|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 93.020 |
| CCS | P 26 |

|  |
| --- |
| 42 |

湖北省地方标准

DBXX/TXXXX—XXXX

矩形顶管法施工技术规程

Technical regulation for rectangle pipejacking

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

|  |  |
| --- | --- |
| 湖北省住房和城乡建设厅 | 联 合 发 布 |
| 湖北省市场监督管理局 |

目次

[前言 III](#_Toc100145149)

[引言 IV](#_Toc100145150)

[1 范围 1](#_Toc100145151)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc100145152)

[3 术语和定义 1](#_Toc100145153)

[4 符号 2](#_Toc100145154)

[5 总则 3](#_Toc100145159)

[6 基本规定 3](#_Toc100145160)

[7 管节顶进施工 4](#_Toc100145161)

[7.1 一般规定 4](#_Toc100145162)

[7.2 顶管机始发 4](#_Toc100145163)

[7.3 管节安装 5](#_Toc100145164)

[7.4 管道顶进 5](#_Toc100145165)

[7.5 渣土改良及外运 8](#_Toc100145166)

[7.6 顶管纠偏控制 8](#_Toc100145167)

[7.7 地面隆沉控制 8](#_Toc100145168)

[7.8 顶管机接收 8](#_Toc100145169)

[8 特殊地段顶管施工 9](#_Toc100145170)

[8.1 一般规定 9](#_Toc100145171)

[8.2 浅覆土段施工 9](#_Toc100145172)

[8.3 穿越建（构）筑物施工 9](#_Toc100145173)

[8.4 突遇不明障碍物施工 10](#_Toc100145174)

[8.5 特殊地层施工 10](#_Toc100145175)

[9 管节注浆 10](#_Toc100145176)

[9.1 一般规定 11](#_Toc100145177)

[9.2 注浆减阻 11](#_Toc100145178)

[9.3 触变泥浆材料及配比 11](#_Toc100145179)

[9.4 浆液置换 11](#_Toc100145180)

[9.5 注浆质量控制 11](#_Toc100145181)

[10 管节防水 12](#_Toc100145182)

[10.1 一般规定 12](#_Toc100145183)

[10.2 管节接口防水要求 12](#_Toc100145184)

[11 施工测量 12](#_Toc100145185)

[11.1 一般规定 12](#_Toc100145186)

[11.2 施工测量 13](#_Toc100145187)

[12 工程监测 14](#_Toc100145188)

[12.1 一般规定 14](#_Toc100145189)

[12.2 监测项目 14](#_Toc100145190)

[12.3 监测布点 14](#_Toc100145191)

[12.5 信息化施工 16](#_Toc100145192)

[13 质量验收 16](#_Toc100145193)

[13.1 基本规定 16](#_Toc100145194)

[13.2 质量验收 17](#_Toc100145195)

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口管理。

本文件起草单位：武汉市市政工程质量监督站、武汉市市政集团有限公司。

本文件主要起草人：李景成、唐传政、邹伟彪、肖铭钊、匡文亮、蔡兵华、李忠超、冯恒。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：mail.hbszjt.net.cn。在执行过程中如有意见和建议请邮寄武汉市市政工程质量监督站，联系电话：027-65660003，邮箱：466121728@qq.com。

1. 引言

根据《省市场监督局关于下达2020年度湖北省地方标准制修订项目计划（第二批）的通知》（鄂市监标函〔2020〕214号）的要求，由武汉市市政工程质量监督站、武汉市市政建设集团有限公司为主编单位，会同有关单位共同编制而成的。在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，认真总结了湖北省地区运用矩形顶管施工技术的成果，并在广泛征求意见的基础上，通过反复讨论、修改和完善，最终经审查定稿。

本规程共分13章，主要内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、符号、总则、基本规定、管节顶进施工、特殊地段顶管施工、管节注浆、管节防水、施工测量、工程监测、质量验收等。

矩形顶管法施工技术规程

* 1. 范围

本文件规定了湖北省矩形顶管施工、监测、质量检验及验收的基本技术要求。

本文件适用于预制矩形顶管工程的施工、监测、质量检验及验收。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12897国家一、二等水准测量规范

GB/T 21873 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 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50026 工程测量标准

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范

GB 55003 建筑与市政地基基础通用规范

CJJ 56市政工程勘察规范

JGJ 120建筑基坑支护技术规程

DB42/169岩土工程勘察工作规程

DB42/242建筑地基基础技术规范

DB42/T159基坑工程技术规程

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

矩形顶管 rectangular pipe jacking

借助顶推切削装置，将矩形断面的管道在地下逐节顶进的非开挖施工技术。

顶管井 shaft

用于顶管作业时始发或到达所需要的地下作业空间结构，包括始发井和接收井。

始发井 launchshaft

顶管始发端放置顶进设备并进行顶进作业的地下作业空间结构。

接收井 arrivalshaft

顶管终端接收顶管机的地下作业空间结构。

顶管机 pipe jacking machine

安装在顶进管道最前段用于掘进、出泥和导向的并带动力的顶管装置。

导轨 guiderail

固定于工作井井底、用于支承顶管机和管节的轨道，在顶管初始段有导向的作用。

后背墙 reactionwall

工作井中承受顶力的结构体。

后座 Thrust wall

安装在主油缸与后背墙之间用于扩大受力面积的构件。

顶铁 Pressure Distribution Ring

顶铁是放置于千斤顶和被顶管道之间的传力装置，分环形顶铁和其他顶铁。环形顶铁放置于管节尾部用于向管道传力的环形装置，确保管道受力均匀，是顶管必需的装置。

始发 Launching

顶管机由工作井进入土体向前顶进的过程。

接收 Receiving

顶管机向前顶进进入接收井的过程。

触变泥浆 Thixotropic Slurry

以膨润土和水拌合、用于注入管节和土体之间空隙起到润滑减阻及填充作用的泥浆材料。

土压平衡式矩形顶管 Earth Pressure Balanced Rectangular Pipe Jacking

由螺旋机出土，并利用搅拌土体压力或压缩空气压力平衡水土压力的机械掘进顶管施工方法。

泥水平衡式矩形顶管 Slurry Balanced Rectangular Pipe Jacking

由泥水循环出土，并利用泥水压力平衡水土压力的机械掘进顶管施工方法。

顶力 Jacking Force

推进整个管道系统和相关机械设备向前运动的作用力。

* 1. 符号
		1. 管道结构上的作用和土的性质
		*c*——土的黏聚力（kN/m³）；

*P*——总顶力（kN）；

*Pz*——注浆压力（kPa）；

*γ*——土的天然重度（kN/m³）；

*μ*——管节自重摩擦系数；
$q\_{f}$——管道外壁与土体接触面的摩阻力，单位kPa；

*F1*——设计允许顶力（kN）；

*F2*——顶管机的迎面阻力（kN）；

*Mβ*——测角中误差；

*φ*——土体内摩擦角（°）；

*W*——管节单位重量（kN/m）；

* + 1. 几何参数
		*b*——管节宽度（m）；

*C*——顶管外周长（m）

*L*——管道顶进长度（m）；

*a*——管节长（m）；

*b*——管节款（m）；

*S*——刀盘的面积（m2）

*L'*——中继间的间隔距离（m）；

*h*——管道轴线埋深（m）；

* + 1. 计算系数
		*f*——单位摩阻力（kPa）；

*Ka*——主动土压力系数；

*k1*——顶力系数，宜取0.5～0.6；

*k2*——注浆压力系数，宜取0.8～1.2。

* + 1. 其他
		*fβ*——导线环角度闭合差或附和导线的方位角闭合差（"）；

*N*——导线环或附合导线的个数；

*n*——计算fβ时的角度个数。

* 1. 总则

为规范湖北省矩形顶管施工、监测及质量检验，做到技术先进、经济合理、安全可靠，确保质量，保护环境而制定本规程。

矩形顶管工程应根据本地区工程地质、水文地质、周边环境及施工条件等因素，合理选择矩形顶管施工设备，精心组织施工，严格监控。

矩形顶管的施工、监测与检验验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行的有关技术标准规范的规定。

* 1. 基本规定

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

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

对顶管施工引起的地表变形和对周边环境的影响，应事先做出充分的预测。当预计难以确保地面建（构）筑物、道路交通和地下管线的正常使用时，应制定有效的监测和保护措施。

工程所用的管材、矩形顶管附件、构（配）件和主要原材料等产品进入施工现场时应进行进场验收并妥善保管。进场验收时应检查每批产品的质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检报告等，并按国家有关标准规定进行复验，验收合格后方可使用，主体结构管节质量应满足设计使用年限要求。

施工临时设施应根据工程特点合理设置。对不宜间断施工的项目，应有备用动力和设备，管道内应合理配置通风、供电、照明等装置。

顶管施工前，应对施工场地进行硬化，并对地基承载力进行复核，场地应满足顶管机设备及管节吊装要求。

顶管穿越河道或富水地层时，应复核管节、管道抗浮安全。

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

顶管施工前应完成工作井施工并通过质量验收，验收合格后，方可投入使用。

* 1. 管节顶进施工
		1. 一般规定

顶管井的施工和验收应满足相应规范的要求，井内降水和防水措施应满足设计要求。

管道内的照明应与动力电源分开，设置独立照明电源，照明电源应采用双低压，电压不宜大于36V；管道内应设置通风系统和有毒气体报警器。

施工时宜建立良好的通讯网络和视频监控系统，保证控制室、顶管内及地表作业区的通讯畅通。

顶管施工应采取触变泥浆减阻措施，其配比应由现场试验确定。管道外壁如未设计有防腐或减阻措施，宜增加涂刷石蜡等减阻涂料。

所有使用的设备应按规定定期检查、维修和保养，并作好记录。

辅助设备应满足施工技术要求和安全、文明施工要求。

根据工程设计、施工方法和水文地质等条件，对邻近建（构）筑物、管线采取土体加固措施或其他保护措施。

* + 1. 顶管机始发

始发前应对顶管机下软弱土层进行处理。

工作井后背墙混凝土强度达到设计要求，其表面应与顶进轴线垂直，表面平整。

顶进前应查明工作井周围的地表水以及地下水情况~~,~~，做好工作井周围及坑内的明水排放；顶进前对洞门进行探孔，查明地下水、洞门土体加固及有毒有害气体等情况，确定是否具备始发条件。

