UDC

中国土木工程学会标准

P T/CCES XX－2017

顶管工程施工规程

Specification for Construction of Pipe Jacking

（征求意见稿）

2018–XX–XX 发布 2018–XX–XX 实施

中国土木工程学会 发布

**中国土木工程学会标准**

顶管工程施工规程

Specification for Construction of Pipe Jacking

**T/CCES XX－2018**

批准单位：中国土木工程学会

施行日期：2018年×月×日

2018 北 京

**前 言**

本规程根据中国土木工程学会标准与出版工作委员会《关于发布〈2017年中国土木工程学会标准研编计划（第一批）〉的通知》土标委［2017］14号文的要求，由上海市基础工程集团有限公司会同有关设计、施工、研究和教学单位，总结了多年来全国各地的顶管施工实践，对顶管施工全过程作了大量的调研和论证，并广泛征求了有关设计施工单位的意见，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：1、总则；2、术语和符号；3、基本规定；4、顶管机选型；5、管材和管道接口；6、顶管始发、接收；7、顶管施工；8、特种顶管；9、管道防腐；10、质量标准；11、安全和环境保护。

本规范由中国土木工程学会标准与出版工作委员会负责管理，由上海市基础工程集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈至中国土木工程学会标准《顶管工程施工规程》管理组（地址：上海市杨浦区民星路231号，邮政编码：200433）。

|  |  |
| --- | --- |
| 本规范主编单位 ： | 上海市基础工程集团有限公司 |
| 本规范参编单位 ：（排名不分先后）  | 上海市城市排水有限公司上海城建市政工程（集团）有限公司上海市政建设有限公司上海市机械施工集团有限公司广东省基础工程集团有限公司上海万朗水务科技有限公司无锡市海洋工程有限公司 |
|  本规范主要起草人员： |
|  |  |

本规范主要审查人员 ：

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc525220313)

[2 术语和符号 2](#_Toc525220314)

[2.1 术 语 2](#_Toc525220315)

[2.2 符 号 4](#_Toc525220316)

[3 基 本 规 定 7](#_Toc525220317)

[4 顶管机选型 9](#_Toc525220318)

[4.1 一 般 规 定 9](#_Toc525220319)

[4.2 敞开式顶管机 10](#_Toc525220320)

[4.3 土压平衡式顶管机 10](#_Toc525220321)

[4.4 泥水平衡式顶管机 11](#_Toc525220322)

[4.5 岩石顶管机 11](#_Toc525220323)

[5 管材与管道接口 13](#_Toc525220324)

[5.1 一 般 规 定 13](#_Toc525220325)

[5.2 钢 管 13](#_Toc525220326)

[5.3 钢筋混凝土管 14](#_Toc525220327)

[5.4 玻璃纤维增强塑料夹砂管 15](#_Toc525220328)

[5.5 预应力钢筒混凝土管 16](#_Toc525220329)

[6 顶管始发、接收 18](#_Toc525220330)

[6.1 一 般 规 定 18](#_Toc525220331)

[6.2 沉 井 20](#_Toc525220332)

[6.3 灌注桩排桩 20](#_Toc525220333)

[6.4 钢板桩围护 21](#_Toc525220334)

[6.5 地下连续墙 21](#_Toc525220335)

[6.6 型钢水泥土搅拌墙 22](#_Toc525220336)

[6.7 逆作法 23](#_Toc525220337)

[6.8 土体加固 24](#_Toc525220338)

[7 顶 管 施 工 25](#_Toc525220339)

[7.1 顶力估算和允许顶力 25](#_Toc525220340)

[7.2 中 继 间） 26](#_Toc525220341)

[7.3 顶 力 控 制 28](#_Toc525220342)

[7.4 顶进设备安装 29](#_Toc525220343)

[7.5 测量 31](#_Toc525220344)

[7.6 触 变 泥 浆 32](#_Toc525220345)

[7.7 管道顶进和纠偏 33](#_Toc525220346)

[7.8 排 泥 37](#_Toc525220347)

[7.9 通 风 37](#_Toc525220348)

[7.10 供 电 38](#_Toc525220349)

[7.11 信息化施工 39](#_Toc525220350)

[8 特 种 顶 管 40](#_Toc525220351)

[8.1 曲线顶管 40](#_Toc525220352)

[8.2 超长距离顶管 41](#_Toc525220353)

[8.3 大直径顶管 42](#_Toc525220354)

[8.4 小直径顶管 42](#_Toc525220355)

[8.5 矩 形 顶 管 43](#_Toc525220356)

[8.6 垂 直 顶 升 44](#_Toc525220357)

[8.7 顶管地下对接 44](#_Toc525220358)

[8.8 岩石顶管 45](#_Toc525220359)

[8.9无接收井顶管 46](#_Toc525220360)

[9 管 道 防 腐 48](#_Toc525220361)

[9.1 一般规定 48](#_Toc525220362)

[9.2 钢 管 48](#_Toc525220363)

[9.3 钢筋混凝土管 49](#_Toc525220364)

[9.4 其他 50](#_Toc525220365)

[10 质量标准 51](#_Toc525220366)

[11 安全和环境保护 58](#_Toc525220367)

[11.1 人员安全教育及现场安全检查工作 58](#_Toc525220368)

[11.2 对周边建（构）筑物、地下管线的监测和保护 58](#_Toc525220369)

[11.3 噪声污染的控制 59](#_Toc525220370)

[11.4 临时用电、焊割作业及废土、渣土、废泥浆的处置 59](#_Toc525220371)

[11.5 施工现场排水系统技术要求 60](#_Toc525220372)

[11.6 夜间施工要求 61](#_Toc525220373)

[11.7 环境保护的具体措施 61](#_Toc525220374)

[本规程用词说明 64](#_Toc525220375)

[引用标准名录 64](#_Toc525220376)

条文说明

# 1 总 则

**1.0.1** 为了在顶管工程的施工中做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制订本规程。

**1.0.2** 本规程适用于敞开式顶管机、土压平衡式顶管机、泥水平衡式顶管机及岩石顶管机等的施工。

**1.0.3** 顶管工程应综合考虑全国范围内各地区的工程地质、水文地质和周边环境等条件，合理选择施工工艺，精心施工，严格监控。

**1.0.4**  顶管工程的施工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 术语和符号

## 2.1 术 语

**2.1.1**  顶管 pipe jacking

地下管道施工中，依靠顶管机和顶进装置，将管节在地下逐节顶进的施工工艺。

**2.1.2** 敞开式顶管机 open pipe jacking machine

采用人工或机械开挖的无动力刀盘掘进机。

**2.1.3** 土压平衡式顶管机 earth pressure balanced pipe jacking machine

采用动力刀盘切削土体，由螺旋机排渣并平衡掘进面水土压力的掘进机。

**2.1.4** 泥水平衡式顶管机 slurry balanced pipe jacking machine

采用动力刀盘切削土体，由泥水循环排渣并利用泥水压力平衡开挖面水土压力的掘进机。

**2.1.5** 岩石顶管机 rock pipe jacking machine

采用不同刀具的动力刀盘切削岩土的掘进机。

**2.1.6** 人闸 air lock

用于工作人员进出有高压的顶管机内仓的过渡段，工作人员在此过渡段完成升降压适应性调整。

**2.1.7**  工作井 working 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。

**2.1.8**  小直径顶管 smaller diameter pipe jacking

内径800mm～1400mm的顶管。

**2.1.9**  微型顶管 micro diameter pipe jacking

内径小于800mm的顶管。

**2.1.10**  大直径顶管 larger diameter pipe jacking

内径不小于3000mm的顶管。

**2.1.11** 长距离顶管 long distance pipe jacking

一次顶进长度500m～1000m的顶管。

**2.1.12**  超长距离顶管 super long distance pipe jacking

一次顶进长度大于1000m的顶管。

**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** 穿墙孔 hole for penetrating wall

顶管机进出工作井、接收井的洞门。

**2.1.15** 始发 originating

顶管机由工作井进入土层开始顶进的过程。

**2.1.16**  接收 receiving

顶管机由土层进入接收井完成顶进的过程。

**2.1.17** 反力墙 reacting-force wall

工作井内承受千斤顶反力的墙体。

**2.1.18**  顶管后座 jacking base

千斤顶与反力墙之间的传力装置。

**2.1.19**  中继间 intermediate station

设置在管节间的接力顶进装置。

**2.1.20**  特殊管材 special pipe

顶管管道采用玻璃纤维增强塑料夹砂管、预应力钢筒混凝土管的管材。

**2.1.21** 特种顶管 special pipe jacking

使用特殊管材或特殊施工方法的顶管。

**2.1.22** 垂直顶升 vertical jacking

依靠顶进装置将管节在已顶进完成管道内逐节垂直向上顶进的施工工艺。

**2.1.23**  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。

**2.1.24**  盘根止水 packing seal

把棉、麻、石棉、石墨等材料浸入复合树脂或油浸物而制成的填塞顶管机与穿墙孔空隙的止水材料。

**2.1.25** 顶升帽 jacking cap

垂直顶升时，设置在首节立管顶部用于破除迎面土体的结构件。

## 2.2 符 号

**2.2.1 作用和作用效应**

*f*——管道外壁与土的平均摩阻力；

*fb*——玻璃纤维增强塑料夹砂管轴向抗压强度设计值；

*fc*——混凝土抗压强度设计值；

*fs*——钢管轴向抗压强度设计值；

*F*——总顶力；

*F1*——管道外壁与土层的摩阻力；

*F2*——顶管机的迎面阻力；

*F3*——控制顶力；

*Fdc*——混凝土管允许顶力；

*Fds*——钢管允许顶力；

*Fdb*——玻璃纤维增强塑料夹砂管允许顶力；

*FZ*——注浆压力；

$N\_{0}$——单根锚固螺栓的承载力；

*P1* ——顶盖处水压力值；

*P2* ——顶盖处土的破土力值；

*P3*——顶升管壁与土的摩阻力值；

*P4*——管节重量；

$P\_{w}$——地下水压力；

*Pd*——最大顶力；

*R*——挤压阻力；

*R1*——顶管机下部1/3处的被动土压力；

*R2*——气压；

*T*——刀盘驱动扭矩。

**2.2.2 抗力和材料性能**

*γ*——土的重度。

**2.2.3 几何参数**

*a*——岩石破裂宽度；

*Ap*——管道的最小有效传力面积；

*B*——工作井的最小净宽度；

*b*——滚刀刀刃顶部宽度；

*b2*——施工操作空间；

*D*——管道外径；

*D'*——管节外径；

*D1*——工作井的穿墙孔直径；

*D2*——接收井的穿墙孔直径；

*Dw*——顶管机外径；

*L*——工作井最小净长度；

*L'*——管道顶进长度；

*L1*——顶管机长度；

*L2*——采用钢管时可取钢管管节的长度；采用钢筋混凝土管时，可取2.5倍管段长度；

*L3*——千斤顶长度；

*L4*——后座及扩散段厚度；

*L5*——管节或顶管机铰接前后的长度；

*L6*——插口端长度；

*L7*——钢承口端长度；

*h1*——管底下的操作空间；

*h2*——注浆断面中心埋深；

*H*——工作井最小深度；

*H*1——管顶覆盖层厚度；

——切入深度；

*R'*——曲率半径；

*S*——滚刀间距；

*S'*——中继间的间隔距离；

*S1*——顶入管段留在导轨上的最小长度；

*S2*——顶铁厚度；

*S3*——考虑顶进管段回缩及便于安装管段所留附加间隙；

*x*——相邻两管节之间的最大缝隙；

*1*——岩石压裂角；

*2*——相邻两管节之间的转角。

**2.2.4 计算参数及其他**

*k1*——顶力系数；

$k$2——安全系数；

*k3*——经验系数；

*kdc*——混凝土管综合系数；

*kds*——钢管综合系数；

*kdb*——玻璃纤维增强塑料夹砂管综合系数；

*n*——刀盘转速；

$n’$——锚固螺栓的数量；

*P*——刀盘驱动功率；

*Vz*——顶进速度；

*α*——刀盘扭矩系数；

*α*$’$——网格截面参数；

*μ*——机械效率。

# 3 基 本 规 定

**3.0.1**  顶管施工前应查明顶管沿线有关工程地质、水文地质、地上与地下管线、建（构）筑物、障碍物及其它设施等周边环境情况。

**3.0.2**  顶管施工前应熟悉施工图纸，掌握设计意图与要求，并应进行设计交底。

**3.0.3**  顶管施工前应编制施工组织设计。施工组织设计应包括下列内容：

**1**  工程概况；

**2**  岩土工程勘察报告及环境条件；

**3** 工程难特点分析与针对性措施；

**4**  施工现场总平面布置；

**5**  顶管机的选型；

**6** 顶管设备、系统的布置；

**7** 管内布置形式；

**8** 管材、接口连接与管道防水；

**9** 管节的内外防腐；

**10**  顶力估算及后座布置；

**11**  中继间的布置；

**12**  测量及纠偏方法；

**13**  顶管施工参数的选定；

**14**  触变泥浆的配制与管理；

**15**  顶管的通风措施、供电措施、通讯及监视系统；

**16** 始发及接收措施；

**17** 环境监测与影响分析；

**18**  施工进度、机械设备、材料及劳动力安排计划；

**19**  安全、质量及文明施工措施；

**20**  应急预案；

**21** 附图。

**3.0.4** 顶管施工前，应制定对周边建（构）筑物和地下管线的保护措施和监测方案。

**3.0.5** 顶管施工应根据设计要求、工程特点及有关规定，对顶管沿线影响范围内的地表、邻近建（构）筑物及地下管线设置观测点进行监测。监测信息应及时反馈，发现问题应及时处理。

**3.0.6**  顶管工程所用的管材、构配件和主要原材料等产品进场应按照国家有关标准的规定进行验收。

**3.0.7**  顶管设备应验收合格并进行联动调试后方可使用。

**3.0.8**  顶管施工中的测量应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。地下测量系统应在顶管井间从地面通视投测建立，不得使用铅锤放线。

**3.0.9** 顶管施工中应合理配置管道内通风、供电、照明等装置。

# 4 顶管机选型

## 4.1 一 般 规 定

**4.1.1** 顶管机选型应根据不同地层和周边环境要求确定；对地表变形要求高和地层稳定性差的顶管应采用土压平衡式、泥水平衡式、气压平衡式和复合式等具有平衡功能类型的顶管机。一般情况下，也可采用人工挖掘式、机械挖掘式和网格式等敞开类型的顶管机。

**4.1.2** 顶管机选择应根据管道穿越土层的物理力学特性、地下水位、是否存在有毒气体、地下障碍物情况、施工要求和需要保护的建（构）筑物等因索，在保证工程质量、施工安全等的前提下，应按表4.1.2经技术经济比较后确定。

表4.1.2 顶管机选型参考表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 土的分类 | 敞开式顶管机 | 土压平衡顶管机 | 泥水平衡顶管机 | 岩石顶管机 |
| 碎石土 | ★ | ★ |  | ★ |
| 砂土 | ★ | ★ | ★ | ★ |
| 粉土 | ★ | ★ | ★ | ★ |
| 黏性土 | ★ | ★ | ★ |  |

注：★—宜选机型；空格—不宜选用。

**4.1.3**  当顶管开挖面有障碍物的情况，应合理配置刀盘驱动扭矩及刀盘、刀具形式，遇到有地下水影响且有障碍物的情况，宜设置气闸墙和气压管路系统。

**4.1.4**  顶管机的刀盘，应能满足开挖面的土质要求，刀盘驱动扭矩应按式（4.1.4）计算。

T=αDw3 （4.1.4）

式中：T——刀盘驱动扭矩 （kN • m）；

α——刀盘扭矩系数 （kN/m2），泥水平衡式顶管机，刀盘扭矩系数宜大于15kN/m2；土压平衡式顶管机，刀盘扭矩系数宜大于20kN/m2；

Dw——顶管机外径 （m）。

**4.1.5** 刀盘驱动功率应按式（4.1.5）计算。

 （4.1.5）

式中：P——刀盘驱动功率（kW）；

μ——机械效率；

n——刀盘转速（r/min）。

## 4.2 敞开式顶管机

**4.2.1** 对不具备稳定条件的开挖面，应采用仓内加气压或降水等措施。

**4.2.2** 对周边环境保护要求不高，且地下障碍物较多，顶进距离较短等情况，可选择敞开式顶管。

**4.2.3** 敞开式顶管的工具头宜采用网格式结构，网格的具体尺寸应根据管径和地质情况等确定。

**4.2.4** 对直径较大的敞开式顶管，在满足开挖面稳定条件下，宜采用机械挖土的方式。

**4.2.5** 敞开式顶管的管内出土方式应根据管径和顶进距离选择有轨电瓶车或泥水转换器出泥。

## 4.3 土压平衡式顶管机

**4.3.1** 土压平衡顶管机系统应包括切削搅拌系统、壳体系统、动力系统、测量系统、螺旋输送系统、液压系统、电气系统等。

**4.3.2** 土压平衡式顶管机的主要技术参数应符合表4.3.2的规定。

**表4.3.2 土压平衡式顶管机的主要技术参数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 要求 |
| 1 | 刀盘最大转速 | 控制刀盘外径线速度15 m/min ~25m/min |
| 2 | 扭矩系数 | ≥20 |
| 3 | 最大纠偏角度 | 2.0° |
| 4 | 机头灵敏度 | 0.8~1.5 |

注：土压平衡式机头灵敏度公式为*Dw*/L，其中L为土压平衡式顶管机前壳体长度（m），*Dw*为土压平衡式顶管机外径（m）。

**4.3.3** 土压平衡式顶管机适用于内径1600mm~4000mm的顶管施工。

## 4.4 泥水平衡式顶管机

**4.4.1** 泥水平衡式顶管机系统应包括切削搅拌系统、壳体系统、动力系统、测量纠偏系统、电器控制系统、进排泥系统、液压系统等。

**4.4.2** 泥水平衡式顶管机的主要技术参数应符合表4.4.2的规定。

**表4.4.2 泥水平衡式顶管机的主要技术参数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 要求 |
| 1 | 刀盘最大转速 | 控制刀盘外径线速度15 m/min ~25m/min |
| 2 | 扭矩系数 | 15~25 |
| 3 | 纠偏油缸总推力 | 控制刀盘面积1000kN~1200kN |
| 4 | 最大纠偏角度 | 2.0°~2.5° |
| 5 | 机头灵敏度 | 0.7~1.1 |

注：泥水平衡式机头灵敏度公式为*Dw*/L，其中L为泥水平衡式顶管机前壳体长度（m），*Dw*为泥水平衡式顶管机外径（m）。

**4.4.3** 对于复杂地层且在透水地层中顶进的顶管机，宜通过局部加气压等辅助措施排除障碍物。

**4.4.4** 面板式泥水平衡顶管机应根据不同地层确定刀盘开口率和进泥口开口大小，同时确定刀具的布置和选型。

**4.4.5** 对于透水性强的地层，应建立泥水系统在开挖面形成泥膜，保持地层稳定。

**4.4.6** 泥水平衡式顶管机适用于内径800mm~4000mm的顶管施工。

## 4.5 岩石顶管机

**4.5.1** 岩石顶管机的平衡模式、刀盘的形式和刀具布置应根据穿越的岩石特点确定。地质条件较复杂时应设置人闸系统，处理施工过程中出现的异常情况。

**4.5.2** 岩石顶管机应符合下列规定：

**1** 配置复合刀盘；

**2** 具有开仓换刀功能；

**3** 具有泥水平衡模式；

**4** 具有破碎功能；

**5** 必要时配置人闸及高压气输送系统。

**4.5.3** 复合刀盘全截面布设的滚刀的间距应满足以下条件：

$S=2P\_{R}tanα\_{1}+b=2\frac{V\_{Z}}{n}tanα\_{1}+b$ （4.5.3）

式中：*S*——滚刀间距（mm）；

**——切入深度（mm）；

*1*——岩石压裂角，可取18°～30°；

*a*——岩石破裂宽度（mm）；

——滚刀刀刃顶部宽度（mm）

*n*——刀盘转速（r/min）；

*Vz*——顶进速度（mm/min）。

**4.5.4** 滚刀的配置应符合下列规定**：**

1 滚刀刀刃高度应比其他刮刀高15mm~20mm；

2 整个刀盘的滚刀应对称布置，避免偏侧布置；

3 每个滚刀应可从机头土压仓内方便拆装；

4 滚刀刀刃磨损量超过生产厂家对刀刃的规定值时必须更换。

**4.5.5** 复合刀盘切削直径应根据地质条件确定，宜比顶管机外径大40mm~80mm。

**4.5.6** 岩石顶管机配置人闸时，应配置相应的气压接口、阀门、压力检测仪表和观察窗口等设施。

**4.5.7** 气压仓段的配置应与顶管机相匹配，且应符合压力容器的技术要求，气压系统应具备2套高压气管路。

# 5 管材与管道接口

## 5.1 一 般 规 定

**5.1.1** 顶管管材材质应根据设计要求、管道用途、管材特性及工程具体情况确定。

**5.1.2** 管节制作必须经过设计确定管节的几何及物理参数、基本尺寸、接口型式、技术要求等。

**5.1.3** 管节投入生产前应组织生产厂家进行技术交底。制作大型钢筋混凝土管、预应力钢筒混凝土管时，每套模具宜进行不少于3节管节的生产试制，试制管节应检验符合要求后再投入正式生产。

**5.1.4** 管节出厂前应对合格的管节进行标识，标识内容应包括企业名称、产品商标、产品标志以及生产日期。

**5.1.5** 顶管接头用的橡胶密封圈材料性能应符合设计要求。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。

**5.1.6** 顶管接头处的传力面应设置环形木衬垫板。木衬垫板应符合下列规定：

**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** 木衬垫板在满足传力要求的同时，尚应满足强度和变形要求；

**3** 木衬垫板厚度宜为8mm~30mm，应根据管道直径和曲率半径确定；

**4** 钢筋混凝土管、预应力钢筒混凝土管的木衬垫板外径应与管插口橡胶密封圈槽口齐平，内径应比管道内径大20mm；玻璃纤维增强塑料夹砂管的木衬垫板外径应等于接头的最小外径，内径宜比管道内径大2mm。

## 5.2 钢 管

**5.2.1** 顶管钢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。

**5.2.2** 卷制钢管的长度和焊接要求应符合下列规定：

**1** 卷制钢管的长度宜为钢板定尺宽度的倍数，同一横断面内宜采用一条纵向焊缝；

**2** 管节内、外直缝宜采用埋弧自动焊进行焊接；采用埋弧自动焊时，拼缝两端应装引弧板及收弧板，并在焊接后切除，切除时不应损伤焊缝表面。

**5.2.3** 卷制钢管接长和对接时应符合下列规定：

**1** 卷制钢管接长时，轴线应对正，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，且不应大于2mm。

**2** 相邻管段对接时，纵向焊缝位置错开的距离应大于300mm。

**3** 管节制作的拼装应在专用的拼装胎架上进行。

**5.2.4** 下井管段的长度应为卷制管段的倍数。管段长度不宜小于6m，长距离顶管管段长度可适当增长。

**5.2.5** 现场管道对接焊缝宜采用V形坡口或K型坡口，V形坡口角度宜为40°。同顶铁的接触面应为坡口的平端，井内管道接口拼装焊接不宜在井内修边。

**5.2.6** 焊接检验人员应取得相应的焊接资格并应定期进行考核。

**5.2.7** 钢管制作、接口连接的焊接质量应进行检验，钢管焊缝的质量应符合下列规定：

**1** 焊缝不应有裂缝、气孔、夹渣及融合性飞溅等缺陷；

**2** 非压力管不应低于焊缝质量分级的Ⅲ级标准；

**3** 压力管不应低于焊缝质量分级的Ⅱ级标准。

**5.2.8** 待焊缝冷却、无损检验合格后，应进行补口部分的外防腐处理。

## 5.3 钢筋混凝土管

**5.3.1** 钢筋混凝土管制作质量应符合国家现行标准《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836及《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》JC/T 640的规定。管节及接口的尺寸精度和抗渗性能应符合设计要求。

