

武汉地区矩形顶管施工技术规程

1 范围

本文件规定了武汉地区矩形顶管施工、测量、监测、质量检验及验收的基本技术要求。
本文件适用于武汉地区预制矩形顶管工程的施工、监测、质量检验及验收。

2 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/T 159 基坑工程技术规程
- DB42/ 169 岩土工程勘察工作规程
- DB42/ 242 建筑地基基础技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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。

3.2

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。

3.3

始发井 launch shaft

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。

3.4

接收井 arrival shaft

顶管终端接收顶管机的地下作业空间结构。

3.5

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。

3.6

导轨 guide rail

固定于始发井井底、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。

3.7

后背墙 reaction wall

始发井中承受顶力的结构体。

3.8

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。

3.9

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。

3.10

始发 launching

顶管机由始发井进入土体向前顶进的过程。

3.11

接收 receiving

顶管机向前顶进进入接收井的过程。

3.12

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。

3.13

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。

3.14

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。

3.15

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。

4 符号

4.1 管道结构上的作用和土的性质

c : 土的黏聚力（单位： kN/m^2 ）。

- P : 总顶力 (单位: kN)。
- P_z : 注浆压力 (单位: kPa)。
- γ : 土的天然重度 (单位: 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)。
- F_1 : 设计允许顶力 (单位: kN)。
- F_2 : 顶管机的迎面阻力 (单位: kN)。
- Φ : 土体内摩擦角 (单位: °)。

4.2 几何参数

- b : 管节宽度 (单位: m)。
- C : 顶管外周长 (单位: m)。
- L : 管道顶进长度 (单位: m)。
- a : 管节长 (单位: m)。
- b : 管节宽 (单位: m)。
- S : 刀刃的面积 (单位: m²)。
- L' : 中继间的间隔距离 (单位: m)。
- h : 管道轴线埋深 (单位: m)。

4.3 计算系数

- f : 单位摩阻力 (单位: kPa)。
- K_a : 主动土压力系数。
- k_1 : 顶力系数, 宜取0.5~0.6。
- k_2 : 注浆压力系数, 宜取0.8~1.2。

4.4 其他

- f_β : 导线环角度闭合差或附和导线的方位角闭合差 (单位: ")。
- N : 导线环或附和导线的个数。
- n : 计算 f_β 时的角度个数。
- M_β : 测角中误差。
- W : 管节单位重量 (单位: kN/m)。

5 总则

- 5.1 为规范武汉地区矩形顶管施工、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, 保护环境而制定本文件。
- 5.2 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。
- 5.3 矩形顶管的施工、监测与检验验收除应符合本文件外, 尚应符合国家现行的有关技术标准规范的规定。

6 基本规定

- 6.1 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。
- 6.2 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。
- 6.3 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。
- 6.4 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。
- 6.5 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。
- 6.6 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。
- 6.7 顶管穿越河道或富水地层时，应复核管节、管道抗浮安全。
- 6.8 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。
- 6.9 顶管施工前应完成始发井施工并通过质量验收，验收合格后，方可投入使用。

7 管节顶进施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 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。
- 7.1.2 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。
- 7.1.3 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。
- 7.1.4 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。
- 7.1.5 所有使用的设备应按规定期检查、维修和保养，并作好记录。
- 7.1.6 辅助设备应满足施工技术要求和安全、文明施工要求。
- 7.1.7 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。

7.2 顶管机始发

- 7.2.1 始发前应对顶管机下软弱土层进行处理。
- 7.2.2 始发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。
- 7.2.3 顶进前应查明始发井周围的地表水以及地下水情况，做好始发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。
- 7.2.4 顶管机掘进前如需破除洞门，应在节点验收后进行。
- 7.2.5 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。

- 7.2.6 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。
- 7.2.7 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。
- 7.2.8 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。
- 7.2.9 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。
- 7.2.10 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。

7.3 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0.2 m，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。

7.4 管道顶进

- 7.4.1 矩形顶管总顶力为迎面阻力和顶管周边摩擦力之和，可按式(1)估算：

$$P = Sk_a \gamma_h + (q_f C + W \mu) L \quad (1)$$

式中：

- P — 总顶力 (kN)；
- S — 刀刃的面积 (m²)；
- γ — 土的天然重度 (kN/m³)；
- L — 管道顶进长度 (m)；
- q_f — 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。

