 **CECS** XXX**：201X**

**中国工程建设协会标准**

**矩形顶管工程技术规程**

Technical specifications for pipe-jacking engineering with rectangular cross section

**（征求意见稿）**

中国计划出版社

2019.10

# 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018年第二批协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字〔2018〕030号）的要求，规程编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分10章，主要内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 工程勘察；5 顶管设计；6 管节制作；7 工作井施工；8 顶管设备及安装；9 顶进施工；10 工程验收。

本规程由中国工程建设标准化协会管道结构专业委员会归口管理，由广州市市政集团有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中，如有意见或建议，请寄送广州市市政集团有限公司（地址：广州市越秀区环市东路338号，邮政编码：510060；电子邮箱：1271535624@qq.com），以供今后修订时参考。

**主编单位：**广州市市政集团有限公司

广州市市政工程协会

**参编单位：**广州市市政工程设计研究总院有限公司

广州地铁设计研究院有限公司

广州金土岩土工程技术有限公司

中铁工程装备集团有限公司

广州市第二市政工程有限公司

广州市第三市政工程有限公司

广东鑫隆管业有限公司

中国地质大学（武汉）

上海耀祖建设工程有限公司

广州市市政集团设计院有限公司

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

北京市政工程设计研究总院有限公司

上海公路桥梁（集团）有限公司

建华建材（中国）有限公司

**主要起草人：**

**主要审查人：**

**目 录**

[前 言 2](#_Toc3835)

[1 总则 7](#_Toc2215)

[2 术语和符号 8](#_Toc29407)

[2.1 术语 8](#_Toc7797)

[2.2 符 号 9](#_Toc19751)

[3 基本规定 14](#_Toc7201)

[4 工程勘察 15](#_Toc4018)

[4.1 一般规定 15](#_Toc32373)

[4.2 勘察布孔 15](#_Toc21753)

[4.3 地下水勘察 17](#_Toc11123)

[4.4 地质勘察报告 17](#_Toc4770)

[4.5 地下管线和障碍物的探测 18](#_Toc29489)

[5 顶管设计 21](#_Toc19814)

[5.1 一般规定 21](#_Toc20621)

[5.2 顶管管位设计 21](#_Toc16751)

[5.3 荷载与作用 22](#_Toc12468)

[5.4 管节结构设计 25](#_Toc19032)

[5.5 管节构造设计 28](#_Toc32642)

[5.6 中继间设计 30](#_Toc28785)

[5.7 顶管总顶力计算 31](#_Toc26698)

[5.8 工作井设计 40](#_Toc27904)

[5.9 反力墙设计 42](#_Toc30092)

[5.10 洞口设计 43](#_Toc17802)

[6 管节制作 46](#_Toc20381)

[6.1 一般规定 46](#_Toc24174)

[6.2 接头构造 46](#_Toc6480)

[6.3 材料性能要求 53](#_Toc10074)

[6.4 管节防腐 55](#_Toc8990)

[6.5 管节预制 55](#_Toc22623)

[6.6 管节标识、堆放、吊装和运输 56](#_Toc12387)

[6.7 管节质量控制 57](#_Toc11441)

[7 工作井施工 62](#_Toc10150)

[7.1 一般规定 62](#_Toc12374)

[7.2 沉 井 64](#_Toc3596)

[7.3 灌注桩排桩 67](#_Toc8266)

[7.4 钢板桩围护 68](#_Toc28509)

[7.5 地下连续墙 68](#_Toc6382)

[7.6 型钢水泥土搅拌墙 70](#_Toc8012)

[7.7 土体加固 72](#_Toc27830)

[7.8 工作井质量控制 73](#_Toc26076)

[8 顶管设备及安装 76](#_Toc3438)

[8.1 一般规定 76](#_Toc30747)

[8.2 矩形顶管机设计与选型 76](#_Toc1174)

[8.3 顶推系统及安装 83](#_Toc26510)

[8.4 导轨选择与安装 84](#_Toc7070)

[8.5 顶管机安装和调试 85](#_Toc17909)

[8.6 泥水平衡出渣系统的安装 86](#_Toc6925)

[8.7 土压平衡出渣系统的安装 87](#_Toc26716)

[8.8 中继间安装 88](#_Toc32729)

[8.9 顶管辅助施工与设备 89](#_Toc19349)

[8.10 质量控制 90](#_Toc16501)

[9 顶进施工 92](#_Toc28041)

[9.1 一般规定 92](#_Toc18276)

[9.2 施工组织设计 93](#_Toc18945)

[9.3 顶管始发与接收 95](#_Toc14161)

[9.4 顶管掘进 98](#_Toc24282)

[9.5 注浆减阻 102](#_Toc27902)

[9.6 土体改良 105](#_Toc31430)

[9.7 测量和姿态控制 107](#_Toc5507)

[9.8 监测与变形控制 110](#_Toc29435)

[9.9 顶管机拆解与吊出 112](#_Toc9144)

[9.10 质量控制 114](#_Toc32645)

[10 工程验收 116](#_Toc1472)

[本规程用词说明 124](#_Toc15134)

[引用标准名录 125](#_Toc17415)

[制 定 说 明 128](#_Toc27310)

# 1 总则

**1.0.1** 为在矩形顶管工程做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制订本规程。

**1.0.2** 本规程适用于矩形断面顶管工程的设计、施工及验收，特别适用于横断面积大于20m2的矩形顶管。

**【条文说明】：1.0.2** 矩形顶管技术是在圆形顶管技术的基础上发展而来，相比于圆形管道，矩形顶管的空间利用率更高，其有效使用面积较圆形增大20%以上，因此，在隧道、管廊、过街通道等工程中比传统施工技术有更大的优势。随着城市地下空间开发利用的不断加强，矩形顶管技术能较好应用于电力隧道、地下过街横通道、地铁进出站通道及近年来提出的综合管廊工程建设施工中，目前矩形顶管机主要包括土压平衡式顶管机与泥水平衡式顶管机。

**1.0.3** 矩形顶管工程应综合考虑各地区的工程地质、水文地质和周边环境等条件，合理选择施工设备与工艺，精心施工，严格监控。

**1.0.4** 矩形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 术语和符号**

## 2.1 术语

**2.1.1 顶管 pipe jacking**

地下管道（隧道）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法。

**2.1.2 矩形顶管机 jacking machine with rectangular cross section**

采用矩形横断面的顶管掘进成套设备。

**2.1.3 土压平衡矩形顶管机 earth pressure balanced pipe jacking machine**

以渣土为主要介质平衡隧道开挖面地层压力，通过螺旋输送机出渣的矩形顶管机。

**2.1.4 泥水平衡矩形顶管机 slurry balanced pipe jacking machine**

以泥浆为主要介质平衡隧道开挖面地层压力，通过泥浆输送系统出渣的矩形顶管机。

**2.1.5 人舱 human cabin**

供人员进、出土仓或泥水仓的气压过渡仓。舱室可以并联、串联或分开布置。

**2.1.6 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。

**2.1.7 大断面矩形顶管 pipe jacking engineering with larger rectangular cross section**

横断面积不小于40m2的矩形顶管。

**2.1.8 长距离矩形顶管 long distance pipe jacking with rectangular cross section**

一次顶进长度不少于300m的矩形顶管。

**2.1.9 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。

**2.1.10** **穿墙洞**  **hole for penetrating wall**

顶管机进出工作井、接收井的洞门。

**2.1.11 始发** **originating**

顶管机由工作井进入地层开始顶进的过程。

**2.1.12 接收**  **receiving**

顶管机由地层进入接收井完成顶进的过程。

**2.1.13 反力墙 reacting-force wall**

工作井内承受顶推反力的结构墙体。

**2.1.14 后靠 jacking base**

安装在顶推液压缸与反力墙之间，使反力均匀的施加在反力墙上的装置。

**2.1.15 中继间 intermediate station**

顶管机顶推系统能力不足时，随管节一同前进的接力顶进装置，主要由前后壳体、推进液压缸、阀组、泵站、行程测量装置等组成。

**2.1.16 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。

**2.1.17** **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洞空隙的止水材料。

## 2.2 符 号

**2.2.1 作用和作用效应**

——沉井前壁上主动土压力合力标准值；

——沉井后壁板上被动土压力合力标准值；

——管土接触面的摩阻力；

——管节允许顶力设计值；

——管顶竖向土压力标准值；

、——矩形管节在点A、B处所受侧向土压力标准值；

——矩形顶管总摩阻力。

——矩形管节平均侧向土压力标准值；

——第i个永久作用的标准值；

——矩形管道的自重标准值；

——控制土压力；

——静止土压力；

——主动土压力；

——控制顶力；

——最大顶管总顶力；

——被动土压力；

——顶管机的迎面阻力；

——泥浆套顶部的水压力和主动土压力；

、——第1个、第j个可变作用的标准值；

——顶管机迎面阻力（kN）；

——作用组合的效应函数；

S——作用效应组合的设计值；

——按荷载准永久组合计算的钢筋混凝土构件纵向受拉普通钢筋应力；

**2.2.2 抗力和材料性能**

——土的内聚力；

——钢筋弹性模量；

R——管道结构的抗力强度设计值。

*γ*——土的重度；

——水的重度；

——钢筋混凝土管的重度；

——顶管所处土层的内摩擦角；

**2.2.3 几何参数**

——混凝土管节混凝土横断面积；

——受拉区纵向钢筋截面面积；

——有效受拉混凝土截面面积；

*b2*——施工操作空间；

——始发井的最小净宽度；

——管顶上部土层压力传递至管顶处的影响计算宽度，即卸荷拱跨度（m）。

——矩形管节外边宽；

——工作井的穿墙洞宽度；

——接收井的穿墙洞宽；

——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离；

——受拉区纵向钢筋的等效直径；

——受拉区第i种纵向钢筋公称直径；

——卸力拱的高度；

——总顶力距刃脚底的距离；

——被动土压力距刃脚底的距离；

——始发井最小深度；

——管顶至原状土地面覆土层厚度；

——矩形管节外边高；

*h1*——管节底下的操作空间；

——工作井的穿墙洞高度；

——接收井的穿墙洞高；

——工作面或卸力拱以上的水柱高度；

*L*——始发井最小净长度；

*L1——*顶管机长度；

*L*2——可取2.5倍管段长度；

*L*3——液压缸长度；

*L*4——后座及扩散段厚度；

——矩形顶管顶进长度；

*Lm*——补浆孔间距；

——顶管外轮廓周长；

S——中继间间距；

*S*1——顶入管段留在导轨上的最小长度；

*S*2——顶铁厚度；

*S*3——考虑顶进管段回缩及便于安装管段所留附加间隙。

**2.2.4 计算参数及其他**

——管顶竖向土压力系数；

——受拉区第i种纵向钢筋根数；

K——顶力系数；

——静土压系数

——主动土压力系数；

——安全系数；

*T*——减阻泥浆失效期（d），可取*T* = 6～10d；

*V*——每天平均掘进速度；

——受拉区第i种纵向钢筋相对粘结特性系数；

——构件受力特征系数；

——混凝土受压强度折减系数；

——偏心受压强度提高系数；

——材料脆性系数；

——混凝土强度标准调整系数；

——管道的重要性系数；

——第i个永久作用分项系数；

、——第i个、第j个可变作用分项系数；

、——第i个、第j个使用年限调整系数；

——按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率；

——考虑合力作用点可能不一致的折减系数；

——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数；

——第j个可变作用的组合值系数。

# 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** 顶管结构设计应满足在规定设计使用年限内结构的安全性、适用性及耐久性等基本功能性要求，并在此基础上做到经济合理。

**3.0.3** 顶管结构设计应根据地质和周边环境条件，通过计算合理选择管材、管道埋深、井间距、工作井结构形式等。

**3.0.4** 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。

**3.0.5** 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。

**3.0.6** 矩形顶管机类型和技术性能应满足工程地质和水文地质条件、线路条件、环境保护和隧道结构设计的要求。

**【条文说明】：3.0.6** 矩形顶管机选型所考虑的工程地质和水文地质主要包括地层粒径、渗透系数、地下水压，并根据开挖尺寸、开挖面稳定性、埋深、成本、工期、场地大小、地层是否采取降水处理等工程具体情况综合考虑而定。矩形顶管机选型应针对工程特点，确保设备满足掌子面压力平衡控制要求、矩形掌子面开挖、土仓渣土顺利排出、管节顺利顶进完成同步衬砌、顶进姿态可控的总体目标。

**3.0.7** 矩形顶管设备应按照国家有关标准的规定进行验收，验收合格并进行联动调试后方可使用。

**3.0.8** 顶管施工前，应编制施工组织设计并应制定对周边建（构）筑物和地下管线的保护措施和监测方案。

**3.0.9** 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。

**3.0.10** 顶管施工测量应建立地面与地下测量控制系统。

**【条文说明】：3.0.10** 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。地下测量系统应在工作井间从地面通视投测建立，不得使用铅锤放线。

# 4 工程勘察

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 工程勘察应查明顶管工程范围沿线各地段的工程地质、水文地质等特征，包括地形、地貌、岩土类型、分布范围、工程特性、分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力等。

**4.1.2** 工程勘察应根据工程重要性、场地复杂程度和地层复杂程度等条件划分岩土工程勘察等级。勘察宜分为初步勘察、详细勘察两阶段，对于线路长、沿线情况复杂的工程可增加选线勘察阶段，进行线路比选。

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

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

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

**4.1.6** 工程建设前应对顶管区域地下管线、建（构）筑物及其他障碍物进行工程探测，并满足工程建设的技术要求。

**【条文说明】：4.1.6** 在顶管轴线范围内可能存在孤石或其他地下障碍物时，应采用工程物探等手段进一步探明孤石或地下障碍物范围，并在平面图和地质剖面图上标注。

**4.1.7** 勘探孔工作完成后应进行有效封堵，封堵材料可采用水泥浆或水泥砂浆。

**4.1.8** 在抗震设防烈度大于或等于6度的地段，应判定场地和地基的地震效应。

## 4.2 勘察布孔

**4.2.1** 顶管勘探孔布置宜在顶管管节外壁两侧5m范围内，两侧勘探孔呈之字形交错布置，必要时，可在顶管轴线位置布孔。

**4.2.2** 勘探孔的间距应满足表4.2.2要求，并应符合现行国家标准《岩土工程勘察设计规范》GB 50021的规定。

**表4.2.2 勘探孔间距（m）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 场地类别 | 复杂场地 | 中等复杂场地 | 简单场地 |
| 初步勘察 | 30～60 | 60～100 | 100～200 |
| 详细勘察 | 10～30 | 30～50 | 50～100 |

**4.2.3** 勘探孔的布置应满足下列要求：

1 管道穿越铁道、公路地段时，勘探孔移位不宜偏离管线边线超过5m，勘探孔间距以能控制地层土质变化为原则，且不得少于2个勘探孔；

2 在每个地貌单元、地貌单元交界部位、管线转角处、穿越铁路或公路的地段等复杂条件下，应根据场地复杂程度适当增加勘探孔数量；

3 在穿越暗埋的河、湖、沟、坑、溶洞或可能产生流砂和液化等地质条件复杂的地段时，勘探孔数量应适当增加；

4 在穿越河谷时，河谷两岸及河床上应布置勘探孔，其数量不应小于3个；

5 每个工作井不得少于2个勘探孔，复杂地质条件下宜在矩形工作井的四角或圆形工作井的周边布置勘探孔并增加勘探孔数。

**4.2.4** 一般性勘探孔的深度应达到管底设计标高下列3m～5m，控制性勘探孔的深度宜达到管底设计标高下列5m～10m，如遇下列情况之一，尚应满足下列要求。

1 当管线穿越河谷时，勘探孔深度应达到河床最大冲刷深度下列5m～10m；

2 当管线基底下存在松软土层、湿陷性土及可能产生流砂、潜蚀或液化地层时，勘探孔深度应加深或钻穿该类地层；

3 采取降低地下水位来进行管线施工的地段，勘探孔孔深应在管底下列5m～10m，且应穿透主要含水层；

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

5 工作井和接收井的勘探孔深度应不小于井底下列5m，在深厚软土、强透水层等特殊情况应适当加深，并穿透该层。

## 4.3 地下水勘察

**4.3.1** 应调查地下水类型、含水层、地下水埋藏条件、补给与排泄条件、分布特征。

**4.3.2** 应调查历史上地下水的最高水位、最低水位、水位变化幅度。

**4.3.3** 应测定地下水的PH值，氯离子、钙离子和硫酸根离子等的含量，地下水对混凝土、钢、铸铁及橡胶的腐蚀程度。

**4.3.4** 当地下有承压水分布时，应量测承压水的压力，评价对顶管工程施工的影响。

**4.3.5** 当地下水位受潮汐水位影响时，应评价其对顶管工程施工的影响。

## 4.4 地质勘察报告

**4.4.1** 勘察报告应阐述场地工程地质条件、评价场地稳定性和适应性，为合理确定顶管的平面布置、选择顶进标高、防治不良地质现象提供依据。

**4.4.2** 勘察报告应提供顶管段、工作井设计和施工所需的各土层物理力学性质参数，以及地下水和环境资料，并做出针对性的分析评价、结论和建议。

**4.4.3** 勘察报告应满足设计、施工的具体要求，提供相应的资料，并做出分析、结论和建议。

**4.4.4** 不同阶段的勘察报告应分别满足工程规划、设计、施工阶段的技术要求。

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

**4.4.6** 详细勘察报告，应分段评价岩土工程条件，应提供顶管和工作井设计、施工所需的各土层物理力学性质指标，以及地下水资料，对工作井和顶管设计、施工方案提出建议，并做出针对性的分析评价。

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

**4.4.8** 勘察报告主要由文字和图表构成。勘察报告文字部分应包含下列内容：

1 勘察目的和任务要求；

2 勘察方法和工作布置；

3 拟建顶管工程的基本特性；

4 场地地形、地质（地层、地质构造）、地貌、岩土性质、地下水及不良地质现象的阐述和评价；

5 地基稳定性评价及建议地基处理方案；

6 岩土参数的搜集、分析和选用；

7 工程施工期间可能发生的岩土工程问题的预测及监控、防治措施的建议；

8 顶管施工中有无易燃易爆和有毒气体评价；

9 顶管施工对周边环境影响的分析和评价；

10 有关顶管工程设计和施工措施的建议。

**4.4.9** 勘察报告图表部分应包括下列内容：

1 勘探点平面布置图；

2 工程地质柱状图；

3 工程地质剖面图；

4 原位测试成果图表；

5 室内试验成果图表。

## 4.5 地下管线和障碍物的探测

**4.5.1** 物探工作应遵循下列原则：

1 工作前应通过方法试验，选用有效的探测技术和数据采集参数；

2 工作时宜从已知到未知，从简单到复杂；单一方法多解时，宜采用多种方法进行综合探测；

3 工作时应充分收集和利用已有的地质、水文地质、地球物理、勘察、设计、施工及运营等资料。

**【条文说明】：4.5.1** 物探工作应具备下列条件：

1 被探测对象与其周围介质间应存在足够的物性差异；

2 被探测对象应具有一定规模，能够产生可被观测的地球物理异常场；

3 干扰因素产生的干扰场应相对有效异常足够小，或能够被识别；

4 工作现场应具备足够空间，能够布置探测装置和开展现场探测工作。

**4.5.2** 物探成果资料应包括下列主要内容：

1 工作的目的、任务、范围、期限和测区位置等；

2 探测工作布置图；

3 成果依据、技术要求、工作方法有效性分析，现场工作的布置及工作量估算等；

4 与地质、测量、设计、施工、管理等其他专业的配合；

5 仪器、设备、材料、车辆等资源配置；

6 施工组织及工作进度计划；

7 作业质量、安全及环境保证措施；

8 拟提交的成果资料；

9 关键的问题与对策。

**4.5.3** 物探工作的质量检查应符合下列规定：

1 质量检查应根据具体探测方法选择检查方式；

2 检查点应均衡分布、随机选取，异常和可疑地段应重点检查；

3 在资料审核时应提交质量检查资料。

**4.5.4** 城市工程地球物理探测原始数据经质量检查不合格，应分析原因，制订措施，调整工作方案后再行探测。

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

**4.5.6** 地下管线探测应符合下列规定：

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

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

3 探测方法可选用电磁感应法、地质雷达法、弹性波法、井中磁梯度法、高密度电阻率法、轨迹探测法等；

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

5 当地下管线弯曲时，应在圆弧起讫点和中点设置地下管线探测点。当圆弧较大时，设置的地下管线探测点应能反映地下管线的弯曲特征；

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

**4.5.7** 基岩埋深探测应符合下列规定：

1 探测基岩埋深，划分松散沉积岩层和基岩风化带，可选用电法、电磁法、地震波法和声波法等；

2 采用电磁法探测基岩埋深时，可采用频率测深、电磁感应法、地质雷达法等；

3 采用地震波和声波法探测基岩埋深时，可采用折射波法、反射波法、瑞雷波法、声波法等。

**4.5.8** 孤石探测应符合下列规定：

1对于孤石性质与周边介质相差明显的情况，可以通过弹性波速度特征推断孤石的位置和大小。

2孤石与周边介质密度相差较大、粒径较大时，可通过重力探测判定。

3当孤石的电阻率与周边介质相差较大时，可采用电法探测。通常选择电阻率成像法和电阻率法。

4当孤石的电阻率与周边介质相差较大时，可采用电磁法探测。通常选择甚低频法和探地雷达法。

5当孤石的电阻率与周边介质相差较大时，可采用地震波法和声波法探测。

**【条文说明】：4.5.8** 孤石探测应符合下列规定：

1 浅层地震反射波法适于水下孤石探测；

2 瑞雷波法可解决浅层孤石探测问题，但使用时应注意排除周边噪音影响；

3 对于需要采用精确探测的工程，可采用地震波CT法，但孔距不宜过大。

# [5 顶管设计](#_Toc31145)

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 顶管设计应包括下列内容：

1 顶管管位设计；

2 荷载与作用；

3 管节结构设计；

4 管节构造设计；

5 中继间设计；

6 顶管总顶力计算；

7 工作井设计；

8 反力墙及洞口设计。

**5.1.2** 本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。

**5.1.3** 管道结构的极限状态设计应包括：

1 承载能力极限状态：对应于管道结构达到最大承载能力，管体或连接构件因材料强度被超过而破坏；管道结构因过量变形而不能继续承载或丧失稳定(如横截面压屈等)；管道结构作为刚体失去平衡(横向滑移、上浮等)；

2 正常使用极限状态：对应于管道结构达到正常使用的某项规定限值或耐久性能的某种规定状态，如变形量限值或控制开裂的裂缝宽度限值等。

**5.1.4** 管道结构的安全等级和设计使用年限应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153的规定。

**5.1.5** 按照本规程设计时，有关构件截面计算和地基基础设计等，尚应满足现行国家标准的规定。对于建造在地震区、湿陷性黄土或膨胀土等地区的矩形顶管结构设计，尚应符合我国现行相关标准的规定。

## 5.2 顶管管位设计

**5.2.1** 顶管方案确定前，应查明顶管沿线建(构)筑物、地下管线和地下障碍物等情况对采用顶管引起的地表变形和周围环境的影响，应事先做出充分的预测。当预计难以确保地面建(构)筑物、道路交通和地下管线的正常使用时，应制定有效的监测和保护措施。

**5.2.2** 顶管场地的选择应符合下列规定：

1 顶管布置应避开地下障碍物、离开地上及地下建(构)筑物；

2 顶管不应布置在横穿活动性的断裂带上；

3 顶管穿越河道时，管道应布置在河床冲刷深度以下；

4 管线位置宜预留顶管施工发生故障或碰到障碍时必要的处置空间；

5 穿越特殊地段，如大堤等，应通过专家论证并经相关政府管理部门批准。

**5.2.3** 顶管在下列地层不宜采用：

1 标贯击数小于2的软土层；

2 单轴抗压强度大于5MPa的岩石地层；

3 花岗岩球状风化强烈的土层；

4 地下水位下列粒径大于200mm的卵砾石地层。

**【条文说明】：5.2.3** 顶管管位无法选择时，对标贯击数小于2的软土层可采取加固措施。

**5.2.4** 管顶最小覆盖土层厚度不宜小于1.1H（H为管节外包高度较大值），且不宜小于3m；当管道穿越河道时，覆土厚度（不计浮泥层厚度）应满足管道施工期间抗浮的要求。

**5.2.5** 顶管管道与既有管道、周边建(构)筑物基础等临近时应进行评估并采取措施。

## 5.3 荷载与作用

**5.3.1** 顶管结构上的荷载，按其性质可分为永久荷载、可变荷载、偶然荷载及地震荷载:

1 永久荷载：包括结构自重、土压力（竖向和侧向）、预应力、地基的不均匀沉降；

2 可变荷载：包括地面人群荷载、地面堆积荷载、地面车辆荷载、温度变化、地表水或地下水的作用；

3 偶然荷载：包括爆炸力、撞击力等；

4 地震荷载：按《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336规定采用。

**5.3.2** 建筑结构设计时，应按下列规定对不同荷载采用不同的代表值：

1 对永久荷载应采用标准值作为代表值；

2 对可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值；

3 对偶然荷载应按建筑结构使用的特点确定其代表值。

**5.3.3** 确定可变荷载代表值时应采用50年设计基准期。

**5.3.4** 承载能力极限状态设计或正常使用极限状态按标准组合设计时，对可变荷载应按规定的荷载组合采用荷载的组合值或标准值作为其荷载代表值。可变荷载的组合值，应为可变荷载的标准值乘以荷载组合值系数。

**5.3.5** 正常使用极限状态按频遇组合设计时，应采用可变荷载的频遇值或准永久值作为其荷载代表值；按准永久组合设计时，应采用可变荷载的准永久值作为其荷载代表值。可变荷载的频遇值，应为可变荷载标准值乘以频遇值系数。可变荷载准永久值，应为可变荷载标准值乘以准永久值系数。

