DB

北京市地方标准

编 号：DB11/T xxxx**-**20xx

 备案号：Jxxxx**-**20xx

城市轨道交通工程矩形顶管施工与质量验收规范

**Standard for construction and quality acceptance for rectangular pipe jacking of urban rail transit engineering**

**20\*\*-\*\*-\*\***发布 **20\*\*-\*\*-\*\***实施

北京市住房和城乡建设委员会

联合发布

北 京 市 市 场 监 督 管 理 局

北京市地方标准

城市轨道交通工程矩形顶管施工与质量验收规范

**Standard for construction and quality acceptance for rectangular pipe jacking of urban rail transit engineering**

编 号：DB11/T \*\*\*\*

备案号：J\*\***-**202\*

主编单位：北京市政建设集团有限责任公司

 北京城建轨道交通建设工程有限公司

中铁二十二局集团有限公司

批准部门：北京市市场监督管理局

施行日期：20\*\*年\*月\*日

20\*\* 北 京

前 言

根据北京市市场监督管理局《2024年北京市地方标准制定项目计划》（京市监发〔2024〕4号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：1总则；2术语；3基本规定；4施工准备；5顶进施工；6特殊工况顶管施工；7质量检验与验收。

本标准由北京市住房和城乡建设委员会和北京市市场监督管理局共同管理，北京市住房和城乡建设委员会归口、组织实施，并负责组织编制单位对具体技术内容进行解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送北京市政建设集团有限责任公司（地址：北京市海淀区昌运宫17号市政大厦；邮政编码：100089；电话：010-68778088；电子邮箱：bjszjzb@126.com）。

本标准主编单位：北京市政建设集团有限责任公司

 北京城建轨道交通建设工程有限公司

中铁二十二局集团有限公司

本标准参编单位：北京市轨道交通建设管理有限公司

北京市建设工程安全质量监督总站

北京市市政四建设工程有限责任公司

北京住总集团有限责任公司

北京城建设计发展集团股份有限公司

广州金土岩土工程技术有限公司

本标准主要起草人员：xxx xxx x x x x

本标准主要审查人员：xxx xxx x x x x

目 次

[1 总 则 1](#_Toc188612048)

[2 术 语 2](#_Toc188612049)

[3 基本规定 3](#_Toc188612050)

[4 施工准备 4](#_Toc188612051)

[4.1 一般规定 4](#_Toc188612052)

[4.2 前期调查 4](#_Toc188612053)

[4.3 技术准备 4](#_Toc188612054)

[4.4 顶管机选型与配置 4](#_Toc188612055)

[4.5 工作井 5](#_Toc188612056)

[4.6 顶力、后背计算 6](#_Toc188612057)

[4.7 顶管机组装与调试 7](#_Toc188612058)

[4.8 辅助设备设施 8](#_Toc188612059)

[5 顶进施工 9](#_Toc188612061)

[5.1 一般规定 9](#_Toc188612062)

[5.2 始发与接收 9](#_Toc188612063)

[5.3 顶 进 10](#_Toc188612064)

[5.4 管节安装 10](#_Toc188612065)

[5.5 注浆减阻 10](#_Toc188612066)

[5.6 浓泥注入 11](#_Toc188612067)

[5.7 纠 偏 11](#_Toc188612068)

[5.8 渣土改良 12](#_Toc188612069)

[5.9 泥浆置换 12](#_Toc188612070)

[5.10 中继间设置 12](#_Toc188612071)

[5.11 结构防水 12](#_Toc188612072)

[5.12 施工运输 13](#_Toc188612073)

[5.13 顶管机拆解与吊出 14](#_Toc188612074)

[5.14 施工测量 14](#_Toc188612075)

[5.15 监控量测 14](#_Toc188612076)

[5.16 通风、供电与照明 15](#_Toc188612077)

[5.17 施工安全与环境保护 15](#_Toc188612078)

[6 特殊工况施工 17](#_Toc188612079)

[6.1 一般规定 17](#_Toc188612080)

[6.2 利用车站结构始发、接收 17](#_Toc188612081)

[6.3 工作井长度不足 17](#_Toc188612082)

[6.4 弃壳 17](#_Toc188612083)

[6.5 钢套筒接收及过井 18](#_Toc188612084)

[6.6 浅覆土 18](#_Toc188612085)

[6.7 穿越特、一级风险源 19](#_Toc188612086)

[7 质量检验与验收 20](#_Toc188612087)

[7.1 一般规定 20](#_Toc188612088)

[7.2 管节现场质量检验 20](#_Toc188612089)

[7.3 工作井质量检验 21](#_Toc188612090)

[7.4 防水质量检验 21](#_Toc188612091)

[7.5 成型结构质量验收 22](#_Toc188612092)

[附录A 矩形顶管分部、分项工程和检验批划分表 24](#_Toc188612093)

[附录B 施工记录 26](#_Toc188612094)

[本标准用词说明 28](#_Toc188612095)

[引用标准名录 29](#_Toc188612096)

附：[条文说明 30](#_Toc188612098)

**Contents**

[1 General provisions 1](#_Toc185236570)

[2 Terms 2](#_Toc185236571)

[3 Basic regulations 3](#_Toc185236572)

[4 Construction preparation 4](#_Toc185236573)

[4.1 General requirements 4](#_Toc185236574)

[4.2 Preliminary investigation 4](#_Toc185236575)

[4.3 Technical preparation 4](#_Toc185236576)

[4.4 Tube jacking machine selection and configuration 4](#_Toc185236577)

[4.5 Working welll 5](#_Toc185236578)

[4.6 Jacking force and reaction base calculation 6](#_Toc185236579)

[4.7 Assembly and debugging of rectangular pipe jacking machine 7](#_Toc185236580)

[4.8 Auxiliary facilities 8](#_Toc185236581)

[5 Jacking construction 9](#_Toc185236582)

[5.1 General requirements 9](#_Toc185236583)

[5.2 Originating and receiving 9](#_Toc185236584)

[5.3 Jacking 10](#_Toc185236585)

[5.4 Section installation 10](#_Toc185236586)

[5.5 Grouting to reduce drag 10](#_Toc185236587)

[5.6 Mud injection 11](#_Toc185236588)

[5.7 Correction of deviation 11](#_Toc185236589)

[5.8 Soil improvement 12](#_Toc185236590)

[5.9 Mud displacement 12](#_Toc185236591)

[5.10 Intertrunk setting 12](#_Toc185236592)

[5.11 Structural waterproofing 12](#_Toc185236593)

[5.12 Construction transportation 13](#_Toc185236594)

[5.13 Pipe jacking machine disassembly and lifting 14](#_Toc185236595)

[5.14 Construction survey 14](#_Toc185236596)

[5.15 Monitoring measurement 14](#_Toc185236596)

[5.16 Ventilation, power and lighting 15](#_Toc185236597)

[5.17 Construction safety and environmental protection 15](#_Toc185236598)

[6 Rectangular pipe jacking construction under special working conditions 17](#_Toc185236599)

[6.1 General requirements 17](#_Toc185236600)

[6.2 Use the station structure to start and receive 17](#_Toc185236601)

[6.3 Insufficient working or receiving well length 17](#_Toc185236602)

[6.4 Abandoned shell 17](#_Toc185236603)

[6.5 Steel sleeve receives and passes through well 18](#_Toc185236604)

[6.6 Shallow soil cover construction 18](#_Toc185236605)

[6.7 Crossing special, a level 1 risk source 18](#_Toc185236605)

[7 Quality inspection and acceptance 20](#_Toc185236606)

[7.1 General requirements 20](#_Toc185236607)

[7.2 Pipe section site quality inspection 20](#_Toc185236608)

[7.3 Working well and receiving well quality inspection 21](#_Toc185236609)

[7.4 Waterproof quality inspection 21](#_Toc185236610)

[7.5 Quality acceptance of formed structures 22](#_Toc185236612)

[Appendix A Divison, sub-divisional and inspection batches work table of rectangular pipe jacking 24](#_Toc185236613)

[Appendix B Construction record 26](#_Toc185236614)

[Explanation of wording in this standard 28](#_Toc185236615)

[List of quoted standards 29](#_Toc185236616)

[Addition: explanation of provisions 30](#_Toc185236618)

**1 总 则**

**1.0.1** 为规范城市轨道交通工程矩形顶管施工，统一技术要求与验收标准，保证施工质量和安全，做到技术先进、安全可靠、经济合理、绿色环保，制定本标准。

**1.0.2**  本标准适用于北京市行政区域内城市轨道交通工程土压平衡矩形顶管施工与质量验收。

**1.0.3**  城市轨道交通工程矩形顶管施工与质量验收除应符合本标准外，尚应符合国家及北京市现行有关标准的规定。

**2 术 语**

**2.0.1**  矩形顶管施工 rectangular pipe jacking construction

采用矩形顶管机边切削、边排土、边顶进，将预制管节逐段向前推进，形成地下空间的非开挖施工。

**2.0.2** 工作井 workting shaft

用于顶管机始发与接收的地下作业空间，包括始发井和接收井。始发井用于顶管机设备组装、调试、始发、管节安装、顶进和出土等；接收井用于顶管机接收、解体等。

**2.0.3**  后背墙reaction wall

将主顶油缸推力的反作用力传递到始发井外岩土中去的墙体结构。

**2.0.4** 后背 reaction base

设置在主顶油缸与后背墙之间，用于均匀分散顶管反力的构件。

**2.0.5** 导轨 rail

铺设在工作井和接收井底部，用于支撑顶管机、顶铁、初始导向、管节安装和顶管机接收的装置。

**2.0.6** 管节 tubular joint

分块预制或整节预制的矩形顶管衬砌结构单元。

**2.0.7** 顶力 jacking force

由主顶油缸提供的推进管节向前的力。

**2.0.8** 始发 launching

顶管机由工作井进入地层开始顶进的过程。

**2.0.9** 接收 receiving

顶管机由地层进入接收井完成顶进的过程。

**2.0.10** 触变泥浆 thixotropic slurry

一种具有低失水率、低压缩性的泥浆，主要材料为膨润土、水和外加剂。

**2.0.11** 浓泥thick mud

一种具有大比重、低压缩性的浓稠状泥膏，主要材料为膨润土、水和外加剂。

**2.0.12** 中继间 intermediate jacking station

当主顶油缸总顶力不能保证区段贯通时，为减小顶进力而设置的随管节一同前进的接力顶进装置，主要由前后壳体、推进油缸、阀组、泵站、行程测量装置等组成。

**2.0.13** 止退装置 stop ring

安装在工作井管节两侧，用于防止管节或顶管机倒退的装置。

**3 基本规定**

**3.0.1** 工程使用的原材料、半成品、成品、构配件、器具和设备应进行进场检验，其质量应符合国家及北京市现行有关标准、设计要求。涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料、产品应按照各专业相关规定进行复检，并应经监理工程师检查认可。

**3.0.2** 施工场地应满足工作井、起重设备、管节存放、浆液站、材料和渣土存放、供配电站、操作室、库房等生产设施占地和施工运输要求。

**3.0.3** 施工使用的测量、监测与计量设备、仪器应经计量检定、校准合格，并在有效期内。

**3.0.4** 矩形顶管施工应实施信息化管理，宜配置远程监控系统。

**3.0.5**  管节应工厂预制，宜采用钢承口结构形式。

**3.0.6** 矩形顶管机设备应满足工程地质、水文地质、工程环境条件及其他要求。

**4 施工准备**

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 矩形顶管施工前，应具备下列资料:

