

ICS: 93.020

CCS: P21

辽宁省地方标准

DB21/T XXXX-2020
备案号 J XXXX-XXXX

顶管工程技术规程

Technical specification for pipe jacking

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

辽宁省住房和城乡建设厅

辽宁省市场监督管理局

联合发布

辽宁省地方标准

顶管工程技术规程

Technical specification for pipe jacking

DB21/T XXXX-2020

备案号 JXXXX-2020

主编单位：大连理工大学

批准部门：辽宁省住房和城乡建设厅

施行日期：2020年XX月XX日

2020 大连

前 言

本规程根据辽宁省市场监督管理局《关于下达 2018 年第一批辽宁省地方标准制修订项目计划的通知》（辽质监函〔2018〕61 号）要求，由大连理工大学会同有关单位开展了《顶管工程技术规程》的编制工作。在对辽宁省顶管工程实践经验及相关科研成果认真总结的基础上，规程编制组充分调研，借鉴国内外相关技术标准的先进编制经验，广泛征求有关单位的意见，经过反复讨论、修改，制定本规程。

本规程共分 10 章。主要技术内容是：总则、术语、基本规定、顶管工程勘察、管材与接头、顶管设计、顶管施工、施工监测、安全和环境保护、验收标准等。

本规程由辽宁省住房和城乡建设厅负责管理，由大连理工大学负责具体技术内容的解释。本标准发布实施后，任何单位和个人如有问题和意见建议，均可以通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审（归口管理部门：辽宁省住房和城乡建设厅，通讯地址：沈阳市和平区太原街 2 号，邮编 110001，联系电话：024-23447652；标准起草单位：大连理工大学，通讯地址：大连市甘井子区凌工路 2 号，邮编 116024，联系电话：0411-84707232）。

主编单位： 大连理工大学

参编单位： 沈阳铁道勘察设计院有限公司
中铁第六勘察设计院集团有限公司
中铁建大桥工程局集团第三工程有限公司
大连理工大学土木建筑设计研究院有限公司

主要起草人： 王峥峥 覃 晖 赵志文 贺维国 周冠南 储柯钧
潘盛山 张世平 吴瑞国 石 磊

主要审查人： 王 元 张丙吉 翟 峰 耿 波 于永彬 郭晓岩
辛利伍

目 次

1 总 则.....	1
2 术 语.....	2
3 基本规定.....	3
4 顶管工程勘察.....	4
4.1 一般规定.....	4
4.2 布孔要求.....	4
4.3 勘察报告.....	5
5 管材与接头.....	7
5.1 一般规定.....	7
5.2 混凝土管.....	7
5.3 钢管.....	8
5.4 玻璃纤维增强塑料顶管.....	9
5.5 钢筒混凝土管.....	9
5.6 橡胶密封圈.....	10
5.7 木垫圈.....	10
6 顶管设计.....	11
6.1 一般规定.....	11
6.2 顶管结构上的作用.....	11
6.3 顶管井的结构形式.....	12
6.4 顶管井的几何尺寸.....	12
6.5 顶力估算.....	12
6.6 反力墙.....	13
7 顶管施工.....	15
7.1 一般规定.....	15
7.2 顶管机选型.....	15
7.3 顶管设备安装.....	16
7.4 触变泥浆.....	16
7.5 顶进和纠偏.....	17
7.6 中继间.....	18
7.7 测 量.....	19
7.8 排 渣.....	19
7.9 通 风.....	19
7.10 供 电.....	20
8 施工监测.....	21

8.1 一般规定.....	21
8.2 监测项目.....	21
8.3 测点布置.....	22
8.4 监测频率和报警.....	22
9 安全和环境保护.....	23
10 验收标准.....	24
本规程用词说明.....	26
引用标准名录.....	27
条文说明.....	28

Contents

1 General Provisions.....	1
2 Terms.....	2
3 Basic Provisions.....	3
4 Pipe Jacking Engineering Survey.....	4
4.1 General Requirements.....	4
4.2 Hole Layout Requirements.....	4
4.3 Survey Report.....	5
5 Pipes and Joints.....	7
5.1 General Requirements.....	7
5.2 Reinforced Concrete Pipe.....	7
5.3 Steel Pipe.....	8
5.4 Glass Fiber Reinforced Plastic Pipe.....	9
5.5 Cylinder Concrete Pipe.....	9
5.6 Rubber Ring.....	10
5.7 Wood Washer.....	10
6 Pipe Jacking Design.....	11
6.1 Action on Jacking Pipe.....	11
6.2 Representation Value of Action Effect.....	11
6.3 Structural Form of Working Shaft.....	12
6.4 Geometry Size of Working Shaft.....	12
6.5 Jacking Force Estimation.....	12
6.6 Reaction Wall.....	13
7 Pipe Jacking Construction.....	15
7.1 General Requirements.....	15
7.2 Pipe Jacking Machine Selection.....	15
7.3 Pipe Jacking Equipment Installation.....	16
7.4 Thixotropic Mud.....	16
7.5 Jacking and Correcting.....	17
7.6 Intermediate Station.....	18

7.7 Measurement.....	19
7.8 Deslagging.....	19
7.9 Ventilation.....	19
7.10 Power Supply.....	20
8 Pipe Jack Project Monitoring.....	21
8.1 General Requirements.....	21
8.2 Monitoring Items.....	21
8.3 Arrangement of Measuring Points.....	22
8.4 Monitoring Frequency and Alarm Value.....	22
9 Safety and Environmental Protection.....	23
10 Acceptance Standard.....	24
Explanation of Wording in This Specifications.....	26
List of Quoted Standards.....	27
Explanation of Provisions.....	28

1 总 则

1.0.1 为了在顶管工程中做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于辽宁省范围内圆形顶管工程的勘察、设计、施工、监测和验收。

