部应无破损、顶裂现象，接口处应无滴漏。

检查方法：观察；

检查数量：全数检查。

8.2.3 管道接口密封胶质量验收应符合下列规定：

1 密封胶材料应符合国家相关标准规定和设计要求。

检查方法：对照产品标准和设计文件，检查出厂合格证，质量检验报告，现场抽样试验报告；

检查数量：全数检查。

2 密封胶施工完成后表面应平整，宽度均匀，密封胶质量要求应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 密封胶质量要求

检查项目	指 标	检查数量	检查方法
厚度	+3mm	伸缩缝的随机抽检率 10%，一条伸缩缝至少测 4 点。如合格率少于 80%，加倍抽检，依次类推，直至全部检测	针刺法
密封胶与伸缩缝内侧混凝土表面粘结力	胶条断裂或粘结剥离有效面积比 $\geq 60\%$ 为合格	按伸缩缝随机抽检率的 1%，但不少于 3 条。如合格率少于 80%，加倍抽检，依次类推，直至全部检测	将密封胶在缝中切断，用手以 90°从一端拉起，胶条断裂或粘结剥离有效面积比 $\geq 60\%$ 为合格

注：粘结剥离有效面积比是指从密封胶从槽中拉起时，两侧胶面扯裂面积加混凝土剥离附着面积之和与两侧总面积之比。

8.2.4 管道内防腐质量验收应符合下列规定：

1 内防腐层材料应符合国家相关标准规定和设计要求。

检查方法：对照产品标准和设计文件，检查产品质量保证资料；检查防腐成品管进场验收记录；

检查数量：全数检查。

2 混凝土基层应平整、洁净，无湿渍及异物；防腐结构层应符合设计文件要求。

检查方法：观察；对照设计文件检查施工记录；

检查数量：全数检查。

3 防腐层应无气泡、开裂、剥落等缺陷。

检查方法：观察；检查施工记录；

检查数量：全数检查。

8.3 一般项目

8.3.1 顶管管道质量验收应符合下列规定：

1 管道防水、防腐蚀处理应符合设计要求，且应无明显渗水和水珠现象，严禁滴漏和线流。

检查方法：观察；

检查数量：全数检查。

2 圆形顶管施工贯通后管道的允许偏差应符合表 8.3.1-1 的规定。

表 8.3.1-1 圆形顶管施工贯通后管道的允许偏差

检查项目			允许偏差（mm）		检查数量		检查方法		
			钢筋混凝土管	钢管	范围	点数			
直线顶管水平轴线	顶进长度 <300m		50	130	每管节	1 点	用经纬仪 或挂中 线用尺量		
300m≤顶进长度 <1000m		100	200						
顶进长度≥1000m		L/10	100 + L/10						
直线顶管内底高程	顶进长度 <300m	D < 1500	+30，-40	+60，-60			用水准仪或 水平仪测量		
		D ≥ 1500	+40，-50	+80，-80					
	300m≤顶进长度 <1000m		+60，-80	+100，-100				用水准仪 测量	
	顶进长度≥1000m		+80，-100	+150， -（L/10+100）					
相邻管间错口	钢管		≤2						用尺测量
钢筋混凝土管		15% 壁厚，且≤20							
钢筋混凝土管曲线顶管相邻管间接口的最大间隙与最小间隙之差		≤ΔS							
钢管管道环向变形		≤0.03D							
对顶时两端错口		50							

注：1 L 为顶进长度（m）； D 为管道外径（m）， ΔS 为曲线顶管相邻管节接口允许的最大间隙与最小间隙之差（mm），宜取 1/2 的木垫圈厚度， R 为曲率半径；

2 对于长距离的曲线钢顶管，除应满足水平轴线和高程允许偏差外，尚应限制曲率半径 R ，当 $D \leq 1600$ 时，应满足 $R \geq 2080m$ ，当 $D > 1600$ 时，应满足 $R \geq 900D$ ；