**1** 工程地质和水文地质勘察报告；

**2** 施工沿线地上、地下建（构）筑物及管线等的调查报告；

**3** 施工所需的设计图纸资料。

**4.1.2** 矩形顶管施工前应建立施工测量和监控量测系统。

**4.1.3** 矩形顶管施工前应根据顶管所处的工程地质和水文地质条件、线路条件和结构设计条件、环境保护要求等进行顶管机选型、设计和制造。

**4.1.4** 管节现场存放应受力均匀、安全稳固，管节外表面应涂润滑剂。

## 4.2 前期调查

**4.2.1** 根据勘察资料对施工范围内工程地质和水文地质情况进行调查，必要时应进行补充勘察。

**4.2.2** 矩形顶管施工前应根据设计资料对施工场地及施工影响范围内的既有城市轨道交通、铁路、城市道路交通设施、公路、水利设施、建（构）筑物、地下管线、文物古迹、园林绿化等情况进行实地调查。

**4.2.3** 矩形顶管施工前应查清施工影响范围内同期其他在建和拟建工程情况。

## 4.3 技术准备

**4.3.1** 应完成设计交底及图纸会审，并形成文件。

**4.3.2** 应编制专项施工方案，按规定程序审批后执行；并应进行方案交底、安全技术交底与培训。

**4.3.3** 应建立施工测量控制网，完成顶进前的联系测量，并复核工作井井位及预留洞口中心位置。

**4.3.4** 应完成监测点的布设、验收及初始数据采集。

**4.3.5** 根据工程设计和水文地质等条件，对邻近建（构）筑物、管线等风险源采取保护措施。

## 4.4 顶管机选型与配置

**4.4.1** 矩形顶管机选型应遵循适用、可靠、先进、经济原则，选型依据应包括下列内容：

**1** 设计文件；

**2** 工程地质和水文地质勘察报告；

**3** 周边环境条件及其保护要求；

**4** 辅助施工方法；

**5** 类似工程施工经验。

**4.4.2** 矩形顶管机选型应与结构断面尺寸、工作井大小、管节长度等相匹配。

**4.4.3** 矩形顶管机选型应依据地层岩土类型、物理力学参数、地下水压情况，以及开挖尺寸、开挖面稳定性、埋深、地下水处置方案等因素。

**4.4.4** 土压平衡式矩形顶管机配置应包括刀盘、主驱动、螺旋输送机、纠偏系统、液压系统、渣土改良系统、减阻泥浆注入系统等。

**4.4.5** 矩形顶管机壳体结构应能保证在其所承受的设计荷载作用下，各结构件均应处于安全可靠状态。

**4.4.6** 刀盘应符合下列规定：

**1** 刀盘的形式、尺寸、数量、切削率、切削盲区应满足开挖断面及工程条件要求；

**2** 刀具的选型和配置应根据地质条件、切削速度、顶进长度及地下障碍物情况等确定；

**3** 刀盘的渣土改良剂注入口的数量及位置应根据地质条件、刀盘结构、刀盘开挖断面等确定。

**4.4.7** 刀盘主驱动系统应符合下列规定：

**1** 最大设计扭矩应满足地质条件和脱困要求；

**2** 刀盘转速应根据地质条件和施工要求确定，采用多刀盘时，各刀盘转速应独立可调；

**4.4.8** 螺旋输送机的结构和尺寸应根据工程地质和水文地质条件、顶管机尺寸和顶进速度等确定。闸门应具有紧急关闭功能。

**4.4.9** 纠偏装置的最大推力应大于前后壳体姿态变化引起的阻力，每组纠偏油缸应具备行程监测功能。纠偏密封系统应满足使用要求。

**4.4.10** 渣土改良系统应与地质条件相适应。

**4.4.11** 触变泥浆减阻系统的能力应与顶管机最大顶进速度相匹配，应具备注入速度调节功能及压力显示功能。

**4.4.12** 浓泥加注系统应独立设置搅拌装置及注入泵，应具备注入压力监测功能。

**4.4.13** 检查孔应满足开仓作业要求。

**4.4.14** 主顶油缸应根据推进阻力的总和及所需的安全系数确定，油缸的行程宜大于管节安装长度。

## 4.5 工作井

**4.5.1** 工作井围护体系应根据场地条件、工程地质条件、水文地质条件及周边环境条件合理设置。

**4.5.2** 工作井宜结合车站主体及附属结构设置，当车站结构作为矩形顶管工作井时，车站结构应满足矩形顶管反作用力及竖向荷载的要求。

**4.5.3**  工作井的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：

 （4.5.3-1）

式中：

—始发井的最小长度（m）；

—顶管机长度（m）；

—油缸长度（含油缸架）（m）；

—后背墙厚度（m）；

—后背厚度（m）；

—环形顶铁厚度（m）；

—刀盘与洞口端墙间作业空间（m），一般取0.5m~0.8m；

—结构坡度及设备安装所留操作间隙（m），一般取0.2m～0.5m。

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：

（4.5.3-2）

式中：

—始发井的最小长度（m）；

—2.5倍管节长度（m）；

—顶入管节留在导轨上的最小长度（m），根据防止退孔位置确定；

—管节重心不对称、结构坡度及便于安装管节所留附加间隙（m），一般取0.2m～0.5m。

**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。

**4** 工作井的最小净宽度可按下式计算：

 （4.5.2-3）

式中：

—工作井的最小宽度（m）；

—管节宽度（m）；

—施工操作空间，可取1.0m～1.5m，浅工作井取小值，深工作井取大值。

**5** 工作井底板面与洞口钢环内底高差不宜小于0.8*m，*或在洞口前预留检查槽*。*

**6** 接收井的最小净长度应满足矩形顶管机在井内拆除和吊出要求，不宜小于顶管机长度。

**7** 接收井的最小宽度应满足矩形顶管机宽度及两侧的施工作业空间要求，每侧不宜小于1.0m。

**8** 净尺寸应考虑腰梁内支撑对设备安装及拆解的影响。

**4.5.4** 矩形顶管预留洞口应符合设计要求。

**4.5.5** 洞口土体加固应符合下列规定：

**1** 洞口土体加固应根据地质资料、顶管机尺寸、埋深和周围环境等情况决定，土体加固可采用注浆加固、水泥土搅拌桩、高压旋喷桩等形式；

**2** 洞口加固范围应符合设计要求；

**3** 应对加固体的强度、均匀性和防渗漏性能进行检测，可采用钻芯取样方式检验；

**4** 始发、接收前应在洞门上打设观察孔，检查加固体的防渗漏性能。

**4.5.6** 后背墙应符合下列规定：

**1** 后背墙结构宜选用钢筋混凝土结构，后背墙平面与顶进轴线应保持垂直；

**2** 后背墙的立面面积、厚度及结构应根据顶力、井壁厚度及强度、土层的承载力综合确定；

**3** 当后背墙与工作井侧壁间距较大时，可采用反力架形式替代后背墙。

**4.5.7** 后背应符合下列规定：

**1** 后背宜采用焊接钢构，后背的立面面积、结构形式应根据顶力确定；

**2** 后背强度、刚度、稳定性应满足施工要求；

**3** 安装时应确保作用面与结构设计轴线垂直；

**4** 后背与后背墙之间的空隙应浇筑不低于后背墙混凝土强度，并填充密实。

## 4.6 顶力、后背计算

**4.6.1** 矩形顶管顶力应根据顶进长度、埋深、管节结构尺寸、地质条件、施工技术措施等因素进行计算。

**4.6.2** 矩形顶管顶力由顶管机迎面阻力和总摩擦力组成，顶管最大顶力应小于管节最大承受能力及后背墙承载能力；顶力可按下式计算：

*F* （4.6.2）

式中：

 *F*—顶力（kN）；

—顶管机迎面阻力（kN）；

—矩形顶管总摩擦阻力（kN）。

**4.6.3** 矩形机的迎面阻力可按下式计算：

(4.6.3-1)

当土体为黏性土或顶推轴线位于水位以上时，

 (4.6.3-2)

当顶推轴线位于水位以下且土体为砂性土时，

 (4.6.3-3)

 (4.6.3-4)

式中：

—刀盘迎面水、土压（kN/mm2）；

—顶管机高度（m）；

—顶管机宽度（m）；

—静止土压力系数，勘察报告中未提及时，可按式（4.6.3-3）估算；

γ—土的重度（kN/m3）；

—管节埋深（m）；

—管节高度（m）；

—水的重度（kN/m3）；

—地下水位线到顶管机机头底部的高度（m）；

—土的内摩擦角（°）；

**4.6.4** 矩形顶管总摩阻力可按下式计算：

） （4.6.4）

式中:

*f*—管节与土体接触面的摩阻力（kN/m2），结合北京地区经验可按表4.6.4取值；

—管节外宽度（m）；

—管节外高度（m）；

—矩形顶管顶进长度（m）。

表4.6.4 管节与土体接触面的摩阻力（kN/m2）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 类别 | 软粘土 | 粉性土 | 粉细砂 | 中粗砂 |
| 1 | 混凝土与土体 | 3.0～5.0 | 5.0～8.0 | 8.0～11.0 | 11.0～16.0 |
| 2 | 钢与土体 | 3.0～4.0 | 4.0～7.0 | 7.0～10.0 | 10.0～13.0 |

**4.6.5** 混凝土管节传力面允许最大顶力应按下式计算：

 （4.6.5）

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）。

**4.6.6** 后背墙允许最大顶力应按下式计算：

 （4.6.6-1）

 （4.6.6-2）

式中：

—后背墙允许顶力设计值（kN）；

η—安全系数，工作井为永久结构时可取1.25，临时结构时可取1.0；

—后背墙的宽度（m）；

—后背墙的高度（m）；

—土的内摩擦角（°）；

—土的粘聚力（kN/m2）；

—地面到后背墙顶部土体的高度（m）；

—被动土压力系数。

## 4.7 顶管机组装与调试

**4.7.1** 顶管机组装前应符合下列规定：

1 根据顶管机部件情况和场地条件，制定组装方案；

2 根据部件尺寸和重量选择起重设备；

3 核实起吊位置的地基承载力；

4 工作井内顶管机两侧宜设置左右限位装置或左右位置调节装置。

**4.7.2** 顶管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。

**4.7.3** 顶管机组装后，应先进行各系统的空载调试，再进行整机空载调试。

## 4.8 辅助设备设施

**4.8.1** 导轨宜采用整体拼装式，并应符合下列规定：

**1** 导轨刚度和强度应满足施工要求；

**2** 导轨安装位置应避开刀盘旋转范围，始发、接收洞口前应设置检查槽；

**3** 导轨坡度应与结构设计线路一致，安装应顺直、平行、等高、牢固，导轨标高可适当调高；

**4** 洞门破除后，应在洞门下方铺设过渡导轨，过渡导轨应与洞口钢环焊接牢固，安装数量、水平位置及标高应与主导轨相匹配；

**5** 导轨安装轴线允许偏差±3mm，轨面高程允许偏差0mm～3mm，轨距允许偏差±3mm。

**4.8.2** 顶推系统安装应符合下列规定：

**1** 油缸支架应安装牢固，支架两侧应平行、等高、对称，油缸中心轴线应与结构设计轴线一致，宜与管节厚度中心重合，且合力中心点宜低于结构中心；

**2** 宜选用偶数根同规格液压油缸，若规格不同，应保证行程一致，并将同规格的液压油缸对称布置；

**3** 油缸的油路应并联，每根油缸应有进、出油控制系统及油路断路开关；

**4** 液压泵站应与油缸相配套，油泵流量、压力及油管应满足顶进要求，液压泵站安装完毕应进行运转调试。

**4.8.3**  顶铁的设计、安装应符合下列规定：

**1** 顶铁应根据管节形式设计，分为U型顶铁和环形顶铁；

**2** 顶铁的强度、刚度应满足最大允许顶力要求；

**3** 顶铁安装轴线应与结构设计轴线一致，顶铁放置导轨上应保持稳定；

**4** 顶铁与管节之间应采用缓冲材料衬垫，顶铁与导轨、管节、油缸之间的接触面不得有异物；

**5** 顶铁与主顶油缸连接端可配置顶推油缸向后拖拽装置。

**4.8.4** 止退装置安装应符合下列规定：

**1** 止退装置应满足抵抗顶管机掌子面水土压力及结构后退的能力；

**2** 工作井底板宜预埋钢板，止退装置应与预埋钢板焊接牢固。止退装置与顶管机的净距宜为50mm～100mm；

**3** 止退装置应对称设置在管节两侧，高度应大于管节吊装孔和顶管两侧预留孔。

**5 顶进施工**

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 顶进施工应根据工程条件合理规划集土坑、管节存放区、大型起重设备等场地布置，并制定总体布局方案。