顶管机掘进前如需破除洞门，应在节点验收后进行。

洞门破除前，应对洞门外经改良后的土体进行质量检测，合格后方可进行洞门破除；应制定洞门围护结构破除方案，顶管始发时应采取密封措施，保证始发安全。

顶管机吊装的起重设备应经有关部门检验合格方可使用，吊装作业人员应严格按照国家和行业有关安全技术标准作业，顶管机组装应按作业安全操作规程和组装方案进行。

始发掘进前，顶铁应进行安全验算，后座垫铁的立面面积应根据顶力、井壁厚度及强度、土层的承载力综合确定。

始发掘进时，应对顶管机姿态进行复核。应采取措施防止顶管机出洞时发生磕头现象。

顶管机机头进入原状土体后，应进行洞门圈间隙的封堵和填充注浆。注浆完成后方可掘进。

顶管顶进时应控制顶管机姿态和推力，加强监测，并应根据监测结果调整掘进参数。

* + 1. 管节安装

7.3.1 管节起重设备吊装前，应制定相应的安全专项施工方案，经论证通过后方可实施。

7.3.2 管节安装的起重机械经有关部门检测合格后方可使用，起重作业人员应持证上岗，并严格遵守国家和行业有关安全技术标准。

7.3.3 在起吊范围内应划定警戒区域，设置警告区标志、标线和围挡，禁止吊装过程中人员靠近作业范围。

7.3.4 起吊前，应对管节外观、尺寸、混凝土强度、钢套环、楔形橡胶条、嵌缝板等进行验收。

7.3.5 起吊过长、过大、过重等大型管节时，应先进行试吊，离地高度不高于0.2m，经检查确认吊机、吊具等安全可靠后，方可起吊作业。

7.3.6 管节吊装过程中应轻翻、轻吊、轻装，严禁碰撞，不得损坏管节承口、插口等部位。

7.3.7 管节安装时应与前管节接口对位校准，严防对位失准顶进损坏管节和防水密封条。

7.3.8 第一节管节下到导轨上时，应测量管节中线及前后管底高程，校核导轨安装的准确性；后续顶进中，宜每次顶进复核轴线和高程，及时纠偏。

7.3.9 前后管节安装高差及水平误差应控制在允许范围内。

7.3.10 顶管接口应保证顶管接口处橡胶圈位置准确。

7.3.11 应依据施工方案和安装工艺要求逐节安装、及时顶进。

* + 1. 管道顶进

矩形顶管总顶力为迎面阻力和顶管周边摩擦力之和，可按下式（1）估算：

 $P=Skaγℎ+（qfC+Wμ）L$ ()

式中：

*P*——总顶力（kN）；

*S*——刀盘面积（m2）；

*γ*——土的天然重度（kN/m³）

*L*——管道顶进长度（m）；

*qf*——管道外壁与土体接触面的摩阻力（kPa），参考表1；

*C*——顶管外周长（m）；

*W*——管节单位重量（kN/m）；

*μ*——管节自重摩擦系数。

1. 管节与土体接触面的摩阻力 （单位：kPa）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 软黏土 | 粉性土 | 粉细砂 | 中粗砂 |
| 混凝土与土体 | 3.0-5.0 | 5.0-8.0 | 8.0-11.0 | 11.0-16.0 |
| 钢与土体 | 3.0-4.0 | 4.0-7.0 | 7.0-10.0 | 10.0-13.0 |

施工顶力应综合考虑管节尺寸、材质、重量和水文地质与顶进长度等因素计算确定，施工设备的顶进能力应大于1.5倍顶进阻力。工作井后背墙和管节的允许顶力应按最大顶力进行设计。

千斤顶的配置及安装应符合下列要求：

1. 千斤顶的规格和数量应根据施工最大顶力确定，千斤顶的数量应为偶数；
2. 顶管支架安装应使千斤顶的合力中心线与顶进管道中心的铅锤线重合；
3. 千斤顶及配件应按照施工工艺要求安装，安装完成后应逐一调试。

液压泵站应符合下列要求：

1. 液压泵站应与千斤顶相配套，并应有备用油泵，油泵流量应满足顶进要求；
2. 液压泵站宜设置在千斤顶附近，油管应顺直；
3. 液压泵站安装完毕应进行运转调试；
4. 液压泵站内应保证充足的润滑油，注油管路应畅通；
5. 液压泵及千斤顶应按规定保养维修。

顶铁配置应符合下列要求：

1. 顶铁应配置环形顶铁，并与管节直接接触，过渡顶铁宜选择“U”型顶铁；
2. 顶铁的宽度不宜超过管节宽度；
3. 顶铁的刚度及稳定性应满足要求；
4. 顶铁与管口之间接触面应衬垫缓冲材料。
5. 顶铁轨道应定期检查测量，确保顶推精度及顶铁受力均匀。

顶进施工应符合下列规定：

1. 施工前，应对顶进油缸进行检测和校准。顶进过程中，宜对顶进油缸和纠偏油缸分别进行合理编组，并依据地层条件控制油缸压力值。合理控制顶管顶进姿态，及时纠偏。
2. 顶进、开挖、出土的作业顺序和顶进参数应根据土质条件、周围环境控制要求、顶进方法、各项顶进参数、监控数据和顶管机工作性能等调整，严格控制施工参数。
3. 顶进过程中，应保证顶管机及配套设备、注浆系统、通风设备、运输设备、供电系统和管节吊装等正常运转。顶进过程中应监控量测，实施信息化施工，确保开挖和顶进工作面的土体稳定和土（泥水）压力平衡，并控制顶进速度、切削土体和出土量，做到均衡施工，应避免在顶进中过长停歇，减少土体扰动和地层变形。
4. 止退装置应与管节可靠连接，采取合理的止退技术措施，防止主顶油缸回缩时，机头和管节一起后退。
5. 初始顶进阶段，应控制顶进的速度和方向，加强测量的频率和精度，减小轴线偏差，宜慢速顶进，逐渐增大正面土压力。
6. 管节顶进过程中，应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则，控制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。
7. 进入接收井前应提前进行顶管机位置和姿态测量，并根据进口位置进行调整。
8. 在软土层顶进中，宜将前3～5节管节连成整体。

顶管施工应保证连续顶进，停机时间不宜过长；出现以下突发状况时应停止顶进，并采取相应的技术措施：

1. 顶管机遇障碍物；
2. 工作井后背墙相对变形超限；
3. 设备出现故障或损坏；
4. 管节轴线偏差过大或纠偏无效；
5. 管节渗水严重或管节出现裂纹；
6. 地层、周边管线和建（构）筑物突然发生较大变形或变形量超过控制值；
7. 顶铁发生扭曲现象；
8. 顶力超过管端的允许顶力。

在坚硬土质中顶进时，土压力不应小于最低的平衡值，防止突发停电等事故后刀盘难以再次转动。

泥水平衡顶管机顶进应符合下列要求：

1. 泥水平衡式顶管机适用于淤泥质土、粉土、砂土、砾石层等地层；对于渗透系数大于10-2cm/s的砂砾土或塑性指数Ip大于25的黏性土等地层，应论证其适用性；
2. 顶进时应定期检查循环泥浆黏度，应控制为22s~35s；
3. 顶进前应检查泥水压力，泥水压力应高出地下水土压力20kPa~40kPa；先内循环，微调泥水压力待稳定正常后，再外循环正常顶进；
4. 根据现场条件设置泥浆沉淀箱或泥浆沉淀池，宜使用泥水处理器对泥水进行分离；
5. 每段管节正常顶进完成后，在停机前宜泥水内循环2~3分钟。

土压平衡顶管机顶进应符合下列要求：

1. 土压平衡式顶管机适用于渗透性较差的淤泥质黏土、黏土、粉质黏土等黏性土地层；对于渗透性较好、高水压的粉土、砂性土等富水地层，应论证其适用性；
2. 土压平衡顶进时，严格控制出土量，保证顶管机前端土压力平衡；
3. 在含水量少的土层顶进排泥困难时，应向泥土舱注水或加气，增加切削土体的流动性；
4. 在黏性土层中顶进时，宜适量加入分散剂，降低土体的黏稠度；
5. 每段管节顶进完成时，在停止顶进后应继续转动刀盘将泥土舱内土体搅拌均匀，防止后续顶进受力不均匀、方向致偏；
6. 土压力值应设定在静止土压力值（或主动土压力）与被动土压力之间。

施工最大顶力超过允许顶力时，应采取增设中继间等施工技术措施。

中继间的设置应根据估算总顶力、管节允许顶力、工作井允许顶力和主顶千斤顶的顶力确定。

中继间的构造应符合下列要求：

1. 中继间内部结构拆除后的结构强度不应低于管道的结构强度；
2. 中继间的外径应和管道外径相同；
3. 中继间千斤顶应予以固定，防止旋转；
4. 中继间的止水橡胶圈应耐磨，止水橡胶圈还应方便更换。

中继间密封装置应具有良好的密封性、耐磨性和较长的寿命，应避免浆液、地下水、砂子或者土颗粒等进入中继间外壳和其后部的管节之间，可通过注油管定期地向内外弹性密封环之间以及密封环的外部注入油脂润滑。

中继间宜采用组合式密封形式。中继间在进场时应进行检验，合格后方可进行安装, 安装完成并验收合格后方可使用。

第一道中继间宜布置在顶管机后方30～50米处。

后续中继间的间隔距离宜按下式（2）计算确定：

 $L'=\frac{k\_{1}（F\_{1}−F\_{2}）}{2qf（a+b）}$ ()

式中：

*L'*——中继间的间隔距离(m)；

*F1*——设计允许顶力(kN)；

*F2*——顶管机的迎面阻力(kN)；

*a*——管节长 (m)；

*b*——管节宽 (m)；

*k1*——顶力系数，宜取0.5~0.6。

中继间的闭合应按设计要求进行处理，中继间设置和启用应符合下列要求：

1. 当总推力达到中继间总推力40%-60%时，宜设置第一个中继间；
2. 每当达到中继间总推力的70%-80%时，宜增设一个中继间；
3. 当总推力达到中继间总推力的90%时，宜启用中继间。

中继间的安装、运行、拆除应符合下列规定：

1. 中继间壳体应有足够的刚度，其千斤顶的数量应根据该段施工长度的顶力计算确定，并应沿周长均匀分布安装，其伸缩行程应满足施工和中继间结构受力的要求。
2. 中继间外壳在伸缩时，滑动部分应具有止水性和耐磨性，且滑动时无阻滞。
3. 中继间安装前应检查各部件，确认正常后方可安装；安装完毕应通过试运转检验后方可使用。
4. 中继间的启动和拆除应由前向后依次进行。
5. 拆除中继间时，应采取对接接头的措施；中继间的外壳应在安装前进行防腐处理。

