 广东省标准

DBJ \*\*-\*\*-202\*

备案号 J XXXXX-202\*

**矩形顶管工程技术规程**

**Technical Specification for Pipe Jacking Engineering with**

**Rectangular Cross Section**

**（征求意见稿）**

202X-XX-XX 发布 201X-XX-XX 实施

|  |
| --- |
| 本标准不涉及专利 |

广东省住房和城乡建设厅 发布

**广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准《矩形顶管工程技术规程》的公告**

粤建公告〔202X〕 号

经组织专家委员会审查，现批准《矩形顶管工程技术规程》为广东省地方标准，编号为DBJ/T 15-XXX-202X。本标准自202X年 月 日起实施。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位广州市市政集团有限公司、广州市市政工程协会负责具体技术内容的解释，并在广东省住房和城乡建设厅门户网站站（http://zfcxjst.gd.gov.cn）公开。

广东省住房和城乡建设厅

年 月 日

前 言

根据《广东省住房和城乡建设厅关于发布<2019年广东省工程建设标准制定、修订计划>的通知》（粤建科函〔2019〕1118号）的要求，规程编制组经过深入调查研究，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。

本规程不涉及专利。

本规程共分10章和2个附录，主要技术内容是：1总则；2术语和符号；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。

本规程由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由广州市市政集团有限公司和广州市市政工程协会负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（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：广州地铁设计研究院股份有限公司

广州金土岩土工程技术有限公司

广州市市政工程设计研究总院有限公司

广东鑫隆管业有限公司

广州市第三市政工程有限公司

中铁工程装备集团有限公司

广州市市政集团设计院有限公司

广东省建筑设计研究院有限公司

广州市第二市政工程有限公司

中国地质大学（武汉）

中铁一局集团有限公司

广东水电二局股份有限公司

广州市城市规划勘测设计研究院

本规范主要起草人员**：**安关峰 陈雪华 农兴中 肖 煜 谭顺辉

杨先华 李红宝 张 蓉 翟利华 薛广记

马保松 陈建宁 周丽红 胡继生 周炜峙

陈晓飞 王 谭 何修义 谢祥明 汪永剑

熊 振 刘添俊 杨春山 谭小颜

本规范主要审查人员**：**

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc60173770)

[2 术语和符号 2](#_Toc60173771)

[2.1 术语 2](#_Toc60173772)

[2.2 符号 3](#_Toc60173773)

[3 基本规定 6](#_Toc60173774)

[4 工程勘察 7](#_Toc60173775)

[4.1 一般规定 7](#_Toc60173776)

[4.2 勘察布孔 7](#_Toc60173777)

[4.3 地下水勘察 8](#_Toc60173778)

[4.4 勘察报告 9](#_Toc60173779)

[4.5 地下管线和障碍物的探测 10](#_Toc60173780)

[5 顶管设计 12](#_Toc60173781)

**[5.1](#_Toc60173782)** [一般规定 12](#_Toc60173782)

**[5.2](#_Toc60173783)** [顶管管位设计 13](#_Toc60173783)

**[5.3](#_Toc60173784)** [作用 13](#_Toc60173784)

**[5.4](#_Toc60173785)** [管节结构设计 15](#_Toc60173785)

**[5.5](#_Toc60173786)** [管节构造设计 17](#_Toc60173786)

**[5.6](#_Toc60173787)** [顶管总顶力计算与中继间设置原则 18](#_Toc60173787)

**[5.7](#_Toc60173788)** [工作井设计 20](#_Toc60173788)

[6 管节制作 25](#_Toc60173789)

**[6.1](#_Toc60173790)** [一般规定 25](#_Toc60173790)

**[6.2](#_Toc60173791)** [材料性能 25](#_Toc60173791)

**[6.3](#_Toc60173792)** [接头构造 28](#_Toc60173792)

**[6.4](#_Toc60173793)** [管节防腐 33](#_Toc60173793)

**[6.5](#_Toc60173794)** [管节预制 34](#_Toc60173794)

**[6.6](#_Toc60173795)** [管节标识、堆放、吊装和运输 35](#_Toc60173795)

**[6.7](#_Toc60173796)** [管节质量控制 36](#_Toc60173796)

[7 工作井施工 40](#_Toc60173797)

[7.1 一般规定 40](#_Toc60173798)

[7.2 土体加固 40](#_Toc60173799)

[7.3 工作井质量控制 41](#_Toc60173800)

[8 顶管设备及安装 44](#_Toc60173801)

[8.1 一般规定 44](#_Toc60173802)

[8.2 矩形顶管机设计原则与选型 44](#_Toc60173803)

[8.3 顶推系统及安装 46](#_Toc60173804)

[8.4 导轨选择与安装 47](#_Toc60173805)

[8.5 顶管机安装和调试 48](#_Toc60173806)

[8.6 土压平衡出渣系统的安装 49](#_Toc60173807)

[8.7 泥水循环系统的安装 49](#_Toc60173808)

[8.8 中继间安装 50](#_Toc60173809)

[8.9 顶管辅助施工与设备 51](#_Toc60173810)

[8.10 质量控制 52](#_Toc60173811)

[9 顶进施工 53](#_Toc60173812)

[9.1 一般规定 53](#_Toc60173813)

[9.2施工组织设计 54](#_Toc60173814)

[9.3 顶管始发与接收 56](#_Toc60173815)

[9.4顶管掘进 57](#_Toc60173816)

[9.5注浆减阻 60](#_Toc60173817)

[9.6 渣土改良 62](#_Toc60173818)

[9.7测量和姿态控制 64](#_Toc60173819)

[9.8监测与变形控制 66](#_Toc60173820)

[9.9 顶管机拆解与吊出 69](#_Toc60173821)

[9.10质量控制 70](#_Toc60173822)

[10 工程验收 73](#_Toc60173823)

[附录A 矩形顶管分部、分项工程和检验批划分表 76](#_Toc60173824)

[附录B 质量验收记录 77](#_Toc60173825)

[本规程用词说明 80](#_Toc60173826)

[引用标准名录 81](#_Toc60173827)

[条文说明 83](#_Toc60173828)

**Contents**

[1 General provisions 1](#_Toc9811)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc17044)

[2.1 Terms 2](#_Toc21524)

[2.2 Symbols](#_Toc8507) 3

[3 Basic requirements 6](#_Toc22395)

[4 Engineering investigation 7](#_Toc13196)

[4.1 General requirements](#_Toc23322) 7

[4.2 Prospecting hole](#_Toc18594) 7

[4.3 Groundwater investigation](#_Toc19746) 8

[4.4 Geological survey report](#_Toc11082) 9

[4.5 Detection of underground pipelines and obstacles 1](#_Toc5385)0

[5 Pipe jacking design 1](#_Toc13719)2

[5.1 General requirements](#_Toc15171) 12

[5.2 Pipe jacking position design 1](#_Toc12841)3

[5.3 action 1](#_Toc15332)3

[5.4 Segment structural design 1](#_Toc223)5

[5.5 Segment construction design 17](#_Toc17182)

[5.6 Calculation of total jacking force and intermediate jacking station design-rule 18](#_Toc19203)

[5.7 Working shaft design](#_Toc8260) 20

[6 Segmental making](#_Toc32102) 25

[6.1 General requirements](#_Toc15253) 25

[6.2 Material performance 25](#_Toc21443)

[6.3 Joint structure 28](#_Toc12793)

[6.4 Segment anticorrosion 3](#_Toc1610)3

[6.5 Segmental precasting](#_Toc21231) 34

[6.6 Segment identification、stacking、hoisting and transportation 35](#_Toc3305)

[6.7 Quality control of segment 36](#_Toc18733)

[7 Working shaft construction](#_Toc14330) 40

[7.1 General requirements 4](#_Toc6715)0

[7.2 Soil reinforcement](#_Toc15873) 40

[7.3 Quality control of working shaft 4](#_Toc18172)1

[8 Pipe jacking equipment and installation 4](#_Toc1339)4

[8.1 General requirements](#_Toc12445) 44

[8.2 Design and selection of rectangular pipe jacking machine 4](#_Toc26380)4

[8.3 Jacking system and installation 46](#_Toc6444)

[8.4 Guide rail selection and installation 47](#_Toc17651)

[8.5 Pipe jacking machine Installation and commissioning 48](#_Toc29657)

[8.6 Installation of earth pressure balance slag system 49](#_Toc9825)

[8.7 Installation of sludge water balance slag system 49](#_Toc3917)

[8.8 Installation of intermediate jacking station 5](#_Toc22642)0

[8.9 Pipe jacking auxiliary construction and equipment 5](#_Toc8442)1

[8.10 Quality control 5](#_Toc3180)2

[9 Pipe jacking construction 5](#_Toc10280)3

[9.1 General requirements 5](#_Toc29481)3

[9.2 Construction organization design 5](#_Toc20021)4

[9.3 Pipe jacking starting and receiving 56](#_Toc1239)

[9.4 Pipe jacking 57](#_Toc21969)

[9.5 Drag reduction by grouting 60](#_Toc24499)

[9.6 Soil improvement 62](#_Toc31053)

[9.7 Measurement and attitude control 64](#_Toc15789)

[9.8 Monitoring and deformation control 66](#_Toc22580)

[9.9 Disassembly and lifting out of pipe jacking machine 6](#_Toc16406)9

[9.10 Quality control 70](#_Toc22209)

[10 Engineering acceptance 7](#_Toc2496)3

[Appendix A Division, sub-divisional and inspection batches work table of rectangular pipe jacking 76](#_Toc9713)

[Appendix B Quality acceptance record 77](#_Toc9029)

[Explanation of wording in this specification 80](#_Toc9713)

[List of quoted standards 81](#_Toc9029)

[Addition：Explanation of provisions](#_Toc8516) 83

# 1 总 则

**1.0.1**  为规范广东省矩形顶管工程的技术要求，做到安全适用、技术先进、经济合理、安全可靠、节能环保，制订本规程。

**1.0.2** 本规程适用于广东省矩形（类矩形）顶管工程的勘察、设计、施工及验收。

**1.0.3** 矩形顶管工程应结合工程地质、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** 矩形顶管工程的应用除应执行本规程外，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 矩形顶管 rectangular pipe jacking**

采用矩形顶管机边切削、边排土、边顶进，将预制钢筋混凝土管节逐段向前推进形成地下空间的一种绿色、环保、安全、高效的非开挖施工技术。

**2.1.2 矩形顶管机 rectangular pipe jacking machine**

采用矩形横断面的顶管掘进成套设备，根据平衡开挖面地层压力形式的不同，可分为土压平衡矩形顶管机和泥水平衡矩形顶管机。

**2.1.3 工作井 working shaft**

工作井指用于顶管的始发与接收的地下作业空间，包括始发井和接收井。

始发井用于顶管机始发、设备安装调试、管节拼装及顶进施工。

接收井用于顶管机接收、设备拆解和吊出。

**2.1.4 大断面矩形顶管 pipe jacking engineering with large rectangular cross section**

横断面面积不小于40m2的矩形顶管。

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

一次顶进长度大于200m的矩形顶管。

**2.1.6** **穿墙洞**  **portal for pipe jacking**

顶管机进出始发井和接收井的洞门。

**2.1.7 始发** **launching**

顶管机由始发井进入地层开始顶进的过程。

**2.1.8 接收**  **receiving**

顶管机由地层进入接收井完成顶进的过程。

**2.1.9 反力墙 reacting-force wall**

始发井内承受顶推反力的结构墙体。

**2.1.10 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。

**2.1.11 中继间 intermediate jacking 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。

**2.1.12 触变泥浆 thixotropic slurry**

填充在管节外壁与土体之间，用于顶进减阻的泥浆。

**2.1.13 管节 segment**

分节浇筑或拼装成型的用于矩形顶管顶进的结构单元。

## 2.2 符号

**2.2.1 几何参数：**

——管节的有效传力面积；

*b*2——施工操作空间；

——始发井的最小净宽度；

——矩形管节外边宽；

——始发井的穿墙洞宽度；

——接收井的穿墙洞宽度；

——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；

*h*1——管节底下的操作空间；

——始发井的穿墙洞高度；

——接收井的穿墙洞高度；

——工作面或卸力拱以上的水柱高度；

*L*——始发井最小净长度；

*L*1*——*顶管机长度；

*L*2——管节安装长度；

*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；

*L*m——补浆孔间距；

——顶管外轮廓周长；

S——中继间间距；

*S*1——顶入管节留在导轨上的最小长度；

*S*2——顶铁厚度；

*S*3——顶进管节液压缸回缩及便于安装管节所留附加间隙。

**2.2.2 作用和作用效应：**

——始发井前壁上主动土压力合力标准值；

——始发井后壁上被动土压力合力标准值；

——管节与土体接触面的摩阻力；

——管节允许顶力设计值；

——矩形管节在某点处所受侧向土压力标准值；

——矩形顶管总摩阻力；

——第i个永久作用的标准值；

——控制土压力；

——静止土压力；

——主动土压力；

——中继间设计允许顶力；

——后背土体允许的最大顶力；

——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；

**2.2.3 计算参数及其他**

——管顶竖向土压力系数；

K——顶力系数；

——静止土压力系数；

——主动土压力系数；

——安全系数；

*T*——触变泥浆失效期；

*V*——每天平均掘进速度；

# 3 基本规定

**3.0.1** 工程建设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、建筑物或构筑物、障碍物及其他设施等周边环境情况。

**3.0.2**  采用矩形顶管应依据工程地质、水文地质条件进行适用性论证。

**3.0.3** 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要求，并应在此基础上做到经济合理。

**3.0.4** 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、工作井结构形式等技术参数。

**3.0.5** 顶管结构防水等级应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108的有关规定。

**3.0.6** 顶管工程所用的管材、构配件和主要原材料等产品应做进场复验。管节应按现行行业标准《预制混凝土箱涵》JC∕T 2456的有关规定进行验收。

**3.0.7** 矩形顶管机选型和设计应满足工程水文地质条件、周边环境、线路条件、结构设计和环境保护等要求。

# 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、物理力学及工程特性指标、地下水的特性和有关参数、分析和评价地基的稳定性、承载力、抗变形特性与渗透性等。

**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。工程勘察宜分为初步勘察、详细勘察两个阶段。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、河流地段时，应查明微地貌特征、穿越断面的地层结构、工程地质、水文地质特性，并应对穿越河流的河水淹没范围、河床的最大冲刷线及岸坡的稳定性作出评价。

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

**4.1.5** 工程勘察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、管涌流沙、地面沉降等。

**4.1.6** 工程建设前应对顶管区域地下管线、建筑物或构筑物及其他障碍物进行工程探测，并应满足工程建设的技术要求。

**4.1.7** 勘探孔工作完成后，应采用水泥浆或水泥砂浆封堵勘探孔。

**4.1.8** 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** 顶管勘探孔宜在顶管管节外壁两侧5m范围内布置，两侧勘探孔应呈“Z”字形交错布置。

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

**表4.2.2 勘探孔的间距（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 | 20～50 | 40～100 |

**4.2.3** 勘探孔的布置应符合下列规定：

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

**4** 穿越河流时，河流两岸及河床上应布置勘探孔，数量不应少于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以下3m～5m，控制性勘探孔的深度宜达到管底设计标高以下5m～10m，并应符合下列规定：

**1** 当管线穿越河流时，勘探孔深度应达到河床最大冲刷深度以下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；

**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以下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，勘探孔宜钻穿承压水层，并应量测和评估承压水位；

**5**  始发井和接收井的勘探孔深度不应小于井底以下5m，对深厚软土、强透水层等地层应适当加深并应穿透。

## 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值和氯离子、钙离子和硫酸根离子等的含量。

**4.3.4** 当地下有承压水分布时，应量测承压水的压力，。

## 4.4 勘察报告

**4.4.1** 勘察报告应提供各土层物理力学性质参数，以及地下水和环境资料，并做出针对性的分析评价、结论和建议，包括下列内容：

1应评价地下水对混凝土、钢、铸铁及橡胶的腐蚀程度；

2当地下有承压水分布时，应评价对顶管工程施工的影响；

3当地下水位受潮汐水位影响时，应评价对顶管工程施工的影响。

**4.4.2** 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。

**4.4.3** 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，并应符合下列规定：

**1** 初步勘察报告应阐述场地工程地质条件、评价场地稳定性和适应性，推荐管道最优线路方案；

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

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

**4.4.5** 勘察报告应由文字和图表两部分内容构成，并应符合下列规定：

**1** 勘察报告文字部分应包括下列内容：

**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。

**2** 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** 工作前应通过方法比选采用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周边已有的工程地质、水文地质、地球物理、勘察、设计、施工及运营等资料。