**5.1.2** 管节、密封胶条、软木垫板等材料在运输、存放和施工过程中，应采取防止磕碰、锈蚀或变质的措施。

**5.1.3** 应建立顶管机保养与维修台账，保养与维修记录齐全。

**5.1.4** 顶管机配电箱应有防护措施，动力电缆接头应安全可靠，应有防淋水措施。

**5.1.5** 顶进过程中应建立地上地下通讯和视频监控系统，保证控制室、井下、管道内及地面作业区的通讯联络。

**5.1.6**  顶进施工应做好施工记录，并填写附录B记录表。

## 5.2 始发与接收

**5.2.1** 洞口应设置密封止水装置，根据结构覆土、土质及地下水情况确定止水装置构造形式，如橡胶法兰、帘布橡胶板、气囊、钢丝刷压注油脂等。

**5.2.2** 洞口破除应符合下列规定：

**1** 始发洞口破除应在顶管机及顶进设备调试完成，且止退装置安装完成；

**2** 洞口密封止水装置安装完成；

**3** 检查加固土体的强度和渗漏水情况，满足设计要求；

**4** 根据围护结构形式采用分层剥离、分区凿除等方式进行破除；

**5** 洞口凿除完毕后，应及时安装洞口内过渡导轨。

**5.2.3** 矩形顶管始发应符合下列规定：

**1** 顶管机顶入密封装置过程中，应做好密封装置的保护；

**2** 顶管机刀盘接触土层时，关闭螺旋输送机后转动刀盘切土；

**3** 洞口上方存在重要地下管线时，可通过土仓面板的检修孔向土仓内装填砂、泥、土、膨润土等，提前建立初始土压力；

**4** 转动刀盘和顶进，添加渣土改良剂，逐步提升土压至设定值；

**5** 回撤顶进油缸、下放顶铁前应启动止退装置锁止顶管机，每次下管或回收顶进油缸均应启动止退装置；

**6** 穿越洞口加固区时，顶进速度宜控制在2mm/min～3mm/min

**7** 初始顶进应严格控制顶管机姿态，根据测量结果及时调整；

**8** 顶管机与后面 3~5 节管节应进行有效的有效连接；

**9** 第1节管节进入密封装置后，应开启触变泥浆注入系统，注浆压力应达到设定值，若出现漏浆应及时封堵。

**5.2.4** 顶管机接收应符合下列规定：

**1** 顶管机接近接收井洞口加固区前10m，应加强测量轴线偏差及控制顶管机姿态；

**2** 穿越洞口加固区时，应均匀低速顶进；

**3** 刀盘接触到围护结构后破除洞门，洞门破除前应在顶管机与土体之间的空隙注入浓泥保证触变泥浆套的封闭；

**4** 顶管接收时刀盘进入加固区后应控制土仓压力，并应根据监测结果调整。

**5.2.5** 顶管完成后，管道与洞口之间的间隙应及时有效地进行封堵，封堵结构应牢固可靠。

## 5.3 顶 进

**5.3.1** 矩形顶管顶进应符合下列规定：增加对土压的控制

**1** 顶进应根据顶管覆土厚度、土体性质、地下水埋深、地上建（构）筑物等因素确定施工参数；

**2** 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；

**3** 根据不同的土质采取不同的渣土改良方法；

**4** 顶进中，应同步向管外壁注入减阻泥浆，并应根据泥浆的损失及时补浆；

**5** 顶进过程中应对顶管机的姿态和顶进轴线进行测量，及时发现偏差随时纠偏；

**6** 统计每节管节的出渣量，实际出渣量应与理论出渣量相匹配；

**7** 加接管节时，主顶油缸在缩回前应对已顶进的管节采取止退措施；

**8** 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。

**5.3.2** 顶管刀盘出始发井加固区10m～15m宜作为试验段**，**通过现场实测调整施工参数和匹配关系。

**5.3.3** 正常顶进时，顶进速度宜控制在20mm/min～30mm/min；顶进时应不断调整顶进速度，优选顶进速度、正面土压力、出渣量的最佳匹配值。

**5.3.4** 顶管土仓内的土压力应控制在顶管所处土层的主动土压力与被动土压力之间，在顶进时土压力实测值与计算值做比较，修正计算值。

**5.3.5** 顶进过程应连续进行，如遇下列情况之一时，应暂停顶进，及时处理：

**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~~** 顶管机发生故障；

**6** 中继间渗漏泥水、泥浆；

**8** 监测项目的累计变形量、变形速率超出控制值；

**9** 其他异常。

## 5.4 管节安装

**5.4.1** 管节吊装下放应根据管节重量、尺寸选用吊装设备。

**5.4.2** 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。

**5.4.3** 管节安装前，应检查木衬垫、橡胶密封圈、注浆口单向阀，不应有移位、翻转及脱落。

**5.4.4** 管节安装前，应在钢套环与橡胶圈表面涂抹润滑剂，承插时外力应均匀。

**5.4.5** 管节安装时，应采用止退装置对已顶进的管节进行临时固定。

## 5.5 注浆减阻

**5.5.1** 顶进过程中应向管外壁与土体间压注触变泥浆进行减阻，注浆减阻应符合下列要求：

**1** 管节壁应设压浆孔压入泥浆，保证顶进时管外壁和土体之间的间隙能形成稳定、连续的泥浆套；

**2** 注浆应遵循“同步注浆与补浆相结合”和“先压后顶、随顶随压、及时补浆”的原则；

**3** 顶管的注浆与补浆应分别设独立的注浆系统，注浆宜采用低压力、大流量，补浆宜采用高压力、小流量的注浆方式。

**5.5.2** 触变泥浆宜采用钠基或钠化膨润土，配合比应根据顶管周围土层的特性、地下水条件、触变泥浆的技术指标确定，参考表 5.5.2。

表5.5.2 触变泥浆性能指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 指标 | 单位 | 计数器 | 测试方法 |
| 1 | 动力粘度 | Pa·s | ＞30 | 旋转式黏度计测定 |
|  |  |  |  |  |
| 续表5.5.2 |
| 序号 | 指标 | 单位 | 计数器 | 测试方法 |
| 2 | 滤失量 | cm3/30min | ＜25 | 滤失量测定仪测定 |
| 3 | 比重 | g/cm3 | 1.1～1.15 | 泥浆比重计测定 |
| 4 | pH值 | — | 8~10 | pH试纸直接测定或取滤液用pH计测定 |
| 5 | 含砂量 | % | ＜3 | 含砂率计测定 |
| 6 | 稳定性 | — | 静止24h无析水 | 稳定性测定仪测定 |
| 7 | 静切力 | Pa | 100左右 | 浮筒切力计测定 |

**5.5.3** 触变泥浆注浆系统应满足下列要求：

**1** 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；

**2** 注浆泵宜选用活塞泵；

**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；

 5.5.3

式中：—补浆孔间距（m）；

 T—触变泥浆失效期（d），取6d～10d；

 —平均顶进速度（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，每个注浆孔宜安装单向阀，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顶进。

**5.5.4** 在注浆过程中，应根据减阻效果及时调整注浆量和注浆压力等工艺参数。

## 5.6 浓泥注入

**5.6.1** 顶进过程中可向管节外壁、顶管机外壁与土体间压注浓泥进行平抑地层沉降或调整姿态。

**5.6.2** 注浆设备和管路应独立、可靠，应具有足够的耐压和良好的密封性能。

**5.6.3** 浓泥注入应利用顶管上的预设注浆孔注浆，采取分阶段、分批次、勤注、少注的注浆方式。

**5.6.4** 浓泥注入压力值应配合动态监测确定，不宜低于0.8MPa。

**5.6.5**  浓泥宜以膨润土为主要材料，并添加适量外加剂的泥浆，具有大比重，不易被压缩的特性，配比参数根据施工水文地质、沉降速率、周围土体摩阻力灵活调配。

**5.6.6** 浓泥应采用搅拌机拌制，搅拌充分、均匀，现拌现用。

## 5.7 纠 偏

**5.7.1** 矩形顶管顶进过程中，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，确定纠偏措施。

**5.7.2** 顶进过程中应绘制顶管机水平与高程轨迹图、顶力变化曲线图、管节编号图，随时掌握顶进方向和趋势。

**5.7.3** 应在顶进和刀盘旋转的过程中进行，并保持开挖面土体稳定。

**5.7.4** 应采用小角度纠偏方式，反复、多次进行纠偏。

## 5.8 渣土改良

**5.8.1**渣土改良应通过注浆孔向刀盘前方及土仓内注入添加剂，应根据不同的地层确定添加剂种类及注入量。

**5.8.2** 渣土改良后的效果及作用应满足下列要求：

**1** 具有良好的塑性、流动性以及止水性，能够平稳控制土仓压力，平衡掌子面土、水压力；

**2** 降低土体的内摩擦角，减小土体对刀具、面板、土仓及螺旋排土器的磨损；

**3** 土体切削下来后，经过刀盘及搅拌棒的搅拌，应具有良好的流塑性，并顺利通过螺旋排土器排出。

## 5.9 泥浆置换

**5.9.1** 顶管贯通且管节接口按设计要求处理后，应进行管节外壁泥浆置换。

**5.9.2** 置换材料宜选用易于固结或稳定性好的浆液。

**5.9.3** 置换注浆压力及注浆量应根据覆土深度、地层及地下水等情况确定，注浆量宜为管壁与土体间隙的1.5倍～2倍，注浆压力宜为主动土压力与被动土压力之间。

**5.9.4** 置换注浆应从一端开始，依次循环进行，循环次数不宜少于三次。

## 5.10 中继间设置

**5.10.1** 当顶力超过主顶工作站的推进能力或反力装置所允许的最大荷载70%时，需要在管节中安装中继间进行辅助施工。

**5.10.2** 中继间的使用应符合下列规定：

**1** 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；

**2** 主顶油缸推力达到中继间推力的40%～60%时，放置第一个中继间；此后每当主顶油缸推力达到中继间推力的70%～80%时加设下一个中继间；

**3** 最后一个中继间安装完成后，主顶油缸的总顶进力达到主顶油缸额定推力90%时，应启动中继间接力顶进。

**5.10.3** 中继间的构造应符合下列规定：

**1** 中继间的合力中心应可调节，油缸应满足顶进与纠偏的需要；

**2** 中继间应有足够的刚度，中继间应带有木质的传压环和钢制的均压环，端面的尺寸必须同作用于其上的顶进力相适应；

**3** 中继间应选用具有密封性能可靠、密封圈压紧度可调及可更换的密封装置；

**4** 中继间应结合复原管节的工艺进行设计，设计应满足强度与耐久性要求。

**5.10.4** 中继间应从顶管机向工作井方向逐环拆除，并按照设计要求施做钢筋混凝土永久结构。

## 5.11 结构防水

**5.11.1** 结构防水应包括管节自防水、管节接口防水和特殊部位防水。

**5.11.2** 管节混凝土强度等级、防渗等级应满足规范及设计要求。

**5.11.3**  管节接口防水符合下列规定：

**1** 宜采用“F”型钢承口形式，钢套环接口的钢套环一段应埋入混凝土管节中，钢套环与混凝土的结合面处应设遇水膨胀橡胶条或密封胶条。钢套环的另一段应与管节外表面的槽口组成防水构造，槽口内应设L形、齿形或鹰嘴形弹性橡胶密封圈，如图5.11.3所示；



图 5.11.3 钢承口接头

**2** 管节接口处混凝土应表面平整，无蜂窝、麻面、气孔、裂缝，缺棱掉角等现象，接口尺寸满足设计及规范要求；

**3** 接口钢套环焊接应平整，表面应进行防腐处理；

**4** 橡胶密封圈外形尺寸应符合设计要求，外观致密、均匀，无裂缝、空隙或凹痕等缺陷，应保持清洁，表面无油污、泥砂等，不应在阳光下长时间曝晒；

**5** 密封垫宜选择具有合理构造形式、良好弹性或遇水膨胀性、耐久性、耐水性的橡胶类材料，其外形应与沟槽相匹配；

**6** 管节接口处应设置传力衬垫，一般采用中等硬度的木制材料，大小、长度、厚度应根据管节尺寸确定；

7 管节端面的传力衬垫应使用胶粘剂粘贴，粘贴位置准确、牢固、表面平整；

8 顶管完成后，应按设计要求通过管节预留孔向管节接口外面槽口注入密封材料，注入应饱满、密实；

9 管节接口内面槽口应按照设计要求嵌缝密封，嵌缝密封前应将缝隙内的杂质、油污清理干净，做到平整、干净、干燥。

**5.11.4**  工作井、接收井洞门防水做法应满足设计要求。

**5.11.5** 泥浆置换结束后拆除注浆管路，按设计要求封堵注浆孔。

**5.11.6**  中继间接口处，宜预留缺口，设置橡胶止水带。

**5.11.7** 顶管法结构防水材料质量指标应符合现行《轨道交通工程防水技术规程》DB 11/T 581的规定。

## 5.12 施工运输

**5.12.1** 施工运输应根据结构空间、长度、纵坡和顶进速度，选择运输方式、运输设备及其配套设施。运输设备性能应安全可靠，运输能力应满足施工要求。

**5.12.2** 结构内水平运输宜采用有轨车运输方式，垂直运输宜采用门式或悬臂式起重机等运输方式。

**5.12.3** 根据最大起重量，应对提升设备能力和索具、挂钩和杆件的强度等进行检算。

**5.12.4** 运输设备应有防溜车和防坠落措施，操作、维护和保养应符合操作规程要求。

**5.12.5** 水平运输应符合下列规定：

**1** 有轨运输的轨道应保持平稳、顺直、牢固，并应进行保养；

**2** 牵引设备的牵引能力应满足结构最大纵坡和运输重量的要求；

**3** 车辆配置应满足出渣、进料等要求。

**5.12.6** 垂直运输应符合下列规定：

**1** 垂直运输方式应根据工作井深度和顶进速度等因素确定；

**2** 提升设备的提升能力应满足出渣和进料的要求；

**3** 当垂直运输时，应根据安全需要采取稳定措施；

**4** 垂直运输通道内不得有障碍物，并与人行通道分设。

## 5.13 顶管机拆解与吊出

**5.13.1** 顶管机拆解应遵循由前向后、先上后下、先机械后液压电气的原则。

**5.13.2** 顶管机拆机前应对各机械部件及电气、流体、液压管路做好标识。

**5.13.3** 顶管机拆解场地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。

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

**5.13.5** 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潮措施。

## 5.14 施工测量

**5.14.1** 测量前，应对施工现场进行踏勘，收集相关测量资料，办理测量资料交接手续，并应对既有测量控制点进行复测和保护。

**5.14.2** 施工前，应根据周边环境、地面控制网、顶管机进入结构的方式、结构长度，以及顶管机配置的导向系统的精度、特点和人工测量仪器精度等，制定施工测量方案。

**5.14.3** 施工测量应符合下列规定：

**1** 应对顶进方向的高程偏差、轴线偏差、顶管顶进的姿态与顶进长度等参数进行测量；

**2** 应对工作井预留洞口进行复测，并根据洞口偏差指导顶管机始发与接收；

**3** 顶管定向测量应采用激光指向法。

**5.14.4** 顶进测量控制应符合下列规定：

**1** 顶管机始发进入土层时，每顶进300mm测量不少于1次；正常顶进时，每顶进1000mm测量不少于1次；

**2** 顶管机进入接收井前30m应增加测量次数，每顶进300mm测量不少于1次；

**3** 每节管节顶进结束后，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** 顶管内增设中间测站进行人工测量时，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。