顶管机完成单次顶进后，应进行必要的检修和维保。

* + 1. 渣土改良及外运

顶管机顶进时，可根据现场地质条件确定渣土改良添加剂类型；

土压平衡式顶管可采用轨道运泥车或采用转换装置形成泥浆并通过管道排泥，也可采用土砂泵直接管道出泥。

泥水平衡顶管宜使用管道输送泥水，并应按需要设置接力泵；泥水宜循环使用，节约用水。

泥水平衡顶管排放泥浆时，应设置泥浆池或泥浆箱。

施工场地内应设置临时的渣土存放场地，场地存土量不宜小于顶进3节管节排土量，且存土场地满足环保要求，渣土及时外运。

管内运土宜用轨道车，将渣土运送至工作井，通过履带式起重机或门式起重机吊等方式吊出工作井，倒入渣土坑或集中处理后外运。

* + 1. 顶管纠偏控制

顶管顶进时应采取抗扭措施，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。

顶管在正常顶进过程中，应密切关注顶进轴线的控制，在每节管节顶进结束后，应进行机头的姿态测量，应增加测量频率，勤纠偏，微纠偏，以免土体出现较大扰动及管节出现张角。

顶进轴线控制应符合设计及相应规范的要求。

根据设计轴线、实测轴线、顶管机姿态及趋势结合测量数据变化进行纠偏。

顶进过程中宜绘制顶管机水平与高程轨迹图、顶力变化曲线图。

顶进偏差稳定在±3mm/m时，应停止纠偏。

顶进过程中可通过纠偏泵向管节外加注泥浆调整轴线偏差。

* + 1. 地面隆沉控制

施工过程中应进行实时监测和信息化施工，根据监测数据及时调整施工参数。

顶管施工引起地表隆沉变形不应超过设计和相关规范的要求。

顶管机尾部后方的管节压浆孔应及时有效的进行同步注浆，确保能形成完整的泥浆套；注浆时应遵循“先压后顶，边压边顶”的原则，管道内沿线的压浆孔应及时补浆，严格控制注浆压力及注浆量。

管道顶进时应严格控制管节渗漏。当出现渗漏时，应采取堵漏措施。

顶管停机后应保持机头前方土仓（泥仓）压力。

定期检查和保养止退装置及油缸，避免因管道后退引起地面沉降。

顶管结束后应采用水泥浆对泥浆套进行置换。

* + 1. 顶管机接收

洞口应预先进行处理，清除钢筋混凝土障碍物，并校核洞口的位置。

顶管接收基座应按设计轴线准确放样，宜井下拼装。接收轨道水平轴线的垂直方向与后靠架的夹角偏差＜±2‰，顶管姿态与设计轴线竖直趋势偏差＜2‰，水平趋势偏差＜±3‰。

顶管机进入接收井洞口和加固区时，顶进速度不宜大于10mm/min。

顶管机和管节进入接收井后，应及时对顶管管道与洞口间的空隙进行填充止水处理。

顶管机解体前，应制定解体方案，准备相应的设备和工具。顶管机解体后，应对各部件进行检查，并对液压系统和电气系统进行标识，对已拆卸的零部件进行清理。

* 1. 特殊地段顶管施工
		1. 一般规定

本章节适用于特殊地段如浅覆土段施工、穿越建（构）筑物施工、突遇不明障碍物施工及特殊地层施工等工程。

施工前应对现场进行踏勘，对建设单位提供的工程沿线的有关工程地质、水文地质和周围环境情况以及沿线的地下与地上管线，周边建（构）筑物、障碍物及其它设施的详细资料进行核实，必要时可采用地质雷达、人工探坑等手段进行勘探确定。

施工前应编制专项施工方案，专项施工方案经相关单位审批通过后方可实施。

根据现场实际情况和土质条件，合理选择施工工艺和施工方法。

施工前应根据工程水文地质条件、现场施工条件、周围环境等因素，进行安全风险评估；并制定防止事故发生以及事故处理的应急预案，备足应急抢险设备、器材等物资。

* + 1. 浅覆土段施工

浅覆土段矩形顶管顶进指矩形顶管上覆土层厚度小于1倍顶管管节高度的情况。

浅覆土段矩形顶管施工可采取地面堆载等措施控制顶管机抬头和地面隆起；软弱土层中应适当减小注浆压力，避免出现地面冒浆等问题，必要时可进行土体加固处理。

在顶进工作井中安装顶管机时，中线及高程偏差应控制在±10mm以内。

矩形顶管机始发顶进前应做好姿态控制。

始发前应做好管节限位装置。

始发前应在管节外壁采取均匀刷蜡等减摩减阻措施。

始发前应做好沉降变形控制措施，如安装专用（土砂）泵等装置，如有沉降及时注泥填充，将沉降控制在允许范围以内。

初始顶进阶段，顶进速度不宜过快，宜控制在10mm/min以内；正常顶进时宜匀速顶进，速度宜控制在20mm/min~30mm/min以内。

机头顶进后应与后面3~5节管节纵向连接。

顶进过程中应及时测量、控制沉降和方向。

顶进完成后应及时对已完成管节进行整体刚性连接。

顶进完成后应及时施工两端洞门环梁。

* + 1. 穿越建（构）筑物施工

在穿越建（构）筑物条件下顶进施工应满足相应的技术要求规定，并符合下列规定：

1. 顶管下穿铁路或者公路时，应符合铁路或公路行业的相关安全技术规定；
2. 顶管下穿沟渠时应防止冒顶和倒灌，合理控制土压、顶管姿态、顶进速度，严格控制注浆压力及时注浆，严防管节渗漏水；
3. 顶管下穿桥梁、大型管网、建（构）筑物时，应制定专项的保护方案，报权属部门审批认可后采取相应的安全技术措施，满足相应的安全技术规定；
4. 顶管穿越地铁隧道时，应符合轨道交通安全技术规定，并采取相应的保护方案，报权属部门审批认可，制定相应的应急措施；
5. 顶管穿越水平定向钻的压力管或电力管线时，应调查清楚管线的空间形态，制定相应的安全施工措施，并满足相关安全技术规定。

穿越前应对顶管机进行保养和维护。

穿越前应对建（构）筑物的基础高程进行核对，确认是否与管线有重叠部分。

穿越前应对地面建（构）筑物进行安全风险辨识，必要时应对重要的建（构）筑物进行加固保护处理。

应确保矩形顶管机与建（构）筑物的立体空间满足顶管施工要求。

穿越建（构）筑物时，应匀速顶进；速度应控制在10mm/min以内。

穿越建（构）筑物时，应加强四周地表及建（构）筑物监测，及时采取应对措施。

穿越建（构）筑物后，应持续监测直至变形稳定，且监测时间不少于3个月，必要时做好后期的加固工作。

* + 1. 突遇不明障碍物施工

顶进过程中，若刀盘扭矩和电流出现异常，应立即停止顶进，查看刀盘前方是否存在障碍物。并综合顶进及刀盘试转情况，查明障碍物位置、性质及其它。

可用仪器查明障碍物是否安全或对人体有害。

对经过刀盘的多次运转已经进入螺旋输送口的较小障碍物，宜在搅笼口下方开口将障碍物移除。

在采取可靠的措施确保掌子面安全稳定的条件下，可从矩形顶管机两侧检查口进入泥仓，对障碍物进行处理，应注意前方土体的安全。

对在泥仓内无法处理的障碍物，在确定其准确位置后，可采取开天窗等方案处理障碍物。顶进施工完后，应对天窗段进行加固处理。

* + 1. 特殊地层施工

对于岩溶发育地域、红黏土层、渗透系数较大的砂层和砂砾层应视为特殊地层；

砂层采用土体改良方法，在刀盘前方注送添加剂泥浆，使砂层变成混合状态，从螺旋输送机排出；

在地下水丰富的砂层中顶进施工时，应采取以下技术措施：

1. 在渗透系数大于10-2cm/s的粗砂和砂砾层中，宜采用高分子化学添加剂进行渣土改良；
2. 触变泥浆中应加入化学添加剂，优化泥浆润滑性能；
3. 每节管节都应设置注浆孔，并进行管节减阻注浆；
4. 局部超挖部分，应及时采用土砂泵等注泥填充；
5. 应做好砂层突涌等情况的应急预案，原则上应保持连续施工。

岩溶发育区域顶进，应勘探顶进路径的溶洞发育情况，查明溶洞边界，对施工有影响的溶洞应进行加固处理。

流塑状红黏土层顶进应控制顶进参数，防止机头下沉，必要时应对红黏土进行加固处理。

对塑性指数Ip大于25的黏土层，应制定防止结泥饼的措施。

* 1. 管节注浆
		1. 一般规定

顶管管节壁后减阻注浆材料宜选取钠基膨润土，必要时可添加纯碱和高分子化学聚合物。

触变泥浆应在机头进入土体具备注浆条件后立即开始注浆。

注浆压力应高出水土压力20kPa。

顶管前3节保持顶进中应连续注浆，后节段可采取循环式补浆。

* + 1. 注浆减阻

在管道外壁压注触变泥浆，使其四周形成一圈泥浆套以达到减阻效果，在施工期间应保证泥浆不失水、不沉淀、不固结；顶管施工所用触变泥浆的性能，主要由以下6个指标来控制：比重、静切力、黏度、失水量、稳定性、PH值。

触变泥浆压注管路布置应符合下列规定：

1. 压注浆管路应在每节独立控制，根据实际数据情况控制不同管节的压浆量；
2. 长距离顶管宜采用两套压浆管路，配置两套不同配方的浆液；长距离顶管应在总管沿线设置中间接力泵站。

顶管机尾部后方管节应设置不少于4个连续同步注浆断面，同步注浆量应根据实际情况确定。注浆压力控制应符合式（3）要求：

 $Pz=k\_{2}γℎ$ ()

式中：

Pz——注浆压力（kPa）；

k2——注浆压力系数，宜取0.8~1.2；

γ——土的天然重度（kN/m3）；

h——管道轴线埋深（m）。

注浆泵的压力和流量应满足顶管尺寸、埋深和顶进长度的要求，总管宜采用直径不小于50mm的钢管，支管宜采用直径不小于25mm的耐压橡胶管。每个注浆孔应设置球阀，并应在管道上设置压力表。

