|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 91.140.50 |
| CCS | P 63 |

|  |
| --- |
| 42 |

湖北省地方标准

DB42/TXXXX—XXXX

综合管廊顶管工程施工及验收规范

Technical specification for common utility tunnels by pipe jacking

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](#_Toc111402652)

[1 范围 1](#_Toc111402653)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc111402654)

[3 术语和定义 2](#_Toc111402655)

[3.1 术语 2](#_Toc111402656)

[3.2 符号 2](#_Toc111402657)

[4 工程勘察 3](#_Toc111402658)

[4.1 一般规定 3](#_Toc111402659)

[4.2 勘察孔布置 5](#_Toc111402660)

[4.3 地下管线及障碍物勘察 7](#_Toc111402661)

[4.4 勘察成果及报告 9](#_Toc111402662)

[5 工程设计 9](#_Toc111402663)

[5.1 工程选线 9](#_Toc111402664)

[5.2 管节断面设计 11](#_Toc111402665)

[5.3 管节结构设计 11](#_Toc111402666)

[5.4 结构防水设计 15](#_Toc111402667)

[5.5 顶进力估算 17](#_Toc111402668)

[5.6 中继间设计 19](#_Toc111402669)

[5.7 始发井、接收井设计 20](#_Toc111402670)

[6 施工 22](#_Toc111402671)

[6.1 一般规定 22](#_Toc111402672)

[6.2 施工组织设计 23](#_Toc111402673)

[6.3 管节制作 24](#_Toc111402674)

[6.4 设备和管节安装 25](#_Toc111402675)

[6.5 减阻措施 27](#_Toc111402676)

[6.6 土体改良与渣土外运 29](#_Toc111402677)

[6.7 顶管机始发和接收 29](#_Toc111402678)

[6.8 顶进作业 31](#_Toc111402679)

[6.9 施工测量和纠偏 32](#_Toc111402680)

[6.10 施工监测 33](#_Toc111402681)

[6.11 地表沉降控制和周边结构保护措施 34](#_Toc111402682)

[6.12 顶后处理 35](#_Toc111402683)

[6.13 通风 35](#_Toc111402684)

[6.14 供电和照明 36](#_Toc111402685)

[7 质量控制与验收 36](#_Toc111402686)

[7.1 一般规定 36](#_Toc111402687)

[7.2 设备与管节验收 37](#_Toc111402688)

[7.3 工作井质量验收 39](#_Toc111402689)

[7.4 顶管工程质量验收 40](#_Toc111402690)

[8 本标准用词说明 42](#_Toc111402691)

[附录A（规范性） 混凝土管节渗水测量与评定方法 44](#_Toc111402694)

[综合管廊顶管工程施工及验收规范 条文说明 46](#_Toc111402701)

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与城乡建设厅提出并归口。

本文件主编单位：中建三局城市投资运营有限公司

中国地质大学（武汉）

本文件参编单位：黄冈市住房和城乡建设局

中建三局黄冈城市管廊建设运营有限公司

中建三局基础建设投资公司

湖北省电力勘察设计院

黄石精武顶管工程有限公司

山东龙泉管道工程股份有限公司

广州金土岩土工程技术有限公司

湖北地建集团神龙市政建设工程有限公司

本文件主要起草人：何穆 张泽勇 张鹏 周强新 张安政 贾瑞华 李永峰 方宇轩 张飘平

谢学彬 李漪方 卫军 张可立 皮青云 舒放 陈雪华 段文贵 胡涛

张海丰 唐勇杰 王红伟 李水明 胡锦秋

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至中建三局城市投资运营有限公司（地址：湖北省武汉市洪山区九峰街道高新大道799号中建光谷之星，邮编430075,邮箱zengcong@126.com）。

综合管廊顶管工程施工及验收规范

* 1. 范围

本文件规定了湖北省综合管廊顶管工程的勘察、设计、施工和验收。

本文件适用于采用泥水平衡式、土压平衡式等型式的各类顶管法施工的城市地下综合管廊工程的勘察、设计、施工和验收。

* 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 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB 50013 室外给水设计规范