**5.14.5** 顶管贯通后应进行贯通测量，贯通测量误差应符合现行国标《城市轨道交通工程测量规范》GB/T50308相关规定。

## 5.15 监控量测

**5.15.1** 应对顶管施工影响范围内的土体、道路、建构筑物、地上地下管线、轨道交通等周边环境进行监控量测。

**5.15.2** 监控量测项目应符合下列规定：

**1** 工作井及周边环境监控量测项目按照现行地标《地铁工程监控量测技术规程》DB 11/T 490的规定执行；

**2** 顶进施工监控量测项目包括：地表沉降、隆起及周边环境的变形；

**3** 对轨道交通工程、重要道路和桥梁等的监测项目按照《穿越既有道路设施工程技术要求》DB 11/T 716或《穿越城市轨道交通设施检测评估及监测技术规范》DB 11/T 915的规定执行。

**5.15.3** 监测点的布设应符合下列规定：

**1** 地表沉降监测点横向布设应按顶管机刀盘切削面的45°角切线延伸到地面的范围进行布点，结构中心线正上方应布设1个测点，45°延伸切线与地平线交叉点应布设1个测点，在两个测点中间应布设1个测点，5个测点形成一排监测点；

**2** 地表沉降监测点的纵向布设应按顶进方向在距离工作井1m的位置开始布设，纵向间距宜为20m，横向间距5m施工时根据现场情况进行调整；

**3** 周边环境监测点的布设位置和数量应根据其类型、特征、保护要求及施工影响区域等因素综合确定，并应满足反映环境对象变化规律和分析环境对象安全状态的要求；

**4** 影响范围内的建（构）筑物、地下管线、道路、桥梁及既有轨道交通等周边环境的监测点布设按照《地铁工程监控量测技术规程》DB 11/T 490的规定执行。

**5.15.4** 施工监测频率应符合下列规定：

**1** 工作井施工监测频率按照现行地标《地铁工程监控量测技术规程》DB 11/T 490的规定执行；

**2** 顶进施工中，应在顶管机刀盘底部按45°角往前延伸与监测点交汇时开始监测，监测次数每天不少于1次；

**3** 顶管机刀盘前后20m~30m为重点监测段，监测次数每天不应少于2次；

**4** 泥浆置换完成后，监测频次1次/2d；

**5** 监测数据趋于稳定后，且30d内平均变形速率小于等于0.05mm/d时，停止监测；

**6** 当发生异常情况时，增大监测频率，发生红色监测预警时监测频率大于2次/d；

**7** 穿越建（构）筑物、地下管线、道路、桥梁及既有轨道交通等重要环境风险时，除满足本标准要求外，尚应符合相关专业要求。

**5.15.5** 监测控制值应符合现行地标《地铁工程监控量测技术规程》DB 11/T 490的规定，穿越和临近建（构）筑物、地下管线、道路、桥梁及既有轨道交通等重要风险，其变形控制值应满足相关专业要求。

**5.15.6** 监测数据整理和反馈应符合下列规定：

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

**2** 应对时态曲线进行基于概论统计的分析，从中找出共性以指导施工；

**3** 监测数据的采集要根据预先的计划按时进行，数据要用计算机程序批量处理，结果反馈要及时(2h～4h)，并建立监测数据库；

**4** 监测预警应按照现行地标《地铁工程监控量测技术规程》DB 11/T 490的规定执行；

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

**6** 工程竣工后应提供监测技术总结报告。

## 5.16 通风、供电与照明

**5.16.1** 通风应符合下列规定：

**1** 应根据顶管设备状况、地质条件、施工方法、顶进长度等选用合适的通风方式和通风设备；

**2** 顶管应采取压缩空气通风措施，长度小于150m的顶管可采用鼓风机通风；

**3** 送风口宜设在距顶管机12m～15m处；

**4** 地面空气湿度较高且地面温度又高于地下温度的季节，应采用压缩空气通风。

**5.16.2** 供电与照明应符合下列规定：

**1** 供电功率应满足现场机具运转和人员工作、生活的要求；

**2** 顶管施工用电输出端宜分为三路，分别为工作井井上供电系统，井下顶管系统和主顶用电系统；

**3** 结构内供电系统应配备防触电、漏电装置；

**4** 结构内电缆应侧壁悬挂，照明和动力电线（缆）安装在结构内同一侧时，应分层架设；

**5** 井内与顶管结构内照明应采用36V低压防爆灯；

**6**供电及照明除应符合本标准的规定外，还应符合现行标准《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ/T 46的规定。

## 5.17 施工安全与环境保护

**5.17.1** 顶管机应有有毒有害气体检测报警装置。

**5.17.2** 顶管结构内作业场所应设置消防设施，并应配备通信设备。

**5.17.3**  顶管结构内应设置应急照明灯，结构内疏散照明和疏散指示标志的连续供电时间不应小于1.5h。

**5.17.4** 供水和排水应满足施工要求，汛期在结构内和井内设足够的排水设备，防止雨水倒灌。

**5.17.5** 施工中产生的泥浆、废渣和废水应及时处置。

**5.17.6** 顶管结构内施工环境应符合下列规定：

**1** 氧气含量按体积比不应小于20%；

**2** 粉尘容许浓度：空气中含10%及以上的游离二氧化硅的粉尘不应超过2mg/m³，空气中含10%以下游离二氧化硅的矿物性粉尘不应超过4mg/m³；

**3** 有毒有害气体含量应满足现行《有限空间作业安全技术规范》DB11/T 852相关要求；

**4** 环境温度不应高于32℃，噪声不应大于90dB。

**5.17.7** 顶管施工应采取措施降低施工噪声、振动、扬尘，避免对地下水、土壤造成污染。

**5.17.8** 顶管施工应采取措施控制地面变形，减少对周边环境造成影响。

**6 特殊工况施工**

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 特殊工况施工包括下列情形：

**1** 利用车站结构始发、接收；

**2** 顶管工作井长度不足；

**3** 弃壳；

**4** 钢套筒接收及空推过井；

**5** 顶管覆土；

**6** 穿越特、一级风险源。

**6.1.2** 特殊工况顶管时，涉及车站结构安全的应由设计进行核算。

**6.1.3** 邻近道路、桥梁、地铁、铁路等变形要求严格的建（构）筑物时，应编制专项施工方案和应急预案，并征得产权单位或管理单位的同意。

**6.1.4** 施工单位应会同设计单位，在保证施工安全、环境安全的前提下制定特殊工况的专项施工方案，并严格按照方案实施。

**6.1.5** 穿越环境风险源前，应设置穿越试验段，验证设定顶进参数，并实时调整。

## 6.2 利用车站结构始发、接收

**6.2.1** 利用车站主体结构作为工作井时，应在结构顶板预留吊装洞口，洞口尺寸应满足顶管机组装、拆解及顶进要求；车站中板结构应能承受顶管机自重及施工荷载。

**6.2.2** 顶管结构与中板冲突时，应在中板位置预留洞口，洞口下方应设置临时支撑平台，支撑平台的强度、刚度、稳定性应满足顶管机组装、拆解、管节顶进工艺要求。

**6.2.3** 车站中板上设置独立的后背墙时，宜采用型钢组合结构，并应在中板上设预埋件，型钢后背墙（架）结构应经计算确定。

**6.2.4** 工作井紧贴车站结构时，车站结构及围护结构作为顶管后背墙，应由设计核算车站结构安全。

**6.2.5** 顶管始发井与车站结构之间存在夹层土时，宜对顶管始发井与车站侧墙之间的夹层土体进行加固。

**6.2.6** 应对车站结构及后背墙进行变形及受力实时监测。

## 6.3 工作井长度不足

**6.3.1** 当始发井长度不够，应凿除始发洞口围护结构或在顶进方向暗挖一段隧洞满足顶管组装及顶进要求，应符合下列规定：

**1** 隧洞结构断面净尺寸不应大于洞口钢环内轮廓；

**2** 长度按照本标准4.5.3条计算确定；

**3** 凿除始发洞口围护结构后应保证洞口安全，防止坍塌。

**6.3.2** 洞口加固范围及强度应根据隧洞断面尺寸由设计计算确定，施工工艺应根据工程条件合理选择。

**6.3.3** 接收井长度不足时，在顶管机机壳完全脱出洞口止水密封装置后，可采用边拆边顶的方式拆解顶管机。

## 6.4 弃壳

**6.4.1** 采用弃壳方案时，顶管机设计应考虑洞内拆解小空间作业条件。

**6.4.2** 顶管与既有结构连通时，应对顶管机与既有结构之间的土体进行加固，且加固效果满足设计要求。

**6.4.3** 顶管与既有结构不连通时，顶管机顶推到位后，土仓内注水泥浆，转动刀盘搅拌均匀，固化土仓内土体，顶管机面板应成为结构的封端可不拆除。

**6.4.4** 顶管机弃壳拆解后，留置在土层中的钢壳强度不能满足受力要求，需采取机壳上设置加强肋板或架设支撑立柱的加固措施，支撑立柱在弃壳段内衬混凝土达到设计强度后方可拆除。

**6.4.5** 泥浆置换完成后依次拆解顶管机内部构件，拆解的构件退运至工作井吊出，剩余顶管机外壳留置在土体中作为弃壳段初期支护。

## 6.5 钢套筒接收及过井

**6.5.1** 钢套筒接收应符合下列规定：

**1** 钢套筒基础应满足承载力要求，钢套筒安装时应按照结构轴线进行定位；

**2** 钢套筒应与洞门钢环连接固定，采用焊接的应对焊缝质量进行检测；采用螺栓连接的应保证连接螺栓数量符合要求；

**3** 钢套筒侧面应固定，端面应设置反力支撑；

**4** 钢套筒内应设置导轨，导轨高程应根据顶管机姿态确定；

**5** 分层凿除洞门，分层回填密实，回填料宜采用粘性土，及时安装钢套筒上半部分，并通过钢套筒上方的注入口充填密实；

**6** 钢套筒安装完成后应进行渗漏及变形检测。渗漏检测压力不低于接收段水土压力；洞口环板与钢套筒的连接位置允许变形量为2mm，筒体允许变形量为5mm；

**7** 顶管机在钢套筒内顶进，推速宜小于5mm/min；顶进过程中，一旦发现套筒变形量超限或渗漏时，应立即停止顶进，及时采取补救措施；

**8** 根据钢套筒顶部安装的压力表读数，及时调整顶进压力；

**9** 进入钢套筒内顶管机中心线偏差控制在±20mm之内；

**10** 完成泥浆置换后方可拆除钢套筒。

**6.5.2** 钢套筒过井应符合下列规定：

**1** 钢套筒应连接始发洞门与接收洞口之间的整个井段，钢套筒应与洞口预埋钢环焊接牢固，并进行渗漏检测；

**2** 钢套筒基础应满足承载力要求，钢套筒安装轴线应根据顶管机姿态及结构轴线确定；

**3** 钢套筒下半部分安装固定完成后，应在内底铺设混凝土垫层，垫层高程与预埋钢环内底高程一致；

**4** 钢套筒内垫层达到设计强度后，方可凿除洞门；

**5** 分层凿除洞门，分层回填密实，回填料宜采用粘性土，及时安装钢套筒上半部分，并通过钢套筒上方的注入口充填密实。

**6.5.3** 空推过井应符合下列规定：

**1** 顶管空推过井始发侧洞口密封装置可采用与工作井洞口相同的密封装置，接收侧洞口密封装置应采用双层或多层密封装置，减少洞口漏浆；

**2** 洞口位置对应的管节应持续补充触变泥浆，同时应设专人维护洞口密封装置；

**3** 井内导轨高程应根据顶管机实际高程安装。

**6.5.4** 回填过井应符合下列规定：

**1** 井内铺设混凝土垫层，垫层高程与预留洞口底高程一致；

**2** 回填时应分层凿除，分层回填，分层夯实，填土宜采用粘性土，填土高度和密实度满足设计要求。

**6.5.5** 泥浆置换完成后方可拆除井内管节，及时施作洞口环梁。

## 6.6  浅覆土

**6.6.1** 减阻泥浆、浓泥注入及泥浆置换应以注入压力为主控参数，注浆量作为参考。

**6.6.2** 管节外壁应采取涂蜡措施，并保证泥浆套的减阻效果，减小背土效应对地层产生的扰动。

**6.6.3** 始发土仓压力计算宜取高于静止土压力20Kpa～30Kpa，在施工试验段进行验证后调整。

**6.6.4** 顶进速度、刀盘转速等参数应均匀、稳定，顶进速度宜控制在10mm/min～20mm/min；初始顶进阶段，顶进速度不宜过快，宜控制在10mm/min 以内。

**6.6.5** 顶进过程中应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则，保持姿态平稳。

**6.6.6** 沉降速率趋大时，应注入浓泥补偿地层损失，控制地表沉降。

**6.6.7**  顶进时应根据监测数据及时调整施工参数。

## 6.7 穿越特、一级风险源

**6.7.1** 穿越前应详细查明风险源的结构情况、现状情况、工程地质、水文地质及与顶管结构的相对位置关系，确保顶管机与风险源的立体空间满足顶管要求。

**6.7.2** 在穿越特、一级风险源条件下顶管施工应满足相应的技术要求规定，并制定专项方案（含应急预案），报权属部门审批认可。

**6.7.3** 穿越前应对顶管机进行保养和维护。

**6.7.4** 宜设穿越前试验段，通过试验段确定穿越顶进参数。

**6.7.5** 穿越应匀速顶进，速度宜控制在10 mm/min～20 mm/min。

**6.7.6** 穿越时宜实时连续对风险源进行监测，并应及时反馈风险源变形情况，根据变形情况调整开挖面压力、顶进速度、出渣量、浓泥注入等施工参数。

**6.7.7** 顶管穿越后，应根据监测结果，通过穿越段管节预留注浆孔进行多点、少量、多次、均匀地分层压入浓泥。

**6.7.8** 顶管穿越后，应持续监测直至变形稳定。

**6.7.9** 顶管穿越河湖时，穿越前应对顶管机密封系统做全面检查和处理，应配备足够的排水设备与设施。

**6.7.10** 顶管穿越段完成泥浆置换后，应对管节结构外侧进行密实度检测。

**7 质量检验与验收**

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 单位工程、分部工程、分项工程和检验批的划分可按本标准附录A执行。