**5.3.2** 钢筋混凝土管的混凝土强度等级不宜低于C50，抗渗等级不宜低于P8。

**5.3.3** 钢筋混凝土管的接口型式应符合下列规定：

 **1** 应优先选用钢承口接口型式；

 **2** 当顶管需穿越砂层、卵石层等透水性强的地层，以及对沉降要求严格的建（构）筑物等情况时，宜采用双道橡胶密封圈的钢承口接口型式；

 **3** 采用双道橡胶密封圈的钢承口接口型式，应在两道橡胶密封圈之间设置试压孔。管道接口承插后，应进行接口水压试验，合格后方可进行顶进作业。

**5.3.4** 进场前应对钢筋混凝土管、钢套环、橡胶密封圈及衬垫材料作检测和验收。

**5.3.5** 钢套环应按设计要求进行防腐处理，防腐材料宜采用环氧煤沥青，防腐层厚度不宜小于0.2mm。钢套环端部应光滑平整。

**5.3.6** 管节端面的木衬垫板宜使用粘结剂粘贴，粘贴时应位置准确，粘贴牢固，表面平整。

**5.3.7** 管节承插前，应使用粘结剂将橡胶密封圈正确固定在槽内，并应涂抹对橡胶无腐蚀作用的润滑剂，承插时外力必须均匀，承插后橡胶密封圈不应移位且不应反转。

**5.3.8** 顶管施工完成后，应先将管节接缝清洗、干燥，再采用弹性密封填料对管节接缝进行嵌缝。

## 5.4 玻璃纤维增强塑料夹砂管

**5.4.1** 玻璃纤维增强塑料夹砂管适用于公称直径400mm~2000mm、压力等级为0.1 MPa ~1.0MPa、刚度为15000N/㎡~100000N/㎡的顶进施工法管材。

**5.4.2** 玻璃纤维增强塑料夹砂管的材料力学性能、结构层厚度、管端最小界面厚度等相关参数，应由设计计算确定。

**5.4.3** 管节制作所采用的树脂、无碱玻璃纤维、石英砂等材料应符合国家现行有关标准的规定。

**5.4.4**  玻璃纤维增强塑料夹砂管宜采用缠绕或离心浇铸工艺制作，采用缠绕工艺制作管节时，管端面纯玻璃钢段长度不小于300mm。

**5.4.5** 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。

**5.4.6** 玻璃纤维增强塑料夹砂管初始环向刚度不应小于15000N/㎡。

**5.4.7** 成品管节的外观质量内表面应光滑、无损伤、缺陷；管道外表面应无夹杂，气泡、龟裂、分层、平直度应小于3mm；管端面应平齐。

**5.4.8** 玻璃纤维增强塑料夹砂管质量和检测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。

**5.4.9** 用于给水的玻璃纤维增强塑料夹砂管的内衬层树脂必须符合现行国家标准《食品容器及包装材料用不饱和聚酯树脂及其玻璃钢制品卫生标准》GB 13115的规定。

**5.4.10** 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。

**5.4.11** 管节接口连接完成后，应对接口密封性进行检查，合格后方可进行顶进作业。

## 5.5 预应力钢筒混凝土管

**5.5.1**  预应力钢筒混凝土顶管是一种带预应力的钢筒混凝土与钢筋混凝土复合而成的柔性接口管材，单接口偏转角度可达0.38°，适应直线或曲线顶进，承受最高内压可达2.0MPa。适用于高埋深、高工压、软土地层顶管施工。

**5.5.2**  预应力钢筒混凝土顶管应包含下列构造：

**1** 预应力钢筒混凝土顶管基本结构应包括带钢筒的管芯层、预应力钢丝层和钢筋混凝土保护层；

**2** 位于管芯层的钢筒两端应分别与承口钢环和插口钢环焊接为一体，组成管节的密封结构；

**3** 插口钢环上应设置有注浆孔、试压孔，插口工作面应设置两道“O”型橡胶密封圈止水；

**4** 位于钢筋混凝土保护层的外壁应设置挡砂环，挡砂环应由钢承口和插口端楔形橡胶密封圈组成密封结构，防止顶进过程中泥砂进入接口受力面。

**5.5.3** 预应力钢筒混凝土顶管构造应满足下列要求：

**1** 钢丝中心距不得小于钢丝直径的2倍，最大间距不得大于38mm；

**2** 外层混凝土厚度不宜小于80mm；

**3** 外层混凝土的环向、纵向钢筋直径不宜小于8mm；

**4** 钢筒用钢板的厚度不得小于1.5mm。

**5.5.4** 预应力钢筒混凝土管的制作质量应按照现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685的有关规定执行。

**5.5.5** 管道承插口钢环及管外壁钢承口的外露部分应采用有效的防腐材料加以保护。

**5.5.6** 成品外观质量应符合下列规定：

**1** 承插口钢环工作面、管外壁钢环外表面应光洁，不应粘有混凝土、水泥浆及其它脏物；

**2** 管节承、插口端部混凝土不应有缺料、掉角、孔洞等瑕疵；

**3** 管道内壁混凝土表面应平整光洁，不应出现直径或深度大于10mm 孔洞、凹坑以及蜂窝麻面等不密实现象；

**4**  管道外壁混凝土表面应平整，无粘皮、麻面、蜂窝、塌落、露筋、空鼓，局部凹坑深度不应大于5mm ；

**5** 合缝处不应漏浆。

**5.5.7** 预应力钢筒混凝土管标识、运输和保管应符合下列规定：

**1** 管节出厂前应对合格的管节进行标志，标志内容应包括企业名称、产品商标、产品标记以及生产日期；

**2** 吊装管节时，应采取措施防止管节碰伤，严禁采用钢丝绳穿心方式吊装；

**3** 管节应按不同管节品种、公称内径、工作压力、覆土深度堆放，不得混放；

**4** 接头用橡胶密封圈应存放在不受潮湿和高温作用的地方，不得直接暴晒；胶圈不得有任何表面龟裂、裂缝或其他破坏的迹象；

**5** 在干燥气候条件下，应加强管节的后期洒水保养工作。

# 6 顶管始发、接收

## 6.1 一 般 规 定

**6.1.1** 始发井的位置应按下列因素确定：

**1** 宜利用管线上的工艺井，宜选择在管道井室位置；

**2** 应考虑排水、出土和运输方便并靠近电源和水源；

**3** 应远离居民区和高压线；尽量避开现有构(建)筑物，减小施工扰动对周围环境的影响；

**4** 当管线坡度较大时，始发井宜设置在管线埋置较深一端；顶管单向顶进时宜设在下游一侧；

**5** 曲线顶管段中，始发井宜设置在直线段的一端，在直线段与曲线段结合的顶管段中，始发井宜设在直线段的一端。

**6.1.2** 始发井的结构必须满足井壁支护以及顶管始发推进后座力作用。始发井和接收井围护结构形式应根据工程地质条件、水文地质条件、邻近建（构）筑物、地上与地下管线情况，结构受力及施工安全等要求合理选型。始发井和接收井可采用钢板桩、沉井、地下连续墙、灌注桩或型钢水泥土搅拌墙等结构形式进行施工。

**6.1.3**  始发井的尺寸确定：

**1** 始发井的最小净长度按顶管机长度确定时，宜按下式计算：

*L≥L*1+*L*3+*L*4+*S*1+*S*2+*S*3 （6.1.3-1）

式中：*L*——始发井最小净长度（m）；

  *L1——*顶管机长度（m）；

*L*3——千斤顶长度（m）；

 *L*4——后座及扩散段厚度（m）；

 *S*1——顶入管段留在导轨上的最小长度（m），可取0.5m；

 *S*2——顶铁厚度（m）；

 *S*3——考虑顶进管段回缩及便于安装管段所留附加间隙（m），可取0.2m。

**2** 始发井的最小净长度按管节长度确定时，宜按下式计算：

*L≥L*2+*L*3+*L*4+*S*1+*S*2+*S*3 （6.1.3-2）

式中：*L*——始发井最小净长度（m）；

  *L*2——采用钢管时可取钢管管节的长度；

采用钢筋混凝土管时，可取2.5倍管段长度；

 *L*3——千斤顶长度（m）；

 *L*4——后座及扩散段厚度（m）；

 *S*1——顶入管段留在导轨上的最小长度（m），可取0.5m；

 *S*2——顶铁厚度（m）；

 *S*3——考虑顶进管段回缩及便于安装管段所留附加间隙（m），可取0.2m。

**3** 始发井的最小净宽度宜按下式计算：

*B≥D*+2*b2* （6.1.3-3）

式中：*B*——始发井的最小净宽度（m）；

 *D*——管道外径（m）；

 *b2*——施工操作空间（m），可取0.8m～1.5m。

**4** 始发井的最小深度可按下式计算：

*H*=*H*1+*D*+*h1* （6.1.3-4）

式中：*H*——始发井最小深度（m）；

*H*1——管顶覆盖层厚度（m）。

*D*——管道外径（m）；

*h1*——管底下的操作空间（m），钢管可取0.7m~0.8m，钢筋混凝土管可取0.4m~0.5m，其他管材可根据实际情况取值。

**5** 始发井的穿墙孔直径可按下式计算：

*D*1=*D*'+0.2m （6.1.3-5）

式中：*D*1——工作井的穿墙孔直径（m）；

*D*'——管节外径（m）。

**6.1.4** 始发井的穿墙孔应设置止水装置。止水装置可采用盘根止水或橡胶止水，也可采用组合形式止水。止水装置的设置应符合下列规定：

**1**  砂土、粉土等土层宜采用盘根止水；

**2**  黏性土土层宜采用橡胶止水；

**3**  在长距离顶管或承压水土层中宜采用多道或组合形式止水；

**4** 顶管结束后，管道与穿墙孔的间隙应及时进行封堵。

**6.1.5**  接收井的最小净长度和净宽度应满足顶管机在井内拆除和吊出的要求。

**6.1.6**  接收井的穿墙孔应考虑止水要求，其直径可按下式计算：

 *D*2＝*D*'+0.4m （6.1.6）

式中：*D*2——接收井的穿墙孔直径（m）；

 *D*'——管节外径（m）。

## 6.2 沉 井

**6.2.1** 沉井适用于在其周边至少一倍下沉总深度范围内无重要相邻建（构）筑物的环境。沉井施工应符合现行国家标准《沉井与气压沉箱施工规范》GB/T 51130的规定。

**6.2.2** 编制沉井工程施工组织设计时，进行分阶段下沉系数的计算，作为确定下沉施工方法和采取技术措施的依据。

**6.2.3** 沉井第一次制作时的荷载应小于下卧层地基土的承载力设计值，以后各节应满足地基极限承载力标准值的要求。沉井的分节制作宜结合结构及浇筑高度综合考虑，沉井接高前应进行稳定性验算。验算按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定执行。

**6.2.4** 沉井下沉根据工程地质、水文地质、周边环境条件等可选用排水下沉法施工或不排水法施工。沉井下沉困难时可采用助沉措施。

**6.2.5** 沉井下沉采用排水法下沉时，应认真分析水文地质资料，宜采用深井降水措施，进行现场抽水试验，制定降水方案。

**6.2.6** 不排水下沉适用于砂层、降水影响附近建筑物的情况以及环境保护等级要求高的区域，施工时井内水位不宜低于井外水位。

**6.2.7** 沉井下沉纠偏应按勤测勤纠的原则进行，当下沉至设计标高并基本稳定，且8h累计下沉量不大于10mm，方可进行封底施工。

## 6.3 灌注桩排桩

**6.3.1**  钻孔灌注桩排桩施工前应通过试成孔确定合适的成孔机械、施工工艺、孔壁稳定等技术参数，试成孔数量不宜少于2个。

**6.3.2** 围护结构的钻孔灌注桩成孔机械应采用能确保垂直度的设备，施工过程中须采取措施确保垂直度偏差不应大于1/150。

**6.3.3** 钻孔灌注桩桩身范围内存在较厚的粉性土、砂土层时，宜采取下列技术措施：

1. 采用膨润土造浆，提高泥浆粘度。
2. 先施工隔水帷幕，后施工围护排桩。
3. 在围护结构位置宜采用低掺量水泥搅拌桩预加固。

**6.3.4** 灌注桩排桩钢筋笼吊筋长度应根据地坪标高和设计桩顶标高计算确定，并固定牢靠。

**6.3.5** 灌注桩排桩外侧应设置隔水帷幕，隔水帷幕型式应根据基坑开挖深度、环境保护要求等因素选用。

**6.3.6** 钻孔灌注桩排桩施工应满足《建筑地基基础施工规范》GB 51004的规定。

## 6.4 钢板桩围护

**6.4.1** 钢板桩围护墙施工应符合国家现行标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120的要求。

**6.4.2** 锁扣咬合排列钢板桩，宜采用屏风法沉桩。

**6.4.3** 钢板桩采用锤击法沉桩时，应采用重锤低击，并设置桩帽。

**6.4.4** 钢板桩围护墙的转角部位应采用可靠的防渗构造措施。

**6.4.5** 要求封闭的锁扣咬合排列钢板桩围护墙，若闭合处如无法咬合，应采取附加封闭措施。

**6.4.6** 钢板桩拔出后，其空隙应及时充填密实。

## 6.5 地下连续墙

**6.5.1** 地下连续墙施工前应通过试成槽确定成槽机械、护壁泥浆配比、施工工艺、槽壁稳定等技术参数。

**6.5.2** 地下连续墙成槽应采用具有自动纠偏功能的成槽设备，成槽深度进入密实粉砂层较深时宜采用抓铣结合的成槽方法。成槽过程中应及时纠偏，垂直度偏差不应大于1/300。

**6.5.3** 地下连续墙位于暗浜区、扰动土区、浅部砂性土中或邻近保护要求较高的建（构）筑物时，地下连续墙两侧槽壁宜采用水泥土搅拌桩等进行槽壁预加固。

**6.5.4** 护壁泥浆应根据材料和地质条件进行试配，泥浆配合比应按现场试验确定。 **6.5.5** 地下连续墙槽段间的连接接头可根据现场环境及保护要求选用圆形锁口管接头等形式。在槽段接头外侧，应根据地质条件及防渗要求采取高压喷射注浆等防渗加强措施。

**6.5.6** 地下连续墙钢筋笼制作场地应平整，平面尺寸应满足制作和拼装要求，钢筋笼吊筋长度应根据导墙标高计算确定，并应在每幅槽段钢筋笼吊放前测量吊点处的导墙标高。

## 6.6 型钢水泥土搅拌墙

**6.6.1** 型钢水泥土搅拌墙施工应根据地质条件、成桩深度、桩径、厚度、型钢规格等技术参数，选用不同功率的设备和配套机具，并应通过试成桩确定施工工艺及各项施工技术参数。

**6.6.2** 型钢水泥土搅拌墙施工范围内应进行清障，施工场地应进行平整，施工道路的地基承载力应满足搅拌桩机、起重机等重型机械安全作业和平稳移位的要求。

**6.6.3** 三轴水泥土搅拌桩施工时，搅拌桩机就位应对中，平面允许偏差不应大于±20mm, 搅拌桩机导向架的垂直度允许偏差不应大于1/250。

**6.6.4** 三轴水泥土搅拌桩搅拌下沉速度宜控制在0.5m/min～1.0m/min，提升速度在黏性土中宜控制在1.0m/min～2.0m/min，在粉土和砂土中不宜大于1.0m/min，并保持均速下沉或提升。提升时不应在孔内产生负压造成周边土体的过大扰动，搅拌次数和搅拌时间应能保证水泥土搅拌桩的成桩质量。

**6.6.5** 三轴水泥土搅拌桩施工宜采用跳打双孔套接复搅连接成墙。对于N值大于30击的硬质土层，可采用预先钻孔松动土层后，再用跳打双孔套接复搅连接成墙。当三轴水泥土搅拌桩施工深度大于30m时，宜采用加接钻杆的施工工艺。桩与桩之间的搭接时间间隔不应大于24h。

**6.6.6** 对环境保护要求高的基坑工程，采用三轴水泥土搅拌桩机成桩时，宜选择螺旋式或螺旋、叶片交互配置的搅拌钻杆，并应通过试成桩及施工过程中的实际监测结果，调整施工参数和施工部署。

**6.6.7** 型钢回收起拔应在水泥土搅拌墙与主体结构外墙之间的空隙回填密实后进行，型钢拔出后留下的空隙应及时注浆填充，并应编制包括浆液配比、注浆工艺、拔除顺序等内容的专项施工方案。周边环境条件复杂、保护要求高的基坑工程，型钢不宜回收。

**6.6.8** 基坑开挖前应检验水泥土搅拌桩的桩身强度，强度指标应符合设计要求。水泥土搅拌桩桩身的强度宜采用浆液试块强度试验确定，也可以采用钻取桩芯强度试验确定。

**6.6.9** 型钢水泥土搅拌墙施工应符合现行行业标准《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199的规定。

## 6.7 逆作法

**6.7.1** 逆作法围护结构主要有“两墙合一”地下连续墙、灌注桩排桩、型钢水泥土搅拌墙和咬合桩等形式。

**6.7.2** 逆作法施工中应对支护结构与主体结构各部位的节点连接构造、受力及变形协调、止水等方面采取针对性的技术措施，并应满足设计及有关规范的要求。

**6.7.3** 逆作法施工过程中应采取有效的地下水控制措施，并应对基坑内外的地下水位、降水井群抽水量进行动态监测，实行降水运营信息化管理。

**6.7.4** 基坑开挖施工方案应根据工程的水文地质条件、环境保护要求、场地条件、基坑的平面尺寸、开挖深度、施工方法等因素综合制定，临水基坑尚应考虑水位与潮位等因素。

**6.7.5** 基坑开挖前应对基坑逆作的每一层土方开挖条件进行验收。逆作法基坑开挖应按照“时空效应”原理，遵循“分层、分块、平衡对称、限时支撑”的原则，并应符合基坑设计开挖工况。

**6.7.6** 根据邻近环境条件明确基坑周边各段的环境保护等级及基坑变形控制指标，制定施工监测方案及控制基坑施工对环境影响的应急预案。

**6.7.7** 在逆作法基坑工程施工的全过程中，应对基坑支护体系及周边环境进行有效的监测，并为信息化施工提供参数。

## 6.8 土体加固

**6.8.1**  顶管始发井及接收井的洞口土体应进行加固，土体加固宜采用水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、冰冻法及降水等一种或几种复合形式。

**6.8.2**  顶管洞口加固需在始发井、接收井的底板达到设计强度后进行。加固完成后应按相关规定对加固体的强度、均匀性和防渗漏性能进行检测。

**6.8.3** 顶管工作井的后靠土体宜进行地基加固，加固形式宜采用水泥土搅拌桩、旋喷桩等。

**6.8.4** 顶管出洞口加固如采用冻结加固方案时，应由具备相应资质的专业设计单位进行专项设计。设计应包括结构设计、冻结工艺设计、解冻方式和冻胀融沉控制等内容。

**6.8.5** 冷冻站的供冷量、冻结壁的温度控制、冻结管的拆除及封堵应符合冻洁工艺要求。采用冻结加固方案宜进一步考虑采用融沉注浆等控制其工后的融沉效应，融沉注浆等应配合变形监测进行。

**6.8.6** 顶管始发如采用降水措施时应设置水位观测井，并应使水位降至管底以下0.5m。

**6.8.7** 始发、接收前应在洞门上打设探测孔，确认洞口地基加固止水措施的有效性。

**6.8.8**  在含承压水的砂性土层中，顶管始发和接收宜采用降压措施。当周边环境保护要求高时，顶管机接收可采用水下进洞和钢套筒辅助进洞方式。

# 7 顶 管 施 工

## 7.1 顶力估算和允许顶力

**7.1.1** 顶管顶进所需的总顶力可按式7.1.1-1估算。

*F*＝*F*1+*F*2 （7.1.1-1）

*F1＝πDL'f* （7.1.1-2）

式中：*F*——总顶力（kN）；

*F*1 ——管道外壁与土层的摩阻力（kN）；

*F*2——顶管机的迎面阻力（kN），可按本规范表7.1.3选用；

*D*——管道外径（m）；

*L*'——管道顶进长度（m）；

*f*——管道外壁与土的平均摩阻力(kPa)。

**7.1.2** 管道外壁与土的平均摩阻力可参照表7.1.2选用。

表**7.1.2** 触变泥浆减阻管壁与土的平均摩阻力（kPa）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土的种类 | 粘性土 | 粉土 | 砂土 |
| 触变泥浆 | 混凝土管 | 3.0~5.0 | 5.0~8.0 | 8.0~16.0 |
| 钢管 | 2.0~4.0 | 4.0~7.0 | 7.0~13.0 |

注：玻璃纤维增强塑料夹砂管可参照钢管乘以0.8系数。

**7.1.3** 不同端口顶管机的迎面阻力计算可按表7.1.3选用。

表7.1.3 顶管机迎面阻力的计算公式

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 顶管机机型 | 迎面阻力（N） | 式中符号 |
| 敞开式 | *F*2＝*D*w2（*α’R*＋*R*2） | *D*w——顶管机外径（m）；*α’*——网格截面参数，可取0.6~1.0R——挤压阻力，可取100 kN/m2~500 kN/m2*R*1——顶管机下部1/3处的被动土压力（kN/m2）*R*2——气压（kN/m2） |
| 土压平衡式泥水平衡式岩石 | *F*2＝*D*'2 *R*1 |