3 矩形顶管施工贯通后管道的允许偏差应符合表 8.3.1-2 的规定。

表 8.3.1-2 矩形顶管施工贯通后管道的允许偏差

检查项目			允许偏差 (mm)	检查数量		检查方法
				范围	点数	
水平轴线			80	每管节	1 点	用经纬仪，或挂中线用尺量
内底高程			80			用水准仪或水平仪测量
相邻管间接口			15			用钢尺量
顶进 长度	L≤150m	高程	±50	每管节		用全站仪、激光经纬仪、 水准仪测量
		平面	≤80			
	150m<L ≤500m	高程	±80			
		平面	≤100			

8.3.2 管道接口密封胶质量验收应符合下列规定：

1 伸缩缝基槽尺寸应符合表 8.3.2 的规定。

表 8.3.2 伸缩缝基槽尺寸要求

检查项目	允许偏差	检查数量	检查方法
槽宽 B	±2mm	逐条检测，每条伸缩缝一般至少 4 点	用钢尺量
槽深 H	±3mm		

2 槽内应无浮灰残渣，无湿迹。槽缝混凝土两内侧面界面剂涂层应均匀，无漏涂现象。

检查方法：观察；检查施工记录；

检查数量：全数检查。

3 密封胶施工应符合现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的规定。

8.3.4 管道内防腐质量验收应符合下列规定：

1 防腐层表面应平整、光滑，无划痕、透底、色差等，湿膜应无流淌现象。

检查方法：观察；检查施工记录；

检查数量：全数检查。

2 防腐层的平均干膜厚度不应小于设计要求，其最小值不应小于 85% 的设计要求。

检查方法：对照设计文件检查检测记录，用测厚仪检测；

检查数量：每段节取距管口大于 150mm 范围内的两个截面，每个截面测量上、下、左、右四点的防腐层厚度。所有结构符合设计要求值为合格。

3 附着力应经检验合格。

检查方法：检查施工记录、附着力检测记录；附着力现场检验方法应按现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212 或设计要求执行；

检查数量：附着力每 200m^2 取 1 点，且两井之间不少于 1 点。

附录 A 顶管机选择

A.0.1 常用的顶管机适用口径、覆土厚度及适用地层可按表 A.0.1 选取。

表 A.0.1 顶管机选择参考表

序号	顶管方式		适用口径 (mm)	覆土厚度 (H/m)	适用地层
1	土压 平衡式	圆形顶管	1500 ~ 3600	>1.2D 且 >2.0m	粘性土、砂性土、卵石、砾石、淤泥质土
		矩形顶管	≥1000 ×1000	>3.0m	粘性土、砂性土、砾石层、淤泥质土
2	泥水平衡式		800 ~ 3600	>1.5D 且 >3.0m	卵石、砾石含量小于 20%，且粒径小于 50mm 的粘性土、砂性土、淤泥质土，渗透系数不应大于 10^{-1} cm/s
3	气压平衡式		800 ~ 3600	>2.0D 且 >4.0m	粘性土、砂性土、淤泥质土，卵、砾石，含有孤石的土体，但粘性土的渗透系数不应大于 10^{-4} cm/s

附录 B 管 材

B.1 钢 管

- B.1.1** 钢管钢材宜选用 Q235B 或 Q355B。
- B.1.2** 钢管钢材的规格和性能等应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定，且焊缝等级不应低于 II 级。
- B.1.3** 管壁厚度应采用计算厚度加腐蚀量厚度，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。钢管单面年腐蚀量标准可按表 B.1.3 确定。

表 B.1.3 钢管单面年腐蚀量标准

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

- B.1.4** 制作钢管的几何尺寸允许偏差应符合表 B.1.4 的规定。

表 B.1.4 钢管的几何尺寸允许偏差

项目	允许偏差（mm）	
周长	$D \leq 600$	± 2.0
	$D > 600$	$\pm 0.0033D$
椭圆度	管端部分 $0.005D$ ；其他部位 $0.01D$	
端面垂直度	$0.001D$ ，且不应大于 1.5	
弧度	用弧形板测量管内壁或外壁纵缝处形成的间隙，间隙不应大于 $0.001D$ ，且不应大于 4mm；距管端 200mm 纵缝处的间隙不应大于 2mm	

注：1 D 为钢管外径（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。

B.1.5 卷制钢管焊缝应符合下列规定：

1 卷制钢管同一横断面内宜采用一条纵向焊缝。当采用两条纵向焊缝时，大直径管纵向焊缝间距应大于 300mm，小直径管纵向焊缝间距应大于 100mm；

2 卷制钢管对接时，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应为 0.2 倍壁厚，且不应大于 2mm；