**7.1.2** 顶管工程施工质量验收应在施工单位自检基础上，按检验批、分项工程、分部工程、单位工程的顺序进行，并填写现行《城市轨道交通工程资料管理规程》DB 11/T 1448中相应验收记录表。

**7.1.3** 顶管工程施工质量验收应在施工单位自检合格的基础上，由建设单位组织施工单位、勘察单位、设计单位、监理单位进行验收并应符合下列规定：

**1** 工程施工质量应符合本标准和相关专业验收规范的规定；

**2** 工程施工质量应符合工程勘察、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** 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理等单位进行验收，并形成验收文件；

**5** 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；

**6** 承担检测的单位应具有相应资质；

**7** 外观质量应由质量验收人员通过现场检査共同确认。

**7.1.4** 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。

**7.1.5** 矩形顶管施工质量检验除符合本标准要求外，尚应符合现行《城市轨道交通工程质量验收标准 第1部分：土建工程》DB11/T 311.1的规定。

## 7.2 管节现场质量检验

**主控项目**

**7.2.1** 管节的混凝土强度及抗渗等级应满足设计要求。

检验方法：检查管节质量证明文件。

检查数量：逐节检验。

**7.2.2** 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，目测，量测。

检查数量：全数检查。

**7.2.3** 预制管节外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

检验方法：目测，尺量；检查处理记录。

检查数量：全数检查。

**一般项目**

**7.2.4** 预制管节进场应有标识，注明管节相关生产信息和顶进序号。

检验方法：观察。

检查数量：全效检查。

**7.2.5** 预制管节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：目测，检查处理记录。

检查数量：全数检查。

**7.2.6** 管节插口橡胶密封圈槽口处的混凝土表面应平整、密实，不应有气孔、裂纹和合缝漏浆等缺陷。

检查方法：目测。

检查数量：全数检查。

**7.2.7** 传力衬垫表面应平整无剥落，粘贴牢固，位置准确。

检查方法：目测。

检查数量：全数检查。

**7.2.8**  橡胶圈安装位置应正确，无位移、脱落现象；橡胶圈粘接剂涂刷应均匀、粘接牢固、无折皱、断面无明显收缩。

检查方法：目测。

检查数量：全数检查。

## 7.3 工作井质量检验

**7.3.1**  工作井及接收井结构施工质量验收标准应按现行国标《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《城市轨道交通工程明挖法施工技术规程》DB 11/T 2097。

**主控项目**

**7.3.2** 始发及接收预留洞口外土体加固强度和止水效果应满足设计文件或施工工艺要求。

检验方法：目测，加固段中心和四角钻孔取芯检测。

检查数量：全部检查。

**一般项目**

**7.3.3** 工作井的后背墙应坚实、平整，后背与后背墙联系紧密。

检査方法：检查相关施工记录

检查数量：逐个检查。

7.3.4 顶管工作井施工允许偏差应符合表7.3.4的规定。

表7.3.4 工作井施工允许偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检查项目 | 允许偏差（mm） | 检查数量 | 检查方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 井尺寸 | 每侧长、宽 | 不小于设计要求 | 每座 | 4点 | 挂中线用尺量测 |
| 2 | 工作井和接收井预留洞口 | 中心位置 | 20 | 每个 | 竖、水平各1点 | 用经纬仪测量 |
| 内径尺寸 | －20～+20 | 垂直向各1点 | 用钢尺量测 |
| 3 | 井底板高程 | －30～+30 | 每座 | 4点 | 用水准仪测量 |
| 4 | 后背墙 | 垂直度 | 0.1%*h*i | 每座 | 1 | 用垂线、角尺量测 |
| 水平扭转度 | 0.1%*Lh* |
| 注：*h*i为后背墙的高度（mm），*Lh*为后背墙的宽度（mm）。 |

## 7.4 防水质量检验

**主控项目**

**7.4.1** 结构防水应满足防水设计等级要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：目测，查阅施工记录。

**7.4.2** 接缝防水构造应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：目测、钢尺量测，查阅施工记录。

**7.4.3** 结构防水材料应满足设计要求。

检查方法：全数检查；

检查方法：检查材料产品质量合格证、产品性能检测报告和进场复试报告。

**一般项目**

**7.4.4** 顶管始发、接收洞口应无渗漏。

检查数量：全数检查。

检查方法：目测，查阅施工记录。

**7.4.5** 管节接口应无渗漏。

检查数量：全数检查。

检查方法：目测，查阅施工记录。

**7.4.6** 管节接口需嵌缝材料满足设计要求，嵌缝宽度均匀、密实、表面平整。

检查数量：全数检查。

检查方法：目测，查阅施工记录。

## 7.5 成型结构质量验收

**主控项目**

**7.5.1** 结构表面应无贯穿性裂缝、无缺棱掉角，管片接缝应符合设计要求。

检验数量：全数检验。

检验方法：目测，检查施工记录。

**7.5.2** 结构防水应符合设计要求。

检验数量：逐环检验。

检验方法：目测，检查施工记录。

**7.5.3** 衬砌结构不得侵入建筑界限。

检验数量：每5环检验1次。

检验方法：全站仪、水准仪等测量。

**一般项目**

**7.5.4** 顶管通道内应线形平顺，无突变、变形现象。

检查数量：全数检查。

检查方法：目测，检查顶进施工记录、测量记录。

**7.5.5** 管节注浆孔应封堵密实。

检查方法：全数检查

检查方法：目测。

**7.5.6** 结构轴线允许偏差应符合表7.6.4的规定。

检验数量：每5环检验1次。

检验方法：全站仪、水准仪等测量。

**表7.5.6 结构轴线允许偏差**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 顶进长度L（m） | 结构中线平面（mm） | 顶管底面高程（mm） |
| 1 | ＜100 | －80～+80 | －80～+80 |
| 2 | 100≤L≤200 | －100～+100 | －100～+100 |
| 3 | ＞200 | －150～+150 | －150～+150 |

**7.5.7** 管节接口允许偏差应符合表7.6.7的规定。

检验数量：每10环检验1次。

检验方法：全站仪、水准仪等测量。

**表7.5.7 管节接口允许偏差（mm）**

|  |  |
| --- | --- |
| 检验项目 | 允许偏差 |
| 相邻管节间错口 | 上下错口 | 0.005H，且≤10 |
| 左右错口 | 0.005B，且≤20 |
| 注：H—管节高度（mm），B—管节宽度（mm）。 |

附录**A** 矩形顶管分部、分项工程和检验批划分表

**A.0.1** 车站主体结构采用矩形顶管施工时，分部、分项工程和检验批划分按表A.0.1。

表A.0.1 矩形顶管分部、分项工程和检验批划分表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位工程 | 子单位工程 | 分部工程 | 子分部工程 | 分项工程 | 检验批 |
| 车站工程 | 顶管车站 | 工作井 | 基坑围护与开挖 | 地下连续墙 | 每一槽段 |
| 钻孔灌注桩 | 每20根 |
| 锁口圈梁 | 每一浇筑段 |
| 钢格栅喷射混凝土 | 每20根桩间 |
| 支撑 | 每10根 |
| 基坑放样测量 | 每座井 |
| 土方开挖 | 每一施工段 |
| 土方回填 | 每一回填段 |
| 衬砌 | 模板及支架 | 每一施工段 |
| 钢筋 | 每一施工段 |
| 混凝土 | 每一浇筑段 |
| 装配式结构 | 每一安装段 |
| 洞口地层加固 | 每一洞口 |
| 洞口预埋钢环制作与安装 | 每一洞口 |
| 后背 | 后背墙 | 每个后背墙 |
| 后背制作与安装 | 每个后背 |
| 地下水控制 | 降水 | 降水井每20眼~40眼 |
| 止水 | 地连墙帷幕每槽段注浆隔水每20延米 |
| 顶进 | / | 管节进场 | 单次进场数量或5管节 |
| 管节顶进 | 2管节 |
| 置换注浆 | 2管节 |
| 成型结构 | 5管节 |
| 加固注浆 | 5管节 |
| 洞口环梁 | 每个环梁 |
| 防水 | / | 工作井结构防水 | 每一施工段 |
| / | 管节自防水、管节接缝防水、螺栓孔防水 | 2管节 |

**A.0.2** 车站附属结构采用矩形顶管施工时，分部、分项工程和检验批划分按表 A.0.2。

表A.0.2 矩形顶管分部、分项工程和检验批划分表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位工程 | 子单位工程 | 分部工程 | 子分部工程 | 分项工程 | 检验批 |
| 车站工程 | 附属土建工程 | 出入口及通道 | 基坑围护与开挖 | 地下连续墙 | 每一槽段 |
| 钻孔灌注桩 | 每20根 |
| 锁口圈梁 | 每一浇筑段 |
| 钢格栅喷射混凝土 | 每20根桩间 |
| 支撑 | 每10根 |
| 基坑放样测量 | 每座井 |
| 土方开挖 | 每一施工段 |
| 土方回填 | 每一回填段 |
| 衬砌 | 模板及支架 | 每一施工段 |
| 钢筋 | 每一施工段 |
| 混凝土 | 每一浇筑段 |
| 装配式结构 | 每一安装段 |
| 洞口地层加固 | 每一洞口 |
| 洞口预埋钢环制作与安装 | 每一洞口 |
| 后背 | 后背墙 | 每个后背墙 |
| 后背制作与安装 | 每个后背 |
| 地下水控制 | 降水 | 降水井每20眼~40眼 |
| 止水 | 地连墙帷幕每槽段注浆隔水每20延米 |
| 顶进 | 管节进场 | 单次进场数量或5管节 |
| 管节顶进 | 2管节 |
| 置换注浆 | 2管节 |
| 成型结构 | 5管节 |
| 洞口环梁 | 每个环梁 |
| 防水 | 工作井结构防水 | 每一施工段 |
| 管节自防水、管节接缝防水、螺栓孔防水 | 2管节 |