**7.1.4** 钢筋混凝土管及预应力钢筒混凝土管的允许顶力宜按下式计算。

 *Fdc*=*kdcfcAp* （7.1.4）

式中：*Fdc*——混凝土管允许顶力（N）；

*kdc*——混凝土管综合系数，取*k*dc=0.372；

*fc*——混凝土抗压强度设计值（N/mm2）；

*Ap*——管道的最小有效传力面积（mm2）。

**7.1.5** 钢管允许顶力宜按下式计算。

 *Fds=kdsfsAp* （7.1.5）

式中：*Fds*——钢管允许顶力（N）；

*kds*——钢管综合系数，一般可取*kds*=0.277；当顶进长度小于300m且

穿越土层均匀时，可取0.346；

*fs*——钢管轴向抗压强度设计值（N/mm2）；

*Ap*——管道的最小有效传力面积（mm2）。

**7.1.6** 玻璃纤维增强塑料夹砂管允许顶力宜按下式计算。

 *Fdb=kdbfbAp* （7.1.6）

式中：*Fdb*——玻璃纤维增强塑料夹砂管允许顶力（N）；

*kdb*——玻璃纤维增强塑料夹砂管综合系数，取*kdb*=0.277；

*fb*——玻璃纤维增强塑料夹砂管轴向抗压强度设计值（N/mm2）；

*Ap*——管道的最小有效传力面积（mm2）。

**7.1.7** 顶管工作井结构或井背土体的允许顶力应根据计算确定，不满足时应采取土体加固等措施。

**7.1.8** 顶管的允许顶力应为管材允许顶力、工作井允许顶力和井背土体允许顶力中的最小值。

**7.1.9** 当估算总顶力大于顶管的允许顶力设计值时，应设置中继间。

## 7.2 中 继 间

**7.2.1** 中继间的设置应根据估算总顶力、管材允许顶力、工作井允许顶力、中继间千斤顶总顶力和主顶千斤顶的顶力确定。

**7.2.2** 中继间布置宜按式（7.2.2）计算确定。

*S*'＝*k1*（*F*3-*F*2）/（π*Df*） （7.2.2）

式中：*S*'——中继间的间隔距离（m）；

*F*2——顶管机的迎面阻力（kN），可按本规范表7.1.3选用；

*F*3——控制顶力（kN）；

*f*——管道外壁与土的平均摩阻力（kPa），宜取2kPa~7kPa；

*D*——管道外径（m）；

*k1*——顶力系数，宜取0.5~0.6。

**7.2.3** 第一道中继间应根据顶管机迎面阻力及估算摩阻力确定，宜布置在顶管机后方20m~50m的位置。

**7.2.4** 中继间的设置原则应符合下列要求：

 **1**  顶进过程中启动前一个中继间顶进后，主顶千斤顶推动的管段总顶力达到中继间总推力的60%~80%左右安置下一个中继间。

  **2**  顶进过程中，主顶千斤顶的总顶力达到主顶千斤顶额定推力80%时，应启动中继间接力顶进。

**7.2.5** 中继间的构造应符合下列规定：

**1** 允许转角宜为0.4°~1.2°。

**2** 外径应和管道外径相同。

**3** 千斤顶应予以固定，防止旋转。

**4** 宜采用组合式密封形式，对于超深、长距离或砂性土层中的顶管工程应采用组合式密封形式。

**5** 止水橡胶密封圈应耐磨，保养时应易于更换。

**6** 密封装置应具有良好的密封性能、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节之间，可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** 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定理计算确定，并应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。

**8** 壳体在伸缩时，滑动部分应具有止水性能和耐磨性，且活动时无阻滞。

**9** 千斤顶的行程应能符合纠偏的要求，且不宜超过300mm。

**10** 对于曲线顶管，中继间千斤顶应能够单独关闭及开启油路，使得中继间具有调整合力中心位置的能力。

**11** 拆除经处理后的管道结构强度不应低于管道的结构强度。

**7.2.6** 中继间安装运行应符合下列要求：

**1** 安装前应对各部件进行检查、调试，确认正常后方可安装，并通过试运转合格后方可使用。

**2**  中继间的结构形状应符合相应管道接头的要求，中继间应带有木质的传压环和钢制的均压环，端面的尺寸必须同作用于其上的顶进力相适应。

**3** 顶进过程中暂不启用的中继间宜固定。

**4** 中继间应设置安全行程开关。

**5** 曲线顶管在曲线内启用中继间时，应预先向曲线内弧侧调整合力中心，并应在使用过程中调整。

**6** 顶进结束后应从顶管机向工作井方向逐环拆除中继间，拆除部位并应按设计要求进行处理，处理后的管道结构和防腐性能应符合设计要求。

**7** 超长距离顶管的多个中继间应采用计算机联动控制。

**7.2.7** 中继间拆除应符合下列要求：

**1** 千斤顶压缩到最小行程。

**2** 拆除千斤顶和临时部件。

**3** 中继间外壳不拆除的，应在安装前进行防腐处理。

**4** 钢管顶管中继间拆除后，有抗浮要求时应在薄弱断面处加焊内环。

## 7.3 顶 力 控 制

**7.3.1** 顶管机初始土压力控制值应根据洞口外侧土体的加固强度和加固体积设定，并应结合试顶时的监测数据确定。

**7.3.2** 顶管机土压力控制值应根据选用的顶管机型确定，土压平衡式顶管机宜设定在静止水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0.02Mpa。

**7.3.3** 顶管机施工中，做好触变泥浆注入和及时补浆，降低顶力。

**7.3.4** 顶管顶进应采取下列措施控制地面沉降：

 **1** 顶进过程中应检查排泥流量、进泥流量及掘进排土量，并应结合监测数据分析迎土面压力的变化情况，保持迎土面的稳定。

 **2**  顶进过程中应控制顶进速率、泥浆性能等施工参数，实行信息化施工，并根据监测数据及时调整。

 **3**  在管节拼装或维修期间应对顶管机压力舱进行补浆加压。

## 7.4 顶进设备安装

**7.4.1** 顶管后座安装应符合下列规定：

**1** 施工前应验证顶管后座在主顶油缸受力作用下的强度和刚度；

**2** 对后座是预留孔、预留孔与顶进轴线形成夹角、主顶油缸后方是空腔的工况，宜对孔内充填混凝土或砂；

**3** 后座应与顶进轴线垂直，当后靠钢板与反力墙没有联系为一体时，在后靠钢板与反力墙之间应设置木垫。

**7.4.2** 导轨安装应符合下列规定：

**1** 基坑导轨安装应与设计轴线一致；

**2** 基坑导轨上的管节中心应与穿墙孔中心一致，误差小于3mm；

**3** 基坑导轨与管节接触点的连线与混凝土管的内径圆相切。

**4** 导轨安装的允许偏差应符合表 7.4.2 的规定。

表7.4.2 导轨安装的允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 轴线平面位置 | ±3mm |
| 2 | 标 高 | +3mm0 |
| 3 | 轨道内距 | ±2mm |

**7.4.3**  主顶油缸支架的安装应符合下列要求：

**1** 主顶油缸的受力点宜布置在管壁圆上；

**2** 主顶油缸支架应符合强度和安装牢固要求。

**7.4.4** 主顶油缸的安装及调试应符合下列要求：

**1** 主顶油缸应在工厂完成拆检保养，试压和验收工作，并履行相关手续；

**2** 主顶油缸，高压油管和主顶泵站之间的连接应避免杂质进入管路，各油口应设置防尘盖；

**3** 主顶油缸应能单独，分组和整组伸缩动作；

**4** 主顶油缸的受力点宜布置在管壁圆上；

**5** 主顶油缸的配置总顶力应适当增加，液压系统工作压力宜小于25MPa。

**7.4.5** 主顶液压泵站的安装及调试应符合下列要求：

**1** 主顶液压系统的设计流量、压力，油箱容积应与油缸匹配，并符合相关规范要求；

**2** 主顶液压泵站的操作台宜与顶管机操作台放在一起，且尽量减小与油缸之间的距离；

**3** 主顶液压泵站应在工厂保养，验收，并履行相关手续；

**4**  高压油管的承压能力不小于液压泵站最高压力的1.5倍，安装时应顺直，不宜使用过长的油管。

**7.4.6** 顶铁的安装、施工等应符合下列规定：

**1**  顶管宜采用双冲程等推力油缸，尽量不用和少用U形顶铁；

**2** 钢管顶进的U形顶铁宜将主顶油缸受力点设置在管壁圆的位置；

**3** 整环顶铁、U形顶铁的设计应满足强度，刚度要求。

**7.4.7** 洞口止水装置应符合下列规定：

**1** 穿墙止水环安装前，应对洞口内、外轴线中心及内径尺寸进行复核。

**2**  穿墙止水环与井壁之问的缝隙应用水泥砂浆封堵严密。锚固螺栓的直径不宜小于M16，数量应按下式计算确定：

$n’=k\_{2}\frac{π（D\_{1}^{2}-D^{2}）P\_{w}}{4N\_{0}}$ （7.4.7）

式中：$n’$——锚固螺栓的数量；

 $D\_{1}$——穿墙孔直径（m）；

 $D$——管道的外径（m）；

 $P\_{w}$——地下水压力（kPa）；

 $N\_{0}$——单根锚固螺栓的承载力（kN）；

 $k\_{2}$——安全系数，一般取2。

**3** 穿墙止水环中心与管道中心线的偏差不应大于5mm。

**4** 橡胶止水环的厚度与层数应根据管道埋深、地质条件综合确定，深度超过10m，地层为透水层时，应设置井壁预埋钢环，宜采用双层止水橡胶板。

**5**  安装时应自下往上进行，使用可调压板，调整压板与顶管机的刀盘以及管道外径的距离不应大于20mm。

**6**  穿墙止水环下部宜安装1~2个注浆口，顶进施工完成后压注水泥浆水玻璃双液浆。

1）穿墙止水装置中心偏离顶管机中心不应大于10mm。

2）止水帘板压板与顶管机间隙为10mm~20mm。

3）穿墙孔四周与顶管机筒体之间的间隙应大于50mm，且洞口应清理干净。

**7** 对含承压水透水地层，宜采用复合洞口止水装置，并有应急堵漏措施。

## 7.5 测量

**7.5.1** 顶管测量应包括首级控制网复测、地面加密控制网测量、联系测量、地下导向测量和竣工测量。

**7.5.2** 首级控制网复测和地面加密控制网测量应按原控制网布设时的同等精度要求执行，并应符合现行《工程测量规范》GB 50026的相关技术要求。

**7.5.3** 联系测量应包括地面近井导线测量、地面近井水准测量、竖井定向测量和高程传递测量。

**7.5.4** 地面近井导线测量和近井水准测量应按现行《工程测量规范》GB 50026中四等导线测量和二等水准测量的技术要求分别进行施测。

**7.5.5** 竖井定向测量方法应根据竖井的大小、深度和结构合理确定，可采用导线直接传递法、联系三角形法、投点定向法等。

**7.5.6** 每次的竖井定向测量宜独立进行两次，地下定向边方位角较差应小于12″，符合要求后取平均值作为定向测量成果。

**7.5.7** 高程传递测量可采用悬挂钢尺法、全站仪三角高程测量法等，传递到井下的水准点应不少于2个。

**7.5.8** 管道贯通前的联系测量工作不应少于3次，宜在顶管顶进到100m、300m以及进洞前100m时各进行一次。管道长度大于1000m时，应增加联系测量次数。

**7.5.9** 采用人工测量方法进行顶管导向测量时，应符合下列规定：

**1** 顶管头部的测量标志点应设置在顶管机几何中心，标志点处安置强制对中棱镜。

**2** 顶管导向测量应采用极坐标法测出标志点的三维坐标，并与设计轴线比较得出横向偏差和竖向偏差。横向偏差应小于100mm，竖向偏差应小于70mm。

**3** 顶管导向测量宜按每顶进一段管节测量一次的频率进行。

**4** 竖井内测量仪器无法一站看到顶管机头部测量标志时，应在管道内设置测量中继站。加设的测量中继站数量不应超过2站。

**5** 顶管每顶进300米时，应选用全站仪和水准仪对导向测量成果进行测量复核，复核时顶管机应停止顶进。

**7.5.10** 长距离顶管和曲线顶管导向测量宜采用自动导向系统，并应符合下列规定：

**1** 自动导向系统应由软件系统和硬件系统组成，软件系统应具备控制及测量数据处理功能，硬件系统应包括编程电脑、测量仪器、自动整平基座、数据传输设备等。

**2** 顶管顶进前，应将地下控制点三维坐标和顶管线路设计参数等数据输入自动导向系统。数据输入前后，均应对数据进行检查复核。

**3** 管道内的测量中继站数量和位置应根据顶管线路及施工进度进行合理布置，顶进前应进行软件预模拟，并做好中继站动态调整计划。

**4** 测量中继站数量或位置调整时，顶管机应停止顶进。中继站调整前、后，测定的顶管机头里程和偏差等数据的较差均应小于10mm。

**5** 顶进过程中，应在顶管每顶进300米时，选用全站仪和水准仪对自动导向系统测量成果进行人工测量复核。

**7.5.11** 管道贯通后应按设计要求进行竣工测量，并提交竣工测量成果表、竣工图和竣工测量报告。

## 7.6 触 变 泥 浆

**7.6.1** 触变泥浆压注管路布置应符合下列规定：

**1** 顶进距离不超过500m时，宜采用一根总管、一套管路系统。

**2** 长距离顶管宜采用两根总管、两套管路系统和两种不同配方的浆液。

**3** 长距离顶管应在总管沿线设置中间接力泵站。

**7.6.2** 触变泥浆配合比应根据试验确定，触变泥浆性能指标可按表7.6.2选用。泥浆应充分搅拌水化，泥浆搅拌24h后再行使用。

表**7.6.2** 触变泥浆性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 黏度 | 滤失量 | 比重 |
| >30s | <25ml/30min | 1.02~1.30 |

**7.6.3** 注浆泵宜选择柱塞泵。泵的压力和流量应能满足顶管管径、埋深与顶进长度的要求。总管宜采用直径50mm的钢管，支管宜采用直径25mm的耐压橡胶管。每个注浆孔处应设球阀，并应在管路上设置压力表。

**7.6.4** 顶管机尾部后方管节应设置不少于4个连续同步注浆断面，同步注浆量应根据实际情况确定。注浆压力控制宜符合下式要求：

*FZ* =*k3*γ*h2* （7.6.4）

式中：*FZ*——注浆压力（kPa）；

 *k3*——经验系数，取0.8~1.2；

 γ——土的重度（kN/m3）；

 *h2*——注浆断面中心埋深（m）；

**7.6.5** 在工作井的出洞口井壁宜预埋注浆管。

**7.6.6** 注浆量应根据不同地层，顶距和管径进行选取。粘性土中的注浆量宜取建筑空隙的4-6倍，粉土和砂性土中的注浆量宜根据顶力变化情况适当增加。

## 7.7 管道顶进和纠偏

**7.7.1** 顶管机始发时应设置延伸导轨，其标高和轴线应与工作井内导轨一致。

**7.7.2** 顶管始发前应验算顶管机和管道的后退受力状态。起始顶进的阶段不宜实施注浆减阻措施，并应在起始顶进段设置可靠的止退装置。

**7.7.3** 当采用其他工法难以实现管道敷设，采用人工掘进顶管时，应按下列规定执行：

**1** 一般情况下，敞开式顶管宜选择网格式工具管，同时宜附挡板装置。

**2** 应根据周边环境和工程地质条件，选择局部气压和地面降水的开挖面稳定挡板。

**3** 敞开式工具头的纠偏铰接密封性能应可靠，工具头尾部与首节管节的密封也应可靠。

**4** 敞开式工具头的长径比应根据管径和地层合理选定。

**5** 敞开式工具头纠偏可通过纠偏油缸和偏心挖土实现。

**7.7.4** 采用土压平衡式顶管时，应按下列规定执行：

**1** 土压平衡顶管机宜采用开挖面水土压力自动平衡系统。

**2** 土压平衡顶管应采用信息化施工手段优化推进参数。

**3** 对粉砂地层，开挖面应采用土体改良措施。

**4** 在硬黏土地层中顶进时，应适量注入分散剂，降低土体的粘稠度。

**5**  注入口（注浆注水口/泥粉注入口）宜设置在刀盘中心前面及刀盘辐条上，提高搅拌混合效率；注入口应安装防护头和单向阀。

**6** 每段管节顶进完成后，在停止顶进后应继续转动刀盘将泥土仓内的土体搅拌均匀。

**7.7.5** 采用泥水平衡式顶管时，应按下列规定执行：

**1** 泥水平衡顶进应控制泥水仓压力、主顶油缸的顶速、输送泥浆的性能、排土量的变化。

**2**  顶进时应经常检查循环泥浆粘度，应控制为22s～35s。

**3** 顶进前应检查泥水压力，泥水压力应控制在高出地下水压力20kPa～40kPa。先内循环，微调泥水压力待稳定正常后，再外循环正常顶进。

**4** 每段管节正常顶进完成后，在停机前宜进行泥水内循环 2min~3min。

**5** 拆卸泥浆管时应关闭井内泥水循环管截止阀。

**7.7.6** 管道顶进时应符合下列规定:

**1** 出洞口内应设置延伸导轨，以防止机头磕头。

**2**  顶管机在始发洞口外侧土体加固区的初始顶进速度宜小于10mm/min。顶管进入原状土层顶进速度宜适当增加。

**3** 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。

**4** 顶管机土压力控制值应根据选用的顶管机型确定，土压平衡式顶管机宜设定在静止水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0.02MPa。

**7.7.7** 管道顶进中的顶管机防磕头可采取如下措施：

**1** 调整后座主顶千斤顶的合力中心，用后座千斤顶进行纠偏。

**2** 土体承载力低于100kPa时，对于钢筋混凝土管、预应力钢筋凝土管、玻璃纤维增强塑料夹砂管顶管，应将顶管机后的3节~5节管节用拉杆连成一体。

**3** 顶管始发时，洞口外侧土体应进行加固，土体承载力低于60kPa或处于含承压水的砂性土层中时加固长度宜大于顶管机长度。

**4** 洞口的止水装置密封应可靠，止水装置失效时应及时封堵处置。

**7.7.8** 顶进纠偏应符合下列要求：

**1** 每顶进一节管节应测量一次顶管机的姿态偏差，超过允许值时应增加测量频率并及时纠偏，根据纠偏效果调整纠偏角度。

**2** 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°；

**3** 应在现场用图表化管控姿态，确定分级报警和处理机制。

**7.7.9**  工作井内拼装管节时，主顶千斤顶在缩回前应对已顶进的管节进行临时限位固定。

**7.7.10**  经较长时间停顿的管道，在启动前应加大补浆量、连续补浆及增加补浆点，直至顶管启动。

**7.7.11**  曲线顶进应符合下列规定：

**1** 考虑轴向顶力、轴线调整的需要，缩短第一个中继间与顶管机以及后续中继间之间的间距。

**2** 顶进初始时，应保持一定长度的直线段，然后逐渐过渡到曲线段。

**3** 曲线段前几节管接口处可预埋钢板、预设拉杆，以备控制和保持接口张开量；对于软土层或曲率半径较小的顶管，可在顶管机后续管节的每个接口设置纠偏短油缸或者采用多组纠偏装置及顶管机。

**7.7.12** 控制和减少沉降可采用如下施工措施：

**1**  通过信息化施工手段优化顶进参数。

**2**  根据复杂地层特点，采用合适的土体改良措施，稳定正面土体。

**3** 减小建筑空隙的大小，严格控制顶进姿态。

**4**  强化对顶管注浆工艺的管理，包括注浆材料、配方和注浆操作工艺要求等。

**5** 杜绝洞口、中继间、管节接口等渗漏现象。

**6** 顶进结束对管外壁及时进行泥浆固化处理，防止管道后期沉降。

**7.7.13** 顶管进洞时应符合下列要求：

**1**  顶管进洞时应加强测量的频率和精度，减小轴线偏差。

**2** 顶管进洞时宜减慢顶进速度，加大出土量，逐渐减小正面土压力。

**3**  顶管进洞前应先打探孔，确保不存在漏水漏砂的情况。

**7.7.14** 顶管顶进完成后应对管道与井壁预留孔之间的空隙按设计要求进行封堵。

**7.7.15** 管道接口嵌缝应符合下列要求：

**1** 嵌缝所用的密封胶材料应符合现行国家标准《建筑密封胶分级和要求》GB/T 22083的规定及设计要求。

**2** 施工时管壁和接口处应无渗漏、无灰尘、无油污、无水分，保持管道内干燥，管道内杂物应清除干净。

**3** 对于曲线段顶管接口，在密封胶嵌缝前，张角处的空隙应采用泡沫填充剂注入充实。

**4** 密封胶施工完成后表面应平整，宽度应均匀。

**7.7.16**  压浆孔封堵应符合下列规定：

**1**  顶管顶进完成后，应对管节上的压浆孔进行封墙。

**2** 压浆孔封堵应采用弹性密封材料，密封胶与固化剂配比数量应经现场封闭试验确定。

**3** 胶粘剂宜按现场试验确定的重量比均匀混合，且配置后应立即使用。

**4** 压浆孔应封堵严密，不得出现渗漏。

**7.7.17** 预应力钢筒混凝土管顶进施工时应符合下列规定:

**1** 管节的使用应符合现行国家标准《给水排水工程施工及验收规范》GB 50268的规定，其中相邻管节之间接头控制允许转角不应大于0.38°。

**2** 顶管施工期间不得直接在管节内壁上钻孔或造成其他形式的破坏。

**3** 预应力钢筒混凝土顶管接头在顶进完成后应根据输送水质及环境条件，采用密封胶和微膨胀水泥砂浆嵌填严实，密封胶宜选用抗微生物侵蚀的双组份聚硫密封胶，聚硫密封膏应满足现行行业标准《给水排水工程混凝土构筑物变形缝设计规程》CECS 117的规定。

**4** 接头用橡胶密封圈规格和尺寸，宜通过承插安装和试验密封性试验确定，其材质应符合国家现行有关标准的规定，并应由管材生产厂家配套供应。

**5** 接头用橡胶密封圈在贮存、施工过程中不得暴晒。

## 7.8 排 泥

**7.8.1** 敞开式顶管宜采用有轨电瓶出土车和泥水转换器出泥。

**7.8.2** 土压平衡式顶管机宜采用泥水转换器。

**7.8.3**  泥水平衡的泥水管道出土应根据不同的管径、埋深、顶距及地层条件，设计送排泥泵的具体位置及排泥管径。

7**.8.4** 采用泥水排放出泥时，宜设置泥浆沉淀池，也可采用泥水处理器分离混合泥浆中的渣土。

## 7.9 通 风

**7.9.1** 应根据顶进长度、施工方法采用鼓风或压缩空气方式进行管内通风，压缩空气通风时应设油烟过滤装置，下列情况应进行通风作业：

**1** 施工人员进入管道前30min 以及在管道内作业时；

**2** 水汽、烟雾对测量激光束有影响时。

**7.9.2** 管道内的通风系统应进行计算确定，并应设置通风装置及有毒有害气体检测报警装置，顶管施工全过程应采取通风措施。

**7.9.3** 采用手掘式顶管施工时必须保持管道内有效的通风条件，每人应供应新鲜空气3m3/min。全断面开挖时风速不应小于0.15m/s，导洞内不应小于0.25m/s，但均不应大于6 m/s。

**7.9.4** 管道内供气量不应小于每人25m3/h~30m3/h，使用敞开式顶管机时通风量应酌情增大，地层中存在有害气体时必须采用封闭式顶管机，并应增大通风量。

**7.9.5** 送风式的进风口应设在顶管机洞外，送风口宜设在距顶管机10m~15m处。

**7.9.6** 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。

**7.9.7** 顶进地层中存在有害气体时必须采用封闭式顶管机并应增大通风量。

**7.9.8** 对小直径顶管、超长距离顶管宜采用压缩空气送风。

**7.9.9** 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。

## 7.10 供 电

**7.10.1**  顶管施工现场临时用电输出端宜分成3路，分别为地面供电系统、井下顶进系统及顶管机系统用电。

**7.10.2** 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国家现行标准《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以及相关高压用电规范的规定。