**5.3.6** 结构自重计算应符合下列规定：

1 可按结构构件的设计尺寸与相应的材料单位体积的自重计算确定。

2 对常用材料及其制作件，其自重可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》 GB 50009 的规定采用；

3 矩形管节(图5.3.8)的自重标准值可以采用下列公式计算:

 (5.3.6-1)

式中：——矩形管道的自重标准值（kN/m2）；

——混凝土管节混凝土横断面积（m2）；

——钢筋混凝土管的重度，宜取26kN/m3；

——矩形管节外边宽（m）。

**5.3.7** 可变荷载标准值、准永久值系数的确定应符合下列规定：

1 地面人群荷载标准值可取4kN/m2计算；其准永久值系数可取0.3；

2 地面堆积荷载标准值可取l0kN/m2计算；其准永久值系数可取0.5；

3 地面车辆荷载对地下管道的影响作用，其标准值可按等效均布的原则确定，等效控制可按关键位置内力等值确定；其准永久值系数可取0.5；

4 管道上的静水压力(包括浮托力)，相应的设计水位应根据勘察部门和水文部门提供的数据采用。其标准值及准永久值系数的确定，应符合下列规定：

1）地下水的静水压力水位，应综合考虑近期内变化的统计数据及对设计基准期内发展趋势的变化综合分析，确定其可能出现的最高及最低水位。应根据对结构的作用效应，选用最高或最低水位。相应的准永久值系数，当采用最高水位时，可取平均水位与最高水位的比值；当采用最低水位时，应取1.0计算；

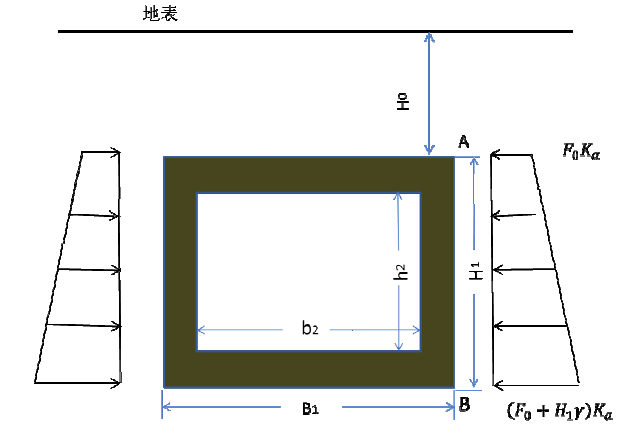
2）地表水或地下水的重度标准值，可取l0kN/m3计算。

**5.3.8** 计算作用在地下管道上的侧向压力时，其标准值应按下列原则确定：

1 侧向土压力应按主动土压力计算；

2 对埋设在地下水位以上的管道，侧向土压力可按无水情况计算；

3 对埋设在地下水位下列的管道，粘性土层侧向土压力应按饱和重度和有效重度中不利情况计算，非粘性土层侧向土压力应按照有效重度计算。



**图5.3.8 土压力计算**

**5.3.9** 作用在地下管道上的侧向压力计算应符合下列规定：

1 当管道处于地下水位以上且不考虑土的内聚力时，则侧向土压力标准值可按下式计算（图5.3.8）：

A点处侧向土压力值：

 (5.3.9-1)

B点处侧向土压力值:

 (5.3.9-2)

2 矩形管节的侧压力呈梯形分布，则侧面平均侧压力值大小为:

 (5.3.9-3)

3 当计入土的粘聚力，则矩形管侧面平均侧压力值大小为:

 (5.3.9-4)

式中: 、——矩形管节在点A、B处所受侧向土压力标准值（kN/m2）；

——矩形管节平均侧向土压力标准值（kN/m2）；

——管顶竖向土压力标准值（kN/m2）；

——土的重度（kN/m3）；

——矩形管节外边高（m）；

——主动土压力系数；

——土的内聚力，砂性土宜取0，粘性土按土工试验确定（kN/m2）。

4 当管道处于地下水位下列时，侧向水土压力标准值宜采用水土分算，土的侧向压力可按上式计算，重度采用有效重度；地下水压力按静水压力计算。

**【条文说明】：5.3.9** 一般情况下，当顶管埋深较深，在土体卸荷拱效应下，地面堆载和地面车辆作用对管道影响不大。在计算过程中，地面堆载和地面车辆作用可以不同时考虑，可取其中最大值。

## 5.4 管节结构设计

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

**5.4.2** 管道结构的强度计算应采用下列极限状态计算表达式：

 （5.4.2）

式中：——管道的重要性系数，按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153取值；

S——作用效应组合的设计值；

R——管道结构的抗力强度设计值。

**5.4.3** 作用效应的组合设计值应按下式计算：

 （5.4.3）

式中： ——作用组合的效应函数；

——第i个永久作用的标准值；

、——第1个、第j个可变作用的标准值；

——第i个永久作用分项系数；

、——第i个、第j个可变作用分项系数；

、——第i个、第j个使用年限调整系数；

——第j个可变作用的组合值系数。

**5.4.4** 各种分项系数取值应符合下列规定：

1 永久荷载（）：当作用对承载力不利时取1.3，有利时≤1.0；

2 可变荷载（）：当作用对承载力不利时取1.5，有利时取0；

3 可变作用组合系数（）：不大于1.0，一般情况下取0.7，当可变荷载可能持续时间比较长时应适当加大；

4 荷载使用年限调整系数（）：使用年限为5年时，取0.9；使用年限为50年时，取1.0；使用年限为100年时，取1.1。

**5.4.5** 管道结构的正常使用极限状态计算，包括变形、抗裂度和裂缝开展宽度，并应控制其计算值不超过相应的限定值。

**5.4.6** 顶管结构正常使用极限状态设计，应符合下式规定：

 （5.4.6）

式中： ——作用组合的效应设计值；

——设计对变形、裂缝等规定的相应限值，应按有关的结构设计标准的规定采用。

**5.4.7**  结构构件按正常使用极限状态验算时，应采用作用效应的标准组合、频遇组合或准永久组合，其中应按下列公式计算：

标准组合： （5.4.7-1）

频遇组合： （5.4.7-2）

准永久组合： （5.4.7-3）

**5.4.8**  判断是否开裂，应按照作用效应的标准组合设计。计算裂缝宽度和变形，应按照作用效果的准永久组合。

**5.4.9** 裂缝宽度计算可按照下列公式计算：

 （5.4.9-1）

 （5.4.9-2）

 （5.4.9-3）

 （5.4.9-4）

式中： ——构件受力特征系数，其取值见表5.4.9-1；

——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数：当<0.2时，取0.2；当>1.0时，取1.0；

——按荷载准永久组合计算的钢筋混凝土构件纵向受拉普通钢筋应力；

——钢筋弹性模量（MPa）；

——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离(mm)：当<20时，取20；当＞65时，取65；

——按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率，当＜0.01时，取0.01；

——有效受拉混凝土截面面积。对受弯、偏心受压和偏心受拉构件，取Ate =0.5bh，此处b、h为计算断面的宽度、高度；

——受拉区纵向钢筋截面面积（mm2）；

——受拉区纵向钢筋的等效直径（mm）；

——受拉区第i种纵向钢筋公称直径（mm）；

——受拉区第i种纵向钢筋根数；

——受拉区第i种纵向钢筋相对粘结特性系数，其取值见表5.4.9-2。

**表5.4.9-1 构件受力特征系数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 |  | |
| 钢筋混凝土构件 | 预应力混凝土构件 |
| 受弯、偏心受压 | 1.9 | 1.5 |
| 偏心受拉 | 2.4 | — |
| 轴心受拉 | 2.7 | 2.2 |

**表5.4.9-2 钢筋相对粘结特性系数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 钢筋类别 | 钢筋 | |
| 光圆钢筋 | 带肋钢筋 |
|  | 0.7 | 1.0 |

## 5.5 管节构造设计

**5.5.1** 钢筋混凝土管节设计强度不宜小于C50。保护层最小厚度迎土面为40mm，内侧为30mm。

**【条文说明】：5.5.1** 受力钢筋净保护层厚度可根据管节横断面尺寸选取a管节长度×宽度≤7700mm×4500mm,则迎土侧保护层厚度≥40mm，背土侧保护层厚度≥30mm；b管节长度×宽度≥9100mm×5500mm,则迎土侧保护层厚度≥50mm，背土侧保护层厚度≥40mm。

**5.5.2** 管节钢筋选用应符合下列规定：

1 纵筋应采用HRB400，HRB500，HRBF400，HRBF500钢筋；

2 箍筋宜采用HPB300，HRB400，HRB500，HRBF400，HRBF500钢筋。

**5.5.3** 管节纵向钢筋的最小配筋量不宜低于0.2%的配筋率，间距不宜大于150mm。当混凝土标号大于C60时，最小配筋率宜增加0.1%。位于软弱地基上时，其顶、底板纵向钢筋的配筋量尚应适当增加。

**5.5.4** 对矩形钢筋混凝土压力管道，顶、底板与侧墙连接处应设置腋角，并配置与受力筋相同直径的斜筋，斜筋的截面面积可为受力钢筋的截面面积的50%。

**5.5.5** 混凝土最小抗渗等级应符合表5.5.5规定：

**表5.5.5 混凝土最小抗渗等级设置**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 埋深h（m） | 混凝土最小抗渗等级 |
| 1 | h≤15m | P8 |
| 2 | >15m | P10 |

**5.5.6** 结构防水等级应符合下列规定：

1 行人通道和机电设备集中区段防水等级应为一级，不得渗水，结构表面应无湿渍；

2 其他隧道结构防水应为二级，顶部不得滴漏，其他部位不得漏水；表面可有少量湿渍，总湿渍面积不应大于总防水面积的2/1000。任意100m2防水面积上湿渍不应超过3处，单个湿渍最大面积不应大于0.2m2。

**5.5.7** 管节传力面允许最大顶力应按下式计算：

 （5.5.7）

式中: ——管节允许顶力设计值（kN）；

——混凝土受压强度折减系数，可取0.9；

——偏心受压强度提高系数，可取1.05；

——材料脆性系数，可取0.85；

——混凝土强度标准调整系数，可取0.79；

——安全系数，可取1.3~1.4。

## 5.6 中继间设计

**5.6.1** 中继间的设计应符合下列规定：

1 中继间的结构形状和管节接头相一致；

2 中继间应带有木质的传压环和钢制的刚性均压环，端面的尺寸应和作用于其上的顶进力相适应；

3 中继间数量大于1个时可对中继间进行计算机编组操控。

**5.6.2** 中继间的加设及数量，应依据顶进作业总顶力的计算和顶进管材的管壁承受能力确定，第一道中继间宜布置在顶管机后方20m~50m的位置。

**5.6.3** 中继间布置宜按下式计算：

 （5.6.3）

式中： S——中继间间距（m）；

K——顶力系数，宜取0.5~0.6；

——控制顶力（kN）；

——顶管机迎面阻力（kN）；

——顶管外轮廓周长；

——管道外壁与土的平均摩阻力（kPa），宜取2kPa~7kPa。

**5.6.4** 中继间构造应符合下列规定：

1 具有足够刚度、卸装方便，在使用中具有良好的连接性、密封性。其止水橡胶密封圈应耐磨，保养时应易于更换；

2 液压油缸应能保证顶进与纠偏需要；

3 中继间设备应简洁、体积小，其液压设备与工作坑顶进设备宜集中控制；

4 中继间外轮廓应与顶管相同；

5 中继间宜采用组合式密封形式，对于长距离、超深或砂性土层中的顶管工程应采用组合式密封形式；

6 顶进结束后应从顶管机向工作井方向逐环拆除中继间，相关设计应满足强度与耐久性要求。

**5.6.5** 中继间的设计应充分考虑施工完成进行拆解后复原管节的工艺，满足强度和防腐的需求。

## 5.7 顶管总顶力计算

**5.7.1** 矩形顶管总顶力主要由顶管机迎面阻力和总摩阻力组成，应按下式计算：

 （5.7.1）

式中：——顶管机的迎面阻力（kN）；

——矩形顶管总摩阻力（kN）。

**5.7.2** 矩形土压、泥水平衡式顶管机的迎面阻力可按下式计算：

 （5.7.2）

式中： ——土的重度(kN/m3)；

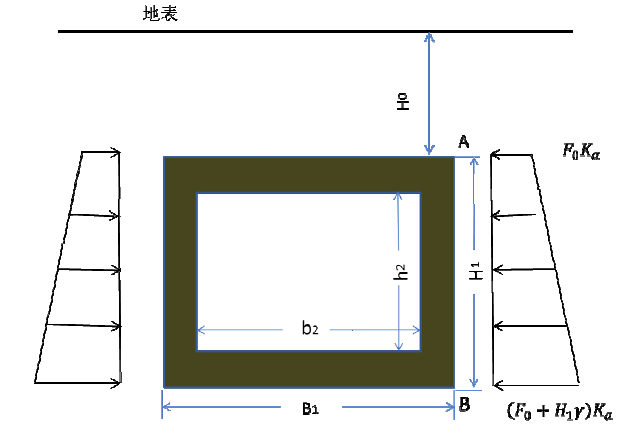
——管顶至原状土地面覆土层厚度（m）；

——矩形管节外边高（m）；

——矩形管节外边宽（m）。

**【条文说明】：5.7.2** 顶管基本采用压力平衡式顶管机(土压平衡或泥水平衡)，其迎面阻力主要由三部分组成：（1）作用在切屑刀盘上的阻力；（2）工作腔中的压力；(3)切屑工具管刃口上的阻力。

**5.7.3** 矩形顶管总摩阻力可按下列公式计算（图5.7.3）：



**图5.7.3 矩形顶管总摩阻力计算简图**

1 不考虑土体粘聚力时总摩阻力标准值

 （5.7.3-1）

2 考虑土体粘聚力时总摩阻力标准值 （5.7.3-2）

3 管顶竖向土压力系数

 （5.7.3-3）

4 主动土压力系数

 （5.7.3-4）

式中：——土的重度(kN/m3)；

——管顶至原状土地面覆土层厚度（m）；

——矩形管节外边高（m）；

——矩形管节外边宽（m）；

——土的内聚力（kN/m2）；

——土的内摩擦角（°）；

——管土接触面的摩阻力，与管、土接触面的物理性质有关；

——矩形顶管顶进长度（m）；

——钢筋混凝土管节的重度(kN/m3)；

——混凝土管节混凝土横断面积（m2）；

——管顶竖向土压力系数，其中为土的主动土压力系数和内摩擦系数的乘积；一般取0.13，饱和粘性土取0.11，砂和砾石取0.165；

——管顶上部土层压力传递至管顶处的影响计算宽度，即卸荷拱跨度（m）。

5 矩形顶管外侧形成稳定泥浆套时，总摩阻力标准值可按下式

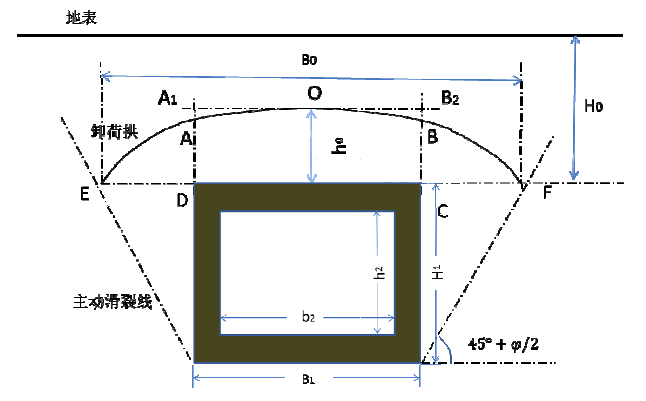


式中：——管土接触面的摩阻力，宜取2kpa~7kpa。

**【条文说明】：5.7.3**  根据顶管施工的特点，顶管管道周边的土体基本是原状土，且由于顶管机比管节外径大约10mm~20mm，在顶进过程中，管节与周围土体之间的间隙基本被减阻泥浆填充。顶管管节受力是管、土及泥浆三者间的共同作用，不同于一般的埋管管道，埋管管道采用开槽式铺设，管道周边的土是回填土而非原状土，管道上部土压力需采用整个回填土层的厚度来计算；而顶管管道埋深都比较大，且顶管施工过程几乎不会对上部土层造成较大的影响，顶进过程中上部土体会发生应力重分布而逐渐趋于稳定的现象。应力重分布形成一个类似于土拱的“结构”，对上部土体起到一定的支承作用，使得作用在管道上的土压力并不是整个管道上部土层的重量，因此在计算顶管管道竖向土压力时需要考虑管道上部土体“土拱效应”的影响。

**1、普氏理论计算竖向土压力**

利用“土拱效应”计算土压力是由原苏联学者普罗托基亚卡诺夫提出的计算模型，即“普氏理论”。该理论指出：在一定覆土厚度条件下，管顶土层将形成“卸荷土拱”，管顶承受的竖向土压力将取决于卸荷土拱的高度，矩形管节上部竖直方向土压力并不是管道上部所有土的重量，而是“卸荷土拱”拱高内的土体重量。卸荷拱如图3-4所示，矩形管节外宽，外高，内宽b2，内高h2，管道埋深H0。



**图1 卸荷土拱示意图**

图中曲线EOF即为矩形管节卸荷拱的界面曲线，卸荷土拱高度。和卸荷土拱跨度B0。可按下式计算：

 (1)

 (2)

 (3)

 (4)

式中：——卸荷土拱高度（m）；

——卸荷土拱跨度，即管顶上部土压力传至管顶处的影响宽度（m）；

——管道周边土体内摩擦角（°）；

——矩形管节外边高（m）；

——矩形管节外边宽（m）；

——矩形管节上部土体坚硬系数。

由于卸荷拱效应的存在，可以不考虑地面活荷载的影响。但是该计算方法只考虑了土的内摩擦角，没有考虑土体的粘聚力。在实际应用过程中，粘性土一般使用等效内摩擦角来代替内摩擦角，即内摩擦角和粘聚力的综合作用等效出的摩擦角，使之等效成为“砂性土”，等于土工试验中采用直剪试验得到的摩擦角。

由于卸荷拱曲线是假想存在的一条曲线EOF(曲面)，对于计算矩形管顶上方的土体重量在实际工程中没有必要那么高的精度，加之其曲线方程难以确定，因此对于卸荷拱下作用在矩形管节上表面的AOBCD土体重量近似按管道宽度范围内矩形截面A1B2CD内的土体重量计算，则卸荷拱条件下，管道上部土重量采用下式计算：

 (5)

 (6)

 (7)

式中：——管道上沿顶管方向单位长度的土压力（kN/m2）；

——矩形管节上部沿顶管方向单位长度卸荷拱上的土体重量（kN/m2）；

——矩形管节周边土体重度，当为多层土时采用加权重度；

——每层土的厚度；

——每层土的重度，地下水位下列时取浮重度（kN/m3）；

——矩形管节外边宽（m）；

——卸荷土拱高度（m）；

当管道埋深较浅时，或者土质为淤泥质土，松散的砂性土，管道上部土体不足以形成卸荷拱作用时，作用在管道上的土压力就应为管道宽度范围内整个上部土柱的重量。

采用卸荷拱理论计算土压力时，一般要求土的坚硬系数，即管道周边土的内摩擦角大于30°才能形成卸荷拱效应。对于沼泽土、新填土、淤泥等不稳定土层，，不能采用卸荷土拱理论计算管道土压力，而应采用类似于埋管管道土压力的算法计算，即管道上方土压力为整个覆土厚度内的土柱重量；

塑态粘质粉土(土的塑性系数)取；塑态粘质粉土(取；塑态粉质粘土、黏土及黄土取；坚硬的粉质粘土及黏土取。在砂卵石、砂、卵石等土层或穿越河底软土层进行顶管设计计算时，该类土质不能形成卸荷拱，管顶土压力应按管道以上土层厚度计算。

矩形管道底部所受土的支撑力等于管道自重与上表面土压力之和，计算公式为：

 (8)

式中：——矩形管道底部所受土的支撑力标准值（kN/m2）；

——管顶竖向土压力标准值（kN/m2）；

——管道自重标准值（kN/m2）。

**2、采用普氏理论计算推导出的总摩阻力标准值**

1）矩形管节上部摩阻力

 （9）

 （10）

式中：——矩形管节上表面摩阻力（）；

——管节上部土压力（）；

——矩形管节上部土体坚硬系数。

2）矩形管节下部摩阻力

 （11）

式中：——矩形管节下表面摩阻力（）；

——管节重量（）。

3）矩形管节侧面摩阻力

 （12）

式中：、——矩形管节左、右表面摩阻力（）；

——矩形管节所受侧向土压力标准值（）。

矩形顶管顶进过程中的总侧摩阻力等于矩形管节上部摩阻力、下部摩阻力及两侧摩阻力之和，综上所述，则总摩阻力计算公式为：



即： （13）

式中：——不考虑土体粘聚力的总摩阻力标准值（）；

——卸荷拱高度（m）；

——顶管长度（m）。

**3、规程法计算竖向土压力**

根据《给水排水工程顶管技术规程》(CECS246-2008)的相关规定，结合矩形顶管管道的埋设条件，建议按下列方法计算管道上的竖向土压力值。

当管顶覆土厚度小于或等于一倍管外径或者覆盖层为淤泥质土时，上部土体不足以形成足够大的卸荷拱效应，所有土体直接作用在管道上，则管道顶上部土压力标准值按公式（14）计算：

 （14）

式中: ——管顶上部竖向土压力标准值（kN/m3）；

——管顶各层土层重度，在地下水位下列时采用浮重度（kN/m3）；

——管顶各层土层厚度。

在规范中计算圆形管道的竖向压力时也是采用这个公式，而圆形管道的管顶为圆弧形，显然该公式计算的是管道最顶端那一点的竖向土压力值，而管道两侧的土埋深呈逐渐增大趋势，上覆土压力值理论上比该公式所计算的值大。矩形管节的上表面几乎为平面，该公式能较好的反映管道上表面各点的竖向土压力值。

公式（15）考虑当管顶上覆土层厚度大于一倍管外径或管周土不是淤泥质土时，采用美国学者太沙基提出的计算模型，该模型认为管节的受力条件类似于“沟埋式”埋管，土层内形成天然的卸荷拱，作用在管道顶上的荷载可以按管顶形成土拱的土柱高度来计算，管顶覆土的变形大于两侧的土体变形，管顶土体重量将通过剪力传递扩散至两侧土体中。目前国外大多数国家都采用这个计算模型，根据实际工程经验，计算结果比较接近实际。我国近年来颁布的顶管技术规程《给水排水工程顶管技术规程》(CECS246-2008)在计算圆形顶管的竖向土压力值时也采用此计算公式。

矩形管顶竖向土压力荷载可按下式计算：

 （15）

 （16）

 （17）

式中：——管顶竖向土压力标准值（kN/m2）；

——管顶竖向土压力系数，其中为土的主动土压力系数和内摩擦系数的乘积，一般取0.13，饱和粘性土取0.11，砂和砾石取0.165；

——为管顶至原状土地面的覆土深度（m）；

——为管顶上部土层压力传递至管顶处的影响计算宽度，即卸荷拱跨度（m）；

——土的重度（kN/m3）；

——管顶上部土层压力传递至管顶处的影响宽度，即卸荷拱跨度；

——土的粘聚力（kN/m2），一般取地质报告中的最小值。

可以发现该计算公式与不开槽施工土压力系数，管道埋深，卸荷拱跨度。及土的性质参数等几个参数有关，而与管道的截面形状关系不大。因此将此公式可推广至矩形顶管施工中矩形管道竖向土压力计算方法中。太沙基土拱理论考虑了土的内摩擦角和土的粘聚力，比较符合顶管的实际情况，由于c值在土工实验时，离散性比较大，出于安全的考虑规范建议取低值。当管道位于地下水以下时，需要计入作用在管道上的地下水压力，此时土的重度值取有效重度。

根据《给水排水工程顶管技术规程》（CECS 246-2008）的思想，在计算管节受力的过程中，需要考虑土的粘聚力c的影响，因此矩形管节上摩阻力的计算方法公式为：

1）矩形管节上部单位面积摩阻力

 （18）

2）矩形管节下部单位面积摩阻力

 （19）

3）矩形管节侧面单位面积摩阻力

 （20）

综上所述，则矩形顶管顶进过程中的总侧摩阻力：



即： （21）

式中：——矩形顶管考虑土的粘聚力时总顶力值（）；

——卸荷拱高度（m）。

**4、上海地区经验法**

在上海地区，矩形顶管技术的发展时间较早，到目前为止已有多次矩形顶管施工的成功案例。结合本地区地质地层条件，采用触变泥浆顶管的经验认为，矩形顶管的顶力可按管道外表面（8~12）计算。则上海地区矩形顶管顶力计算经验公式为：