**4.5.2** 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，并应在地面上设置管线点标志；

**2**  地下管线探测点的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应设置地下管线探测点，探测点在地形图上的间距不应大于0.15m；

**3**  遇弯曲的地下管线时，应在圆弧起讫点和中点设置地下管线探测点，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；

**4** 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，应将问题记录在案。

**4.5.3** 基岩埋深的探测方法可按下列规定选择：

**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。

**4.5.4** 孤石探测可按下列规定执行：

**1** 当孤石性质与周边介质相差明显时，可通过弹性波速度特征推断孤石的位置和大小；

**2** 当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、电磁法探测、地震波法和声波法探测。

**4.5.5** 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。

**[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** 作用；

**3** 管节结构设计；

**4** 管节构造设计；

**5** 顶管总顶力与中继间设置；

**6** 工作井设计。

**5.1.2** 顶管工程结构的极限状态设计应包括承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算。

**5.1.3** 顶管工程结构使用阶段的设计与计算应按工程所属行业现行相关国家标准的规定执行并应符合下列规定：

1公路顶管工程设计与计算应符合现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1的有关规定；

2铁路顶管工程设计与计算应符合现行行业标准《铁路桥涵设计规范》TB1000、《铁路隧道设计规范》TB10003的有关规定；

3轨道交通顶管工程设计与计算应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB50117的有关规定；

4市政隧道顶管工程设计与计算应符合现行行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ37、《城市地下道路工程设计规范》CJJ221的有关规定；

5市政给排水顶管工程设计与计算应符合现行行业标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332的有关规定。

**5.1.4** 顶管工程施工阶段的设计与计算应按本规程第5.4节的规定执行。

**5.1.5** 顶管遇到下列地层时，应对地层进行预处理：

**1**  标贯击数小于2的软土层；

**2**  单轴抗压强度大于3MPa的岩石地层；

**3** 花岗岩球状风化体；

**4** 粒径大于200mm的卵砾石地层。

**5.2** 顶管管位设计

**5.2.1**  对顶管工程影响范围内的建筑物或构筑物、地下管线应进行评估，并应采取监测、保护或迁改措施。当管位无法满足顶管结构外壁到临近建构筑物或管线最小保护净距时，应进行专项保护设计。

**5.2.2** 顶管管位的选择应符合下列规定：

**1** 顶管不宜布置在横穿活动性的断裂带上；

**2** 穿越河道时，管道应布置在河床冲刷深度以下，并应满足通航要求；

**3** 宜预留顶管施工发生故障或碰到障碍时的处置空间；

**4** 穿越堤坝、河道、高铁、高速公路、地铁等特殊地段时，应通过专项评估并经相关政府管理部门批准。

**5.2.3**  工作井位置的确定应符合下列规定：

**1** 工作井位置宜结合顶管管位确定；

**2** 工作井的位置应易于排水、出土和运输方便，并宜靠近电源和水源；

**3** 工作井的位置应远离居民区和高压线，并宜避开现有构（建）筑物；

**4** 沉井宜设置在周边至少1倍下沉总深度范围内无重要相邻建筑物或构筑物的环境。

**5.2.4** 管顶最小覆盖土层厚度不宜小于管节外包高度较大值（H）的1.1倍，且不宜小于3m；当顶管穿越河道时，管顶覆土厚度应结合河道演变的冲刷或淤积作用选择，管节结构内力和抗浮应满足施工和运营工况要求。

**5.3** 作用

**5.3.1** 顶管结构上的作用可分为永久作用、可变作用及偶然作用，并应符合下列规定：

**1** 永久作用应包括结构自重、土压力（竖向和侧向）、预应力、地基的不均匀沉降等；

**2** 可变作用应包括人群荷载、施工堆积荷载、地面车辆荷载、温度变化、地表水或地下水的作用等；

**3** 偶然作用应包括地震力、爆炸力、撞击力等。

**5.3.2** 作用代表值应符合下列原则：

**1** 永久作用应采用标准值作为代表值；

**2** 可变作用应根据不同设计要求采用标准值、频遇值或准永久值作为代表值，可变作用的频遇值和准永久值应分别为可变作用标准值乘以频遇值系数和准永久值系数；

**3**  偶然作用应根据顶管结构使用的特点确定代表值。

**5.3.3** 可变作用标准值、频遇值系数和准永久值系数应根据现场情况按随机变量的概率模型确定。当缺乏相关数据情况时，应按下列规定进行初步估算：

**1** 人群荷载标准值可取4kN/m2计算；频遇值系数可取0.5，准永久值系数可取0.4；

**2** 施工堆积荷载标准值应按实际情况取值；频遇值系数可取0.9，准永久值系数可取0.8；

**3**  地面车辆荷载对地下管道的影响作用，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；频遇值系数可取0.7，准永久值系数可取0.6；

**4**  管道上的静水压力（包括浮托力）的设计水位应根据勘察部门和水文部门提供的数据采用。

**5.3.4** 计算作用在管节上的侧向土压力标准值时，应符合下列规定：

**1**  施工阶段侧向土压力可按主动土压力计算，永久工况应按静止土压力计算；

**2** 管道埋设在地下水位以下时，黏性土层的侧向土压力标准值宜按水土分算及水土合算中不利情况计算，非黏性土层宜按水土分算计算，并宜按下列规定执行：

**1**）施工阶段的侧向土压力标准值宜按下式计算：

（5.3.4-1）

**2**）运维阶段的侧向土压力标准值宜按下式计算：

（5.3.4-2）

式中：——矩形管节在某点处所受侧向土压力标准值（kN/m2）；

——按土的饱和重度计算的某点处竖向土压力（kN/m2）；

——按土的有效重度计算的某点处竖向土压力（kN/m2）；

——水压力（kN/m2）；

——地面附加竖向应力（kN/m2）；

——土的粘聚力（kN/m2）；

——主动土压力系数；

——静止土压力系数。

**5.4** 管节结构设计

**5.4.1** 管节结构设计应考虑施工阶段的最不利工况。

**5.4.2** 管道结构按承载能力极限状态进行强度计算时，对持久设计状况或短暂设计状况，应采用作用的基本组合；对偶然设计状况，应采用作用的偶然组合。结构构件按正常使用极限状态计算时，应根据不同设计要求采用作用的标准组合、频遇组合或准永久组合。

**5.4.3** 顶管结构的极限承载能力应符合下式规定：

 （5.4.3）

式中：——结构的重要性系数，安全等级为一级时取1.1，二级时取1.0；

——作用效应组合的设计值；

——管道结构的抗力强度设计值。

**5.4.4** 作用效应的组合设计值，应符合下式规定：

 （5.4.4）

式中： ——作用组合的效应函数；

——第i个永久作用的标准值；

——第1个可变作用的标准值；

——第j个可变作用的标准值；

——第i个永久作用分项系数；

——第1个可变作用分项系数；

——第j个可变作用分项系数；

——第1个使用年限调整系数；

——第j个使用年限调整系数；

——第j个可变作用的组合值系数。

**5.4.5** 各种分项系数取值应符合下列规定：

**1** 永久作用分项系数（）的取值应符合下列规定：

1）当作用对承载力不利时应取1.3；

2）当作用对承载力有利时应为小于或等于1.0。

**2** 可变作用分项系数（）的取值应符合下列规定：

1）当作用对承载力不利时应取1.5；

2）当作用对承载力有利时应取0。

**3** 可变作用组合系数（）的取值应符合下列规定：

1）取值不应大于1.0，宜取0.7；

2）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（）的取值应符合下列规定：

1）使用年限为5年时，应取0.9；

2）使用年限为50年时，应取1.0；

3）使用年限为100年时，应取1.1；

4）当设计使用年限不是5年、50年或100年数值时，可按线性内插确定；

5）对于荷载标准值可控制的活荷载，设计使用年限调整系数应取1.0。

**5.4.6**  作用的偶然组合设计值，应符合下式规定：

 （5.4.6）

式中： ——预应力；

——偶然作用的设计值；

——第1个可变作用的频遇值系数；

——第j个可变作用的准永久值系数。

**5.4.7** 顶管结构正常使用极限状态设计，应符合下式规定：

 （5.4.7）

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，按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153的有关规定采用。

**5.4.8**  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，其中作用组合的效应设计值（）应按下式计算：

 （5.4.8）

**5.4.9** 裂缝宽度计算及限值应按工程所属行业的相关设计规范进行。

**5.5** 管节构造设计

**5.5.1** 管节混凝土强度等级不宜小于C50，管节混凝土抗渗等级不宜低于P10。 最外层钢筋的混凝土保护层最小厚度应根据安全等级和不同环境下管节耐久性要求确定，并宜符合表5.5.1的规定。

**表5.5.1 混凝土保护层最小厚度（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 直接与水接触 | 不直接与水接触 |
| 一级 | 50 | 40 |
| 二级 | 40 | 30 |

**5.5.2** 管节钢筋选用宜符合下列规定：

**1**  纵筋宜采用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率不宜低于0.2%，间距不宜大于150mm。当混凝土强度等级大于C60时，最小配筋率宜增加0.1%。

**5.5.4** 管节顶、底板与侧墙连接处宜设置腋角，配筋面积可为受力钢筋的截面面积的50%。

**5.5.5** 混凝土管节传力面允许最大顶力应按下式计算：

 （5.5.5）

式中: ——管节允许顶力设计值（N）；

——混凝土受压强度折减系数，取0.9；

——偏心受压强度提高系数，取1.05；

——材料脆性系数，取0.85；

——混凝土强度标准调整系数，取0.79；

——安全系数，取1.3～1.4。

——混凝土受压强度设计值（N/mm2）;

——管节的有效传力面积（mm2）。

**5.6** 顶管总顶力计算与中继间设置原则

**5.6.1** 矩形顶管总顶力应由顶管机迎面阻力和总摩阻力组成，并应按下式计算：

 （5.6.1）

式中：——顶管机的迎面阻力（kN）；

——矩形顶管总摩阻力（kN）。

**5.6.2** 矩形土压、泥水平衡式顶管机的迎面阻力可按下式计算：

 （5.6.2）

式中： ——土的重度（kN/m3）；

——顶管机中心至原状土地面的覆土厚度（m）；

**——矩形管节外边高（m）；

——矩形管节外边宽（m）。

**5.6.3** 矩形顶管总摩阻力可按下式计算：

 （5.6.3）

式中：——管节顶进时的管节与土体接触面的摩阻力（kN/m2），应结合现场条件与施工经验取值，在无其他可靠资料情况下可取3.0kN/m2～5.0kN/m2；

——矩形顶管顶进长度（m）。

**5.6.4** 中继间的设置应遵循下列原则：

**1** 中继间的结构形状和管节接头应一致；

**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。

**5.6.5** 中继间的加设及数量，应按顶进总顶力及管壁的承受能力确定。

**5.6.6** 在管节外壁形成完整泥浆套的条件下，中继间间距可按下式计算：

 （5.6.4）

式中： S——中继间间距（m）；

K——顶力系数，取0.5～0.6；

——中继间设计允许顶力（kN），取管节可承受最大顶力、中继间千斤顶可提供最大顶力两者之中的小值；

——顶管机迎面阻力（kN）；

——顶管外轮廓周长（m）；

**5.7** 工作井设计

**5.7.1** 工作井结构设计应符合下列规定：

**1** 工作井除应进行水土压力和地面荷载作用效应分析外，始发井尚应进行顶力作用效应分析；

**2** 应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120和现行协会标准《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》CECS 137的有关规定，采用作用效应最不利组合进行承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

**5.7.2** 工作井形式及尺寸应根据地质条件、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** 始发井应满足安装反力墙、液压缸、顶铁、穿墙止水和操作空间的要求，应取安装顶管机长度和安放管材节段长度的大者，宽度应满足止退装置、安装设备的需要；

**2** 接收井应满足顶管机吊出的要求；

**3** 始发井深度应为管底埋深、导轨高度、支垫厚度之和，管节间通过预埋件焊接连接时应预留焊接坑，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，并应进行整体稳定、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，应进行抗冲刷、整体稳定、抗滑移及抗倾覆等验算；

**6** 始发井应设置钢筋混凝土底板，接收井可根据具体情况设置；

**7** 工作井内需设置的内支撑或内衬不得对顶管施工造成障碍；

**8** 挖深大于6m且有地下水时，工作井宜采用地下连续墙、排桩、沉井等方法。

**5.7.3** 工作井防排水设计应符合下列规定：

**1** 应根据现场防淹需要调整工作井顶部标高；

**2** 井底的角部或两侧应设置集水坑，深度不宜小于0.4m，且不应与顶进轴线重叠；

**3** 当井周边存在河涌、鱼塘等水体时，应采取加固措施，可设置止水帷幕等。

**5.7.4** 工作井的设计应包括下列内容：

**1** 洞口止水设计；

**2** 反力墙设计；

**3** 竖向交通设施的设计；

**4** 抗浮验算。

**5.7.5** 始发井尺寸应符合下列规定：

**1** 始发井的最小净长度按顶管机长度确定时，宜满足下式要求：

*L≥L*1+*L*3+*L*4+*S*1+*S*2+*S*3 （5.7.5-1）

式中：*L*——始发井最小净长度（m）；

*L*1*——*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——顶入管节留在导轨上的最小长度（m），取0.5m；

*S*2——顶铁厚度（m）；

*S*3——顶进管节回缩及便于安装管节所留附加间隙（m），取0.2m。

**2** 始发井的最小净长度按管节长度确定时，宜满足下式要求：

*L≥L*2+*L*3+*L*4+*S*1+*S*2+*S*3 （5.7.5-2）

式中：*L*2——管节安装长度，取2.5倍管节长度（m）；

**3** 始发井的最小净长度应按本条第1款和第2款两种方法计算结果取大值，并应与井内接管工艺要求综合确定；

**4** 始发井的最小净宽度宜按下式计算：

 （5.7.5-3）

式中：——始发井的最小净宽度（m）；

——矩形管节外边宽（m）；

*b*2——施工操作空间（m），取0.8m～1.5m。

**5** 始发井的最小深度可按下式计算：

 （5.7.5-4）

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）；

**——管底下的操作空间（m），取0.4m～0.5m。

**6** 始发井的穿墙洞尺寸可按下列公式计算：

 （5.7.5-5）

 （5.7.5-6）

式中：——始发井的穿墙洞高度（m）；

——始发井的穿墙洞宽度（m）。

**5.7.6** 接收井的尺寸应符合下列规定：

**1** 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；

**2** 接收井的穿墙洞应满足止水要求，穿墙洞尺寸可按下列公式计算：

 （5.7.6-1）

 （5.7.6-2）

式中：——接收井的穿墙洞高（m）；

——接收井的穿墙洞宽（m）。

**5.7.7** 反力墙设计应符合下列规定：

**1** 墙体在顶管施工中应能承受主顶工作站液压缸的最大反作用力而不致破坏；

**2** 反力墙表面应平整，并应垂直于顶进管道的轴线；

**3** 结构应简单，装拆应方便。

**5.7.8** 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型钢、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，并应与管道顶进方向垂直；