**7.10.3**  超长距离顶管施工宜采用高压供电。高压供电应在井下设置带零序继电保护的高压操作电柜，管内变压器高低压侧应配备单独的操作开关。

**7.10.4** 超长距离顶管供电设置应符合下列规定：

**1** 超长距离顶管应配置足够容量的动力电源；

**2** 供电设置应采用高压进线或调压措施；

**3** 高压电缆及变压器投入使用前应进行检测；

**4** 超长距离顶管供电宜采用150mm2软电缆，每隔200m应设1只总控制电箱。

**7.10.5** 管内电缆线路应采用架空敷设，严禁沿管道内底面明设，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，并且应做醒目安全标识。

**7.10.6**  井内与管内照明应符合下列规定：

**1** 井内与管内照明应使用特低电压照明变压器，电源电压不应大于36V；

**2** 潮湿和易碰触带电体的照明，电源电压不应大于24V；

**3** 特别潮湿环境或钢顶管内的照明，电源电压不应大于12V；

**4** 照明变压器应使用双绕组型安全隔离变压器，严禁使用自耦变压器。

**7.10.7**  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。

**7.10.8**  管内供电系统应配备防触电、漏电保护装置。

**7.10.9** 配电系统应设置总配电箱、分配电箱和开关箱，每台用电设备应设置独立开关箱。

**7.10.10** 井外地面箱式变压器、井下高压操作电柜、管内降压变压器均应设置可靠的安全接地，同时接地电阻系数应能满足使用要求。

## 7.11 信息化施工

**7.11.1** 对于顶管穿越重要建（构）筑物和管线时，宜通过试验段收集的土体变形数据和施工参数，采用信息化手段指导施工。

**7.11.2** 顶管施工前应对周边建（构）筑物、管线进行探摸，制定合理的监测方案，对需重点保护的建（构）筑物、管线应加密监测频率，确定报警值及处理机制。

**7.11.3** 顶管信息控制系统宜具有报警功能，对施工实时数据及操作步骤进行监控。

**7.11.4** 顶管施工宜设置视频监控系统对重点施工部位进行监控。

**7.11.5** 顶管工作井区域宜设置门禁系统，对进入工地人员进行识别和统计。

# 8 特 种 顶 管

## 8.1 曲线顶管

**8.1.1** 曲线顶管应根据地质条件设定刀盘的直径、顶管机的铰接前后的长度或管节的长度，以及垫板的厚度，最小曲率半径应满足顶管机转弯的要求。

**8.1.2** 顶进始发段应有不少于20m的直线段，然后逐渐过渡到曲线段，且曲线段宜靠近接收井。

**8.1.3** 曲线顶管曲率半径宜按以下式计算：

$R^{’}=L\_{5}/tanα\_{2}=L\_{5}D/x$ （8.1.3）

式中：*R’*——曲率半径(m)；

 *L5*——管节或顶管机铰接前后的长度，取最大值(m)；

 2——相邻两管节之间的转角；曲线段相邻两管节之间的转角宜少于0.3°，否则宜采用长度较短的管节；

 *x*——相邻两管节之间的最大缝隙(m)；

 *D*——管道外径(m)，最小管径不宜小于DN1650。

**8.1.4** 曲线段的顶力估算，宜按曲线弧长折算成直线计算顶力，相应增加顶力的附力值K，K值取值范围宜按下表选取：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 曲率半径*R’* | 300*D* | 250*D* | 200*D* | 150*D* | 100*D* |
| *K*值 | 1.10 | 1.15 | 1.20 | 1.25 | 1.30 |

注：*D*为管道外径(m)

**8.1.5** 曲率半径较小时，宜采用多节纠偏装置的顶管机，且在顶管机后增设2~3节纠偏段。

**8.1.6** 曲线顶管施工所需的管节承插口止水宜采用双橡胶密封止水，厚度根据曲线段的曲率半径确定，应不少于20mm。

**8.1.7** 曲线段的每环触变泥浆管的每个注浆点应独立安装球阀，顶进时应重点对曲线段外侧注浆，内侧间断补浆。

**8.1.8** 软弱地层的曲线顶管，应防止管道向曲线外侧偏移，必要时对软土进行加固处理。

**8.1.9** 硬土地层和岩层的曲线顶管，应保证开挖直径，必要时应进行换刀确保开挖直径。

**8.1.10** 曲线顶管施工测量应符合下列规定：

**1** 施工测量宜采用支导线测量的方式，逐站测量至机头的测量点，复算得出机头的当前位置；

**2** 每顶进一节管应不小于1次测量定位；

**3** 顶进施工阶段每天应对井底导线基点进行复测；

**4** 导向宜采用自动跟踪测量系统进行测量，需加密人工复测。

## 8.2 超长距离顶管

**8.2.1** 超长距离顶管应对后靠背土体强度、变形进行复核验算，并确定加固范围及形式。

**8.2.2** 超长距离顶管洞口止水措施应加强。

**8.2.3** 超长距离顶管所使用顶管机应满足相应的使用寿命。

**8.2.4** 超长距离顶管中继间应符合下列规定要求：

**1** 中继间的有效行程不应小于300mm；

**2** 中继间液压站油箱容量宜为3倍千斤顶满腔容量；

**3**  中继间启用宜采用组合联动系统。

**8.2.5** 超长距离顶管的顶进测量应采用自动测量导向系统。

**8.2.6** 超长距离顶管的顶进纠偏宜符合下列规定：

**1** 纠偏作业应以小角度逐步增加纠偏量进行；

**2** 偏离速率缩小及偏离幅度缩小时应视情况逐步减小纠偏量，纠偏作业期间应增加测量频率。

**8.2.7** 长距离顶管线路长，为使全程注浆压力不致相差过大，可每隔400m增设压浆泵以增大压力；长距离顶管的布浆与补浆应分别设独立的注浆系统，布浆宜使用低压力、大流量的注浆泵，补浆可使用高压力、小流量的注浆泵。

**8.2.8** 长距离顶管的送浆管压力和流量不足时应增设泥浆箱及注浆泵。

**8.2.9** 超长距离顶管应定期对顶管机设备、管内供电系统、通风系统及防火系统进行检查。

**8.2.10**  超长距离顶管应配备可视化远程控制系统，监控管内主要设备运行状态，重要数据应予以实时记录。

## 8.3 大直径顶管

**8.2.1**  顶管减阻触变泥浆系统应采用每个注浆断面多点注浆形式。

**8.3.2** 当软弱土层中覆土厚度小于1.5D时，宜采取防止管道上浮的技术措施。

**8.3.3** 大直径顶管应实施信息化施工技术，优化施工参数，减小地表变形。

**8.3.4**  每个注浆断面的注浆孔数不宜少于3个孔。

**8.3.5**  大直径顶管应采取措施减少管壁摩阻力。

**8.3.6** 大直径顶管进出洞，洞口加固应满足强度不小于设计强度，加固范围宜1~2倍顶管直径长度。

**8.3.7** 大直径顶管应采用智能化工具头进行顶进施工。

## 8.4 小直径顶管

**8.4.1** 小直径顶管应采用泥水平衡式顶管机施工，并应能在地面进行遥控操作。

**8.4.2** 小直径顶管设备应采用可靠的机械、液压和电控系统，以减少工程风险。

**8.4.3** 小直径不宜采用曲线顶进。

**8.4.4** 小直径顶管的最长顶进距离宜按表 8.4.4 确定。

表 8.4.4 小直径顶管的最长顶进距离

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| D | 800 | 1000 | 1200 | 1400 |
| Smax | 150 | 200 | 200 | 250 |

注: *Smax*指最长顶进距离(m)；D指管道内径(mm)；

**8.4.5** 小直径顶管覆土较浅或上覆土层渗透系数较大时，应合理控制泥水的压力，并控制触变泥浆的注浆量及压力。

## 8.5 矩 形 顶 管

**8.5.1** 矩形顶管可采用土压平衡式顶管机或泥水平衡式顶管机施工，土压平衡法遇砂性土层宜设置土体改良装置。

**8.5.2** 矩形顶管的上覆土厚度宜大于矩形顶管机高度。顶管施工前应验算隧道的抗浮安全性。

**8.5.3**  矩形顶管机应备有注浆系统、防背土装置及纠转装置，施工前应检查其伸缩情况。土层为砂性土时宜设置加泥装置。

**8.5.4**  矩形混凝土管节长度宜为1500mm，并应结合运输及起吊能力确定。管节接口应采用钢承插接口，宜采用双道橡胶密封圈止水。

**8.5.5** 泥水平衡式顶管穿墙孔应安装2~3道止水钢丝刷，并涂满油脂。

**8.5.6** 顶管机始发前应进行安装误差检查，安装误差应符合下列规定：

**1** 平面及高程偏差不应超过±10mm；

**2** 左右和前后高差分别不应超过5mm；

**3** 与穿墙孔的间隙均匀。

**8.5.7**  顶管机初始顶进时，支座两侧和预留洞口应有控制顶管机偏移的限位导向装置，预留洞口还应有控制顶管机旋转的限位导向装置。

**8.5.8**  初始顶进阶段，顶进速度不宜大于10mm/min。正常顶进时，速度宜控制为20mm/min～30mm/min。顶管机出加固区时，应注意土压变化，并及时调整各项参数。

**8.5.9** 顶管机与首三节管节应纵向连成一体。

**8.5.10** 正常顶进时应保证开挖面水土压力稳定，并根据渣土处理能力控制顶进速度。

**8.5.11** 顶进轴线控制应同时测量坐标偏差和转角偏差，转角偏差以顶管机前端两侧高程的偏差表示。

**8.5.12**  矩形顶管施工轴线控制测量应包括同一管节两侧的高程误差。

**8.5.13** 矩形顶管施工时可采取压浆措施纠正顶管机旋转。

**8.5.14** 管节防水条粘贴时，直线处和转角处防水条的伸长率应相同。

## 8.6 垂 直 顶 升

**8.6.1** 垂直顶升的最大顶力估算可按式（8.6.1）计算。

 *Pd*=*P*1+*P*2+*P*3+*P*4 （8.6.1）

式中：*Pd*——最大顶力（kN）；

*P*1 ——顶盖处水压力值，等于顶盖处水压力乘以压力面积（kN）；

*P*2 ——顶盖处土的破土力值（kN），根据顶盖的面积取值，在黏性土中可

取500kN/m2，砂性土可取800kN/m2；

*P*3——顶升管壁与土的摩阻力值，取整根竖管的外壁摩阻力（kN）；

 *P*4——管节重量，取整根竖管重量（kN）。

**8.6.2** 顶升架管段下部的土体允许承载力应验算，并应根据土体允许承载力确定顶升架尺寸。

**8.6.3** 顶升帽应设置与外部相通的闸阀和气孔。

**8.6.4** 在顶升前应先安装止水装置。

**8.6.5** 顶升垂直度宜采用铅锤方式测量。

**8.6.6** 在安装管节或加垫块时应有保险装置锁住顶升管节，结束后及时与管道连接保证稳定。

**8.6.7** 垂直顶升施工应符合下列规定：

**1** 顶升架应有足够的刚度、强度及防倾覆措施；顶升架的尺寸应满足人员的作业要求和管节安装要求；

**2** 立管管节就位时应位置准确，并应平稳顶升，各千斤顶行程应同步、匀速，避免偏心受力；

**3** 初顶阶段应加强监测，并应采取措施控制竖管的垂直度；

**4**  顶升施工时应有防止垂直立管后退和管节下滑的措施。

## 8.7 顶管地下对接

**8.7.1** 顶管地下对接的形式可采用一字型、L型、T型和V型。

**8.7.2** 顶管地下对接施工前，应踏勘对接区域的地质条件、地下管线及地下障碍物的状况，了解周边建（构）筑物、道路、河流及周边环境等相关情况。

**8.7.3** 用于地下对接的施工顶管机应进行改造，改造的内容应包括顶管机切口结构、顶管机圆周注浆孔和面板注浆管的合理布置、顶管机整体结构的合理布置等。

**8.7.4** 地下对接影响范围内土层应进行土体加固与防渗处理，土体加固可采用水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、冻结、降水等方法。

**8.7.5** 当顶管接近对接区时，应对顶管机的姿态进行加密测量和监控，确保对接轴线位置的准确。

**8.7.6** 顶管机到达对接区域后，对于有条件在地面加固的情况，宜在地面进行加固施工。应将对接点进行全断面加固。应先通过观察孔检查土体加固和渗水情况，若检查结果不能满足对接施工要求，应进行二次补充加固，直至满足对接施工要求。

**8.7.7** 对接时应通过顶管机前方注浆孔探测对接点的实际位置，并应根据轴线偏差和间距确定对接点的钢板连接方式，连接前应拆除顶管机内部的机电设备及线路等。

**8.7.8** 顶管机胸板开孔切割应分块分区按顺序进行，同时连接钢板焊接应同步施工。

**8.7.9** 钢筋棍凝土管完成对接后应在对接段按设计要求进行内衬钢筋混凝土结构施工。

## 8.8 岩石顶管

**8.8.1** 岩石顶管应根据工程的岩层条件和顶管机的机械参数，计算分析破岩设备指标和顶进参数。

**8.8.2** 始发前，顶管机刀盘应进行检查测量，刀盘直径应比机头直径大40mm~80mm。

**8.8.3** 洞口底部宜制作一个60º范围的定位环，定位环内表面底标高与管道底标高一致。

**8.8.4** 顶管机穿越始发穿墙应符合下列规定：

**1** 机外壳两边焊接支座与导轨平齐，防止顶管机扭转；

**2** 穿墙洞口内注满泥浆；

**3** 顶进速度不能过快，顶进速度宜控制在5 mm/min～10mm/min。

**8.8.5** 循环泥浆的控制应符合下列规定：

**1** 进浆泥水的比重调配在1.10～1.20之间；

**2** 排浆经泥水处理系统排碴泥水的比重宜在1.25～1.30之间；

**3** 粘度应大于20s；

**4** 地层不能自行造浆时，应进行人工造浆；

**5** 泥浆管路的设置应根据碎石粒径和输送距离综合确定。

**8.8.6** 正常顶进应符合下列规定：

**1** 速度应根据电流和滚刀允许切入量综合确定；

**2** 纠偏角度不宜大于0.3°；

**3**  遇到软硬变化界面降低顶进速度。

**8.8.7** 在软硬不均地层中往硬土层顶进时，顶管机应给一个0.2°~0.5°的微量纠偏角。

**8.8.8** 顶管机开仓进行刀具的检查和更换或清理机内障碍物，遇到不利围岩时应使用人闸带气压环境下进行作业。

**8.8.9** 顶管结束后应进行管壁外注浆，注浆压力为地层压力的1.2倍～２倍。

## 8.9无接收井顶管（入海、江；陆上）

**8.9.1** 无接收井顶管海上或水下顶管应采用密封形式泥水平衡或气压平衡式顶管机施工。

**8.9.2** 无接收井海上或水下顶管应加密勘查管道轴线地质情况，并应采取物探措施查明沿线是否有障碍物存在，防止废旧物体、沉船等障碍物影响顶管。

**8.9.3** 无接收井海上或水下顶管开顶前，应复测海床或水下地形，确保土层高程与设计图纸无变化，从而确保管顶覆土厚度。

**8.9.4** 无接收井海上或水下顶管工作井洞口止水应根据地下水压力选择盘根止水和双层橡胶板止水等加强型止水。

**8.9.5** 无接收井海上或水下顶管管道作为取水管或排水管等需要在水下切割顶管机时，应符合下列规定：

**1** 第一节管道外侧、距顶管机尾端一定距离焊接一圈导向钢筋或扁钢，作为潜水员水下切割顶管机的参照物（或靠山）。

**2** 顶进完成后，工作井侧应加设闷板，闷板强度应满足水压力要求；顶管机水下割除前，应先将工作井和管道内（或管道内）注满水，使顶管机两侧水压力保持平衡；闷板拆除时，应先将工作井注水，使闷板两端水压力平衡。

**3** 顶管顶进完成并拆除管内设备和管路后方可进行顶管机开挖，顶管机开挖前，分别计算水压力与管道摩擦力数值，若水压力大于管道摩擦力则必须采取固定管道措施。

**4** 顶管机水下开挖时，其开挖范围和边坡应符合设计和规范要求。其中靠近顶管机部位应采用潜水员水下冲吸泥的方法，并应严格控制水下顶管机底部的掏空长度。

**5** 在潜水员进行水下顶管机底部冲吸泥以及水下切割顶管机时，应先将顶管机的吊点与起重船挂钩，并保持合理受力。

**8.9.6** 无接收井海上或水下顶管顶进到位后，如果采用垂直顶升施工工艺，顶进工具管就地报废、作为管道一部分留在管道最前端，应将顶管工具管电器和可拆卸机械设备拆除并清理干净，对工具管铰接部位焊接加固处理，并对工具管内壁进行防腐处理，工具管顶端可以采用砖墙封堵。

**8.9.7** 无接收井海上或水下顶管穿越软弱土层河床或海床时，应符合下列规定：

**1** 覆土厚度应大于1.5D（D为管道直径）且不小于3米。

**2** 覆土厚度小于1.5D时，应采取防止管道及顶管机上浮的技术措施。

**3** 管顶覆土较浅或上覆土层渗透系数较大时，应合理控制泥水的压力，并控制触变泥浆的注浆量及压力。

**8.9.8** 无接收井海上或水下顶管需穿越大堤时，应符合下列规定：

**1** 穿越大堤段顶进施工时，加大沉降观测频率。

**2** 穿越大堤段顶进施工时，纠偏遵循“勤纠、少纠、尽量不纠”的原则，快速穿越大堤。

**3** 管道顶进完成后，应及时用水泥浆置换触变泥浆并进行管内注浆，并且在穿越大堤一定范围内可以采用旋喷桩等方式进行大堤防渗加固。

# 9 管 道 防 腐

## 9.1 一般规定

**9.1.1** 防腐涂料的基本技术指标应符合国家有关标准的规定，并应具有出厂合格证及检测报告，包装应完好、无破损且无滴漏。

**9.1.2** 管道防腐施工前，应对管道渗漏点进行处理。

**9.1.3** 防腐涂料施工环境相对湿度宜小于85%，施工环境温度不宜低于5℃，被涂覆钢管、钢构件表面的温度应大于露点温度3℃。

**9.1.4** 防腐涂料和稀释剂在运输、贮存、施工及养护过程中，严禁明火，并应防尘、防暴晒，不得与酸、碱等化学介质接触。

**9.1.5** 管道内防腐涂料施工时，必须按照国家现行有关标准的规定采取防火、通风、防毒措施。

**9.1.6** 涂料的施工可采用刷涂、滚涂、喷涂。涂层厚度应均匀，不得漏涂或误涂。

## 9.2 钢 管

Ⅰ 管道外防腐

**9.2.1** 顶管管道外防腐层宜在工厂内完成，管道外防腐宜采用熔结环氧粉末防腐涂层或环氧玻璃漆。

**9.2.2** 环氧粉末生产厂家应提供产品说明书、出厂检验合格证和质量证明书等有关技术资料，对每一批到货的不同型号的环氧粉末进行性能检测。

**9.2.3**  外防腐原材料贮存入库必须分类堆放，并作标记。库房内应阴凉、干燥、严防受潮并隔绝火源、远离热源、严禁烟火，并提供消防措施。

**9.2.4**  钢管外防腐涂装应先进行外表面除锈，宜采用抛丸除锈，外表面锚纹深度约40μm~100μm，除锈等级达到Sa2.5级。涂装前应进行试验，涂层厚度及质量应符合有关规定及设计要求。

**9.2.5** 涂层质量检查内容：宜对喷砂外观、防腐层外观、厚度及绝缘和粘附力等项目检测，检测按《[给水排水管道工程施工及验收规范](http://www.baidu.com/link?url=Hdj2BoBm7_mvCroz4J_1F3F0Lvl3bH-Xk9cMTu9S66_es8zK0hVmYKTe6xpCXNSll2fp9SG_I3bKy0VIuMDzo_)》GB 50268和《[熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装](http://www.baidu.com/link?url=4nNLVr7M7wt1RK2mW43bpw4SC_lrwggmIsH0g524RWbu_DQCvE6BgfyYWH49-8jp)》GB/T 18593标准进行。

**9.2.6** 顶管时，管段两端各100mm范围应在井下焊缝检测合格后，再按设计要求涂刷快干型环氧防腐涂料。

Ⅱ 管道内防腐

**9.2.7**  钢管的内壁防腐可采用涂料或水泥砂浆，给水管道所用防腐涂料应具有相应的卫生检验合格证书。内防腐宜采用环氧砂浆内衬、水泥砂浆内衬，内衬的材料及厚度应满足设计要求。

**9.2.8**  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。水泥砂浆内宜掺入无毒纤维材料，加强抗裂性能，水泥砂浆的抗压强度标准值不应小于30N/mm2。

**9.2.9** 水泥砂浆内防腐层施工前管道内壁应彻底清除干净，焊缝突起高度不得大于防腐层设计厚度的1/3。

**9.2.10**  水泥砂浆内防腐层可采用机械喷涂、人工抹压、拖筒或离心预制法施工，砂浆内防腐层成形后，应立即将管道封堵，终凝后进行潮湿养护。

**9.2.11** 采用液体环氧涂料内防腐层，施工前应进行除锈，内防腐层的材料质量应符合设计要求，宜采用高压无气喷涂工艺。

## 9.3 钢筋混凝土管

**9.3.1** 当地下水或管内介质对混凝土和钢筋具有腐蚀性时，应对管道内外壁做防腐处理。

**9.3.2** 钢筋混凝土管防腐涂料品种的选用、层数、厚度等应符合设计规定。管外壁防腐宜采用环氧类涂料，管内壁防腐宜采用水性涂料、无溶剂涂料等环保型涂料。

**9.3.3** 钢筋混凝土管内壁防腐施工前，管道接口应按照设计要求进行嵌缝。

**9.3.4** 混凝土内壁防腐涂料工程中所用的腻子应具有与混凝土粘结牢固、快速干燥的性能，抗碱渗透底漆与基面和涂料应有结合力。

**9.3.5** 管道内壁防腐涂料工程的混凝土基层应符合下列规定：

**1** 基层表面不得有残留沾污物；

**2** 基层不得有裂缝或凹凸缺陷现象，平整度允许空隙不应大于2mm；

**3** 基层必须保持干燥，含水率不应大于6%。

**9.3.6** 混凝土内壁防腐涂料工程施工应自上而下、分段涂装。

**9.3.7** 采用刷涂或滚涂工艺时，宜按“一底二中二面”要求施工；采用喷涂工艺时宜按“一底三面”施工；后一度涂料施工必须在前一度涂料实干后进行。

**9.3.8** 钢筋混凝土管内金属构件应按设计要求进行防腐蚀处理；防腐施工前，应清除金属构件表面的油污、尘土、焊渣、氧化物及疏松的锈蚀物。

## 9.4 其他

**9.4.1** 给水管道内防腐材料卫生性能各指标应满足设计要求。

**9.4.2** 玻璃纤维增强塑料夹砂管可不做防腐处理，其他管材防腐应符合设计要求。

# 10 质量标准

**10.0.1** 钢管几何尺寸允许偏差应符合表10.0.1的规定。

表**10.0.1** 钢管几何尺寸允许偏差（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 周长 | ±3/1000*D* |
| 2 | 椭圆度 | 管端部位1/200*D*，其它部位1/100*D* |
| 3 | 端口平整度 | 1/1000*D*，且不应大于1.5 |
| 4 | 弧度 | 用弧长*D*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0.1*t*+2，且不大于4，距管端200，纵缝处间隙不大于2 |