3 卷制钢管对接时，相邻管段的纵向焊缝位置错开距离应大于 300mm；

4 对口焊接时，小直径管道焊缝宜采用“V”形坡口，大直径管道宜采用“K”形坡口，同顶铁的接触面均应为平端。

B.1.6 钢管焊缝质量检验，非压力管不应低于焊缝质量分级的Ⅲ级标准；压力管不应低于焊缝质量分级的Ⅱ级标准。

B.1.7 钢管防腐应符合下列规定：

1 钢管内、外应做防腐处理；

2 下井管节两端各 100mm 宽度范围内，应在井下焊缝检查合格后使用快干型涂料防腐；

3 钢管的内壁防腐可采用防腐涂料或水泥砂浆，水泥砂浆内防腐层厚度可根据钢管直径在 15mm ~ 20mm 范围内选择，水泥砂浆内宜掺入纤维材料以增强抗裂性能，水泥砂浆的抗压标准值不应小于 30N/mm^2 ；防腐涂料应根据管道输送介质类型及生产工艺确定其技术要求并满足相关行业标准的规定；给水管道所用防腐涂料及水泥砂浆内掺纤维材料应具有卫生检验合格证书；

4 钢管外壁防腐可采用阴极保护加防腐层，防腐层可采用耐磨损的防腐涂料或玻璃纤维布缠绕复合涂层，应根据管道顶进距离及生产工艺确定其技术要求并满足相关行业标准的规定。

B.1.8 下井管段的长度宜为卷制管段长度的倍数；管节长度不宜小于 6m，长距离顶管的管节长度可适当加大。

B.1.9 焊接钢管的长度应根据工作井的尺寸确定。

B.1.10 钢管与工作井和接收井的井墙均采用刚性连接时，应验算温差作用下井墙受力和管道的连接强度。

B.2 钢筋混凝土管

B.2.1 钢筋混凝土管可用于重力流输水管道及各类保护套管。钢筋混凝土成品管应符合现行国家标准《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836 及其他相关规定；管节长度及接口的抗渗性能应符合设计要求。

B.2.2 钢筋混凝土管的混凝土强度等级不应低于 C50，抗渗等级不应低于 P8。

B.2.3 钢筋混凝土管的钢筋应选用 HPB300、HRB400 及更高级别钢筋，钢筋性能应符合国家和行业现行有关标准的规定。

B.2.4 钢筋混凝土管的混凝土骨料碱含量最大值应符合现行标准的规定，在含碱环境中使用时应选用非活性材料。

B.2.5 钢筋混凝土管采用的外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定，所用产品应符合国家和行业现行有关标准的规定，并应通过试验确定其适用性及掺入量。

B.2.6 当地下水或管内贮水对混凝土或钢筋具有腐蚀性时，应对钢筋混凝土管内外壁采取防腐处理措施。

B.2.7 管节的生产应采用钢模，钢模的设计制作除各部件的几何尺寸和公差应符合产品设计几何尺寸的要求外，尚应符合下列规定：

- 1 结构的设计应合理，内模、外模应有足够的强度、刚度和稳定性；
- 2 钢模的使用应拆装方便，使用安全；
- 3 管节钢模承口和插口部分的加工精度应高于管节承口和插口的设计精度；
- 4 在生产使用过程中应采取防止钢模变形的措施。

B. 2. 8 钢筋混凝土管节长度应根据使用条件和起吊能力确定。

B. 2. 9 钢筋混凝土管接头选用原则应符合下列规定：

- 1 混凝土管接头宜使用钢承口和双插口接头；
- 2 双插口管接头应使用钢套环或不锈钢套环；
- 3 应优先选用钢承口接头；
- 4 接头的允许偏转角应大于 0.5° 。