 （22）

式中：——上海地区矩形顶管顶力经验值（）；

——顶力经验系数，与地区地质条件有关，上海地区一般取（8~12）。

**5.7.4** 矩形顶管液压缸总顶力应不小于1.5倍顶管总顶力。

**5.7.5** 裂缝控制：钢筋混凝土结构构件在组合作用下，计算截面的受力状态处于受弯、大偏心受压或受拉时，截面允许出现的最大裂缝宽度不应大于0.2mm(洞内干燥环境或洞内潮湿环境可取0.3mm)。计算截面的受力状态处于轴心受拉或小偏心受拉时，截面设计应按不允许裂缝出现控制。

## 5.8 工作井设计

**5.8.1** 工作井结构除了进行水土压力和地面荷载作用效应分析外，工作井还应进行顶力作用效应分析。并采用相应的作用效应最不利组合，对其进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。

**5.8.2** 工作井结构形式应根据地质条件、管道埋深、施工工艺及环境条件等因素选用，并应符合下列规定;

1 始发井应符合安装反力墙、液压缸、顶铁、穿墙止水和操作空间的要求，取安装顶管机长度和安放管材节段长度的大者，宽度应考虑止退装置、安装设备的需要；

2 接收井应满足顶管机吊出；

3 工作井深度为管底埋深、导轨高度、支垫厚度之和，焊接钢管应预留焊接坑，深度不应小于1m，宽度不应小于0.8m；

4 钢板桩、地下连续墙、排桩等工作井设计应按平面杆系有限元法进行计算，并进行整体稳定、抗滑移、抗倾覆、抗隆起、抗管涌等验算；

5 当工作井位于岸边或水中时，应进行筑岛冲刷、整体稳定、抗滑移及抗倾覆等验算；

6 工作井应设置钢筋混凝土底板，接收井可根据具体情况考虑设置；

7 当工作井需设置内支撑或内衬时，该部分构件不得对顶管施工造成障碍；

8 挖深大于6m且有地下水时，宜采用地下连续墙、排桩、沉井等方法。

**5.8.3** 工作井的支撑应根据开挖断面、挖深、土质条件、地下水状况及总顶力等进行施工设计，确定支撑形式，并应符合下列规定：

1 工作井支撑宜形成封闭式框架，矩形工作坑四角应设斜撑；

2 工作井开挖深度达2m时，即应进行支撑；

3 支撑可采用钻孔护壁桩、喷锚水泥混凝土、钢木支架等方法。

**5.8.4** 工作井设计的防排水措施应符合下列规定:

1 井的顶部应高出地面15cm -30cm；

2 井底的角部或两侧应设置集水坑，深度不宜小于40cm，且不应与顶进轴线重叠；

3 井周边存在河涌、鱼塘等水体时，应采取相应的加固措施。

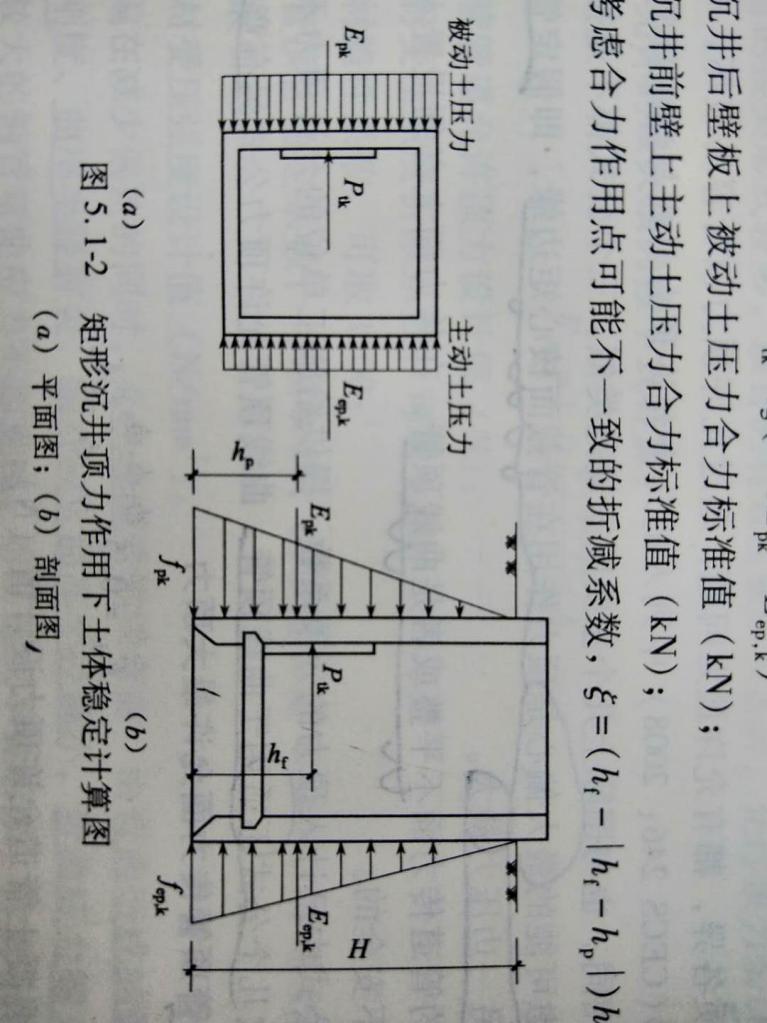
**5.8.5** 工作井的设计还应包括下列内容:

1 洞口止水设计；

2 反力墙设计；

3 工作井深度很大时，竖向交通设施的设计。

**5.8.6** 矩形工作井在顶力作用下，后背土体允许顶力应满足下列公式要求：

****

（5.8.6-1）

 （5.8.6-2）

式中：——最大顶管总顶力（kN）；

——沉井前壁上主动土压力合力标准值（kN）；

——沉井后壁板上被动土压力合力标准值（kN）；

——考虑合力作用点可能不一致的折减系数；

——总顶力距刃脚底的距离（m）；

——被动土压力距刃脚底的距离（m）。

**【条文说明】：5.8.6** 在顶管施工前，矩形沉井井壁与土体间的土压力和圆形沉井的类似，为静止土压力与主动土压力之间某一值，由于沉井结构刚度较大，也可假设为静止土压力。

管道顶进时，由于矩形沉井整体性好、刚度大，钢制的后靠可忽略不计，并可假设液压缸的推力通过后背井壁均匀作用在其后的土体上。当后背井壁后部土体的土压力超过被动土压力时，就会引起主体的破坏。

工作井的变形主要由井位移和后座井壁的弹性变形组成。当开始顶进时，量值较小的顶力反力最初被作用于后背井壁的静止土压力平衡。随着顶力的增大，顶力反力会由后背土体和井侧壁摩阻力及井底摩阻力共同承担。当静摩阻力大于井侧壁摩阻力和井底摩阻力合力时，井体不产生位移。当顶力反力很大，足够克服井侧壁和井底的滑动摩阻力合力时，井体开始产生顶进相反方向的位移。随着井体的倾斜变大，井体前壁所需较小的位移就可使前壁土体率先达到主动土压力。后背土体的位移等于后座井壁的变形加上井体位移，当其位移足够大时，最大土压力就会达到被动土压力，此时井体处于临界状态。若顶力反力再次增加，后背土体就会发生破坏，沉井井体也因此倾覆。

## 5.9 反力墙设计

**5.9.1** 反力墙设计应符合下列规定：

1 墙体在顶管施工中能承受主顶工作站液压缸的最大反作用力而不致破坏；

2 当受到主顶工作站的反作用力时，反力墙材料受压缩而产生变形，卸荷后应恢复原状；

3 反力墙表面应平直，并垂直于顶进管道的轴线；

4 反力墙材料的材质应均匀一致；

5 结构应简单、装拆方便。

**【条文说明】：5.9.1** 反力墙是顶进管道时为液压缸提供反作用力的一种结构，有时也称为后座、后背或者后背墙等。

反力墙后无原状土时，应设计结构简单、稳定可靠、就地取材、拆除方便的人工后座墙。反力墙的结构形式一般可分为整体式和装配式两类。整体式反力墙多采用现场浇筑的混凝土。装配式反力墙是常用的形式，具有结构简单、安装和拆卸方便、适用性较强等优点。

**5.9.2** 采用装配式反力墙时，应符合下列规定：

1 装配式反力墙宜采用方木、型钢或钢板等组装，组装后的反力墙应有足够的强度和刚度；

2 反力墙土体壁面应平整，并与管道顶进方向垂直；

3 装配式反力墙的底端宜在工作坑底下不宜小于50cm；

4 反力墙土体壁面应与反力墙贴紧，有间隙时应采用砂石料填塞密实；

5 组装反力墙的构件在同层内的规格应一致，各层之间的接触应紧贴，并层层固定。

**5.9.3** 反力墙设计内力应按本规程第5.8.6节与第5.8.7节的土压分布进行计算。

**5.9.4** 现场浇筑整体式反力墙抗冲切验算应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 5001的规定。

**【条文说明】：5.9.4** 计算按照行业标准《混凝土结构设计规范》(GB5001-2002)的受冲切承载力验算法进行。计算时，暂按不配筋的素混凝土构件进行验算。

 （1）

式中： ——局部荷载设计值（kN）；

——截面高度影响系数；本工程为=1。

——混凝土轴心抗拉强度设计值；

——截面有效高度；

——临界截面的周长。

## 5.10 洞口设计

**5.10.1** 洞口的设计应符合下列规定：

1 能支承侧向水土压力；

2 防水渗漏；

3 进出洞时能方便拆除或打开；

4 洞口临时封门可采用钢封门、砖砌封门、钢筋混凝土封门、型钢封门等形式或以上几种的组合。

**5.10.2** 洞口土体加固应符合下列规定：

1 应根据工程地质及水文条件、顶管机型、管道尺寸、顶管推进方向、坡度、埋深和周围环境等情况综合确定；

2 土体加固可采用水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、冰冻法及降水等形式；

3 加固效果应采用钻芯取样的方式进行检验，加固体的强度不宜少于0.5MPa，并应检查加固体的均匀性和防渗漏性能；

4 始发、接收前应在洞门上打设探测孔，确认止水措施的有效性。

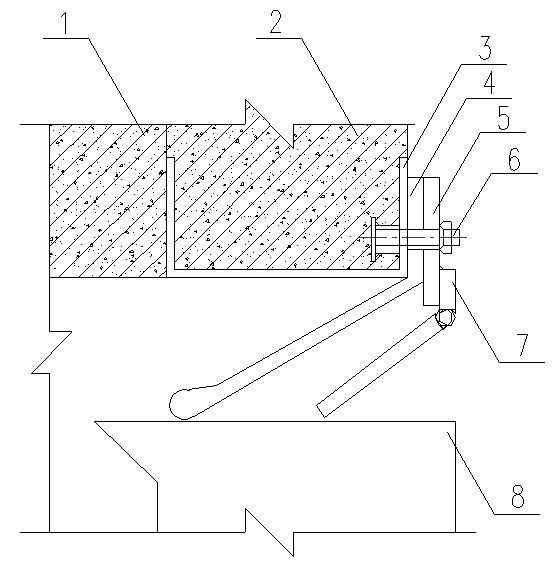
**5.10.3** 洞口止水装置设计应符合下列规定：

1 应综合考虑工作井的具体条件、地层特点；

2 始发时可根据埋深采用盘根、橡胶法兰、钢丝刷兵压注油脂等措施。

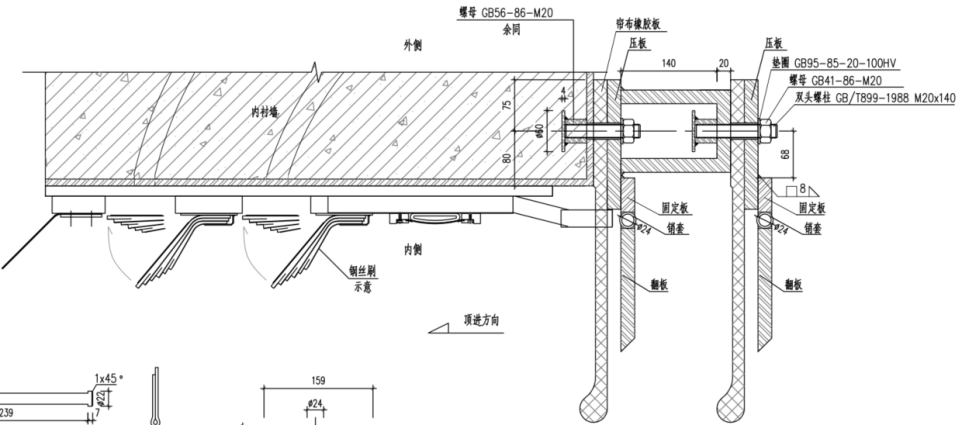
3 接收井可采用对洞口土体加固的方式。

**5.10.4** 顶管始发井的预留洞口应安装帘布橡胶板密封，无漏泥、滴水现象，并采用可调节的钢压板作后靠，以保证帘布橡胶板的密封性能（图5.10.4-1）。当地下水位较高时，宜采用双层橡胶止水装置（图5.10.4-2-图5.10.4-3）。

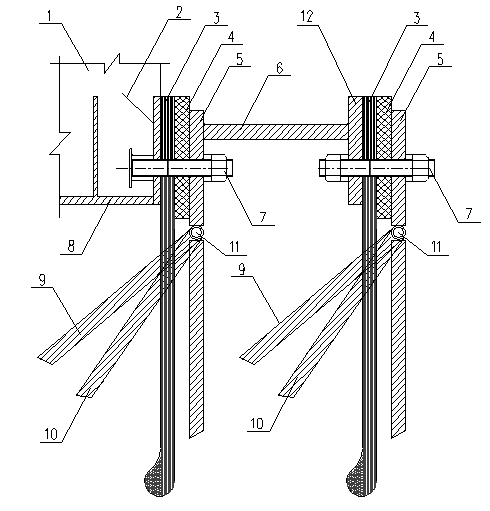
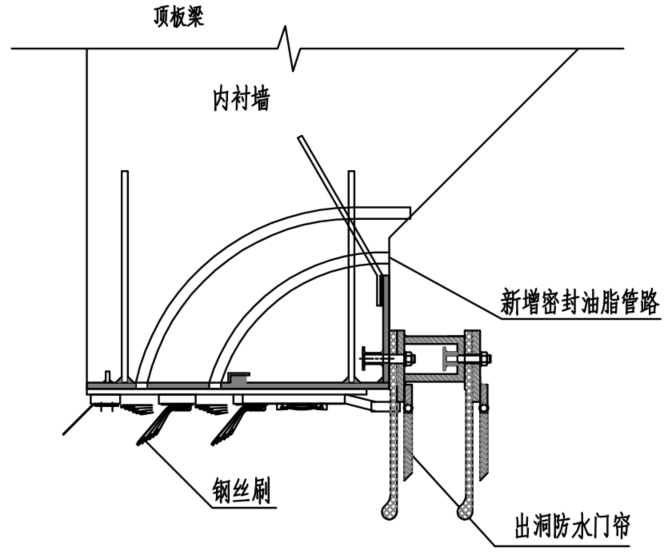


**图5.10.4-1 止水装置**

**1——围护结构；2——井内衬墙；3——预埋洞口钢环；4——止水橡胶帘布；5——压板；6——固定螺栓；7——翻板；8——矩形顶管机**



**图5.10.4-2 顶管出洞双层防水门帘示意**

**图5.10.4-3 洞口双道橡胶止水装置细部构造**

**1——井壁侧墙；2——锚固钢筋；3——止水橡胶帘布；4——压板；5——翻板；6——中间止水钢环；7——固定螺栓；8——预埋洞口钢环；9——折页板（顶管通过时）；10——折页板（管片安装时）；11——销轴；12——压板二**

**5.10.5** 覆土深度超过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。橡胶压板可加工成钳接；覆土深度超过15m时宜采用钢刷止水装置。

# [6 管节](#_Toc9712)制作

## [6.1 一般规定](file:///C:\\Users\\xy155\\Desktop\\矩形顶管工程技术规程2019.3.22.docx" \l "_Toc23090)

**6.1.1** 管节投入生产前，应按下列内容对生产厂家技术交底：

1 设计规定的钢筋规格、数量、间距、分布与钢筋之间搭接长度、连接方式（焊接或钢丝绑扎）、钢筋保护层厚度、插口端和钢承口端钢环的材质和尺寸等；

2 各类预埋件尺寸、预埋方式、数量、与管节本体内钢筋连接等；

3 吊装孔、注浆孔、压浆孔及接驳器的定制尺寸、固定方式等；

4 混凝土的强度等级、浇注和振捣方式以及养护等工艺要求；

5 管节的后期养护与防护等。

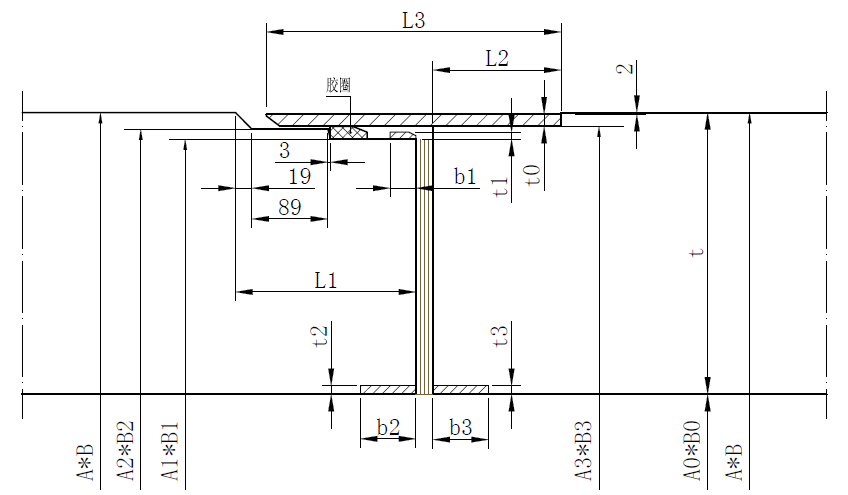
**6.1.2** 每套新模具应进行不少于3节管节的生产试制，管节检验合格后可批量生产。

**【条文说明】：6.1.2** 严格按照管节的设计及工艺要求进行试生产，在试制过程中对各道工序相关参数（含混凝土试块制作及力学检测）进行记录，试制管节经检验各项参数符合设计要求后方可投入批量生产。

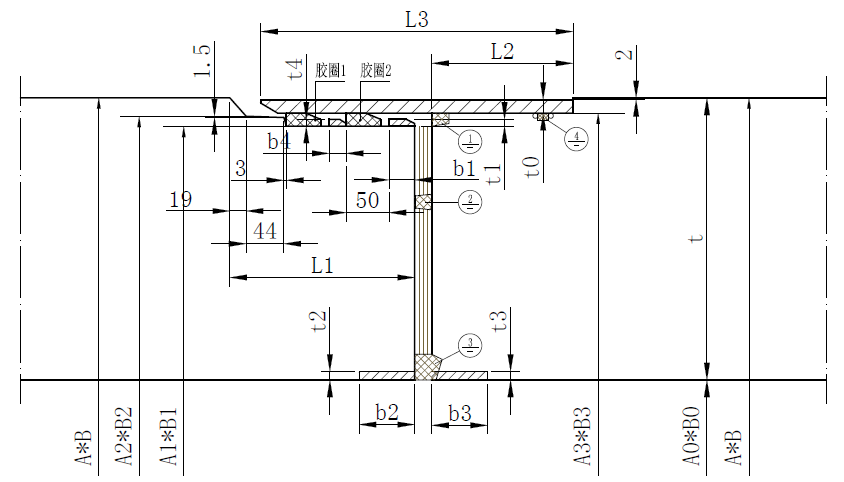
**6.1.3** 管节出厂前应对合格的管节进行标识，标识内容应包括生产企业的名称、产品商标、产品标志、产品生产日期以及检验合格标识等。

## [6.2](file:///C:\\Users\\xy155\\Desktop\\矩形顶管工程技术规程2019.3.22.docx" \l "_Toc8623) 接头构造

**6.2.1** 管节可采用插口端与钢承口端接口形式（**图6.2.1-1**、**图6.2.1-2**）



**图6.2.1-1 单胶圈钢承口端接头**



**图6.2.1-2 双胶圈钢承口端接头**

**6.2.2** 矩形顶管钢承口管各部参数可按表6.2.2选用。

**表6.2.2 矩形顶管钢承口管接头细部尺寸**

单位（mm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 矩形顶管  外部尺寸  A×B | 壁厚  t | 矩形顶管  内部尺寸  A0×B0 | 插口尺寸 | | | | | | 钢承口尺寸 | | | | | |
| A1×B1 | A2×B2 | b1×t1 | b2×t2 | b4×t4 | L1 | A3×B3 | b3×t3 | t0 | L2 | L3 |
| 6000×4300 | 500 | 5000×3300 | 5938×4238 | 5961×4261 | 30×8 | 65×10 | — | 191 | 5972×4272 | 60×10 | ≥12 | ≥150 | ≥325 |
| 6900×4900 | 500 | 5900×3900 | 6838×4838 | 6861×4861 | 30×8 | 65×10 | — | 191 | 6872×4872 | 60×10 |
| 7000×5000 | 600 | 5800×3800 | 6938×4938 | 6961×4961 | 30×8 | 65×10 | — | 191 | 6972×4972 | 60×10 |
| 7400×4400 | 600 | 6200×3200 | 7338×4338 | 7361×4361 | 30×8 | 65×10 | — | 191 | 7372×4372 | 60×10 |
| 7400×6300 | 600 | 6200×5100 | 7338×6238 | 7361×6261 | 30×8 | 65×10 | — | 191 | 7372×6272 | 60×10 |
| 7700×4300 | 600 | 6500×3100 | 7638×4238 | 7661×4261 | 30×8 | 65×10 | — | 191 | 7672×4272 | 60×10 |
| 7700×4500 | 500 | 6700×3500 | 7638×4438 | 7661×4461 | 30×8 | 65×10 | — | 191 | 7672×4472 | 60×10 |
| 600 | 6500×3300 | 7638×4438 | 7661×4461 | 30×8 | 65×10 | — | 191 | 7672×4472 | 60×10 |
| 9100×4400 | 600 | 7900×3200 | 9034×4334 | 9057×4357 | 30×8 | 65×10 | 20×8 | 216 | 9064×4364 | 60×10 | ≥16 | ≥165 | ≥360 |
| 9100×5500 | 650 | 7800×4200 | 9034×5434 | 9057×5457 | 30×8 | 65×10 | 20×8 | 216 | 9064×5464 | 60×10 |
| 10200×6600 | 650 | 8900×5300 | 10134×6534 | 10157×6557 | 30×8 | 65×10 | 20×8 | 216 | 10164×6564 | 60×10 |
| 注1：本标准正文图例管节长宽尺寸A1×B1、A2×B2、A3×B3和钢圈尺寸b1×t1、b2×t2、b3×t3、b4×t4、t0等对应本图表的管节长宽尺寸A1×B1、A2×B2、A3×B3和钢圈尺寸b1×t1、b2×t2、b3×t3、b4×t4、t0，管接头纵向尺寸L1、L2、L3对应本图表的L1、L2、L3；  注2：当采用16锰钢板时承口钢板厚度可适当减薄。 | | | | | | | | | | | | | |

**6.2.3** 管节间密封与防水应符合下列规定：

1 密封橡胶圈材料应为氯丁橡胶或氯丁橡胶与水膨胀橡胶复合体，并用粘结剂接于管节基面上，接口处强度应大于10MPa，接口平整光滑、无痕迹，不允许有裂口；

2 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在二级及以上的橡胶，在平均气温低的部位，宜选用三元乙丙橡胶；