1.0.3 顶管工程的设计和施工应综合考虑辽宁地区的水文地质和工程地质条件，合理选择施工工艺。

1.0.4 顶管工程除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

- 2.0.1 顶管 pipe jacking
借助顶推装置，将管道在地下逐节顶进的施工工艺。
- 2.0.2 长距离顶管 long distance pipe jacking
一次连续顶进长度超过 300m 的顶管。
- 2.0.3 顶管井 jacking pit
用于顶管作业时始发或到达所需要的地下空间结构，包括工作井和接收井。
- 2.0.4 工作井 working shaft
顶管始发端放置顶进设备并进行顶进作业的地下作业空间结构。
- 2.0.5 接收井 arriving shaft
用于接收顶管机的地下作业空间结构。
- 2.0.6 顶管机 pipe jacking machine
安装在顶进管道最前段用于掘进的机械设备。
- 2.0.7 导轨 lead rail
铺设在工作井底板，用于顶管初始导向和管节拼接的轨道。
- 2.0.8 反力墙 reaction wall
工作井中承受顶力的墙体。
- 2.0.9 穿墙孔 passage hole for pipe jacking
顶管机进出顶管井的洞口。
- 2.0.10 土压平衡 earth pressure balance method
通过调节土舱内渣土的压力维持挖掘面稳定的顶管施工方式。
- 2.0.11 泥水平衡 slurry balance method
通过调节泥水舱内泥水的压力维持挖掘面稳定的顶管施工方式。
- 2.0.12 中继间 relay chamber
在长距离顶管中用于分段顶进设置的续顶装置。

3 基本规定

3.0.1 顶管方案确定前，应掌握沿线工程地质、水文地质、地上建（构）筑物和地下障碍物等的详细资料，对采用顶管引起的对周围环境的影响，制定有效的保护措施。

3.0.2 顶管在下列地层中不宜采用：

- 1 标贯击数小于 2 的软土层；
- 2 地下水位以下粒径大于 200mm 的卵砾石地层；
- 3 单轴抗压强度大于 15MPa 的岩石地层。

3.0.3 顶管施工应严格按照设计文件，编制施工组织设计，制定安全质量和环境保护措施。

3.0.4 顶管施工应建立地面和地下监控量测系统，测量控制点应设在不易扰动、方便校核和易于保护的地方。

3.0.5 顶管施工应根据设计要求，对工程影响范围内的地表、建（构）筑物和地下管线进行监测。

3.0.6 顶管工程质量应达到设计要求的安全、耐久性和使用功能，管道允许偏差符合要求。

4 顶管工程勘察

4.1 一般规定

4.1.1 顶管工程岩土工程勘察应结合场地条件及工程特点，充分搜集、分析现有资料，明确工作重点，制订切实可行的勘察方案，采用综合勘察方法，查明工程地质和水文地质条件。

4.1.2 顶管工程勘察宜分阶段开展，进行初步勘察和详细勘察。

4.1.3 顶管工程勘察报告应为设计和施工提供所需的岩土工程参数和工程措施建议。

4.1.4 顶管工程勘察时，应查明沿线地质、地貌及地层结构特征、各类土层的性质和空间分布。当有不良地质作用或地下障碍物时，应查明不良地质体或地下障碍物的分布范围、埋置深度和特性，提出防治措施的建议，分析评价可能造成的不利影响。

4.1.5 所有勘探孔在终孔后应进行封堵。

4.2 布孔要求

4.2.1 顶管工程勘探孔应布置在管道设计轴线的两侧，不宜布置在顶管管体范围内。

4.2.2 工作井和接收井的勘探孔应在井的四角或沿井的周边布置，勘察的平面范围宜超出开挖边界外开挖深度的1倍。

4.2.3 勘探点间距可根据工程类别、地质复杂程度及设计和施工需要，按表4.2.3综合确定。

表 4.2.3 顶管勘探孔间距 (m)

场地复杂程度	简单场地	中等复杂场地	复杂场地
初步勘察	100~150	60~100	30~60
详细勘察	50~100	30~50	20~30

4.2.4 每个顶管井勘探孔数量不应少于 2 个，复杂地质条件下宜在矩形顶管井的四角或圆形顶管井的周边布置勘探孔并增加勘探孔数。

4.2.5 顶管的勘探孔深度应达到管底设计标高以下 3m~5m；工作井和接收井的勘探孔深度不宜小于基坑开挖深度的 2 倍，特殊情况适当加深。

4.3 勘察报告

4.3.1 岩土工程勘察报告应在已搜集的资料和取得的工程地质调绘、勘探、测试、试验成果的基础上，结合勘察阶段、工程特点等，进行综合地质分析，做到勘察报告资料完整、数据真实、内容可靠，岩土工程分析评价应论据充分、针对性强。

4.3.2 岩土工程参数的确定应结合原位测试数据、室内试验数据和当地工程经验等综合选用。岩土的物理力学性能指标应按工程地质区（段）及层位分别统计。

4.3.3 岩土工程勘察报告应提供岩土的物理力学指标包括：常规物理指标、黏聚力、内摩擦角、土的变形模量或压缩模量、砂土的最大粒径、渗透系数、地层与管材的摩擦系数、地基承载力、场地土的标准冻结深度及其他必须的参数。

4.3.4 岩土工程分析评价应包括下列内容：

- 1 工程建设场地的稳定性、适宜性评价；
- 2 对不良地质作用和特殊岩土的工程影响进行评价；
- 3 地下水和土的腐蚀性评价；
- 4 工程建设与周边环境相互影响的预测，提出预防措施建议；
- 5 抗震设防烈度大于 6 度时，对地下水位以下存在的饱和砂土和饱和粉土进行液化判别。

4.3.5 岩土工程勘察报告应包括下列内容：

- 1 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；
- 2 拟建工程概况；
- 3 勘察方法和勘察工作布置；
- 4 场地地形地貌、地质构造、地震效应、地层岩性、不良地质作用及地下水；

- 5 岩土的物理力学参数；
- 6 有关顶管工程设计和施工措施的建议；
- 7 图表及重要的支撑性资料。

5 管材与接头

5.1 一般规定

- 5.1.1 顶管管材应根据地质条件、管道用途、管材特性及工程特点确定。
- 5.1.2 管材可选用钢筋混凝土管、钢管、玻璃纤维增强塑料顶管或钢筒混凝土管。
- 5.1.3 管材质量应符合国家相关产品技术标准的要求。