表 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

7.4.2 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。始发井后背墙和管节的允许顶力应按最大顶力进行设计。

7.4.3 千斤顶的配置及安装应符合下列要求：

- a) 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；
- b) 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垂线重合；
- c) 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。

7.4.4 液压泵站应符合下列要求：

- a) 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；
- b) 液压泵站宜设置在千斤顶附近，油管应顺直；
- c) 液压泵站安装完毕应进行运转调试；
- d) 液压泵站内应保证充足的润滑油，注油管路应畅通；
- e) 液压泵及千斤顶应按规定保养维修。

7.4.5 顶铁配置应符合下列要求：

- a) 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；
- b) 顶铁的宽度不宜超过管节宽度；
- c) 顶铁的刚度及稳定性应满足要求；
- d) 顶铁与管口之间接触面应衬垫缓冲材料。
- e) 顶铁轨道应定期检查测量，确保顶推精度及顶铁受力均匀。

7.4.6 顶进施工应符合下列规定：

- a) 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。
- b) 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。
- c) 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。
- d) 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。
- e) 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。
- f) 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。
- g) 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。
- h) 在软土层顶进中，宜将前3~5节管节连成整体。

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：

- a) 顶管机遇障碍物；
- b) 始发井后背墙相对变形超限；
- c) 设备出现故障或损坏；
- d) 管节轴线偏差过大或纠偏无效；
- e) 管节渗水严重或管节出现裂纹；
- f) 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；

- g) 顶铁发生扭曲现象；
- h) 顶力超过管端的允许顶力。
- 7.4.8 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。
- 7.4.9 泥水平衡顶管机顶进应符合下列要求：
- 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^{-2} cm/s 的砂砾土或塑性指数 I_p 大于 25 的黏性土等地层，应论证其适用性；
 - 顶进时应定期检查循环泥浆黏度，应控制为 22s~35s；
 - 顶进前应检查泥水压力，泥水压力应高出地下水土压力 20 kPa~40 kPa；先内循环，微调泥水压力待稳定正常后，再外循环正常顶进；
 - 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；
 - 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。
- 7.4.10 土压平衡顶管机顶进应符合下列要求：
- 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；
 - 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；
 - 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；
 - 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；
 - 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；
 - 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。
- 7.4.11 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。
- 7.4.12 中继间的设置应根据估算总顶力、管节允许顶力、始发井允许顶力和主顶千斤顶的顶力确定。
- 7.4.13 中继间的构造应符合下列要求：
- 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；
 - 中继间的外径应和管道外径相同；
 - 中继间千斤顶应予以固定，防止旋转；
 - 中继间的止水橡胶圈应耐磨，止水橡胶圈还应方便更换。
- 7.4.14 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。
- 7.4.15 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。
- 7.4.16 第一道中继间宜布置在顶管机后方 30~50 米处。
- 7.4.17 后续中继间的间隔距离宜按下式计算确定：

$$L' = k_f (F_1 - F_2) / [2 q_f (a + b)] \quad (2)$$

式中：

L' —中继间的间隔距离(m)；

F_1 —设计允许顶力(kN)；

F_2 —顶管机的迎面阻力(kN)；

a —管节长(m)；

b —管节宽(m)；

k_r —顶力系数，宜取0.5~0.6。

7.4.18 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：

- a) 当总推力达到中继间总推力40%~60%时，宜设置第一个中继间；
- b) 每当达到中继间总推力的70%~80%时，宜增设一个中继间；
- c) 当总推力达到中继间总推力的90%时，宜启用中继间。

7.4.19 中继间的安装、运行、拆除应符合下列规定：

- a) 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。
- b) 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。
- c) 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。
- d) 中继间的启动和拆除应由前向后依次进行。
- e) 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。