注：1 *D*为管道外径（mm），*t*为管壁厚度（mm）；

2 椭圆度为同一横截面上互相垂直的最大直径与最小直径之差（mm）。

**10.0.2** 钢管焊接应符合下列规定：

 **1** 非压力管的焊缝质量等级不应低于三级；压力管的焊缝质量等级不应低于二级；

 **2** 焊缝不应有裂缝、气孔、夹渣及融合性飞溅等缺陷；焊缝的外观质量除应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的有关规定外，其咬边、表面余高及焊接后的钢管允许偏差还应符合表10.0.2的规定；

 **3** 焊缝内部缺陷的检验应符合设计要求或现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的规定。

表**10.0.2** 钢管焊接的允许偏差**（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 咬边 | 深度 | ≤0.5 |
| 2 | 长度 | ≤100 |
| 3 | 表面余高 | ≤4 |
| 4 | 相邻管节错位 | ≤2 |
| 5 | 纵缝间隙 | 1-2 |

**10.0.3** 钢筋混凝土管管节、管节接口尺寸的允许偏差应符合表10.0.3的规定。

表**10.0.3** 钢筋混凝土管几何尺寸允许偏差**（mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 | 公称内径*D*0 | 管身允许偏差 | 接口允许偏差 |
| *D*0 | *t* | *l* | *D*3 | *D*4 | *D*5 | *L*6 | *L*7 |
| 1 | ≤800 | ＋4－8 | ＋8－2 | ＋18－10 | ±2 | ±2 | ±2 | ±3 | ±2 |
| 2 | 900～1500 | ＋6－10 | ＋10－3 | ＋18－12 | ±2 | ±2 | ±2 | ±3 | ±2 |
| 3 | 1600～2400 | ＋8－12 | ＋12－4 | ＋18－12 | ±2 | ±2 | ±2 | ±3 | ±2 |
| 4 | ≥2600 | ＋10－14 | ＋14－5 | ＋18－12 | ±2 | ±2 | ±2 | ±3 | ±2 |

注：*D*0—公称内径；*t*—管壁厚度；*l*—管节长度；

*D*3—插口端凹槽处（粘止水橡胶密封圈）外径；*D*4—插口端外径；

*D*5—钢承口内径；*L*6—插口端长度；*L*7—钢承口端长度。

**10.0.4** 钢筋混凝土管道端面倾斜的允许偏差应符合表10.0.4的规定。

表**10.0.4** 钢筋混凝土管端面倾斜允许偏差**（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 公称内径 | 允许偏差 |
| 1 | ＜1200 | ≤3 |
| 2 | 1200～3000 | ≤4 |
| 3 | ≥3000 | ≤5 |

**10.0.5** 钢筋混凝土管的内、外表面应平整、无裂纹、蜂窝、塌落、露筋、空鼓，钢套环尺寸应符合设计要求。

**10.0.6** 钢筋混凝土管插口橡胶密封圈槽口处的混凝土表面应平整、密实。当槽口处有气孔、裂纹和合缝漏浆缺陷时，应进行修补。

**10.0.7** 钢筋混凝土管的钢套环与管身之间应设置遇水膨胀橡胶条，遇水膨胀橡胶条的材料应经检测并符合设计要求。

**10.0.8** 玻璃纤维增强塑料夹砂管的几何尺寸允许偏差应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料顶管》GB/T21492的规定。

**10.0.9** 玻璃纤维增强塑料夹砂管顶管管道两端受力面应平整，端面倾斜的允许偏差应符合表10.0.9的规定。

表10.0.9 玻璃纤维增强塑料夹砂管端面倾斜允许偏差（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 公称内径 | 允许偏差 |
| 1 | 800～1600 | 2.0 |
| 2 | ≥1800 | 2.5 |

**10.0.10** 预应力钢筒混凝土管的制作除应符合现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685的有关规定外，其承插口、管身尺寸的允许偏差还应符合表10.0.10-1、10.0.10-2的规定。

表**10.0.10-1** 预应力钢筒混凝土管承插口允许偏差（**mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 承口 | 内径*Bb* | +1.0+0.2 |
| 2 | 长度*E* | ±2 |
| 3 | 局部圆度 | +0.0+2.0 |
| 4 | 插口 | 内径*Bs* | -0.2-1.0 |
| 5 | 长度*C* | ±3 |
| 6 | 槽深*c* | ±0.75 |
| 7 | 局部圆度 | ±2.5 |
| 8 | 承、插口椭圆度 | 0.5%或12.7mm（取小值） |

表**10.0.10-2** 预应力钢筒混凝土管管身尺寸允许偏差（**mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 公称内径*D0* | ±8 |
| 2 | 管道外径*D* | ±2 |
| 3 | 管壁厚度*t* | ±6 |
| 4 | 管道总长 | ±6 |
| 5 | 管道端面倾斜度 | ≤5 |
| 6 | 管道弯曲度 | 5 |
| 7 | 管外壁局部圆度 | ±3.0 |

**10.0.11** 直线顶管的管道轴线允许偏差应符合表10.0.11的规定。

表**10.0.11** 直线顶管管道轴线允许偏差**（mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 | 顶进长度L（m） | 钢管 | 钢筋混凝土管、玻璃纤维增强塑料夹砂管、预应力钢筒混凝土管 |
| 高程 | 平面 | 高程 | 平面 |
| 1 | <500 | ±60 | ±100 | ±50 | ±80 |
| 2 | 500≤*L*≤*1000* | ±80 | ±150 | ±80 | ±100 |
| 3 | >1000 | ±100 | ±200 | ±80 | ±150 |

**10.0.12** 曲线顶管的管道轴线允许偏差应符合表10.0.11的规定。

表**10.0.12** 曲线顶管管道轴线允许偏差**（mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 | 曲线类型 | 高程 | 平面 |
| 1 | 水平曲线 | ±100 | ±150 |
| 2 | 竖曲线 | ±100 | ±150 |
| 3 | 复合曲线 | ±100 | ±200 |

**10.0.13** 顶管施工贯通后管道的接口应无渗漏，管节应无裂缝，管底坡度应无倒落水。管道接口、竖向变形允许偏差应符合表10.0.13的规定。

表**10.0.13** 顶管贯通后管道接口及竖向变形允许偏差**（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 相邻管间错口 | 钢管、玻璃纤维增强塑料夹砂管 | ≤2 |
| 钢筋混凝土管、预应力钢筒混凝土管 | 15%*t*，且≤20 |
| 2 | 管道竖向变形 | 钢管、玻璃纤维增强塑料夹砂管 | ≤3%*D0* |

注： *t*为管壁厚度（mm），*D0*为管道内径（mm）。

**10.0.14** 顶管与工作井进出洞口连接应牢固，洞口应无渗漏，且洞口的标高应符合设计要求。

**10.0.15** 矩形顶管的管道轴线偏差不应大于100mm，相邻管节两侧高差不应大于50mm。

**10.0.16** 垂直顶升施工的允许偏差应符合表10.0.16的规定。

表**10.0.16** 垂直顶升施工的允许偏差**（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 顶升管帽盖顶面高程 | ±20 |
| 2 | 顶升管管节 | 管节连接端面 | ≤2 |
| 3 | 顶升管节间错口 | ≤20 |
| 4 | 顶升管道垂直度 | 1%*H0* |
| 5 | 顶升管的中心轴线 | 沿水平管纵向 | 30 |
| 沿水平管横向 | 20 |
| 6 | 开口管顶升口中心轴线 | 沿水平管纵向 | 40 |
| 沿水平管横向 | 30 |

注：*H0*为垂直顶升管总长度（mm）。

**10.0.17** 钢筋混凝土管地下对接时管道中心线位置的错口偏差不应大于50mm。

**10.0.18** 有后接管涵的无接收井顶管的管道轴线偏差不应大于300mm；无后接管涵的无接收井顶管的管道轴线偏差不应大于500mm。

**10.0.19** 管道接口嵌缝的质量除应符合现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208的有关规定外，其厚度、表面粘结力的允许偏差还应符合表10.0.19的规定。

表**10.0.19** 管道接口嵌缝密封胶施工的允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 厚度 | +3mm0 |
| 2 | 与砼表面粘结力 | 将嵌缝密封胶在缝中切断，用手以90°从一端拉起，胶条断裂或粘结剥离有效面积比≥60%为合格 |

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

**10.0.20** 钢管外防腐层的厚度、电火花检漏、粘结力应符合表10.0.20的规定。

表**10.0.20** 钢管外防腐层施工的允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 厚度 | 石油沥青涂料 | 普通级 | ≥4.0mm |
| 加强级 | ≥5.5mm |
| 特加强级 | ≥7.0mm |
| 环氧煤沥青涂料 | 普通级 | ≥0.3mm |
| 加强级 | ≥0.4mm |
| 特加强级 | ≥0.6mm |
| 环氧树脂玻璃钢 | ≥3.0mm |
| 2 | 电火花试验 | 用电火花检漏仪检查无打火花现象 |
| 3 | 粘结力 | 石油沥青涂料 | 以夹角为45～60°边长为40～50mm的切口，从角尖端撕开防腐层，首层沥青层应100%地粘附在管道的外表面 |
| 环氧煤沥青涂料、环氧树脂玻璃钢 | 以小刀割开一舌形切口，用力撕开切口处的防腐层，管道表面仍为漆皮所覆盖，不得露出金属表面 |

注：电火花试验的检漏电压值按照材料种类和防腐等级设定，石油沥青涂料可设为16～20kV，环氧煤沥青涂料可设为2～3kV，环氧树脂玻璃钢可设为3～3.5kV；凡漏点检测不合格的防腐层都应补涂，直至合格。

**10.0.21** 钢管水泥砂浆内防腐应符合下列规定：

 **1** 水泥砂浆抗压强度应符合设计要求，且不应低于30MPa；

 **2** 宽度裂缝不应大于0.3mm，沿管道纵向长度不应大于管道的周长，且不应大于2.0m；

 **3** 防腐平整度应以300mm长的直尺，沿管道纵轴方向贴靠管壁，量测防腐层表面和直尺间的间隙应小于2mm；

 **4** 防腐层空鼓面积每平方米不应超过2处，每处应小于10000mm2；

 **5** 水泥砂浆防腐层厚度及表面缺陷允许偏差应满足表10.0.21，缺陷面积每处应小于500mm2。

表**10.0.21** 钢管水泥砂浆内防腐厚度及表面缺陷的允许偏差**（mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 | 管道内径*D0* | 防腐层厚度允许偏差 | 表面缺陷允许深度 |
| 1 | ＜1000 | ±2 | 2 |
| 2 | 1800≥*D0*≥1000 | ±3 | 3 |
| 3 | >1800 | +4-3 | 4 |

**10.0.22** 钢管液体环氧涂料内防腐层表面应平整、光滑，无气泡、无划痕等，湿膜应无流淌现象；防腐层的厚度、电火花检漏应符合表10.0.22的规定。

表**10.0.22** 钢管液体环氧涂料内防腐施工的允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 干膜厚度 | 普通级 | ≥200μm |
| 加强级 | ≥250μm |
| 特加强级 | ≥300μm |
| 2 | 电火花试验漏点数 | 普通级 | 3个 |
| 加强级 | 1个 |
| 特加强级 | 0 |
| 3 | 粘结力 | 符合现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB50224或设计要求 |

注：电火花试验的检漏电压值根据涂层厚度按5V/μm计算，检漏仪探头移动速度不大于0.3m/s，凡漏点检测不合格的防腐层都应补涂，直至合格。

**10.0.23** 钢筋混凝土管弹性涂料内防腐验收应符合下列规定：

 **1** 防腐层应无气泡、开裂、剥落等缺陷；

 **2** 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；

 **3** 防腐层的厚度、粘结力的允许偏差应符合表10.0.23的规定。

表**10.0.23** 钢筋混凝土管弹性涂料内防腐施工的允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 干膜厚度 | 平均厚度≥设计值，且最小厚度≥90%设计值 |
| 2 | 粘结力 | 符合现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB50224或设计要求 |

# 11 安全和环境保护

## 11.1 人员安全教育及现场安全检查工作

**11.1.1** 人员安全教育应符合下列规定：

**1** 工程项目部应建立安全教育培训制度。

**2** 当施工人员入场时，工程项目部应组织进行以国家安全法律法规、企业安全制度、施工现场安全管理规定及各工种安全技术操作规程为主要内容的三级安全教育培训和考核。

**3** 当施工人员变换工种或采用新技术、新工艺、新设备、新材料施工时，应进行安全教育培训。

**4** 施工管理人员、专职安全员每年度应进行安全教育培训和考核。

**11.1.2** 施工现场安全检查的主要内容应符合下列规定：

**1** 安全生产责任制。

**2** 施工组织设计和专项施工方案。

**3** 安全技术交底。

4 安全检查。

**5** 安全教育。

**6** 应急预案。

**7** 分包单位安全管理。

**8** 特种作业持证上岗。

**9** 生产安全事故处理。

**10** 安全标志。

## 11.2 对周边建（构）筑物、地下管线的监测和保护

**11.2.1** 对周边建（构）筑物、地下管线的监测应符合下列规定：

**1** 工程施工前，应由建设方委托具备相应资质的第三方对周边建（构）筑物、地下管线实施现场监测。监测单位应编制监测方案。

**2** 监测单位应严格实施监测方案，及时分析、处理监测数据，并将监测结果和评价及时向委托方及相关单位作信息反馈。

**3** 当设计或施工有重大变更时，监测单位应及时调整监测方案。

**4** 监测不应影响监测对象的结构安全、妨碍其正常使用。

**5** 监测完成后，监测单位应向委托方提供完整的监测报告。

**11.2.2** 对周边建（构）筑物、地下管线的保护应符合下列规定：

**1** 施工前探摸清楚地下管线位置及高程并立牌明示。

**2** 顶管施工期间加强周边建（构）筑物、地下管线的监测。

**3** 顶管施工期间加强顶管上方、顶管与周边建（构）筑物、地下管线之间的土体的监测。

**4** 对周边建（构）筑物、地下管线进行加固或改造。

**5** 对顶管管道与周边建（构）筑物、地下管线之间的土体进行加固。

**6** 顶进施工时及时补浆，顶进完成后及时进行水泥砂浆置换。

## 11.3 噪声污染的控制

**11.4.1** 施工现场应按照现行国家标准《建筑施工场界噪声限值》GB 12523的规定对施工现场的噪声值进行监测和记录。

**11.4.2** 施工现场的强噪声设备宜设置在远离居民区的一侧，并应采取降低噪声措施。

**11.4.3** 对因生产工艺要求或其他特殊需要,确需在夜间进行超过噪声标准施工的，施工前建设单位应向有关部门提出申请，经批准后方可进行夜间施工。

**11.4.4** 运输材料的车辆进入施工现场，严禁鸣笛，装卸材料应做到轻拿轻放。

## 11.4 临时用电、焊割作业及废土、渣土、废泥浆的处置

**11.5.1** 临时用电的技术要求应符合下列规定：

**1** 施工现场临时用电设备在5台及以上或设备总容量在50KW及以上者应编制用电组织设计；施工现场临时用电设备在5台以下和设备总容量在50KW以下者应制定安全用电和电气防火措施。

**2** 临时用电工程图纸应单独绘制，临时用电工程应按图施工。

**3** 临时用电工程必须经编制、审核、批准部门和使用单位共同验收，合格后方可投入使用。

**4** 电工必须经过按国家现行标准考核合格后持证上岗工作，其他用电人员必须通过相关安全教育培训和技术交底、考核合格后方可上岗工作。

**5** 安装、巡检、维修或拆除临时用电设备和线路必须由电工完成并应有人监护，电工等级应同工程的难易程度和技术复杂性相适应。

**6** 施工现场临时用电必须建立安全技术档案。

**7** 临时用电工程应定期检查，定期检查应按分部、分项工程进行，对安全隐患必须及时处理并应履行复查验收手续。

**11.5.2** 焊割作业的技术要求应符合下列规定：

**1** 所有运行使用中的焊接、切割设备必须处于正常的工作状态，存在安全隐患时，必须停止使用并由维修人员修理。

**2** 所有的焊接与切割设备必须按制造厂提供的操作说明书或规程使用，并且还必须符合相关标准要求。

**3** 管理者、监督者和操作者对焊接及切割的安全实施负有各自的责任。

**11.5.3** 废土、废渣、废泥浆的处置技术要求应符合下列规定：

**1** 废土、废渣按照施工方案堆置于现场指定地点，并采取防扬尘措施。

**2** 废泥浆可采取如下处置措施：

**1）** 施工现场设置泥浆池、沉定池等。

**2）** 采取泥水分离措施，土方外运、废水再次利用于施工用水。

**3）** 采用泥浆运输车进行废泥浆外运。

**3** 废土、废渣、废泥浆待分离成土方后外运至政府部门指定的弃土点，装车、运输及卸车过程中采取防扬尘、防抛洒滴漏措施。

## 11.5 施工现场排水系统技术要求

**11.6.1** 施工现场应设置排水沟及沉淀池，施工污水经沉淀后方可排入市政污水管网或河流。

**11.6.2** 施工现场存放的油料和化学溶剂等物品应设有专门的库房，地面应做防渗漏处理。废弃的油料和化学溶剂应集中处理，不得随意倾倒。

**11.6.3** 食堂应设置隔油池，并应及时清理。

**11.6.4** 厕所的化粪池应做抗渗处理。

**11.6.5** 食堂、盥洗室、淋浴间的下水管线应设置过滤网，并应与市政污水管线连接，保证排水通畅。

## 11.6 夜间施工要求

**11.7.1** 施工前建设单位应向有关部门提出申请，经批准后方可进行夜间施工。

**11.7.2** 夜间施工前，必须公告附近居民。

**11.7.3** 夜间施工时，应保证有足够的照明设施，能满足夜间施工需要，并准备备用电源。

**11.7.4** 做好夜间施工防护，施工现场设置明显的交通标志、安全标牌、护栏、警戒灯等标志。

**11.7.5** 编制应急救援预案。

## 11.7 环境保护的具体措施

**11.8.1** 防止大气污染应符合下列规定：

**1** 水泥等粉细散装材料，应尽量采取室内（或封闭）存放或严密遮盖，卸运时要采取有效措施，减少扬尘。

**2** 现场临时道路其面层应采用细石混凝土铺设，防止道路扬尘。

**3** 施工现场设专人及设备，采取洒水降尘措施。

**4** 施工现场所用茶炉、大灶符合环保要求，烟尘排放黑度达到林格曼一级以下。

**5** 拆除旧有建筑物及临设时，应随时洒水，减少扬尘污染。

**11.8.2** 防止水污染应符合下列规定：

**1** 各种施工作业产生的污水，控制其污水流向，防止蔓延，在合理位置设置沉淀池，经沉淀后方可排入污水管线；施工污水严禁流出工地，污染环境。

**2** 施工现场存放油料的库房，必须进行防渗漏处理；储存和使用都要采取措施，防止跑、冒、滴、漏，污染水体。

**3** 施工现场临时食堂，应设置简易有效的隔油池，定期淘油，防止污染。

**11.8.3** 防止施工噪声污染应符合下列规定：

**1** 施工现场应遵照《建筑施工场界噪声限值》GB12523制定降噪的制度和措施。

**2** 严格控制作业时间，一般不超过12小时；必须昼夜连续作业的施工现场，尽量采取降噪措施，作好周围群众工作，并报有关环保单位备案，同意后方可施工。

# 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”或“可”；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 规程中指明应按其它有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

**1** 《建筑地基基础设计规范》GB 50007

**2** 《工程测量规范》GB 50026

**3** 《地下防水工程质量验收规范》GB 50208

**4** 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236

**5** 《给水排水管道施工及验收规范》GB 50268

**6** 《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683

**7** 《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004

**8** 《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194

**9**  《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212

**10** 《作业环境气体检测报警仪通用技术要求》GB 12358

**11** 《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523

**12**  《食品容器及包装材料用不饱和聚酯树脂及其玻璃钢制品卫生标准》GB 13115

**13** 《碳素结构钢》GB/T 700

**14** 《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923

**15** 《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836

**16** 《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685

**17** 《玻璃纤维增强塑料顶管》GB/T 21492

**18** 《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

**19** 《建筑密封胶分级和要求》GB/T 22083

**20** 《沉井与气压沉箱施工规范》GB/T 51130

**21** 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46

**22** 《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199

**23** 《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》JC/T 640

**24** 《给水排水工程混凝土构筑物变形缝设计规程》CECS 1117

**25** 《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》CECS 137

**中国土木工程学会标准**

**顶管工程施工规程**

T/CCES 1－2018

条 文 说 明

**目 次**

[1 总 则 71](#_Toc525221361)

[3 基本规定 72](#_Toc525221362)

[4 顶管机选型 73](#_Toc525221363)

[4.1 一般规定 73](#_Toc525221364)

[4.2 敞开式顶管机 73](#_Toc525221365)

[4.3 土压平衡式顶管机 73](#_Toc525221366)

[4.4 泥水平衡式顶管机 74](#_Toc525221367)

[4.5 岩石顶管机 74](#_Toc525221368)

[5 管材与管道接口 75](#_Toc525221369)

[5.1 一 般 规 定 75](#_Toc525221370)

[5.2 钢 管 75](#_Toc525221371)

[5.3 钢筋混凝土管 76](#_Toc525221372)

[5.4 玻璃纤维增强塑料夹砂管 77](#_Toc525221373)

[5.5 预应力钢筒混凝土管 79](#_Toc525221374)

[6 顶管始发、接收 80](#_Toc525221375)

[6.1 一 般 规 定 80](#_Toc525221376)

[6.2 沉 井 80](#_Toc525221377)

[6.3 灌注桩排桩 82](#_Toc525221378)

[6.4 钢板桩 83](#_Toc525221379)

[6.5 地下连续墙 83](#_Toc525221380)

[6.6 型钢水泥土搅拌墙 85](#_Toc525221381)

[6.7 逆作法 85](#_Toc525221382)

[6.8 土体加固 86](#_Toc525221383)

[7 顶 管 施 工 87](#_Toc525221384)

[7.1 顶力估算和允许顶力 87](#_Toc525221385)

[7.2 中 继 间 87](#_Toc525221386)

[7.4 顶进设备安装 88](#_Toc525221387)

[7.5 测 量 88](#_Toc525221388)

[7.6 触 变 泥 浆 90](#_Toc525221389)

[7.7 管道顶进和纠偏 90](#_Toc525221390)

[7.8 排 泥 91](#_Toc525221391)

[7.9 通 风 92](#_Toc525221392)

[7.10 供 电 92](#_Toc525221393)

[7.11 信息化施工 93](#_Toc525221394)

[8 特 种 顶 管 94](#_Toc525221395)

[8.1 曲线顶管 94](#_Toc525221396)

[8.2 超长距离顶管 94](#_Toc525221397)

[8.4 小直径顶管 94](#_Toc525221398)

[8.5 矩 形 顶 管 94](#_Toc525221399)

[8.6 垂 直 顶 升 95](#_Toc525221400)

[8.7 顶管地下对接 95](#_Toc525221401)