5.2 钢筋混凝土管

- 5.2.1 钢筋混凝土管应符合下列要求：
- 1 钢筋混凝土管材的混凝土强度等级不宜低于 C40；
 - 2 钢筋混凝土管材抗渗等级不宜低于 P8；
 - 3 混凝土和钢筋的选用和计算应满足相关规范，混凝土及钢筋的力学性能指标，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定选用；
 - 4 钢筋混凝土管制作质量应符合国家标准《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836 的规定；
 - 5 管材接头宜用具有双道橡胶密封圈的钢承口，钢承口接头的钢套管与混凝土的接缝应采用弹性密封填料勾缝；
 - 6 接头钢圈必须有良好的防腐措施，按设计要求进行防腐处理，在有腐蚀性介质的环境中使用时应适当加大钢圈的厚度。
- 5.2.2 钢筋混凝土管的管节尺寸偏差应符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 钢筋混凝土管允许尺寸偏差 (mm)

公称内径 D_0	管节尺寸			接头尺寸				
	D_0	t	l	D_1	D_2	D_3	l_1	l_2
600~800	+4 -8	+8 -2	+18 -10	±2	±2	±2	±3	±2
900~1500	+6 -10	+10 -3	+18 -12	±2	±2	±2	±3	±2
1600~2400	+8 -12	+12 -4	+18 -12	±2	±2	±2	±3	±2
2600~3500	+10 -14	+14 -5	+18 -12	±2	±2	±2	±3	±2

- 5.2.3 钢筋混凝土管端面垂直度应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 钢筋混凝土管端面垂直度允许偏差 (mm)

公称内径	允许偏差
<1200	≤3
1200~3000	≤4
≥3000	≤5

5.3 钢管

5.3.1 钢管应符合下列要求:

- 1 钢管管材的规格和性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的要求;
- 2 钢管壁厚应同时符合受力和抗腐蚀的要求, 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。

5.3.2 钢管的焊接应符合下列规定:

- 1 钢管管节长度一般为钢板宽度, 同一管节内宜采用一条纵向焊缝;
- 2 钢管管节接长时, 相邻管节纵向焊缝位置错开间距应大于 300mm;
- 3 管节内、外直缝宜采用埋弧自动焊, 焊接坡口处必须清除铁锈、油污、水分和杂物, 表面应打磨光滑, 焊缝不应有裂缝气孔、夹渣及融合性飞溅等缺陷;
- 4 焊缝坡口宜采用“V”型或“K”型, 并且同顶铁的接触面应为平直口;
- 5 焊缝质量检查应符合设计文件及现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 和《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683 的要求。

5.3.3 钢管的防腐应符合下列规定:

- 1 钢管内外应做防腐处理;
- 2 钢管内衬防腐可采用环氧防腐材料或水泥砂浆等;
- 3 管道外壁防腐层材料可选用环氧沥青漆或环氧玻璃鳞片等;
- 4 管节两端 100mm~200mm 在焊缝检查合格后再做防腐处理。

5.3.4 钢管管节尺寸偏差应符合表 5.3.4 的规定。

表 5.3.4 钢管管节几何尺寸允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	
周长	$D_1 \leq 600$	±2.0
	$D_1 > 600$	±0.0033 D_1
椭圆度	管端部位 0.005 D_1 ; 其他部位 0.01 D_1	

端面垂直度	0.001D ₁ ，且不应大于 1.5
弧度	用弧长 $\pi \cdot D_1/6$ 的弧形板量测于管内壁或外壁纵缝处形成的间隙，其间隙不大于 0.1t+2，且不大于 4，距管端 200mm 纵缝处的间隙不应大于 2

注：D₁为管道外径（mm），t为壁厚（mm），椭圆度为同一横剖面上互相垂直的最大直径与最小直径之差。

5.4 玻璃纤维增强塑料顶管

5.4.1 玻璃纤维增强塑料顶管应符合下列要求：

- 1 玻璃纤维增强塑料顶管质量应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料顶管》GB/T 21492 的要求；
- 2 顶管的刚度等级不应小于 15000Pa，缠绕管管体抗压强度不应小于 75MPa，管端抗压强度不应小于 105MPa；
- 3 玻璃纤维增强塑料顶管接头可采用双插口接头或承插口接头方式；
- 4 玻璃纤维增强塑料顶管在顶进时，应在每根管节接口端面、顶铁及中继间接触面加设木衬垫；
- 5 玻璃纤维增强塑料顶管用于长距离顶管时应由施工单位进行专项论证。

5.4.2 玻璃纤维增强塑料顶管管道长度允许偏差为有效长度的 $\pm 0.5\%$ ，且不超过 $\pm 30\text{mm}$ ，端面垂直度应符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 玻璃纤维增强塑料顶管端面垂直度允许偏差（mm）

公称直径	端面垂直度
≤ 300	≤ 0.5
> 300	≤ 1.0

5.5 钢筒混凝土管

5.5.1 钢筒混凝土管应符合下列要求：

- 1 钢筒混凝土管质量应符合《顶进施工法用钢筒混凝土管》JC/T 2092 的要求；
- 2 制造钢筒用薄钢板的最小屈服强度不应低于 215MPa，制造承插接头钢环所用钢板的最小屈服强度不应低于 205MPa；
- 3 制管用混凝土强度等级不应低于 C40，混凝土配合比设计应符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定；
- 4 钢筒体可采用螺旋焊、拼板焊或卷筒焊，但不得出现“十”字形焊缝；

5 钢筒混凝土管如用于输送具有腐蚀性介质或海水时，应对管壁混凝土进行防腐设计，并满足《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的要求。

5.5.2 钢筒混凝土管基本尺寸允许偏差应符合表 5.5.2 的规定。

表 5.5.2 钢筒混凝土管尺寸允许偏差 (mm)

项目	允许偏差
内径	±8
管壁厚度	±6
管节总长	±6
接口椭圆度	0.5%或 10mm (取小值)
端面垂直度	≤9
承口内径	+1.0 +0.2
承口深度	±4
插口外径	-1.0 -0.2
插口长度	±4

5.6 橡胶密封圈

5.6.1 橡胶密封圈应符合下列要求：

1 橡胶密封圈材料性能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 的要求；

2 接头用的橡胶密封圈在遇有含油的地下水部位宜选用丁晴橡胶；在含油弱酸弱碱地下水时宜选用氯丁橡胶；遇霉菌侵蚀时宜选用防霉等级二级及以上的橡胶；在平均气温低的部位宜选用三元乙丙橡胶；