B. 2. 10 管道接口密封应能保证管道接口的抗渗性能及顶进施工的正常进行，应采用适宜的方法避免管道发生转动；管道贯通后，应进行接口密封处理。

B. 2. 11 橡胶圈防水接口应符合下列规定：

- 1 管节接口处的表面应光洁、平整，无蜂窝、麻点、气孔、裂纹或缺边掉角等现象，接口尺寸应符合规定；
- 2 橡胶圈外形尺寸应符合设计要求，外观致密且均匀，无裂缝、孔隙或凹痕等缺陷；
- 3 橡胶圈应保持清洁，表面无油污或泥砂等，不得在阳光下曝晒；
- 4 钢套环的焊接接缝应平整，肋部与钢板平面垂直，表面应进行防腐处理。

B. 2. 12 管道接口的密封橡胶圈应符合下列规定：

- 1 密封橡胶圈材料应符合现行国家标准《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873 的规定；
- 2 无压输水管接口可使用单胶圈；有压水管接口应使用双胶圈；
- 3 密封橡胶圈的断面形状宜为“L”形、齿形、楔形或半圆半方形；
- 4 微口径管材宜使用整体式缓冲阻水橡胶套环；
- 5 当遇含油地下水时，宜选用丁腈橡胶；当遇含有弱酸、弱碱地下水时，宜选用氯丁橡胶；当遇有霉菌侵蚀时，宜选用防

霉等级达二级或二级以上的橡胶；在平均气温低的地方，宜选用三元乙丙橡胶；

6 当管道对接时，橡胶圈表面宜使用润滑材料，润滑材料宜选用白油或洗洁精等，为防止密封橡胶接口老化，不得使用黄油或机油。

B. 2. 13 管道接口密封材料的尺寸和安装应符合表 B. 2. 13 的规定。

表 B. 2. 13 管道接口密封材料的尺寸和安装

密封材料	粘结剂		橡胶衬垫
接口宽度 b (mm)	≥ 10		
接口深度 t (mm)	单层 $t \geq 12 + b/3$	双层 $t \geq 2 (12 + b/3)$	$t \geq 2b$
接合面	干燥 (湿度 $< 5\%$)，无油，无灰尘		
	表面平整，无突起，无坑洞		

B. 2. 14 钢筋混凝土管传力面上均应设置环形缓冲木垫圈，并用胶粘剂粘在传力面上，木垫圈应符合下列规定：

- 1 选用质地均匀富有弹性的松木、杉木或胶合板；
- 2 压缩模量不应大于 140MPa；
- 3 厚度应根据管道直径和管道的曲率半径确定，并应与设计顶力相适应，厚度通常为 10mm ~ 30mm；
- 4 外径应与橡胶密封圈槽口齐平，内径应大于管道内径 20mm。

B. 2. 15 管道长度应根据设计要求和工作井的适用条件确定。

B. 3 球墨铸铁管

B. 3. 1 球墨铸铁管可用于输水管道，球墨铸铁顶管质量应符合现行行业标准《非开挖铺设用球墨铸铁管》YB/T 4564 的规定。

B.3.2 球墨铸铁顶管应在插口端焊接顶推法兰和筋板，外壁应涂覆或浇筑一层钢筋混凝土，管身宜设置注浆孔。其顶力传递可采用下列两种方式：

1 通过推动承口端面使得插口端的法兰与另一个管子承口端面接触进行顶力传递；

2 通过相应的工装推动插口端的法兰接触另一个管子上承口端面进行顶力传递。

B.3.3 球墨铸铁管宜采用承插式柔性接头，接头的允许偏转角应大于 1° ，并应符合现行国家标准《水及燃气管道用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 的规定；管节传力面上均应设置环形缓冲木垫圈，接口密封胶圈及木垫圈要求可同钢筋混凝土管，其中木垫圈内径宜大于管道内径 2mm，木垫圈外径不应超过管道外径。

B.3.4 球墨铸铁管内壁防腐可采用防腐涂料或水泥砂浆；水泥砂浆内防腐层厚度可根据管道直径在 15mm ~ 20mm 范围内选择，水泥砂浆内宜掺入纤维材料以增强抗裂性能，水泥砂浆的抗压标准值不应小于 30N/mm^2 ；防腐涂料应根据管道输送介质类型及生产工艺确定其技术要求并满足相关行业标准的规定；给水管道所用防腐涂料及水泥砂浆内掺纤维材料应具有卫生检验合格证书。