GB 50014 室外排水设计规范

GB50021 岩土工程勘察规范

GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范

GB 50108 地下工程防水技术规范

GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范

GB 50191 构筑物抗震设计规范

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收规范

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50208 地下防水工程质量验收规范

GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范

GB 50307 城市轨道交通岩土工程勘察规范

GB 50332 给水排水工程管道结构设计规范

GB50838 城市综合管廊工程技术规范

GB 13014 钢筋混凝土用余热处理钢筋

GB 1499. 1 钢筋混凝土用钢第1部分:热轧光圆钢筋

GB 1499. 2 钢筋混凝土用钢第2部分:热轧带肋钢筋

GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准

CECS 246: 2008 给水排水工程顶管技术规程

CJJ 56 市政工程勘察规范

CJJ61 城市地下管线探测技术规程

JGJ311 建筑深基坑工程施工安全技术规范

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准

JGJ 53 普通混凝土碎石或卵石质量标准及检验方法

JGJ 63 混凝土用水标准

DGJ08-2017: 2014 综合管廊工程技术规范

DG/TJ08-2168: 2015 城市综合管廊维护技术规程

HG/T 3091橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈材料规范

DB42/T 1343-2018 顶管法管道穿越工程技术规程

DB42/169-2022 岩土工程勘察工作规程

* 1. 术语和符号

下列术语和符号适用于本文件。

* + 1. 术语

**顶管法 pipe jacking method**

借助顶推装置，将预制管节顶入土中的地下管道不开槽施工方法。

* + - 1. **始发井starting shaft**

顶管机始发、管节安装、顶进、出土作业的竖井。

* + - 1. **接收井 reception shaft/pit**

顶管终端接收顶管机的竖井，也称接收坑。

* + - 1. **顶管机 pipe jacking machine**

安装在顶进管道最前端用于掘进的机械装置。

* + - 1. **中继站 intermediate jacking station**

为长距离连续顶进而设置的续顶机构。

* + - 1. **洞门portalof working shaft**

工作井侧壁预留的墙洞供顶管及始发和到达。

* + - 1. **后靠墙 reaction wall**

始发井中承担顶进反力的后背墙体。

* + - 1. **后座 jacking base**

安装在主顶油缸与反力墙之间，用于均匀扩散后座力的传力构件。

* + - 1. **触变泥浆 thixotropic mud**

用于填充顶进管械与土体之间的环状间隙并起到减阻作用的专用泥浆材料。

* + - 1. **顶进力 jacking force**

由主顶油缸提供的向前推进的力。

* + 1. 符号
       1. 管道结构上的作用和作用效应

——顶进力（kN）；

——顶管机的迎面阻力（kN）；

——管道摩阻力（kN）。

* + - 1. 土及管材性能

——土的重度（kN/m3）；

——土的粘聚力（kN/m2）；

* + - 1. 几何参数

——管道设计顶进长度（m）；

——管道外径（m）；

——管道单位长度自重（kN/m）；

——顶管机外径（m）；

——工作井的最小长度（m）；

——顶管机或管段长度（m）；

——油缸长度（m）；

——反力墙厚度（m）；

——考虑顶进管道后退、顶铁的厚度及安装富余量（m）；

——工作井的最小宽度（m）；

**——施工操作空间（m）；

——工作井底板最小深度（m）；

——管道顶部覆土厚度（m）；

——管底操作空间（m）；

——反力墙的宽度（m）；

——反力墙顶端离地面的高度（m）；