**3** 装配式反力墙的底端宜在始发井底下不小于50cm；

**4** 反力墙完成后应于始发井内衬结构贴紧，有间隙时应采用灌注细石混凝土等方式填塞密实；

**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，并应层层固定。

**5.7.9** 现场浇筑整体式反力墙抗冲切验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

**5.7.10** 洞口临时封堵结构的设计应符合下列规定：

**1** 临时封堵结构应能支承侧向水土压力；

**2** 临时封堵结构应能防止地下水侧向渗漏；

**3** 进出洞时应方便拆除或打开；

**4** 采用沉井结构时，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形式的组合。

**5.7.11** 洞口土体加固应符合下列规定：

**1** 土体加固可采用水泥土搅拌桩、高压旋喷桩等形式；

**2** 加固的范围应结合工程地质及水文条件、顶管机型、管节尺寸、顶管推进方向、坡度、埋深和周围环境等情况确定；

**3** 应对加固土体整体稳定性、安全性进行验算；

**4** 加固效果应采用钻芯取样的方式进行检验，加固体的无侧限抗压强度不宜小于1MPa，渗透系数不宜大于1×10-6cm/s，并应检查加固体的整体性和均匀性；

**5** 始发、接收前应在洞门上钻打探明土体加固效果的探测孔；

**5.7.12**  反力墙后方土体加固应满足顶进过程中最大顶力的要求。

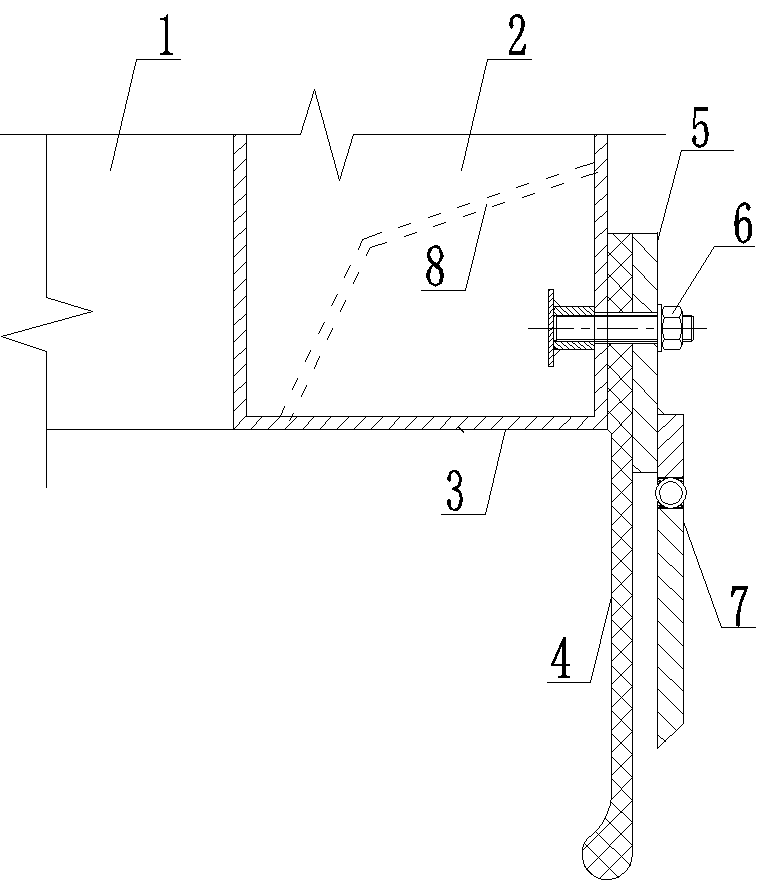
**5.7.13** 洞口止水装置设计应符合下列规定：

**1** 应结合工作井的具体条件、地层特点确定止水装置构造形式；

**2** 始发井可根据埋深采用橡胶法兰、帘布橡胶板、气囊、钢丝刷并压注油脂等措施。

**3** 接收井可采用加固洞口土体的方式进行止水。

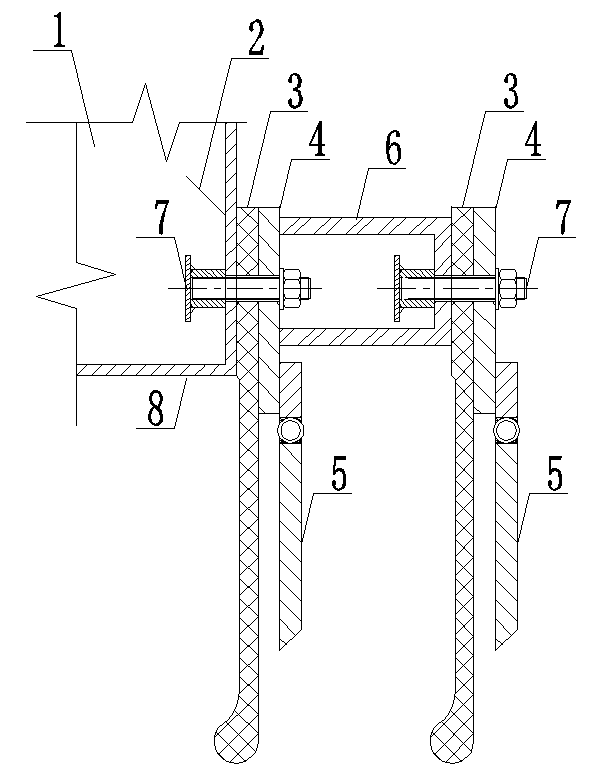
**5.7.14** 顶管始发井的预留洞口应安装帘布橡胶板密封，不得有漏泥、漏水现象，并宜采用可调节的钢压板作后靠（图5.7.14-1）。当覆土深度超过10m且地层为透水层时，应设置井壁预埋钢环，宜采用双层止水橡胶板（图5.7.14-2）。在强透水层中当覆土深度超过15m时宜增加钢丝刷止水装置（图5.7.14-3）。



**图5.7.14-1 止水装置示意图**

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；

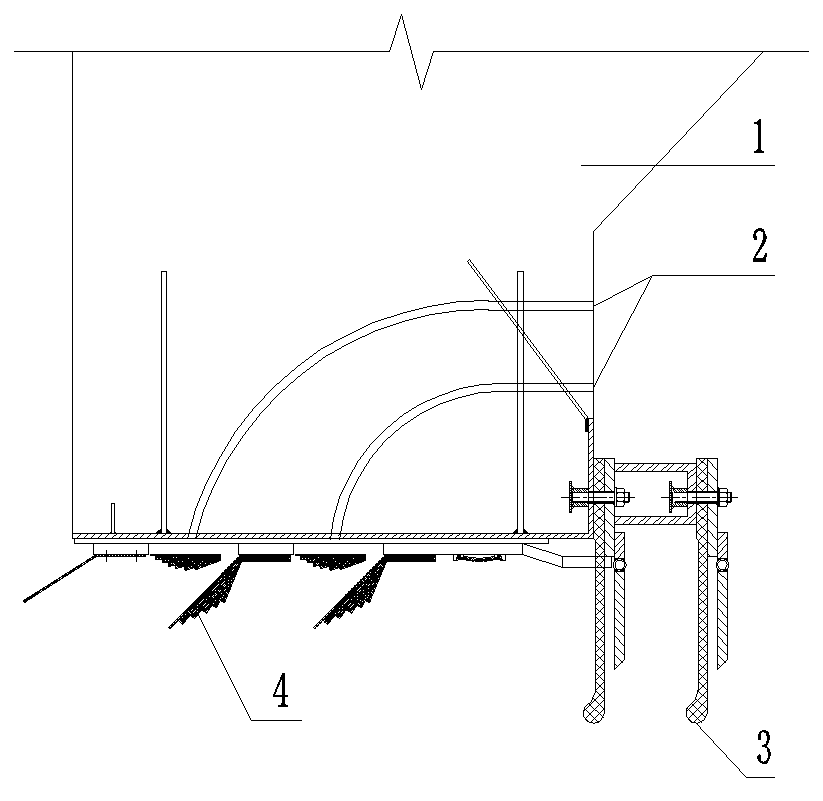
6—固定螺栓；7—翻板；8—2寸管（有压土需要时选用）



**图5.7.14-2 洞口双道橡胶止水装置细部构造示意图**

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



**图5.7.14-3 带有注浆的洞口双道橡胶止水装置细部构造示意图**

1—内衬墙；2—密封油脂管路；3—洞口防水门帘；4—钢丝刷

**[6 管节](#_Toc9712)制作**

**[6.1](file:///C:\\Users\\xy155\\Desktop\\矩形顶管工程技术规程2019.3.22.docx" \l "_Toc23090)** [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** 管节投入生产前应对生产厂家进行技术交底。技术交底应包括下列内容：

**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、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、抗渗要求、管节成型方式以及养护等工艺要求；

**5** 管节的后期养护与防护、运输保护等。

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

**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 "_Toc13214)** [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

**6.2.1** 钢筋混凝土管节制作质量应符合现行国家标准《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836的有关规定，管节及接口的尺寸精度和抗渗性能应满足设计要求。

**6.2.2** 管节水泥宜采用强度等级不低于42.5级的硅酸盐水泥，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的有关规定。不同厂商、不同品种和不同等级的水泥不得混用。

**6.2.3** 管节细骨料宜采用中粗砂，细度模数宜为2.3～3.3，含泥量不宜大于2%，骨料性能应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的有关规定。

**6.2.4** 管节粗骨料宜采用碎石或卵石，粗骨料最大粒径不宜大于31.5mm，且不应大于钢筋净间距的3/4，含泥量不宜大于1%，骨料性能应符合现行国家标准《建设用碎石、卵石》GB/T 14685的有关规定。

**6.2.5** 管节混凝土可掺加外加剂或掺合料，不得使用氯盐类外加剂或其他对钢筋有腐蚀作用的外加剂，且掺加外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076的有关规定。

**6.2.6** 管节混凝土用掺合料应符合下列规定：

**1** 粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596与《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146的有关规定；

**2** 矿渣粉的技术等级不应低于S95，并应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GBT 18046的有关规定；

**3** 采用其他掺合料不得对产品产生有害影响，使用前应进行试验验证。

**6.2.7** 管节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的有关规定。

**6.2.8** 管节接头采用弹性橡胶密封圈防水时，宜采用氯丁橡胶、三元乙丙橡胶。弹性橡胶密封圈的硬度、拉伸强度、拉断伸长率、压缩永久变形等性能指标，应符合设计文件和现行国家标准《橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873的有关规定，且防霉等级应优于二级，抗老化性能应满足管节使用寿命的要求。

**6.2.9** 管节接头采用遇水膨胀橡胶圈防水时，遇水膨胀橡胶圈的体积膨胀倍率、硬度、拉伸强度、拉断伸长率等性能指标，应满足设计要求和现行国家标准《高分子防水材料 第3部分：遇水膨胀橡胶》GB/T 18173.3的有关规定，且防霉等级应优于二级。

**6.2.10** 管节接头采用其他密封材料防水时，应满足设计要求。

**6.2.11** 氯丁橡胶、三元乙丙橡胶及聚氨酯密封胶的物理力学性能指标应符合表6.2.11-1～表6.2.11-3的规定。

**表6.2.11-1 氯丁橡胶的物理力学性能指标**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检测项目 | | | 单位 | 性能指标 | 检测方法 |
| 1 | 硬度（邵尔A） | | | 度 | 60±5 | 现行国家标准《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873 |
| 2 | 拉伸强度 | | | MPa | ≥15 |
| 3 | 扯断延伸率 | | | % | ≥380 |
| 4 | 压缩永久变形 | | 70°C×24h | % | ≤35 | 现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下》GB/T 7759.1 |
| 23°C×168h | % | ≤20 |
| 5 | 撕裂强度 | | | kN/m | ≥30 | 现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定（裤形、直角形和新月形试样）》GB/T 529 |
| 6 | 脆性温度 | | | ℃ | ≤-45 | 现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 低温脆性的测定（多试样法）》GB/T 15256 |
| 7 | 热空气老化 | 硬度（邵尔A） | | 度 | ≤8 | 现行国家标准《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873 |
| 拉伸强度 | | MPa | ≥12 |
| 70°C×168h | 扯断伸长率 | | % | ≥300 |
| 8 | 臭氧老化50pphm，20%，48h | | |  | 2级 | 现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 耐臭氧龟裂 静态拉伸试验》GB/T 7762 |

**表6.2.11-2 三元乙丙橡胶的物理力学性能指标**

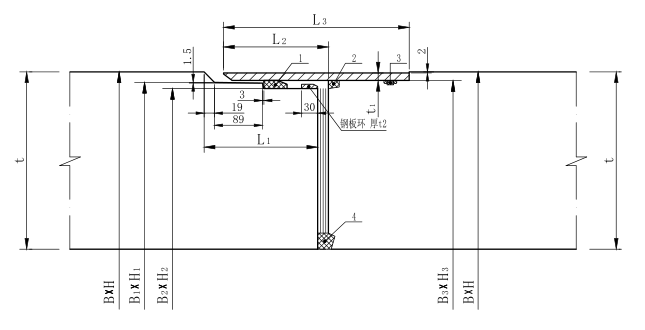
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检测项目 | | 单位 | 性能指标 | 检测方法 |
| 1 | 硬度（邵氏A） | | 度 | 50±5 | 现行国家标准《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873 |
| 2 | 拉伸强度 | | MPa | ≥9 |
| 3 | 拉伸伸长率 | | % | ≥375 |
| 4 | 压缩永久变形 | 70℃×24h | % | ≤40 | 现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下》GB/T 7759.1 |
| 23℃×168h | % | ≤20 |
| 5 | 撕裂强度 | | kN/m | ≥19 | 现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定（裤形、直角形和新月形试样）》GB/T 529 |
| 6 | 脆性温度 | | ℃ | ≤-45 | 现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 低温脆性的测定（多试样法）》GB/T 15256 |
| 7 | 热空气老化（70℃×168h） | 硬度变化 | 度 | -5~+8 | 现行国家标准《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873 |
| 拉升强度变率 | % | ≤-20 |
| 断裂伸长变率 | % | -30~+10 |

**表6.2.11-3 聚氨酯建筑密封胶的物理力学性能指标**

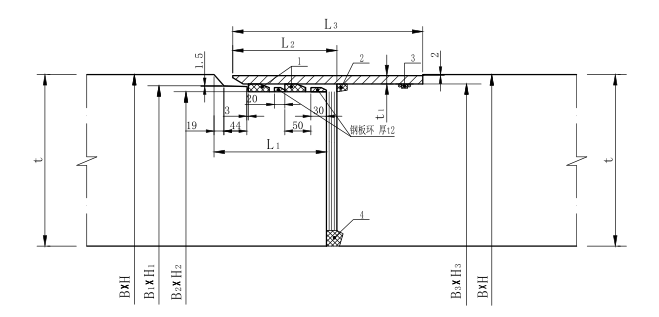
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检测项目 | | 单位 | 性能指标 | 检测方法 |
| 1 | 密度 | | g/cm3 | 规定值±0.1 | 现行行业标准《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482 |
| 2 | 下垂度 | | mm | ≤3 |
| 3 | 表干时间 | | h | ≤24 |
| 4 | 挤出性 | | ml/min | ≥80 |
| 5 | 适用期 | | h | ≥1 |
| 6 | 弹性回复率 | | % | 70 |
| 7 | 拉伸模量 | 23°C | MPa | 0.4 |
| -20°C | 0.6 |
| 8 | 定伸粘结性 | | — | 无破坏 |
| 9 | 浸水后定伸粘结性 | | — | 无破坏 |
| 10 | 冷拉-热压后的粘结性 | | — | 无破坏 |
| 11 | 质量损失率 | | % | ≤7 |

**[6.3](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

**6.3.1** 管节钢承口端柔性接口可分为单胶圈和双胶圈两种形式（图6.3.1-1、图6.3.1-2），密封胶条或遇水膨胀橡胶的尺寸应满足设计要求。



（a）单胶圈

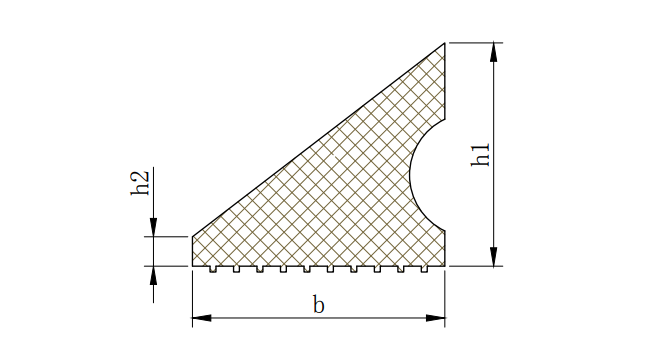
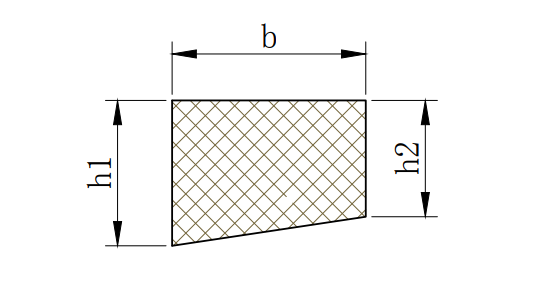


（b）双胶圈

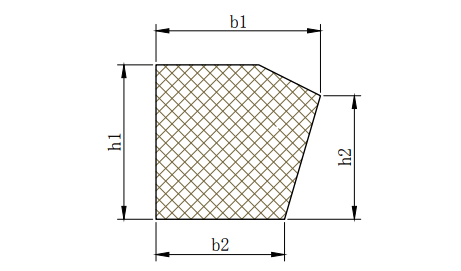
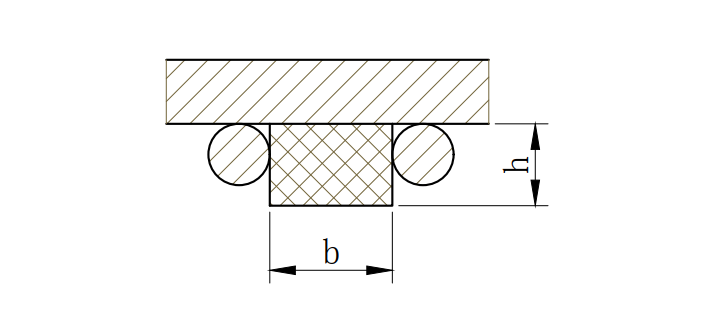
**图6.3.1-1 管节钢承口管柔性接头示意图**