附录B 施工记录

B.0.1 顶管施工过程中应填写顶管施工记录，见表B.0.1。

表B.0.1 顶管施工记录

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 顶管施工记录 | 资料编号 |  |
| 工程名称 |  |
| 施工单位 |  |
| 位置 |  | 管材 |  | 管节规格 |  |
| 顶进设备规格 |  | 顶进推力 |  | 顶进措施 |  |
| 接口形式 |  | 土质 |  | 水文状况 |  |
| 日期月/日 | 班次 | 进尺（m） | 累计进尺（m） | 中心水平偏差（mm） | 结构内底高程偏差（mm） | 相邻管节错口（mm） | 最大顶力（t） | 发生意外情况及采取的措施 |
| 偏左 | 偏右 | （+） | （-） |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 备注 |
| 技术负责人 |  | 质检员 |  | 测量人 |  |

B.0.2 顶管施工过程中应填写顶管注浆检查记录，见表B.0.2。

表B.0.2 注浆检查记录

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 注浆检查记录 | 资料编号 |  |
| 工程名称 |  |
| 施工单位 |  |
| 注浆材料 |  | 注浆设备型号 |  |
| 注浆位置 | 注浆日期 | 注浆压力MPa | 注浆量（L） | 饱满情况 | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 其他说明 |
| 监理（建设）单位 | 施工单位 |
| 技术负责人 | 质检员 | 记录人 |
|  |  |  |  |

# 本标准用词说明

**1** 为便于在执行本标准条文时区别对待，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** 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204

**2** 《城市轨道交通工程测量规范》 GB/T 50308

**3** 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911

**4** 《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》 JGJ/T 46

**5** 《城市轨道交通工程质量验收标准 第1部分：土建工程》 DB 11/T 311.1

**6** 《地铁工程监控量测技术规程》 DB 11/T 490

**7** 《轨道交通工程防水技术规程》 DB 11/T 581

**8** 《穿越既有道路设施工程技术要求》 DB 11/T 716

**9** 《有限空间作业安全技术规范》 DB 11/T 852

**10** 《穿越城市轨道交通设施检测评估及监测技术规范》 DB 11/T 915

**11** 《城市轨道交通工程资料管理规程》 DB 11/T 144

**12** 《城市轨道交通工程明挖法施工技术规程》 DB11/T 2097

北京市地方标准

城市轨道交通工程矩形顶管施工与质量验收规范

**Standard for construction and quality acceptance for rectangular**

**pipe jacking of urban rail transit engineering**

DB11/T \*\*\*\*-20\*\*

条文说明

**20\*\*** 北 京

目 次

[2 术 语 32](#_Toc188798570)

[3 基本规定 33](#_Toc188798571)

[4 施工准备 34](#_Toc188798572)

[4.1 一般规定 34](#_Toc188798573)

[4.2 前期调查 34](#_Toc188798574)

[4.4 顶管机选型与配置 34](#_Toc188798575)

[4.5 工作井 35](#_Toc188798576)

[4.6 顶力、后背计算 35](#_Toc188798577)

[4.7 顶管机组装与调试 35](#_Toc188798578)

[4.8 辅助设备设施 36](#_Toc188798579)

[5 顶进施工 37](#_Toc188798580)

[5.1 一般规定 37](#_Toc188798581)

[5.2 始发与接收 37](#_Toc188798582)

[5.3 顶 进 37](#_Toc188798583)

[5.5 注浆减阻 38](#_Toc188798584)

[5.6 浓泥注入 38](#_Toc188798585)

[5.7 纠 偏 38](#_Toc188798586)

[5.8 渣土改良 39](#_Toc188798587)

[5.9 泥浆置换 39](#_Toc188798588)

[5.10 中继间设置 39](#_Toc188798589)

[5.11 结构防水 39](#_Toc188798590)

[5.13 顶管机拆解与吊出 40](#_Toc188798591)

[5.14 施工测量 40](#_Toc188798592)

[5.15 监控量测 40](#_Toc188798593)

[6 特殊工况施工 41](#_Toc188798594)

[6.1 一般规定 41](#_Toc188798595)

[6.2 利用车站结构始发、接收 41](#_Toc188798596)

[6.3 工作井长度不足 41](#_Toc188798597)

[6.4 弃壳 41](#_Toc188798598)

[6.5 钢套筒接收及过井 41](#_Toc188798599)

[6.6 浅覆土 41](#_Toc188798600)

[6.7 穿越特、一级风险源 42](#_Toc188798601)

[7 质量检验与验收 43](#_Toc188798602)

[7.1 一般规定 43](#_Toc188798603)

[7.2 管节现场质量检验 43](#_Toc188798604)

**2 术 语**

**2.0.3**  后背墙：后背墙可独立设置，也可是始发井围护结构或主体结构侧墙。

**2.0.4** 后背：一般为钢构件，也称作后靠。

**2.0.5** 导轨：一般为钢构件，尺寸较大时可分块设置。

**2.0.6** 管节：一般为预制钢筋混凝土管节，特殊部位可采用钢制管节。根据《预制混凝土箱涵》（JC/T2456），钢筋混凝土管节也称为箱涵。

**2.0.10** 触变泥浆：填充在机壳与地层之间、管节与地层之间的间隙，在管节和机壳四周形成一圈稳定的泥浆套，该泥浆套起到充填、减小摩阻力的作用。

**2.0.11** 浓泥：泥浆与触变泥浆注入部位一致，主要用于调整顶管姿态和控制地表沉降，其配合比根据工程地质条件、沉降控制要求等调配。

**3 基本规定**

**3.0.1** 本条参照国家现行标准《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032相关条款编写。本条规定矩形顶管工程所使用的原材料（水泥、膨润土等）、半成品、成品、管节等进场应检验，检验内容包括：外观质量检查、质量合格证明文件核查和进场检验复试。

本条规定涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料、产品应按各专业工程施工规范、验收规范和设计文件等规定进行复验，并应经监理工程师检查认可。

本条旨在严控工程的主要材料、半成品、成品、构配件、器具和设备的进场检验和重要材料、产品的复验。为把握重点环节要求对涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料、产品进行复验，体现了安全、卫生、节能、环保的原则。重要材料包括工程主体中使用的与结构受力、工程使用直接相关的材料。

**3.0.2** 合理布置矩形顶管施工场地，顶管工作井施工场地需综合考虑起重设备、管节存放场、浆液搅拌站、渣土存放场地、顶管机操控室、供配电站、库房等布置要求。

**4 施工准备**

## 4.1 一般规定

**4.1.4** 管节存放时，管节下垫木方或型钢，垫型钢时，型钢与管节之间设置柔性垫层。安装注入管路时宜平放。

## 4.2 前期调查

**4.2.2** 矩形顶管与周边环境之间存在互相影响，为防止设计资料与实际工况不符，施工前对勘察、设计资料载明的工程环境进行实地踏勘调查，若有不符及时向建设单位反馈，为施工组织设计及专项方案制定提供依据，调查内容主要包括：

1 实地踏勘各种建（构）筑物、管线的使用功能、结构形式、基础形式、管材类型及其与顶管结构的相对空间位置关系等；

2 道路种类、路面交通情况；

3 河湖的水位、河湖底砌筑情况等；

4 施工场地、运输线路；

5 施工用电、用水及排水设施条件。

## 4.4 顶管机选型与配置

**4.4.1** 矩形顶管机一般尺寸较大，机械构造及各种系统与盾构机主机接近，因此在选型时更多地参照盾构选型相关条款。该条参照《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446及北京市地标《城市轨道交通工程盾构法施工技术规程》DB 11/T 2096的有关条款。

**1** 设计文件包括：设计顶管结构的平纵断面尺寸、结构埋深、顶管连续顶进长度等。

**2** 工程地质和水文地质勘察报告：内容包括地层岩性及分布状况、地下水水位、地层渗透性等，同时特别注意大粒径卵砾石地层、松散沙层、地中障碍物、可燃及有害气体等。

**3** 周边环境条件包括：工程周边的建（构）筑物状况、地下管线情况、道路交通状况、控制沉降要求。顶管施工过程中应注重对环境的保护，防止顶管过程中产生的废弃物、噪声及沉降过大等对环境造成影响。

目前北京轨道交通工程矩形顶管主要用于施工地铁出入口通道等部位，埋深较浅，长度较短，场地较小，土压平衡顶管设备系统较简单，占用场地小、经济适用，应优先采用。



图4.4.1 土压平衡矩形顶管示意图

1-刀盘；2-顶管机壳体；3-主驱动；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-主顶油缸；11-后背；

12-导向系统；13-后背墙；14-止退装置；15-水平运输系统

**4.4.2** 该条对矩形顶管机的设计进行了规定。顶管机与施工工况相匹配，断面大小与管节规格相适应，设备长度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。

**4.4.3** 岩土类型一般考虑砂性土、卵石层和黏土类土层，矩形顶管一般不适用于岩石地层。地层渗透系数、地下水压大小、埋深等对设备密封性能有要求，对地层改良系统配置和螺旋排土器等有要求。粒径大小、开挖尺寸和开挖面稳定等因素对刀盘刀具配置与布置、刀盘盲区控制等也有要求。

**4.4.6** 矩形顶管根据地层土质情况设置合理的切削率，切削率选取较大的数值，减小开挖盲区。

**4.4.10** 黏土、粉土地层配置泡沫加注改良系统；砂土地层配置加泥改良系统；砾石层同时配备加泥、加泡沫改良系统。

**4.4.12** 浓泥系统注入孔与减阻系统注入孔通常独立设置，设备包括搅拌系统、储浆罐、注入泵、管路、机壳注入孔、管节注入孔等。

**4.4.13** 矩形顶管的检查孔主要有3个作用：1.始发时辅助向土仓内填土，可填至土仓的一半到检查孔的位置，检查口封闭后再注入其他填充材料，建立初步土压；2.遇障碍物时开仓检查。矩形顶管顶进距离较短，一般不考虑开仓换刀。3.弃壳接收的情况下，顶管机到达接收端可利用检查孔建立土仓内外联系，电路、风管等用于接收端破除的线路可通过检查孔由顶管机内部输出到接收端土仓一侧、接收端破除的土体也可通过检查孔由结构内运出，检查孔还可起到通风透气的作用。

**4.4.14** 用于城市轨道交通工程的矩形顶管设备断面尺寸较大，油缸行程宜保证管节一次顶进到位，不宜采用多次增加顶铁的方式增加行程，如果采用增加顶铁的方式防止退装置应与之匹配。

## 4.5 工作井

**4.5.2** 轨道交通工程矩形顶管一般结合车站主体及附属结构设置，由于场地限制、节约费用等因素，工作井或接收井可能设置在已完成的车站中板上，这种工况下考虑中板的承载能力、顶管后背的设置形式，顶管施工附加荷载满足车站结构要求，否则应采取加固措施。

**4.5.3**  2 取2.5倍管节长度，该数值是管节长度、钢承口长度、环型顶铁厚度及U型顶铁长度之和，一般U型顶铁长度与管节长度相近。

5工作井和接收井底板面与洞口钢环内底空间要求，大于顶管导轨高度，同时满足人工检查洞口底部密封状况的空间要求，根据经验人工作业空间高度一般不小于0.8m。

**7**根据北京地铁昌平线南延和17号线工程实践，顶管机两侧各预留1.0m即可满足顶管接收。

**4.5.4** 根据北京地铁昌平线南延、17号线工程实践及现场施工经验，工作井井壁预留始发及接收洞口钢环尺寸一般不宜小于顶管机外尺寸加0.30m。

**4.5.5** 洞口加固目的是使洞口土体具有一定的强度和抗渗性能，凿除洞口围护结构时，防止涌水及土体坍塌，影响人员及环境安全；始发与接收前检测土体加固效果，一般采用钻芯取样和钻孔观察的方式，检测加固土体强度，查看渗漏水情况。观察孔位置根据顶管断面形式确定，孔位覆盖整个断面，且角部布孔，孔间距不宜大于2.5m。

**4.5.6** 根据顶管顶力和后背墙的承载能力，结合现场条件，当后背墙承载能力不能满足顶管施工需求时，对后背墙外侧土体进行加固，加固可采用注浆加固、水泥土搅拌桩、高压旋喷桩等形式；当工作井长度较大或在车站内始发时，后背墙可采用类似盾构始发反力架的形式。

## 4.6 顶力、后背计算

**4.6.1** 矩形顶管顶力应根据顶进长度、埋深、管节结构尺寸、地质条件、施工技术措施等因素进行计算。顶管顶力大小不仅与顶管顶进长度、管节埋深、管节断面尺寸、管节材质、土质及地下水情况等有关，与顶管采取的管节外壁表面涂蜡、注浆减阻、增设中继间等技术措施有关，所以在进行顶力计算时要考虑以上因素。