[8.8 岩石顶管 96](#_Toc525221402)

[8.9 无接收井顶管 96](#_Toc525221403)

[9 管 道 防 腐 97](#_Toc525221404)

[9.1 一 般 规 定 97](#_Toc525221405)

[9.2 钢 管 97](#_Toc525221406)

[9.3 钢筋混凝土管 100](#_Toc525221407)

[9.4 其 他 101](#_Toc525221408)

[10 质 量 标 准 102](#_Toc525221409)

[11 安全和环境保护 104](#_Toc525221410)

[11.1 人员安全教育及现场安全检查工作 104](#_Toc525221411)

[11.2 对周边建（构）筑物、地下管线的监测和保护 104](#_Toc525221412)

[11.4 临时用电、焊割作业及废土、渣土、废泥浆的处置 104](#_Toc525221413)

# 1 总 则

**1.0.2** 根据施工方法的不同，顶管机主要分为敞开式顶管机、土压平衡式顶管机、泥水平衡式顶管机及岩石顶管机等，敞开式顶管机在实际中使用逐渐减少，只适用于地下水位以上的地层或者地下水位以下的黏土层和岩层。本规程主要适用于钢管、钢筋混凝土管、玻璃纤维增强塑料夹砂管及钢筒混凝土管等顶管的施工。

**1.0.4** 与顶管工程技术有关的国家现行标准、规范如下，可供使用时参考：

《岩土工程勘察设计规范》GB 50021

《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004

《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202

《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268

《玻璃纤维增强塑料顶管》GB/T 21492

《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685

《给水排水工程顶管技术规程》CECS 246

等等。

# 3 基本规定

**3.0.3** 施工组织设计是实施顶管施工的重要依据，所以本规程提出了对施工组织设计编写内容的要求。顶管系统主要包括通风系统、进水排泥系统、供电系统、通讯系统等；顶力估算中应明确控制顶力，根据总顶力、工作井所能承受的最大顶力及管材轴向的允许顶力等；触变泥浆的配置与管理应补充注浆孔的设置等。

**3.0.4** 本条要求对顶管施工经过的沿线周围的环境了解清楚，便于采取有效的保护措施。由于顶管施工是在地下进行，地下工程有诸多不可预见的状况，同时顶管施工不可避免的会产生地面的隆起、沉降，影响周围的建筑物、管线，必须采取监测措施。

**3.0.8** 由于铅锤测量轴线误差太大，会严重影响导向，所以地下测量系统不得使用铅锤法放线。

# 4 顶管机选型

## 4.1 一般规定

**4.1.2** 本条列出了四种不同类型的地层和四种不同类型的顶管掘进机。顶管掘进机的适用地层不是可以机械照搬的。由于目前顶管掘进机设计和制造水平的提高，所以一般情况下敞开式顶管工具头很少采用。土压平衡和泥水平衡顶管掘进机都能够对刀盘配置不同刀具以满足切削障碍物的能力。另外对于透水地层和应对地下不明障碍物的难题，采用局部气压的辅助施工措施也是比较合理的。岩石顶管掘进机应区别不同的岩层强度指标对刀盘驱动和刀盘刀具进行针对性设计。

## 4.2 敞开式顶管机

**4.2.2** 由于采用敞开式取土方式，以及施工中排水造成的地下水流失，使土体产生了大的扰动，人工掘进顶管一般会产生较大的地面沉降（通常8~10cm，甚至更大）。因此，当周边环境对地基变形敏感时，特别是当周边存在无桩基础或桩基础较浅的建筑物、年久失修的危楼、大型供水输油等压力管道、铁路干线、高速公路时，严格限制人工掘进顶管施工，并采取有效的安全保护措施。

## 4.3 土压平衡式顶管机

**4.3.1** 土压平衡顶管机，主要采用大刀盘旋转，顶进油缸推动顶管机前进切削土体，切削下的泥土进入密封的储土仓和螺旋输送机被挤压，形成一定的土压力来平衡顶管机所处土层中的土压力和地下水压力，同时采用螺旋输送机排出土量的多少或控制顶管机的前进速度，使土压力与切削面前方的静止土压力和地下水压力保持平衡。借助油缸的推力，把顶管机及跟随其后的管子从工作井一节一节地顶进，至顶管机进接收井的一种非开挖敷设地下管道的施工工艺。

**4.3.3** 土压平衡顶管机适应性较强，适用于N值0~50的各种土质，也适用于无地下水渗透系数比较大的砂卵石地层，有完善的土体改良系统，适用土质范围广。随着技术的日趋成熟，土压平衡顶管机可在管顶距地面覆土0.8倍的管外径浅土层中施工。

## 4.4 泥水平衡式顶管机

**4.4.6** 泥水平衡式顶管机适用土质范围广， 软土、粘土、砂土、砂砾土、硬土均适用， 对土体破碎能力强， 也适用破碎大粒径土体， 尤其地下水压力很高且变化范围较大时也能适用。另外， 复杂地质情况不需要增加辅助措施。泥水平衡式顶管同时适用小口径顶管施工，普通小口径顶管机因内部空间狭小，不适宜人员进机内工作，泥水平衡顶管在地面遥控操作，克服了上述弊端，提高了施工质量。

## 4.5 岩石顶管机

**4.5.2** 滚刀切岩时容易磨损，需及时更换。在非全岩面或岩层裂隙丰富时地下水量大时要防止大量地下水涌入。

**4.5.3** 本条给出滚刀的间距计算，根据刀盘滚刀间距、刀盘转速、滚刀尺寸参数和切割岩石性能，可推导出最佳破岩效率（比能最小）时的顶进速度。

**4.5.4** 滚刀与其他刮刀等高或高差较小时，其他刮刀磨撑岩面使滚刀无法切岩。

**4.5.5** 防止少量岩屑进入管外缝隙抬升管道与岩面摩擦，顶力暴增。

**4.5.7** 防止气压系统堵塞，及时切换供气。

# 5 管材与管道接口

## 5.1 一 般 规 定

**5.1.1** 给水工程常用钢管，排水工程常用钢筋混凝土管。目前，我国玻璃纤维增强塑料夹砂管在顶管工程中已普遍应用，预应力钢筒混凝土管也有所运用，各地可根据具体情况选用。

**5.1.2** 根据工程地质资料、管道埋深及计算荷载等具体情况选用管材和管径后，由结构设计计算管道横截面的环向内力M和N值，复核管道刚度和稳定性验算（柔性管），最终确定管材的管壁厚度、配筋、接口型式、管材力学性能等。

**5.1.3**  大型钢筋混凝土管、预应力钢筒混凝土管，尤其是DN3500管径以上的管材，工程应用实践近年逐渐增多，而管材生产制作标准仍在逐步探索中。所以，本规程建议控制大型钢筋混凝土管、预应力钢筒混凝土管生产过程中的关键工序，混凝土配合比设计、钢筋骨架成型、钢模组装、混凝土浇筑、蒸汽养护等作业工序需进行验证后再进行正式生产。

**5.1.5**  设计无要求时，可参照现行国家标准《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的要求选用橡胶密封圈。

**5.1.6** 设置木衬垫是为了使顶力均匀作用于管节的承力面。木衬垫厚度视顶管条件决定，曲线顶管时要适当增加厚度。据了解，国外有变截面木衬垫应用于曲线顶管的工程实例。

## 5.2 钢 管

**5.2.1** 顶管用钢材宜选用Q235B，Q235B钢材在焊接性能方面优于Q235A，而且价格相当。

**5.2.2** 钢制顶管的现场焊接工作量大、工期长，因此单节管长度一般越长越好，以减少现场焊缝。由于受钢板宽度和工作井尺寸的限制，不可能做的很长，为了充分利用钢板，所以单节管的长度宜为钢板的宽度的倍数。一般而言，短距离顶管，单节管长取6m或6.6m（根据每张钢板的定尺长度确定，如钢板定尺宽度为3m，则单节管长取6m；如钢板定尺宽度为2.2m，则单节管长取6.6m）；长距离顶管宜取8m～10m或更长。单节管长度大的缺点是顶管工作井长度相应增加，提高了工作井的造价。因此在单节管长度的确定上要结合钢板定尺长度、工作井的地理位置及工程造价等综合考虑。

**5.2.3** 若采用两条纵向焊缝，对大直径管焊缝间距应大于300mm；小直径管纵向焊缝间距应大于100mm。大直径管指直径大于或等于800mm的管道，小直径管指直径小于800mm的管道。

**5.2.5** 对于现场顶管的焊接，根据工程对比单V形坡口角度宜为40°，焊接质量容易保证，减少了现场焊工的仰焊，且在较大直径顶管中可以分上半圆与下半圆来施焊（如图1所示），这里要注意的是焊工的起焊点、焊工与焊工之间的交界处、上半圆与下半圆的交接处均是焊缝质量控制的重点。



图1 现场焊接示意图

井内管道接口拼装焊接不宜在井内修边，因井内拼装焊接修边后不能保证焊接质量。

**5.2.7** 钢管中的无压管，一般用于给水工程中的取水管。取水管中的埋管段接头常用哈夫接头，所以顶管中的无压取水管，焊接质量检查标准不必取II级而取III级。

## 5.3 钢筋混凝土管

**5.3.3** 根据现行行业标准《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》JC/T 640规定，接口型式有钢承口式、双插口式、钢承插口式和企口式。本规程推荐采用目前F型钢筋混凝土顶管常用的接口型式。

 经过工程验证，双道橡胶圈的接口型式具有密封可靠的特点，压力管道或者遇不良工况顶管，可以提高管道的防渗漏性能，所以推荐在特殊工况时使用。上海市某污水干线工程使用的双道橡胶密封圈钢承口接口型式如下图所示。



图2 双道橡胶密封圈钢承口接口示意图

1—钢承口；2—遇水膨胀橡胶条及钢筋挡圈；3—密封胶；4—止退钢环；5—定位钢环（与6连接处留孔）；

6—试压孔（带外方管堵）；7—压浆孔（带止回阀及外方管堵）；8—橡胶密封圈；9—多层复合板或松木板；

10—密封胶

 使用双道橡胶圈接口型式的顶管，管道接口在工作井内连接完毕、管道顶进以前应进行接口水压试验，检验数量可按管道接口数量的30%，剩余接口的水压试验应在管道顶进完成后、管道接口嵌缝和内防腐施工以前进行。

**5.3.7** 橡胶密封圈的安装质量是否可靠直接影响管道最终接口质量，本条对橡胶密封圈的安装施工进行了规定。

## 5.4 玻璃纤维增强塑料夹砂管

**5.4.4**  采用定长缠绕工艺制作管节时，管节外径不易控制，为提高管端压缩强度，采用管端纯玻璃钢段与管身夹砂层段相结合的铺层形式，并且有沿整管一致连续的纤维缠绕层，以保证整管的连续性。管端纯玻璃钢段与管身夹砂层段交接处必须通过纯玻璃钢的单向布的边缘直接插入夹砂层中，呈交错结合形式，以保证界面强度。

**5.4.5** 玻璃纤维增强塑料夹砂管接头连接材料可选用玻璃钢、不锈钢、碳素钢，玻璃钢连接材料初始环向拉伸强度不低于150MPa，钢套筒连接方式可选用不锈钢或经防腐处理的碳素钢，并按照GB 150的标准要求选取许用拉伸强度。接口连接方式依据生产工艺及承受内水压的不同主要有三种，见下图：



图3 无内水压双插接口

1—钢或玻璃钢套筒 2—橡胶密封圈



图4 有内水压双插接口

1—钢或玻璃钢套筒 2—齿型橡胶密封圈



图5 有内水压的承插接口

1—承口 2—插口 3—橡胶圈

**5.4.6** 玻璃纤维增强塑料夹砂顶管属柔性材料，应提高管道环刚度，减小管道径向变形。

**5.4.7**  玻璃钢管为多层复合结构，偏心受力时管端易爆口，因此管端切割面应尽量保持平整，以增加受力面积，减少管端损坏的可能。

**5.4.8** 现行国家标准《玻璃纤维增强塑料顶管》GB/T 21492 对管道外观质量、管端垂直度、巴氏硬度、轴向压缩强度、初始环刚度、初始挠曲性、抗渗性均有相应的技术要求，管道出厂时应提供力学性能检测报告。

**5.4.11**  管节接口连接完成后，有双道橡胶密封圈接口的管道可进行单口打压试验，验证管道接口的密封性。

## 5.5 预应力钢筒混凝土管

**5.5.2** 预应力钢筒混凝土管是由预应力混凝土和钢筋混凝土复合而成，其接口包含承受内水压的密封接口和防止泥沙进入接口受力面的挡砂环构成，挡砂环属防泥沙结构，不具备使用功能，配合精度可适当降低，以利于双挡砂接口安装时的便利性。接口型式如图6所示。



图6 预应力钢筒混凝土管接口断面

1—外层混凝土纵筋；2—外层混凝土环筋；3—楔形橡胶圈；4—注浆管；5—挡砂接口插口钢环；6—挡砂接口承口钢环；7—端部钢筋；8—挡砂环锚筋；9—外层混凝土；10—预应力钢丝；11—钢插口；12—止回阀；13—排气孔；14—试压孔；15—“O”形橡胶圈； 16—钢承口；17—钢筒；18—木衬垫

**5.5.3** 预应力钢筒混凝土顶管结构中的钢筒厚度可依据管径、内水压等要求适当增加；预应力钢丝直径通常为7mm，也可根据管节需承受的环向应力要求增大；管节制作用模具须精加工制作。

**5.5.6**  成品外观质量可通过肉眼观测、量具、仪器测量等方式。

**5.5.7** 预应力钢筒混凝土管运输可采用平板运输车 ，管道直径大于DN3000时，通常采用立式摆放、固定的方式，以防止超高。管子堆放既可平放也可立放，平立转换采用专用翻管装置进行。

# 6 顶管始发、接收

## 6.1 一 般 规 定

**6.1.1** 工作井围护结构应根据工程水文地质条件、邻近建（构）筑物、地下与地上管线情况，以及结构受力、施工安全等要求，经技术经济比较后确定。

**5** 曲线顶管中，始发井宜设置在直线段的一端，在有曲线又有直线的顶管中，始发井宜设在较长直线段的一端。

**6.1.4** 盘根止水穿墙管构造见下图，盘根止水穿墙管可用于以下情况：

**1** 穿墙管处于透水层（包括砂土、粉土和砾石）。

**2** 地下水压力大于0.08MPa。

**3** 穿墙管兼作释放管道温度应力的伸缩机构。

 橡胶板止水穿墙管的构造见下图，橡胶板止水穿墙管可用于以下情况：

**1** 穿墙管处于渗透系数小的粘性土土层。

**2** 穿墙管处的地下水压力小于或等于0.08MPa。

 顶管结束后，永久性工作井上的橡胶板止水穿墙管应改造成永久性柔性堵头。

穿墙管临时封填可采用下列材料：

**1** 沉井穿墙管可采用砖砌体或低强度水泥土。

**2** 地下连续墙穿墙管可用低强度水泥土或钢板。

（图7-盘根止水穿墙管构造图）

（图8-橡胶板止水穿墙管构造图）

（图9-盘根、橡胶板复合止水穿墙管构造图）

## 6.2 沉 井

**6.2.1** 沉井一般用于比较开阔地带，周围环境相对影响较小的地理位置，不适宜在市区施工。

**6.2.2**  分阶段下沉系数的计算，是作为确定下沉施工方法和采取技术措施的依据。沉井施工计算主要包括垫层厚度、侧摩阻力、下沉系数、下沉接高稳定性和封底混凝土（水下封底时计算）等内容。沉井施工组织设计编制完成并通过专家评审后，方可按经过批准的施工组织设计组织施工。

**6.2.3**  预先将场地清理、平整和夯实，使得地基在沉井与沉箱制作过程中不致发生不均匀沉降。沉井与沉箱的第一节制作对沉井与沉箱的下沉非常重要，涉及到刃脚、隔墙等的制作，为了保证制作的质量，所以第一节的制作荷载不应大于地基的承载力设计值，以后各节只制作井壁，承载力要求较第一节低，达到地基的极限承载力标准值即可。如设计值有上、下限值时，采用上限值。

沉井接高施工时，必须保证其接高稳定性，以便防止接高发生突沉。接高稳定性不符合要求时，应根据计算结果采取井内留土、灌水等措施，确保接高制作稳定。 外排脚手架制作时不应使用沉井的井壁制作时的模板，外排与模板脱开，避免由于沉井下沉而引起脚手架倾斜，造成不必要的事故。

 根据工程实践经验，一般沉井多按结构自重克服摩阻力下沉。在选择下沉系数时，一方面要尽可能保证依靠自重下称，同时又要防止结构自重过大导致超沉、突沉。沉井的自重包括井壁、隔墙和框架等重量。如采用不排水下沉，则沉井的自重尚须考虑水的浮力对沉井自重的影响。此时沉井所受水的浮力的大小，等于地下水位以下的井壁、隔墙、框架等部分的同体积水重。

 当沉井下沉系数较大或下沉过程中遇有软弱土层时，有可能会发生沉井突沉事故。若沉井下沉稳定系数不能满足要求，应采取合适的地基加固措施。

**6.2.4~6.2.6** 沉井下沉采用排水法下沉时，应认真分析水文地质资料，宜采用深井降水措施，进行现场抽水试验，制定降水方案。排水法下沉时可以根据现场情况选用机械挖土或高压泵冲泥等下沉方法，当下沉至距设计标高2m时，对下沉与挖土情况应加强观测。

不排水下沉适用于流砂严重的地层和渗水量大的砂层、地下水无法排除或大量排水会影响附近建筑物的情况以及环境保护等级要求高的区域。不排水下沉时根据现场条件可选择空气吸泥与潜水员配合或机械抓土与潜水员配合等下沉方法，施工时井内水位不宜低于井外水位。

 沉井下沉困难时可采用触变泥浆、空气幕、井壁外高压射水、压沉法及注浆或其他助沉措施。

**6.2.7** 沉井纠偏方法有：井内挖土纠偏、利用增加堆载或偏心压重纠偏、锚桩与支撑措施纠偏；对于无底梁的沉井或软弱土层中沉井，初沉阶段可利用卷扬机或地锚牵引纠偏、终沉阶段可利用千斤顶顶推纠偏。

**1** 井内挖土纠偏沉井在入土较浅时，容易产生倾斜，但也比较容易纠正。纠正倾斜时，如系排水下沉，可在沉井刃脚高的一侧进行人工或机械出土。在刃脚低的一侧应保留较宽的土堤，或适当回填砂石。如系不排水下沉的沉井，一般可在靠近刃脚高的一侧吸泥或抓土，必要时可有潜水员配合在刃脚下出土。

**2** 利用增加堆载或偏心压重纠偏，由于弃土堆在沉井一侧，或由于其他原因造成的沉井两侧有土压力差，使沉井产生偏斜。在沉井倾斜低的一侧回填砂或土，并进行夯实，使低的一侧产生的土压力大于沉井高的土压力，亦可起到纠偏的作用。如在沉井高的一侧压重，最好使用钢锭或生铁块，这时沉井高的一侧刃脚下土的应力大于低的一侧刃脚下土的应力，使沉井高的一侧下沉量大些，亦可起到纠正沉井倾斜的作用。

**3** 初沉时利用卷扬机或地锚牵引纠偏。

**4** 终沉阶段可利用千斤顶顶推纠偏。

## 6.3 灌注桩排桩

**6.3.1** 试成孔至设计标高并完成一清后，静置一段时间（一般根据成孔到成桩的施工时间来估算或根据设计要求），从开始测得初始值后，每3h~4h间隔测定一次孔径曲线（含孔深、桩身扩径缩径）、垂直度、沉渣厚度等，以核对地质资料、检验施工设备、施工工艺及泥浆指标等是否符合工程要求，在正式施工前调整选择好施工参数。

根据工程情况，对于环境保护要求较高的工程或地质条件较复杂的情况下不应在原位进行试成孔；对于要求较低的工程可进行原位试成孔。非原位试成孔的孔位在试成孔结束后应采用素混凝土或其它材料密实封填。

**6.3.2** 排桩围护结构，确保垂直度满足设计要求很重要，成孔机械一般选择钻架配重大、钻杆扭矩大的设备，宜采用GPS-15型及以上的设备。另外还需减少围护沉降，以减少与主体结构的差异沉降，严格控制沉渣厚度，通过泥浆反循环的工艺可有效控制沉渣厚度。

 灌注桩排桩成孔施工的质量保证措施一般有：（1）采用膨润土泥浆护壁，提高泥浆粘度，可有效防止孔壁坍方、缩径；（2）先施工隔水帷幕，再施工灌注桩排桩，有利于保证隔水帷幕和灌注桩的施工质量，也可避免先施工的灌注桩由于塌孔扩径导致外侧止水帷幕施工困难的不利情况；（3）围护结构位置采用水泥搅拌桩预加固主要是控制灌注桩成孔过程中孔壁的稳定不塌孔，预加固的水泥搅拌桩水泥掺量一般为7%~8%。

**6.3.5**  隔水帷幕一般有双轴水泥土搅拌桩、三轴水泥土搅拌桩、等厚度水泥土搅拌墙及全方位高压喷射桩等型式。

**6.3.6** 半逆作法施工，对灌注排桩的垂直度控制要求较高，另外灌注排桩作为主体结构时需要预埋插筋或接驳器等，为确保预埋插筋、接驳器标高的准确，需精确计算吊筋长度，并采取可靠措施固定。

## 6.4 钢板桩

**6.4.1** 钢板桩围护墙施工允许偏差应符合下表的规定。

表1 钢板桩围护墙允许偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检查项目 | 允许偏差或允许值（mm） | 检查数量 | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 轴线位置 | ≤100 | 每10m（连续） | 1 | 经纬仪及尺测量 |
| 2 | 桩顶标高 | ±100 | 每20根 | 2 | 水准仪测量 |
| 3 | 桩长 | ＋100,0 | 每20根 | 1 | 尺测量 |
| 4 | 桩垂直度 | ≤1/100 | 每20根 | 1 | 线锤及直尺测量 |

**6.4.6** 钢板桩拔出后，其空隙应及时用注浆等方式进行充填密实。

## 6.5 地下连续墙

**6.5.1** 根据工程情况，对于环境保护要求较高的工程或地质条件较复杂的情况下不应在原位进行试成槽；对于要求较低的工程可进行原位试成槽。通过试成槽选择适合场地土质条件、满足设计要求的机械设备、工艺参数等。试成槽过程中应定时检测护壁泥浆指标，记录成槽过程中的情况及成槽时间等；成槽至设计标高后应按设计要求的时间间隔进行槽壁垂直度、槽底沉渣厚度的检测。

非原位试成槽的槽段试成槽结束后应及时回填，位于基坑内的试验槽段在基坑开挖面以下应采用混凝土回填，基坑开挖面以上可采用土或中粗砂回填，必要时可采用注浆法对回填区域进行加固。当试验槽段位于基坑外时可采用土或中粗砂回填。

**6.5.2** 普通抓斗式成槽机其抓斗重量一般在20t以下，重型抓斗式成槽机其抓斗重量一般在30t以下，闭合力有限，对于标贯击数N大于50击的较坚硬土层，难于切入土中，效率较低，成槽时间长，对槽壁稳定不利，另外往往通过掼抓斗来硬啃土体，会影响垂直度。因此成槽深度进入密实粉砂层（标贯击数N大于50击）较深时宜采用抓铣结合的成槽方法。