1—氯丁橡胶或三元乙丙橡胶止水条；2—聚氨脂密封胶条；3—遇水膨胀橡胶止水条；

4—聚氨脂密封胶条

（a）氯丁橡胶或三元乙丙橡胶止水条截面 （b）聚氨脂密封胶条截面

（c）聚氨脂密封胶条截面 （d）遇水膨胀橡胶止水条截面

**图6.3.1-2 管节防水材料构造示意图**

**6.3.2** 矩形管节钢承口细部尺寸可按表6.3.2选用。

**表6.3.2 矩形管节钢承口接头细部尺寸（mm）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 顶管外部尺寸  （B1×H1） | 顶管  壁厚  （t） | 顶管内  部尺寸  （b2×h2） | 插口尺寸 | | | | 钢承口尺寸 | | | |
| B2×H2 | B3×H3 | t1 | L1 | b3×h3 | t2 | L2 | L3 |
| 6000×4300 | 500 | 5000×3300 | 5957×4257 | 5930×4230 | ≥8 | 191 | 5972×4272 | ≥12 | ≥175 | ≥325 |
| 6900×4200 | 450 | 6000×3300 | 6857×4157 | 6830×4130 | ≥8 | 191 | 6872×4172 |
| 6900×4900 | 450 | 6000×4000 | 6857×4857 | 6830×4830 | ≥8 | 191 | 6872×4872 |
| 7000×5000 | 600 | 5800×3800 | 6957×4957 | 6930×4930 | ≥8 | 191 | 6972×4972 |
| 7400×4400 | 600 | 6200×3200 | 7357×4357 | 7330×4330 | ≥8 | 191 | 7372×4372 |
| 7500×4300 | 500 | 6500×3300 | 7457×4257 | 7430×4230 | ≥8 | 191 | 7472×4272 |
| 7700×4300 | 600 | 6500×3100 | 7657×4257 | 7630×4230 | ≥8 | 191 | 7672×4272 |
| 7700×5100 | 550 | 6600×4000 | 7657×5057 | 7630×5030 | ≥8 | 191 | 7672×5072 |
| 7700×4500 | 500 | 6700×3500 | 7657×4457 | 7630×4430 | ≥8 | 191 | 7672×4472 |
| 600 | 6500×3300 | 7657×4457 | 7630×4430 | ≥8 | 191 | 7672×4472 |
| 9100×4400 | 600 | 7900×3200 | 9057×4357 | 9030×4330 | ≥8 | 216 | 9068×4368 | ≥14 | ≥200 | ≥365 |
| 9100×5500 | 650 | 7800×4200 | 9057×5457 | 9030×5430 | ≥8 | 216 | 9068×5468 |
| 9800×6300 | 700 | 8400×4900 | 9757×6257 | 9730×6230 | ≥8 | 216 | 9768×6268 |
| 9900×8150 | 700 | 8500×6750 | 9857×8107 | 9830×8080 | ≥8 | 216 | 9868×8118 |
| 10200×6600 | 650 | 8900×5300 | 10157×6557 | 10130×6530 | ≥8 | 216 | 10164×6564 | ≥16 | ≥200 | ≥365 |
| 10400×7500 | 700 | 9000×6100 | 10357×7457 | 10330×7430 | ≥8 | 216 | 10364×7464 |
| 14800×9426 | 900 | 13000×7626 | 14757×9383 | 14730×9356 | ≥8 | 216 | 14764×9390 |

注1 本规程图6.3.1-1中，管节宽高尺寸B1×H1、b2×h2、B2×H2、B3×H3、b3×h3和钢承口尺寸t1、t2等对应图表的管节宽高尺寸B1×H1、b2×h2、B2×H2、B3×H3、b3×h3和钢承口尺寸t1、t2，管节接头纵向尺寸L1、L2和L3对应图表的L1、L2和L3；

2 当采用Q355钢板时钢承口钢板厚度可适当减薄。

**6.3.3** 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，并应用黏结剂接于管节基面上，接口处强度应大于10MPa，接口应平整光滑、无痕迹，不得有裂口；

**2** 在遇有含油的地下水部位，宜选用丁腈橡胶；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，环境温度低于-25℃时，宜选用三元乙丙橡胶；

**3** 管节与钢套环间形成的嵌缝槽应采用聚胺脂密封胶嵌注；

**4** 在钢承口的两圆筋之间应嵌入遇水膨胀橡胶止水条；

**5** 弹性密封垫生产前应进行防水试验及耐久性试验；

**6** 人工收面与弹性密封垫对应的位置应人工打磨光滑。

**6.3.4** 管节与管节之间接头处传力面应设置环状传力衬垫，衬板宜采用中等硬度的木质材料或多层夹板，板接头处宜采用企口方式相接，管节下部的嵌缝槽宜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** 衬垫应满足管节之间的缓冲要求；

**3** 衬垫厚度宜为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黏结剂黏贴，黏贴时应位置准确、黏贴牢固、表面平整。

**6.3.5** 管节接口型式宜符合下列规定：

**1** 宜选用“F”型钢承口接口型式，接缝防水装置宜采用楔形止水圈和双组份聚硫密封胶嵌缝；

**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筑物或构筑物等情况时，宜采用双道橡胶密封圈的钢承口接口型式。

**6.3.6** 管节钢承口应符合下列规定：

**1** 钢承口及钢环材料宜采用Q355钢，钢环表面应涂刷环氧富锌底漆二度，每度不应低于30μm，涂刷环氧沥青面漆二度，每度不应低于80μm，钢承口接头内侧应磨平；

**2** 钢承口焊接应满焊，并应采取防止钢承口焊接变形的措施；

**3** 钢承口对角线尺寸误差应小于5mm。

**6.3.7** 进场前应对矩形管节、钢套环、橡胶密封圈及衬垫材料进行检测和验收，对存在问题的管节应责令供应商进行整改，直至验收合格，方可投放工地。

**6.3.8** 管节对接前，应使用黏结剂将橡胶密封圈正确固定在管节胶圈槽内，顶进前应在止水圈斜面上和钢承口斜口面均匀涂抹一层硅油。对接时受力应均匀，对接后橡胶密封圈不应移位和反转。

**6.3.9** 顶管施工完成后，应先将管节接缝清洗、干燥，再采用聚氨酯建筑密封胶对管节接缝进行嵌缝。

**[6.4](file:///C:\\Users\\xy155\\Desktop\\矩形顶管工程技术规程2019.3.22.docx" \l "_Toc17680)** [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** 当地下水或管节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，并应满足设计要求。

**6.4.2** 钢筋混凝土管防腐涂料品种的选用、层数、厚度等应符合设计文件的规定，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产品。

**6.4.3** 钢筋混凝土管内壁防腐施工前，管道接口应按设计要求进行嵌缝密封。

**6.4.4** 混凝土内壁涂刷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结合紧密。

**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，底面可不涂装。

**6.4.7**  采用刷涂或滚涂工艺时，宜按“一底二中二面”施工；采用喷涂工艺时宜按“一底三面”施工；后一道涂料施工应在前一道涂料实干后进行。

**6.4.8** 矩形管节内、外金属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** 管节生产前应对钢模误差进行检测，若不符合标准应进行校正。管节生产过程中应确保钢模误差在标准允许范围之内。

**6.5.2** 混凝土应按顶管管节的设计要求进行级配调整，宜采用振捣方式进行密实处置。

**6.5.3** 当环境温度大于或等于10℃时可采用自然养护，当环境温度小于10℃时宜采用蒸汽养护。

**6.5.4** 混凝土管节构造应符合下列规定：

**1** 矩形管节基本结构应包括钢筋骨架、吊装装置、注浆孔、压浆孔、内外钢环、预埋件和混凝土等；

**2** 矩形管节插口和钢承口的内外钢环应与钢筋骨架钢筋焊接，并应紧贴模具的内壁；

**3** 管节插口端上应根据需要设置减磨注浆孔，数量及管径应根据设计要求确定；

**4** 每一节管节应设置满足吊装要求的吊装装置。

**6.5.5**  管节预制的混凝土抗压强度应符合下列规定：

**1** 混凝土拌合物应在相应管节任意一拌进行随机取样、制作抗压强度试件；

**2** 每节管节取样不得少于1次，每次制作试件不应少于3组，2组与管节同条件养护，1组进行标准养护；

**3** 同条件养护试件应用于脱模强度判定，标准养护试件应用于28d混凝土强度判定；

**4** 混凝土抗压强度试验方法应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的有关规定。

**6.5.6**  管节预制的混凝土抗渗等级应符合下列规定：

**1**  混凝土拌合物应在相应管节任意一拌进行随机取样、制作抗渗试件；

**2** 相同项目、同一规格数量不足30节管节时应取1组抗渗试件，每增加30节管节宜增加1组抗渗构件；

**3** 混凝土抗渗等级试件的制作及试验方法，应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的有关规定。

**6.5.7** 成品管节的外观质量应符合下列规定：

**1** 管节钢承口、预埋铁件外表面应光洁，不应粘有混凝土、水泥浆及其他污物；

**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的孔洞、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，不得有粘皮、麻面、蜂窝、塌落、露筋、空鼓，局部凹坑深度不应大于5mm；

**6** 管节合缝处不得有漏浆现象。

**6.5.8** 预制管节出现下列情况时宜进行修补：

**1** 表面凹深不超过5mm，粘皮、麻面、蜂窝深度不超过5mm，且总表面积不超过相应内外表面积的1/20，每块面积不超过100cm2；

**2** 表面有局部塌落，但塌落面积不超过相应内外表面积的1/20，每块面积不超过100cm2；

**3** 合缝漏浆深度不超过10mm，且最大长度不超过300mm；

**4** 端面碰伤横向长度不超过200mm，纵向长度不超过50mm。

**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识，标识内容应包括企业名称、产品商标、产品标记以及生产日期等，喷刷字迹应工整、清晰，不得随意涂改，比例应协调。

**6.6.2** 管节的堆放应符合下列规定：

**1** 不同规格的管节不应混合堆放，并应做好标识；

**2** 矩形顶管管节堆放的层数不宜超过3层，堆放的地面应为实土地面或铺设砂石地面，地面应平整，各管节堆放周边间距不得小于1.0m，堆场应预留安全通道，通道宽度不应小于1.50m，管节应受力均匀、堆放安全。

**3** 管节接头上的胶圈宜待管节发往工地时再套装；

**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** 管节应采用专用吊具进行吊装，在吊装前应检查吊具销子的固定情况、钢丝绳的完好情况，吊装时插销应完全插入到吊装孔里面；

**2** 吊装时，吊钩吊起管节应缓慢提升高度，在吊运过程中应采取防止管节碰伤的措施。

**6.6.4** 管节运输应评估运输条件，并应符合交通运输管理部门的相关规定。

**[6.7](#_Toc12891)** [管节质量控制](#_Toc12891)

**Ⅰ 主控项目**

**6.7.1** 根据影响结构性能、安装和使用功能的严重程度，预制构件外观质量缺陷见表6.7.1。

**表6.7.1 预制构件外观质量缺陷**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 现 象 | 一般缺陷 |
| 1 | 露筋 | 构件内钢筋未被混凝土包裹而外露 | 非受力钢筋存在少量露筋 |
| 2 | 气孔 | 混凝土表面存在浅表性小孔 | 存在少量气孔 |
| 3 | 裂缝 | 缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部 | 存在不影响结构或使用性能的裂缝 |
| 4 | 连接部位缺陷 | 构件连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连接铁件松动 | 连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷 |
| 5 | 外形缺陷 | 缺棱掉角、棱角不宜、翘曲不平、飞出凸肋等 | 存在不影响其使用功能的外形缺陷 |
| 6 | 外表缺陷 | 构件表面麻面、掉皮、起砂、玷污等 | 存在不影响其使用功能的外表缺陷 |

**6.7.2** 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。

**6.7.3**  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应签章齐全、日期准确。

检验方法：查阅检查和验收记录。

检查数量：全数检查。

**6.7.4** 管节脱模时，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，至少应达到设计抗压强度标准值的75%。

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。

检查数量：逐节检验。

**6.7.5**  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的有关规定进行检验评定。

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。

检查数量：逐节检验。

**6.7.6** 管节的混凝土的抗渗等级应满足设计要求。混凝土抗渗等级应按国家现行标准《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的有关规定进行检验评定。

检验方法：检查试验报告。

检查数量：逐节检验。

**6.7.7** 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。

检验方法：查阅设计文件，观察，量测。

检查数量：全数检查。

**6.7.8** 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。

检验方法：观察。

检查数量：全数检查。

**6.7.9** 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。

检验方法：观察，检查处理记录。

检查数量：全数检查。

**6.7.10** 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。

检验方法：观察，尺量，检查处理记录。

检查数量：全数检查。

**Ⅱ 一般项目**

**6.7.11** 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。

检验方法：观察，检查处理记录。

检查数量：全数检查。

**6.7.12** 管节及管节接口的几何尺寸允许偏差应符合表6.7.12-1及表6.7.12-2的规定；设计有专门规定时应满足设计要求。施工过程中临时使用的预埋件，预埋件的中心线位置允许偏差可取表6.7.12-1中规定数值的2倍。

检验方法：量测。

检查数量：全数检查。

**表6.7.12-1 管节的几何尺寸允许偏差（mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 允许偏差 |
| 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～+8 |
| 5 | 内宽b1 | 600 ～ 1500 | ±5 |
| 1800 ～ 3900 | ±6 |
| 4000 ～ 7200 | ±8 |
| > 7200 | ±10 |
| 6 | 内高h1 | 600 ～ 1500 | ±5 |
| 1800 ～ 3900 | ±6 |
| 4200 ～ 7200 | ±8 |
| 7 | 外宽B | | ±10 |
| 8 | 有效长度L | | -5～+10 |
| 9 | 腋角 宽×高 | a | ±5 |
| b | ±5 |
| 10 | 壁厚 | 顶板T1 | ±5 |
| 侧板T2 | ±5 |
| 11 | 预留孔位置 | | ±5 |
| 预埋件位置 | | ±5 |

**表6.7.12-2 管节接口的尺寸允许偏差（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 接口间隙d | ±2 |
| 2 | 接口图上注明尺寸 | ±2 |

# [7 工作井施工](#_Toc30255)

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 工作井的结构应符合下列规定：

**1** 始发井应满足井壁支护及顶管始发推进反力的作用；

**2** 工作井围护结构形式应根据工程地质条件、水文地质条件、邻近建筑物或构筑物、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** 工作井的围护结构可采用灌注排桩、钢板桩、地下连续墙、咬合桩、型钢水泥土搅拌墙（SMW）及沉井等工法，且应遵照工法相应的规程进行。

**7.1.2** 灌注排桩、钢板桩、地下连续墙、咬合桩工作井施工应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定。

**7.1.3** 型钢水泥土搅拌墙（SMW）法工作井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的有关规定。

**7.1.4** 沉井法工作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的有关规定。

**7.1.5** 始发井的穿墙洞应设置止水装置。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，管道与穿墙洞的间隙应进行封堵。

**7.1.6** 工作井基坑监测宜按现行国家标准《[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)的有关规定执行。

## 7.2 土体加固

**7.2.1** 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、袖阀管注浆、WSS注浆、高压旋喷桩等一种或几种组合的形式。

**7.2.2**  顶管洞口加固应在始发井、接收井的底板达到设计强度后进行。加固完成后应对加固体的强度、均匀性和防渗漏性能进行检测。

**7.2.3** 顶管始发井的后靠土体宜进行地基加固，加固宜采用水泥土搅拌桩、旋喷桩等形式。

**7.2.4** 顶管出洞口加固若采用冻结加固方案时，应由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。

**7.2.5** 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结工艺要求。采用冻结加固方案时，宜采用融沉注浆等措施控制融沉效应，融沉注浆等应配合变形监测进行。

**7.2.6** 工作井采用降水措施时应设置水位观测井。

**7.2.7** 在含承压水的砂性土层中，顶管工作井宜采用降压措施。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。

**7.2.8** 工作井的顶部为软土时，应在洞口上方采取水平方向的加固措施。

## 7.3 工作井质量控制

**Ⅰ 主控项目**

**7.3.1** 工作井的围护结构、井内结构施工的质量验收，应符合现行国家标准《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、《沉井与气压沉箱施工规范》GB/T 5113和现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120和《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199的有关规定。

**7.3.2** 工作井的施工质量检验与验收应符合下列规定：

**1** 工作井原材料、成品、半成品的产品质量应符合相应产品的国家标准和设计文件的有关规定；

检验方法：检查产品质量合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

检查数量：全数检查。

**2** 混凝土结构的抗压强度等级、抗渗等级应满足设计要求；

检验方法：检查混凝土浇筑记录，检查试块的抗压强度、抗渗试验报告。

检查数量：每根钻孔灌柱桩、每幅地下连续墙混凝土为一个检验批，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100m3为一个检验批，抗压强度试块留置不应少于l组；每浇筑500m3混凝土抗渗试块留置不应少于1组。

**3** 始发井的反力墙应坚实、平整；后座与井壁反力墙应紧贴；

检验方法：逐个观察；检查相关施工记录。

检查数量：全数检查。

**4** 两导轨应顺直、平行、等高，基座及导轨的夹角应根据管节的设计轴线和施工要求确定；导轨与基座连接应牢固可靠，不得在使用中产生位移。

检验方法：逐个观察、量测。

检查数量：全数检查。

**Ⅱ 一般项目**

**7.3.3** 工作井施工的允许偏差应符合表7.3.3的规定。

**表7.3.3 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 |
| 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 | 顶管始发井后背墙 | | 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）。

检验方法：逐个观察、量测。

检查数量：全数检查。

**7.3.4** 工作井结构应无滴漏、线流等缺陷。

检验方法：按表7.3.4的内容进行检查，检查施工记录。

检查数量：全数检查。

**表7.3.4 渗漏水缺陷**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 缺陷种类 | 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棒底部的水珠，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，其滴落速度每min至少1滴；渗漏水用干棉纱不易拭于，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 | ↓ |

# 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。

**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，吊装活动范围应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46、《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276的相关规定。

**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，并应符合现行行业标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276的相关规定。