3 管节与钢套环间形成的嵌缝槽采用聚胺脂密封胶嵌注；

4 在钢套环上的两圆筋之间嵌入水膨胀橡胶止水条；

5 弹性密封垫生产前必须进行防水试验及耐久性试验，以检测验证所设计的密封材料的材质，构造是否满足防水及耐久性要求；

6 人工收面与弹性密封垫对应的位置应人工打磨保证光滑。

**6.2.4** 管节与管节之间接头处传力面应设置环形传力衬垫，衬板一般采用中等硬度的木质材料-胶合板，板接头处以企口方式相接，管节下部的嵌缝槽采用聚硫密封胶嵌填，传力衬垫应符合下列规定：

1 应选用中等硬度、质地均匀、有弹性的松木、杉木或胶合板；

2 在满足传力要求的同时，尚应满足强度和变形要求；

3 厚度宜为15mm~30mm，应根据管道的尺寸和曲率半径确定；

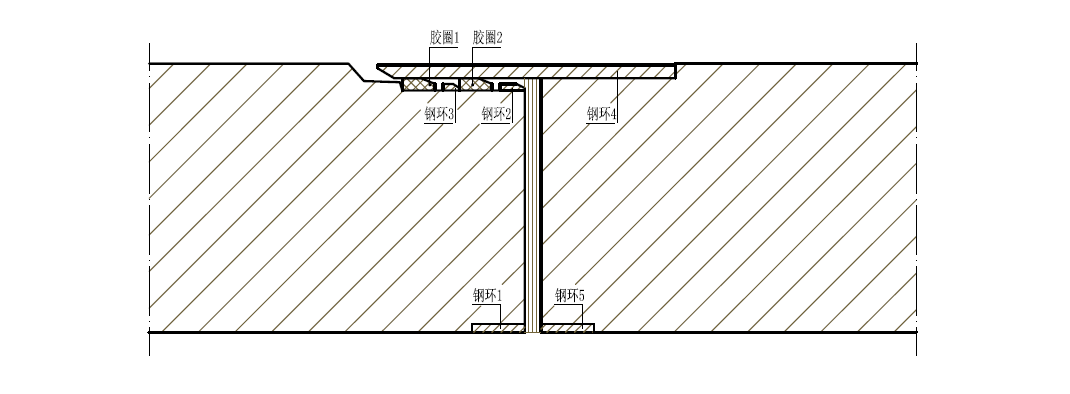
4 管节端面的木衬垫板宜使用粘结剂粘贴，粘贴时应位置准确，粘贴牢固，表面平整。

**6.2.5** 管节接口型式应符合下列规定：

**1** 应优先选用“F”型钢承口接口型式，接缝防水装置采用楔形或锯齿形止水圈和双组份聚硫密封膏嵌缝；

**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。



**图6.2.5 钢承口接口大样图**

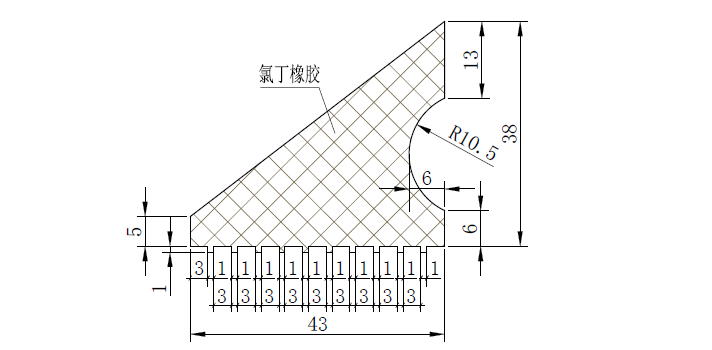
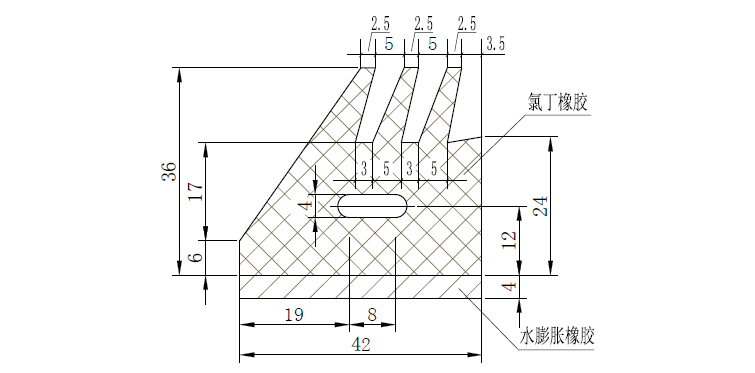
**6.2.6** 管节钢环应符合下列规定：

**1** 钢套环及钢环材料应采用16Mn钢，钢环表面采用环氧富锌底漆二度，每度不低于30μm，环氧沥青面漆二度，每度不低于80μm，钢套环接头内侧应磨平；

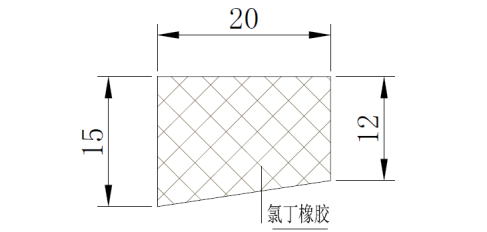
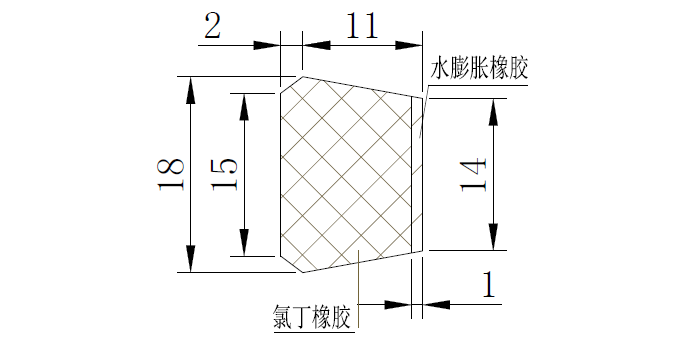
**2** 钢套环焊接应确保周边满焊，并采取措施防止钢套环焊接变形。

**3** 钢套环及钢环两对角线尺寸误差应小于5mm。

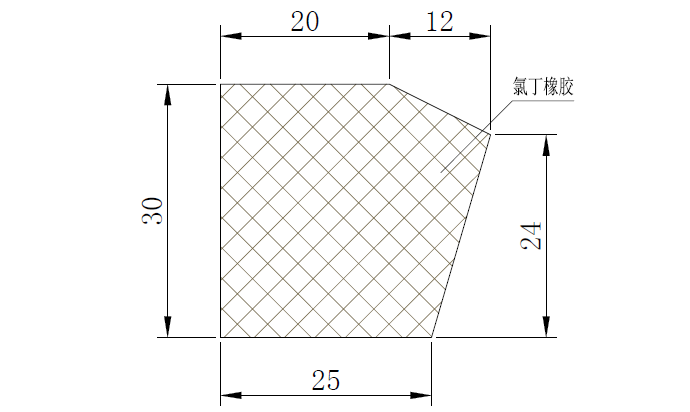
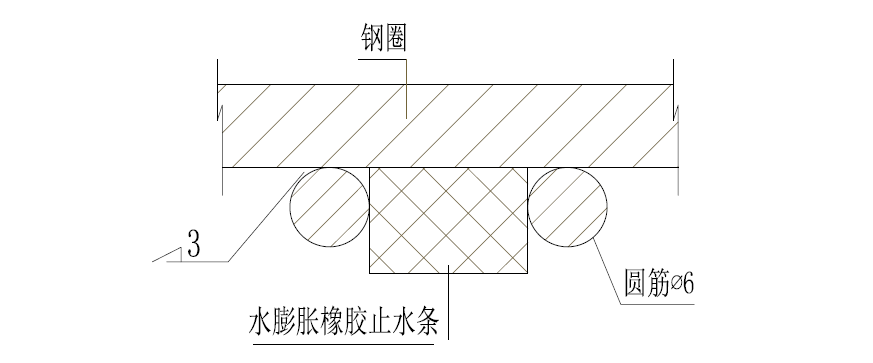
**6.2.7** 橡胶止水带的横断面图及材料物理力学指标。



**图6.2.7-1 胶圈尺寸图（单） 图6.2.7-2 胶圈尺寸图（双）**



**图6.2.7-3 胶圈①尺寸图 图6.2.7-4 胶圈②尺寸图**



**图6.2.7-5 胶圈③尺寸图 图6.2.7-6 胶圈④尺寸图**

**表6.2.7-1 氯丁橡胶的物理力学性能指标**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项 目 | | | 单位 | 性能指标 | 检测方法 |
| 1 | 硬度（邵尔A） | | | 度 | 60±5 | 参照GB/T3061-1998 |
| 2 | 拉伸强度 | | | MPa | ≥15 | 参照GB/T528-1998 |
| 3 | 扯断延伸率 | | | % | ≥380 | 参照GB/T528-1998 |
| 4 | 压缩永久变形 | | 70°Cx24h | % | ≤35 | 参照GB/T7759-1996 |
| 23°Cx168h | % | ≤20 |
| 5 | 撕裂强度 | | | KN/m | ≥30 | 参照GB/T529-1999 |
| 6 | 脆性温度 | | | ℃ | ≤-45 | 参照GB/T15256-1994 |
| 7 | 热空气老化 | 硬度（邵尔A）） | | 度 | ≤8 | 参照GB/T6031-1998 |
| 拉伸强度 | | MPa | ≥12 | 参照GB/T528-1998 |
| 70°Cx168h | 扯断伸长率 | | % | ≥300 | 参照GB/T528-1998 |
| 8 | 臭氧老化50pphm，20%，48h | | |  | 2级 | 参照GB/T7762-2003 |

**表6.2.7-2 三元乙丙橡胶的物理力学性能指标**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | | 力学指标 | 检测项目 | 性能指标 | 检测方法 |
| 外观 | | 半透明、无色至乳白色到浅琥珀色固体 | 玻璃化温度/℃ | -60~-50 | 参照GB/T16583-2008 |
| 气味 | | 无味至微石蜡味 | 表面张力/（mN/m） | 25~35 | 参照GB/T16583-2008 |
| 密度（g/cm3） | |  | 扩张系数（水） | 4.5×10-8 | 参照GB/T16583-2008 |
| 纯品 | | 0.86~0.87 | 扩散系数（正己烷） | 4.1×10-8 | 参照GB/T16583-2008 |
| 充油 | | 0.87~0.90 | 扩散系数（CH2CI2） | 1.3×10-7 | 参照GB/T16583-2008 |
| 折  射  率 | 23℃ | 1.474 | 纯晶度（X射线） | 乙烯含量不同而异，通常为零 | 参照GB/T16583-2008 |
| 90℃ | 1.4524 | 脆化温度/℃ | -77~-69 |
| 120℃ | 1.4423 | 最低回弹温度/℃ | -30 |
| 丙烯含量 | | 20~50 | 回弹率/% | 50~80 | 参照GB/T16583-2008 |
| 碘值/（g碘/100g胶） | |  | 比热容/kJ/（kg.K） | 2.09~2.64（通常2.2） | 参照GB/T16583-2008 |
| ENB型 | | 5~30 | 热导率/W/(m.K) | 0.28~0.38 | 参照GB/T16583-2008 |
| DCPD型 | | 5~20 | 热传系数/W/(m2.K) | 1.7×106 | 参照GB/T16583-2008 |
| 1.4-HD型 | | 10~20 | 体积膨胀系数/℃-1 | (7.5~7.8) ×10-4 | 参照GB/T16583-2008 |
| 凝胶含量/% | | 约0 | 膨胀系数/℃-1 | (2.3~2.5) ×10-4 | 参照GB/T16583-2008 |
| 门尼黏度ML（1+4）100℃ | | 30~120（最高135） | 体积电阻率（20℃）/Ω.m |  | 参照GB/T16583-2008 |
| 分子量分布 | | 窄~宽 | 介电强度（20℃）/（MV/m） |  | 参照GB/T16583-2008 |
| PH值 | | 约7 | 交流 | 35~45 | 参照GB/T16583-2008 |
| 充油量/份 | |  | 直流 | 70~100 | 参照GB/T16583-2008 |
| 石蜡系油 | | 15~100 | 介电常数（20℃，1KHz） | 2.5~3.5（通常2.7） | 参照GB/T16583-2008 |
| 环烷系油 | | 30~100 | 介电耗损角正切（20℃，1KHz） | （1.5~1.8）×10-3 | 参照GB/T16583-2008 |
| 闪点/℃ | | 360 | 溶解度参数（25℃）/(J/cm3）1/2 | 16.2 | 参照GB/T16583-2008 |
| 自燃点/℃ | | 370 | 总灰分/% | ＜0.3（通常0.15） | 参照GB/T16583-2008 |
| 透气性/（cm2/satm） | | 100 | 稳定剂加入量/% | .5~1.0 | 参照GB/T16583-2008 |
| 挥发性/% | | ＜1（通常0.5） | 储存稳定性（室内、自然） | 优 | 参照GB/T16583-2008 |

**表6.2.7-3 膨润土遇水膨胀止水条的物理力学性能指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检测项目 | 性能指标 | 检测方法 |
| 1 | 抗水压力MPa | ≥2.5 | 参照JG/T141-2001 |
| 2 | 5天吸水膨胀倍率% | ≤220 | 参照JG/T141-2001 |
| 3 | 最大吸水膨胀倍率% | ≥300 | 参照JG/T141-2001 |
| 4 | 密度g/cm3 | 1.4±0.1 | 参照JG/T141-2001 |
| 5 | 耐热性80°2h | 无裂纹 | 参照JG/T141-2001 |
| 6 | 低温柔性-20°2h绕D20圆棒 | 无裂纹 | 参照JG/T141-2001 |
| 7 | 耐水性（浸泡240h） | 整体膨胀无碎块 | 参照JG/T141-2001 |

**表6.2.7-4 聚氨酯建筑密封胶的物理力学性能指标**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检测项目 | | 性能指标 | 检测方法 |
| 1 | 密度g/cm3 | | 规定值±0.1 | 参照JC/T482-2003 |
| 2 | 下垂度mm | | ≤3 | 参照JC/T482-2003 |
| 3 | 表干时间h | | ≤24 | 参照JC/T482-2003 |
| 4 | 挤出性ml/min | | ≥80 | 参照JC/T482-2003 |
| 5 | 适用期h | | ≥1 | 参照JC/T482-2003 |
| 6 | 弹性回复率% | | 70 | 参照JC/T482-2003 |
| 7 | 拉伸模量MPa | 23°C | 0.4 | 参照JC/T482-2003 |
| -20°C | 0.6 | 参照JC/T482-2003 |
| 8 | 定伸粘结性 | | 无破坏 | 参照JC/T482-2003 |
| 9 | 浸水后定伸粘结性 | | 无破坏 | 参照JC/T482-2003 |
| 10 | 冷拉-热压后的粘结性 | | 无破坏 | 参照JC/T482-2003 |
| 11 | 质量损失率% | | ≤7 | 参照JC/T482-2003 |

**表6.2.7-5 水泥基渗透结晶型防水材料的物理力学性能指标**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检测项目 | | 性能指标 | | 检测方法 |
| Ⅰ | Ⅱ |
| 1 | 安定性 | | 合格 | | 参照GB18445-2001 |
| 2 | 凝结时间 | 初凝时间min | ≥20 | | 参照GB18445-2001 |
| 终凝时间h | ≤24 | |
| 3 | 抗折强度MPa | 7d | ≥2.8 | | 参照GB18445-2001 |
| 28d | ≥3.5 | |
| 4 | 抗压强度MPa | 7d | ≥12 | | 参照GB18445-2001 |
| 28d | ≥18 | |
| 5 | 湿基面粘结强度MPa | | ≥1 | | 参照GB18445-2001 |
| 6 | 抗渗压力（28d）MPa | | ≥0.8 | ≥1.2 | 参照GB18445-2001 |
| 7 | 第二次抗渗力（56d）MPa | | ≥0.6 | ≥0.8 | 参照GB18445-2001 |
| 8 | 渗透压力比（28d）% | | ≥200 | ≥300 | 参照GB18445-2001 |

**6.2.8** 进场前应对钢筋混凝土矩形顶管、钢套环、橡胶密封圈及衬垫材料进行检测和验收，对存在问题的管节责令供应商进行整改，直至验收合格，方可投放工地进行顶进施工作业。

**6.2.9** 管节承插前，应使用粘结剂将橡胶密封圈正确固定在槽内，在止水圈斜面上和钢套环斜口上均匀涂抹一层硅油，严禁用其他油脂或肥皂水之类的润滑剂。承插时外力应均匀，承插后橡胶密封圈不应移位且不应反转。接口插入后，应用探棒插入钢套环空隙中，沿周边检查止水圈定位是否准确，发现有翻位、位移等现象应拔出重新粘接和插入。

**6.2.10** 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（现多数采用聚硫密封胶）对管节接缝进行嵌缝。

## [6.3 材料](file:///C:\\Users\\xy155\\Desktop\\矩形顶管工程技术规程2019.3.22.docx" \l "_Toc13214)性能要求

**6.3.1** 钢筋混凝土管节制作质量应符合现行国家标准和行业标准《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满足设计要求。

**6.3.2** 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。

**6.3.3** 对矩形管道的钢筋混凝土构件，其纵向钢筋的配筋率不宜低于0.3%。

**6.3.4** 矩形顶管各部材料应符合下列规定：

1 水泥宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥，也可采用抗硫酸盐硅酸盐水泥与硫铝酸盐水泥。水泥性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175、《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748与《硫铝酸盐水泥》GB 20472的相关规定；

2 细骨料宜采用中细沙，细度模数宜为2.3~3.3。粗骨料最大粒径对钢筋混凝土管不得大于壁厚的1/3，并不得大于环向钢筋净距的3/4，骨料性能应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684与《建设用碎石卵石》GB/T 14685的相关规定；

3 混凝土可掺加外加剂或掺合料。所用外加剂或掺合料不应对管节产生有害影响。且掺加外加剂时应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076的相关规定；

4 混凝土拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

5 钢筋宜采用冷轧带肋钢筋、热轧带肋钢筋，也可采用热轧光圆钢筋、冷拔低碳钢丝，钢筋性能应符合现行国家标准和行业标准《冷轧带肋钢筋》GB 13788、《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2、《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1及《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》JC/T 540的规定。

6 钢承口用钢板厚度：矩形顶管尺寸≤7700mm（长）×4500mm（宽）的钢板厚度≥12mm、矩形顶管尺寸≥9100mm（长）×5500mm（宽）的钢板厚度≥16mm，当钢承口用钢板采用16锰钢板时可以适当减少钢板的厚度。

7 钢筋及骨架制作应符合下列规定：

1）钢筋应选用HPB300、HRB335和HRB400钢筋，宜优选变形钢筋；

2）矩形顶管钢筋骨架所使用的纵筋、环筋、箍筋及各类拉筋等应满足产品设计的承载要求，钢筋连接处采用人工焊接成型，钢筋驳接长度及焊缝质量应符合现行国家标准和行业标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204与《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95的规定。

8 防水材料：氯丁橡胶、三元乙丙橡胶、膨润土橡胶、聚氨酯密封胶及水泥基渗透性结晶等物理力学性能见表6.2.7-1~6.2.7-5。

## [6.4 管节防腐](file:///C:\\Users\\xy155\\Desktop\\矩形顶管工程技术规程2019.3.22.docx" \l "_Toc17680)

**6.4.1** 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。

**6.4.2** 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。

**6.4.3** 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。

**6.4.4** 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一定的结合力。

**6.4.5** 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 基层应保持干燥，含水率不应大于6%。

**6.4.6** 混凝土内壁防腐涂料工程施工应自上而下、分段涂装。

**6.4.7**  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；后一度涂料施工应在前一度涂料实干后进行。

**6.4.8** 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。

**6.4.9** 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。

## 6.5 管节预制

**6.5.1** 预制管节生产前应对钢模误差进行检测，若不符合标准则需进行校正，在管节生产过程中也应按相关规定对钢模进行定期检测及维护保养。

**6.5.2** 混凝土管节应包含下列构造：

1矩形顶管基本结构应包括钢筋骨架、吊装孔、注浆孔、压浆孔、内外钢环、预埋件和混凝土等；

2矩形顶管插口和钢承口的内外钢环应与钢筋骨架钢筋焊接，并紧切模具的内壁；

3 插口钢环上应根据需要设置注浆孔、试压孔，插口工作面应设置1~2道楔形或锯齿形橡胶密封圈止水（“O”型橡胶圈不利于与管节的粘结，且在矩形顶管顶进施工时易移位或滑落，从而导致其防水效果不佳）。

**6.5.3** 混凝土管节构造应满足下列要求：

1每一节矩形顶管的吊装口数量为8个，采用内径120mm，壁厚8mm无缝钢管制作；

2注浆孔和压浆孔的数量及管径根据用户的需要而定；

3 矩形顶管插口和钢承口的内外钢环的厚度和宽度见“表A.5”之规定，并钢环内外表面刷涂防锈油漆。

**6.5.4** 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、水泥浆及其它污物；

2顶管结构迎土面裂缝宽度不得大于0.2mm，背土面裂缝宽度不得大于0.3mm；

3管节承、插口端部混凝土不应出现缺料、掉角、露筋、露石及孔洞等瑕疵；

4 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；

5 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；

6管节合缝处无漏浆现象。

## 6.6 管节标识、堆放、吊装和运输

**6.6.1** 管节出厂前应在管节易见位置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等，要求喷刷字迹工整、清晰，不得随意涂改，比例协调。

**6.6.2** 管节的堆放应符合下列规定：

1 不同规格的管节不能混合堆放，特别是码垛的应是同一规格的管节，并做好标识；

2 矩形顶管管节堆放的层数不应超过2层，堆放的地面为实土地面或铺设砂石地面，要求地面平整，各管节堆放周边间距不得少于1.00m，堆场要预留安全通道，其宽度应不少于1.50m；

3 为了防止胶圈受到潮湿和高温天气的影响而产生龟裂或裂缝等破坏，因此管节接头上的胶圈待管节发往工地时才套装；

4 在干燥气候条件下，应加强管节的后期洒水养护。

**6.6.3** 管节吊装应符合下列规定：

1 采用专用吊具进行吊装，在吊装前应首先检查吊具的销子是否固定、钢丝绳是否损坏，在吊装时查看插销是否能完全插入到吊装孔里面，严禁采用钢丝绳穿心方式吊装；

2 吊装时，吊钩吊起管节缓慢上升到一定的高度，并高于前方的物体高度，再缓慢开动吊机将管节吊至规定的位置，在吊运过程中应采取措施防止管节碰伤。

**6.6.4** 管节运输应符合下列规定：

1 管节运输车上堆放层数不应超过2层，管节之间保持一定的距离，宜控制在0.6m~1.0m，为了防止管节在运输途中滑动，对管节进行适当的绑扎和固定；

2 车辆运行途中保持匀速行驶，防止急刹车或超速行驶，避免管节由于惯性而滑动、滚落造成安全事故。

## [6.7 管节质量控制](#_Toc12891)

**6.7.1** 用于管节制作的原材料、预埋件和配件等的质量应符合现行国家与行业有关标准的规定。

**6.7.2** 根据影响结构性能、安装和使用功能的严重程度，外观质量缺陷可按表6.7.2划分为严重缺陷和一般缺陷。

**表6.7.2 预制构件外观质量缺陷**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 现象 | 严重缺陷 | 一般缺陷 |
| 露筋 | 构件内钢筋未被混凝土包裹而外露 | 纵向受力钢筋有露筋 | 其他钢筋有少量露筋 |
| 蜂窝 | 混凝土表面缺少水泥浆而形成石子外露 | 构件主要受力部位有蜂窝 | 其他部位有少量蜂窝 |
| 孔洞 | 混凝土中空穴深度和长度均超过保护层厚度 | 构件主要受力部位有孔洞 | 其他部位有少量孔洞 |
| 夹渣 | 混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度 | 构件主要受力部位有夹渣 | 其他部位有少量夹渣 |
| 疏松 | 混凝土中局部不密实 | 构件主要受力部位有疏松 | 其他部位有少量疏松 |
| 裂缝 | 缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部 | 构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝 | 其他部位有基本不影响结构性能或使用功能的裂缝 |
| 连续部位缺陷 | 构件连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连接铁件松动 | 连接部位有影响结构传力性能的缺陷 | 连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷 |
| 外形缺陷 | 缺棱掉角、棱角不宜、翘曲不平、飞出凸肋等 | 清水混凝土构件内有影响使用功能或装饰效果的外形缺陷 | 其他混凝土构件有不影响使用功能的外形缺陷 |
| 外表缺陷 | 构件表面麻面、掉皮、起砂、玷污等 | 具有重要装饰效果的清水混凝土构件有外表缺陷 | 其他混凝土构件有不影响使用功能的外表缺陷 |

**6.7.3** 管节应按设计要求和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定进行结构性能检验。

**主控项目**

**6.7.4**  管节生产过程中应有检查和验收记录。所有检查和验收记录必须签章齐全、日期准确。

检查数量：全数检查；

检验方法：查阅检查和验收记录。

**6.7.5** 脱模起吊时，管节的混凝土立方体抗压强度应满足设计要求。当设计无要求时，应达到设计抗压强度标准值的75%。

检查数量：按批检验；

检验方法：检查标准养护试块强度试验报告或同条件养护试块强度试验报告。

**6.7.6**  出厂时，管节的混凝土立方体抗压强度应满足设计要求。当设计无要求时，应达到设计的混凝土立方体抗压强度标准值。混凝土试块强度应按照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204和《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的规定检验评定。

检查数量：按批检验；

检验方法：检查标准养护试块强度试验报告或同条件养护试块强度试验报告。

**6.7.7** 管节的混凝土轻度和抗渗等级应满足设计要求。混凝土强度和抗渗等级应按照现行国家标准和行业标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的规定检验评定。

检查数量：按批检验；

检验方法：检查试验报告。

**6.7.8** 管节上的预埋件、预留插筋、预埋管线和预留孔洞的规格、位置和数量应满足设计要求。

检查数量：全数检查；

检验方法：查阅设计文件，观察，量测。

**6.7.9** 管节应在明显部位标明工程名称、生产单位、生产日期、构件规格、编号、重量、质量验收标志等。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察。

**6.7.10** 管节的外观质量不应有严重缺陷。对已经出现的严重缺陷，应由生产单位提出技术处理方案，并经监理单位认可后进行处理；对裂缝或连接部位的严重缺陷及其他影响结构安全的严重缺陷，技术处理方案尚应经原设计单位认可。经处理的部位应重新检查验收。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察，检查处理记录。