——反力墙高度（m）；

——反力墙深入基坑底部深度（m）。

* + - 1. 计算系数

——管道外壁与土之间的平均摩阻力（kN/m2）；

——反力墙承载能力计算系数，取=1.5～2.5；

——主动土压力系数；

——被动土压力系数；

——安全系数，通常取≥1.5。

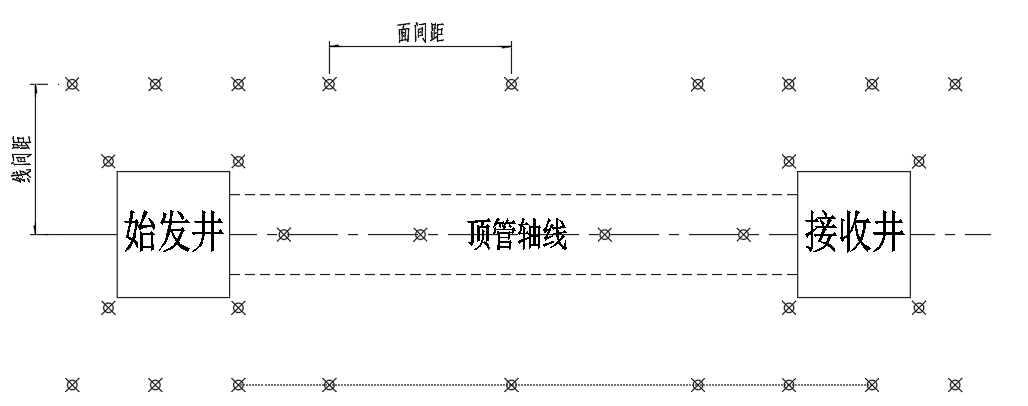
* 1. 工程勘察
     1. 一般规定
        1. 应在拟建综合管廊顶管项目的位置或规划设计线路确定后进行工程勘察，勘察等级应不低于工程所在综合管廊项目工程勘察等级。
        2. 综合管廊顶管工程勘察实施前，应取得地形图以及地下管线、设施和障碍物等现状资料，并经现场确认后，方可进行勘察作业，必要时应开展工程周边环境及地下设施的专项调查。

综合管廊顶管项目工程勘察应按规划、设计和施工阶段的技术要求分阶段进行，可分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察等阶段，以详细勘察为主。当场地条件复杂或有特殊要求时尚应进行施工勘察。

对岩土工程条件简单或邻近区域已有综合管廊工程经验的地区，可适当简化勘察阶段。当顶管工程平面布置已经确定时，可根据实际情况直接进行详细勘察。

* + - 1. 可行性研究勘察应在综合管廊整体线路规划的基础上针对顶管线路方案开展工程地质勘察工作，应符合下列要求：
         1. 主要采用收集资料、现场踏勘、调查等手段，了解场地的区域地质、地质构造、矿产、地震、场地的地形地貌、地层结构、岩性和特殊性岩土、地下水、不良地质作用等工程地质条件。
         2. 当拟建工程场地地质条件复杂时，尚应进行必要的勘察、测试工作。
         3. 应对拟建场地稳定性和适宜性做出评价，为综合管廊顶管项目选址及技术经济方案比选提供依据。
      2. 初步勘察阶段主要工作应符合下列要求：
         1. 搜集场地及邻近区域有关工程地质、水文地质资料及工程场地地形图、有关设计资料、工程经验等。
         2. 采用现场踏勘、调查等手段适宜的勘察手段，初步查明场地的地质构造、地层结构、水文地质条件。
         3. 初步查明拟建场地特殊性岩土的类型、工程地质特性、成因、分布范围，分析、评价其对工程建设的影响，提出防治建议。
         4. 初步查明场地内及其邻近对工程有影响的不良地质作用类型、规模，分析、评价其对工程建设的危害程度，对场地工程建设的稳定性、适宜性和地震效应作出评价。
         5. 初步分析评价水土腐蚀性。
         6. 初步分析地基土特征，提出岩土层的物理力学指标和主要设计参数。
         7. 针对总平面布置、基础类型选择、工法选型、不良地质作用的治理进行初步分析和评价，对详细勘察阶段的重点工作内容提出建议。
      3. 详细勘察阶段主要工作任务应符合下列要求：
         1. 系统分析、利用前期勘察成果；当合并勘察阶段开展工作时，应搜集场地及邻近区域有关工程地质、水文地质资料及工程场地地形图、有关设计资料、工程经验等。
         2. 采用适宜的勘察手段，详细查明场地的岩土类型、成因，应重点查明高灵敏度软土层、松散砂土层、高塑性黏性土层、含承压水砂层、软硬不均地层、含漂石或卵石地层等，分析评价其对顶管施工的影响。
         3. 在基岩地区应查明岩土分界面位置、岩石坚硬程度、岩石风化程度、结构面发育情况、构造破碎带、岩脉的分布与特征等，分析其对顶管施工可能造成的危害。
         4. 详细查明场地水文地质条件，当顶管下穿地表水体时应调查地表水与地下水之间的水力联系，分析地表水体对顶管施工可能造成的危害。
         5. 详细查明场地内及其邻近对工程有影响的不良地质作用类型、规模，分析、评价其对工程建设的危害程度，提出防止建议和相关设计参数，必要时应进行专项勘察。
         6. 详细查明特殊性岩土的类型、工程地质特性、成因、分布范围，分析、评价其对顶管施工的影响，提出处理相关建议和处理设计所需的岩土参数。
         7. 分析评价地基工程性质、场地稳定性和地震效应。
         8. 对顶管始发（接收）井的地址条件进行分析和评价，预测可能发生的岩土工程问题，提出岩土加固范围和方法的建议。
         9. 评价水和土对管材使用的混凝土、钢材、橡胶的腐蚀性。
         10. 采用试验、统计和分析等方法，提供设计和施工所需的各岩土层的物理力学指标和各类岩土参数。
         11. 为下列工作提供勘察资料和建议：