**8.1.6** 设备吊装时应平稳慢放，大型设备宜用绳索辅助牵引。

**8.1.7** 顶管设备安装应设置逃生通道。

**8.1.8** 组装前应对所使用设备、工具进行安全检查。

**8.1.9** 顶管设备安装前应制定组装方案。

## 8.2 矩形顶管机设计原则与选型

**8.2.1** 矩形顶管机设计原则应符合下列规定：

**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，设备长度应根据工作井尺寸大小，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** 矩形顶管机零部件的设计应满足强度、刚度、疲劳可靠性要求；

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

**8.2.2** 矩形顶管机选型应结合地层岩土类别**、**岩土粒径、渗透系数、地下水压情况，以及开挖尺寸、开挖面稳定性、埋深、地层降水处理情况等因素确定。

**8.2.3** 矩形顶管机适应工况宜按表8.2.3执行。

**表8.2.3 矩形顶管机适用工况**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 矩形顶管机类型 | 矩形土压平衡式顶管机 | 矩形泥水平衡式顶管机 |
| 适用土质 | 淤泥、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 | 小于或等于200m | 小于或等于300m |
| 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% |
| 管顶覆土 | 不小于3m | 不小于1倍管节高度，且不小于4m |

**8.2.4** 掘进系统选型与设计应符合下列规定：

**1** 应根据工程地质和水文地质及开挖面稳定形式选择矩形顶管机；

**2** 掘进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** 矩形顶管机掘进系统宜采用多个刀盘单元组成，也可由单个仿形刀盘构成；

**4** 矩形顶管机掘进系统应具备矩形断面切削能力；

**5** 矩形顶管机掘进系统设计应减少开挖盲区，开挖盲区可采用高压水射流、风钻等主动切削形式或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；

**8.2.5** 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，并宜具有辅助调节土仓压力的功能；

**2** 矩形土压平衡顶管机螺旋输送机可根据地质工况不同，选用有轴式输送机或带式输送机；

**3** 当富水地层选用螺旋输送机出渣时，螺旋输送机出渣口宜配置双闸门。

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

**1** 黏土、粉土地层应配置渣土改良系统；

**2** 砂土地层应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。

**8.2.7** 矩形泥水平衡顶管机泥浆循环系统，并应符合下列规定：

**1**  系统应具有能实现掘进、旁通、逆洗和补浆工作模式的功能，模式切换的阀门动作满足设计要求；

**2** 在刀盘中心和排渣口区域宜设置高压冲刷口；

**3** 应配有进排浆密度、压力和流量检测装置；

**4**  泥浆泵进、出口应配置压力传感器及软连接；

**5**  主控室内应设置泥水循环系统急停按钮。

**8.2.8**  人员带压进仓作业时，矩形顶管机应设置人舱，人舱技术应符合现行国家标准《全断面隧道掘进机 土压平衡盾构机》GB/T 34651的有关规定。

## 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始发井底板上，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** 应分别对每台液压缸进行调试，油压均应达到额定压力；

**6** 顶推液压缸宜取偶数，且规格宜相同。当规格不同时，应保证行程一致，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不应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，严寒地区应配备保温措施；

**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；

**4** 油管的承压能力不应小于系统的最高压力，油管安装时应顺直但不应紧绷，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、土层的承载力确定；安装时应确保作用面与隧道设计轴线垂直，倾斜误差不应大于0.5%；

**2** 可用型钢对后靠进行横向的固定；

**3** 应根据后靠的布筋结构确定后靠的安装位置及前后朝向；

**4** 后靠与井壁之间的空隙应浇筑强度等级不低于C30的混凝土。

**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，顶铁的强度、刚度应满足最大允许顶力要求；

**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等异物；

**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** 顶铁放置导轨上时应保持稳定；

**6** 顶进时，工作人员不得在顶铁上方及侧面停留，并应随时观察顶铁的工作状况；

**7** 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。

**8.3.6** 止退装置的安装应符合下列规定：

**1** 顶管机始发井内应设置止退装置，止退装置应相对隧道设计轴线对称布置，管节两侧受力应均匀；

**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，并应保证轨道的安装精度。

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

**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，整体应满足始发精度要求。

**8.4.4** 导轨安装轴线的允许偏差应为±3mm；导轨顶面高程的允许偏差应在0mm～3 mm内；导轨轨距的允许偏差应为±3mm。

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

**8.4.6** 导轨标高和坡度应依据隧道设计线路提前调整，敷设导轨应顺直、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，试吊中应检查全部机索具、场地受力情况，应在系好溜绳后平稳起吊，吊装人员不得站立在吊臂和顶管机下方。

**8.5.3** 吊装顶管机时应平稳、缓慢、避免任何冲击和碰撞。重量较轻的小型简单顶管机可采用钢丝绳吊放，吊装大型顶管机等重要设备时，应采用专用吊具。

**8.5.4**  顶管机下放至距离导轨0.5m时，应暂停吊装机的下放操作，调整顶管机的吊放位置，并应在顶管机前端预留出洞门处理空间，然后缓慢放下。

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

**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遵循由前向后、先下后上、先机械后液压电气的原则。

**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、电气柜内部与外部的电线电缆，应接线正确、规范；

**2** 应检查并确保所有电气柜、控制盒、端子盒、传感器等安装正确、防护到位，不得有松动、损坏、污染等异常情况；

**3** 应按顺序逐级给整机送电，送电前所有开关均应处于断开状态；

**4** PLC程序、上位机软件及视频监控系统软件应正确下载及安装；

**5** 通讯系统应正常，液压、流体及机械应满足调试的动作条件要求；

**6** 应按调试验收大纲分系统进行调试，并应符合下列规定：

1）刀盘应安装正确、运转无干涉，刀盘系统开挖轮廓应满足设计要求；

2）各刀盘正、反转动应平稳，电机转动电流无突变；

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

**7** 系统调试完成后应进行整机调试，整机调试应达到验收大纲的性能指标要求。

## 8.6 土压平衡出渣系统的安装

**8.6.1** 矩形土压平衡顶管机排渣系统应配置螺旋输送机；顶进距离较长时可用渣土泵、皮带机输送将渣土送至地面；顶进距离较短时可用渣车运输至始发井，再由垂直运输机械吊至地面。

**8.6.2** 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，进排浆管宜平直、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，轨道对接错位水平向不应大于5mm，竖直向不应大于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 泥水循环系统的安装

**8.7.1** 泥水平衡顶管机的泥水循环系统安装应根据场地条件设置泥浆箱或泥浆池，并设置泥水处理器对渣土、水进行分离。

**8.7.2** 泥水循环系统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。

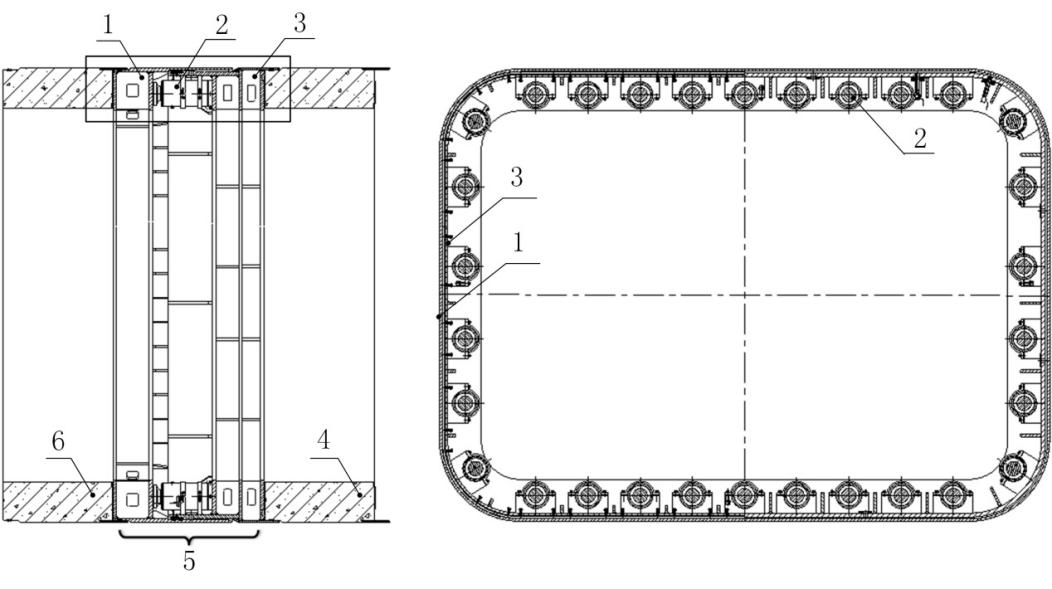
**8.7.3** 泥水循环系统排浆泵应安装在井内或隧道内，井内安装高度宜高出井底500mm，隧道内安装宜离开顶管机主机5m～10m，并应视顶进距离和断面大小布置排浆泵数量；

**8.7.4** 泥水平衡顶管机的管路拐弯处应使用弯头连接；

**8.7.5** 泥水循环系统的泥浆箱宜靠近始发井设置。

## 8.8 中继间安装

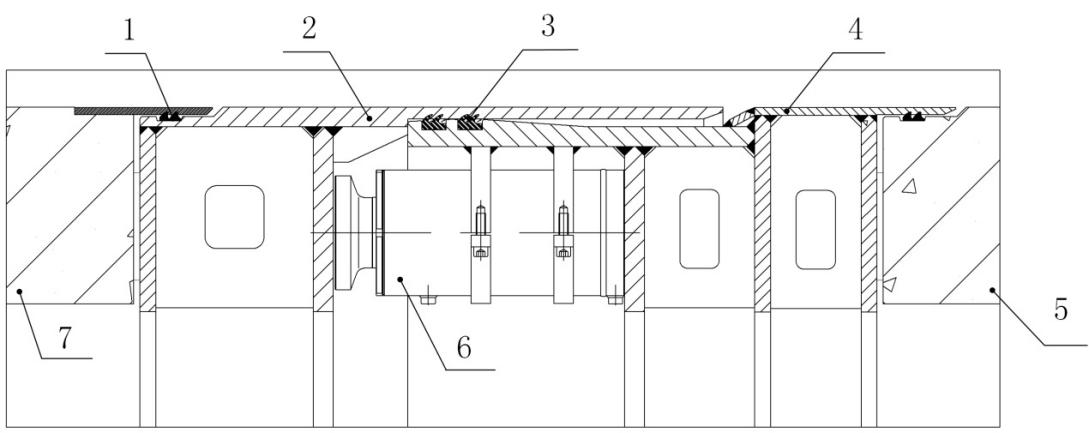
**8.8.1** 当顶推距离较长，始发井顶推系统不足以提供全部顶力时，应设置中继间接力顶进（图8.8.1-1、图8.8.1-2）。



（a）中继间横截面图 （b）中继间纵截面图

**图8.8.1-1 中继间结构示意图**

1—前壳体；2—液压缸；3—后壳体；4—后部管节；5—中继间；6—前部管节



**图8.8.1-2 中继间结构局部放大示意图**

1—管节密封；2—前壳体；3—铰接密封；4—后壳体；

5—后部管节；6—液压缸；7—前部管节

**8.8.2** 中继间及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，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，规格宜相同，并应沿周向均匀布置；当规格不同时，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，应检查各项工作部件处于正常状态，安装完毕后应进行试顶；

**5** 当总推力达到中继间推力40%～60%时，应安放第一个中继间，此后，每当达到中继间推力的70%～80%时，应安放1个中继间。而当总推力达到中继间推力的90%时，应启用中继间。

## 8.9 顶管辅助施工与设备

**8.9.1** 减阻系统的安装应符合下列规定：

**1** 减阻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；

**2** 注浆主管的管径不应小于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节～第5节管宜安装注浆管，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；

**6** 触变泥浆注入孔阀门宜采用并联分组、单个可控模式。

**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，并应与顶管机头部安装的测量靶保持通视，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，并应经常检查和纠正测量靶的位置。

**8.9.3** 纠偏液压缸的安装应符合下列规定：

**1**  纠偏液压缸应安装在顶管机主机铰接位置；

**2** 纠偏液压缸安装方向应根据顶管结构形式确定，液压缸应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** 顶管施工应配备垂直吊装设备，宜采用桥式起重机或旋转臂架式起重机，起重能力应满足顶管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;

**3** 安装过程中应严格遵守各类起重机械的安全操作规程。

## 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文件和相关产品现行国家标准的有关规定。

**8.10.2** 顶管机、主顶系统、中继间、减阻系统、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文件的规定。

**8.10.3** 设备总体安装应符合下列规定：

**1** 穿墙止水装置中心与顶管机中心的位置偏差不应大于10mm；

**2** 止水帘板压板与顶管机的间隙宜为10mm～20mm；

**3** 穿墙洞四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** 激光经纬仪应与顶管机测量靶中心重合，误差不得超过3mm。

**8.10.4** 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，使用过程中不应产生位移；

**4** 导轨安装的允许偏差应符合表8.10.5的规定。

**表8.10.5 导轨安装的允许偏差（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 偏差项目 | 轴线偏差 | 导轨顶面高程 |
| 允许偏差 | ±3 | 0～+3 |

**8.10.5** 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始发井底板上，每次顶进前应进行复核；

**3** 测量靶应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、设计文件和相关施工标准的要求，对建设单位提供的施工界域内工程地质、水文地质和周围环境情况，以及沿线地下与地上管线、周边建筑物或构筑物、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，并应实行自审、会审、交底和签证制度；发现施工图有疑问、差错时，应提出意见和建议；若需变更设计，应按相应程序报审，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，对危险性较大的分项、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，变更时应办理变更审批。

**9.1.4** 施工临时设施应根据工程特点总体布局、合理设置。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、构件或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，并应按相关产品标准进行复验，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、构件或配件等在运输、保管和施工过程中，应采取防止损坏、锈蚀或变质的措施。

**9.1.8** 施工单位应采取控制各种固体废弃物以及粉尘、污水、噪声对施工现场周边环境造成污染和危害的措施。

**9.1.9** 施工测量、导向测控专用设备及仪器应经计量检定、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**各分项工程应按施工技术标准进行质量控制，每个分项工程完成后，均应进行检验；

**2**各分项工程之间应进行交接检验，所有隐蔽分项工程均应进行隐蔽验收，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、预留孔的位置和数量、高程、尺寸等进行复核。

**9.1.12**顶管施工中应合理配置管道内通风、供电、照明等装置。

**9.1.13**施工单位应按相应的施工技术标准对工程进行全员全过程控制，建设单位、勘察单位、设计单位、监理单位等各方应对工程质量进行管理。

**9.1.14**顶管施工应对顶管沿线影响范围内的地表、邻近建筑物或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，发现问题应立即处理。

**9.1.15**工程应经过竣工验收合格后，方可投入使用。

## 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，并应满足设计文件与合同协议的要求。在现场踏勘的基础上，除应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外，尚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内容：

**1**编制依据及采用标准；

**2**工程概况，包括工程基本情况、施工场地特征、工程地质和水文地质、地面及地下建筑物或构筑物、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**顶管设备选型与配置，包括顶管机、中继间、主顶液压缸等，注明主要设备性能参数；

**7**施工准备工作，包括下列内容：

1）后靠背钢盒、导轨、顶管机、液压缸、止水圈的安装方法并附安装图；

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。

**8**主要施工技术方案，包括下列内容：

1）总顶力计算、后靠背承载力验算；

2）顶管施工参数的选定；

3）顶管始发和接收技术措施、安全控制及洞门加固体检测；

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）渣土改良；

7）顶管掌子面及管节压力监测；

8）顶管穿越不良地层、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**顶管工程吊装方案；

**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。

## 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文件和施工方案的规定；

**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**洞门凿除后应立即将顶管机推入洞门，刀盘抵住撑子面，并设置止退装置；

**4**洞口应设置止水装置，止水装置应与工作井壁内的预埋件焊接牢固，宜用膨胀材料填充间隙；顶管结束后，管节与洞口的间隙应立即封堵。

**9.3.2** 洞口始发时，顶管机与后续2节～3节管之间应进行有效连接。

**9.3.3** 接收井内宜设置略低于管节底的导轨。当地下水位高、可能发生管涌或流砂时，应采用水下接收方式。

**9.3.4** 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，始发洞口内应注满浓泥浆，掘进速度宜控制在2mm/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，并应保持与导轨面齐平；

**4**顶管始发出洞时应均匀增加顶推力；

**5**初始掘进时应有防止顶管机后退措施；

**6**初始掘进时宜使用下层液压缸掘进。

**9.3.5** 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，应加强测量顶进长度和管位偏差；

**2**顶管机进入接收井洞口加固区时，应控制掘进速度在2mm/min～3mm/min，接近接收井洞口时，应拆除洞口支护结构并清除洞口障碍物。

## 9.4顶管掘进

**9.4.1**施工作业前应针对下列风险因素制定应急预案：

**1** 顶管机穿越众管线或地面复杂环境引起管线或地表沉降或隆起偏大的风险；

**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** 施工现场机械设备产生故障的风险；

**5** 施工现场的地质风险。

6 施工过程中可能对周边环境造成的风险。

**9.4.2**顶管机的选型应根据工程地质条件、水文地质条件、周边环境条件等因素综合确定。

**9.4.3**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，应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渣土改良方法；

**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，应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、地下和地上建筑物或构筑物较近时，应适当降低顶进速度；