**6.7.11** 管节不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能或安装、使用功能的部位，应由生产单位制定技术处理方案，并经监理单位、设计单位认可后进行处理。经处理的部位应重新检查验收。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察，尺量，检查处理记录。

**一般项目**

**6.7.12** 预制构件的外观质量不应有一般缺陷。对出现的一般缺陷应进行修整并达到合格。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察，检查处理记录。

**6.7.13** 管节的尺寸偏差及检验方法应符合表6.7.13-1及表6.7.13-2的规定；设计有专门规定时，尚应满足设计要求。施工过程中临时使用的预埋件，其中心线位置允许偏差可取表6.7.13-1中规定数值的2倍。

检查数量：全数检查。

检验方法：量测。

**表6.7.13-1 管节几何尺寸允许偏差（mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 质量要求 |
| 1 | 接口对角线误差 | | ≤2 |
| 2 | 弯曲度 | 长度方向 | ≤有效长度的0.3% |
| 宽度及高度方向 | ≤外壁宽度或高度的0.3% |
| 3 | 端面倾斜 | | ≤5 |
| 4 | 保护层厚度 | | +5 |
| 5 | 内宽B | 600 ～ 1500 | ±5 |
| 1800 ～ 3900 | ±6 |
| 4200 ～ 7200 | ±8 |
| > 7200 | ±10 |
| 6 | 内高H | 600 ～ 1500 | ±5 |
| 1800 ～ 3900 | ±6 |
| 4200 ～ 7200 | ±8 |
|  | 外宽B | | ±10 |
| 7 | 有效长度L | | +10  -5 |
| 8 | 腋角 宽×高 | a1 | ±5 |
| b1 | ±5 |
| 9 | 壁厚 | 顶板T1 | ±5 |
| 侧板T2 | ±5 |
| 10 | 预留孔位置 | | ±5 |
| 预埋件位置 | | ±5 |

**表6.7.13-2 管节接口尺寸允许偏差（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 质量要求 |
| 1 | 接口间隙d | ±2 |
| 2 | 接口图上注明尺寸 | ±2 |

**【条文说明】：6.7.13**  本条管节几何尺寸/接口尺寸允许偏差数据参照了四川省地方标准《预制混凝土箱涵》报批稿相关内容。

# [7 工作井施工](#_Toc30255)

## 7.1 一般规定

**7.1.1**  始发井的位置应按下列因素确定：

1 宜利用管线上的工作井，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。

**【条文说明】：7.1.1** 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。

**7.1.2** 始发井的结构应符合下列规定：

1 应满足井壁支护及顶管始发推进反力的作用；

2 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；

3 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。

**7.1.3** 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 （7.1.3-1）

式中：*L*——始发井最小净长度（m）；

*L1——*顶管机长度（m）；

*L*3——液压缸长度（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 （7.1.3-2）

式中：*L*——始发井最小净长度（m）；

*L*2——可取2.5倍管段长度；

*L*3——液压缸长度（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：

 （7.1.3-3）

式中：——始发井的最小净宽度（m）；

——矩形管节外边宽（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：

 （7.1.3-4）

式中：——始发井最小深度（m）；

——管顶至原状土地面覆土层厚度（m）。

——矩形管节外边高（m）；

*h1*——管底下的操作空间（m），可取0.4m~0.5m。

5始发井的穿墙洞尺寸可按下式计算：

 （7.1.3-5）

 （7.1.3-6）

式中：——工作井的穿墙洞高度（m）；

——工作井的穿墙洞宽度（m）。

**7.1.4** 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。

**【条文说明】：7.1.4** 盘根止水穿墙管可用于下列情况：

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结构。

橡胶板止水穿墙管可用于下列情况：

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。

**7.1.5** 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。

**7.1.6** 接收井的穿墙孔应考虑止水要求，其尺寸可按下式计算：

 （7.1.6-1）

 （7.1.6-2）

式中：——接收井的穿墙洞高（m）；

——接收井的穿墙洞宽（m）；

**7.1.7** 工作井基坑监测应符合现行国家标准《[建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497](http://www.so.com/link?m=aMge5bd5I4Bsmv6REof8XZZ%2FC4CTK6I7fqx0%2FkBd%2BAswjJlpG5QxTweMSSRaECgqZ%2B2IYEBnHSz4CbPe5tvpG4B54eay2bicEkUlKR0%2F39yhkhA7PGaRAbeRgim6cHLjSYJXWjGodpiJeXG1mfgCjs1xCwfPwM49F9taWHA%3D%3D" \t "_blank)的规定。

## 7.2 沉 井

**7.2.1** 沉井适用于在其周边至少1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。

**【条文说明】：7.2.1** 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。

**7.2.2** 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。

**【条文说明】：7.2.2** 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。

**7.2.3**  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。验算应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定执行。

**【条文说明】：7.2.3** 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。接高稳定性不满足要求时，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，等于地下水位下列的井壁、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。

**7.2.4** 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。

**7.2.5** 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。

**7.2.6** 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。

**【条文说明】：7.2.4~7.2.6** 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。

**7.2.7** 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时，方可进行封底施工。

**【条文说明】：7.2.7** 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、终沉阶段可利用液压缸顶推纠偏。

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 终沉阶段可利用液压缸顶推纠偏。

## 7.3 灌注桩排桩

**7.3.1** 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。

**7.3.2** 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。

**【条文说明】：7.3.2** 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%。

**7.3.3** 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。

**7.3.4** 灌注桩排桩钢筋笼吊装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。

**7.3.5** 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。

**【条文说明】：7.3.5** 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。

**7.3.6** 钻孔灌注桩排桩施工应符合现行国家标准《建筑地基基础施工规范》GB 51004的规定。

## 7.4 钢板桩围护

**7.4.1** 钢板桩围护墙施工应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的规定。

**7.4.2** 锁扣咬合排列钢板桩，宜采用屏风法沉桩。

**7.4.3** 钢板桩采用锤击法沉桩时，应采用重锤低击，并设置桩帽。

**7.4.4** 钢板桩围护墙的转角部位应采用可靠的防渗构造措施。

**7.4.5**  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。

**7.4.6**  钢板桩拔出后，其空隙应及时充填密实。

## 7.5 地下连续墙

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

**7.5.2** 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。

**【条文说明】：7.5.2** 普通抓斗式成槽机其抓斗重量一般在20t下列，重型抓斗式成槽机其抓斗重量一般在30t下列，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。

**7.5.3** 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。

**【条文说明】：7.5.3** 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下列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。

**7.5.4** 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。

**【条文说明】：7.5.4** 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。

**7.5.5** 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。

**【条文说明】：7.5.5** 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。

**7.5.6** 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，钢筋笼吊装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。

## 7.6 型钢水泥土搅拌墙

**7.6.1** 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。

**【条文说明】：7.6.1** 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。

**7.6.2** 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。

**【条文说明】：7.6.2** 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。

**7.6.3** 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。

**7.6.4** 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。

**7.6.5** 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。

**【条文说明】：7.6.5** 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%。

**7.6.6** 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。

**7.6.7** 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。

**7.6.8** 基坑开挖前应检验水泥土搅拌桩的桩身强度，强度指标应满足设计要求。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。

**7.6.9** 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。

## 7.7 土体加固

**7.7.1** 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。

**【条文说明】：7.7.1** 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。

**7.7.2**  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。

**【条文说明】：7.7.2** 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。

**7.7.3** 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。

**7.7.4** 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。

**7.7.5** 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。

**【条文说明】：7.7.4~7.7.5** 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，可采取下列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。

**7.7.6** 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下列0.5m。

**7.7.7** 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。

**7.7.8** 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。

## 7.8 工作井质量控制

**7.8.1** 工作井的围护结构、井内结构施工质量验收标准应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141的相关规定执行。

**7.8.2** 工作井应按下列标准进行验收：

**主控项目**

1 工程原材料、成品、半成品的产品质量应符合国家相关标准规定和设计要求；

检查方法：检查产品质量合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

2 工作井结构的强度、刚度和尺寸应满足设计要求，结构无滴漏和线流现象；

检查方法：按表7.8.2-1的规定逐座进行检查，检查施工记录。

**表7.8.2-1 渗漏水程度描述使用的术语、定义和标识符号**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 术语 | 定 义 | 标识符号 |
| 湿渍 | 结构内壁，呈现明显色泽变化的潮湿斑；在通风条件下潮湿斑可消失，即蒸发量大于渗入量的状态 | ＃ |
| 渗水 | 水从结构内壁渗出，在内壁上可观察到明显的流挂水膜范围；在通风条件下水膜也不会消失，即渗入量大于蒸发量的状态 | ○ |
| 水珠 | 悬挂在结构内壁的水珠、内壁渗漏水用细短棒引流并悬挂在其底部的水珠，其滴落间隔时间超过1min；渗漏水用干棉纱能够拭干，但短时间内可观察到擦拭部位从湿润至水渗出的变化 | ◇ |
| 滴漏 | 悬挂在结构内壁的水珠、内壁渗漏水用细短棒引流并悬挂在其底部的水珠，具滴落速度每min至少1滴；渗漏水用卜棉纱不易拭于，且短时间内可明显观察到擦拭部位有水渗出和集聚的变化 | ▽ |
| 线流 | 指渗漏水呈线流、流淌或喷水状态 | ↓ |

3 混凝土结构的抗压强度等级、抗渗等级应满足设计要求；

检查数量：每根钻孔灌柱桩、每幅地下连续墙混凝土为一个验收批，抗压强度、抗渗试块应各留置一组；沉井及其他现浇结构的同一配合比混凝土，每工作班且每浇筑100 m3为一个验收批，抗压强度试块留置不应少于l组；每浇筑500 m3混凝土抗渗试块留置不应少于1组；

检查方法：检查混凝土浇筑记录，检查试块的抗压强度、抗渗试验报告。

**一般项目**

4 结构无明显渗水和水珠现象；

检查方法：按表7.8.2-1的规定逐座观察。

5 顶管顶进工作井的反力墙应坚实、平整；后座与井壁反力墙联系紧密；

检查方法：逐个观察；检查相关施工记录。

6 两导轨应顺直、平行、等高，基座及导轨的夹角符合规定；导轨与基座连接应牢固可靠，不得在使用中产生位移；

检查方法：逐个观察、量测。

7 工作井施工的允许偏差应符合表7.8.2-2的规定。

表7.8.2-2 工作井施工的允许偏差

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | | | | 允许偏差(mm) | 检查数量 | | 检查方法 |
| 范围 | 点 数 |
| 1 | 井内导轨安装 | 顶面高程 | | ＋3.0 | 每座 | 每根导轨2点 | 用水准仪测量、  水平尺量测 |
| 中心水平位置 | | 3 | 每根导轨2点 | 用经纬仪测量 |
| 两轨间距 | | ＋2 | 2个断面 | 用钢尺量测 |
| 2 | 井尺寸 | 矩形 | 每侧长、宽 | 不小于设  计要求 | 每座 | 2点 | 挂中线用尺量测 |
| 3 | 进、出井预留洞口 | | 中心位置 | 20 | 每个 | 竖、水平各l点 | 用经纬仪测量 |
| 宽、高尺寸 | ±20 | 垂直向各1点 | 用钢尺量测 |
| 4 | 井底板高程 | | | ±30 | 每座 | 4点 | 用水准仪测量 |
| 5 | 顶管工作井后背墙 | | 垂直度 | 0.1％H | 每座 | 1点 | 用垂线，  角尺量测 |
| 水平扭转度 | 0.1％L |

注：H为反力墙的高度(mm)；L为反力墙的长度(mm)。

检查方法：逐个观察、量测。

# 8 顶管设备及安装

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 起重设备应经有关部门检验合格方可使用，起重荷载应满足使用要求。

**8.1.2** 起重作业人员应持证上岗，并严格遵守国家和行业有关安全技术标准。

**8.1.3** 场地的地基承载力应满足最大吊装载荷要求。

**8.1.4** 起重设备活动范围附近有高压电线路时，吊装活动范围与高压电线的最小距离应符合国家或行业相关的技术标准的规定。

**8.1.5** 吊装前应进行试吊，试吊前应严格检查吊耳、机械及索具的装设情况。经确认试吊正常后，方可正式吊装。

**8.1.6** 设备吊装时须平稳慢放，大型设备宜用绳索辅助牵引。

**8.1.7** 顶管设备及安装需考虑逃生通道。

**8.1.8** 组装前应对所使用设备、工具进行安全检查，杜绝一切安全隐患，保证组装过程的安全顺利进行。

**8.1.9** 组装前应制定详细的组装方案与计划。

## 8.2 矩形顶管机设计与选型

**8.2.1** 矩形顶管机设计应符合下列规定：

1 矩形顶管机大小应与施工工况相匹配，断面大小应与隧道管节相适应，设备长度应综合考虑工作井尺寸大小，在满足功能需求的情况下尽量缩短；同时应根据现场组装及运输条件对大断面矩形顶管机进行分块设计。

2 矩形顶管机应能在工作环境温度5℃～50℃、相对湿度小于90%的条件下正常使用。

3 矩形顶管机设计应为循环利用、智能化制造、绿色环保、再制造提供条件。

4 矩形顶管机零部件的设计应满足强度、刚度、疲劳可靠性要求。

5 矩形顶管机各系统结构的布局应充分考虑便于使用操作、物料输送、设备维修保养和紧急情况下的人员疏散。

**【条文说明】：8.2.1** 矩形顶管机断面大小应与隧道管节相适应，设备长度应综合考虑工作井尺寸大小，在满足功能需求的情况下尽量缩短；同时应根据现场组装及运输条件对较大断面矩形顶管机进行分块设计。矩形顶管机工作环境若采取加热、降温、除湿等辅助措施，适应环境范围可适当放宽。

**8.2.2** 矩形顶管机选型应重点考虑所施工地质的地层粒径、渗透系数、地下水压情况，同时兼顾开挖尺寸、开挖面稳定性、埋深、成本、工期、场地大小、地层是否采取降水处理等工程实际综合考虑而定。

**【条文说明】：8.2.2** 本规程所规定的矩形顶管机类型主要包括矩形土压平衡顶管机（结构示意见图1）和矩形泥水平衡顶管机（结构示意见图2）。



说明：

1 ——开挖系统； 2 ——盾体； 3 ——主驱动单元；

4 ——纠偏系统； 5 ——脱离装置； 6 ——螺旋输送机；

7 ——管节； 8 ——中继间； 9 ——顶铁；

10 ——顶推装置； 11 ——后靠； 12 ——导向系统；

13 ——反力墙； 14 ——止退装置； 15 ——渣土输送系统。

**图1 矩形土压平衡顶管机结构示意图**



说明：

1 ——开挖系统； 2 ——盾体； 3 ——主驱动单元；

4 ——纠偏系统； 5 ——脱离装置； 6 ——泥水循环系统；

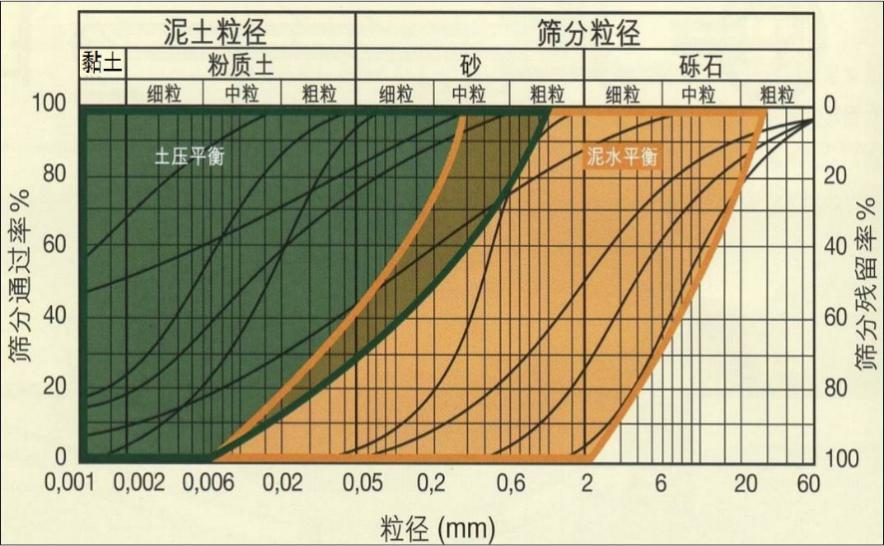
7 ——管节； 8 ——中继间； 9 ——顶铁；

10 ——顶推装置； 11 ——后靠； 12 ——导向系统；

13 ——反力墙； 14 ——止退装置。

**图2 矩形泥水平衡顶管机结构示意图**

**8.2.3** 矩形顶管机依据地层粒径选型时，土压平衡顶管机在不进行渣土改良及泥水平衡顶管机在不使用添加剂时，根据地层粒径大小，顶管机可按图8.2.3选型，选型应符合下列规定：



**图8.2.3 顶管机类型与地层粒径关系曲线**

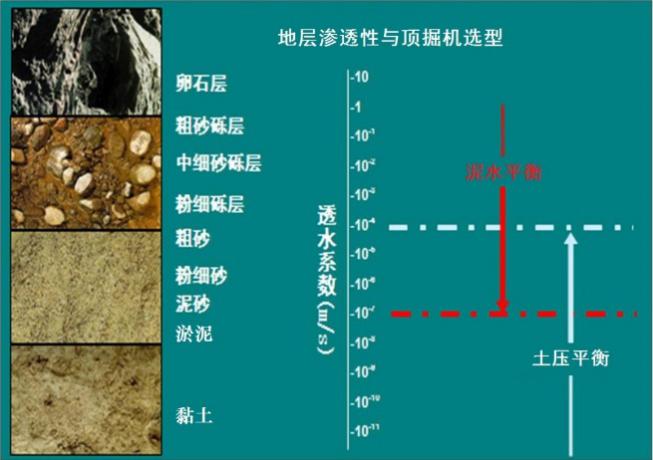
1 粉土、粉质黏土、淤泥质粉土和粉砂等粘稠土壤地层施工（地层粒径范围为1.5mm下列）选用土压平衡顶管机较优；

2 砂、砾石、卵石等地层施工（地层粒径范围为0.01～40mm）选用泥水平衡顶管机较优；

3 岩土中粉粒和黏粒的总量达到40%以上时，可选用土压平衡顶管机，反之可选用泥水平衡顶管机较好。

**【条文说明】：8.2.3** 若土压平衡顶管机进行渣土改良或泥水平衡顶管机使用适当的添加剂时，则无论地层粒径大小或含量多少，土压平衡顶管机和泥水平衡顶管机均可适用。

**8.2.4** 矩形顶管机依据渗透系数选型可参考图8.2.4，当地层的渗透系数小于10-7m/s时，采用土压平衡顶管机较优；当地层的渗透系数大于10-4m/s时，采用泥水平衡顶管机较优；当渗透系数在10-7m/s～10-4m/s之间时，两者皆可。



**图8.2.4 顶管机类型与地层渗透系数关系**

**【条文说明】：8.2.4** 在依据渗透系数进行顶管机选型时，还应考虑具体的工程地质情况。渗透系数虽然较大，但倘若地层中黏土含量不足10%，泥膜很难形成，开挖面易坍塌，仍不宜选择泥水平衡顶管机，这时采用复合改良式土压平衡顶管机施工较好。

**8.2.5**  矩形顶管机依据地下水压选型，当地下水压不大于0.3MPa时，采用土压平衡顶管机较优；当地下水压大于0.3MPa时，采用泥水平衡顶管机较优。

**【条文说明】：8.2.5** 依据地下水压选型还应考虑具体的工程地质情况，当地下水压大于0.3MPa时，如果地质原因需要采用土压平衡顶管机，则应增大螺旋输送机的长度，或采用二级螺旋输送机；另一方面，当渣土改良效果不能满足土塞效应时，即使在地下水压小于0.3MPa时，也不宜采用土压平衡顶管机。

**8.2.6** 矩形顶管机适应工况可参考表8.2.6执行：

**表8.2.6 矩形顶管机适用工况**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 矩形顶管机类型 | 土压平衡式矩形顶管 | 泥水平衡式矩形顶管 |
| 适用土质 | 黏土、粉土、砂土、砾石层；需适时添加相应改良剂 | 淤泥质土、粉土、砂土、砾石层；需适时添加适当的添加剂 |
| 适用距离 | 短、中、长 | 短、中、长、超长距离 |
| 适用坡度 | 一般平坡顶进，迎坡顶进时，纵坡不宜大于2% | 一般平坡顶进，迎坡顶进时，纵坡不宜大于2% |
| 沉降要求 | 地面沉降要求严格工况 | 地面沉降要求较小工况 |
| 管顶覆土 | 一般不小于3m | 一般不小于一倍管道高度，且不小于4m |

**8.2.7** 开挖系统选型与设计应符合下列规定：

1 矩形顶管机的开挖面稳定形式应根据工程地质和水文地质选择；

2 开挖系统应具有切削矩形断面土体、支撑开挖掌子面、渣土改良和搅拌的功能；

3矩形顶管机开挖系统宜采用多个刀盘单元组成，也可由单个仿形刀盘构成，应具备矩形断面切削能力；

4矩形顶管机开挖系统设计应尽量减少开挖盲区，开挖盲区可采用高压水射流、风钻等主动切削形式，也可采用盾体切刀等被动切削形式；未采用盲区处理措施的地层，开挖盲区不应影响矩形顶管的正常掘进；

5 矩形断面开挖系统可按表8.2.7选型。

**表8.2.7 矩形断面开挖系统选型**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 矩形断面开挖系统类型 | | 开挖特点 | 适应工况 |
| 平行中心轴式刀盘 | 前后面组合刀盘 | 旋转运动；盲区辅助措施处理；搅拌较充分 | 软土地层；沉降要求严格的隧道工程 |
| 同平面组合刀盘 | 旋转运动；盲区辅助措施处理；搅拌充分 | 砂、砾石、卵石等不稳定地层；沉降要求严格的隧道工程 |
| 偏心轴式刀盘 | 偏心多轴式刀盘 | 多曲柄摆动；全断面切削；搅拌不充分 | 软土地层；隧道埋深较大；沉降要求一般的隧道工程 |
| 行星轮驱动刀盘 | 公转+自转；全断面切削；搅拌充分 | 软土、软岩地层；沉降要求严格的隧道工程 |
| 中心轴、偏心轴组合式刀盘 | | 多种运动形式；全断面切削；搅拌较充分 | 软土地层，沉降要求一般的隧道工程 |
| 其他（滚筒式、摆动刀盘式） | | 滚动或摆动；全断面切削；搅拌不充分 | 沉降要求一般的隧道工程 |

**【条文说明】：8.2.7** 开挖面稳定形式选型时，开挖面土体自身稳定性较好且含水量较少的工况可采用敞开式；针对开挖面土体自身稳定性较差或富水工况应选用压力平衡式，本标准主要针对压力平衡式矩形顶管机，敞开式矩形顶管机可参照执行。

**8.2.8** 排渣系统选型与设计应符合下列规定：

1 排渣系统选型应与土仓压力平衡形式相匹配，并具有辅助调节土仓压力的功能。

2 土压平衡矩形顶管机螺旋输送机根据地质工况不同，可选用有轴式或带式，一般而言，软土地层宜选用有轴式，砾石层视砾石粒径大小选用有轴式或带式。

3 施工地质富含水，选用螺旋输送机出渣时，螺旋输送机出渣口宜配置双闸门。

**【条文说明】：8.2.8** 土压矩形平衡顶管机排渣系统应配置螺旋输送机、皮带机或渣车；泥水平衡矩形顶管机排渣系统应配置泥浆泵送装置及泥水分离装置。

**8.2.9** 土压平衡矩形顶管机应配置渣土改良系统，并应符合下列规定：

1 黏土、粉土地层应至少配置泡沫改良系统；

2 砂土地层应至少配置膨润土改良系统；

3 砾石层矩形顶管机应配备泡沫、膨润土、黏土综合改良系统。

**【条文说明】：8.2.9**  为了改善矩形断面土仓内渣土的流动性、塑性、止水性，提高压力平衡控制精度和排渣效率，矩形顶管机应设置渣土改良系统。

**8.2.10**  根据地质工况需求，需人员带压进仓作业时，矩形顶管机应配置人舱，人舱技术要求应满足《全断面隧道掘进机土压平衡盾构机》GB/T 34651-2017中第5.5节的要求。

**【条文说明】：8.2.10** 带压进仓作业包括刀具更换、土仓异物处理等。

## 8.3 顶推系统及安装

**8.3.1** 顶推液压缸支架的安装应符合下列规定：

1 顶推液压缸支架应牢固安装在工作井底板上，支架两侧应平行、等高、对称，安装轴线应与隧道设计轴线一致；

2 顶推液压缸支架安装应使顶推液压缸的合力中心在隧道中心的垂直线上，且合力中心点宜低于隧道中心。

**8.3.2** 顶推液压缸的安装及调试应符合下列规定：

1 顶推液压缸宜固定在支架上，可做整体吊装；

2 每根液压缸中心轴线宜与管节厚度中心重合；

3 液压缸的油路应并联，每根液压缸应有进油、出油的控制系统；

4 每根液压缸应设置油路断路开关；

5 分别对每根液压缸进行调试，检查油压均可达到额定压力；

6 顶推液压缸宜取偶数，且其规格宜相同，当规格不同时，其行程应一致，并应将同规格的液压缸对称布置。

**8.3.3** 顶推液压泵站的安装及调试应符合下列规定：

1 顶推液压泵站的油箱有效容积（高低液位差之间的容积）应不小于液压缸用油量总和的1.1倍，油管通径应与液压缸的大小和数量匹配；

2 顶推液压泵站安放的场地应平整压实、通风、防雨，必要时配备保温措施；

3 顶推液压泵站应靠近液压缸安装。设定工作压力不得超出液压泵的额定压力，且不能长时间在额定压力下连续工作；

4 油管的承压能力不小于系统的最高压力，安装时应顺直但不紧绷，不宜使用过长的油管。

**8.3.4** 后靠的安装及调试应符合下列规定：

1 后靠宜采用焊接钢构，后靠的立面面积应根据顶力、井壁厚度及强度、土层的承载力综合确定；安装时应确保作用面与顶进方向（隧道设计轴线）垂直，倾斜误差不应大于0.5%；