3 橡胶密封圈的尺寸、形状、圈数和材料性能应符合设计要求。

5.7 木垫圈

5.7.1 木衬垫板应符合下列要求：

1 木衬垫板应选用质地均匀有弹性的松木、杉木或胶合板；

2 木衬垫板厚度应为 10mm~30mm；

3 木衬垫板应传力均匀，强度和变形符合要求。

6 顶管设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 顶管设计应综合考虑工程地质及水文地质条件、周边环境、使用功能等因素，通过计算合理选择管材、管道埋深和顶管井结构形式、施工工艺等。
- 6.1.2 在管道穿越软弱地层或重要设施时，应进行地层加固设计。
- 6.1.3 在有地下水或穿越江河或穿越溶洞时，应进行稳定性验算。
- 6.1.4 顶管管道与既有管道、周边建（构）筑物基础的间距应符合安全验算要求。
- 6.1.5 顶管井的形状和尺寸除满足顶管施工要求外，还应结合使用阶段功能要求进行设计。

6.2 顶管结构上的作用

- 6.2.1 顶管结构上的作用，可分为永久作用、可变作用和偶然作用：
- 1 永久作用应包括管道结构自重、结构附加恒载、地层压力、静水压力及浮力等；
 - 2 可变作用应包括地面车辆荷载、施工荷载等；
 - 3 偶然作用应包括地震作用等。
- 6.2.2 荷载代表值应根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 有关规定确定，并应根据施工和使用阶段可能发生的变化，按最不利情况，确定不同荷载组合系数。

6.3 顶管井的结构形式

- 6.3.1 顶管井围护结构类型，应根据工程地质和水文地质条件、顶管井深度、环境要求等因素确定，可采用放坡开挖、钢板桩、灌注桩、地下连续墙或沉井等结构形式。
- 6.3.2 当顶管井埋置较浅、地下水位较低、顶进距离较短时，可选用放坡开挖或钢板桩。
- 6.3.3 在地下水位较低或无地下水的地区，可选用灌注桩。
- 6.3.4 在顶管埋置较深、顶管顶力较大的地区，可采用沉井或地下连续墙。
- 6.3.5 当场地狭小且周边建筑需要保护时，宜选用地下连续墙。
- 6.3.6 除沉井外其他形式的工作井，当顶力较大时应设置钢筋混凝土反力墙。
- 6.3.7 工作井宜设计为矩形断面，当开挖深度较大或管线交叉的中间井时可采用圆形或多边形断面。

6.4 顶管井的几何尺寸

- 6.4.1 工作井的最小内净长度应等于顶管机和管节长度的大者、千斤顶、后座、顶铁以及预留作业长度之和。
- 6.4.2 工作井的最小宽度应根据管道外径及安装富余量确定。
- 6.4.3 接收井的尺寸应满足顶管机取出或管道连接的要求。
- 6.4.4 顶管井的深度由管节埋深、管道外径、垫层厚度、导轨高度以及管底操作空间高度确定。
- 6.4.5 接收孔尺寸由管道的外径和管道允许偏差确定。

6.5 顶力估算

- 6.5.1 管道总顶力可按下式估算：

$$F_0 = \pi D_1 L f_k + N_F \quad (6.5.1)$$

式中： F_0 ——总顶力标准值（kN）；

D_1 ——管道外径 (m)；

L ——管道设计顶进长度 (m)；

f_k ——管道外壁与土单位面积摩擦系数 (kPa)；

N_F ——顶管机的迎面阻力 (kN)；

6.5.2 顶管机迎面阻力可按表 6.5.2 选用。

表 6.5.2 顶管机迎面阻力计算式

顶管机机型	迎面阻力 N_F (kN)	式中符号
网格挤压式	$N_F = \frac{\pi}{4} D_g^2 \alpha R$	α —网格界面参数， 可取 $\alpha=0.6\sim 1.0$
土压平衡式 泥水平衡式	$N_F = \frac{\pi}{4} D_g^2 \gamma_s H_s$	γ_s —土的重度 (kN/m ³) 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/m²)，可取 $R=300\sim 500\text{kN/m}^2$ 。

6.5.3 采用触变泥浆减阻时，单位面积管壁与土的平均摩擦系数可通过试验确定，或按表 6.5.3 选用。

表 6.5.3 触变泥浆减阻管壁与土的平均摩擦系数 (kPa)

管材 土的种类		黏性土	粉土	粉、细砂土	中、粗砂土
触变 泥浆	钢筋混凝土管	3.0~5.0	5.0~8.0	8.0~11.0	11.0~16.0
	钢管	3.0~4.0	4.0~7.0	7.0~10.0	10.0~13.0
	玻璃纤维增强塑料顶管	1.5~2.0	2.0~3.0	4.0~5.0	5.0~7.0
	钢筒混凝土管	3.0~5.0	5.0~8.0	8.0~11.0	11.0~16.0

6.6 反力墙

6.6.1 反力墙的强度和刚度，应满足承受主顶千斤顶最大反力作用而不发生破坏或变形的要求。

6.6.2 反力墙设计应结构简单、稳定可靠，可采用整体式或装配式反力墙。

6.6.3 反力墙墙面应与顶管轴线垂直。

6.6.4 设计反力墙时应充分利用后背土的抗力，并严密控制后背土的压缩变形，当变形不满足时对后背土进行加固。

6.6.5 反力墙反力计算时，可假定主顶千斤顶的顶力通过反力墙均匀作用于后背土体，按下式计算：

$$P = \beta B \left(\gamma H^2 \frac{K_p}{2} + 2cH\sqrt{K_p} + \gamma hHK_p \right) \quad (6.6.5)$$

式中： P ——总推力之反力（kN）；

β ——系数， $\beta=1.5\sim 2.5$ ；

B ——反力墙的宽度（m）；

γ_s ——土的容重（kN/m³）；

H ——反力墙的高度（m）；

K_p ——被动土压力系数；

c ——土的黏聚力（kPa）；

h ——地面到反力墙顶部土体的高度（m）。

7 顶管施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 顶管施工应根据工程安全、工程质量和环境保护，编制施工方案。
- 7.1.2 施工场地应合理布置，满足顶管机械组装、管节存放和施工要求。
- 7.1.3 顶管施工前应编制完善的施工组织设计并经相关部门审查。
- 7.1.4 顶管施工应建立监控量测体系。
- 7.1.5 施工作业人员应培训合格后方可上岗。
- 7.1.6 顶管施工设备应检验合格后方可投入使用。