工作井、接收井洞口井壁宜预埋注浆管，用于补充注浆。

应根据注浆量和注浆压力控制同步注浆过程，注浆速度应根据注浆量和掘进速度确定。

注浆压力应根据地质条件、注浆方式、管节强度、设备性能、浆液特性和顶管埋深等因素确定。

注浆前应对注浆设备进行调试，检查注浆孔和注浆管路。

土压平衡式顶管若采用轨道运泥车出渣时，轨道前端管节底部注浆量要充分。

* + 1. 触变泥浆材料及配比

注浆材料的强度、流动性、可填充性、凝结时间、收缩率和环保等满足施工要求。

根据注浆要求，应通过试验确定注浆材料和配比；可按现场地质条件，工程环境等因素选用单液或双液注浆。泥浆应充分搅拌水化，泥浆搅拌完成宜放置24h后再行使用。

* + 1. 浆液置换

合理制定浆液置换的工艺，并根据注浆效果和沉降监测调整注浆参数。

置换浆液宜采用水泥浆，水泥浆比重应根据现场试验确定。

注浆设备宜配备可自动记录注浆量、注浆压力和注浆时间等参数的仪器。

置换注浆应连续进行，作业后及时清洗注浆设备和管路。

置换注浆完成后，确认水泥浆凝固不漏水，拆除泥浆支管，封堵支管洞口。

* + 1. 注浆质量控制

顶进时注浆要及时，确保形成完整的泥浆套，应遵循“先压后顶、边压边顶、及时补浆”的原则。

根据施工程序，严把配料、注浆压力、注浆量关，每一道工序应安排专人负责，并记录每一道工序的原始数据。

每次注浆前，应认真检查安全阀、压力表的灵敏度。

安装注浆管路和配套部件时，应检查各丝扣的联接，确保联接拧紧。

注浆时不得随意停水停电。

注浆施工期间，应有专门机电修理工，确保机械和电器出现故障时能及时处理

* 1. 管节防水
		1. 一般规定

本章节适用于矩形钢筋混凝土管节承插口接口防水工程。

预制管节所用混凝土等材料的强度等级、防渗等级应满足规范及设计要求。

管节外观无蜂窝、麻面，表面平整。

管节钢承口焊接接缝应平整饱满。

管节接头使用的密封橡胶止水圈规格、型号应满足规范及设计要求。

管节接头使用的木垫圈应采用有弹性的木板或胶合板。

* + 1. 管节接口防水要求

管材钢承口坡口要满足接管要求。

钢套环的焊接应平整，表面应进行防腐处理。

管节接口处应表面平整，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。

橡胶圈应采用天然橡胶制作，严禁使用再生胶产品。

橡胶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。

橡胶圈应保持清洁，表面无油污、泥砂等，不得在阳光下曝晒。

密封橡胶圈材料应符合《橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈》GB/T21873规范的要求。

富水地段应采用双排密封橡胶圈。

遇有含油地下水时，宜选用丁腈橡胶圈；遇有弱酸、弱碱地下水，宜选用氯丁橡胶圈；遇有霉菌侵蚀时，宜选用防霉等级达二级或二级以上的橡胶圈。

地下水丰富的地段，应在承口内侧底部混凝土管端头处增加一道遇水膨胀止水条。

管道对接时，橡胶圈表面应使用润滑材料，润滑材料宜使用白油或洗洁精等。为防止密封橡胶圈接口老化，不得使用黄油或机油。

缓冲木垫圈材质应满足施工要求，选用有弹性的松木、杉木或胶合板。大小、长短、厚度根据管节确定。

缓冲木垫圈的压缩模量不应大于140MPa。

管道贯通后，应对接口进行密封防水处理

* 1. 施工测量
		1. 一般规定

顶进施工测量应采用基于2000国家大地坐标系的湖北省平面坐标和高程系统。

测量作业的人员资格和仪器应当满足相关规定、设计要求和相关测量技术标准。

测量作业使用的仪器和工具应根据国家行业有关标准进行校准和检定，作业前应对仪器和工具进行检查，作业中仪器状态应满足作业要求。

施工前应编制施工测量方案，明确测量范围、内容、方法和精度要求。

施工前，应对控制测量结果进行复测，施工过程中对已建成的顶进施工测量控制网应适时进行复测。

* + 1. 施工测量

顶管施工建立的地面和地下测量控制系统应符合下列规定：

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；
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。

顶管定向测量应采用激光指向法，必要时应在管内设置测站，采用导线法转站测量。

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。

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，确定纠偏措施。

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，并应及时对测量控制基准点进行复核，发生偏差时应及时纠正；
2. 掘进结束后应全线复测、绘制管道掘进轨迹图（含高程、方向、顶力曲线），并由施工技术人员检查复核；
3. 长距离矩形顶管，宜采用计算机辅助导线法（自动测量导向系统）进行测量；在矩形顶管内增设中间测站进行常规人工测量时，宜采用少设测站的长导线法，每次测量前均应对中间测站进行复核。

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。

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、变形时应及时对基准点进行调整；
2. 掘进测量控制应符合下列规定：
	1. 矩形顶管机始发前应认真测定顶管机切口的轴线和标高，与洞口数值校核。掘进中原始数据、表格应连续真实填写清楚。
	2. 交接班时应交清测量记录，将仪器对中，并交清管道轨迹和纠偏措施。
	3. 在穿越道路时，应按建设单位的要求在指定地段进行施工监测点的布置，观测掘进过程中地表变形和土体位移情况，以便采取预防措施，避免影响道路正常运行。掘进结束后应绘制施工过程和竣工后的地面变形图。
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30m应增加测量，每掘进300mm，测量不应少于1次。
	3. 每节管道掘进结束后，应进行复测。
	4. 纠偏量较大或频繁纠偏时应增加测量次数。
	5. 工程监测
		1. 一般规定

顶管工程施工应根据设计要求和建设工程及工程环境特点，对工程结构自身及其周边环境进行变形监测。

对每个单体建筑和监测对象进行不同周期变形监测时，应在基本相同的环境下采用相同的观测线路和观测方法，使用相同的经校准的仪器和设备，并应固定观测人员。

变形监测可采用几何测量、物理传感器测量方法。

变形监测网应分为平面监测网和高程监测网，并分别由基准点、工作基点和变形监测点组成。

变形测量应以中误差作为衡量精度的指标，并以二倍中误差作为极限误差。

变形监测的等级划分、精度要求和主要使用范围应符合表2的要求。

1. 变形监测的等级划分、精度要求和使用范围

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 变形监测等级 | 垂直位移监测 | 水平位移监测 | 主要使用范围 |
| 变形监测点的高程中误差（mm） | 相邻变形监测点高差中误差（mm） | 变形监测点的点位中误差（mm） |
| Ⅰ | ±0.3 | ±0.1 | ±1.5 | 精度要求较高，复杂地质条件的公共交通、市政运营结构；对变形特别敏感的超高层建筑、精密工程设施、古建筑等监测对象 |
| Ⅱ | ±0.5 | ±0.3 | ±3.0 | 市政运营结构工程；施工中的工程结构，对变形比较敏感的高程建筑及中等精度要求的监测对象 |
| Ш | ±1.0 | ±0.5 | ±6.0 | 受施工影响的一般多层建筑；地表及基坑周边和支护结构；低等精度要求的监测对象 |

* + 1. 监测项目

施工阶段变形监测的项目应包括对工程的支护结构、结构自身以及周边变形区域内的铁路、高等级公路、轨道交通等交通设施和地表道路、建筑、管线等既有市政工程等的变形监测。

变形监测过程中发生下列情况之一时，应立即实施安全预案，同时应提高观测频率或增加观测内容：

1. 变形量或变形速率出现异常变化；
2. 变形量或变形速率达到或超出变形预警值；
3. 开挖面或周边出现塌陷、滑坡；
4. 建筑本身或周边环境出现异常。
5. 由于地震、暴雨、冻融等自然灾害引起的其他变形异常情况。

建筑物主要监测内容为水平位移和垂直位移，地表主要监测内容为垂直位移，管线、市政工程主体主要监测内容为水平位移和垂直位移。

* + 1. 监测布点
			1. 监测点布设

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



1. 监测点横向布置示意图

路面沉降测量点的纵向布设应按掘进方向在距离始发井1m布设一排深度为0.5m深、且进入原状土的沉降监测点，按2m间距依次往接收井方向布设沉降监测点；

掘进施工时，应在顶管机的中部按45º角往前延伸线与监测点交汇时开始监测；

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，同时应满足设计要求和国家相关规范要求。

顶管机掘进中对地层变形的控制应符合下列规定：

1. 进行实时监测和信息化施工，发生偏差应及时纠偏，优化掘进的控制参数，使地层变形最小；
2. 采用同步注浆和补浆，应及时填充管外壁与土体之间的施工间隙，避免顶管外壁土体扰动；
3. 避免管节接口、中继间、工作井洞口及顶管机尾部等部位的水土流失和泥浆渗漏，并应确保管节接口端面完好；
4. 保持开挖量与出渣量的平衡；
5. 通过控制土压、水压平衡力来控制地面变形。

地面变形控制应符合下列规定：

1. 应根据监测数据及时调整注浆量与注浆压力；
2. 应严格遵守操作规程，及时进行测量，避免大幅度纠偏；
3. 应严格控制出渣量，不可超出设计出渣量范围；
4. 在掘进时，应加强地面变形观测并做好记录；
5. 顶管结束后应采用水泥浆置换减阻泥浆。

监测频率及报警值

变形监测项目的监测频率，应根据监测点与开挖面距离、变形速率和变形量变化关系以及施工进程确定，顶管顶进施工时宜按表3要求进行。

1. 顶进施工监测频率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 变形速度w（mm/d） | w˃10 | 5<w≤10 | 1<w≤5 | w≤1 |
| 监测频率(次/d) | 2/1d | 1/1d | 1/2d | 1/˃7d |
| 1. d为天。
 |

顶管井周边变形监测宜按表4要求进行。

1. 顶管井施工监测频率

|  |  |
| --- | --- |
| 开挖深度（m） | 顶管井设计深度（m） |
| ≤5 | 5～10 | 10～15 | 15～20 | ˃20 |
| ≤5 | 1次/1d | 1次/2d | 1次/2d | 1次/2d | 1次/3d |
| 5～10 | - | 1次/1d | 1次/1d | 1次/1d | 1次/2d |
| 10～15 | - | - | 2次/1d | 2次/1d | 2次/1d |
| 15～20 | - | - | - | 2次/1d | 2次/1d |
| ˃20 | - | - | - | - | 2次/1d |
| 1. d为天。
 |

变形监测应根据顶进施工地段岩土条件，监测对象特征，监测对象本身的允许变形值以及设计和相关规范要求制定预警标准，当实测变形值大于预警标准的2/3时，应及时上报，并启动应急预案。

* + 1. 信息化施工

顶管工程施工监测应建立变形监测信息反馈体系，根据变形体变形程度和可能产生的安全隐患，应建立不同等级监测信息的信息化反馈渠道

监测信息化平台应能进行变形监测信息数据处理和管理，宜实行监测数据采集、处理、分析、查询管理等一体化。

* 1. 质量验收
		1. 基本规定

所有顶管设备应经检验合格后方可进入施工现场，并应进行单机、整机联动调试。

施工单位应会同建设单位、监理单位将工程划分为单位工程、分部工程、分项工程和检验批，作为施工质量检查、验收的依据。

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（子单位）工程的顺序进行，并应符合下列规定：

1. 工程施工质量应符合本规程和国家与地方相关验收规范的规定；
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. 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；
5. 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收；
6. 承担检测的单位应具有相应的资质；
7. 外观质量由质量验收人员现场检查共同确认。