2 为了保证推进时后靠横向稳定，可用型钢对后靠进行横向的固定；

3 后靠安装应根据其布筋结构确定安装位置及A、B面朝向；

4 后靠与井壁之间的空隙应浇筑强度不低于 C30 的钢筋混凝土。

**8.3.5** 顶铁的安装和使用应符合下列规定：

1 顶铁宜采用型钢焊接成型，刚度应满足最大顶推力需求；

2 顶铁安装轴线应与隧道设计轴线一致，顶铁与导轨、管节、液压缸之间的接触面不得有泥土、油污；

3 顶铁与管节之间应采用缓冲材料衬垫；

4 顶铁与顶推液压缸连接端宜配置顶推液压缸向后拖拽装置；

5 顶铁放置导轨上应能自身保持稳定；

6 顶进时，工作人员不得在顶铁上方及侧面停留，并应随时观察顶铁有无异常迹象。

**8.3.6** 止退装置的安装应符合下列规定：

1 顶管机始发井内宜设置止退装置，止退装置应相对隧道设计轴线对称布置，确保管节两侧受力均匀；

2 止退装置的基座标高应能保证止退销安装轴线与管节吊装孔轴线处于同一高度；

3 止退装置的安装方向应能承受来自掌子面向后的水土压力。

## 8.4 导轨选择与安装

**8.4.1** 导轨可选用钢混基础直接铺钢轨形式或钢台架基础铺设钢轨形式，基础刚度和强度应满足施工要求、保证轨道安装精度。

**【条文说明】：8.4.1** 始发导轨宜采用整轨，避免轨道接口不平，错台影响顶管机、管节正常顶进。

**8.4.2** 导轨安装位置应避开刀盘旋转范围，轨道前端距离始发洞门0.5 m～0.7 m。

**【条文说明】：8.4.2** 轨道前端离始发洞口预留0.5 m～0.7 m流水槽，流水槽上方可不布置导轨。

**8.4.3** 始发洞门破除后，应在洞门下方铺设辅助导轨，辅助导轨安装数量、水平位置及标高应与始发主导轨相匹配，整体满足始发精度要求。

**8.4.4** 导轨的安装允许偏差应符合：轴线偏差±3mm；导轨顶面高程0 mm ~3 mm；轨距偏差±3 mm。

**8.4.5** 导轨应安装牢固，使用过程中应不产生位移，施工过程中应经常检查。

**8.4.6** 依据隧道设计线路，提前调整好导轨标高、坡度等。

**【条文说明】：8.4.6** 为防止进洞栽头，宜在拟合线路始发的基础上整体抬高0~20mm进行始发。各导轨应顺直、平行、等高，安装的纵向坡度应与隧道设计坡度一致。

## 8.5 顶管机安装和调试

**8.5.1** 顶管机的尺寸和结构应满足实际工程要求，在吊装前应做详细的检查。

**8.5.2**  顶管机正式起吊前应进行试吊，试吊中检查全部机索具、场地受力情况，系好溜绳，平起吊，吊装人员不能站立在吊臂和顶管机下方。

**8.5.3** 在吊装顶管机时应平稳、缓慢、避免任何冲击和碰撞。一般重量较轻的小型简单顶管机可钢丝绳吊放，对于大型顶管机等重要设备，应采用专用吊具，确保安全可靠。

**8.5.4**  顶管机下放至距离导轨50cm时，调整顶管机的吊放位置，并在顶管机前端预留出洞门处理空间，然后缓慢放下。

**8.5.5** 在始发井内矩形顶管机两侧宜设置左右限位装置或设置左右位置调节装置。

**【条文说明】：8.5.5** 设置限位装置目的是在顶管机吊放至导轨时、以及矩形顶管机向前移动进入土体之前保证始发左右精度。

**8.5.6** 顶管机主机组装前应熟知所组装部件的结构、连接方式及技术要求。

**8.5.7** 顶管机主机组装工作应本着由前向后、先下后上、先机械后液压电气的原则。

**【条文说明】：8.5.7** 本条款补充说明下列：

1 组装过程中严禁踩踏扳动传感器、仪表、电磁阀、液压缸等易损部件。

2 常规矩形顶管机主机一般组装步骤为：前盾总成→安装刀盘→尾盾总成→铰接密封→前盾与尾盾合拢→前盾通过纠偏液压缸与尾盾连接→安装螺旋输送机。

3 采用多刀盘的矩形顶管机开挖系统安装：按先后再前、先下再上、先中间再两边的顺序安装刀盘。

4 液压管线的连接应保证清洁，禁止使用棉纱等易脱落线头的物品擦拭。

5 液压油箱加油前需检查是否清洁，并对加油口进行必要的清洁，同时要在指定的加油口加油。

6 将顶管机主机结构和电路、油路、水路、气路、泥浆管路、控制系统等进行逐一连接，要求各部件安装正确、连接牢固、不得渗漏，要求安装后对各分系统进行认真检查和试运行，达到按照设计参数正常运转的状态。

**8.5.8** 顶管机顶进前应进行调试，并应符合下列规定：

1 连接顶管机操作台、电气柜内与外部的所有电线电缆，并做送电前检查保证接线正确、规范；

2 检查并确保所有电气柜、控制盒、端子盒、传感器等正确安装、防护到位，无松动、损坏、污染等异常情况；

3 按顺序逐级给整机送电，送电前所有开关均处于断开状态；

4 PLC程序、上位机软件及视频监控系统软件正确下载及安装；

5 通讯系统正常，液压、流体及机械满足调试的动作条件要求；

6 按调试验收大纲分系统进行调试，并应符合下列规定：

1）检查刀盘是否安装正确，运转无干涉，刀盘系统开挖轮廓应满足设计要求；

2）正、反转动各刀盘应平稳，电机转动电流无突变；

3）纠偏系统的动作应反应及时，上下左右纠偏动作液压缸伸缩量应与操作台的数值一致。

7 系统调试完成后，进行整机调试，应达到验收大纲的性能指标要求。

## 8.6 泥水平衡出渣系统的安装

**8.6.1** 泥水平衡矩形顶管机排渣应配置泥水循环系统。

**8.6.2** 泥水平衡顶管机的泥水循环系统安装应符合下列规定：

1 根据场地条件设置泥浆箱或泥浆池，并应配置泥水处理器对泥、水进行分离；

2 进浆泵宜靠近泥浆箱安装，泥浆箱出浆口宜高出箱底500mm，出浆口宜设置截止阀，再通过软管与进浆泵连接；

3 排浆泵安装在井内或隧道内，井内安装高度宜高出井底500mm，管内安装宜离开顶管机主机5~10m，视顶进距离和断面大小布置排浆泵数量；

4 管路拐弯处应使用弯头连接；

5 泥浆箱应尽量靠近始发井，可以减小排浆管路过长而产生的管路摩阻力；

6 泥水处理器应可沉淀或分离块状物，防止块状物再次进入泥水循环系统引起堵塞和损坏。

## 8.7 土压平衡出渣系统的安装

**8.7.1** 土压平衡矩形顶管机排渣系统应配置螺旋输送机；顶进距离较长的可用渣土泵、皮带机输送将渣土泵送至地面；顶进距离较短的可采用渣车运输，运输至始发井，再由垂直运输机械吊至地面。

**8.7.2** 土压平衡顶管施工的排渣设备安装应符合下列规定：

1 采用渣土泵出土时，应设置泥浆沉淀池，进排浆管应平直、少弯道，进排浆管间连接应严密，送土管间的折角不宜超过2°；

2 用轨道渣车出土时，道轨对接错位水平向不应大于5mm，高低不应大于 2mm，轨道两端应设置渣车防撞装置；

3 采用卷扬机牵引渣车时，卷扬机的线速度不宜大于0.5m/s；

4 渣车轨道安装应延伸到顶推液压缸支架上。

**8.7.3** 场内地面运输：根据出土量、运输距离和现场堆土条件，可用吊车直接将渣土转运到堆渣场内，或采用自卸汽车将弃渣运送至堆渣场，然后再用垂直吊机或铲车堆高，做到文明施工。堆土场应具有良好的排水和通行条件。

## 8.8 中继间安装

**8.8.1** 在顶推距离较长，始发井顶推系统不足以提供全部顶力时，应设置中继间接力顶进，中继间结构示意图如图8.8.1-1~图8.8.1-2所示。



**图8.8.1-1 中继间结构示意**



**图8.8.1-2 中继间结构局部放大图**

**8.8.2** 中继间的设计应符合下列规定：

1 中继间的结构形状和管节接头相一致；

2 中继间应带有木质的传压环和钢制的刚性均压环，端面的尺寸应和作用于其上的顶进力相适应；

3 中继间数量大于1个时可对中继间进行计算机编组操控。

**8.8.3** 中继间及其液压缸的安装应符合下列规定：

1 中继间液压缸宜固定在支架上，其合力的作用点应在隧道中心的垂直线上。

2 中继间液压缸宜取偶数，且其规格宜相同，并作周向均匀布置；当规格不同时，其行程应同步，并应将同规格的中继间液压缸对称布置。

3 中继间液压缸的油路应并联，每台中继间液压缸应有进油、回油的控制系统。

4 中继间吊放入始发井后，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。

5 当总推力达到中继间总推力40%~60%时，就应安放第一个中继间，此后，每当达到中继间总推力的70%~80%时，安放一个中继间。而当总推力达到中继间总推力的90%时，就应启用中继间。

## 8.9 顶管辅助施工与设备

**8.9.1** 减摩系统的安装应符合下列规定：

1 减摩触变泥浆搅拌桶和压浆泵应根据注浆量和注浆压力选用，并宜靠近泥浆箱（/储浆池）安装。

2 注浆主管管径不应小于40mm，并宜分段设置球阀。

3 每个注浆孔应安装单向阀，每组支管应单独设置球阀。

4 顶管机后面第1～3节管应安装注浆管，后续管节可按需要设置。

5 在注浆泵出口及注浆口处应安装压力检测装置，可安装压力表或压力传感器，便于准确观测注浆压力。

6 触变泥浆注入孔阀门宜采用并联分组、单组可控模式。

**8.9.2** 测量系统的安装应符合下列规定：

1 测量系统宜具有设计轴线管理、空间位置检测、姿态检测、图形显示、测量基点校核及与主机控制系统通信的功能。

2 测量装置安装架应固定在始发井主体结构上，确保不会发生位移扰动，且能与顶管机头部安装的测量靶保持良好的通视，每次顶进前应进行复核。

3 测量靶应固定在顶管机上，测量靶的位置应事先测定完成，并经常进行位置检查和纠正。

4 测量装置安装应与顶管机测量靶中心重合，误差不超过3mm。

5 测量系统所有电缆都经过屏蔽保护，电缆连接有明确标识，电缆设计具有防误插拔功能。

**8.9.3** 纠偏液压缸的安装应符合下列规定：

1 纠偏液压缸安装在顶管机主机铰接位置，用以调整垂直和水平的轴线偏差。

2 纠偏液压缸安装方向应根据盾体结构形式确定，确保液压缸伸缩方便且不影响管线布置。

**8.9.4** 起重机械安装应符合下列规定：

1 顶管施工需配备垂直吊装设备。一般情况下可采用桥式起重机（即门式行车）或旋转臂架式起重机（如汽车吊、履带吊），其起重能力应满足顶管掘进机和顶推设备的装拆、顶进管节的吊放和顶铁的装拆、土方和材料的垂直运输等需求。

**2** 起重机械应建立现场维修保养、定期检查和交接班制度，并遵照执行起重机械相关的安全操作规程。

## 8.10 质量控制

**8.10.1** 原材料、成品、半成品的产品质量应符合设计现行国家相关标准规定。

**8.10.2** 顶管机、主顶系统、中继间、减摩系统、测量系统、排渣系统、动力系统应工作正常，系统调试及联合试车结果应符合设计和现行国家相关标准规定。

**8.10.3** 设备总体安装应符合下列规定：

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10 mm ~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；

4 油箱液压油数量应满足所有液压缸的使用要求；

5 激光经纬仪安装完毕并与顶管机测量靶中心重合，误差不超过3mm。

**8.10.4** 后座垫铁安装应符合下列规定：

1 后座垫铁可采用厚度大于50mm的钢板或厚度更大的焊接钢构，后座垫铁的立面面积应根据顶力、井壁厚度及强度、土层的承载力综合确定。安装时应确保作用面与顶进方向垂直，倾斜误差不应大于0.5%。

2 后座垫铁与井壁之间的空隙应浇筑强度不低于C30的钢筋混凝土。

**8.10.5** 导轨安装应符合下列规定：

1 导轨宜选用钢轨及槽钢组合焊接制作，刚度和强度应满足施工要求。

2 导轨应顺直、平行、等高，安装的纵向坡度应与管道设计坡度一致。

3 导轨应安装牢固，使用过程中应不产生位移，施工过程中应经常检查。

4 导轨的安装允许偏差应符合表8.10.5的规定：

**表8.10.5 导轨安装允许偏差（mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 偏差项目 | 轴线偏差 | 导轨顶面高程 | 两轨净间距 |
| 允许偏差值 | ±3 | 0 ~+3 | ±2 |

**8.10.6** 顶铁安装应符合下列规定：

1 顶铁的强度、刚度应满足最大允许顶力要求；安装轴线应与管道轴线平行、对称，顶铁在导轨上滑动平稳、且无阻滞现象，以使传力均匀和受力稳定。

2 顶铁与管端面之间应采用缓冲材料衬垫，并宜采用与管端面吻合的U形或环形顶铁。

3 安装前应检查顶铁规格和完好性，不同规格的顶铁不宜混用。

**8.10.7** 测量系统安装应符合下列规定：

1 测量控制点应设置在稳定可靠、不易扰动、通视良好、易于标识的位置。

2 激光经纬仪安装架应固定在工作井底板上，每次顶进前应进行复核。

3 测量靶应经常进行水平检查和纠正，或使用垂重自动纠平。

# 9 顶进施工

## 9.1 一般规定

**9.1.1** 施工单位应按照合同文件、设计文件和有关规范、标准要求，根据建设单位提供的施工界域内有关工程地质、水文地质和周围环境情况，以及沿线地下与地上管线、周边建（构）筑物、障碍物及其他设施的详细资料进行核实确认。

**9.1.2** 施工单位应熟悉和审查施工图纸，掌握设计意图与要求实行自审、会审（交底）和签证制度；发现施工图有疑问、差错时，应及时提出意见和建议；如需变更设计，应按照相应程序报审，经相关单位签证认定后实施。

**9.1.3** 施工单位在开工前应编制施工组织设计，对关键的分项、分部工程应分别编制专项施工方案，专项施工方案应按规定程序审批后执行，有变更时要办理变更审批。

**9.1.4** 施工临时设施应根据工程特点合理设置，并有总体布局方案。对不宜间断施工的项目，应有备用动力和设备。

**9.1.5** 工程所用的管材、矩形顶管附件、构（配）件和主要原材料等产品进入施工现场时应进行进场验收并妥善保管。进场验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检报告及证件等，并按国家有关标准规定进行复验，验收合格后方可使用。

**9.1.6** 现场配置的混凝土、砂浆、防腐与防水涂料等工程材料应检测合格后方可使用。

**9.1.7** 施工所用管节、半成品、构（配）件等在运输、保管和施工过程中，应采取有效措施防止其损坏、锈蚀或变质。

**9.1.8** 施工单位应遵守国家和地方政府有关环境保护的法律、法规，采取有效措施控制施工现场的各种废弃物对环境造成的污染和危害。

**9.1.9** 质量检验、验收中使用的计量器具和检测设备，应经计量检定、校准合格后方可使用。

**9.1.10** 矩形顶管工程施工质量控制应符合下列规定：

1 各分项工程应按照施工技术标准进行质量控制，每分项工程完成后，应进行检验；

2 相关各分项工程之间，应进行交接检验，所有隐蔽分项工程应进行隐蔽验收，未经检验或验收不合格不得进行下道分项工程。

**9.1.11** 矩形顶管附属设备安装前应对有关的设备基础、预埋件、预留孔的位置、高程、尺寸等进行复核。

**9.1.12** 施工单位应按照相应的施工技术标准对工程进行全过程控制，建设单位、勘察单位、设计单位、监理单位等各方应按有关规定对工程质量进行管理。

**9.1.13** 工程应经过竣工验收合格后，方可投入使用。

**9.1.14** 顶管施工中应合理配置管道内通风、供电、照明等装置。

## 9.2 施工组织设计

**9.2.1** 顶管施工前应编写顶管施工组织设计，应满足设计文件与合同协议的要求，在现场踏勘的基础上，综合考虑各方面因素，根据实际情况选用合适的设备和选择最优施工方法与工艺，还应随着工程进展根据实际情况的变化调整施工参数。

**9.2.2** 施工组织设计应包括下列主要内容：

1 编制依据及采用标准；

2 工程概况：主要介绍工程基本情况、施工场地特征、工程地质和水文地质、地面及地下建（构）筑物、地下管线及其他地下障碍物等内容；

3 施工现场总平面布置；

4 工程重难点分析及措施；

5 施工工作计划：包括施工进度计划、机械设备计划及劳动力安排计划等；

6 施工准备工作，包括下列主要内容：

1）后靠背钢盒、导轨、顶管机、液压缸、止水圈的安装方法，应附安装图；

2）降水措施；

3）洞门凿除；

4）管节预制、运输、存放；

5）中继间加工。

7 顶管设备选型与配置：应符合可靠性、安全性、地层适应性等原则，并应根据断面大小、掘进距离、地质条件、估算总顶力、顶管施工方法等确定顶管机设备类型和合适的刀盘布置形式，包括顶管机、中继间、主顶液压缸等，注明主要设备性能参数；

8 主要施工技术方案，包括下列主要内容：

1）总顶力估算、后靠背承载力估算及反力墙设计；

2）顶管施工参数的选定；

3）顶管始发和接收技术措施及安全控制；

4）管材的选择及管节长度的确定，管节的连接与防水，管节的内外防腐；

5）注浆减阻措施，包括泥浆配合比、注浆量和注浆压力的确定；泥浆制备和输送设备及其安装规定；注浆工艺、注浆系统及注浆孔的布置；掘进洞口的泥浆封闭措施等。

6）土体改良；

7）顶管掌子面及管节压力监测；

8）顶管穿越砂层、复合地层等采取的主要技术措施；

9）排渣方式和渣土的处理，附渣土暂存位置图；

10）顶管测量、纠偏方法及姿态控制措施；

11）地面变形监测点布设；

12）地层变形的监测及控制措施；

13）中继间的位置、安装、使用与拆除措施；

14）顶管施工时的通风、供电、通讯措施；

15）工程重点部位的技术措施；

16）顶管贯通后的泥浆置换和防水处理措施。

9 顶管管节吊装方案；

10 施工安全和质量保证措施；

11 季节性施工技术措施；

12 施工文明和环境保护措施；

13 根据工程风险分析及风险源排查、评估、施工措施及风险控制等编制施工应急预案，包括下列主要内容：

1）工程风险分析及应急预案；

2）顶管始发应急措施；

3）顶管过程中的应急措施；

4）顶管接收应急措施；

5）顶管穿越障碍物处理措施；

6）应急动力与电源配置；

7）工程意外伤害预防及处理措施。

14 现场远程管理和视频监控。

**【条文说明】：9.2.2** 顶管施工属于地下工程，影响施工的因素很多，除了施工工艺方法多、技术要求差异大等特点外，工程地质条件、原有地下设施和地下障碍物情况以及施工现场环境等因素均可对施工进度、工程质量、施工安全和施工成本造成影响。为了保证顶管施工项目的顺利进行，取得良好的经济效益和社会效益，编写好顶管施工组织设计是十分关键的。

## 9.3 顶管始发与接收

**9.3.1 顶**管洞口的施工应符合下列规定：

1 顶管始发和接收预留洞口的位置、几何尺寸、封堵方式应符合设计和施工方案的要求。

2 顶管工作井洞口施工影响范围内的土层应进行预加固处理，始发和接收前应检查加固处理后的土体强度和渗漏水情况。

3 设置临时封门时，应考虑周围土层变形控制和施工安全等要求。封门应拆除方便，拆除时应减小对洞门土层的扰动。

4 洞口应设置止水装置，止水装置联结环板应与工作井壁内的预埋件焊接牢固，且用胶凝材料封堵；顶管结束后，矩形顶管与洞口的间隙应及时进行封堵。

1）当为粘性土且地下水压力较高时，宜采用橡胶板止水，并应加快进、出洞的施工速度。

2）当为粉土且有地下水时，宜采取措施降低地下水位，并缩短进、出洞时间，无法降水时，应对土体进行固结处理。

3）当为砂土时，宜加固洞口外的土体，降低土体的渗透系数。

5 混凝土管节渗漏水处理应满足下列要求：

1）宜在气温较低，接缝、裂缝张开较大时进行注浆堵水处理。

2）结构仍在变形、未稳定的裂缝渗漏水，可先行堵水处理，同时应具备结构稳定后进一步治理的条件。

3）需要补强的渗漏部位，应选用改性亲水环氧树脂灌浆材料、水泥基灌浆材料、油溶性聚氨酯

灌浆材料等固结体强度较高的灌浆材料。

**【条文说明】：9.3.1 第2条** 顶管始发和接收洞门的加固方式有土体加固和钢封门加固以及两种形式组合工法。土体的加固范围应根据土体的稳定性、含水量以及矩形顶管施工所需要提供的最大顶力、加固方式的安全性及经济性等因素综合考虑，宜为上下左右各3 m ~4m，离洞口正前方6m。

**【条文说明】：9.3.1 第4条** 工作井洞口设置止水装置是为了防止顶管机始发时发生水土流失，造成洞门塌方，并保证顶管机迅速穿墙，使顶管机快速顶入土体，止住渗漏。顶管与穿墙孔的间隙及时封堵，主要是为了防止管道移动和管节端头的位移，同时也可防止水的浸入，止水装置一般采用帘布橡胶板止水。

**【条文说明】：9.3.1 第6条** 洞口凿除物应清除干净，顶管机始发时，导轨上的管道应与洞口的止水装置保持同轴，避免损坏洞口的止水装置。

**9.3.2** 洞口始发时，顶管机与其后续2-3节管之间应采用有效的机械连接。

**9.3.3** 接收井内宜预留略高于管底的垫层支承顶管机。当地下水位高，可能发生管涌或流砂时，应采用压力接收方式。

**9.3.4** 顶管结束后应采取注浆措施填充管外侧超挖的空隙。

**9.3.5** 软土地区，顶管始发时应采取下列措施防止顶管机倾斜下沉：

1 基坑导轨前端应尽量接近洞口，缩短顶管机的悬空长度；

2 进、出洞作业应连续不可停顿；

3 宜在洞口内设置支撑顶管机的临时装置。

**9.3.6** 顶管始发应符合下列规定：

1 顶管机穿越始发洞口加固区时，穿墙洞口内应注满泥浆，掘进速度宜控制在2 mm/min ~3mm/min。

2 顶管机穿越始发洞口加固区之前应在机外壳两边焊接支座与导轨面齐平，防止顶管机摆动。

3 顶管始发出洞时应防止因顶管机的自重因素往下偏移，将顶管机与后面3节管节连接在一起。

4 顶管始发出洞时应均匀增加掘进力，减小对洞门土体的扰动。

5 初始掘进时应有防止顶管机后退措施。

6 初始掘进时应只使用下层液压缸掘进。

7 处于地下水较丰富的砂性土层时，应对洞口处土体进行固结处理。

**9.3.7** 顶管接收应符合下列规定：

1 顶管机接近接收井洞口加固区前，应加强测量管线距离和管道偏差。

2 顶管机进入接收井洞口加固区时，应控制掘进速度在2 mm/min ~3mm/min，接近接收井洞口时，应将洞口封口墙拆除并清理洞口障碍物。

3 顶管机进入接收井后，应对管节与洞口间的空隙进行适当塞填，作止水处理。

4 接收井内可安装掘进机临时支架，防止顶管机下落。

5 当地下水位高时宜采用水下到达措施。

**【条文说明】：9.3.7第5条** 水（土）中接收是指在接收井内回填水（土），接收时矩形顶管机进入接收井回填的水（土）中。一般情况下，为减少回填水（土）的工作量，需建立封闭空间，空间应满足矩形顶管机接收需要的尺寸，且满足顶管机拆除的工作空间需要。封堵墙应专项设计，且满足抵抗隧道埋深的水土压力和抗渗的性能要求。水（土）中接收需要计算顶管机和隧道的抗浮安全系数，必要时可采取增加顶管机上方填土厚度、顶管机内压重等措施，同时加强顶管机姿态的测量工作。