7.4.20 顶管机完成单次顶进后，应进行必要的检修和维保。

7.5 渣土改良及外运

7.5.1 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。

7.5.2 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。

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

7.5.4 泥水平衡顶管排放泥浆时，应设置泥浆池或泥浆箱。

7.5.5 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。

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

7.6 顶管纠偏控制

7.6.1 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。

7.6.2 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。

7.6.3 顶进轴线控制应符合设计及相应规范的要求。

7.6.4 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。

7.6.5 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。

7.6.6 顶进偏差稳定在±3 mm/m时，应停止纠偏。

7.6.7 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。

7.7 地面隆沉控制

7.7.1 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。

7.7.2 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。

7.7.3 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。

7.7.4 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。

7.7.5 顶管停机后应保持机头前方土仓（泥仓）压力。

7.7.6 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。

7.7.7 顶管结束后应采用水泥浆对泥浆套进行置换。

7.8 顶管机接收

7.8.1 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。

7.8.2 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小于 $\pm 2\%$ ，顶管姿态与设计轴线竖直趋势偏差小于 2% ，水平趋势偏差小于 $\pm 3\%$ 。

7.8.3 顶管机进入接收井洞口和加固区时，顶进速度不宜大于 10 mm/min 。

7.8.4 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。

7.8.5 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，并对流体系统和电气系统进行标识，对已拆卸的零部件进行清理。

8 特殊地段顶管施工

8.1 一般规定

8.1.1 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。

8.1.2 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。

8.1.3 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。

8.1.4 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。

8.2 浅覆土段施工

8.2.1 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。

8.2.2 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。

8.2.3 在顶进始发井中安装顶管机时，中线及高程偏差应控制在 $\pm 10\text{ mm}$ 以内。

8.2.4 矩形顶管机始发顶进前应做好姿态控制。

8.2.5 始发前应做好管节限位装置。

8.2.6 始发前应在管节外壁采取均匀刷蜡等减摩减阻措施。

8.2.7 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。

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

8.2.9 机头顶进后应与后面3~5节管节纵向连接。

8.2.10 顶进过程中应及时测量、控制沉降和方向。

8.2.11 顶进完成后应及时对已完成管节进行整体刚性连接。

8.2.12 顶进完成后应及时施工两端洞门环梁。

8.3 穿越建（构）筑物施工

- 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规定，并符合下列规定：
- 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；
 - 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；
 - 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；
 - 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；
 - 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。
- 8.3.2 穿越前应对顶管机进行保养和维护。
- 8.3.3 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。
- 8.3.4 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。
- 8.3.5 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。
- 8.3.6 穿越建（构）筑物时，应匀速顶进；速度应控制在 10 mm/min 以内。
- 8.3.7 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。
- 8.3.8 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。

8.4 突遇不明障碍物施工

- 8.4.1 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。
- 8.4.2 可用仪器查明障碍物是否安全或对人体有害。
- 8.4.3 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。
- 8.4.4 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。
- 8.4.5 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。

8.5 特殊地层施工

- 8.5.1 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；
- 8.5.2 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；
- 8.5.3 在地下水丰富的砂层中顶进施工时，应采取以下技术措施：
- 在渗透系数大于 10^{-2} cm/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；
 - 触变泥浆中应加入化学添加剂，优化泥浆润滑性能；
 - 每节管节都应设置注浆孔，并进行管节减阻注浆；
 - 局部超挖部分，应及时采用土砂泵等注泥填充；
 - 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。

- 8.5.4 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。
- 8.5.5 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。
- 8.5.6 对塑性指数 I_p 大于 25 的黏土层，应制定防止结泥饼的措施。

9 管节注浆

9.1 一般规定

- 9.1.1 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。
- 9.1.2 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。
- 9.1.3 注浆压力应高出水土压力 20 kPa。
- 9.1.4 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。

9.2 注浆减阻

- 9.2.1 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。
- 9.2.2 触变泥浆压注管路布置应符合下列规定：
——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；
——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。
- 9.2.3 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：

$$P_z = k_2 \gamma h \quad (3)$$

式中：

- P_z —注浆压力 (kPa)；
 k_2 —注浆压力系数，宜取 0.8~1.2；
 γ —土的天然重度 (kN/m^3)；
 h —管道轴线埋深 (m)。

- 9.2.4 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 50 mm 的钢管，支管宜采用直径不小于 25 mm 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。
- 9.2.5 始发井、接收井洞口井壁宜预埋注浆管，用于补充注浆。
- 9.2.6 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。
- 9.2.7 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。
- 9.2.8 注浆前应对注浆设备进行调试，检查注浆孔和注浆管路。
- 9.2.9 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。