检验批质量验收应符合下列规定：

1. 主控项目的质量经抽样检验合格；
2. 一般项目中的实测（允许偏差）项目抽样检验的合格率应达到80%以上，且超差点的最大偏差值应在允许偏差值的1.5倍范围内；
3. 主要工程材料的进场验收和复验合格，试块、试件检验合格；
4. 主要工程材料的质量保证资料以及相关试验检测资料齐全、正确；具有完整的施工操作依据和质量检查记录。

分项工程质量验收应符合下列规定：

1. 分项工程所含的检验批的质量验收全部合格；
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。

分部工程质量验收应符合下列规定：

1. 分部工程所含分项工程的质量验收全部合格；
2. 质量控制资料应完整。

单位工程质量验收应符合下列规定：

1. 单位工程所含分部工程质量验收全部合格；
2. 质量控制资料应完整；
3. 单位工程所含分部工程有关安全及使用功能的检测资料应完整；
4. 外观质量验收应符合要求。

顶管工程质量验收不合格时，应按下列规定处理：

1. 经返工、返修或更换构件、部件的，应重新进行验收；
2. 经有相应资质的检测机构检测鉴定能够达到设计要求的，应予以验收；
3. 经有相应资质的检测机构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，可予以验收；
4. 经返修或加固处理能满足结构安全和使用功能要求，可按技术处理方案和协商文件验收。

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，不得通过验收。

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

* + 1. 质量验收

工作井的围护结构、井内结构施工质量验收标准应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的相关规定执行。

工作井应符合下列规定：

1. 主控项目
	1. 工程原材料、成品和半成品的产品质量应符合国家相关标准规定和设计要求；
	2. 工作井结构的强度、刚度和尺寸应满足设计要求；
	3. 混凝土结构的抗压强度等级、抗渗等级应符合设计要求。
2. 一般项目
	1. 结构无明显渗水现象；
	2. 顶管顶进工作井的后背墙应坚实、平整，后座与井壁后背墙联系紧密；
	3. 工作井施工的允许偏差应符合表5的规定。
3. 顶管井施工的允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | 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 |
| 每侧长、宽 | ±20 | 垂直向各1点 | 用钢尺量测 |
| 3 | 井底板高程 | ±30 | 每座 | 4点 | 用水准仪测量 |
| 4 | 工作井后背墙 | 垂直度 | 0.1%*h1* | 每座 | 1 | 用垂线、角尺量测 |
| 水平扭转度 | 0.1%*Lh* |
| 1. *h1*为后背墙的高度（mm），*Lh*为后背墙的宽度（mm）。
 |

顶管管节应符合下列规定：

1. 主控项目
	1. 管节及附件等工程材料的产品质量应符合国家有关标准的规定和设计要求；
	2. 混凝土结构的抗压强度等级、抗渗等级应符合设计要求；
	3. 管节结构表面应无贯穿裂纹。
2. 一般项目
	1. 管道内应线形平顺，无突变和变形现象；缺陷部位应修补密实、表面光洁；管道无明显渗水和水珠现象；
	2. 管道与顶管井洞口的间隙连接牢固，洞口无渗漏水；
	3. 顶进贯通后的管道允许偏差应符合设计要求，如无设计要求，可参考表13.2.3的规定。
3. 成型管道的允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | 允许偏差（mm） | 检查数量 | 检查方法 |
| 1 | 轴线平面位置 | ±100 | 5个管节/次 | 全站仪或经纬仪测量 |
| 2 | 轴线高程 | ±100 | 5个管节/次 | 全站仪或经纬仪测量 |
| 3 | 管节间错台 | 10 | 4点/管节 | 钢尺测量 |

矩形顶管法施工技术规程

条文说明

## 1 范围

1.1 矩形顶管施工在湖北省运用的越来越广泛，施工技术逐渐成熟，但是目前尚无相关施工规范对矩形顶管施工给予统一的指导及明确的质量目标，因此制定本规程是非常迫切的。

## 3 术语

3.6 导轨也可称为轨道

3.13 土压平衡式矩形顶管

外形尺寸为矩形断面，一种全断面切削土体，通过螺旋机出土，并以螺旋机搅拌土产生的土体压力来平衡水土压力的顶管施工方法。

## 5总则

5.2 此条说明本规程只针对矩形顶管施工，未将圆形顶管施工等归纳至本规程

5.3矩形顶管施工往往应用于截面尺寸较大的工程，应针对湖北省的工程水文地质条件、周边环境等因素合理选择施工设备及工艺。

## 6 基本规定

6.1 本条要求对矩形顶管施工经过的沿线周边环境了解清楚，便于采取有效的保护措施。已查明的顶管施工路径上的障碍物应当在施工前进行清除，以免施工过程中遇到障碍物，造成停机等问题。在下穿重要建筑物时，采用水平定向钻等措施可以提前探测顶管顶进路径是否存在未知的障碍物，以保证顶进施工安全顺利进行。

6.3 由于顶管工程属于地下工程，存在诸多不可预见的状况，同时施工不可避免的会产生地面隆起、沉降，影响周边建构筑物或管线，须采取监测措施。

6.4 本条规定顶管施工所需主要原材料等应符合国家有关标准的规定，同时要有检验和验收程序。

6.7应对顶管管道成型的管节和成型后的管道分别复核抗浮安全；按河床冲刷深度复核抗浮安全，管道应布置在河床冲刷深度以下不宜小于1.1倍净高，且不小于3m。

6.11本条针对施工中测量系统的建立做了说明，须建立地面及地下测量系统，保证顶管机从安装到顶进完成期间管道轴线符合设计规范要求。由于铅锤测量轴线误差太大，会严重影响顶管施工精度，所以地下测量系统不得使用铅锤法放线。

## 7 管节顶进施工

## 7.1 一般规定

7.1.2 始发时达到设计强度的管节数量不宜小于总管节数量的70%，充分保证顶管顶进需求，避免顶进中因为管节不足导致停机，增加顶管的风险;顶管管节宜平放于坚实的地面，并选用缓冲材料下垫，不宜多层叠放，避免损坏管节承插口。

7.1.3基坑内设置排水沟和集水井进行集水明排，并在基坑外设置连通的截水沟和挡水坎。

1. 截水沟（挡水坎）：基坑顶外侧设置截水沟和挡水坎截断外界地表水、雨水，基坑开挖面内以集水明排的方法排除坑内渗出的地下水。
2. 集水明排：在基坑的四周设置排水明沟，基坑对角两处设置集水井，使基坑渗出的地下水通过排水明沟汇集于集水井内，然后用水泵排出基坑以外。
3. 水泵：每个集水井内放置1台高扬程潜水水泵，保证及时排出坑内积水，确保基坑稳定（现场另备1台高扬程潜水水泵，防止因水泵故障中断基坑排水）。
4. 排水注意事项
	1. 根据开挖分段进展情况，排水沟及集水井要随开挖随施工，并随基坑开挖深度的加深同步进行保证基坑内有水随时能抽到地面。
	2. 排水泵接电严格按照施工临时用电规范要求操作，严禁无证操作、违章操作，以免造成触电事故。
	3. 排水沟内淤泥、杂物要安排专人及时清理，以免水泵抽水时堵泵烧坏水泵。
	4. 如基坑内部分水无法汇入主排水沟，可采用小沟引流的方法引至主排水沟再汇入集水井。

7.1.4 照明变压器应使用双绕组型安全隔离变压器，严禁使用自耦变压器，特别潮湿环境下，电源电压不应大于12V。顶管施工全过程应采取通风措施，送风口宜设置在距离顶管机12m~15m处，供气量应不小于30m³/h·人，出口空气质量应符合环保要求，对顶进距离较长的管道，宜采取压缩空气送风。管道内应设置有毒有害气体检测报警装置，保证作业人员所处大气环境的安全。

有毒有害气体控制指标如下:

1 含氧浓度(O2)：19%~21%为正常范围；17%为报警值；小于等于12%时现场施工人员应全部撤离。

2 甲烷浓度(CH)：0~0.25%为正常范围；0.25%~0.5%为警戒范围； 0.5%~1%为终止作业；大于等于1%要疏散作业人员，切断电源和火种。

3 一氧化碳浓度(CO)：35ppm为报警界限出现煤 气泄露，施工人员应撤离现场并切断电源和火种。

4 硫化氢浓度(H,S)：小于等于7ppm为正常范围，10ppm为报警界限，超过此界限时,现场施工人员应全部撤离。

## 7.2 顶管始发

## 7.2.1 始发前应对软弱地基进行处理。

1. 顶管在大部分土层都可以顺利顶进，但在某些土层施工比较困难：对未经加固的标贯击数很低的软土层，顶管机极容易“磕头”，很难调整姿势、很难进行纠偏、甚至无法继续顶进施工。
2. 为保证起重机吊装过程地基承载力满足设计要求，避免由于地基承载力不足造成起重机整体倾覆，对起重机站位区域应采取相应的地基加固措施，对凿除桩头薄弱段，应铺设细砂和钢箱或其他满足承载力要求的加固措施。
3. 加固完成后应对加固体进行检验，加固体28天后无侧限抗压强度不应小于设计强度。

7.2.4洞门围护结构破除后，在顶管机进入加固区时，特别注意刀盘在穿越加固层时的切削性能。在确定顶进设备运转情况良好后，应迅速将机头顶进洞圈内，以防止洞口中的加固土体坍塌，由于正面为全断面的水泥土，为保护刀盘，顶进速度应尽量放慢，使刀盘和周边刀能对水泥土进行彻底的切削。顶管机完全进入洞门后，需检查洞口止水装置是否有损坏，如有损坏应立即整修，确保泥水、浆液的不外漏。

7.2.5洞门破除前

1. 为确保洞门加固质量和洞门破除后结构安全，洞门加固体施工完成后应对加固体进行抽芯检测和水平探孔检测；
2. 洞门止水帘布、压板与顶管机外壳密贴。如图2所示。



1. 洞门止水装置示意

7.2.6 顶管吊装作业

7.2.6.1起重设备验收主要包括以下内容：

1. 起重机超高和力矩限制器有效齐全，吊钩均有保险装置；生产制造许可证、产品出厂合格证、质量证明书、检定证书、维修保养记录等设备安全技术档案齐全；
2. 起重钢丝绳无磨损，断丝不超标，滑轮符合规定；
3. 司机、指挥等操作人员持证上岗，熟悉施工工艺技术；
4. 机组运行正常，无异响，无剧烈振动，无超温现象。