1. 顶管轴线和顶管始发（接收）井位置的选定。
2. 顶管设备选型、设计制造和刀盘、刀具的选择。
3. 顶管管节及管节壁后注浆设计。
4. 顶管推进阻力、推进速度、姿态控制等施工工艺参数的确定。
5. 土体改良设计。
6. 顶管始发（接收）井端头加固设计与施工。
7. 工程风险评估、工程周边环境保护及工程监测方案设计
   * + 1. 当工程场地及周边环境特别复杂、环境保护有特殊要求，或存在对工程安全有不利影响的不良地质作用和特殊性岩土且无法规避时，应进行专项勘察，并提供勘察报告。
       2. 专项勘察工作应符合下列要求：
          1. 对工程周边重要建（构）筑物或对工程建设有重要影响的地下设施，应进行专项勘察，查明其名称、类型（或用途）、地理位置、与拟建工程的空间关系、竣工图、特殊保护要求等情况，分析其与综合管廊顶管工程之间的相互影响。
          2. 当水文地质条件对工程评价或工程降水有重大影响时，应进行专门的水文地质勘察。
          3. 不良地质作用和特殊性岩土专项勘察工作应符合下列规定：
8. 重点查明岩溶、土洞、孤石、球状风化体、地下障碍物、有害气体的分布；
9. 提供砂土、卵石和全风化、强风化岩石的颗粒组成、最大粒径及曲率系数、不均匀系数、耐磨矿物成分及含量，岩石质量指标（RQD），土层的颗粒含量等；
10. 遇有软土时，根据工程周边环境变形控制要求，对不良地质体的处理及沉降控制提出建议；
11. 分析评价隧道下伏的淤泥层及易产生液化的饱和粉土层、砂层对顶管施工和隧道运营的影响，提出处理措施的建议；
12. 对始发井和接收井条件和措施提出建议；
13. 专项勘察应符合设计要求。
    * + 1. 施工勘察应根据施工阶段设计、施工要求，针对所需解决的具体问题利用相应手段进行勘察，提供勘察资料，并作出分析、评价和建议。
        2. 综合管廊顶管的工程勘察除应符合上述要求外，尚应符合现行国家标准GB 50021、国家行业标准CJJ 56和湖北省标准DB42/169中的相关要求。
      1. 勘察孔布置
         1. 顶管段勘察孔布置应符合下列规定：
            1. 顶管陆域段勘探点应布置在轴线上和顶管外侧6m范围内，水域段勘探点应布置在顶管外侧10m范围内，勘探线上的勘察点宜交错布置。勘探孔平面图（如图1所示）中线间距应不大于10m，面间距不大于20m，在始发井和接收井附近应适当加密。