**4.6.3** 顶管迎面阻力还与顶管刀盘切削盲区（刀盘覆盖率）相关，具体根据地层条件和刀盘形式预留冗余系数。

**4.6.4**  顶管摩阻力计算方式有多种，根据北京地铁昌平线南延和17号线工程实践，采取了有效的泥浆减阻措施形成完整的泥浆套后，采用以上公式计算结果与工程实际比较吻合。管节与土体接触面的摩阻力也可采用现场土样实验室试验的方式计算确定。采用新型减阻泥浆的摩阻力通过试验确定。

**4.6.6** 本条主要验算后背墙后土体发生剪切破坏的承载力，当不能满足承载能力要求时，可对后背墙后的土体进行加固处理。另外，现场浇筑整体式后背墙抗冲切验算按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的受冲切承载力验算法进行。

## 4.7 顶管机组装与调试

**4.7.1** 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。

地基承载力经核算，吊装一般位于工作井周边，同时核算工作井围护结构稳定是否满足要求。顶管机下放至距离导轨0.5m时，暂停吊装机的下放操作，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。

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精度。

**4.7.2** 采用多刀盘矩形顶管机的刀盘安装应按先后再前、先下再上、先中间再两边的顺序安装刀盘。顶管机主机结构和电路、油路、水路、气路、泥浆管路、控制系统逐一连接，要求各部件安装正确、连接牢固、不得渗漏，安装后对各分系统进行检查和试运行。

## 4.8 辅助设备设施

**4.8.1**  导轨包含钢轨与基座，一般基座为钢构件，尺寸较大时分块拼装。基座安装完成后，将钢轨固定在基座上。

1 特殊情况下导轨基座可采用钢筋混凝土结构形式。

2 始发、接收洞口前预留0.6m～0.8m宽、不少于0.8m深的检查槽，检查槽长度超过顶管机两侧不少于1.0m，用于维修止水橡胶帘布、储存及清理废泥浆等。

3 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0～30mm进行始发。

**4.8.3**  顶铁一般与顶管机配套设计与加工，环形顶铁的作用主要是把主顶油缸的推力比较均匀地分散到顶进管节的管端面上，同时还起到保护管端面的作用；U型顶铁作用是分散油缸作用于环形顶铁的顶力，并为管道顶进土斗吊运提供空间，一般与管节长度一致。

向后拖拽装置用于向后拖拽顶铁脱离管节。

**4.8.4** 止退装置安装在工作井管节两侧，当油缸顶推到位，将销子插入管节的吊装孔或顶管机两侧预留孔（当顶管机未完全进入土层时），顶管后退力通过销子、销座传递到止退装置上，用于固定顶管机或管节。顶管后退力一般由三部分组成：1）顶管机掌子面水土压力；2）顶管机及管节自重的轴向分力；3）油缸回撤后管节回弹力。以上三种后退力需由止退装置来抵抗。

**5 顶进施工**

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 矩形顶管始发前根据工程特点，场地条件，合理布设后配套设施的场地位置。为了满足现场施工，提高生产效率，合理筹划场地渣土池、管片存放场地等。大型移动起重设备根据已封顶的车站结构或在施的围护结构位置，规划站位及行走路线，避免对既有结构安全造成影响。

**5.1.6**  顶管施工时，应对顶推力、管节接口形式、土质状况、水文状况及顶进措施（触变泥浆减阻、管节外壁打蜡等）进行检查，并逐日按班次记录日进尺、累计进尺、中心位移、管节内底高程、相邻管节间错口、接缝处理方法、发生意外情况及采取的措施等内容，并填写顶管施工记录、注浆检查记录。

## 5.2 始发与接收

**5.2.1** 根据地下水压力不同，顶管始发和接收的预埋洞口安装单层或双层止水帘布橡胶板密封，可采用可调节的联结环板实时调整，以保证帘布橡胶板的密封性能。

**5.2.3** 顶管始发是矩形顶管成败与否的关键，由于矩形顶管刀盘由多个刀盘组合而成，不同刀盘前后存在间距，导致当部分刀盘抵达破除洞门口处的土体时，其他刀盘和开挖面间仍有间距，另外刀盘与隔板之间也存在较大空间，如果直接将顶管机压入土体时，很可能引起开挖面土体坍塌，造成地面沉降变大，严重者引起地面坍塌。为有效避免上述问题，在洞门破除完成顶管机最前端刀盘到达开挖面时，暂停顶管机顶进，通过矩形顶管机土仓面板的检修孔向土仓内（即土仓面板和破除洞门的开挖面间的空隙）装填砂、泥、土、膨润土等，使土仓内填充饱满。当顶管顶进始发时，刀盘先不转动，待顶管机土仓面板土压感应器收到土压反馈且土压接近计算土压后，方可进行刀盘转动，刀盘转动初期要随时监测土仓压力值，及时调整顶管机顶进速度，确保土仓压力快速达到计算土压力，保证土压及时建立，达到全土压始发，有效降低始发阶段引起的地面沉降。

顶管机后3～5节管节预制时设置预埋铁便于连接，安装第一节管节，顶进油缸将第一节管节顶紧，采用型钢将第一节管节与顶管机尾部焊接牢固，第2～5节管节逐节刚性连接在一起。目的是防止因顶管机的自重因素往下偏移。

## 5.3 顶 进

**5.3.1** 4 顶进中同步向管外壁注入减阻泥浆，并在管节内部预留注浆孔位置加装压力表，实时监测泥浆的损失适当补充注浆。

5 顶管在正常顶进过程中，密切关注顶进轴线的控制，在每节管节顶进结束后，进行机头的姿态测量，勤纠偏，微纠偏，以免土体出现较大扰动及管节出现张角。顶管顶进时采取抗扭措施，在顶管机上设置管道扭转指示针，管节扭转时，宜采取单侧压重、改变切削刀的切削方向或压浆等方式进行纠正。

6 根据顶管开挖轮廓大小进行出土量理论计算，切削改良后的土体松散系数取1.05～1.10。在顶进过程中对土仓内不同位置的土压随时进行监控，确保土仓压力的情况下，结合地表沉降监测数值，确保顶进量与实际出土量匹配，尽量精确地统计出每节的出土量，力争使之与理论出土量保持一致，确保正面土体的相对稳定，减少地面沉降量。按体积法测量统计出顶进长度与理论出土量的偏差，并通过渣土运输车称重系统对理论出土重量和实际出土重量进行校核。

**5.3.4** 顶管顶进施工，极易造成沉降过大现象，土仓压力控制值根据工程水文地质情况、顶管通道结构、结构埋深、顶进推力、出土量、周围土体的摩阻力、刀盘开挖面及土体稳定性综合进行计算。当土仓压力小于主动土压力时，就会引起地层的沉降。因矩形顶管的断面为矩形，不易形成土拱，在计算土仓压力值时，按照公式计算宜取静止土压力，并通过试验段检验再修正。

 5.3.4-1

 5.3.4-2

 5.3.4-3

 5.3.4-4

 5.3.4-5

式中：—主动土压力（kPa）；

—控制土压力（kPa）；

—被动土压力（kPa）；

—静止土压力系数，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）；

—管顶至原状土地面覆土层厚度（m）；

—土的内摩擦角（°）；

—土的粘聚力（kPa）。

## 5.5 注浆减阻

**5.5.1** 1 随着距离的增加，通道经过不同的土质时，推力上升的很快，通常在管节周围注触变泥浆，形成一定厚度的泥浆套，将管节与地层之间的干摩擦变为湿摩擦，使顶管在泥浆套中向前滑行，达到减阻的目的。

2 为使泥浆能及时灌满管壁空隙，灌浆速度要与顶进速度相适应，注意观察防止跑浆和冒浆，并保证泥浆的注浆压力及注浆量。在施工操作上必须“先压浆后顶进、边压浆边顶进、停顶进勤补浆”的办法维持泥浆套的性能。在顶管施工时，结合泥浆水分的渗透损失情况，顶管机后20m每节管节内连接注浆管并进行浆液补充，之后的管节每3m连接一道注浆管进行补浆，其他管节的注浆孔在需要时再接上注浆管注浆，另外在管节注浆孔位置设置压力表对触变泥浆压力进行监测，当触变泥浆压力下降时，需及时进行补充。

**5.5.2** 触变泥浆主要材料为膨润土、水、纯碱Na2CO3和CMC，在管道外壁压注触变泥浆，在管节四周形成一圈稳定的泥浆套，施工期间泥浆保持不失水、不沉淀、不固结；每节管节设置触变泥浆管，压浆时可根据实际需要调整压泥浆管的间距；触变泥浆充分搅拌水化，泥浆搅拌完成后宜放置24h，膨润土泥浆膨化24h；4 膨润土的储藏及浆液配制、搅拌、水化时间按照产品的性能要求进行，使用前先进行试验。

**5.5.4** 采用重力式减阻注浆技术，在工作井地面设置一定高度的储浆罐，储浆罐的液面高度由计算而得，减阻注浆的管路连接到储浆罐，注浆压力由储浆罐液面决定，压力值相对恒定并不受停电、注浆泵故障的影响，管节外的泥浆套保持完整和持续稳定的充盈状态。随着顶管距离增加，根据顶管过程中顶力数据实时监测、注浆压力表、流量表以及工程地下水条件等来动态调整用浆量及配合比，要求顶管过程中使用的泥浆无离析水，以达到最优触变泥浆配合比及最小摩阻力的目的。

注浆压力控制在主动土压力和被动土压力之间，且注浆管出口压力是地下水压力的1.1倍～1.2倍。

触变泥浆实际注浆量，对于粘性土和粉土为理论注浆量的 1.5～3倍，对于粉细砂、中粗砂、卵砾石等渗透系数较大的地层大于理论压浆量的 3 倍以上。

## 5.6 浓泥注入

**5.6.1** 根据矩形顶管在北京市轨道交通工程中的应用，一般矩形顶管施工都会穿越一些现况道路、管线及建（构）筑物等，变形控制要求高，通过浓泥注入抬升管壁外地层，可达到平抑沉降的目的。根据北京地铁昌平线南延和17号线工程实践，浓泥可从结构内随时压注，不会影响顶管正常顶进，沉降控制见效较快，且持续时间长，不会因膨润土失水而干缩失去效用。另外，浓泥注入的另一个作用可以对顶管机姿态进行精确调整。

**5.6.3** 主要针对沉降较大的部位进行浓泥注入，采用注泥泵将浓泥通过预留的注浆孔挤入管壁外侧，并采取分阶段、分批次、勤注、少注的方式，主动充填管壁外空隙，起到抬升地面的作用，平抑地面沉降曲线的峰谷，同时为避免压注浓泥量及压力过大而导致地层隆起，浓泥压注配合动态监测进行。

**5.6.4** 浓泥注入压力值应配合动态监测确定，不宜低于0.8MPa。实际施工中，根据土质情况以及土壤含水率的大小来决定注浆时间及注浆压力。

**5.6.6** 浓泥采用搅拌机拌制，所有材料放入搅拌桶后使浓泥搅拌充分、均匀，根据北京市搅拌时间2min左右。

## 5.7 纠 偏

**5.7.1** 矩形顶管顶进过程中，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，确定纠偏措施。顶进施工过程中对顶管水平轴线、高程、偏转、顶管机姿态等进行测量，并预测顶管发展趋势，发生偏差时立即纠正或制定纠偏措施，可采取调整铰接油缸的行程差、机壳外侧压注浓泥的方式进行矩形顶管机姿态纠偏。

## 5.8 渣土改良

**5.8.1** 渣土改良应通过注浆孔向刀盘前方及土仓内注入添加剂，应根据不同的地层确定添加剂种类及注入量。大量施工经验得出，粘土地层使用泡沫或水就能达到较好的改良效果，泡沫的注入比宜控制在渣土体积的30%～50%之间，当为中粗砂、卵石地层时需使用泡沫和膨润土泥浆符合添加剂能达到较好的改良效果，泡沫的注入比宜控制在渣土体积的30%～50%之间，膨润土泥浆的注入量宜控制在渣土体积的15%～30%之间，同时根据土层变化随时调整添加剂的配比和注入量，同时通过大小刀盘的不同旋转方向进行土仓内渣土改良。为保证渣土改良效果，需先进行渣土改良试验，根据渣土改良尝试及效果分析，确定改良剂的材料、配比及注入量。