7.2.6.2顶管机正式起吊前应进行试吊，试吊前对吊车各部件进行详细检查，包括各传动部分，如发动机、变速箱、轴承等部位，有无发热、噪声、振动与漏油等不正常现象，发现问题及时处理。检查各转动部位的润滑情况，注意油温及油量。检查各表计的灵敏度及可靠性、准确性。钢丝绳状况、安全防护状况等均做认真检查，确信满足使用要求后方可进行下一步工作。分别进行空载试车、静载试验及动载试验，满足要求后进行吊装作业。

7.2.8 顶管始发掘进施工

7.2.8.1顶管机始发施工应当注意：

1. 顶管机始发时，洞内空间有限，变压器、泡沫泵站、空压机等后配套设备无法进洞，需进行延伸管线始发，始发过程中每环管节安装时需断开所有管线，管节安装完成后重新连接管线。管线宜设置快速接头方便拆装。
2. 掘进4～5环后，洞内有充足空间，可将变压器等后配套设备移至洞内，变压器进洞后高压电缆应随变压器一起进洞，高压电缆宜盘放在移动小车上，采用TJB接头方便每环线路安装拆除。
3. 洞口为所有进洞管线接口集中点，加强接口防护，水电分侧敷设，管路接头拆开前要泄压，高压电缆接头拆开前要确保已断电。

7.2.9由于矩形顶管掘进机的断面较大，前端阻力大，实际施工中，即使管节顶进了较长距离，而每次拼装管节或增加垫块时，主顶油缸一回缩，机头和管节仍会一起后退20～30cm。当顶管机和管节往后退时，机头和前方土体间的土压平衡受到破坏，土体面得不到稳定支撑，易引起机头前方的土体坍塌，若不采取一定的措施，路面和管线的沉降量将难以得到控制，所以需要采取相应有效的止退措施。

## 7.3 管节安装

7.3.1 本条为强制性规定，管节吊装应制定吊装专项施工方案，通过专家论证后执行，起重设备进行报审、报验，合格后方可使用。

7.3.4 本条为强制性条文，规定工程所用管节及构（配）件等产品应执行进场验收和复验制，验收合格后方可使用。

7.3.8 工程测量精度标准应满足设计文件及现行国家标准《工程测量标准》GB50026的有关规定。导轨支架采用钢材制作，安装牢固使用过程不产生位移，其整体刚度强度满足施工要求，导轨安装的允许偏差如下：轴线位置：±3mm；标高0～+3mm；轨道内距±2mm。

7.3.9 前后管节安装高差及水平误差应≤5mm。

## 7.4 管道顶进

7.4.1总顶力估算与实际施工顶进有一定的误差，与土层情况和施工技术水平等有关。本节计算公式简单易懂，计算结果与实际比较吻合。

7.4.3～7.4.5顶进后座由顶管支架、千斤顶及液压泵站组成。对于顶管支架安装后的油缸中心位置应与顶铁的受力肋板部位一致，且与顶进轴线平行。安装后的油缸中心误差小于10mm。千斤顶油缸合力中心位置的布置可适当向下，满足导轨上管道节自重作用在洞口止水位置向下力矩即可，所布置的油缸可在使用过程中自由组合来达到调节合力中心位置的作用。后推油缸可实现本控和远控，主推油缸泵可采用多电机分别提供动力，也可以使用变频控制灵活调节后座顶进速度。

7.4.6 顶进过程说明：

1. 顶管初始顶进时应控制推进速度，不宜过快，在此过程中应摸索推进，其相关数据为正常顶进提供依据。
2. 顶管正常顶进时控制开挖量与出土量平衡，均衡施工，匀速推进，加强监控测量，实行信息化施工，监测数据及时报告，并根据监测数据调整施工参数。
3. 顶进过程勤测量，宜每顶进一节测量一次顶管机姿态、地面沉降和周围环境情况，纠偏角越大越容易造成沉降超限；减小每次纠偏角度，实现多次小幅度纠偏；要保持顶管轴线以适当的曲率半径逐步回到轴线上来，减小对土体的扰动。
4. 在软土层顶进时，土体地基承载力差，顶管机自重大，容易发生顶管机“磕头”现象，因此需要将顶管机和后面管节连成整体，防止顶管机“磕头”。
5. 由于顶进过程（尤其初始阶段）正面水土压力远大于顶管机及管节周围的摩阻力，因此在千斤顶回缩时，顶管机及管节也跟随后退，导致掌子面坍塌、地面沉降超限和洞门止水装置损坏，因此应采取可靠的止退措施，防止主顶油缸回缩时，机头和管节一起后退。

7.4.7 顶管施工应保证连续顶进，停机时间不宜过长；出现以下突发状况时应停止顶进，并采取相应的技术措施；

1. 顶管机遇障碍物无法继续顶进时应停止顶进，并采取安全可靠的技术方案清除障碍物；
2. 工作井后背相对变形超限时应停止顶进，及时采取管节止退措施，卸载油缸顶力，并采取后背加固措施，待后背墙能满足后续顶进施工后继续顶进施工；
3. 设备出现故障或损坏时，应停止顶进施工，并及时维修和保养；
4. 管节轴线偏差过大或纠偏无效，应停止顶进，进行论证和采取相应的技术措施；
5. 管节渗水严重或管节出现裂纹应停止顶进，并采取止水措施和应急措施；
6. 地层、周边管线和建（构）筑物突然发生较大变形或变形量超过控制值时，应停止顶进，及时查找原因，并制定合理的保护措施；
7. 顶铁发生扭曲现象，应停止顶进施工并采取相应的技术措施；
8. 顶力超过管端的允许顶力，应停止顶进施工并进行论证和采取相应的技术措施。

7.4.13 中继间的允许转角使其在顶进过程中可以纠偏，但允许转角不宜过大，中继间转角偏大容易造成渗漏。

7.4.15 中继间的类型有多种，组合式密封中继间的特点是密封装置可调节，可组合，可在常压下对磨损的密封圈进行调换，可在各复杂地质条件下和高水头压力下进行超长距离顶管施工。

7.4.16 长距离顶管第一道中继间宜布置在顶管机后方30~50米的位置，主要是为了顶管机在纠偏时后续的管道能及时纠偏，距离过长纠偏效果难以保证。

7.4.17 后续中继间顶力则为克服两个中继间之间的管道外壁摩擦阻力，当第一道中继间启用时，公式（2）中的$F\_{2}$取0。

7.4.18 中继间内封板的选择上，需要考虑顶进及运行阶段的受力情况，并根据最不利的工况确定内封板的厚度，经过超声波探伤检测合格后，中继间闭合处的焊缝需要进行管道内部防腐处理。

## 7.5 土体改良及外运

7.5.1 在顶管机胸板和刀盘的刀臂上，设置了注浆孔，在顶管顶进时，通过这些胸板及刀盘刀臂的注浆孔注入按一定配比的改良浆液，改良了前方土体的性能（土体的可塑性及流动性及止水性），从而达到改良土体的目的，减小了掘进过程中刀盘工作时的阻力。在土压平衡顶管机接通刀盘驱动电动机的电源后，顶管机的刀盘就开始转动，设在刀盘前面的刀片则开始切削土砂，同时设在刀盘后的搅拌棒对泥土仓内的土砂进行搅拌。

1. 如果土砂中的黏粒含量在20％以上时，可以不必添加改良剂。
2. 如果顶管机处在砂或砂砾层中且黏粒含量在15％以下时，则应向泥土仓内注入以改良剂为主的浆液，同时把它与被切削下来的土砂一起搅拌。只有当泥土仓内的泥土被改良成具有较好的塑性、流动性和止水性时，搅拌才算成功，改良剂材料的添加也才算合理。注浆改良剂的添加是通过注浆管道直接连接到切削刀盘的注浆孔，改良剂通过带有止逆阀的注浆管道压入刀盘切削系统作业空间内。顶管机搅拌棒搅拌后可以使切削下来的土层与改良浆液更好的混合。改良浆液注入的注浆压力为0.15～0.3MPa。

## 7.6 顶管纠偏控制

7.6.2 纠偏主要技术措施及方法：及时纠偏和小角度纠偏；挖土纠偏和调整顶进合力方向纠偏；刀盘式顶管机纠偏时，可以采用调整挖土方法、调整顶进合力方向、改变切削刀盘的转动方向、在管内相对于机头旋转的反向增加配重等措施；后部管节纠偏可采用纠偏泵向管节外加注泥浆调整轴线偏差。

## 7.7 地面沉降控制

7.7.1～3在顶进过程中，严格控制顶管顶进各项施工参数，合理控制顶进速度，保证连续均衡施工，避免出现长时间停机情况；根据反馈数据及时进行土压力设定值调整，使之达到最佳状态；严格控制出土量，防止欠挖或超挖。顶管机尾部后方的管节压浆孔应及时有效的进行同步注浆，确保能形成完整的泥浆套；注浆时应“先压后顶，边压边顶”，管道内沿线的压浆孔应及时进行补浆，严格控制注浆量及注浆压力，确保注浆时间。

7.7.8顶管结束后应采用水泥浆对泥浆进行注浆置换，置换次数不宜小于3次，每次时间间隔不小于24小时，保证对泥浆进行充分置换，使顶管外部形成整体固化的泥浆套。

## 7.8 顶管机接收

7.8.1顶管机头逐渐靠近接收井时，应加强测量的频率和精度，减少轴线偏差，确保顶管机能准确接收；在顶管贯通前，复测顶管所处的方位、确认顶管状态、评估顶管接收时的姿态和拟定顶管接收时的施工轴线，及施工方案等的重要依据，使顶管机在此阶段的施工中始终按预定方案实施，以良好的姿态进洞，准确无误的接收到接收井的基座上。

因接收井洞门和管节间存在较大的周边间隙，顶管机头进洞时容易引起水土流失，严重时会导致路面沉降、损害地下管线，为确保顶管安全顺利接收，需采取以下技术措施：

1. 在顶管到达距接收井6米后，开始停止第一节管节的压浆，并在以后顶进中压浆位置逐渐后移，保证顶管进洞前形成完好的6米左右的土塞，避免在进洞过程中减摩泥浆的大量流失而造成管节周边摩阻力骤然上升。
2. 在顶管机切口进入接收井洞口加固区域时，应适当减慢顶进速度，调整出土量，逐渐减小机头正面土压力，以确保顶管机设备完好和洞口结构稳定。
3. 顶管机切口顶进加固区时，做好接收前的准备工作，配置相应的应急物资和设备，按照技术措施进行正常的接收施工。
4. 顶管机出洞时，需架设临时支撑顶进，临时支撑强度、安装位置应经详细计算后方可顶推，顶推过程中时刻关注顶管姿态，出现偏差及时调整临时支撑。