铣槽机铣槽时，两个铣轮低速转动，方向相反，其铣齿将地层破碎，钻掘出的泥（岩）渣与泥浆一起被泥浆泵排到地面的泥浆站。根据地质情况不同，安装不同的铣齿；钻掘软岩和砂砾层或土层时，安装扁平的牙式铣齿；钻掘硬岩时，安装圆台形滚筒式磨轮，施工效率高，垂直度控制好。另外由于铣槽机成槽采用了泥浆反循环的原理，槽底沉渣能得到有效控制。

**6.5.3** 地下连续墙槽壁加固的深度不大于10m时可采用双轴水泥土搅拌桩，水泥一般采用P.O.42.5级普通硅酸盐水泥，水泥掺入比不宜小于14%；当需要加固的深度大于10m时可采用三轴水泥土搅拌桩，水泥一般采用P.O.42.5级普通硅酸盐水泥，水泥掺入比不宜小于20%，即每立方米搅拌土体中水泥掺入量不宜少于360kg，桩体垂直度允许偏差不应超过1/200。槽壁加固深度一般低于基坑开挖面以下3m，桩体直径650mm~850mm，加固区与围护体的间隙根据加固深度、设备工况及施工能力等综合确定，一般为50mm~100mm。特殊情况下，如工作面狭小、限高等，无法满足搅拌桩设备施工需要，可考虑采用旋喷、摆喷等加固形式。

**6.5.4** 护壁泥浆应根据材料和地质条件进行试配，泥浆配合比应按现场试验确定，新拌制的泥浆应充分水化后贮存24h以上方可使用，成槽时泥浆的供应及处理系统应满足泥浆使用量的要求，应采用泥浆检测仪器检测泥浆指标，槽段开挖结束后及钢筋笼入槽前应对槽底泥浆和沉淀物进行置换。循环泥浆应采取分离净化等再生处理措施，当泥浆含砂率大于7%时宜采用除砂器除砂。

通过泥浆试配与现场检验确定是否修改泥浆的配比，检验内容主要包括稳定性、形成泥皮性能、泥浆流动特性及泥浆比重检验。遇有含盐或受化学污染的土层时，应配制专用泥浆，以免泥浆性能达不到规定要求，影响成槽质量。泥浆分离净化通常采用机械、重力沉降和化学处理的方法。除砂器选择应根据砂的颗粒大小及需处理的泥浆方量来确定。

**6.5.5** 地下连续墙槽段间的连接接头可采用圆形锁口管接头、十字钢板接头、工字钢接头、V型钢板接头、钢筋混凝土预制接头和套铣接头等形式。

地下连续墙间的连接接头应根据地下连续墙的使用要求选用，且应满足地下结构防渗要求，对于超深地下连续墙采用圆形锁口管作为接头时，接头设置V字形钢板可以便于锁口管的起拔。

套铣接头即利用铣槽机切削先行槽段混凝土而形成的地下连续墙接头。采用套铣接头工法的地下连续墙槽段可分一期槽段和二期槽段两种，先行施工一期槽段，然后在两个一期槽段中间插入二期槽段。一期槽段可采用抓斗式成槽机成槽，或采用抓斗式成槽机与铣槽机抓铣结合成槽，二期槽段采用铣槽机铣槽。

地下连续墙接头易渗水，逆作法施工时空间较密闭，排风、照明有限，接头处渗漏较难处理，当无槽壁加固时在坑外宜采取高压旋喷桩加强止水。高压旋喷桩数量、直径、深度根据设计要求确定，一般采用2~3根直径800mm~1000mm且深度低于坑底3m以上的旋喷桩或摆喷桩；在特别重要地方，如临近已运营的地铁隧道等，可采用挤土效应小、对周围环境影响小的全方位高压喷射桩进行加强止水。

**6.5.6** 地下连续墙钢筋笼制作场地应平整，平面尺寸应满足制作和拼装要求；采用分节吊放的钢筋笼应在场地同胎制作，并进行预拼装，分节位置应满足设计与规范要求；钢筋笼上的剪力槽、插筋、接驳器等应连接牢固可靠，并应按要求进行外观、尺寸、抗拉等检验。

分节制作钢筋笼宜采用接驳器连接。预留的剪力槽、插筋、接驳器等预埋件标高、位置应复核，为确保基坑开挖时方便凿出，可设置夹板等保护层。

## 6.6 型钢水泥土搅拌墙

**6.6.1** SMW工法应选择恰当的搅拌桩机，配置电子称重自动拌浆系统以及泵压、流量表具，通过试成桩确定不同地质条件下的成桩施工工艺、水泥（膨润土）浆液水灰比、注浆泵工作流量、三轴搅拌机头下沉或提升速度等各项施工技术参数以及搅拌桩28天龄期无侧限抗压强度。三轴水泥土搅拌试检测以水泥土试块为主，采用标准养护及同条件养护两种形式。

**6.6.2** 水泥土搅拌桩搅拌机自重一般在1300kN~500kN,在三轴搅拌桩施工范围内，探摸清障后，应回填压实，铺设钢板，必要时还需对路基进行加固。

**6.6.3** 三轴水泥土搅拌桩的垂直度与搅拌桩机导向架的垂直度，搅拌钻杆的平直度，桩深度及地层有关。三轴水泥土搅拌桩机移位后，必须检查搅拌桩机导向架垂直度允许偏差不应大于1/250。

**6.6.4** 对于中密-密实砂质地层，下沉搅拌速度缓慢，宜调低水灰比，掺入膨润土，并根据下沉速度调整浆泵流量。

**6.6.5** 三轴水泥土搅拌桩施工，一般情况下均采用跳打双孔套接复搅连接成墙，在施工条件受限时（搅拌机无法来回移位或搅拌墙体转角处）可采用单侧挤压式一孔套接复搅连接成墙。超深三轴水泥土搅拌桩可采用加接钻杆的方式或采用先行钻孔，再加接钻杆的工艺。当桩架高度18m~30m时，通过加接3~5次钻杆，施工深度可达50m。超深三轴水泥土搅拌桩在密实砂质地层先行钻孔时，应注入膨润土浆液，搅拌成桩时水泥浆液中也应掺入膨润土。超深三轴水泥土搅拌桩加接钻杆搅拌成墙时，还需计算加接、拆卸钻杆的水泥浆液损耗率，每连接一次钻杆水泥浆液损耗递增5%。

## 6.7 逆作法

**6.7.1** 逆作法工程开工前，施工单位应与设计等相关单位相互配合，确定邻近环境条件明确基坑周边各段的环境保护等级及基坑变形控制指标，逆作法施工工况以及结构与土方开挖交叉进行的流程等。

**6.7.3** 逆作法基坑降水可采用集水明排、管井降水、真空管井降水、轻型井点降水、喷射井点降水等方法。

**6.7.4** 逆作土方开挖应合理划分各层开挖分块大小，施工块划分应综合考虑地下水平结构施工流水及设置结构施工缝的要求。

**6.7.7** 根据邻近环境条件明确基坑周边各段的环境保护等级及基坑变形控制指标，编制施工监测方案。基坑监测应从基坑围护结构施工开始，至地下结构施工完成为止，当工程需要时，应延长监测周期。

## 6.8 土体加固

**6.8.1** 顶管洞口加固需在工作井、接收井的底板达到设计强度后进行。三轴搅拌桩的水泥掺量不宜小于20%，水灰比宜为1.2~1.5；高压旋喷桩注浆的水泥掺量不宜小于25%，水灰比宜为0.7~1.0，加固搭接要均匀。

**6.8.2**  洞口土体采取加固的主要目的是：①确保开洞门时土体具有一定的强度，防止土体坍塌涌入井内。②确保开洞门时土体具有一定的抗渗透性，防止地下水通过土体涌入井内。始发到达洞口土体加固的范围宜为离洞口正前方6m，上下方各3m~4m，左右各3m~4m。

顶管洞口的加固效果应采用钻芯取样的方式进行检验，加固体的强度不宜小于0.5MPa，并应检查加固体的均匀性和防渗漏性能。

**6.8.4~6.8.5** 冻结管宜采用无缝钢管。冻结管下入地层后必须进行试压，试验压力应为冻结工作面盐水压力的1.5倍~2倍，经试压30min压力下降不应超过0.05MPa，再延续15min压力保持不变为合格。重复使用旧钢管前应逐根除锈。

冻结管的连接应采用钢制螺纹管接头或加管箍焊接。采用螺纹管接头接连，应预先在地面组装并进行渗漏试验；采用管箍焊接，应进行焊缝检测，管箍的材质应与钢管的材质相同。

低温盐水冻结冷媒宜采用氯化钙溶液，其比重应根据设计盐水温度确定。盐水循环系统的干管及位于配液管首尾冻结器的供液或回液上，应设置流量计。

供回液低温管路以及冻结踢与空气接触面应进行隔热处理，减少冷量的损失。

冷冻站站房结构应通风良好，防火、防渗漏、防毒、避雷等安全设施齐全。融沉注浆总量一般为冻土体积的25%左右，可采取以下方法进行跟踪注浆控制融沉：1、顶管施工后利用泄压孔进行跟踪注浆，控制融沉；2、利用注浆孔进行跟踪注浆，减少融沉。

# 7 顶 管 施 工

## 7.1 顶力估算和允许顶力

**7.1.1** 总顶力的计算与实际施工顶力有一定差距，这与土层情况和施工技术水平有关，所以计算的总顶力仅作为施工的参考依据。

**7.1.2** 平均摩阻力有一个范围，与触变泥浆性能、泥浆注入与补充以及施工技术水平等因素有关，应根据实际情况选用。当土层较好时，平均摩阻力可取低值。

**7.1.3** 顶管机迎面阻力的计算公式是根据现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268简化所得，供参考使用。

**7.1.7** 顶管工作井结构或背土体的允许的最大顶力计算可参考现行标准化协会标准《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规范》CECS 137。

## 7.2 中 继 间

**7.2.2** 第一道中继间应能保证克服前方管道的外壁摩阻力和顶管的迎面阻力之和，而后面的中继间应能克服两个中继间之间的管道外壁摩阻力。确定中继间位置时，应留有足够的顶力安全储备（宜大于30%~40%），并根据顶管穿越土层及实际经验，以选定中继间的实际摆放位置。中继间的数量应根据理论计算与实际情况的结合进行调整，布置合理，满足顶力要求。

**7.2.3** 第一道中继间宜布置在顶管机后方约20m~50m的位置，主要是为了顶管机在纠偏时后续的管道能及时纠偏，距离过长纠偏效果难以保证。

**7.2.5** 中继间型式有多种，组合式密封中继间的特点是密封装置可调节，可组合，可在常压下对磨损的密封圈进行调换，可在各种复杂地质条件下和高水头压力下进行超长距离顶管。中继间的允许转角使其在顶进过程中可以纠偏，也可用在曲线顶管，但允许转角不宜过大，中继间转角偏大易造成渗漏及减小顶进力。

**7.2.7** 施工结束后，由前向后依次拆除中继间内的顶进设备。拆除中继间应先将千斤顶、油路、油泵、电器设备等拆除。每个中继间拆除的顺序应是：先顶部、次两侧、后底部。由第一个中继间开始往后拆、拆除的空间由后面的中继间继续向前顶进，使管口相连接。钢管中继间拆除后，在薄弱断面处宜加焊内环，两端焊缝应平滑。

## 7.4 顶进设备安装

**7.4.8** 洞口止水装置的形式较多，选择时应充分考虑到工程的风险，力求顶管过程中的洞口止水装置完好无损，止水效果良好。对于具有承压水影响的洞口，宜采用组合洞口止水装置，并且具有应急堵漏的技术措施。

## 7.5 测 量

**7.5.4** 地面近井导线测量时，导线点应与首级平面控制点、加密平面控制点构成附合导线或闭合导线；近井水准点应利用首级或加密高程控制点测定，并应构成附合、闭合水准路线。近井导线点和水准点应埋设在井口附近便于观测和保护的位置，并标识清楚。

**7.5.5** 竖井定向测量方法及要求：

**1**  导线直接传递法，应采用不低于1″级全站仪；边长应采取对向观测，并进行常数改正和气象改正；垂直角应小于30°；全站仪和棱镜安置应采用强制对中的固定观测墩形式。

**2**  联系三角形法，竖井内悬挂的两根钢丝与井上、井下近井点组成的联系三角形应呈直伸三角形；悬挂钢丝间的距离c应尽可能长，连接角β、β′宜小于1°，a/c及a′/c宜小于1.5，如图10所示。角度观测应采用不低于1″级全站仪，用方向观测法观测六测回；边长采用电磁波测距测量三测回；井上与井下的钢丝间距较差应小于2mm。为提高定向精度，有条件时应悬挂三根钢丝组成双联系三角形。



（a）立面图



（b）平面图

图10 联系三角形法测量示意图

1—井上支架；2—钢丝；3—重锤；

A、T—地面近井点；B、M—地下近井点；

a、a’—近井点离悬挂钢丝的最短距离；c、c’—井上、井下钢丝间距

**3** 投点定向法，应选用精度不低于1/45000的铅垂仪；投点时，应使铅垂仪在其0°、90°、180°、270°四个方向分别向上进行投点，取相交十字线的交点为井上投测点的最终位置；井下两投点应相互通视，其间距应尽可能长。

**7.5.7**  高程传递测量方法及要求：

**1** 悬挂钢尺法，在竖井内悬挂经检定合格的钢尺，并在钢尺上悬挂与钢尺检定时相同质量的重锤；高程传递时，井上和井下安置的两台水准仪应同时读数，并独立观测三测回，测回间应变动仪器高，三测回测得的井上、井下水准点间的高差较差应小于3mm。高差应进行温度、尺长改正；当井深超过50m时应进行钢尺自重张力改正。

**2** 全站仪三角高程测量法，传递测量时应按每点设站、对向观测的方法施测；两点间对向观测的高差较差应小于3mm。传递测量应独立进行两次，两次测得的井上、井下水准点间的高差较差应小于3mm。三角高程测量宜与导线直接传递测量同步进行。

**7.5.9**  顶管施工时，管体和设置在管道内的测量中继站一直处于运动状态，每次的导向测量必须以始发井内的测量控制点为基准，通过测量中继站的传递，最终测定顶管机头的三维坐标；再加上导向测量时，管道受土体挤压力等影响而处于不稳定状态，测量中继站的点位会随着时间产生一定变化。所以，为了保证人工导向测量的精度，应尽可能的减少测量中继间数量，缩短导向测量时间，故规定管道内设置的测量中继间不超过2站。

人工导向测量宜按每顶进一段管节测量一次的频率进行，但当管节长度较长、顶管进入曲线段或轴线偏差较大时，应适当增加导向测量频率。

**7.5.10** 顶管自动导向系统能在短时间内自动快速地完成导向测量，并实时显示测量成果数据。与人工导向测量相比，自动导向测量的精度和效率得到显著提高，尤其是在长距离顶管和曲线顶管中，其优势更加明显。有条件时应首先采用自动导向系统进行导向测量。

## 7.6 触 变 泥 浆

**7.6.1** 触变泥浆对于顶管施工的顶力和地面沉降控制都至关重要。应从选材与配方、管路系统配置、注浆量、注浆压力等进行管理。长距离顶管线路长，为使全程注浆压力不致相差过大，可每隔400m增设压浆泵以增大压力；长距离顶管的布浆与补浆应分别设独立的注浆系统，布浆宜使用低压力、大流量的注浆泵，补浆可使用高压力、小流量的注浆泵。

**7.6.3** 在注浆孔中设置一个单向阀，使浆液管外的土不能倒灌而堵塞注浆孔，从而影响注浆效果。支管设置球阀用于支管开关控制。

**7.6.4** 本条是指同步注浆、补浆量的控制和注浆压力的控制。一般情况下是以注浆为控制目标。在注浆过程中，应该注意注浆孔堵塞与否，要使得管外壁形成完整的触变泥浆润滑套，防止单侧有泥浆，形成制动效应。

**7.6.6** 注浆孔的实际注浆量，对于粘性土和粉土不应大于理论注浆量的1.5倍～3倍，对于中粗砂层应大于理论压浆量的3倍以上。

## 7.7 管道顶进和纠偏

**7.7.1** 工具头结构形式采用全敞开的钢质工具管，适应于稳定密实的土层和软岩层；管径较小、土质稳定、顶距较短时，可直接由首节管作为工具管；对于粘性较差的松散砂土层，宜采用网格式或挡板式工具头，以增强其对工作面土压力的平衡能力，防止坍塌。

由于采取敞开式取土方式，以及施工中排水造成的地下水流失，使土体产生了大的扰动，人工掘进顶管一般会产生较大的地面沉降（通常8cm~10cm，甚至更大）。因此，当周边环境对地基变形敏感时，特别是当周边存在无桩基础或桩基础较浅的建筑物、年久失修的危楼、大型供水输油等压力管道、铁路干线、高速公路时，严格限制人工掘进顶管施工，并采取有效的安全保护措施。

 人工掘进顶管工具头分为带纠偏装置和不带纠偏装置两类。后者用于顶程较短（通常30m以内）的中小口径顶管工程。在稳定土层中施工时，可以根据偏差情况，直接采用挖土方式纠偏（即在偏差的相反方向进行超挖），对于偏差量较大出现纠偏困难时，采用挖土纠偏方式常常简单有效。

**7.7.5** 采用泥水平衡式顶管规定说明：

**2~3** 泥浆指标的控制，是泥水平衡顶管的防止切削面坍塌的关键。

**4** 停机前泥水内循环可以帮助清理循环管道内的沉渣土。

**5** 拆卸泥浆管时应关闭井内泥水循环管截止阀。

**7.7.6** 管道顶进说明：

**2** 管道初始顶进时应控制推进速度，不宜过快，在此过过程中应摸索推进的相关数据，为正常顶进提供依据。

**3** 顶管正常顶进时应控制开挖量与出土量的平衡。

**4** 土压力值的确定应根据土的性质和出土量的多少而确定。

**7.7.7**  由于沉井下沉时周围土体被扰动，顶管机出洞时，洞外土体泥水易流失，同时顶管机自重太重，所以要采取防磕头措施。

**7.7.8** 管道纠偏的测量依据应该是顶管机端面的中心偏差，但由于测点无法进入顶管机头部，因此对于管端的偏差无法测量，从而必须从测点推算顶管机管端的偏差，以此作为纠偏的依据。

管道顶进出现偏差是正常的，在允许偏差内可以不纠偏，当偏差大于允许偏差时才考虑纠偏，纠偏过程不能大起大落，不追求零偏差，要保持管道轴线以适当的曲率半径逐步回到轴线上来。

通常据说的“勤测、早纠、微纠、早纠”纠偏操作原则，纠偏要早，纠偏量要小，复位要提前，防止纠枉过正。

**7.7.9** 由于在初始顶进阶段正面水土压力远大于管周围的摩阻力，因此在千斤顶回缩时，管道也跟随后退，导致洞口止水装置受损，为此需将初始顶进的管道与井壁相连，防止管道退缩，直至管道外壁摩阻力大于顶管机正面水土压力为止。

**7.7.10**  顶管机停顿，则恢复顶进时的阻力会大幅增加，停顿时间超过12h，则阻力几乎增加一半以上，所以要加大注浆量减阻，并严格控制停顿时间。

**7.7.11** 本条给出了管道曲线顶进的具体规定。曲线顶管的测量是很关键的，除采用先进仪器设备外，还应由专业测绘单位承担，以保证曲线顶进的顺利进行。

## 7.8 排 泥

目前无论是土压平衡还是泥水平衡顶管法施工，一般都采用泥水管路连续出泥的排泥方法。对于土压平衡顶管法，则从螺旋机输出的泥土通过泥水转换器转换为泥浆出泥。这种方法可以实现管道连续顶进，提高施工效率，现场文明施工状态也比较好。岩石顶管掘进机的排泥方法也应采用管路连续出泥的方法。

## 7.9 通 风

**7.9.1~7.9.2** 顶管施工比较容易遭受的情况之一是有毒气体伤害，人员在管道内要消耗大量的氧气，管道内会出现缺氧，影响作业人员的健康。由于管节顶进施工距离长，施工过程中，随着管道不断向前延伸，由于空气不流通，管内温度会逐渐增高，空气中的氧气会逐渐减少，管内湿度增大。为改善管内工作环境，在管道施工全过程中应采取通风措施，加大管道内空气流通量，营造良好的作业环境。为保证各种有害气体的浓度不超过规定值，管道内应配备多功能有毒、有害、可燃气体的监测仪。有毒有害气体控制指标如下：1、含氧浓度（O2）:19%~21%为正常范围；17%为报警值；小于等于12%时现场施工人员应全部撤离。2、甲烷浓度（CH4）：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；大于等于1%要疏散作业人员，切断电源和火种。3、一氧化碳（CO）：35ppm为报警界限，出现煤气泄漏，施工人员应撤离现场并切断电源和火种。4、硫化氢浓度（H2S）：小于等于7ppm为正常范围，10ppm为报警界限，超过此界限时，现场施工人员必须全部撤离。

**7.9.4**  根据气压施工劳动保护卫生要求规定，在任何情况下应保证每人的供气量不小于25m3，当压力大于0.15MPa时，每人的供气量不小于30m3。

**7.9.8** 顶进距离较短的顶管可采用鼓风通风，但轴流风机体积大，噪声大，且在一定距离后达不到通风效果，采用压缩空气通风不仅降低噪声，而且通风效果良好。

## 7.10 供 电

**7.10.2** 顶管施工现场临时用电还应统一进行组织设计，有统一编制的临时用电施工组织设计和用电方案，取电来源可靠，并具有一个临时用电施工、安装、维修、管理队伍。

**7.10.3** 顶管距离较长时，管内供电会引起电压降低，致使管内设备无法启动，因此，必须采用高压供电。高压供电解决了压降问题，但也带来了安全问题，最大的安全问题就是井下吊顶铁、吊管道时万一碰撞、砸伤高压电缆将带来严重后果，因此采取措施在井下设置一个带零序继电保护的高压操作电柜，万一高压电缆碰坏损伤接地电柜将立即跳闸断电，应杜绝事故发生。另外，地面的箱式变压器也带有继电保护回路，给电路第二道保护。

**7.10.4** 每隔200m设一只总控制电箱，供100m以后的主顶有泵车、渣浆车、注浆泵和中继间油泵等使用。

**7.10.7** 管道内设有应急照明系统，因故突然停电时，使用应急照明，保证施工人员安全撤离。

**7.10.8** 顶管施工现场所有用电设备，除作保护接零外，还应在设备负荷线的首段处设置漏电保护装置，开关箱中必须装设漏电保护器。即总配电箱和开关箱中分别设置漏电保护器，形成用电线路的两级保护。顶管施工现场专用的中性点直接接地的电力系统中，必须实行TN-S三相五线制供电系统。电缆的型号规格要采用五芯电缆。

**7.10.9**  配电系统应设置总配电箱、分配电箱和开关箱。按照总配电箱—分配电箱—开关箱的送电顺序，形成完整的三级配电系统。每台用电设备必须设置各自专用的开关箱，开关箱内要设置专用的隔离开关和漏电保护器。用电设备按照“一机、一箱、一闸、一漏、一保险”的原则进行设置。