1. 勘探孔布置示意图
   * + - 1. 勘察孔数量应根据管廊区间长度及地层的复杂程度确定。在顶管穿越暗埋的河、湖、沟、坑地段和可能产生流沙及地震液化的地段，勘察孔应适当予以加密；在顶管穿越铁路、公路和河流地段，勘察孔间距应能控制地层的变化。
         2. 顶管穿越高等级公路、铁路、河谷等地段时，宜在其两侧布孔，孔数不宜少于2个。穿越地质条件复杂的中、大型河流地段，应进行钻探，每个穿越方案宜布置勘察点1~3个。
         3. 勘察孔的深度应达到管底设计标高以下2倍～3倍管径且不小于3m，如遇下列情况之一，应适当增加勘察孔的深度：
2. 当综合管廊穿越河流时，勘察孔深度应达到河床最大冲刷深度以下4m~6m；
3. 当管线基底下存在松软土层、湿陷性土及可能产生流砂、潜蚀或液化地层时，勘察孔深度应加深或钻穿该类地层；
4. 在必须采取降低地下水位来进行管线施工的地段，勘察孔孔深应在基底以下5m~10m，且应穿透主要含水层；
5. 当管线下部有承压水层时，勘察孔应适当加深，或钻穿承压水层，并测量其水位；
6. 满足地震效应评价要求。
   * + 1. 始发井和接收井勘察孔的布置应符合下列规定：
          1. 勘察的平面范围宜超出开挖边界外开挖深度的2~3倍。在深厚软土区，勘察深度和范围尚应适当扩大。
          2. 宜在矩形工作井和接收井的四角布置勘察孔，圆形工作井在周边均匀布置勘察孔，并不应少于2个。
          3. 顶管工作井基坑勘察深度宜为开挖深度的2~3倍，在此深度内遇到坚硬黏性土、碎石土和岩层，可根据岩土类别和支护设计要求减少深度，但不应小于基坑深度的1.6倍。
          4. 在必须采取降低地下水位来进行施工的地段，勘察孔孔深应在井底以下5m~10m，且应穿透主要含水层；井底下存在承压水层时应适当加深，必要时钻穿承压水层。
       2. 沿线路需取土试样和进行原位测试的勘察孔数量，应根据地层结构、地基土的均匀性和设计要求确定，并应占勘察孔总数的 1/2～2/3；控制性勘察孔数量不应少于勘察孔总数的1/3 。
       3. 取土试样和原位测试点的竖向间距宜为1m~2m，每孔中各主要土层原状土试样和原位测试数据不宜少于1件；当土层大于5m，取样间距可适当放宽，并宜分别在上、中、下部位各取代表性试样1件；主要地层应适当加密。
       4. 当存在对工程有影响的地表水、地下水时，应分别采取水试样进行水质分析，每个场地个不小于2件；有多层地下水时，应分层采取地下水试样。
       5. 工程需要时，应根据土的性质、基坑安全等级、支护形式和施工方案要求选择室内试验和原位测试项目。室内试验和原位测试的要求应符合相关现行国家标准。
       6. 勘察观测和测试工作完成后，顶管施工区域内的钻孔应采用水泥浆进行封孔。
       7. 勘察时出现钻具、钻杆等遗失在孔内无法回收的情况时，勘察单位应详细记录遗失物体的种类、长度、材料和遗失时的深度，便于后续施工单位查询。
     1. 地下管线及障碍物勘察
        1. 综合管廊顶管工程施工前，应搜集地下管线和障碍物的现状资料，并对管线的渗漏和使用状态进行排查和记录，经现场确认后，方可进行施工作业。必要时，在施工前应进行专项地下管线和障碍物的勘察。
        2. 地下管线和障碍物勘察应在充分搜集分析已有资料的基础上，综合采用地球物理探测和实地调查的方法进行，所采用的地球物理探测方法的技术要求应符合CJJ 7的有关规定。
        3. 地下管线勘察应根据综合管廊工程的规划、设计、施工和管理部门的要求，查明受顶管施工影响的区域内埋设与地下的给水、排水、燃气、热力、工业等各种管道以及电力、电信电缆、光缆。
        4. 在进行地下管线现场勘察前，应全面搜集和整理测区范围内己有的地下管线资料和有关测绘资料，宜包括下列内容：
7. 已有的各种地下管线图；
8. 各种管线的设计图、施工图、竣工图及技术说明资料；
9. 相应比例尺的地形图；
10. 测区及其邻近测量控制点的坐标和高程；
11. 拟建顶管工程区间内的桩基、树根等障碍物。
    * + 1. 各种地下管线的敷设状况，即管线在地面上的投影位置和埋深，同时应查明管线类别、材质、规格、载体特征、电缆根数、孔数及附属设施等，绘制探查草图并在地面上设置管线点标志。
        2. 管线点宜设置在管线的特征点在地面的投影位置上。管线特征点包括交叉点分支点、转折点、变材点、变坡点、变径点、起讫点、上杆、下杆以及管线上的附属设施中心点等。在没有特征点的管线段上，管线点间距宜按小于或等于10m间距设置，并应以能反映管线弯曲特征为原则。
        3. 地下管线勘察的物探方法应根据任务要求、探查对象和地球物理条件，选择经济有效的方法。金属管线宜采用电磁感应法探测定位，非金属管线宜采用穿线法、信标法进行探测定位，或者采用陀螺仪法、地质雷达法进行定位。管线探测新技术通过实际试验有效和经济技术比对后可鼓励采用。
        4. 地下管线探查前，应在探查区或邻近的己知管线上进行方法试验，确定该种方法技术和仪器设备的有效性、精度和有关参数。不同类型的地下管线、不同地球物理条件的地区，应分别进行方法试验。
        5. 地下管线探测的范围应覆盖顶管段综合管廊结构的外界线范围，以及管廊两侧各不小于1倍管廊宽度的区域。
        6. 地下管线探测应查明地下管线的平面位置、走向、埋深（或高程）、规格、性质、材料等内容。具体的内容根据地下管线的性质可按表1选择，或根据委托方的要求确定。
12. 地下管线探测内容