# 8 特殊地段顶管施工

## 8.1 一般规定

8.1.1 随着城市建设的高速发展，对地下空间的利用也与日俱增。矩形顶管的截面形式，能充分提高结构的有效面积，减少土地征用量，降低工程造价，适用范围广泛。本章适用的特殊地段采用矩形顶管施工的过街通道、地铁通道和综合管廊，穿越铁路、高速公路、小型河流的连接通道出口以及大型排水箱涵等，顶管施工有浅覆土段施工、顶管穿越建（构）筑物和河流施工，顶管前方遇地下障碍物施工和特殊地层施工。矩形顶管机是由多轴、多切削刀盘组成的土压平衡顶管机，只针对黏土、粉质黏土、砂质黏土、淤泥质黏土、砂层等土层顶进。矩形顶管机不能在岩石层顶进施工。

8.1.2 施工前对现场进行详细踏探，踏勘时发现因城市建设（拆迁、新建等）与原设计图不相符，这种情况时应及时与设计单位、建设单位及相关单位等进行沟通，制定出更具体、更有针对性，并且能符合相关各方的切实可行的施工方案。必要时可采用地质雷达、人工探坑等手段进行勘探确定。

8.1.3 施工顶进前对地勘资料里的工程地质条件、水文地质条件与现场情况进行核对，并对周边环境进行踏探，满足施工条件。施工前编制专项施工方案，并经过相关单位审批通过后方可实施。

8.1.4 根据工程特点和现场实物，对实物进行加密布点监测，发现问题及时处理。采用合理的施工工艺和施工方法。

8.1.5 施工前应根据现场实际水文、地质条件、现场实际的施工条件以及周围环境和建（构）筑物等因素，进行安全风险评估；并制定防止事故发生以及事故发生后处理的应急预案，备足应急抢险设备、器材、物资等。

## 8.2 浅覆土段施工

8.2.1 矩形顶管机能在浅覆盖土层施工，浅覆盖土层是针对大断面顶管机而言。浅覆土是指覆土厚度小于1倍顶管管节高度。

8.2.2浅覆土段矩形顶管，在施工前采取地面堆土、加载等措施控制顶管机抬头和地面隆起；软弱土层中减小注浆压力，避免地面冒浆等问题，必要时可进行土体加固处理。

8.2.3 顶进过程中会产生实际轴线与设计轴线的偏差，应利用土体的抗力作用及纠偏装置进行纠偏，加泥装置加泥进行校正，偏差控制在±10mm以内。

8.2.4矩形顶管机在始发前应对轴线、高程进行控制，特别是顶管机的走势和姿态进行控制。

8.2.5顶管机始发前应在洞门钢环两侧做好管节推进的限位装置，控制顶管机进洞后向一侧偏移。

8.2.6由于是浅覆盖土，顶管机外壳与土体的摩擦作用，引起顶管机背部背土造成土层流失，而造成顶进前方土体坍塌。因此始发前应在管节外壁均匀刷蜡，再在顶管机顶部增设防背土装置，在顶部注浆，形成完整的泥浆套。减少了土体与顶管机外壳的摩擦，防止背土的发生。8.2.7顶进过程中，及时测量，控制顶进方向。在监测地面有沉降变形时，立即采取专用的土砂泵打泥（黄土粉混合物）填充，将沉降、变形控制在允许范围以内。

8.2.8在初始顶进过加固区时顶进速度不宜过快，应控制在10mm/min以内，出加固区在正常土层内顶进速度，应控制在20mm/min以内。

8.2.9 由于矩形顶管机和管节较重，为了控制轴线，顶管机进洞后与前三节管节纵向连接；土质特别差的地段顶管机要与后五节管连接。

8.2.10 顶进施工完后，为防止没有外力作用后，管节内橡胶圈恢复，管节脱落出钢承口，及时对已完成管节进行整体钢性连接。

8.2.11 在顶进完工后，两端管节均无任何保护，在没有外力作用下，容易向外退出，因此要及时施工两端的洞门环梁。

## 8.3 穿越建（构）筑物的施工

8.3.1 在穿越建（构）筑物条件下顶进施工应满足相应的技术要求和规定：

1. 顶管下穿铁路或者公路时，应符合铁路或公路行业的相关安全技术规定；
2. 顶管下穿河流时要应防止冒顶和河水倒灌，合理控制土压、顶管姿态、顶进速度，严格控制注浆压力及时注浆，严防管节渗漏水；
3. 顶管下穿桥梁、大型管网、建（构）筑物时，应满足相关安全技术规定，并应制定相应的安全专项保护方案，并满足相关安全技术规定采取相应的安全技术措施；
4. 顶管穿越地铁隧道时，应符合轨道交通安全技术规定，并采取相应的保护方案，制定相应的应急措施。
5. 顶管穿越拖拉管成管的压力或电力管线时，应调查清楚管线的空间状态，制定相应的安全施工措施，并满足相关安全技术规定。

8.3.2根据现场地质选择合适的矩形顶管机，在顶进前对矩形顶管机进行保养和维护。

8.3.3 穿越建（构）筑物施工前要对建（构）筑物的基础及管线高程进行反复核对，有重叠部分及时上报监理、业主，能拆迁的拆迁不能拆迁的更改轴线。对可以保护建（构）筑物采取加固保护措施。

8.3.4 穿越建（构）筑物施工时进行安全风险辨识，可能因为地质或其它原因导致周边地表及建（构）筑物变形这种情况，必要时对重要的建（构）筑物进行加固保护处理。

8.3.5在穿越建（构）筑物顶进时，必须满足矩形顶管机与建（构）筑物的立体空间。

8.3.6 穿越建（构）筑物顶进时，要控制顶进速度和顶力，要匀速顶进，不能时快时慢导致地面隆起或沉降，速度宜控制在10mm/min以内。

8.3.7根据建（构）筑物的特点和现场实物，对实物进行加密布点监测，出现问题及时采取合理的处理方法，确保建（构）筑物安全。

8.3.8穿越建（构）筑物施工后，应持续监测建（构）筑物直至变形稳定且不少于3个月、必要时做好后期的加固保护处理工作。

## 8.4 突遇不明障碍物施工

8.4.1 在顶进遇障碍物时，刀盘电流扭矩不能超过总电流的60%，否则会造成机械设备损坏。顶进过程中发现异常，停止顶进，查明原因，处理后方可顶进。

8.4.2 在顶进遇障碍物时，应综合顶进情况，查明障碍物性质、形状或其它。

8.4.3在顶进遇障碍物时，首先要采取多个刀盘逐一正、反转动，确定障碍物的位置，然后采取相应的方法取出障碍物。

8.4.4 小的障碍物从搅笼里排不出来，在停止顶进时，但刀盘要运转，将泥仓内可以排出泥土全部排出，慢慢将障碍物运动至搅笼口下方，再将胸板割开一个可以取出障碍物的洞口，然后焊接恢复。

8.4.5在顶进遇障碍物时，一定要用仪器查明障碍物是否安全或对人体是否有害，然后再按施工方法施工。

8.4.6 对大的障碍物要清理泥仓内障碍物时，先要对仓门进行查看，螺帽是否完好，开仓门前，掌子面已经加固完成，然后对障碍物进行处理。

8.4.7 对在泥仓内无法处理的障碍物，在确定其准确位置后，可采取开天窗方案处理障碍物。在开天窗前要对四周土体进行加固处理，安全后才可以开天窗施工，取出障碍物，再用黏土回填夯实，恢复顶进。顶进施工完成后。对天窗段进行加固处理。

8.4.8在穿越河流遇障碍物时，必须采用注浆加固将前方的土体，待密实稳定，检测满足后，再采取排渣方法进行处理施工。

## 8.5 特殊地层施工

8.5.1 特殊地层判断与分类。

8.5.2在穿越砂层顶进时要采取土体改良方法，防止抱管；达到顶力小、排泥顺畅效果，控制防范地下水。并要求24小时不间断施工，要求所有管节都要有注浆孔。

8.5.3在顶进透水系数大于10-2cm/s的粗砂、砂砾层和地下水丰富的砂层时，均要采用高分子添加剂，进行前方土体改良，使砂层、砂砾层变成混合状态，在顶进过程中，刀盘不停转动，将混合物形成密闭不渗水层，向四周扩散，形成完整的护壁，混合物渣土从搅笼排出。

8.5.4在特殊地层顶进，顶力大，应考虑减小摩擦力，采取注浆减阻方法，管节必须都有注浆孔，满足注浆减阻要求。

8.5.5在砂层顶进时应做好砂层突涌应急预案，按方案执行。应保持连续施工，以免流沙抱管。

8.5.6 在淤泥或淤泥质等土层顶进时首先要对管道底部进行加固处理，因为顶管机和管节重，预防地基承载力不够，造成顶管机和管节下沉或钢承口脱落。

8.5.7在砂层顶进时，由于刀盘大于机头壳体，有局部超挖，应采用土砂泵及时打泥填充，防止沉降。

8.5.8在顶进穿越溶洞时，首先要对地勘资料进行详细的阅读和了解，然后再对现场进行补勘，探明溶洞的形状，再对其进行处理。

8.5.9顶进完工后，必须进行泥浆置换。将管道外壁膨润泥浆套置换成水泥浆，防止地面沉降。

8.5.10在顶进黏性较大的土层时，在设备选型上要考虑，采用开口率大的刀盘，便于出土通畅，防止刀盘结泥饼。

# 9 管节注浆

## 9.1 一般规定

9.1.1 注浆材料（注浆设备）

1 膨润土其主要是以蒙脱石为主的含水黏土矿，宜选用钠基膨润土（蒙脱石：60%-88% ，膨胀容：25～50ml/g，胶质价：≥99ml/15g，2小时吸水率：250%~350% ，水分：≤12%，湿压强度：≥0.23MPa，吸蓝量≥80mmol/100g，Na2O≥1.28，PH值：8.9~10，钠基膨润土具有膨润性、黏结性、吸附性、催化性、触变性、悬浮性等性质。

2 每节管节设置独立的注浆管，宜由两根总管连接，两根总管宜配备两种不同浆液，分别满足同步注浆和沿线补浆的要求。

9.1.3 注浆压力

3 保证每一处注浆管出浆端压力高出地下水压力，使得浆液管外的土和地下水不能回灌而堵塞注浆孔，从而影响注浆效果（最好在每个注浆孔中设置一个单向阀）；通过现场试验测量地下水位，通过计算理论注浆压力。