**9** 当周边环境对土体变形有要求严格时，应进行土体变形监测，并应根据监测数据实时调整顶进参数。

**9.4.4**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，应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，泥水舱压力应保持在预设值以内；

**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**对顶管机内进水阀、排泥阀、旁通阀操作时，不得将所有的阀同时处于“关”的状态，并应符合下列规定：

1）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；

2）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，应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、地下和地上建筑物或构筑物较近时，应适当降低顶进速度；

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

**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/min～10mm/min；

**2** 正常掘进时，掘进速度宜控制在10mm/min～20mm/min；掘进时应不断调整掘进速度，优选掘进速度、正面土压力、出渣量的最佳匹配值；

**3** 土压平衡式顶管机土舱内的土压力值应按下列公式计算，并应控制在顶管机所处土层的主动土压力与被动土压力之间：

 （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，砂性土取0.25～0.33，黏性土取0.33～0.7；

——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）；

——土的内摩擦角（°）；

——土的黏聚力（kPa）。

**4**顶进时，对土舱内的控制土压力应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比水土压力高出0.01MPa～0.03MPa；

**6**应统计每节管节的出渣量，实际出渣量应与理论出渣量保持一致。

**9.4.6** 顶管始发掘进通过工作井始发加固区后应进行试验段掘进，试验段宜取距离始发井始发加固区不小于1倍顶管机长度，并通过现场实测数据调整施工参数和匹配关系。

**9.4.7** 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，并应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。

**9.4.8** 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。

**9.4.9** 掘进过程应连续进行，遇下列情况之一时，应暂停掘进、分析处理，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、中继间出现渗漏；

**8**地层、邻近建筑物或构筑物、管线等周围环境的变形量超出允许控制值。

**9.4.10** 当顶管施工穿跨建筑物、构筑物、轨道交通、铁路、公路、堤岸、重要地下管线及遇到地下障碍物等时，应符合下列规定：

**1**施工前应对穿越建筑物或构筑物地段进行详细调查，评估施工对建筑物、构筑物的影响，并应采取针对性地保护措施控制地层变形；

**2** 宜根据建筑物或构筑物基础与结构的类型、现状，按照设计要求采取地基加固或桩基托换措施；

**3** 应加强地表和建筑物或构筑物的变形监测，并应根据监测数据优化调整管节推进参数和同步注浆参数；

**4** 对施工引起的地表变形和周围环境的影响应进行实时监测，并应采取相应的安全保护措施，制定应急预案；

**5**穿越地铁、铁路、公路或其他设施时，除应符合本规程的有关规定外，尚应遵守相关行业对技术安全的有关规定；

**6**在遇到地下障碍物时，应在采取安全措施的条件下，先清除障碍物，然后再继续顶进，如遇特殊或紧急情况，应立即采取应变技术措施，并向有关部门汇报。

## 9.5注浆减阻

**9.5.1** 施工现场应修建泥浆池，并应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，施工期间泥浆应保持不失水、不沉淀、不固结；

**2**管道每节管节应设置触变泥浆管，压浆时可根据实际需要调整压泥浆管的间距；

**3** 触变泥浆应充分搅拌水化，泥浆搅拌完成后宜放置24h，膨润土泥浆应膨化24h；

**4**压浆压力宜控制在比地下水的水压力高出0.02MPa～0.04MPa，压力下降时应及时补浆；

**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减小管壁摩擦阻力的措施，宜采用向管外壁与土体间注入润滑泥浆的方式减阻。注浆减阻应符合下列规定：

**1** 注浆应选择优质的触变泥浆材料；

**2**矩形顶管上应预设压浆孔，压浆孔的设置应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**长距离顶管注浆时宜使用低压力、大流量，补浆时可使用高压力、小流量。

**9.5.4** 注浆浆液的选择应符合下列规定：

**1**触变泥浆适用于黏性土、粉质土和渗透系数不大于10-3cm/s的砂性土等地层中，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** 石蜡非亲水减阻剂可用于无地下水的硬土层；

**4** 沿海地质条件下宜使用抗盐膨润土。

**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要求；

**2**注浆泵宜选用活塞泵或螺杆泵；

**3**注浆管可分为主管和支管两种，应根据顶管长度和注浆孔位置酌情设置。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。管接头应拆卸方便且在工作压力下应无渗漏现象；

**4**每3节～5节管节应设一组补浆孔，每组补浆孔轴向间距宜为10m～25m，可按下式估算：

 （9.5.5）

式中：*L*m——补浆孔间距（m）；

*T*——触变泥浆失效期（d），取6d～10d；

*V*——平均掘进速度（m/d）。

**5** 注浆孔的布置应按顶管断面尺寸确定，每个断面可设置8个～10个注浆孔；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置注浆孔，中继间的注浆应与中继间启动同步，运行中应连续注浆；

**7**注浆前应检查注浆装置的水密性，注浆时压力应逐步升至控制压力；

**8**注浆遇有机械故障、管路堵塞、接头渗漏等情况时，应经处理后方可继续掘进。

**9.5.6** 触变泥浆的配合比，应结合顶管穿越地层的特性、地下水条件、触变泥浆的技术指标等因素确定，并应符合表9.5.6的规定。

**表9.5.6 触变泥浆技术指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 单位 | 技术要求 | 测试方法 |
| 动力粘度 | Pa•s | ＞30 | 旋转式粘度计测定 |
| 滤失量 | cm3/30min | ＜25 | 滤失量测定仪测定 |
| 比重 | g/cm3 | 1.1～1.15 | 泥浆比重计测定 |
| pH值 | — | 8～10 | pH试纸直接测定或取滤液用pH计测定 |
| 含砂量 | % | ＜3 | 含砂率计测定 |
| 稳定性 | — | 静止24h无析水 | 稳定性测定仪测定 |
| 静切力 | Pa | 100左右 | 浮筒切力计测定 |

**9.5.7** 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调整注浆流量和注浆压力等工艺参数。

**9.5.8**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 渣土改良

**9.6.1** 土压平衡顶管机在遇到中粗砂、砂卵石层等不良地层时，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黏土等作泥材料制成的浆液，并应符合下列规定：

**1**土质的渗透系数较大时，配置的泥浆应具有较大的粘度，C型粘度计值宜为8000cp～10000cp，比重宜为1.30～1.50；

**2** 泥浆的注入量宜为渣土体积15%～30%，应根据螺旋出土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**泥浆注入应有专人负责，注入压力、注入量、泥浆配比等数据应有详细的记录，并通过初始推进阶段试验以后确定注入压力、注入量、泥浆配比等施工参数。

**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，宜适当提高掘进速度，增大正面土压力；

**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，调整出渣量，逐渐减小机头正面土压力；

**3**顶进过程中应密切关注顶管机的土压力参数，并应随时掌握顶管机掌子面的压力数值。

**9.6.3** 渣土改良后的效果及作用应符合下列规定：

**1**渣土改良后的渣土应呈流塑状或膏状，并应平稳控制土压，开挖面地表不应出现大的隆起或沉降；

**2**渣土改良后应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、螺旋出土机的磨损；

**3**改良剂应加注到刀盘前方，切削土体应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应达到较好的流塑性，并可从螺旋机口顺利排出。

**9.6.4** 矩形土压平衡顶管机掌子面防结泥饼应采取下列措施：

**1**应在顶管机刀盘和胸板上加强高压喷嘴注浆；

**2**应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**应在机头前方适当加大渣土改良剂的用量；

**4**可适当调高刀盘转速。

**9.6.5** 矩形泥水平衡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，管内泥渣应全部排出；

**3**拆卸泥浆管时，应关闭顶管机泥水循环截止阀；

**4**应根据进排浆泵的泵送能力设置中继泵；

**5** 在粉细砂层掘进时，应增加循环泥浆的浓度，并应过滤掉粒径大于20mm的砂砾。

## 9.7测量和姿态控制

**9.7.1**顶管施工测量应建立地面与地下测量控制系统，并应符合下列规定：

**1** 控制点应设置在不易扰动、视线清楚、方便校核的位置，并应采取保护措施；

**2** 测量使用的仪器应检查校正，精度应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026的有关规定；

**3** 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。

**9.7.2**顶管定向测量应采用激光指向法，当定向测量存在困难时，应在管内设置测站，采用导线法转站测量。

**9.7.3**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。

**9.7.4**顶管施工的测量应符合下列规定：

**1**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、变形时应对基准点进行调整；

**2**掘进测量控制应符合下列规定：

1）矩形顶管机始发前应测定顶管机切口的轴线和标高，并应与洞口数

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，并应交清管道轨迹和纠偏措施；

3）在穿越道路时，应按设计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；掘进结束后应绘制施工过程和竣工后的地面变形图。

**3**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不小于10m应增加测量次数，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。

**4**长距离矩形顶管宜采用计算机辅助导线法进行测量；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。

**9.7.5**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。

**9.7.6**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，并应对测量控制基准点进行复核，发生偏差时应立即纠正；

**2**掘进结束后应全线复测、绘制管节掘进轨迹图，并应由施工技术人员检查复核。

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

**9.7.8**顶管掘进纠偏应符合下列规定：

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

**2**纠偏应在矩形顶管推进和刀盘旋转的过程中进行；

**3**应采用小角度纠偏方式，并应反复、多次进行纠偏操作；

**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。

**9.7.9**矩形顶管机防止扭转可采取下列措施：

1 通过主刀盘的正反转来调整机身扭转的姿态；

2 通过顶管机壳顶底板的预留孔向机壳外侧高压压注复合胶泥，提供反转力矩来调整机身扭转的姿态。

## 9.8监测与变形控制

**9.8.1** 矩形顶管施工监测应符合下列规定：

**1**施工监测的范围可分为地上和地下两部分。地上监测内容应包括地面沉降、隆起和临近建筑物的沉降、倾斜等，地下监测内容应包括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**施工监测等级的确定应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定，宜采用二级变形测量级别；

**3** 监测项目应符合下列规定：

1）顶管管节结构监测应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情况；

2）工作井支护结构宜采用目测巡视和监测相结合的方式，目测巡视应检查支护结构的成型质量、支护结构的裂缝、施工过程中洞口的涌土、涌砂等情况。此外，尚应对围护墙与工作井顶部的水平和竖向位移、支撑内力等项目进行监测，并应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497的有关规定；

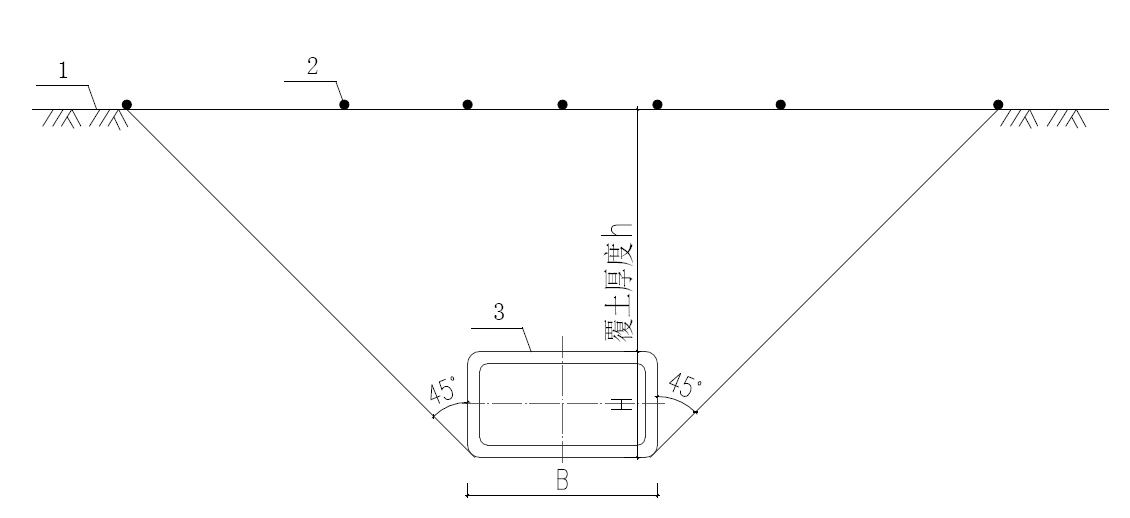
3）对顶管施工影响范围内的道路路面应进行水平位移、沉降和隆起监测，并应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026的有关规定；

4）对邻近建筑物或构筑物、堤岸及可能引起严重后果的其他重要设施应进行监测；

5）对地铁、地下重要管线等的监测应符合现行国家标准《[城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911](http://www.doc88.com/p-5806372025918.html" \t "_blank)、《工程测量规范》GB 50026的有关规定和相关专业要求。

**4** 监测点布设应符合下列规定：

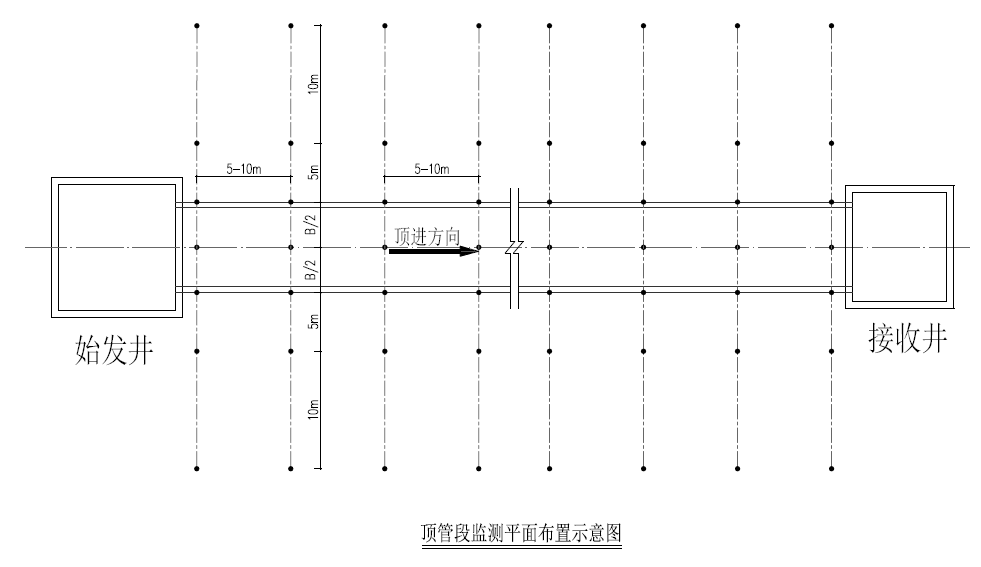
1）路面沉降监测点横向布设应沿顶管机刀盘掘进面的45º角切线延伸到地面的范围内进行布点，顶管中心及两侧的投影线与地面线的交点应各布设1个测点45º角延伸切线与地平线的交点应各布设1个测点，在两个测点中间应布设1个测点，不少于5点位一排监测点（图9.8.1-1）；

****

**图9.8.1-1 监测点横向布置示意图**

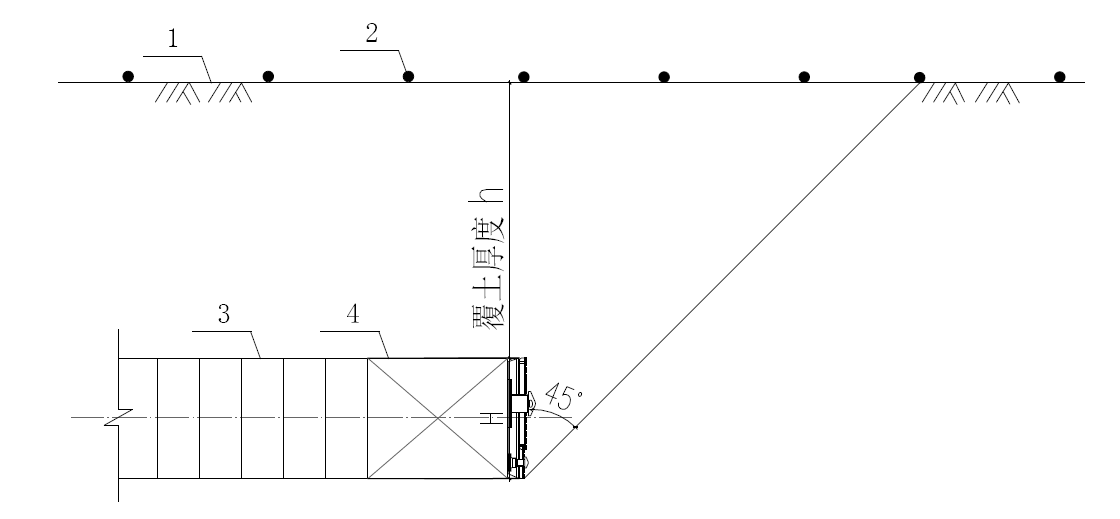
1—地面；2—监测点；3—顶管管节；

2）路面沉降监测点的纵向布设应沿顶管掘进方向在距离始发井1m布设一排深度为0.5m且进入原状土的监测点，并宜按5m~10m的间距依次往接收井方向布设；



**图9.8.1-2 监测点纵向布置示意图**

3）掘进施工时，应在顶管机的底部按45º角往前延伸线与监测点交汇时开始监测（**图9.8.1-3**）。



**图9.8.1-3 监测点布置示意图**

1—地面；2—监测点；3—顶管管节；4—顶管机

**5** 监测预警标准和预警等级应根据工程特点、监测项目控制值及当地施工经验等确定，同时应符合设计文件和现行国家标准《[城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911](http://www.doc88.com/p-5806372025918.html" \t "_blank)的有关规定。