## 5.9 泥浆置换

**5.9.1** 顶管机完成接收后，使用水泥浆置换触变泥浆，同时充填管节外侧由于超挖或塌落等造成的空隙，减少因触变泥浆固结引起的土层后期沉降，同时，可固定成型管节结构，加强管节整体防水性能。

**5.9.2** 置换材料宜选用易于固结或稳定性好的浆液。浆液根据地层情况选用水泥浆，水泥标号宜为P.O42.5，水泥浆最佳水灰比0.8:1～1:1。

**5.9.3** 置换注浆压力及注浆量应根据覆土深度、地层及地下水等情况确定，注浆量宜为管壁与土体间隙的1.5倍～2倍，注浆压力宜为主动土压力与被动土压力之间。注浆量根据不同地层、地下水情况考虑浆液扩散系数；同时考虑注浆压力，结合地面隆沉情况最终确定注浆的用量。

**5.9.4** 置换注浆应从一端开始，依次循环进行，循环次数不宜少于三次。第一节管节注浆孔注入水泥浆，根据浆液注入量及压力，开启第二节部分注浆孔放浆，放浆从底部开始向上依次进行。当纯水泥浆液开始流出时关闭放浆孔，开始下一循环。从第二节管节注浆管开始注浆，同时从第三节管放浆，依次类推，直到全线完成；全线注浆完成后，关闭所有注浆阀门，静态保压至固结浆初凝；浆液初凝后，进行第二次注浆，将原排浆孔作为注浆孔使用，将原注浆孔作为排浆孔使用，交替进行，注浆次数不宜少于三次，每两次的间隔时间不宜大于24h。

## 5.10 中继间设置

**5.10.2** 对中继间进行编组控制，从矩形顶管机头向后依次将每段管节向前推移，当一组中继间伸出时，其他中继间保持不动，在所有中继间依次完成作业后，主顶工作站完成顶进循环的最后顶进作业。中继间顶推力有一定的安全储备，第一个中继间不宜小于40%，其余不宜小于30%。

**5.10.3** 1中继间油缸宜取偶数，且其规格宜相同，并作周向均匀布置；当规格不同时，其行程同步，并将同规格的中继间油缸对称布置；中继间油缸的油路并联，每台中继间油缸有进油、回油的控制系统；中继间吊放入始发井后，认真检查各项工作部件是否正常，安装完毕后进行试顶。其结构示意图见图 5.10.3 所示。



图 5.10.3 中继间结构示意图

3 中继间密封装置宜采用径向可调形式，密封配合面的加工精度和密封材料的质量满足要求。中继间外壳在伸缩时，滑动部分具有止水性能和耐磨性，且滑动时无阻滞。

## 5.11 结构防水

**5.11.3**  管节接口防水传力衬垫一般选用质地均匀有弹性的松木、杉木、胶合板或丁腈软木，在满足传力要求的同时，满足强度和变形要求。衬垫厚度宜为10mm~30mm。

顶管施工结束后，管节间的缝隙宜采用低膜量聚氨酯或聚硫密封胶填充。配制好的聚硫膏在缝两侧先刮涂一遍，第二次在缝中刮填密封膏到所需高度。要求压紧刮平，防止带入气泡而影响强度和水密性。密封胶在未充分固化前要注意保护，防止雨水侵入。管节接头采用遇水膨胀胶圈防水时，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，满足设计要求和国家现行标准《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，且防霉等级优于二级。

## 5.13 顶管机拆解与吊出

**5.13.1** 矩形顶管机到达接收井后进行顶管机拆解、吊出的顺序为刀盘、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。

**5.13.5** 拆除刀盘、螺旋出土机等系统后，顶管机各连接部位清洁干净并涂抹防锈油。液压系统拆卸前确定液压系统处于无压状态，拆除过程中保持液压元器件周边的清洁。拆除电气系统前，确认电源已关闭，并设专人看护。

## 5.14 施工测量

**5.14.2** 施工测量方案全面考虑影响的因素，如地面控制的布设应考施工区域的周边环境影响，根据顶管机采用工作竖井还是车站内进入结构可以选择最优的联系测量方法。

## 5.15 监控量测

**5.15.2** 本条主要参考现行地标《地铁工程监控量测技术规程》DB 11/T 490中第6章、第7章编写，因矩形顶管管节不同于盾构管片，每节管节均由工厂整体预制成型，管节结构是设计根据管节安装后所处环境条件及结构使用寿命等确定的，管节顶进过程中无需对管节结构变形进行监测，顶管施工监测主要考虑土体及周边环境的变形，所以监测项目为地表沉降、隆起及周边环境的变形。

城市轨道交通有地下、地面、高架等形式，监测对象主要包括结构、道床、轨道、附属结构及其他设施等，根据结构形式不同给出各对象监测项目。现行地标《穿越城市轨道交通设施检测评估及监测技术规范》DB 11/T 915详细地规定了穿越城市轨道交通设施监测环节的监测项目。

**6 特殊工况施工**

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 特殊工况是施工现场不具备常规顶管施工条件，需采取特殊措施才能正常施工的工况。

1 矩形顶管目前用于轨道交通工程中最多的部位就是出入口通道施工，当采用矩形顶管施工时，受轨道交通工程车站位置及周边环境的影响，工作井只能设置在车站内中板上或者紧邻车站结构墙建设工作井，即非常规始发和接收，主要包括车站中板始发、接收、后背靠车站始发。

2 受现场条件限制，矩形顶管工作井长度小于正常顶管施工所需最小长度的情况。

3 弃壳：现场无条件设置顶管工作井，只能将顶管机机壳留在地下，将顶管机其他结构从管节结构内或预留洞拆解后，在机壳内进行衬砌结构浇筑。

5 矩形顶管结构覆土小于1倍顶管机宽度为浅覆土施工。

## 6.2 利用车站结构始发、接收

**6.2.1** 由于施工条件限制，无法单独设置工作井时，可考虑将工作井设置在车站主体结构内。通常轨道交通采用矩形顶管的部位为出入口通道，通道与车站主体结构站厅层相连，即工作井设在主体结构中板上。车站结构设计时考虑顶管自重及施工荷载对车站中板的影响，如不满足要求，需要对车站中板进行支撑加固，并取得设计单位核算同意，车站结构设计时考虑顶管施工荷载，如没有考虑，需经设计单位核算同意；顶管机外壳与车站中板之间预留足够施工空间，以满足安装顶管导轨、主顶油缸、橡胶帘布等设施。

**6.2.5** 本条主要规定了矩形顶管始发井临近车站侧墙的相关规定，矩形顶管机后靠车站始发可能存在始发井井壁紧邻车站主体侧墙或始发井井壁与车站侧墙之间有部分土体的情况，若始发井井壁紧邻车站侧墙，为了减少对车站侧墙的影响，保证矩形顶管安全顺利实施，车站墙体能承受顶管顶进时后背传递的力，必要时可进行加固；若始发井井壁与车站侧墙之间有部分土体，则为减少对侧墙的影响，确保顶管机顺利顶进，宜对其土体进行加固。

## 6.3 工作井长度不足

**6.3.1** 工作井长度不能满足顶管组装、解体及管节顶进要求，可在顶进方向暗挖一段始发隧洞，顶管机分段组装，并逐节推入隧洞；在隧洞内设置过渡导轨，导轨高程与轴线与工作井内导轨一致。

## 6.4 弃壳

**6.4.1** 当无法设置接收井或设置接收井造价较高时，可采用弃壳方案，顶管机设计制造时考虑拆解方便，机壳作为支撑土体结构强度要求。

**6.4.2** 一般情况下弃壳接收时，接收位置在临近车站主体一侧，为了保证施工安全，顶管机刀盘顶至车站围护结构前，需对顶管机与车站主体围护结构之间的土体进行加固，加固方式根据工程实际情况进行选择；一种方式为刀盘临近既有结构，通过破除车站预留洞门后进行刀盘拆除，另一种方式为刀盘进入既有结构内，在既有结构内进行刀盘拆除。

## 6.5 钢套筒接收及过井

**6.5.1** 钢套筒渗漏检测：从加水孔向钢套筒内加水，压力不低于始发段水土压力，并维持压力稳定，确保各个连接部分无漏水情况，各个焊缝位置无脱焊情况。

**6.5.3** 本条适用于无地下水或降水工况，制定切实可行的防止洞口密封失效、洞门凿除过程中和凿除后的安全技术措施、应急预案。当有地下水时不建议采用空推过井。

**6.5.4** 回填过井一般适用于四周封闭井段。如设计对填土高度和密实度无要求，填土高度满足土仓水土压力及保持触变泥浆压力的要求，密实度不低于90%。

## 6.6 浅覆土

**6.6.1** 减阻泥浆、浓泥注入及泥浆置换应以注入压力为主控参数，注浆量作为参考。注入压力需经计算确定，不大于覆土的竖向土压力，且不得溢出地面。

**6.6.3** 矩形顶管在施工中，由于顶管机对土体的剪切、挤压作用，地表不可避免发生变形，产生较大的隆起或沉降。通过昌平线南延矩形顶管施工技术研究，选取土仓压力为理论土压力（静止土压力）、超土压、欠土压等工况进行模拟，分析地表竖向位移规律，得到最优土仓压力范围。根据以上不同的掘进工况，得到在理论土压力的基础上增加掘进压力，可以有效减少上覆地表的沉降值，当掘进压力为110 Kpa（超土压30 KPa）的时候，地表出现明显隆起的情况；掘进过程中，土仓压力小于理论土压力时，地表沉降较大，超过了控制值。超土压20 Kpa是最优的掘进压力，该工况下土体变形可以由掘进前期微隆起及后续沉降的地下作用，形成较为理想的变形情况，地表沉降控制效果良好，实现大断面矩形顶管下穿施工对地表的微扰动。所以在浅覆土施工时，由于覆土荷载减小，使开挖面压力允许的管理幅度缩小，即使少量的误差，也可能给开挖面稳定带来很大影响，结合以上研究成果，浅覆土施工始发土仓压力计算宜取高于静止土压力20Kpa~30Kpa。

## 6.7 穿越特、一级风险源

**6.7.2** 特、一级风险源一般为既有铁路、地铁结构、桥梁及重要的建筑物等，根据北京市相关要求，穿越前需对穿越风险源顶管施工进行评估，评估顶管施工对风险源的影响；穿越前根据穿越的风险源不同，评估确定的变形控制值，结合风险源的专业特点及权属单位相关技术要求，编制具体的穿越专项方案（含应急预案）；专项方案必须报风险源的权属部门审批认可，如穿越既有地铁结构，要报地铁运营单位审批认可。

**6.7.4** 为了保证安全顺利穿越特、一级风险源，根据现场实际情况，设穿越前顶进试验段，同时在试验段设置监测断面。通过分析地层变形情况、顶力变化情况，确定减租触变泥浆配比、土仓压力、顶力等顶进参数。

**6.7.5** 穿越特、一级风险源顶进时，要控制顶进速度，速度时快时慢可能会导致地层变形过大，通过对昌平线南延矩形顶管施工地层变形及顶进参数进行分析，顶进速度控制在10 mm/min～20 mm/min之间对地层变化影响较小，且比较稳定。

**7 质量检验与验收**

## 7.1 一般规定

**7.1.2** 本条规定顶管工程施工质量验收基础条件是施工单位自检合格，并按检验批、分项工程、分部工程、单位工程依次如下进行：

a) 检验批是工程项目验收的基础，验收分为主控项目和一般项目；

b) 主控项目，即在矩形顶管工程中对结构安全和使用功能起决定性作用的检验项目；

c) 一般项目，即除主控项目以外的检验项目，通常为现场实测实量的检验项目又称为允许偏差项目。检查方法和检查数量在相关条文中规定，检查数量未规定者，即为全数检查；

d) 工程的外观质量应由质量验收人员通过现场检查共同确认，这是考虑外观（观感）质量通常是定性的结论，应由验收人员共同确认。

检验批质量验收合格符合下列规定：

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。

分项工程质量验收合格符合下列规定：

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。

分部工程质量验收合格符合下列规定：

1 分部工程所含分项工程的质量验收全部合格；

2 质量控制资料完整；

3 分部工程中，地基基础处理、桩基础检测混凝土强度、混凝土抗渗等的检验和抽样检测结果符合现行标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79及本标准的有关规定；

## 7.2 管节现场质量检验

**主控项目**

**7.2.3** 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可按表7.2.3分为严重缺陷和一般缺陷。

对已经出现的严重缺陷，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，技术处理方案经原设计单位认可。经处理的部位重新检查验收。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，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。经处理的部位重新检查验收。

表7.2.3 预制管节外观质量缺陷

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 现象 | 严重缺陷 | 一般缺陷 |
| 1 | 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 |
| 2 | 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 |
| 3 | 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 |
| 4 | 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其他部 |
| 5 | 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 |
|  |  |  |  |  |
| 续表7.2.3 |
| 序号 | 名称 | 现象 | 严重缺陷 | 一般缺陷 |
| 6 | 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 |
| 7 | 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 |
| 8 | 外形缺陷 | 缺棱掉角、棱角不直、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 |
| 9 | 外表缺陷 | 构件表面麻面、掉皮、起砂、沾污等 | 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 |