7.2 顶管机选型

- 7.2.1 顶管机选型应根据工程地质条件、水文地质条件、施工要求、周边环境等因素合理选择机型，可结合表 7.2.1 综合确定。

表 7.2.1 顶管机选用参考

顶管机类型	适用地层
网格挤压式	淤泥质黏土，淤泥质粉质黏土，软塑和流塑性黏土，软塑和流塑的黏性土夹薄层粉砂
土压平衡式顶管机	淤泥质黏土，淤泥质粉质黏土、粉质黏土，黏质粉土，砂质粉土，砾石层，软塑和流塑性黏土，软塑和流塑的黏性土夹薄层粉砂
泥水平衡式顶管机	淤泥质黏土，淤泥质粉质黏土、粉质黏土，黏质粉土，砂质粉土，砾石层，地下水位以下的黏性土、砂性土

7.3 顶管设备安装

7.3.1 顶管可采用拼装式后座或整体式后座，强度应按照其承受的最大顶力设计计算；后座安装应与顶进轴线垂直，后座与反力墙之间宜设传力结构；后座与井壁之间宜浇筑强度不低于 C30 的钢筋混凝土。

7.3.2 导轨安装应符合下列规定：

- 1 导轨宜选用钢材制作，刚度和强度满足施工要求；
- 2 两导轨安装应顺直、平行、等高，并应固定牢靠，在顶进中不产生位移；
- 3 导轨对管道的轴心支承角宜为 60° 。

7.3.3 主顶配置和安装应符合下列规定：

- 1 千斤顶的规格和数量的确定应综合考虑实际需要的顶力、工作井允许顶力及管节允许顶力三项指标；
- 2 千斤顶应在管道轴线两侧对称布置，规格应相同，确保合力的作用点在管道中心线上；
- 3 主站油泵应与千斤顶性能相匹配；
- 4 油泵宜设置在千斤顶附近，油管连接应顺直；
- 5 电机功率应满足顶进地层的要求。

7.3.4 顶铁安装应符合下列规定：

- 1 顶铁可采用 U 形或环形，刚度应符合要求；
- 2 顶铁与管节间应设置垫圈；
- 3 安装后的顶铁轴线应与管道轴线平行、对称；
- 4 顶铁拼装后应锁定。

7.4 触变泥浆

7.4.1 触变泥浆宜优先选用钠基膨润土，必要时添加纯碱和高分子化学聚合物。

7.4.2 触变泥浆配合比应根据试验确定，性能指标应满足表 7.4.2 的要求。

表 7.4.2 触变泥浆性能指标

比重 (g/cm ³)	粘度 (s)	失水量 (cm ³ /30min)	pH 值	静切力 (Pa)	稳定性
1.1~1.3	>30	<25	8~10	100	静置 24h 无离析

7.4.3 触变泥浆的注浆量可按照管道与其周围土层之间的环状间隙体积的 1.5~2.0 倍估算。注浆以压力控制为主，注浆量控制为辅。根据减阻和控制地面变形的监测数据及时调整注浆量和注浆压力，注浆管出口处应设泥浆单向阀，出口压力应大于地下水压力。

7.4.4 注浆孔的位置应尽可能均匀地分布于管道周围，其数量和间距依据管道直径和浆液在地层中的扩散性能而定。

7.4.5 主注浆口应与管道顶进同步注浆，先注浆后顶进。中继间注浆孔的注浆应与中继间启动同步，运行中连续注浆。

7.5 顶进和纠偏

7.5.1 应根据所选顶管机型确定顶管机土压力控制值。土压平衡式顶管机宜设定在静止土压力值与被动土压力值之间，泥水平衡式顶管机宜设定在地下水压力值加 20kPa。

7.5.2 顶进过程中应量测监控，实施信息化施工，确保开挖掘进工作面的土体稳定和土（泥水）压力平衡，实时监测土仓压力，控制顶进速度、挖土和出土量，减少土体扰动和地层变形。

7.5.3 顶进阶段，应严格控制顶进速度和方向。顶管机初始土压力控制值和顶进速度应根据洞口外侧土体的加固强度和加固体积设定。

7.5.4 进入接收井前应提前进行顶管机位置和姿态测量，并根据进口位置提前进行调整，顶进过程中应实时对顶管机的位置和顶管状态进行测量。

7.5.5 顶管机和中继间应设置管道扭转显示装置监控顶进角度，并配备必要的限扭措施。每顶进一节需测量顶管的偏差，如超过允许值时应及时纠偏，并根据纠偏效果调整纠偏角度。管道扭转时宜采用单侧压重，或改变顶管机切削刀盘的转动方向进行纠正。

7.5.6 纠偏时，应在顶进中纠偏，应采用小角度逐渐纠偏。纠正顶管机旋转时，宜采用挖土方法进行调整或采用改变切削刀盘的转动方向，或在管内相对于机头旋转的反向增加配重。

7.5.7 管道顶进应连续作业，如遇下列情况时，应暂停顶进，并应及时处理：

- 1 顶管掘进机前方遇到障碍；
- 2 反力墙变形严重；
- 3 顶铁发生变形现象；
- 4 管位偏差过大且校正无效；
- 5 顶力超过管端的允许顶力；
- 6 油泵、油路发生异常现象；
- 7 接缝处漏泥浆；
- 8 地面变形达到控制值；
- 9 其他影响安全的情况。