**9.8.2** 监测点的监测频率应符合下列要求：

1顶管机刀盘前后10m-20m为重点监测段，监测次数不应少于每天2次。

2除重点监测段外的监测点，监测次数不应少于每天1次。

3 当地面、井壁结构或周边建筑（构）物出现裂缝、沉降或隆起，遇到降雨、降雪、气温骤变，工作井内或管节内出现异常的渗水或漏水等各种环境条件变化或异常情况时，应立即进行连续监测，直至连续三天的监测数值稳定。

4 当地面变形速率大于或等于前次监测的变形速率时，则应进行连续监测。

5 在监测数值稳定期间，尚应根据变形稳定值的大小及工程实际情况定期进行监测。

6顶管穿越地面建筑物、地铁隧道、铁路、桥梁、防汛墙、地下管线等重要构筑物时，应对构筑物及其周围土体进行变形监测，并提高监测频率，应符合相关专业要求。

**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**应进行实时监测和信息化施工，发生偏差时应立即纠偏并优化掘进的控制参数；

**2** 应采用同步注浆和补浆，填充管外壁与土体之间的施工间隙；

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

**4** 应保持开挖量与出渣量的平衡；

**5**应通过控制土压、水压平衡力来控制地面变形。

**9.8.4** 地面变形的控制应符合下列规定：

**1**顶管施工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**顶管施工地面变形限值应符合下列规定：

1）碾压式土石坝、堤岸变形量应控制在-30mm～+10mm；

2）道路的地面变形量应控制在-20mm～+10mm；

3）当顶管穿越铁路、地铁或其他对变形敏感的地下设施时，累计变形量应符合现行国家标准《[城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911](http://www.doc88.com/p-5806372025918.html" \t "_blank)的有关规定和工程设计要求。

**3**当监测数据达到变形限值的70%时，应立即报警并适时启动应急事故处理方案。

**9.8.5** 地面变形控制应采取下列措施：

**1**应根据监测数据实时调整注浆量与注浆压力；

**2**应严格遵守操作规程进行测量，并应避免大幅度纠偏；

**3**应严格控制出渣量，不得超出设计出渣量范围；

**4** 在掘进时，应加强地面变形监测并做好记录；

**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，应编制详细的拆机方案，并应与所有参与拆机、吊装的作业人员做技术交底。

**9.9.2** 顶管机拆卸场地及设备准备应符合下列规定：

**1**井下作业面应具有足够的作业空间，接收导轨应准确定位并牢靠固定，导轨不得出现错台、错缝、弯曲等现象，接收导轨整体轴线应与矩形顶管机轴线对齐；

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

**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，并应对各机械部件及电气、流体、液压管路做好标识；

**2**顶管机拆机应遵循由前向后、先上后下、先机械后液压电气的原则；

**3**拆除刀盘、螺旋出土机等系统后，顶管机各连接部位应清洁干净并涂抹防锈油；

**4**液压系统拆卸前应确定液压系统处于无压状态，拆除过程中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，并应安排专人看护。

**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、吊出的顺序应依次为刀盘、螺旋出土机、动力系统、前壳体上分体、前壳体下分体、中后壳体及其他部件；

**2**拆解完成后应立即装车，宜采用大型液压平板拖车转运，运输前应对运输线路进行实地考察。运输过程中，每个部件均应固定可靠，并应采取安全防护措施；

**3**顶管机在拆解过程中应做好零部件的保护性措施，拆除完成后应做好防腐防潮措施。

## 9.10质量控制

**Ⅰ 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文件和本规程第6章的有关规定。

检验方法：检查产品质量合格证明书、各项性能的检验报告，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。

检查数量：全数检查。

**9.10.2** 接口橡胶圈安装位置应正确，不得有位移、脱落现象；

检验方法：逐个接口观察。

检查数量：全数检查。

**9.10.3** 管节及接口应无破损、无裂缝；

检验方法：逐节观察。

检查数量：全数检查。

**9.10.4**矩形顶管的隧道应无水珠、滴漏、线流等明显渗水现象。

检验方法：逐节观察，按本规程表7.3.4执行。

检查数量：全数检查。

**Ⅱ 一般项目**

**9.10.5**管节接口允许偏差应符合表9.10.5的规定。

检验方法：量测。

检查数量：全数检查。

**表9.10.5管节接口允许偏差（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差 |
| 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）。

**9.10.6**管节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，管节接口嵌缝的厚度和表面粘结力的允许偏差尚应符合表9.10.6的规定。

检验方法：量测。

检查数量：全数检查。

**表9.10.6管节接口嵌缝的厚度和表面粘结力的允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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。

**9.10.7**矩形顶管的隧道轴线允许偏差应符合表9.10.7的规定。

检验方法：量测。

检查数量：全数检查，每节1点。

**表9.10.7矩形顶管的隧道轴线允许偏差（mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 顶进长度L  （m） | 顶管底面高程 | 平面 | 管节旋转 |
| <100 | ±50 | ±80 | ±80 |
| 100≤*L*≤*200* | ±80 | ±100 | ±80 |
| >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** 顶管施工前，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、分项工程和检验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，按照本规程附录B的规定依次填写检验批、分项工程、分部（子分部）工程的质量验收记录表，并应符合下列规定：

**1** 工程施工质量验收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规定的资格；

**4** 工程施工质量验收应在施工单位自检合格的基础上进行；

**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，应进行平行检测或见证取样检测；

**7** 检验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** 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** 检验批质量验收合格应符合下列规定：

**1** 主控项目的质量应经抽样检验合格；

**2** 一般项目中的允许偏差实测项目，抽样检验的合格率应达到80％及以上，且抽查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应合格，试块、试件检验应合格；

**4** 主要工程材料的质量保证资料及试验检测资料应齐全、正确，并应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** 分项工程所含的检验批质量验收应全部合格；

**2**  分项工程所含的检验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应全部合格；

**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、水压试验、严密性试验、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现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79和本规程有关质量控制方面的规定；

**4** 外观质量验收应满足本规程6.7节的有关规定。

**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）工程的质量验收应全部合格；

**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**  涉及隧道设备运行、隧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第9章的有关规定；

**5** 外观质量验收应符合本规程6.7节的有关规定。

**10.0.8** 工程质量验收不合格时，应按下列规定处理：

**1** 经返工重做的检验批，应重新进行验收；

**2** 经检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；

**3** 经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检验批，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，虽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** 检验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或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。单位工程由分包单位施工时，分包单位应对所承包的工程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，应由建设单位组织验收。施工、勘察、设计、监理等单位等有关负责人以及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可按现行国家标准《地下铁道工程施工标准》GB 51310的有关规定执行。

2 人行地道矩形顶管工程可按现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的有关规定执行。

3 车行隧道矩形顶管工程可按现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的有关规定执行。

# 附录B 质量验收记录

**B.0.1** 检验批的质量验收记录应由施工项目专业质量检查员填写，检验批应由专业监理工程师或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，并宜按表B.0.1记录。

**表B.0.1 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或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，并宜按表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，并宜按表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如下：

**1**）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

**2**）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

**3**）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

**4**）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

**引用标准名录**

1. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
2. 《岩土工程勘察设计规范》GB 50021
3. 《工程测量规范》GB 50026
4. 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
5. 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
6. 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
7. 《地下工程防水技术规范》GB 50108
8. 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141
9. 《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146
10. 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
11. 《地铁设计规范》GB 50157
12. 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
13. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
14. 《地下防水工程质量验收规范》GB 50208
15. 《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332
16. 《[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)
17. 《[城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911](http://www.doc88.com/p-5806372025918.html" \t "_blank)
18. 《沉井与气压沉箱施工规范》GB/T 51130
19. 《地下铁道工程施工标准》GB 51310
20. 《通用硅酸盐水泥》GB 175
21. 《硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定（裤形、直角形和新月形试样）》GB/T 529
22. 《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748
23. 《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1
24. 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
25. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
26. 《硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下》GB/T 7759.1
27. 《硫化橡胶或热塑性橡胶 耐臭氧龟裂 静态拉伸试验》GB/T 7762
28. 《混凝土外加剂》GB 8076
29. 《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836
30. 《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788
31. 《建设用砂》GB/T 14684
32. 《建设用碎石、卵石》GB/T 14685
33. 《硫化橡胶或热塑性橡胶 低温脆性的测定（多试样法）》GB/T 15256
34. 《不饱和橡胶中饱和橡胶的鉴定》GB/T 16583
35. 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
36. 《高分子防水材料 第3部分：遇水膨胀橡胶》GB/T 18173.3
37. 《硫铝酸盐水泥》GB 20472
38. 《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873
39. 《全断面隧道掘进机 土压平衡盾构机》GB/T 34651
40. 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1
41. 《城市道路工程设计规范》CJJ 37
42. 《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221
43. 《建筑变形测量规范》JGJ 8
44. 《混凝土用水标准》JGJ 63
45. 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
46. 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
47. 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
48. 《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199
49. 《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482
50. 《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》JC/T 540
51. 《预制混凝土箱涵》JC∕T 2456
52. 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1
53. 《铁路桥涵设计规范》TB 10002
54. 《铁路隧道设计规范》TB 10003
55. 《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》CECS 137

**广东省地方标准**

**矩形顶管工程技术规程**

**DBJ XXX—202\***

# 条文说明

**目 次**

[1 总 则 85](#_Toc60172942)

[3 基本规定 88](#_Toc60172943)

[4 工程勘察 89](#_Toc60172944)

[4.1 一般规定 89](#_Toc60172945)

[5 顶管设计 90](#_Toc60172946)

[5.1 一般规定 90](#_Toc60172947)

[5.2 顶管管位设计 90](#_Toc60172948)

[5.3 作用 90](#_Toc60172949)

[5.5 管节构造设计 91](#_Toc60172950)

[5.6 顶管总顶力计算与中继间设置原则 91](#_Toc60172951)

[5.7 工作井设计 91](#_Toc60172952)

[6 管节制作 93](#_Toc60172953)

[6.1 一般规定 93](#_Toc60172954)

[6.3 接头构造 93](#_Toc60172955)

[6.4 管节防腐 93](#_Toc60172956)

[6.6 管节标识、堆放、吊装和运输 93](#_Toc60172957)

[7 工作井施工 94](#_Toc60172958)

[7.1 一般规定 94](#_Toc60172959)

[7.2 土体加固 95](#_Toc60172960)

[8 顶管设备及安装 96](#_Toc60172961)

[8.2 矩形顶管机设计与选型 96](#_Toc60172962)

[8.4 导轨选择与安装 97](#_Toc60172963)

[8.5 顶管机安装和调试 97](#_Toc60172964)

[8.9 顶管辅助施工与设备 97](#_Toc60172965)

[9 顶进施工 98](#_Toc60172966)

[9.2 施工组织设计 98](#_Toc60172967)

[9.3 顶管始发与接收 98](#_Toc60172968)

[9.4 顶管掘进 99](#_Toc60172969)

[9.5 注浆减阻 99](#_Toc60172970)

[9.6 渣土改良 101](#_Toc60172971)

[9.7 测量和姿态控制 101](#_Toc60172972)

[9.8 监测与变形控制 102](#_Toc60172973)

[9.9 顶管机拆解与吊出 102](#_Toc60172974)

# 1 总 则

**1.0.1** 目前广东省主要矩形顶管工程项目：

**表1 广东省主要矩形顶管工程项目列表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 地区 | 工程名称 | | 截面尺寸（mxm） | 顶程(m) | 顶管机 | 用途 | | 地层 |
| 2009 | 广州 | 广州地铁六号线东湖站Ⅱ号出入口过街通道 | | 6.9×4.2 | 64.5 | 土压平衡式矩形顶管机 | 地铁站出入口 | | 粉细砂层 |
| 2011 | 佛山 | 广佛地铁桂城站南桂站市政过街隧道矩形顶管工程 | | 6×4.3 | 43.5、75 | 泥水平衡顶管机曲轴刀盘 | 地铁站出入口 | | 粉质黏土 |
| 2012 | 佛山 | 佛山市南海区桂城站过街通道工程 | | 6.0×4.3 | 43.5 | 泥水平衡顶管机 | 过街通道 | | 淤泥质土 |
| 2013 | 广州 | 广州文化公园地铁站V号出入口矩形顶管 | | 6.0\*4.3 | 48.9 | 泥水平衡顶管机曲轴刀盘 | 过街通道 | | 粉质黏土 |
| 2014 | 广州 | 广州五号线科韵路III号出入口通道 | | 6.0×4.3 | 49.6 | 泥水平衡顶管机曲轴刀盘 | 地铁出入口 | | 细砂，中粗砂 |
| 2016 | 深圳 | 深圳地铁9号线上沙-下沙地下人行过街通道工程A段B段 | | 7.7m×4.3m | A段133.5 B段81 | 多刀盘组合式矩形土压平衡顶管机 | 地下人行通道 | | 淤泥质黏土、中砂、砾砂 |
| 2016 | 深圳 | | 深圳华为产品研发园地下通道 | 7.7×4.5 | 52.3 | 泥水平衡顶管机1大加两曲轴刀盘 | | 过街通道 |  |
| 2016 | 深圳 | | 深圳地铁9号线地铁下沙站出入口及下沙过街通道 | 7.7×4.3 | 133.5、81、45 | 土压平衡平行轴多刀盘 | | 地铁出入口 |  |
| 2016 | 广州 | | 广州地铁６号线２期龙洞站出入口 | 6.02×4.32 | 29 | 土压平衡平行轴多刀盘 | | 地铁出入口 | 粉细砂、砂质黏土 |
| 2017 | 广州 | | 广州地铁增城广场站出入口顶管工程 | 6.0×4.3 | 9 段，共 400m | 土压平衡多刀盘顶管机 | | 地铁出入口 | 黏土、淤泥质黏土 |
| 2017 | 广州 | | 广州机场南站~机场北站区间线路 | 7.0×6.43 | 101 | 矩形土压平衡顶管机 | | 地铁区间段 | 冲积-洪积粉细砂层、砾砂层、土层 |
| 2018 | 广州 | | 广州地铁后续项目北京路站A出入口顶管工程 | 6.0×4.3 | 42.26 | 土压平衡多刀盘顶管机 | | 地铁出入口 | 淤泥质土 |
| 2018 | 广州 | | 广州地铁 14 号线支线施工6标顶管工程 | 6.0×4.3 | 22 | 土压平衡多刀盘顶管机 | | 地铁出入口 | 粗砂 |
| 2018 | 深圳 | | 深圳地铁9号线下沙站矩形顶管工程C口，D口 | 7.7×4.5 | 28.2，37.7 | 土压平衡矩形顶管机 | | 地铁出入口 |  |
| 2018 | 广州 | | 广州地铁21号线天河公园站矩形顶管工程 | 6.0×4.3 | 90 | 土压平衡矩形顶管机 | | 地铁出入口 |  |
| 2018 | 广州 | | 广州地铁21号线施工2标增城广场站附属出入口工程 | 6×4.3 | 9段400 | 土压平衡矩形顶管机 | | 地铁出入口 |  |
| 2019 | 深圳 | | 深圳地铁6号线二期6111标三工区过街顶管工程 | 7.7×4.3 | 2段，共104m | 土压平衡多刀盘顶管机 | | 人行通道 | 黏土 |
| 2019 | 深圳 | | 深圳华为大断面矩形顶管地下通道工程 | 10.2×6.6、8.1×4.9 | 138.3、61.2、143.9、85.6、46.6 | 土压平衡 | | 人行通道 | 素填土，局部为砾质粘性土。 |
| 2019 | 广州 | | 广花一级公路地下综合管廊及道路快捷化改造配套工程项目 | 8.7×5.5 | 206,225,168 | 泥水平衡顶管 | | 综合管廊 | 粉质粘土和粗、砾砂，局部存在淤泥质粉质粘土和粉、细砂 |
| 2019 | 广州 | | 广州市轨道交通二、八号线延长线工程施工14标段 | 6.02×4.32 | 30.88、33.83、35.85 | 土压平衡顶管机六刀盘 | | 站厅层横通道 | 淤泥质土、中粗砂层、全风化泥质粉砂岩 |
| 2019 | 深圳 | | 深圳城市轨道交通9号线二期（9号线西延线）9怡海大道站（地下通道工程项目） | 7.1×4.7 | 85.5 | 土压平衡顶管机 | | 人行通道 | 砂质粘性土 |
| 2015 | 深圳 | | 深圳11301标车公庙综合枢纽 | 6.9×4.65 | 58.5+82+128.5+60 | 土压平衡顶管机 | | 人行通道 | 杂填土、淤质粘土 |
| 2020 | 深圳 | | 深圳11301标车公庙综合枢纽 | 6.9×4.65 | 85+136 | 土压平衡顶管机 | | 人行通道 |  |
| 2020 | 深圳 | | 深圳华为坂雪岗科技城片区人行通道顶管工程 | 10.2×6.6+8.1×4.9 | 4段，共429m | 土压平衡多刀盘顶管机 | | 人行通道 | 砾质黏土、素填土 |
| 2020 | 深圳 | | 深圳华为坂田D-H人行通道顶管工程 | 8.1×4.9 | 49.6 | 土压平衡多刀盘顶管机 | | 人行通道 | 砾质黏土 |
| 2020 | 深圳 | | 深圳地铁深外高中站B出入口顶管工程 | 6.9×4.9 | 75 | 土压平衡多刀盘顶管机 | | 地铁出入口 | 残积土、砾质黏土 |
| 2020 | 广州 | | 广州南沙新区综合管廊下穿东新高速顶管工程 | 9.1×5.5 | 2段，共368.2m | 土压平衡多刀盘顶管机 | | 综合管廊 | 淤泥质土 |
| 在建 | 珠海 | | 珠海环屏路工程施工项目 | 10.4×7.55 | 2\*188 | 土压平衡顶管机 | | 人行通道 | 粗砂、砂质粘性土 |