**7.10.10** 在施工现场专用变压器的供电的TN—S接零保护系统中，电气设备的金属外壳必须与保护零线连接。保护零线应由工作接地线、总配电箱电源侧零线或总漏电保护器电源侧零线处引出。PE线上严谨装设开关或熔断器，严禁通过工作电流，且严禁断线。

## 7.11 信息化施工

**7.11.2** 监测方案应包含监测对象、监测项目、测点布置、监测频率、报警值及应急监测要求等内容。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。监测项目报警值应根据不同施工方法特点、设计要求、工程地质和水文地质条件、周边环境保护要求等并结合工程经验确定，并应满足监测对象安全状态得到合理、有效的控制要求。监测报警值应包括累计变化量和变化速率。

**8 特 种 顶 管**

## 8.1 曲线顶管

**8.1.2** 始发段直线过少时，靠近工作井的管段容易往曲率圆弧外侧偏移。

**8.1.3** 本条给出计算最小曲率计算。界定相邻间节间的转角，主要考虑管节间管缝止水、管节端面偏心受力、曲线外侧地体抗力等。当使用常规管节长度时，相邻间节间的转角不能满足小于0.3°时可采用短管节。由于施工的测量限制，同时也界定曲线顶管的最小管径。

**8.1.4** 本条给出曲线顶管的顶力估算。

**8.1.5** 本条说明为满足曲线的姿态要求，宜采用多组纠偏装置形成完整的弯曲弧线导向，以便后续管段顺利曲行。

**8.1.6** 减少曲线段管节间开口处的漏水。

**8.1.7** 减少曲线管外侧壁与土体间的磨阻力。

**8.1.10** 本条对曲线顶管施工的测量进行说明，宜采用自动跟踪测量系统测量，减少测量的时间。

## 8.2 超长距离顶管

**8.2.4** 本条第2款是为了控制在连续反复工作状态下的油温。

**8.2.5**  超长距离顶管的顶进测量采用自动测量导向系统应符合下列规定：

**1** 顶管机应设置姿态仪；

**2** 在管内应设置中转测站。

## 8.4 小直径顶管

小直径顶管应重视管材的质量，由于管径小，所以在纠偏作用下管节端面受力面积减小，局部产生应力集中，导致管节顶碎的情况时有发生。木垫的厚度宜适当加厚以提高管节传力的均匀性。小直径顶管的一次最长顶进距离与地层有关，小直径顶管难以设置中继间，对于粉砂地层顶进距离宜适当减小。

**8.4.1** 本条推荐小直径顶管宜采用泥水平衡式顶管机施工。这是因为管径小，施工人员难以进入管内操作，所以采用在地面进行遥控操作的形式。另外泥水平衡式顶管是连续出泥，顶进速度比较快。

**8.4.4** 本条对小直径顶管的最长顶进距作了界定。当在砂性土中采用小直径顶管顶进时，应减小最长顶进距离。

## 8.5 矩 形 顶 管

**8.5.1** 随着市政建设的高速发展，基本建设对地下空间的利用也与日俱增。矩形通道的截面形式，能充分提高结构有效面积，减少土地征用量和掘进面积，降低工程造价。矩形顶管机有偏心多轴式土压平衡顶管机，多刀盘切削的土压平衡式顶管机和泥水平衡式顶管机等多种形式。

**8.5.2**  矩形顶管能进行浅埋通道的施工，其上覆土厚度宜大于或等于顶管机的高度。

**8.5.3** 矩形顶管顶进施工中会产生实际顶进轴线同设计轴线的偏差，由于土体抗力的作用，顶管机姿态纠偏更不容易，利用纠偏装置，控制出土量、调整正面土压等施工参数，控制顶进轴线。顶进中不可避免产生顶管机的旋转，矩形顶管机的纠转不仅须克服土体摩擦力，还须克服土体的抗力，利用纠转装置、压浆等纠转。

由于土体和顶管机外壳间的摩擦作用，引起顶管机顶部背土造成地层损失，进而产生环境影响。因此顶管机顶部设有防背土装置，在顶部注浆，形成泥浆膜，减少土体与外壳间的摩擦，防止背土发生。

为了增加矩形顶管机对土层的适应性，改良开挖面的土体，顶管机应设有加泥装置。

**8.5.4** 混凝土管节制作质量要求较高，因此宜采用钢模浇筑。管节采用钢承口连接，齿形氯丁橡胶止水带。

**8.5.7** 由于矩形顶管机的支座无导向装置，因此初始顶进时，支座两边应有控制顶管机偏移的限位装置。

**8.5.9** 为了控制顶进轴线，顶管机与首三节管节用角钢或槽钢纵向连接。

## 8.6 垂 直 顶 升

**8.6.3**  当顶力较大时，闸阀可接高压水破坏土体，气孔在管内灌水时用作泄气孔。

## 8.7 顶管地下对接

**8.7.2** 顶管地下对接宜用于管线密集、交通流量较大等不具备顶管接受井施工条件的情况。地下对接有顶管机之间的对接，或顶管机与已有管道之间的对接等；也可以不同直径管道之间的对接。

**8.7.3** 用于地下对接施工顶管机必须进行改造，便于对接区二次注浆；顶管机正面尽量贴近对接物；顶管机内部结构拆除方便等。

**8.7.4**  地下对接区域土体改良，使得加固区土体有一定的强度和抗渗性能，确保对接区开孔施工时土体不坍塌、不渗漏。

**8.7.6** 由于地下管线等原因的影响，所以工程中无法设置接收井，这种情况可能采用顶管地下对接的方案。当顶管准确到达地下对接点位置，如果地面有条件的情况，应优先考虑在地面进行注浆加固，推荐采用MJS旋喷加固法，可以满足良好的加固效果，以便下一步的机头拆除等作业要求。

**8.7.8** 顶管机胸板切割和连接钢板焊接连接施工必须同时进行，整个胸板按“井”形分块，先切割下方胸板，并及时将提前备好的钢板将刃口焊接连接，先点焊定位，再满焊封死；依次由下部向两侧、上部进行切割与焊接，最后封死顶部，胸板两侧须对称进行，每块连接钢板须满焊，以达到防水效果。

## 8.8 岩石顶管

**8.8.1** 本条界定顶管机的选型。

**8.8.2** 本条界定超挖量。

**8.8.3**  延长道轨支撑的作用。

**8.8.4**  本条界定顶进速度，防止滚刀损坏。

**8.8.5**  本条界定施工排渣的泥水要求，防止岩石块状渣土沉积堵管。

**8.8.7** 本条界定顶进方向控制，减少顶管机向软弱地层偏移。

**8.8.8** 通过高压气体抗衡地下水，防止地下水的涌入造成开挖面坍塌。

**8.8.9** 岩石地层外渗少，注浆量适当减少。

## 8.9 无接收井顶管

**8.9.5** 顶管机切割前，应先选定管顶部分试切割（先割开一条缝或开一小孔），由潜水员水下感知管道内是否已注满水，若管道内确已满水，方可继续进行切割，否则应待管道内完全注满水后再进行切割作业。顶管机切割应按事先烧焊在第一节管道外圈的导向钢筋或扁钢一侧从底部顺序向上开始切割，并应最终预留管顶部位一小段不切割，待起重船微微起吊后确认仅剩预留部位未切割后再将该部位割除，以防冒然全部割除造成机头猛然下沉或上抬。

# 9 管 道 防 腐

## 9.1 一 般 规 定

**9.1.3** 环境温度、相对湿度或露点温度的控制，是保障防腐涂料施工质量应遵守的一般规定。露点温度的测定可用测试仪器直接测出。

**9.1.5** 管道防腐涂料工程属有限空间作业，涂料施工常会伴随有机挥发物排放，且多为易燃易爆有毒物质，是事故多发的作业活动。在作业过程中，应特别注意安全防护工作，采取严格的防火、防毒、防爆、防尘、防噪声、防静电等措施。

条文中的“国家现行有关标准”包括《涂装作业安全规程安全管理通则》GB 7691、《涂装作业安全规程有限空间作业安全技术要求》GB 12942、《涂装作业安全规程涂漆工艺安全及其通风净化》GB 6514、《涂装作业安全规程静电喷漆工艺安全》GB 12367、《工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范》GBZ/T 194、《有机溶剂作业场所个人职业病防护用品使用规范》GBZ/T 195等。

## 9.2 钢 管

Ⅰ 管道外防腐

**9.2.1** 熔结环氧粉末防腐涂层厚度应符合下列要求：

**1** 工厂内完成外防腐涂层干膜总厚度不小于400μm，按照《熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装》GB/T 18593执行，管端预留长度为150mm。特殊管配件（如排水三通、弯头等）应采用能与原涂层紧密结合、且性能相当的无溶剂环氧防腐涂层，干膜厚度不小于600μm，防腐涂层施工前，涂装工艺必须进行样本试验。

 **2** 涂覆前钢管和配件表面的灰尘、油、脂及其他污染物清理干净。外壁除锈达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923中的Sa2.5级。锚纹深度应在40μm~100μm范围内。

 **3** 涂层技术要求：管道和配件涂装前应进行涂层性能测试，其物理化学性能应满足下表中所列指标。

表2 涂层技术要求表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测试项目 | 单位 | 技术性能指标 | 执行标准 |
| 外观 |  | 平整、色泽均匀、无气泡 | 目测 |
| 抗冲击性(-30℃) | J | ≥1.5 | SY/T 0315 |
| 抗弯曲性（3°，-30℃） | — | 无裂纹 | SY/T 0315 |
| 耐磨性（落砂法） | L/μm | ≥5 | SY/T 0315 |
| 附着力（撬剥法） | 级 | 1—2 | SY/T 0315 |
| 粘结强度 | MPa | ≥60 | SY/T 6329 |
| 阴极剥离（7天，65℃） | Mm | ≤6.5 | SY/T 0315 |
| 电气强度 | MV/m | ≥30 | GB/T 1410.8 |
| 体积电阻率 | Ω·m | ≥1×1013 | GB/T 1410 |
| 断面孔隙率 | 级 | 1—2 | SY/T 0315 |
| 界面孔隙率 | 级 | 1—2 | SY/T 0315 |
| 耐化学性能（60℃，浸泡15天） | 蒸馏水 | ％ | 增重率≤3％ | ASTM D570-95 |
| 3.5％NaCL | ％ | 增重率≤2％ | ASTM D570-95 |

**9.2.2** 环氧粉末原材料质量控制。

**1** 环氧粉末生产厂家应提供产品说明书、出厂检验合格证和质量证明书等有关技术资料，对每一批到货的不同型号的环氧粉末进行性能检测。

 **2** 环氧粉末的性能应符合下表所列的技术指标。

表3 环氧粉末的性能指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测试项目 | 单位 | 技术性能指标 | 执行标准 |
| 粉径分布 | 150μm | ％ | ≤3.0 | GB/T 6554 |
| 250μm | ％ | ≤0.2 | GB/T 6554 |
| 挥发份含量 | ％ | ≤0.6 | GB/T 6554 |
| 胶化时间（230℃） | S | ≤30 | GB/T 6554 |
| 固化时间（230℃） | min | ≤1.5 | SY/T 0315 |

**9.2.3** 外防腐原材料的贮存。

**1** 入库的原材料必须分类堆放，并作标记。仓库内必须保持清洁、干净，原材料在贮存过程中应有防雨、防晒、防潮措施，贮存条件应符合原材料产品说明书的要求。

**2** 防腐层各种原材料均应存放在阴凉、干燥处，严防受潮，防止日光直接照射，并隔绝火源、远离热源。库存房内严禁烟火，并提供消防措施。如有明火施工的必要，应事先做好防护措施，并在工作现场备有足够的消防器材。

**9.2.4**  涂层质量检查内容：

**1** 喷砂外观、防腐层外观、厚度及绝缘和粘附力等项目检测，检测按GB50268和GB/T18593标准进行。

**2** 涂层外观用目测，应逐件检查，要求表面平整，色泽均匀，无气泡、无裂纹、无缩孔、允许有轻度的桔皮花纹。

**3** 涂层厚度采用涂层厚度仪测量。沿管长随机取3个位置，在每个位置绕圆周方向测量均匀分布的4个点的涂层厚度，人工涂层最小涂层厚度达到600μm为合格，机械喷涂最小涂层厚度达到400μm为合格。

**9.2.5** 绝缘检查采用电火花检漏仪用5V/μm电压检查涂层针孔，表面漏点数不应超过1个/m2，即为符合要求。

**9.2.6** 下井管段两端各100mm范围应在井下焊缝检查合格后再涂快干型SLF-2型双组份无溶剂液体环氧涂料防腐。钢管表面的补涂区域在补涂之前必须进行除锈，其表面质量应达到ST3级，处理后表面不得有油污及灰尘。

Ⅱ 管道外防腐

**9.2.7~ 9.2.10** 水泥砂浆内防腐层应符合下列规定：

**1** 施工前应具备的条件应符合下列要求：

1） 管道内壁的浮锈、氧化皮、焊渣、油污等，应彻底清除干净；焊缝突起高度不得大于防腐层设计厚度的 1/3；

2） 现场施工做内防腐的管道，应在管道试验、土方回填验收合格，且管道变形基本稳定后进行；

3） 内防腐层的材料质量应符合设计要求；

**2** 内防腐层施工应符合下列规定：

1） 水泥砂浆内防腐层可采用机械喷涂、人工抹压、拖筒或离心预制法施工；工厂预制时，在运输、安装、回填土过程中，不得损坏水泥砂浆内防腐层；

2） 管道端点或施工中断时，应预留搭茬；

3） 水泥砂浆抗压强度符合设计要求，且不应低于 30MPa；

4） 采用人工抹压法施工时，应分层抹压；

5） 水泥砂浆内防腐层成形后，应立即将管道封堵，终凝后进行潮湿养护；普通硅酸盐水泥砂浆养护时间不应少于 7d，矿渣硅酸盐水泥砂浆不应少于 14d；通水前应继续封堵，保持湿润；

**3** 水泥砂浆内防腐层厚度应符合表4 的规定。

表4 钢管水泥砂浆内防腐层厚度要求

|  |  |
| --- | --- |
| 管 径 Di(mm) | 厚度(mm) |
| 机械喷涂 | 手工涂抹 |
| 500～700 | 8  | — |
| 800～1000  | 10  | — |
| 1100～1500  | 12  | 14 |
| 1600～1800 | 14 | 16 |
| 2000～2200  | 15  | 17 |
| 400～2600  | 16 | 18 |
| 2600 以上  | 18 | 20 |

**9.2.11** 液体环氧涂料内防腐层应符合下列规定：

**1** 施工前具备的条件应符合下列规定：

1）宜采用喷（抛）射除锈，除锈等级应不低于《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923中规定的Sa2级；内表面经喷（抛）射处理后，应用清洁、干燥、无油的压缩空气将管道内部的砂粒、尘埃、锈粉等微尘清除干净；

2）管道内表面处理后，应在钢管两端 60mm～100mm 范围内涂刷硅酸锌或其他可焊性防锈涂料，干膜厚度为 20μm～40μm；

**2** 内防腐层的材料质量应符合设计要求；

**3** 内防腐层施工应符合下列规定：

1）应按涂料生产厂家产品说明书的规定配制涂料，不宜加稀释剂；

2）涂料使用前应搅拌均匀；

3）宜采用高压无气喷涂工艺，在工艺条件受限时，可采用空气喷涂或挤涂工艺；

4）应调整好工艺参数且稳定后，方可正式涂敷；防腐层应平整、光滑，无流挂、无划痕等；涂敷过程中应随时监测湿膜厚度；

5） 环境相对湿度大于 85％时，应对钢管除湿后方可作业；严禁在雨、雪、雾及风沙等气候条件下露天作业。

## 9.3 钢筋混凝土管

**9.3.2** 混凝土管外壁一般不做防腐处理。设计有特殊防腐要求的混凝土管，通常在出厂前对外壁进行防腐涂刷。经对比试验验证，环氧类涂料对混凝土有较好的渗透能力，可以渗入混凝土内部，形成涂层后可以减少对水汽的吸收，并减缓碳化反应。有国外试验表明，涂了环氧涂料的混凝土的O2、CO2的渗透系数下降至普通混凝土的1%以下，涂层抗氯化物的渗透性相当于134cm的混凝土层。所以，本规程推荐使用环氧类涂料，

混凝土管内壁防腐常用聚氨酯涂料，环氧聚氨酯复合类涂料、乙烯基酯树脂类涂料、树脂玻璃鳞片涂料等也有所运用，可根据具体情况选用。管道内防腐涂料施工作业空间有限，涂料的有机物挥发易引发中毒事故，所以，本规程推荐选用环保型涂料。

 管道内防腐涂料施工作业空间有限，涂料的有机物挥发易引发中毒事故，推荐选用环保型涂料。

**9.3.5** 混凝土基层的平整度、含水率直接影响防腐涂料工程的质量，控制不当极易引起涂料起泡、剥落，所以，本条对混凝土基层进行了规定。

基层平整度达不到要求时，可采用打磨机械处理或砂浆找平。基层含水率测定可参照现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工规范》GB50212附录中的塑料薄膜覆盖法。据了解，日本常用高滤波式水分测定器测定混凝土、砂浆等基层的含水率，准确率高，使用方便。

**9.3.7** “一底二中二面”是指底层涂料一度、中间和面层涂料各二度；“一底三面”是指底层涂料一度、面层涂料三度。根据具体工程质量标准和涂层厚度设计要求可增加面涂层度数。

**9.3.8** 钢筋混凝土管内的金属构件包括顶管机后方特殊拉结管节的预埋铁件、管道内壁永久性结构预埋件、钢式中继间等。金属构件除锈等级可参考现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046的有关规定。

## 9.4 其 他

**9.4.2**  玻璃纤维增强塑料夹砂管的基体材料是耐腐蚀较强的树脂，可以抵抗大部分酸、碱、盐、有机溶剂及海水、污水等化学物质的侵蚀，所以，可不做防腐处理。

# 10 质 量 标 准

**10.0.2** 焊缝的质量分为外观质量和内在质量，质量检验标准各个行业有所不同，本规程要求钢管焊缝质量符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的有关规定。

焊缝外观质量标准及尺寸允许偏差在《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2001的附录A中有规定，一级焊缝不得存在未焊满、根部收缩、咬边和接头不良等缺陷。焊缝内在质量通过超声波或射线探伤进行内部缺陷的无损检测。除设计要求外，上述规范第5.2.4条款规定，一级焊缝的无损检测比例为100%，二级焊缝的无损检测比例为20%，三级焊缝不作要求。

**10.0.3** 本规程推荐钢筋混凝土顶管采用钢承口接口型式。表10.0.3钢筋混凝土管几何尺寸的允许偏差来源于现行国家标准《混凝土与钢筋混凝土排水管》GB/T 11836中对柔性接头钢承口管的要求，其他接口型式的管材几何尺寸允许偏差按上述标准相应条款执行。

近年，DN3500管径以上的超大直径钢筋混凝土顶管有所实践应用，本规程要求相应管材的几何尺寸允许偏差按照DN3500的要求执行。

**10.0.4** 钢筋混凝土管端面倾斜的允许偏差来源于现行国家标准《混凝土与钢筋混凝土排水管》GB/T 11836。

**10.0.9** 玻璃纤维增强塑料夹砂管端面倾斜的允许偏差来源于现行国家标准《玻璃纤维增强塑料顶管》GB/T21492。

**10.0.10** 预应力钢筒混凝土管几何尺寸的允许偏差来源于现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685以及南水北调、黄浦江上游相关工程经验，预应力钢丝的外表保护层必须为现浇钢筋混凝土，外径允许偏差为2mm，以便于顶管。

**10.0.11** 本条规定的管道轴线允许偏差适用于常规直线顶管（含岩石顶管），矩形顶管、垂直顶升、无接收井顶管的管道轴线允许偏差分别按照本规程的第10.0.15条、第10.0.16条、第10.0.18条的规定执行。

**10.0.12** 本条规定的管道轴线允许偏差适用于常规曲线顶管（含岩石顶管），矩形顶管、垂直顶升、无接收井顶管的管道轴线允许偏差分别按照本规程的第10.0.15条、第10.0.16条、第10.0.18条的规定执行。

**10.0.13** 本条规定的相邻管间错口允许偏差适用于常规顶进时相邻管节的允许偏差，地下对接对顶时两端错口允许偏差按照本规程的第10.0.17条的规定执行。

**10.0.15** 矩形顶管因目前完成的施工工程数量不多，且一般顶进长度在50m左右，所以暂时按50m长度编制施工质量标准。今后随着顶进长度和工程实例的增加，再作修正和补充。

**10.0.19**  管道接口嵌缝密封胶的施工质量关系后续内防腐施工质量以及管道的整体防水性能，应注意质量控制。

**10.0.20**  钢管防腐的普通级、加强级、特加强级是根据土壤（或管内介质）对钢材表面的腐蚀性程度划分的防腐蚀等级，现行国家标准《石油化工设备和管道涂料防腐蚀设计规范》SH/T 3022的防腐蚀等级分级见下表。

表5 土壤腐蚀性程度及防腐蚀等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土壤腐蚀性程度 | 土壤腐蚀性指标 | 防腐蚀等级 |
| 电阻率Ωm | 含盐量%(质量分数) | 含水量%(质量分数) | 电流密度mA/cm3 | pH值 |
| 强 | <50 | >0.75 | >12 | >0.3 | <3.5 | 特加强级 |
| 中 | 50~100 | 0.75~0.05 | 5~12 | 0.3~0.025 | 3.5~4.5 | 加强级 |
| 弱 | >100 | <0.05 | <5 | <0.025 | 4.5~5.5 | 普通级 |

防腐蚀等级决定了涂料的防腐蚀涂层结构。如：石油沥青涂料普通级的防腐蚀涂层结构为三油二布，加强级为四油三布，特加强级为五油四布；环氧煤沥青涂料普通级的防腐蚀涂层结构为三油，加强级为四油一布，特加强级为六油四布。其中的“油”指所有涂料，“布”指玻璃布等衬布。

**10.0.22** 涂料类防腐涂层的粘结力应符合设计规定。按照现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB50224要求，涂层与钢铁基层的粘结力：划格法不应大于1级，拉开法不应小于5MPa。

**10.0.23**  按照现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB50224要求，涂层与混凝土基层的粘结力（拉开法）不应小于1.5MPa。

# 11 安全和环境保护

## 11.1 人员安全教育及现场安全检查工作

**11.1.2** 顶管施工安全检查应符合《建筑施工安全检查标准》JGJ59。

## 11.2 对周边建（构）筑物、地下管线的监测和保护

**11.2.1**  顶管施工前应对周边建（构）筑物、地下管线进行摸底，制定合理的监测方案，对重要建（构）筑物、地下管线应由业主委托有资质第三方进行监测。

**11.2.2** 对周边建（构）筑物、地下管线的保护应制定合理的保护方案和技术措施。

## 11.4 临时用电、焊割作业及废土、渣土、废泥浆的处置

**11.5.1** 顶管临时用电应符合《施工现场临时用电安全技术规程》JGJ46的规定。

**11.5.2** 焊、割作业时，氧气瓶、乙炔瓶、易燃易爆物品的距离应符合有关规定，施工现场的焊割作业必须符合防火要求。