7.6 中继间

7.6.1 中继间的设置应根据估算总顶力、管节允许顶力和工作井的允许顶力计算确定。

7.6.2 中继间的外径应和管道外径相同，壳体应具有足够的强度和刚度。

7.6.3 中继间应具有良好的密封止水功能，密封圈应可更换。

7.6.4 中继间应满足曲线顶进或纠偏的需求，具有调整合力中心的功能。

7.6.5 顶进结束后应从顶管机向工作井方向逐环拆除中继间，中继间拆除后，复原管道的结构强度和其他性能不应低于原设计要求。

7.6.6 对中继间应进行分组操纵，从顶管机头向后依次将每段管节向前推移，每次操纵一组中继间，在所有中继间完成作业后，主顶工作站完成该项进循环的最后顶进作业。

7.6.7 中继间油缸宜固定在支架上，并与管道中心的垂线对称。

7.6.8 当中继间油缸多于一台时，宜取偶数，且其规格宜相同。

7.6.9 中继间油缸的油路应并联，每台中继站油缸应有进油、退油的控制系统。

7.6.10 中继间吊放入工作坑后，应认真检查各项工作部件是否正常，安装完毕后应进行试顶。

7.7 测 量

7.7.1 顶管施工应建立地面与地下测量控制系统。

7.7.2 测量控制点应设在不易扰动、视野清楚、便于校核和易于保护处。

7.7.3 顶管施工中应测量顶进方向的垂直和水平偏差，掘进机机身转动，掘进机姿态，顶进长度等参数。

7.7.4 直线顶进施工应采用激光经纬仪或其他具有激光发射功能的测量仪器，实时测量监控。激光发射的有效距离应大于顶进的长度。首节顶进时，每顶进 200mm~300mm，对中心线及高程测量一次；正常顶进时，每顶进 400mm~600mm，对中心线及高程测量一次。

7.7.5 每节管道顶进结束，宜绘制顶管机水平与高程轨迹图，顶进力变化曲线图。

7.7.6 长距离顶管和曲线顶管宜采用自动测量系统。

7.8 排 渣

7.8.1 顶管排渣方式应根据管道内径、顶进长度和顶管机类型确定。

7.8.2 泥水平衡顶管机的泥水排放，应选用管道运输。

7.8.3 采用土压平衡顶管机时，弃土可用螺旋输送机从泥舱排出，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。

7.8.4 挤压式顶管机挤出的块状土，土块较小的可采用人工抛滑输送，土块较大的宜采用矿车输送。

7.9 通 风

7.9.1 长度超过 150m 的进入操作顶管，应配置通风设施。

7.9.2 短距离顶管可采用鼓风机通风，长距离顶管应采用压缩空气通风。

7.9.3 管道内供气量不应小于每人 $25\text{m}^3/\text{h}\sim 30\text{m}^3/\text{h}$ ，出口排出的浊气应符合环境保护要求。

7.10 供 电

7.10.1 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《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194 和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 以及相关用电规范的规定。

7.10.2 施工供电应编制施工用电组织设计，中断供电将造成人身伤亡、重大影响或重大损失的，应设置双重电源，并能自动切换，动力、照明应分路供电。

7.10.3 有人进入的顶管井及顶管内的照明应采用 36V 的低压防爆行灯。

7.10.4 管内供电系统应配备防触电、漏电保护装置。

7.10.5 管道内应设有应急照明系统，应急照明宜安装在顶管机和中继间处。

7.10.6 应定期对电气设备、电缆线路进行检查，检查频率应符合《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194 的规定。

8 施工监测

8.1 一般规定

8.1.1 施工前应结合工程地质、水文地质、环境条件、施工方法与进度计划等制定详细的施工监测方案。监测方案应包含监测项目、测点布置、监测方法、监测频率及监测报警等内容。

8.1.2 监测范围应包含顶管工程施工影响区域，不应小于 2 倍基坑开挖深度或 2 倍顶管埋深空间范围。

8.1.3 变形监测基准点应设置在施工影响区域外，基准点的埋设应符合《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定，冻土区应埋设在冻结深度以下的稳定土层中。

8.1.4 在顶管施工开始前应完成测点布置并取得监测初始值。

8.1.5 监测工作应贯穿于顶管工程施工全过程，监测期应从顶管工程施工前开始，直至顶管工程完成并且地面变形稳定为止。

8.1.6 监测数据应连续、真实。

8.2 监测项目

8.2.1 顶管工程的施工监测应采用可靠的监测仪器，并由专人进行巡视检查。

8.2.2 监测内容应包括顶管井、管道结构以及周边环境。

8.2.3 顶管井的施工监测项目应按照现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 执行。

8.2.4 管道顶进施工时及竣工后变形稳定之前，应对影响区域的地面沉降、建（构）筑物变形、地下管线位移、反力墙变形等进行监测。

8.2.5 管道穿越地铁、铁路、公路或特殊管线时，监测项目、控制标准、监测周期应符合相关设施的保护规定。

8.3 测点布置

- 8.3.1 顶管工程监测点应布置在监测对象内力及变形的关键部位。
- 8.3.2 监测点的设置应稳固、便于观测且不易破坏。
- 8.3.3 顶管井的施工监测点布置应按照现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 执行。
- 8.3.4 顶进施工时，应沿管道轴线每 10m 布置一个地面沉降监测点，每 10~30m 布置一个沉降监测断面。
- 8.3.5 顶进施工穿越地铁、铁路、公路或特殊管线时，测点布置应符合相关设施的保护规定。

8.4 监测频率和报警

- 8.4.1 监测频率应根据工程要求确定，能够反映监测项目的重要变化过程，并可随监测对象变化进行调整。
- 8.4.2 顶管井的施工监测频率可按照现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 执行。
- 8.4.3 监测值相对稳定时，可适当降低监测频率；监测值变化幅度超出规范要求时，应提高监测频率或实时跟踪监测。
- 8.4.4 监测项目控制值应根据地层稳定性和周边环境安全或使用要求确定。
- 8.4.5 变形监测项目可按表 8.4.5 进行分级管理。

表 8.4.5 变形监测管理等级

管理等级	管理指标	状态	施工对策
III	监测值 < 1/3 控制值	正常	正常施工
II	1/3 控制值 ≤ 监测值 < 2/3 控制值	警戒	加强监测
I	监测值 ≥ 2/3 控制值	预警	采取对策