**9.3.8** 工作井洞口封门拆除应符合下列规定：

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

2 沉井工作井应先拆除洞圈内侧的临时门，再拆除井壁外侧的封板或其他封填物。

3 在不稳定土层中掘进时，封门拆除后，顶管机应立即顶入土层并连续掘进，直至洞口及止水装置发挥作用为止。

4 在高地下水压环境下施工时，应采取技术措施防止封门在水压作业下突然倒塌造成人员伤亡，同时，利用顶管机头直接磨穿接收井封门，确保顶管机接收安全。

## 9.4 顶管掘进

**9.4.1** 顶管机的选型可根据工程地质条件、水文地质条件、周边环境条件等因素综合确定，常用的矩形顶管机有土压平衡式、泥水平衡式和网格式。网格式顶管机为半封闭式顶管，矩形顶管施工中一般较少运用，本规程中不做详细阐述。

**9.4.2** 土压平衡矩形顶管掘进施工应符合下列规定：

1 掘进前，应根据顶进管道覆土厚度、土体性质、地下水埋深等因素确定土舱压力控制值。

2 掘进中，根据土舱压力的变化，调节排土速度与顶进速度，使土舱压力始终保持在预设范围内。

3 应根据不同的土质采取不同的土体改良方法。

4 开顶时，应先启动刀盘转动，再启动油缸推进；停顶时，应先停止油缸推进，再停止刀盘转动。

5 掘进中，须同步向管外壁注入减阻泥浆，并应根据泥浆的损失适当补充注浆。

6 掘进过程中，应随时对掘进机位置进行测量定位，及时纠偏。

7 顶管贯通后，应向管外壁注入土体固结浆，置换减阻泥浆。

8 距离地下管线、地下和地上建（构）筑物较近时，应适当降低土舱压力。

9 当周边环境对土体变形要求严格时，应进行土体变形监测，根据监测数据随时调整顶进参数。

10 软土区掘进，应随时关闭排土闸门，防止土体喷出，导致土舱压力降低。

**9.4.3** 泥水平衡矩形顶管掘进施工应符合下列规定：

1 掘进前，应根据顶管覆土厚度、土体性质、地下水埋深等因素确定泥水舱压力控制值。

2 掘进中，根据泥水舱压力的变化，调节进水速度、排泥速度与掘进速度，使泥水舱压力始终保持在预设范围以内。

3 开顶时，应先启动进、排泥泵，进行机内循环，然后进行机外循环，再启动刀盘转动，最后启动油缸推进；停顶时，应先停止油缸推进，然后进行机外循环，再停止刀盘转动，转到机内循环，最后关闭进、排泥泵。

4 使用面板式刀盘时，应根据地质条件确定刀盘开口的数量与面积。

5 对顶管机内进水阀、排泥阀、旁通阀操作时，不能将所有的阀同时处于“关”的状态；应按下列顺序进行：从机内循环转换到机外循环时，应先打开进水、排泥直通阀，然后再关闭转换阀；从机外循环状态转换到机内循环状态时，应先打开转换阀，再关闭进水、排泥阀。

6 掘进中，须同步向管外壁注入减阻泥浆，并应根据泥浆的损失适当补充注浆。

7 掘进过程中，应随时对顶管机位置进行测量定位，及时纠偏。

8 顶管贯通后，应向管外壁注入土体固结浆，置换减阻泥浆。

9 距离地下管线、地下和地上建（构）筑物较近时，应适当降低泥水舱压力。

10 当周边环境对土体变形要求严格时，应进行土体变形监测，根据监测数据随时调整顶进参数。

**9.4.4** 顶管掘进过程应符合下列规定：

1 掘进前应对成品管节、钢套环、橡胶密封及衬垫材料作检测和验收。

2 钢套环应按设计要求进行防腐处理，刃口无疵点，焊接处应平整。

3 管节承插前，应采用粘结剂将橡胶圈正确固定在槽内，并涂抹对橡胶无腐蚀作用的润滑剂，承插时外力应均匀，承插后橡胶圈应不移位、不翻转。

**9.4.5** 顶管掘进时应符合下列规定：

1 初始掘进速度宜控制在5mm～10mm/min。

2 正常掘进时，掘进速度宜控制在10mm～20mm/min；在掘进时应对掘进速度作不断调整，找出掘进速度、正面土压力（泥水压力）、出渣量（出泥量）的最佳匹配值。

3 土压力值的确定应根据选用顶管机型式确定。土压平衡式顶管，实际上就是把顶管机土舱内的土压力控制在顶管机所处土层的主动土压力与被动土压力之间，也即：

 (9.4.5-1)

 (9.4.5-2)

 (9.4.5-3)

 (9.4.5-4)

 (9.4.5-5)

式中： ——主动土压力（kPa）；

——控制土压力（kPa）；

——被动土压力（kPa）；

——静土压系数，在砂性土中可取0.25~0.33之间，在粘性图中可取0.33~0.7之间；

——静止土压力（kPa）；

——土的重度（KN/m³）；

——管顶至原状土地面的覆土深度（m）；

——土的摩擦角（゜）；

——土的内聚力（kPa）；

4 控制土压力除了计算以外还需在顶进时实测，将实测值与计算值做比较，修正计算值。

5 泥水平衡式顶管机正面泥水压力宜控制在比水土压力高出0.01MPa~0.03 MPa。

6 应统计每节管节的出土量（出泥量），并应与理论出土量（出泥量）保持一致。

**【条文说明】：9.4.5** 本条款补充说明下列：

1顶管初始掘进时应控制掘进速度，不宜过快，在此过程中应摸索掘进的相关数据，为正常掘进提供依据。

2 顶管正常掘进应控制开挖量与出土量的平衡。

3 控制土舱内压力的方法有三种：

1）用主顶油缸或第一个中继间的推进速度来调节，在排土量不变的条件下，推进速度快，则土压力上升，反之则下降。

2）利用调节螺旋输送机转速和快慢来调节土压力。在推进速度保持不变的条件下，螺旋输送机的转速较快，排土量则越大，土舱内的压力就下降，反之则上升。

3）利用顶管机后的主推装置和调速螺旋输送机共同来控制土舱内土压力，用这种调节方法最好，但施工成本高。

**9.4.6** 距离工作井洞口一定长度宜作为试验段，通过现场实测调整施工参数范围和匹配关系。

**9.4.7** 顶管掘进中为防止机头下沉、机尾上翘的现象，可采取下列措施：

1 调整后座主推油缸的合力中心，用后座油缸进行纠偏；

2 宜将顶管管节前3～5节用型钢焊接相连；

3 对洞口土体进行加固处理；

4 加强洞口密封可靠性，防止或及时封堵顶管始发和接收时的水土流失。

**【条文说明】：9.4.7** 由于工作井施工时周围土体被扰动，顶管机出洞时，洞外土体易流失，同时顶管机自重太重，因此要采取防“磕头”措施。

**9.4.8** 当采用中继间技术时，应对中继间进行编组控制，从矩形顶管机头向后按次序依次将每段管节向前推移，当一组中继间伸出时，其它中继间应保持不动，在所有中继间依次完成作业后，主顶工作站完成该掘进循环的最后掘进作业。

**9.4.9** 施工参数记录应符合下列规定：

1 顶管始发前应测量顶管机头的轴线和标高，并将测量数据及时反馈进行调整。

2 掘进施工中的原始数据记录应连续、真实、完整。

3 原始记录和测量分析资料应完整存档。

**9.4.10** 加接管节时，主推油缸在缩回前应对已掘进的管节采取止退措施。

**9.4.11** 掘进过程应连续进行，如遇下列情况之一时，应暂停掘进，及时处理，并应采取防止顶管机前方塌方的措施：

1 顶管机前方遇到不明障碍物；

2 后背墙变形严重；

3 顶铁发生扭曲现象；

4 管位偏差过大且纠偏无效；

5 顶推力超过管材的允许推力；

6 油泵、油路发生异常现象；

7 管节接缝、中继间渗漏泥水、泥浆；

8 地层、邻近建（构）筑物、管线等周围环境的沉降量超出控制允许值。

**9.4.12** 制定应急预案，在发生下列紧急情况时应及时采取应对措施，防止事态发展，减少损失：

1 顶管机穿越众多管线引起管线沉降偏大的风险；

2 施工期间存在突然停电、停水等影响工程质量的风险；

3 施工期间存在不可预见恶劣水文气候条件对工程产生不利影响的风险；

4 各种意外事件对工程施工工期如期完成构成的风险；

5 施工现场机械设备产生故障的风险；

6 施工现场的火灾风险；

7 工程项目的实际成本超出计划预算太多的风险。

## 9.5 注浆减阻

**9.5.1** 施工现场应建立泥浆池，满足顶管工程所需不同泥浆的配置需求。

**9.5.2** 触变泥浆应符合下列规定：

1 在管道外壁应压注触变泥浆，在管道四周形成一圈稳定的泥浆套，要求施工期间泥浆不失水，不沉淀，不固结；

2 管道最前的3节管每节管应设置触变泥浆管，其他管节宜每隔 2～4 节管设置一道，可按实际需要调整泥浆管的间距；

3 触变泥浆制作后应静置12h以上；

4 压浆压力宜控制在比地下水的水压力高 0.02Mpa～0.04Mpa；

5 注浆量不应低于理论值的2倍。

**9.5.3** 顶管掘进过程中应采取措施减小管壁摩擦阻力，宜采用向管外壁与土体间注入润滑泥浆的方式减阻。注浆减阻应满足下列要求：

1 选择优质的触变泥浆材料，对膨润土造浆率、失水量和动塑比进行取样测试；

2 在矩形顶管上预设压浆孔，压浆孔的设置要确保掘进时管外壁和土体之间的间隙能形成稳定、连续的泥浆套；

3 膨润土的储藏及浆液配制、搅拌、水化时间应按照产品的性能要求进行，使用前应先进行试验；

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

5 注浆设备和管路应可靠，应具有足够的耐压和良好的密封性能；

6 长距离顶管的注浆与补浆应分别设独立的注浆系统，注浆宜使用低压力、大流量的注浆泵，补浆可使用高压力、小流量的注浆泵。

**【条文说明】：9.5.3** 触变泥浆注浆要求是保证掘进管道外壁与土体之间形成稳定的、连续的泥浆套，其效果可通过掘进力降低程度来验证。

**【条文说明】：9.5.3 第4条** 在掘进过程中要经常检查各掘进段的浆液形成情况。

**【条文说明】：9.5.3 第5条** 在注浆孔中设置一个单向阀，使注浆管外的土不能倒灌而堵塞注浆孔，从而影响注浆效果。

**9.5.4** 注浆浆液选择应符合下列规定：

1 触变泥浆可用于粘性土、粉质土和渗透系数不大于10-3cm/s的砂性土。渗透系数大于10-5cm/s时应另添加化学稳定剂；

2 渗透系数大于或等于10-2cm/s的粗砂和砂砾层宜采用高分子化学泥浆；

3 石蜡、废油脂等非亲水减阻剂可用于无地下水的硬土层；

4 沿海地质条件下宜使用抗盐澎润土。

**9.5.5** 触变泥浆注浆系统应符合下列规定：

1 制浆装置容积应满足形成泥浆套的需要；

2 注浆泵宜选用液压泵、活塞泵或螺杆泵；

3 注浆管分为主管和支管两种，应根据顶管长度和注浆孔位置设置。主管道宜选用直径为40mm～50mm的钢管，支管可选用25mm～30mm的橡胶管。管接头拆卸方便且在工作压力下无渗漏现象；

4 补浆孔的布置：混凝土管每3～5管节应设一组补浆孔，每组补浆孔轴向间距一般为10m～25m；补浆孔的间距可按下式估算：

 （9. 5.5）

式中：*Lm*——补浆孔间距（m）；

*T*——减阻泥浆失效期（d），可取*T* = 6～10d；

*V*——每天平均掘进速度（m/d）。

5 注浆孔的布置按顶管断面尺寸确定，每个断面可设置8～10个；相邻断面上的注浆孔可平行布置或交错布置；注浆孔宜有排气功能，每个注浆孔宜安装球阀，在顶管机尾部和其他适当位置的注浆孔管道上应设置压力表；

6 每套中继间应单独设注浆孔，中继间的注浆应与中继间启动同步，在运行中连续注浆；

7 注浆前，应检查注浆装置水密性；注浆时压力应逐步升至控制压力；注浆遇有机械故障、管路堵塞、接头渗漏等情况时，经处理后方可继续掘进。

**【条文说明】：9.5.5 第1条** 注浆装置容积计算宜按5倍~10倍管道外壁与周围土层之间的环形间隙的体积来设置拌浆装置、注浆装置；对于浆液难以到达的区域，可以在切削刀盘位置或顶管机尾部进行注浆；对于浆液容易到达的区域，可通过管节上的注浆孔进行注浆，注浆结束后应对注浆孔进行密封。

为保障注浆减阻效果，地层和管道之间的环状间隙要足够大，在松散地层不宜小于20mm，并要求在整个施工过程中和整个施工管段都要保持这样的间隙。注浆材料在任何施工阶段都应保持其流动性，不宜通过孔壁漏失到地层中，如有渗漏应及时补充。

**9.5.6**  触变泥浆的配合比，应根据顶管穿越地层的特性、地下水条件、触变泥浆的技术指标等综合确定。

**表9.5.6 触变泥浆技术指标**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 粘度 | 滤失量（cm3/30min） | 比重  （g/cm3） | PH值 | 含沙量（%） | 稳定性 | 静切力（Pa） |
| >30s | <25 | 1.1-1.15g/cm3 | 8~10 | ≤3 | 静止24h无析水 | 100左右 |

**【条文说明】：9.5.6** 一般情况下，在现场按配合比进行泥浆的配置，所用的主要材料包括：膨润土、水、Na2CO3和CMC，有时也可以加入其他掺和剂，如废机油、粉煤灰和其他高分子化合物等。材料的配比通常为：

水：土=（4~5）：1

土：掺和剂=（20~30）：1

**9.5.7** 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1.5～3倍，对于中粗砂层应大于理论压浆量的3倍以上。

**9.5.8** 在注浆过程中，应根据减阻效果和控制地面变形的实际监测数据，及时调整注浆流量和注浆压力等工艺参数。注浆压力可按下列公式计算，注浆压力取最大值

 (9.5.8-1)

(9.5.8-2)



 (9.5.8-3)

或存在卸力拱时：

 (9.5.8-4)



(9.5.8-5)

式中：——泥浆套顶部的水压力和主动土压力（kPa）；

——土的重度（kN/m3）；

——水的重度（kN/m3）；

——工作面或卸力拱以上的水柱高度（m）；

——管顶至原状土地面覆土层厚度（m）；

——顶管所处土层的内摩擦角（°）；

——卸力拱的高度（m）；

——土的粘聚力（kPa）。

**【条文说明】：9.5.8** 本条是指补浆量的控制和注浆压力的控制。一般情况下是以注浆压力为控制目标。在注浆过程中，应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。

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

## 9.6 土体改良

**9.6.1** 土压平衡顶管机在遇到不良地层（中粗砂、砂卵石层等）时，应通过设在顶管机刀盘和胸板上的注浆孔向土舱内注入改良用的粘土等作泥材料制成的浆液，以改善不良土体的流动性、塑性和止水性能，保证开挖舱的水土压力与开挖面平衡。

1 作泥材料所配成的泥浆应具有较大的粘度，粘度值在8000s~10000s之间，比重在1.30~1.50之间，参考配比为：膨润土98kg、粘土392kg、水892kg；

2 泥浆的注入量宜为15%～30%，应根据螺旋输送机所排渣土的状况确定，改良后的土体应具有良好的塑性、流动性以及止水性；

3 对不同的土质应选用不同的泥浆配比、注入不同的泥浆量；

4 对注入泥浆的科学管理应引起足够的重视；

5 泥浆注入应有专人负责，对注入压力、注入量、泥浆配比等应有详细的记录，应通过初始推进阶段试验以后再决定。

**【条文说明】：9.6.1** 顶管机遇到不良土体时，由于土体流动性差，给出土造成很大困难，应通过注浆对土体进行改良，以便控制开挖量与出土量的平衡，加快掘进速度。

**9.6.2** 开挖舱土压力应符合下列规定：

1 始发阶段顶管机进入原状土后，为防止机头“磕头”，宜适当提高掘进速度，使正面土压力稍大于理论计算值；

2 在顶管掌子面进入接收井洞口加固区域时，应适当减慢掘进速度，调整出土量，逐渐减小机头正面土压力，以确保顶管机设备完好和洞口结构稳定；

3 密切关注顶管机的土压力参数，随时掌握顶管机掌子面的压力数值。

**9.6.3** 土体改良后的效果及作用应满足下列要求：

1 土体改良后的渣土成流塑状或牙膏状，能够平稳控制土压，开挖面不出现大的隆起或沉降。

2 降低土体的内摩擦角，增加土体的流动性，减小土体对刀具、面板、土仓、螺旋机的磨损。

3 将改良剂加注到刀盘前方，切削土体经过刀盘及搅拌棒的搅拌，土仓内的土体通过刀盘充分搅拌后能达到较好的流塑性，能顺利地从螺旋机口排出。

**9.6.4** 土压平衡矩形顶管机掌子面防结泥饼应采取下列措施：

1 在顶管机刀盘和胸板上加强高压喷嘴注浆；

2 在顶管机掌子面前方注入具有减粘性和强润滑性的改良浆液；

3 在机头前方适当加大土体改良剂的用量，改善顶管机头处土体的流动性；

4 可适当调高刀盘转速。

**9.6.5** 泥水平衡矩形顶管机排渣应符合下列规定：

1 泥水循环排土时，宜采用泥水分离器分离混合泥浆中的渣土；

2 每段管节正常顶进完成后，在停机前宜对进排浆管内的泥浆进行内循环，以便将管内泥渣全部排出；

3 拆卸泥浆管时，应关闭顶管机泥水循环截止阀；

4 根据进排浆泵的泵送能力，在一定距离配备中继泵；

5 在粉细砂层掘进时，应增加循环泥浆的浓度，过滤掉粒径大于20mm的砂砾。

**9.6.6** 管内渣土的运输长距离宜采用泵送式为主，短距离宜采用斗车轨道运输为主的方法。

**【条文说明】：9.6.6** 渣土运输分为管内运输和场内地面运输两种。可参考使用的运土方法有下列几种：土压平衡矩形顶管机由螺旋输送机控制出土，然后通过电瓶车，皮带输送机将弃土运输至始发井，再有垂直运输机械吊至地表，或者采用砂石泵直接从螺旋输送机将弃土泵送至地表。掘进距离较长的可采用砂石泵输送，掘进距离较短的可采用电瓶车运输。

**9.6.7** 运输前的渣土应存放在施工场地内专用的渣土池中，禁止随意排放渣土中的渗水。

**9.6.8** 废弃土方集中运至指定的渣土处理中心处理；废弃泥浆通过排污泵和排污管道用汽车外运至政府相关部门指定存放地点。

## 9.7 测量和姿态控制

**9.7.1** 顶管施工前，应围绕顶管设计中线和基坑建立地面、地下测量控制系统。

**9.7.2** 控制点应设在不易扰动、视线清楚、方便校核的位置，并应采取保护措施。

**9.7.3** 测量使用的仪器应经过检查校正，精度应符合现行国家标准。

**9.7.4** 施工中应对掘进方向的高程偏差、轴线偏差、顶管掘进的姿态与掘进长度等参数进行测量：

**9.7.5** 顶管定向测量应采用激光指向法，必要时应在管内设置测站，采用导线法转站测量。

**【条文说明】：9.7.5** 顶管定向测量宜采用下列方法：

1 采用全站仪直接传递定向时，全站仪传递采用I级全站仪且传递倾角不应大于30°；

2 采用联系三角形定向时，联系三角形的图形应符合相关要求；

3 采用铅垂仪投点定向时，铅垂仪的投点精度应得到保证。

**9.7.6** 顶管高程测量精度应符合下列规定：

1 水准测量，应达到四等水准测量的精度。

2 水准仪配合吊钢尺，每次应独立观测三测回，每测回均应变动仪器高度，三测回测得井上和井下水准点的高差应小于3mm。

3 三角高程测量，应达到四等水准测量的精度。

**【条文说明】：9.7.6** 工作井竖井时可采用水准仪配合吊钢尺的方法传递高程。

**9.7.7** 顶管掘进过程中，应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则，控制矩形顶管机前进方向和姿态，并应根据测量结果分析偏差产生的原因和发展趋势，确定纠偏的措施。

**9.7.8** 顶管掘进姿态控制应符合下列规定：

1 掘进施工过程中应对顶管水平轴线、高程、偏转、顶管机姿态等进行测量，并及时对测量控制基准点进行复核，发生偏差时应及时纠正。

2 掘进结束后应全线复测、绘制管道掘进轨迹图（含高程、方向、顶力曲线），并由施工技术人员检查复核。

3 长距离矩形顶管，宜采用计算机辅助导线法（自动测量导向系统）进行测量；在矩形顶管内增设中间测站进行常规人工测量时，宜采用少设测站的长导线法，每次测量前均应对中间测站进行复核。

**9.7.9** 顶管掘进过程中防止矩形顶管机扭转应采用下列措施：

1 应在壳体两侧安装纠扭装置，根据需要将翼板伸出壳体插入土体内，在机头向前推进时，土体在翼板上产生一侧向分力，形成力偶使机头按所需的方向旋转，以达到纠扭目的。

2 应在壳体上安装压浆管注浆，将浆液分隔成四个区域，根据纠转方向的要求，选择适当的压浆点，使压出的浆液在机头形成力偶，使机头按所需的方向旋转，以达到纠扭目的。

3 偏差较大时应调整两个矩形刀盘同向旋转，并与机头的扭转方向一致，将产生反向力偶，以控制机头的姿态，达到纠转的目的。

**9.7.10** 进入接收井前应提前进行矩形顶管机位置和姿态测量，并根据进口位置提前进行调整。

**9.7.11** 在软土层中掘进混凝土管时，为防止管节漂移，宜将前3～5节管节与矩形顶管机联成一体。

**9.7.12** 顶管施工的测量应符合下列规定：

1 掘进施工过程中应对顶管水平轴线、高程、偏转、顶管机姿态等进行测量，并及时对测量控制基准点进行复核，发生偏差时应及时纠正。

2 掘进施工过程中，每次测量前应对井内的测量控制基准点进行复核，发生工作井位移、沉降、变形时应及时对基准点进行调整。

3 掘进测量控制应符合下列规定：

1）矩形顶管机始发前应认真测定顶管机切口的轴线和标高，与洞口数值校核。掘进中原始数据、表格应连续真实填写清楚。

2）交接班时应交清测量记录，将仪器对中，并交清管道轨迹和纠偏措施。

3）顶程结束后应全线复测、绘制管道掘进轨迹图（含高程、方向、顶力曲线），并由施工技术人员检查复核。

4）在穿越道路时，应按建设单位的要求在指定地段进行施工监测点的布置，观测掘进过程中地表变形和土体位移情况，以便采取预防措施，避免影响道路正常运行。掘进结束后应绘制施工过程和竣工后的地面变形图。

4 顶管水平轴线和高程测量应符合下列规定：

1）顶管机始发出洞后进入土层时，每掘进300mm，测量不应少于1次；正常掘进时，每掘进1000mm，测量不应少于1次。

2）顶管机进入接收井前30m应增加测量，每掘进300mm，测量不应少于1次。

3）每节管道掘进结束后，应进行复测。

4）纠偏量较大或频繁纠偏时应增加测量次数。

5 长距离矩形顶管宜采用计算机辅助导线法（自动测量导向系统）进行测量；在矩形顶管内增设中间测站进行常规人工测量时，宜采用少设测站的长导线法，每次测量前均应对中间测站进行复核。

**9.7.13** 顶管掘进纠偏应符合下列规定：

1 掘进过程中应及时绘制矩形顶管机水平与高程轨迹图、掘进力变化曲线图、管节编号图，随时掌握掘进方向和趋势。

2 纠偏须在矩形顶管推进和刀盘旋转的过程中进行。

3 严禁一次纠偏操作完成纠偏任务，采用小角度纠偏方式，反复、多次进行纠偏操作，使矩形顶管姿态逐渐趋近回归。

4 纠偏时开挖面土体应保持稳定；采用挖土纠偏方式时，超挖量应符合地层变形控制和施工设计要求。

5 刀盘式矩形顶管机应有纠正顶管机扭转的功能。

**【条文说明】：9.7.13** 顶管机的姿态应包括其轴线空间位置、垂直方向倾角、水平方向偏转角、机身自转的转角；纠偏基本纲领：及时纠偏和小角度纠偏；挖土纠偏和调整合力方向的纠偏；刀盘式矩形顶管机纠偏时，可采用调整挖土方法、调整掘进合力方向、改变切削刀盘的转动方向、在管内相对于机头旋转的方向增加配重等措施。