4 中间接力泵宜用于长距离顶管，路程过长导致远端注浆压力不足，影响注浆效果。中间接力泵站的作用主要有：一是运输作用，二是承担前面压浆接力站管道部分的补压浆。长距离顶管应根据注浆泵的扬程、流量、总管管径及泥浆黏度等计算出中间接力泵站的间距。

## 9.2 注浆减阻

9.2.1采用注浆工艺来减小管节与土壤的摩擦阻力，使得顶管距离可提高40%~70%。

## 9.3 触变泥浆材料及配比

9.3.2由于不同地质土质特性和成分差异较大，需要根据现场实际地质提前试验，确定合适配比，建议配比仅供试验参考，不可不通过现场试验配比直接用于施工。一般情况下，在现场按重量进行泥浆的配制，所用的主要材料包括：膨润土、水、Na2CO3和CMC，有时也可以掺入其他掺合剂，如废机油、粉煤灰和其它高分子化合物。如无相关试验结果，可参考表9.3.2进行配置。

表9.3.2触变泥浆建议配比表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 土质条件 | 钠基膨润土(g) | 水(g) | 碱(g) | 外加剂(g) | 黏度(s) |
| 砂性土、粉土流沙 | 20～25 | 1000 | 0～5 | CMC（适量） | 80 |
| 富水砂砾层 | 100～130 | 1000 | 0～2.5 | 聚丙烯酰胺溶液（1%～3%）或CMC适量 | 60～70 |
| 砂土 | 120～125 | 1000 | 1～4 | CMC(5～10) | 55～65 |
| 黏性土 | 15～25 | 1000 | 4～8 | / | 30～40 |
| 粉土、粉质黏土、粉砂 | 60～70 | 1000 | 2～4 | 絮凝剂(2～5) | 40～50 |
| 淤泥质粉质黏土 | 120～125 | 1000 | 4～8 | CMC（适量） | 50～70 |
| 1. 由于不同地质土质特性和成分差异较大，需要根据现场实际地质试验，确定合适配比，建议配比仅供试验参考，不得未经现场试验直接用于施工。
 |

## 9.4 浆液置换

9.4.1 顶管结束后，应通过注浆孔置换管节外壁的触变泥浆，浆液宜选用1：1的水泥浆液，根据不同的水土压力及地表监测巡视情况，确定注浆压力和注浆量，固结通道外土体，消除对通道今后使用过程中产生不均匀沉降的影响。

# 10 管节防水

## 10.1 一般规定

10.1.1适用于矩形钢筋混凝土管节插口接口的防水工程。

10.1.2管节和顶管机头钢承口连接。

10.1.3 管节混凝土强度等级、防渗等级满足《给排水管道工程施工及验收规范》（GB50268-2008）规范要求。

10.1.4管节外观满足设计要求，无蜂窝、麻面、裂纹、表面平整。

10.1.5 管节钢承口焊接接缝要平整，钢承口要打坡口，防止橡胶圈翻转导致渗水。

10.1.6管节密封橡胶圈规格、型号满足设计要求。橡胶圈使用天然橡胶制作，杜绝使用再生胶制作的橡胶圈。

10.1.7 管节使用木垫圈要具有弹性的木板、胶合板以及满足厚度的橡胶板。

## 10.2 管节接口防水要求

10.2.1 管节钢承口焊接接缝要平整；管节接口处的混凝土表面平整，无蜂窝、麻面、气孔、裂缝，缺边掉角等现象，接口尺寸满足设计要求。

10.2.2钢承口、钢套环焊接平整，表面应进行防腐处理。

10.2.3密封橡胶圈材料应符合《橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈》GB\T21873-2008规范的要求。橡胶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。密封橡胶圈的断面形状一般为“L”形、齿形、楔形或半圆半方形。

10.2.4 地下水丰富的地段采用双排密封橡胶圈和一道遇水膨胀止水条的同时还可以在内壁向外注送泥浆保护，形成一道隔离层。

10.2.5 顶管段地下水要进行化验分析水的性质，采用不同性质的密封橡胶圈。

10.2.6 缓冲木垫圈材质宜使用富有弹性木板、胶合板以及满足厚度的橡胶板，大小、长短、厚度根据管节确定。缓冲木垫圈弹性尤为重要，压缩模量不大于140MPa，否则起不到缓冲的作用，保护不了管节两端混凝土，造成管节破损。缓冲木垫圈厚度根据管节壁厚并要与设计顶力相适应，厚度宜取值为10mm~30mm。

10.2.7对顶进完工段要进行密封处理，宜采用聚硫密封膏和环氧树脂处理。

# 11 施工测量

## 11.1 一般规定

11.1.1管道平面位置控制可采用抵偿高程面作为投影面的城市平面坐标系，管道面平均高程的边长高程投影长度变形和高斯投影长度变形的综合变形值不宜大于15mm/km。

11.1.2测量仪器作为计量仪器，应按照《中华人民共和国计量法》的要求，在法定的有效检定期内。作为施工测量的主要工具，其良好的运行状态对测量作业至关重要，所以要求对测量仪器和相关设备要加强维护保养，定期检验和检定，确保测量成果的准确可靠，作业前进行仪器设备自检。

11.1.2 施工前，由建设单位组织，设计单位向施工单位提交控制测量成果资料，监理单位应参加交接工作。施工单位接桩后，应对交桩成果按照原测方法和精度要求进行复测，并根据施工进度对控制网进行不定期维护。

11.1.3 施工前应编制施工测量方案，明确测量范围、内容、方法和精度要求。

11.1.5 管道线性控制网和加密控制网应在开工前进行复测，工程建设中应每年复测1次，并根据点位稳定情况增加或减少复测频次。复测技术要求应符合下列规定：

1. 复测时采用的起算点和控制网测量方案宜与原测一致。
2. 复测宜采用与原测一致的观测精度及数据处理方法。
3. 复测与原测成果坐标分量较差的极限误差应小于2mc(mc为复测控制点的点位中误差)。当极限误差大于2 mc时，应查明原因，采用同等精度内插的方式进行布测或修测。

## 11.2地面控制测量

11.2.1 为满足顶管施工测量，需要在现场进行加密控制测量，加密控制网以交桩控制网为基准，交桩控制网在交桩后应立即进行复测，并根据要求进行定期维护测量，确保控制网的稳定和统一。

11.2.2 主要针对顶管施工工程特点和工程结构，以及顶管贯通和顶管结构限差要求，导线控制网参考城市轨道三等精密导线网的技术要求制定顶管施工导线控制网精度要求。

11.2.6 矩形顶管施工地面控制网在设计交桩控制网基础上加密，按照三、四等要求布设即可满足施工要求。

## 11.3 联系测量

11.3.1 联系测量是将地面坐标、方位、和高程传递到工作井下，为顶管施工各项测量工作提供起算数据的综合性测量工作。联系测量的精度直接影响着顶管施工精度，因此，联系测量要确保精度。

11.3.2 每次联系测量应独立进行三次，取三次平均值作为定向成果；定向测量的地下近井定向边不少于2条，传递高程的地下近井高程点不少于2个。根据顶管施工长度确定施工期间是否需要进行联系测量以增加检核条件，但在顶管施工贯通前应进行一次联系测量，以增加检核条件，提高联系测量精度和可靠性。

11.3.3 地面近井点包括平面和高程近井点，地面近井点应附和在施工加密的精密导线网上构成附和导线或闭合导线。

11.3.5 一井定向是在一个工作井进行的[工作井定向测量](https://baike.baidu.com/item/%E7%AB%96%E4%BA%95%E5%AE%9A%E5%90%91%E6%B5%8B%E9%87%8F%22%20%5Ct%20%22https%3A//baike.baidu.com/item/%E4%B8%80%E4%BA%95%E5%AE%9A%E5%90%91/_blank)，是在一个井筒内悬挂两根钢丝（或同时铅垂地发射两条可见光束），将地面点的坐标和边的方位角传递到井下的测量工作。该方法在城市轨道交通联系测量中广泛应用。两井定向是通过两个工作井进行的[工作井定向测量](https://baike.baidu.com/item/%E7%AB%96%E4%BA%95%E5%AE%9A%E5%90%91%E6%B5%8B%E9%87%8F%22%20%5Ct%20%22https%3A//baike.baidu.com/item/%E4%B8%A4%E4%BA%95%E5%AE%9A%E5%90%91/_blank)。是在两个有巷道连通的工作井井筒内，各悬挂一根重锤线（或各铅垂地发射一条可见光束），根据地面控制网测定两根重锤线中心（或光束轴心）的平面坐标，并在巷道内用导线对两重锤线中心（或光束轴心）进行联测，从而将地面控制网的平面坐标和方向，传递给井下的控制点和导线边。两井定向精度高，是提高联系测量精度的主要方法，进行联系测量时，有条件的都应进行两井定向。

# 12 工程监测

## 12.1 一般规定

12.1.1 顶管施工是继盾构施工之后而发展起来的一种地下管道施工方法，它穿越公路、铁道、河流、地面建筑物、地下结构以及各种地下管线等，因此顶管施工和运营期间对自身结构以及沿线环境稳定和安全的监测至关重要，所以变形监测十分必要。

12.1.3 变形监测控制网是变形测量的依据，变形监测宜布设专用控制网，布设时应考虑整个变形观测周期内稳定可靠，便于利用。变形监测点布设应能充分反映变形体变形特征。

## 12.2 监测项目

12.2.2 变形监测主要针对顶管施工自身的结构、施工的临时结构或构筑物、施工影响范围内的其他结构物、地表、路面、管线等等。其各自监测点布设在最能反应其变形特点的位置，监测具体内容和技术要求应与对应的规范要求相符合，比如建筑物参考《建筑变形测量规范》JGJ8-2016，城市轨道参考《城市轨道交通工程测量规范》GB/T50308-2017等。

## 12.3 监测布点

12.3.2 变形监测是精度要求较高的测量，为确保监测数据能准确反映变形体的变形特征，应对基准网定期复测，确保变形监测网稳定。

# 13 质量验收

## 13.1 基本规定

13.1.2 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，并应按检验批、分项工程、分部工程、单位工程依次进行。

1. 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。
2. 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。
3. 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；
4. 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，需要验收人员共同确认。

13.1.7 根据国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300-2013的规定，给出了检验批、分项工程、分部实体检验项目质量不符合要求时的处理方法。这些不同的验收处理方式是为了适应我国目前的经济技术发展水平，在保证结构安全和基本适应功能的条件下，避免造成不必要的经济损失和资源浪费。

## 13.2 工程质量验收

13.2.3 考虑到矩形顶管施工的特点，成型管道的允许偏差适用于直线段矩形顶管；管节错台的检查点宜为管节的四个角点