9 安全和环境保护

- 9.0.1 施工过程的安全检查应符合《建筑施工安全检查标准》JGJ 59 的有关规定。
- 9.0.2 管道内应配备有害气体测试仪和通风设备，有害气体检测应符合《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》GB 12358 的有关规定。
- 9.0.3 施工期间噪声应按《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的规定控制。
- 9.0.4 采用化学材料施工、焊接作业、防腐作业、登高作业等具有一定危险性作业时，应有专项施工保护措施，保证工人安全施工。
- 9.0.5 废土、渣土、废泥浆的处置应符合有关部门的规定。施工过程中产生的废土、渣土及废泥浆应集中堆放，且不得堆放在顶管井周边。废土、渣土及废泥浆应及时外运，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，防止污染道路。
- 9.0.6 施工现场应设置排水系统，严禁向排水系统排放泥浆。排水沟的废水应经沉淀过滤达到标准后排入排污系统。
- 9.0.7 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。
- 9.0.8 夜间施工应办理相关手续，并应采取措施减少声、光对周边产生的不利影响。

10 验收标准

10.0.1 施工单位整理编制竣工资料，向建设单位提出报验申请。由建设单位组织专业工程管理单位、设计单位、监理单位、施工单位和相关单位对工程及工程资料进行验收。

10.0.2 工程竣工验收前，应完成施工现场清理和复原，以及必要的外观检查和质量检验。

10.0.3 工程施工质量验收应符合下列规定：

- 1 工程施工质量应满足工程勘察、设计文件的要求，符合本规程和相关专业验收规程的规定；
- 2 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；
- 3 工程施工质量的验收应在施工单位自行检查，评定合格的基础上进行；
- 4 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理等单位进行验收，并形成验收文件；
- 5 对涉及结构安全和使用功能的工程应进行试验或检测，承担检测的单位应具有相应资质。

10.0.4 管道外观应符合下列规定：

- 1 管内清洁，无杂物、油污；
- 2 管节无破损，有缺陷的部位应修补密实、表面光洁；
- 3 管道内平顺、无突变、无形变；
- 4 管道接口缝隙内填料饱满、密实，且与管道内表面齐平；
- 5 管道与工作坑洞口连接紧密、牢固，无漏水、涌砂；
- 6 注浆孔全部封闭，无渗水、漏浆；
- 7 接口橡胶圈正确安装，无位移、脱落；
- 8 管道及管道接口无渗水。

10.0.5 直线顶管贯通后的允许偏差应符合表 10.0.5 的规定。

表 10.0.5 直线顶管允许偏差 (mm)

顶进长度 S	水平轴线	内底高程
----------	------	------

	钢筋混凝土管、玻璃纤维增强塑料顶管、钢筒混凝土管	钢管	钢筋混凝土管、玻璃纤维增强塑料顶管、钢筒混凝土管	钢管
$S < 300\text{m}$	50	130	+30, -40	± 60
$300\text{m} \leq S < 1000\text{m}$	100	200	+60, -80	± 100
$S > 1000\text{m}$	$S/10$	$100+S/10$	+80, -100	+150, -100, - $S/10$

注：S为顶进长度（m）。

10.0.6 曲线顶管贯通后的允许偏差应符合表 10.0.6 的规定。

表 10.0.6 曲线顶管允许偏差（mm）

曲线类型	水平轴线		内底高程	
	$r \leq 150D_1$	$r > 150D_1$	$r \leq 150D_1$	$r > 150D_1$
水平曲线	150	150	+100, -150	+100, -150
竖曲线	150	150	+100, -200	+100, -150
复合曲线	200	150	± 200	± 200

注： D_1 为管道外径（mm）， r 为曲率半径（m）。

10.0.7 工程竣工验收后，建设单位应将有关文件和技术资料归档。

10.0.8 工程应经过竣工验收合格后，方可投入使用。

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,非这样做不可的用词:
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用词:
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用词:
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用词,采用“可”。
- 2 条文中指定应按其他有关标准执行时,写法为“应按……执行”或“应符合……要求(规定)”。非必须按所指定标准执行时,写法为“可参照……执行”。

引用标准名录

- 1) 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 2) 《混凝土和钢筋混凝土排水管》 GB/T 11836
- 3) 《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》 GB 12358
- 4) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 GB 12523
- 5) 《玻璃纤维增强塑料顶管》 GB/T 21492
- 6) 《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
- 7) 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 8) 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 9) 《建设工程施工现场供用电安全规范》 GB 50194
- 10) 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》 GB 50236
- 11) 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 12) 《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》 GB 50683
- 13) 《顶进施工法用钢筒混凝土管》 JC/T 2092
- 14) 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 15) 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 16) 《建筑施工安全检查标准》 JGJ 59

顶管工程技术规程

条文说明

目 次

1 总 则.....	30
3 基本规定.....	31
4 顶管工程勘察.....	31
4.3 勘察报告.....	31
5 管材与接头.....	31
5.1 一般规定.....	31
5.2 钢筋混凝土管.....	31
5.3 钢管.....	32
6 顶管设计.....	32
6.2 顶管结构上的作用.....	32
6.5 顶力估算.....	32
6.6 反力墙.....	32
7 顶管施工.....	33
7.2 顶管机选型.....	33
7.4 触变泥浆.....	33
7.5 顶进与纠偏.....	33
7.9 通 风.....	34
7.10 供 电.....	34
8 施工监测.....	34
8.1 一般规定.....	34
8.4 监测频率和报警.....	34
9 安全和环境保护.....	35

1 总 则

1.0.1 目前城市建筑物密度高、交通流量大，为减小工程建设对环境的影响，顶管技术为地下工程提供了一种比较好的思路。顶管法是一种在不中断交通、不拆除建筑物、不迁改管线的条件下修建地下工程的施工方法，多用于下穿繁忙的交通要道、下穿构筑物、下穿管线、河道等，其优势在于其施工过程的封闭性、机械化、高效性和安全性。

经济性方面，顶管法土建造价相对较高，因此也限制了一些应用，但综合考虑明挖法的占道费用和管线迁改费用、建筑物保护费用等，顶管法造价和明挖法造价差别可能不太明显；但从工期上来说顶管法具有较高的优势，顶管段节省了占道和管线迁改的前期工期，而且每天 3m~5m 的掘进速度也是明挖和暗挖很难达到的。对于一般埋深较浅的地下通道来说，暗挖法一般风险较高，顶管法较为安全。