9.3 触变泥浆材料及配比

- 9.3.1 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。
- 9.3.2 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 24 h 后再行使用。

9.4 浆液置换

- 9.4.1 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。
- 9.4.2 置换浆液宜采用水泥浆，水泥浆比重应根据现场试验确定。
- 9.4.3 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。
- 9.4.4 置换注浆应连续进行，作业后及时清洗注浆设备和管路。
- 9.4.5 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。

9.5 注浆质量控制

- 9.5.1 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。
- 9.5.2 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。
- 9.5.3 每次注浆前，应认真检查安全阀、压力表的灵敏度。
- 9.5.4 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。
- 9.5.5 注浆时不得随意停水停电。
- 9.5.6 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能及时处理。

10 管节防水

10.1 一般规定

- 10.1.1 本章节适用于矩形钢筋混凝土管节承插口接口防水工程。
- 10.1.2 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。
- 10.1.3 管节外观无蜂窝、麻面，表面平整。
- 10.1.4 管节钢承口焊接接缝应平整饱满。
- 10.1.5 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。
- 10.1.6 管节接头使用的木垫圈应采用有弹性的木板或胶合板。

10.2 管节接口防水要求

- 10.2.1 管材钢承口坡口要满足接管要求。
- 10.2.2 钢套环的焊接应平整，表面应进行防腐处理。
- 10.2.3 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。
- 10.2.4 橡胶圈应采用天然橡胶制作，严禁使用再生胶产品。
- 10.2.5 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。
- 10.2.6 橡胶圈应保持清洁，表面无油污、泥砂等，不得在阳光下曝晒。
- 10.2.7 密封橡胶圈材料应符合 GB/T 21873 的要求。
- 10.2.8 富水地段应采用双排密封橡胶圈。
- 10.2.9 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。
- 10.2.10 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。
- 10.2.11 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。
- 10.2.12 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。

10.2.13 缓冲木垫圈的压缩模量不应大于 140 MPa。

10.2.14 管道贯通后，应对接口进行密封防水处理。

11 施工测量

11.1 一般规定

11.1.1 顶进施工测量应采用基于 2000 国家大地坐标系的武汉市平面坐标和高程系统。

11.1.2 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。

11.1.3 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。

11.1.4 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 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。

11.2 施工测量

11.2.1 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：

- 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；
- 测量使用的仪器应检查校正，精度应符合现行国家标准；
- 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。

11.2.2 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。

11.2.3 顶管高程测量精度应符合下列规定：

- 水准测量，应达到四等水准测量的精度；
- 水准仪配合吊钢尺，每次应独立观测三测回，每测回均应变动物仪器高度，三测回测得井上和井下水准点的高差应小于 3 mm；
- 三角高程测量，应达到四等水准测量的精度。

11.2.4 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，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。

11.2.5 顶管掘进姿态控制应符合下列规定：

- 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；
- 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；
- 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。

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

11.2.7 顶管施工的测量应符合下列规定：

- a) 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，发生始发井位移、沉降、变形时应及时对基准点进行调正；
- b) 掘进测量控制应符合下列规定：

- 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。
 - 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。
 - 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。
- c) 顶管水平轴线和高程测量应符合下列规定：
- 顶管机始发出洞后进入土层时，每掘进300 mm，测量不应少于1次；正常掘进时，每掘进1000 mm，测量不应少于1次。
 - 顶管机进入接收井前30 m应增加测量，每掘进300 mm，测量不应少于1次。
 - 每节管道掘进结束后，应进行复测。
 - 纠偏量较大或频繁纠偏时应增加测量次数。

12 工程监测

12.1 一般规定

12.1.1 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。

12.1.2 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。

12.1.3 变形监测可采用几何测量、物理传感器测量方法。

12.1.4 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。

12.1.5 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。

12.1.6 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。

表2 变形监测的等级划分、精度要求和主要使用范围

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
III	±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

12.2 监测项目

12.2.1 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。

12.2.2 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：

- 变形量或变形速率出现异常变化；

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

12.2.3 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。

12.3 监测布点

12.3.1 监测点布设应符合以下要求：

- 路面沉降观测点的横向布设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，管道中心线正上方布设一点， 45° 角延伸切线与地平线交叉点布设一点，在其两点中间布设一点，共 5 点为一排监测点；