B.4 预应力钢筒混凝土管

B.4.1 预应力钢筒混凝土管可用于输水管道，预应力钢筒混凝土管质量符合国家及行业相关标准的规定方可采用。

B.4.2 预应力钢筒混凝土管的混凝土强度等级不应低于 C50，抗渗等级不应低于 P8。

B.4.3 预应力钢筒混凝土管预应力钢丝应采用冷拉钢丝，其物理力学性能指标应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223、《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3 和《预应力

混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的规定。钢筋应选 HPB300、HRB400 及更高级别钢筋，钢筋性能应符合国家及行业现行相关标准的规定。

B.4.4 预应力钢筒混凝土管的混凝土骨料碱含量最大限值应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定，在含碱环境中使用时应选用非活性材料。

B.4.5 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定，所用产品应符合相关国家及行业标准，并应通过试验确定其适用性及掺入量。

B.4.6 当地下水或管内贮水对混凝土和钢筋具有腐蚀性时，应对预应力钢筒混凝土管内外壁做相应的防腐处理。

B.4.7 预应力钢筒混凝土管管节长度应根据使用条件和起吊能力确定。

B.4.8 预应力钢筒混凝土管应采用承插式柔性接头，接头的允许偏转角应大于 0.5° ；管节传力面上均应设置环形缓冲木垫圈，接口密封胶圈及木垫圈要求同钢筋混凝土管，其中木垫圈外径不应超过管道外径。

B.5 玻璃纤维增强塑料夹砂管

B.5.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管质量应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238 的要求。

B.5.2 给水顶管的管内涂层树脂必须符合现行国家标准《食品安全国家标准 食品接触用塑料树脂》GB 4806.6 的规定。

B.5.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管接头可采用双插口接头或承插口接头方式。

B.5.4 玻璃纤维增强塑料夹砂管在顶进时，应在每根管节接口端面、顶铁及中继间接触面加设木衬垫。

B.5.5 管节接口连接完成后，应对双道橡胶密封圈进行单口打压试验，合格后方可进行顶进作业。

附录 C 压力标准值

C.0.1 当管顶覆盖层厚度小于或等于 2 倍顶管外径或覆盖层均为淤泥质土时，管顶上部竖向土压力标准值应按下式计算：

$$F_{sv \cdot k1} = \sum_{i=1}^n \gamma_{si} h_i \quad (\text{C.0.1})$$

式中： $F_{sv \cdot k1}$ ——管顶上部竖向土压力标准值（ kN/m^2 ）；

γ_{si} ——管道上部 i 层土层重度（ kN/m^3 ），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 ）。

C.0.2 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：

$$F_{sv \cdot k3} = C_j (\gamma_{si} B_i - 2C) \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$B_i = D \left[1 + \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \quad (\text{C.0.2-2})$$

$$C_j = \frac{1 - \exp \left(-2K_a \mu \frac{H_s}{B_i} \right)}{2K_a \mu} \quad (\text{C.0.2-3})$$

式中： $F_{sv \cdot k3}$ ——管顶竖向土压力标准值（ kN/m^2 ）；

C_j ——顶管竖向土压力系数；

B_i ——管顶上部土层压力传递至管顶处的影响宽度（ m ）；

D ——管道外径（ m ）；

φ ——管顶土的内摩擦角（ $^\circ$ ）；

C ——土的粘聚力（ kN/m^2 ），宜取地质报告中的最小值；

H_d ——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。

C.0.3 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。

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”。

引用标准名录

- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 《食品安全国家标准 食品接触用塑料树脂》 GB 4806. 6
- 《预应力混凝土用钢丝》 GB/T 5223
- 《预应力混凝土用钢棒》 GB/T 5223. 3
- 《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224
- 《混凝土和钢筋混凝土排水管》 GB/T 11836
- 《水及燃气管道用球墨铸铁管、管件和附件》 GB/T 13295
- 《玻璃纤维增强塑料夹砂管》 GB/T 21238
- 《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》 GB/T 21873
- 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 《地下防水工程质量验收规范》 GB 50208
- 《建筑防腐蚀工程施工规范》 GB 50212
- 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497
- 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 《地下结构抗震设计标准》 GB/T 51336
- 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 《城市道路工程设计规范》 CJJ 37

《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221

《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1

《非开挖铺设用球墨铸铁管》YB/T 4564

浙江省建设厅信息公开
浏览专用