1.0.2 本规程适用于圆形断面顶管工程的勘察、设计、施工及验收。

1.0.4 本规范涉及的主要标准包括《碳素结构钢》GB/T 700、《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836、《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》GB 12358、《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523、《玻璃纤维增强塑料顶管》GB/T 21492、《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、《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194、《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236、《建筑基坑工程监测技术规范标准》GB 50497、《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683、《顶进施工法用钢筒混凝土管》JC/T 2092、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46、《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55、《建筑施工安全检查标准》JGJ 59 等。

3 基本规定

3.0.1 顶管与周围环境互相影响、互相制约，所以应对工程沿线上受到顶管施工影响的区域应详细勘察各项资料，并采取相应的应对措施，最终确定顶管方案。

3.0.3 在充分掌握与顶进施工相关的现场资料并完成顶管设计后，应根据设计图纸和实际施工条件编制完善的施工组织设计，对操作人员展开培训和技术交底，明确职责分工。

4 顶管工程勘察

4.3 勘察报告

4.3.3 本节要求提供的岩土物理力学指标是针对顶管工程的必需资料，在勘察报告中应详细列出。针对特殊地质地貌，还应列出其它必要的影响顶管工程施工的参数。

5 管材与接头

5.1 一般规定

5.1.3 钢筋混凝土顶管质量在《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836 有相关的描述。玻璃纤维增强塑料顶管质量在《玻璃纤维增强塑料顶管》CB/T 21492 有相应要求。钢筒混凝土顶管质量在《顶进施工法钢筒混凝土管》JCT 2092 有相应要求。密封圈质量在《橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈材料规范》GBT21873 有相应的要求。

5.2 钢筋混凝土管

5.2.1 1 钢筋混凝土顶管的混凝土强度等级不宜低于 C40，如果管径较小，顶距也不长时可以适当降低，但要经过顶力验算。

5.2.1 5 《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836 中有 F 形接口形式和接口尺寸的相关内容。

5.3 钢管

5.3.1 本部分条文参考《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的内容。整根钢管纵向刚度大，顶进纠偏不够灵活，故施工技术要求高，因此钢顶管在工程中的使用有一定限制，选用钢管需综合考虑各方面因素。

6 顶管设计

6.2 顶管结构上的作用

6.2.1 作用就是通常说的荷载，但是温度变化和顶管轴线偏差等都会使管道产生应力，温度变化和轴线位移不是荷载而是作用。给水排水系统的结构系列规范中，把通常所说的荷载和作用统称为作用。

6.5 顶力估算

6.5.1 总顶力的计算为理论计算，由于实际工程的众多不确定因素，计算所得与实际施工顶力有一定差距，这与地质条件和施工技术水平有关，所以计算所得总顶力仅作为参考依据指导施工。

6.6 反力墙

6.6.1 反力计算忽略钢制后座的影响，假定主顶千斤顶施加的顶进力是通过后座墙均匀地作用在工作坑后的土体上，为了使后座承受较大的推力，工作坑应尽可能深一些，后座墙也尽可能埋入土中多一些。

7 顶管施工

7.2 顶管机选型

7.2.1 顶管法一般适用于土质地层，对各种土质地层的适应性较好。目前常用的机械式顶管机主要是土压平衡式和泥水平衡式，对于常见的软土及富水地层都可以选择采用，土压平衡式顶管掘进机可适用于淤泥土到砂砾土等不同土质，但对于地下水的变化适应性较差；泥水平衡式顶管掘进机可适用于大部分土层，它通过调整注入水压可以平衡切削断面的地下水压力，尤其适用于地下水较高的土层，但不适用于渗水性高的土层。

7.4 触变泥浆

7.4.1 注浆材料一般要选用钠基膨润土，并添加纯碱作为分散剂，选用淡水水源是防止水中含 NaCl，并避免有砂粒等杂质。触变泥浆的三个作用：

- 1 减阻作用，将顶进管道与土体之间的干摩擦转换为液体摩擦，减小顶进的摩阻力；
- 2 填补作用，浆液填补施工时管道与土体之间产生的空隙；
- 3 支撑作用在注浆压力下，减小土体变形，使管洞变得稳定。

7.4.2 泥浆的比重是一个主要控制指标。掘进中泥浆比重不易过高或过低，前者将影响泥水的输送能力，后者将破坏开挖面的稳定。泥水比重的范围应在 $1.1 \text{ g/cm}^3 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$ 。下限为 1.1 g/cm^3 ，上限根据施工的特殊要求而定，在砂性土中施工、保护地面建筑物、穿越浅覆层等，可达 1.3 g/cm^3 ，甚至可达 1.35 g/cm^3 。

7.5 顶进与纠偏

7.5.5 在不断顶进和纠偏过程中，周围土的变化、纠偏次数的增多和其它因素导致的顶管机重量分布不平衡，将会造成顶管推进时发生不同程度的扭转，所以要采取防扭措施。

7.5.6 管道顶进过程中出现偏差是无法避免的，在规范允许偏差内可以不纠偏，如果有超过允许偏差的趋势可以微纠，当偏差大于允许偏差时必须纠偏。纠偏过程要多次测量，使得管道轴线以适当的曲率半径逐步回到轴线上来，而不能一次大幅度调整。纠偏应做到“勤测，微纠”。

7.9 通 风

7.9.1~7.9.3 管内通风的主要作用是防止管内缺氧，保障工作人员的安全；焊接作业时排除烟雾；其次对于长距离顶管，由于空气不流通，温度升高，湿度升高，有效通风起到降温和减少水汽作用；通风降低烟雾对测量激光束的影响，保证采集数据准确。

7.10 供 电

7.10.1 顶管施工现场临时用电还应配备一个临时用电施工安装、维修、管理队伍，做好应急预案。

8 施工监测

8.1 一般规定

8.1.1 施工监测可以通过监测后靠背的变形来监控工作井的安全状态，也从分析顶推力和管道轴线的吻合程度入手，了解管道管节端面的受力均衡是否受到影响。

8.4 监测频率和报警

8.4.1 监测频率在初期应按照计划的监测方案规定的频率确定，在后续的监测中应根据实测变形量、变形速率及纠偏情况等动态调整监测频率。

9 安全和环境保护

9.0.1~9.0.8 本章对顶管工程施工安全和环境保护的有关要求做了规定。