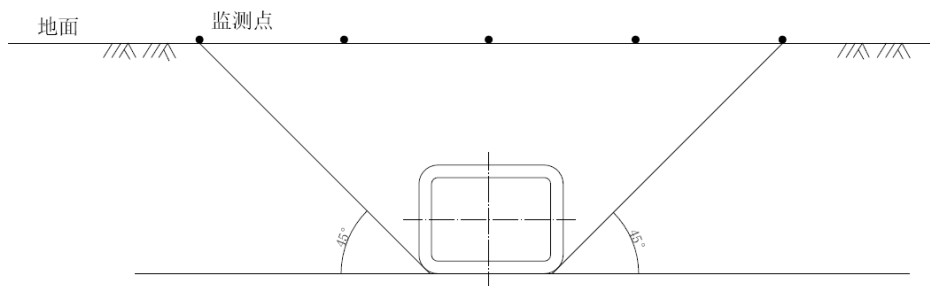


图1 监测点横向布置示意图

- 路面沉降测量点的纵向布设按掘进方向在距离始发井 1 m 布设一排深度为 0.5 m 深、且进入原状土的沉降监测点，按 2 m 间距依次往接收井方向布设沉降监测点；
- 掘进施工时，在顶管机的中部按 45° 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。

12.3.2 顶管机掘进中对地层变形的控制应符合下列规定：

- 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；
- 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；
- 避免管节接口、中继间、始发井洞口及顶管机尾部等部位的水土流失和泥浆渗漏，并确保管节接口端面完好；
- 保持开挖量与出渣量的平衡；
- 通过控制土压、水压平衡力来控制地面变形。

12.3.3 地面变形控制应符合下列规定：

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

12.4 监测频率及报警值

12.4.1 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度确定，顶管顶进施工时宜按表3要求进行。

表3 顶进施工监测频率

变形速度 w (mm/d)	$w > 10$	$5 < w \leq 10$	$1 < w \leq 5$	$w \leq 1$
监测频率(次/d)	2/1d	1/1d	1/2d	1/>7d

注：d为天。

12.4.2 顶管井周边变形监测宜按表4要求进行。

表4 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

注：d为天。

12.4.3 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。

12.5 信息化施工

12.5.1 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。

12.5.2 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。

13 质量验收

13.1 基本规定

13.1.1 所有顶管设备应经检验合格后方可进入施工现场，并进行单机、整机联动调试。

13.1.2 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。

13.1.3 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：

- 工程施工质量应符合本文件和国家与地方相关验收规范的规定；
- 工程施工质量应符合工程勘察、设计文件的要求；
- 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；

- d) 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；
- e) 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收；
- f) 承担检测的单位应具有相应的资质；
- g) 外观质量由质量验收人员现场检查共同确认。
- 13.1.4 检验批质量验收应符合下列规定：
- a) 主控项目的质量经抽样检验合格；
- b) 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；
- c) 主要工程材料的进场验收和复验合格，试块、试件检验合格；
- d) 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。
- 13.1.5 分项工程质量验收应符合下列规定：
- a) 分项工程所含的检验批的质量验收全部合格；
- b) 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。
- 13.1.6 分部工程质量验收应符合下列规定：
- a) 分部工程所含分项工程的质量验收全部合格；
- b) 质量控制资料应完整。
- 13.1.7 单位工程质量验收应符合下列规定：
- a) 单位工程所含分部工程质量验收全部合格；
- b) 质量控制资料应完整；
- c) 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；
- d) 外观质量验收应符合要求。
- 13.1.8 顶管工程质量验收不合格时，应按下列规定处理：
- a) 经返工、返修或更换构件、部件的，应重新进行验收；
- b) 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；
- c) 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；
- d) 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。
- 13.1.9 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，不得通过验收。
- 13.1.10 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。

13.2 质量验收

- 13.2.1 始发井的围护结构、井内结构施工质量验收标准应按 GB 50202、GB 50204 的相关规定执行。
- 13.2.2 始发井应符合下列规定：
- a) 主控项目
- 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；
 - 始发井结构的强度、刚度和尺寸应满足设计要求；
 - 混凝土结构的抗压强度等级、抗渗等级应符合设计要求。
- b) 一般项目

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/938022116036006051>