**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，在市政、公路、轨道交通、铁路工程中应用愈发广泛。目前矩形顶管工程结构主要为钢筋混凝土结构，外包钢壳的结构也逐渐成为研究重点；顶管机主要包括土压平衡式顶管机与泥水平衡式顶管机。广东省横断面积大于20m2的矩形钢筋混凝土顶管工程实践案例丰富，本规程在此基础上进行了归纳总结。类矩形顶管工程可参照本规程执行。

# 3 基本规定

**3.0.4** 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。平均渗水量不应大于0.05L/（m2·d），任意1000m2防水面积上的渗水量不应大于0.15L/（m2·d）

**3.0.7** 矩形顶管设备应按照现行国家有关标准验收合格。

# 4 工程勘察

## 4.1 一般规定

**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，需要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。

# [5 顶管设计](#_Toc31145)

## 5.1 一般规定

**5.1.3** 承载能力极限状态计算：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）；

正常使用极限状态验算：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** 顶管工程结构设计与计算可分为施工阶段和使用阶段，本条规定了顶管工程结构使用阶段的设计与计算，其中包括构件截面计算、构造设计和地基基础设计等。根据不同应用行业，执行相关行业的现行标准。

## 5.2 顶管管位设计

**5.2.1** 顶管作业的工程影响分区可参考现行行业标准《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202中盾构法的相关内容，其中b为顶管隧道的毛洞宽度。对在强烈影响区和显著影响区内的既有建构筑物设计单位应提出有针对性的保护措施和方案，避免因顶管作业影响既有建构筑物的结构安全和正常使用。对在一般影响区内的普通既有建构筑物，如无特别保护要求，可采取加强监测、跟踪注浆的措施进行保护。

**5.2.2** 当顶管管位无法选择时，可对此系列地层采取相应的处置措施。

**5.2.4** 本条规定了顶管工程施工时管顶覆土层的最小厚度，而当最小覆土不满足此规定时需要做专项论证。

## 5.3 作用

**5.3.4** 本条规定了作用在矩形管节上的侧向土压力标准值在施工阶段和运维阶段下的计算方法，计算可根据所在地层的不同分为水土分算和水土合算。水土分算是指按有效应力原理，水与土传递的压力分开计算，结构面上侧向总压力等于土传递的压力加上水压力。水土合算是指将水和土传递的压力看做同一分析对象，结构面上侧向总压力等于土压力。

## 5.5 管节构造设计

**5.5.1** 本条对管节最外层钢筋的混凝土保护层厚度做出了规定，确定原则需要考虑两点：一是工程安全等级；二是管节在不同环境下（直接与水接触和不直接与水接触）。

## 5.6 顶管总顶力计算与中继间设置原则

**5.6.2** 顶管施工基本采用压力平衡式顶管机（土压平衡或泥水平衡），为了保证顶管机开挖面的土体稳定，需要保证顶管机端面压力与地层土压力值平衡，可以根据这个平衡关系确定迎面阻力的大小，则得出泥水、土压平衡式顶管机的迎面阻力计算公式。

**5.6.6** 矩形管节断面较大，在工程施工过程中需采用触变泥浆减阻，在矩形顶管外侧形成稳定泥浆套时，管节与土体接触面的摩阻力要结合地区经验取值，本规程表5.6.3给出了混凝土、钢与不同土质在顶管外侧形成稳定泥浆套的接触面摩阻力参考值。

## 5.7 工作井设计

**5.7.2** 始发井可为圆形或矩形，由于矩形顶管工程断面较大，为便于设备安装和始发井空间有效利用，目前矩形顶管工程工作井主要采用矩形。矩形工作井按结构又可分为整体式沉井类型和基坑型。由于矩形顶管断面大，需要总顶力大，要求对始发井后背土体允许最大顶力进行验算，不满足要求时，应对土体进行加固设计或增设反力地下结构。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。

始发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，沉井井体也会因此倾覆。

**5.7.8** 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。

**5.7.11** 计算按照行业标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002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；本规程为=1。

——混凝土轴心抗拉强度设计值（kPa）；

——截面有效高度（m）；

——临界截面的周长（m）。

# [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)

**6.1.2** 本条对管节生产试制提出要求。在管节生产试制过程中应严格按照管节的设计及工艺要求进行生产，并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。

## [6.3](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

**6.3.1** 本条中管节之间的接口防水包括四种密封形式，如本规程图6.3.1-2所示。其中：图（a）常用于管节之间钢承口与混凝土之间的防水，图（b）的聚氨酯密封胶条主要应用于钢承口和混凝土之间的第二道防水，图（c）的聚氨酯密封胶条主要应用于管节拼装完毕最后一道防水，图（d）主要应用于钢承口和混凝土之间的第一道防水。

## [6.4](file:///C:\\Users\\xy155\\Desktop\\矩形顶管工程技术规程2019.3.22.docx" \l "_Toc8623) 管节防腐

**6.4.2** 管节外壁防腐一般在厂内完成，对内壁防腐一般对侧壁上部厂内完成，侧壁下部及管节底部容易受到施工损坏，一般在顶管施工完成后补充防腐施工。

## 6.6 管节标识、堆放、吊装和运输

**6.6.2**  本条第3款的目的是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。

**6.6.4** 本条第2款的目的是避免管节由于惯性而滑动、滚落，造成安全事故。

# [7 工作井施工](#_Toc30255)

## 7.1 一般规定

**7.1.1～7.1.4** 工作井围护结构需要根据工程水文地质条件、邻近建筑物或构筑物、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。

不同围护结构形式下工作井的适用条件见表2。

**表2 不同围护结构形式下工作井的适用条件**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工作井型式 | 适用井深/m | 优点 | 缺点 | 适用条件 | 制约因素 |
| 型钢水泥土搅拌（桩）墙 | ≤10 | 刚度较大、构造简单、施工简便、对周围环境影响小、造价和工期适中 | 需要专用大型设备和对施工场地要求高 | 适用于人工顶管和短距离机顶 | 需要专用施工机具和专业施工队伍，在较深工作井应用有限 |
| 沉井 | ≤15 | 井壁刚度和强度大，安全系数大；开挖深度大；地质条件不确定因素影响小。 | 工程造价高，工期较长；对周围建筑物或构筑物影响较大。 | 适用于埋置深度较深、顶力较大，松散土层或饱和土层内，有流砂且地下水又比较丰富；周边建筑物或构筑物少的机械顶管。 | 在土质坚硬密实或含有漂石、岩层和地下管线的地区施工困难；常需要特殊大型挖掘设备。 |
| 灌注桩（排桩） | ≤15 | 施工时无振动、无噪音等环境公害，无挤土现象，对周围环境影响小；墙身强度高，刚度大，支护稳定性好，变形小 | 需根据工程条件采取措施解决挡水问题，需通过冠梁和围檩解决整体性差的问题。 | 适用于靠近地下管线、建构、筑物，地质条件较差的软土和砂土地区，但由于工程造价较高，工期较长，应用时需要特别慎重 | 需要专用施工机具和专业施工队伍，造价昂贵，占用场地大，砂土地区慎用。 |
| 咬合桩 | ≤15 | 施工较为安全、快捷；对沉降及变形容易控制；桩间紧密咬合，整体防水效果好；施工噪音低、无震动、无泥浆污染 | 桩径受限制，不宜用于软土地区，施工工期长，造价偏高 | 适用于除岩层以外的土质地层，但在孤石、泥岩层或在软岩地层中成孔时效率会显著降低，对于含大于套管内径1/3的填石不均匀地层慎用 | 机械设备体积较大，狭窄场地施展不开；工地边界到边桩中心的距离也要求较大； |
| 钢板桩围护 | ≤8 | 施工简单，施工速度快，造价低 | 刚度小，变形大，对周围 环境影响大，基坑止水比较困难（除拉森钢板桩外），安全系数低。 | 适用于埋置深度较浅，地下水位较低，顶力较小的普通顶管，拉森钢板桩法适用土质软且需止水防流砂情况。 | 需要专用施工机具和专业施工队伍，在土质坚硬密实或含有漂石、岩层和地下管线的地区施工困难；当土质为流砂与淤泥层，打拔钢板桩的过程中会扰动土层 |
| 地下连续墙 | ≤25 | 墙身刚度和强度大，整体性好，防渗能力强，对周围环境影响小。 | 施工工艺复杂，施工工期长，有环境污染，造价昂贵，穿墙管设置比较困难。 | 适用于周边建筑物或构筑物较多、离房屋较近，且覆土比较深时；长距离或超长距离的顶管；沉井困难或者无法施工时。 | 需要专用施工机具和专业施工队伍，造价昂贵，占用场地大，砂土地区慎用。 |

**7.1.5** 本条对穿墙洞止水装置的设置进行了规定，所提及盘根止水穿墙管适用于透水层（包括砂土、粉土和砾石）、地下水压力大于0.08MPa以及穿墙管兼作释放管道温度应力伸缩结构的情况。橡胶止水穿墙管适用于渗透系数小的黏性土层以及地下水压力小于或等于0.08MPa的情况。

**4** 对于顶管结束后，永久性工作井上的橡胶止水穿墙管应改造成永久性柔性堵头。管道与穿墙管间隙封填材料可根据工作井围护结构的不同进行选用：a、沉井穿墙管可采用砖砌体或低强度水泥土；b、地下连续墙穿墙管可采用低强度水泥土或钢板。

## 7.2 土体加固

**7.2.1** 顶管洞口加固需要综合考虑地质条件、工程水文条件、周边环境以及工程造价等，选用不同的加固方式。

**7.2.2** 洞口土体采取加固措施的主要目的是：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；所以在顶管穿墙前应确保洞口土体加固的有效性。

洞口土体加固可参照现行行业标准《高压喷射注浆施工技术规范》HG/T 20691、《注浆技术规程》YS/T 5211、《建筑工程水泥-水玻璃双液注浆技术规程》JGJ/T 211、《建筑地基工程施工质量验收标准》GB 50202等确定检测方法。

# 8 顶管设备及安装

## 8.2 矩形顶管机设计与选型

**8.2.1** 本条对矩形顶管机设计作出了规定。

**2** 对矩形顶管机工作环境的规定中，若采取加热、降温、除湿等辅助措施，适应的环境范围可适当放宽。

**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（图1）和矩形泥水平衡顶管机（图2），具体选型可通过专家会确定。



**图1 矩形土压平衡顶管机结构示意图**

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2 矩形泥水平衡顶管机结构示意图**

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。

**8.2.5** 本条对排渣系统选型与设计进行了规定。

**2** 矩形土压平衡顶管机螺旋输送机的选用需要考虑地质条件的影响，一般而言，软土地层选用有轴的输送机，砾石层视砾石粒径大小选用有轴式或带式的螺旋输送机。

**8.2.6** 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。

**8.2.7** 带压进仓作业包括刀具更换、土仓异物处理等。

## 8.4 导轨选择与安装

**8.4.1** 始发导轨推荐采用整轨，以避免轨道接口不平，错台影响顶管机、管节正常顶进。

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

**8.4.6** 为防止顶管机进洞栽头，可在拟合线路始发的基础上整体抬高0～20mm进行始发。

## 8.5 顶管机安装和调试

**8.5.5** 设置限位装置的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。

**8.5.7** 本条规定顶管机主机组装工作遵循由前向后、先下后上、先机械后液压电气考虑以下几点原则：

**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。

## 8.9 顶管辅助施工与设备

**8.9.3** 本条第1款的目的是用以调整垂直和水平的轴线偏差。

# 9 顶进施工

## 9.2 施工组织设计

**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。

**6** 顶管设备的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。

## 9.3 顶管始发与接收

**9.3.1** 本条对顶管洞口的施工作出了规定。

**4** 工作井洞口设置止水装置的目的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越始发洞口进入加固土体，止住渗漏。顶管机与洞门的间隙及时封堵，主要是为了防止管道移动和管节端头的位移，同时也可防止地下水的浸入和顶进施工时泥浆外漏，止水装置一般采用帘布橡胶板止水。

**9.3.4** 加固区顶进时，因刀盘转速一般宜为1—1.5r/min，为使刀盘转动有效切削加固土体和搅拌改良切削下来的土体，同时盲区位置的三角锥和齿刀切削加固土体时速度慢刀具不易损坏，根据施工经验顶进速度一般控制在2-3mm/min。

正常顶进时，应使刀盘转速、土体改良搅拌时间、螺旋出土器的出土速度三者相匹配，根据施工经验一般控制在10-20mm/min，实际顶进时还应根据顶管覆土深度，掌子面水土压力，地质变化，地面沉降变化等因素做适当的调整。

**9.3.5** 本条对顶管接收作出了规定。

**5** 水下接收是指在接收井内回填水，接收时矩形顶管机进入接收井回填的水中。一般情况下，为减少回填水的工作量，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压力和抗渗的性能要求。水下接收需要计算顶管机和隧道的抗浮安全性，同时加强顶管机姿态的测量工作。

## 9.4 顶管掘进

**9.4.4~9.4.5** 本条对顶管掘进进行了规定。

**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** 顶管正常掘进确定掘进速度、正面土压力与出渣量的最佳匹配值，以取保控制开挖量与出渣量的平衡。

**3** 控制土舱内压力的方法有以下三种：

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。

加固区顶进时，因刀盘转速一般宜为1r/min~1.5r/min，为使刀盘转动有效切削加固土体和搅拌改良切削下来的土体，同时盲区位置的三角锥和齿刀切削加固土体时速度慢刀具不易损坏，根据施工经验顶进速度一般控制在2mm/min~3mm/min。

正常顶进时，应使刀盘转速、土体改良搅拌时间、螺旋出土器的出土速度三者相匹配，根据施工经验一般控制在10mm/min~20mm/min，实际顶进时还应根据顶管覆土深度，掌子面水土压力，地质变化，地面沉降变化等因素做适当的调整。

## 9.5 注浆减阻

**9.5.2**注浆压力可按下列公式计算，并应取各计算值的最大值：

 （2）

 （3）

 （4）

 （5）

(管顶存在卸力拱时) （6）

(管顶存在卸力拱时） （7）

式中：——泥浆套顶部的水压力和主动土压力（kPa）；

——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）；

——土的内摩擦角（°）；

——卸力拱的高度（m）；

——土的黏聚力（kPa）。

**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，实际效果可以通过掘进力降低程度来验证。

**4** 在掘进过程中要经常检查各掘进段的浆液形成情况，以便及时补浆形成完整的泥浆套。

**5** 注浆设备应可靠，在注浆孔中设置1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。

**9.5.5** 本条对触变泥浆注浆系统作出了规定。

**1** 注浆装置容积计算建议按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，注浆结束后需要对注浆孔进行密封。

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节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** 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

**9.5.8** 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，需要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。

## 9.6 渣土改良

**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，通过注浆对土体进行改良，可以控制开挖量与出渣量的平衡，加快掘进速度。

渣土改良作泥材料配比宜为：膨润土98kg、黏土392kg、水892kg。

## 9.7 测量和姿态控制

**9.7.6** 顶管机的姿态包括顶管机轴线空间位置、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。

**9.7.9** 为防止顶管机头扭转可遵循以下原则：

**1** 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** 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。

## 9.8 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、周边建筑物或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。

监测点布置需考虑顶管长度和断面大小及覆土厚度，一般纵向间距不大于20m，横向间距不大于10m。如遇下穿地下管线，监测点应在管线正上方布设且纵线间距适当加密。浅覆土顶管施工，监测点宜在距离顶管机前方10~20m范围开始监测。

**9.8.3** 顶管在路面下掘进，不可避免的会造成土体扰动变形。如果掘进中出现超量出泥的情况，路面一般不会立刻下沉，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。

## 9.9 顶管机拆解与吊出

**9.9.3** 本条根据常规顶管机拆机的要求作出了几点规定，顶管机拆机过程中需要保证顶管机各连接部件清洁并按照合理顺利依次拆除，确保整个拆机过程的安全。

**9.9.5** 矩形顶管机的拆解与吊出需要根据场地大小、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。