## 9.8 监测与变形控制

**9.8.1** 通过运用科学合理的监测方法，获取矩形顶管施工过程中重要的监测数据，为顶管的设计和施工提供依据。通过数据反馈，及时调整施工参数，减小对地面、周边建（构）筑物及重要设施的影响；同时监测资料还可作为检验和评价支护结构稳定性的重要依据。

**9.8.2** 矩形顶管施工监测应符合下列要求：

1 施工监测的范围应包括地上和地下两部分。地上应监测地面沉降、隆起和临近建筑物的竖向位移、水平位移等。地下应监测顶管施工扰动范围内的地下构筑物、地下管线的竖直、水平位移及漏水、漏气等。

2 施工监测等级按《建筑变形测量规范》JGJ 8中规定和要求，采用二级变形测量级别。

3监测项目

1）顶管管节结构监测，包括管节应力和外观监测，观察并记录裂缝的生成时间、裂缝的长度及宽度发展状况。

2）工作井支护结构宜采用目测巡视，主要检查支护结构成型质量，支护有无裂缝出现，施工过程中洞口有无涌土、涌砂等。此外，还需对围护墙与工作井顶部的水平和竖向位移、支撑内力等进行监测，并应满足《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497要求。

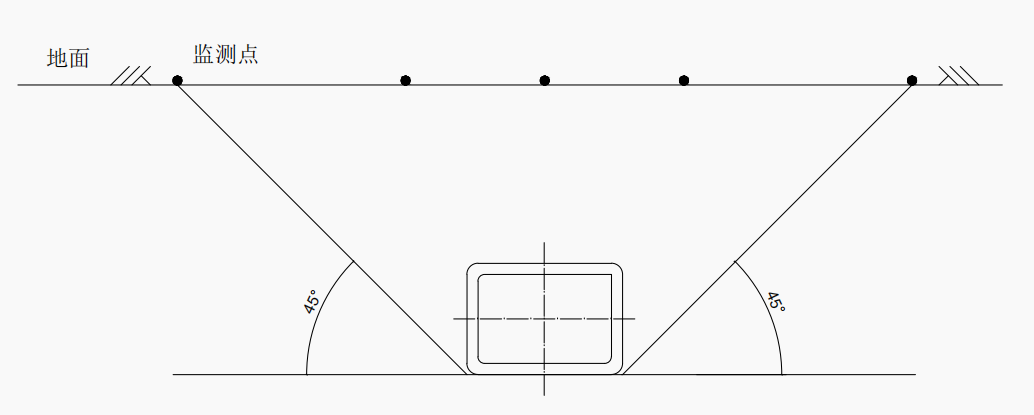
3）对顶管施工影响范围内的地面、路面进行水平及竖向位移监测，并按照国家相关测量标准执行。

4）对邻近建（构）筑物、堤岸及可能引起严重后果的其它重要设施进行监测。

5）对地铁、地下重要管线等的监测应满足相关规范要求。

4测点布设

1）路面沉降测量点布设：横向应按顶管机刀盘切削面的45º角切线延伸到地面的范围进行布点，管道中心线正上方布设一点，45º角延伸切线与地平线交叉点布设一点，在其两点中间布设一点，共5点为一排监测点。



**图9.8.2 监测点横向布置示意图**

2）纵向应按掘进方向在距离始发井1m布设一排深度为0.5m深、且进入原状土的沉降监测点，按2m间距依次往接收井方向布设沉降监测点。

3）掘进施工时，应在顶管机的中部按45º角往前延伸线与监测点交汇时开始监测。

5变形报警值应根据施工等级等有关要求执行，报警参考值见表9.8.2。

**表9.8.2 报警参考值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 报警指标 | |
| 日变化量（mm） | 累计变化量（mm） |
| 顶管经过路面水平位移、沉降监测 | ±2 | ±30 |
| 周边既有建筑沉降、倾斜监测 | ±3 | ±20 |

注：可将以上警戒值的80%作为预警值。

**9.8.3** 顶管机掘进中对地层变形的控制应符合下列规定：

1 进行实时监测和信息化施工，发生偏差应及时纠偏，优化掘进的控制参数，使地层变形最小。

2采用同步注浆和补浆，及时填充管外壁与土体之间的施工间隙，避免顶管外壁土体扰动。

3 避免管节接口、中继间、工作井洞口及顶管机尾部等部位的水土流失和泥浆渗漏，并确保管节接口端面完好。

4 保持开挖量与出土量的平衡。

5 通过控制土压、水压平衡力来控制地面变形。

**9.8.4** 地面变形应符合下列规定：

1顶管造成的地面变形不应造成道路开裂，大堤及地下设施损坏和渗水。

2 顶管造成的地面变形量应符合下列规定：

1）土堤宜小于30mm，或根据具体工程要求而定；

2）公路宜小于20mm，或根据具体工程要求而定；

3）顶管穿越铁路或其它对变形敏感的地下设施时，累计变形量应符合国家相关规定或工程设计要求。

3 当检测数据达到变形限值80%时，应及时报警并适时启动应急事故处理方案。

**【条文说明】：9.8.4** 顶管在路面下掘进，如果发生超量出泥的情况，路面不会立刻下沉，如果顶管施工时已经发生较大的坍塌，会使路面下方塌方严重，并产生孔洞。因此在路面下掘进应采取下列措施：

1 顶管机的迎面阻力宜取最大值，可将路面转换成等量土体高度计算迎面阻力。

2 加强地面沉降监测，严格控制地面下沉。

**9.8.5** 地面变形控制应符合下列规定：

1 根据监测数据及时调整注浆量与注浆压力。

2 要严格遵守操作规程，及时进行测量，避免大幅度纠偏。

3 严格控制出泥量，不可超出设计出泥量范围。

4 在掘进时，应加强地面变形观测并做好记录。

5 顶管结束后应采用水泥浆置换减阻泥浆。

## 9.9 顶管机拆解与吊出

**9.9.1** 矩形顶管机拆机吊装作业前，应当编制详细拆机方案，并与所有参与拆机、吊装的作业人员做技术交底。

**9.9.2** 顶管机拆卸场地准备应符合下列规定：

1 对于井下作业面，应保证具有足够的作业空间，接收导轨应按要求准确定位并牢靠固定，导轨不得出现错台、错缝、弯曲等现象，并确保接收导轨整体轴线与矩形顶管机轴线对齐。

2 对于井上作业面，应保证有足够的地基承载力，同时起吊设备和输送车辆等辅助设备的组装、作业空间应当充裕。

**9.9.3** 顶管机拆机应符合下列规定：

1 顶管机拆机前应进行清洁，并对各机械部件及电气、流体、液压管路做好标识。

2 顶管机拆机应本着由前向后、先上后下、先机械后液压电气的原则。

3 拆除刀盘、螺旋输送机等系统后，顶管机各连接部位应清洁干净并涂抹防锈油。

4 对液压系统（阀、软管、油缸等）拆卸前应确定液压系统处于无压状态，拆除过程中为避免污染油液，应保持液压元器件周边的清洁。

5 拆除电气系统前，应确认电源已关闭，并安排专人防护，以防止被其他人员误启动。

**【条文说明】：9.9.3 第2条** 本条款补充说明下列：

1 拆机过程中严禁踩踏扳动传感器、仪表、电磁阀、液压缸等易损部件。

2 常规矩形顶管机主机一般拆机步骤为：拆除刀盘→拆除螺旋输送机→通过纠偏液压缸将前盾与尾盾分离→拆除前盾→通过出洞液压缸将尾盾与管节分离→拆除尾盾。

3 采用多刀盘的矩形顶管机开挖系统拆除：按先前再后、先上再下、先中间再两边的顺序拆除刀盘。

4 前盾与尾盾脱离，不能直接依靠吊车起吊，应先将前盾与尾盾脱离后方可起吊。

**9.9.4** 各部件起吊前，应对起吊装置检查、安装，临时焊接的吊耳应按设计要求对焊缝进行探伤。

**9.9.5** 矩形顶管机拆解与吊出应符合下列规定：

1 矩形顶管机到达接收井后进行顶管机拆解、吊出的顺序依次为刀盘、螺旋输送机、动力系统、前壳体上分体、前壳体下分体、中后壳体及其它部件。

2 拆解完成后应立即装车，采用大型液压平板拖车转运，运输前对运输线路进行实地考察。运输过程中，确保每个部件固定可靠，并做充分的防护措施。

3 顶管机在拆解过程中做好零部件的保护性措施，拆除完成后做好防腐防潮措施。

**【条文说明】：9.9.5** 矩形顶管机的拆解与吊装应根据场地大小、构件重量大小、吊装费用等因素综合考虑选择性能匹配的吊装机械。

## 9.10 质量控制

**主控项目**

**9.10.1** 管节及附件等工程材料的产品质量应符合设计和本规程第6章以及现行国家标准的有关规定。

检查方法：检查产品质量合格证明书、各项性能检验报告，检查产品制造原材料质量保证资料；检查产品进场验收记录。

**9.10.2**  接口橡胶圈安装位置正确，无位移、脱落现象；

检查方法：逐个接口观察。

**9.10.3** 管节及其接口应无破损、无裂缝；

检查方法：逐节观察。

**9.10.4** 矩形顶管的隧道应无水珠、滴漏、线流。

检查方法：逐节观察，按表7.9.2-1执行。

**一般项目**

**9.10.5** 矩形顶管的隧道应无明显渗水现象。

检查方法：逐节观察，按表7.9.2-1执行。

**9.10.6** 管节接口允许偏差应符合表9.10.6的规定。

检查数量：全数检查

检查方法：量测。

**表9.10.6 顶管贯通后管道接口允许偏差（mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 允许偏差 |
| 1 | 相邻管间错口 | 上下错口 | 0.5%H，且≤10 |
| 左右错口 | 0.5%B，且≤20 |

注：H为管节高度（mm），B为管节宽度（mm）。

**9.10.7** 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9.10.7的规定。

检查数量：全数检查

检查方法：量测。

**表9.10.7 管道接口嵌缝密封胶施工的允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 厚度 | +3mm  0 |
| 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。

**9.10.8**  矩形顶管的隧道轴线允许偏差应符合表9.10.8的规定。

检查数量：全数检查，每节1点。

检查方法：量测。

**表9.10.8 顶管管节允许偏差（mm）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 顶进长度L  （m） | 顶管底面高程 | 平面 | 管节旋转 |
| 1 | <100 | ±50 | ±80 | ±80 |
| 2 | 100≤*L*≤*200* | ±80 | ±100 | ±80 |
| 3 | >200 | ±80 | ±150 | ±80 |

注：管节旋转指截面底板顶面中线高程与单侧角点底板顶面高程差。

# 10 工程验收

**10.0.1** 工前，施工单位应会同建设单位、质监单位、监理单位确认构成建设项目的单位（子单位）工程、分部（子分部）工程、分项工程和检验批，作为施工质量检验、验收的基础。

**10.0.2** 单位(子单位)工程、分部(子分部)工程、分项工程和验收批的划分可按本规程附录A执行。

**10.0.3**  工程施工质量验收应在施工单位自检基础上，按验收批、分项工程、分部(子分部)工程、单位(子单位)工程的顺序分别填写附录B记录表进行，并应符合下列规定：

1 工程施工质量应符合本规程和相关专业验收规程的规定；

2 工程施工质量应满足工程勘察、设计文件的要求；

3 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；

4 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；

5 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；

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

7 验收批的质量应按主控项目和一般项目进行验收；每个检查项目的检查数量，除本规程有关条款有明确规定外，应全数检查；

8 对涉及结构安全和使用功能的分部工程应进行试验或检测；

9 承担检测的单位应具有相应资质；

10 外观质量应由质量验收人员通过现场检查共同确认。

**10.0.4** 验收批质量验收合格应符合下列规定：

1 主控项目的质量经抽样检验合格；

2 一般项目中的实测(允许偏差)项目抽样检验的合格率应达到80％，且超差点的最大偏差值应在允许偏差值的1.5倍范围内；

3 主要工程材料的进场验收和复验合格，试块、试件检验合格；

4 主要工程材料的质量保证资料以及相关试验检测资料齐全、正确；具有完整的施工操作依据和质量检查记录。

**10.0.5** 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

1 分项工程所含的验收批质量验收全部合格；

2 分项工程所含的验收批的质量验收记录应完整、正确；有关质量保证资料和试验检测资料应齐全、正确。

**10.0.6** 分部(子分部)工程质量验收合格应符合下列规定：

1 分部(子分部)工程所含分项工程的质量验收全部合格；

2 质量控制资料应完整；

3 分部(子分部)工程中，地基基础处理、桩基础检测、混凝土强度、混凝土抗渗、管道接口连接、管道位置及高程、金属管道防腐层、水压试验、严密性试验、管道设备安装调试、阴极保护安装测试、回填压实等的检验和抽样检测结果应符合本规程的有关规定；

4 外观质量验收应满足要求。

**10.0.7** 单位(子单位)工程质量验收合格应符合下列规定：

1 单位(子单位)工程所含分部(子分部)工程的质量验收全部合格；

2 质量控制资料应完整；

3 单位(子单位)工程所含分部(子分部)工程有关安全及使用功能的检测资料应完整；

4 涉及管道设备运行、管道位置及高程等的试验检测、抽查结果以及隧道使用功能试验应符合本规程规定；

5 外观质量验收应符合要求。

**10.0.8** 工程质量验收不合格时，应按下列规定处理：

1 经返工重做的验收批，应重新进行验收；

2 经有相应资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的验收批，应予以验收；

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

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

**10.0.9** 通过返修或加固处理仍不能满足结构安全或使用功能要求的分部(子分部)工程、单位(子单位)工程，严禁验收。

**10.0.10** 验收批及分项工程应由专业监理工程师组织施工项目的技术负责人(专业质量检查员)等进行验收。

**10.0.11** 分部(子分部)工程应由专业监理工程师组织施工项目质量负责人、设计和勘察单位工程项目负责人、施工单位技术质量部门负责人等进行验收。

**10.0.12**  单位工程经施工单位自行检验合格后，应由施工单位向建设单位提出验收申请。单位工程有分包单位施工时，分包单位对所承包的工程应按本规程的规定进行验收，验收时总承包单位应派人参加；分包工程完成后，应及时地将有关资料移交总承包单位。

**10.0.13**  对符合竣工验收条件的单位工程，应由建设单位按规定组织验收。施工、勘察、设计、监理等单位等有关负责人以及该工程的管理或使用单位有关人员应参加验收。

**10.0.14**  参加验收各方对工程质量验收意见不一致时，可由工程所在地建设行政主管部门或工程质量监督机构协调解决。

**10.0.15** 单位工程质量验收合格后，建设单位应按规定将竣工验收报告和有关文件，报工程所在地建设行政主管部门备案。

**10.0.16** 工程竣工验收后，建设单位应将有关文件和技术资料归档。

**10.0.17** 工程应经过竣工验收合格后，方可投入使用。

**附录A 矩形顶管分部、分项工程和检验批划分表**

**表A 矩形顶管分部、分项工程和检验批划分表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位工程 | 分部工程（子分部工程） | 分项工程 | 检验批 |
| 矩形顶管工程 | 工作井 | 工作井围护结构、工作井 | 每座井 |
| 顶管 | 管道接口连接、钢筋混凝土管管节 | 顶管顶进：每节段； |
| 混凝土压重工程 | 混凝土浇筑 | 每一分段 |
| 排水工程 | 排水沟渠施工 | 每一分段 |
| 沥青路面工程 | 沥青路面施工 | 每一分段 |
| 装饰工程 | 装饰侧墙、顶板施工 | 每一分段 |
| 机电工程 | 机电安装 | 每一设备或设施 |

注：1 地下铁道矩形顶管工程的排水工程可按现行国家标准《地下铁道工程施工标准》GB 51310相关规定执行。

2 人行地道矩形顶管工程的排水工程可按现行国家行业标准《城镇道路工程施工验收规范》CJJ 1的规定执行。

3 车行隧道矩形顶管工程的沥青路面工程可按现行国家行业标准《城镇道路工程施工验收规范》CJJ 1的规定执行。

4 装饰工程可按现行国家标准《建筑装饰装修工程施工质量验收规范》GB 50210 等相关规定执行。

5 机电工程可按现行相关国家、行业标准执行。

**附录B 质量验收记录**

**B.0.1** 检验批的质量验收记录由施工项目专业质量检查员填写，专业监理工程师（建设项目专业技术负责人）组织施工项目专业质量检查员、工长等进行验收，并按表B.0.1记录。

**表B.0.1 分项工程（检验批）质量验收记录表**

编号:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 | |  | | | | | | | | 分部工程名称 | | | | |  | | | | 分项工程名称 | | | |  |
| 施工单位 | |  | | | | | | | | 项目经理 | | | | |  | | | | 专业工长 | | | |  |
| 检验批名称、部位 | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 专业分包单位 | |  | | | | | | | | 专业分包项目经理 | | | | |  | | | | 施工班组长 | | | |  |
| 主  控  项  目 | 质量验收规范规定的检查项目及验收标准 | | | 施工单位检查评定记录 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 监理(建设)  单位验收记录 | |
| 1 |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | |
| 2 |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 |  | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  | 合格率 | |
| 6 |  | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  | 合格率 | |
|  |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | |
| 一般项目 | 1 |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | |
| 2 |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 |  | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  | 合格率 | |
| 5 |  | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  | 合格率 | |
| 6 |  | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  | 合格率 | |
|  |  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | |
| 施工单位  检查评定  结果 | | 工长（施工员）：  项目专业质量检查员：　　　　　　　　　　　年　　　月　　日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 监理(建设)  单位验收  结论 | | 专业监理工程师  （建设单位项目专业技术负责人）　　　　　　　年　　　月　　日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**B.0.2** 分项工程质量应由专业监理工程师（建设项目专业技术负责人）组织施工项目专业技术负责人等进行验收，并按表B.0.2记录。

**表B.0.2 分项工程质量验收记录表**

编号：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 | |  | 分项工程名称 | | |  | 检验批数 |  |
| 施工单位 | |  | 项目经理 | | |  | 项目技术负责人 |  |
| 专业分包单位 | |  | 专业分包单位负责人 | | |  | 施工班组长 |  |
| 序号 | 检验批名称、部  位 | 施工单位检查  评定结果 | | 监理(建设)单位验收结论 | | | | |
| 1 |  |  | |  | | | | |
| 2 |  |  | |  | | | | |
| 3 |  |  | |  | | | | |
| 4 |  |  | |  | | | | |
| 5 |  |  | |  | | | | |
| 6 |  |  | |  | | | | |
| 7 |  |  | |  | | | | |
| 8 |  |  | |  | | | | |
| 9 |  |  | |  | | | | |
| 10 |  |  | |  | | | | |
| 11 |  |  | |  | | | | |
| 12 |  |  | |  | | | | |
|  |  |  | |  | | | | |
|  |  |  | |  | | | | |
| 检  查  结  论 | 施工员：  项目专业质量员：  年　 月　 日 | | | 验  收  结  论 | 专业监理工程师  （建设项目专业技术负责人）  年　　月　　日 | | | | |

**B.0.3** 分部（子分部）工程质量应由总监理工程师组织施工单位项目负责人和项目技术负责人以及有关单位的项目负责人进行验收，并按表B.0.3记录。

**表B.0.3 分部（子分部）工程质量验收记录表**

编号:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 | |  | | | 分部工程名称 |  |
| 施工单位 | |  | 技术部门负责人 |  | 质量部门负责人 |  |
| 分包单位 | |  | 分包单位负责人 |  | 分包技术负责人 |  |
| 序号 | 分项工程名称 | | 检验批数 | 施工单位检查评定 | 验　收　意　见 | |
| 1 |  | |  |  |  | |
| 2 |  | |  |  |
| 3 |  | |  |  |
| 4 |  | |  |  |
| 5 |  | |  |  |
| 质量控制资料 | | |  | |  | |
| 安全和功能检验  （检测）报告 | | |  | |  | |
| 观感质量验收 | | |  | |  | |
| 验  收  单  位 | 分包单位 | | 项目经理　　　　 年　　月　　日 | | | |
| 施工单位 | | 项目经理　　　　 年　　月　　日 | | | |
| 设计单位 | | 项目负责人　　　　 年　　月　　日 | | | |
| 勘察单位 | | 项目负责人　　　　 年　　月　　日 | | | |
| 监理（建设）单位 | | 总监理工程师（项目负责人专业技术负责人）　　　 年　　月　　日 | | | |

**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下列：

**1**）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

**2**）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

**3**）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

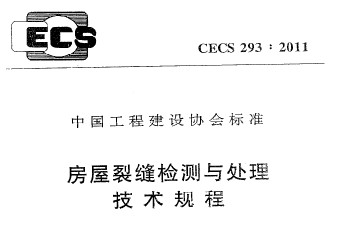
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

**4**）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

**引用标准名录**

1. 《混凝土结构设计规范》GB 5001
2. 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
3. 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
4. 《岩土工程勘察设计规范》GB 50021
5. 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
6. 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141
7. 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
8. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
9. 《地下防水工程质量验收规范》GB 50208
10. 《建筑装饰装修工程施工质量验收规范》GB 50210
11. 《[建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497](http://www.so.com/link?m=aMge5bd5I4Bsmv6REof8XZZ%2FC4CTK6I7fqx0%2FkBd%2BAswjJlpG5QxTweMSSRaECgqZ%2B2IYEBnHSz4CbPe5tvpG4B54eay2bicEkUlKR0%2F39yhkhA7PGaRAbeRgim6cHLjSYJXWjGodpiJeXG1mfgCjs1xCwfPwM49F9taWHA%3D%3D" \t "_blank)
12. 《地下铁道工程施工标准》GB 51310
13. 《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336
14. 《沉井与气压沉箱施工规范》GB/T 51130
15. 《通用硅酸盐水泥》GB 175
16. 《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748
17. 《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1
18. 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2
19. 《混凝土外加剂》GB 8076
20. 《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836
21. 《冷轧带肋钢筋》GB 13788
22. 《建设用砂》GB/T 14684
23. 《建设用碎石卵石》GB/T 14685
24. 《硫铝酸盐水泥》GB 20472
25. 《全断面隧道掘进机土压平衡盾构机》GB/T 34651
26. 《城镇道路工程施工验收规范》CJJ 1
27. 《建筑变形测量规范》JGJ 8
28. 《混凝土用水标准》JGJ 63
29. 《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95
30. 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
31. 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
32. 《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199
33. 《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》JC/T 540
34. 《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》JC/T 640

 **CECS** XXX**：201X**

**中国工程建设协会标准**

**矩形顶管工程技术规程**

Technical specifications for pipe-jacking engineering with

rectangular cross section

**条文说明**

中国计划出版社

2019.9

# 制 定 说 明

《矩形顶管工程技术规程》经中国工程建设协会 年 月 日 公告批准、发布。

本规程制定过程中，编制组进行了认真细致的调查研究，总结了我国矩形顶管工程设计与施工的实践经验，同时参考了现行国家标准及行业标准，为我国矩形顶管工程的设计、施工与验收提供依据。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《矩形顶管工程技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明供使用者参考，但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

**目 次**

[1 总则 111](#_Toc18057086)

[3 基本规定 112](#_Toc18057087)

[4 工程勘察 113](#_Toc18057088)

[4.1 一般规定 113](#_Toc18057089)

[4.5 地下管线和障碍物的探测 113](#_Toc18057090)

[5 顶管设计 114](#_Toc18057091)

[5.2 顶管管位设计 114](#_Toc18057092)

[5.3 荷载与作用 114](#_Toc18057093)

[5.5 管节构造设计 114](#_Toc18057094)

[5.7 顶管总顶力计算 114](#_Toc18057095)

[5.8 工作井设计 121](#_Toc18057096)

[5.9 反力墙设计 121](#_Toc18057097)

[6 管节制作 123](#_Toc18057098)

[6.1 一般规定 123](#_Toc18057099)

[7 工作井施工 124](#_Toc18057100)

[7.1 一般规定 124](#_Toc18057101)

[7.2 沉 井 124](#_Toc18057102)

[7.3 灌注桩排桩 126](#_Toc18057103)

[7.5 地下连续墙 126](#_Toc18057104)

[7.6 型钢水泥土搅拌墙 128](#_Toc18057105)

[7.8 土体加固 128](#_Toc18057106)

[8 顶管设备及安装 130](#_Toc18057107)

[8.2 矩形顶管机设计与选型 130](#_Toc18057108)

[8.4 导轨选择与安装 133](#_Toc18057109)

[8.5 顶管机安装和调试 133](#_Toc18057110)

[9 顶进施工 135](#_Toc18057111)

[9.2 施工组织设计 135](#_Toc18057112)

[9.3 顶管始发与接收 135](#_Toc18057113)

[9.4 顶管掘进 136](#_Toc18057114)

[9.5 注浆减阻 136](#_Toc18057115)

[9.6 土体改良 137](#_Toc18057116)

[9.7 测量和姿态控制 137](#_Toc18057117)

[9.8 监测与变形控制 138](#_Toc18057118)

[9.9 顶管机拆解与吊出 138](#_Toc18057119)