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 管线类别 | 埋深（m） | | 断面尺寸  （mm） | | 根数 | 管材 | 附属物 | 载体特征 | | | 权属  单位 |
| 内底 | 外顶 | 管径 | 宽×高 | 压力 | 流向 | 电压 |

表1地下管线探测内容（续）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 给水 | |  | △ | △ |  |  | △ | △ |  |  |  | △ |
| 排水 | 管道 | △ |  | △ |  |  | △ | △ |  | △ |  | △ |
| 方沟 | △ |  |  | △ |  | △ | △ |  | △ |  | △ |
| 燃气 | |  | △ | △ |  |  | △ | △ | △ |  |  | △ |
| 工业 | 自流 | △ |  | △ |  |  | △ | △ |  | △ |  | △ |
| 压力 |  | △ | △ |  |  | △ | △ | △ |  |  | △ |
| 热力 | 有沟道 | △ |  |  | △ |  | △ | △ |  | △ |  | △ |
| 无沟道 |  | △ | △ |  |  | △ | △ |  | △ |  | △ |
| 电力 | 管块 |  | △ |  | △ | △ | △ | △ |  |  | △ | △ |
| 沟道 | △ |  |  | △ | △ | △ | △ |  |  | △ | △ |
| 直埋 |  | △ | △ |  | △ | △ | △ |  |  | △ | △ |
| 电信 | 管块 |  | △ |  | △ | △ | △ | △ |  |  |  | △ |
| 沟道 | △ |  |  | △ | △ | △ | △ |  |  |  | △ |
| 直埋 |  | △ | △ |  | △ | △ | △ |  |  |  | △ |
| **注：表中“Δ”为应实地调查的项目。** | | | | | | | | | | | | |

* + - 1. 地下管线探测后，应通过地面标志物、检查井、闸门井、人孔、手孔或钎探等方式进行复核。必要时应设置地面标志，并在探查记录中标注其与附近固定地物之间的距离和方位，实地栓点，并绘制位置示意图。
      2. 地下管线勘察区域内缺乏明显管线点或在己有明显管线点上尚不能查明实地调查中应查明的项目时，应邀请熟知本地区地下管线的人员参加或通过开挖进行实地调查和量测。
      3. 地下管线勘察的基本程序、测量方法、探测精度和成果提交等的要求尚应符合现行行业标准CJJ 61的有关规定。
      4. 地下障碍物包括在顶管范围及邻近区域内影响顶管施工安全的地下建（构）筑物及其基础、暗埋的河道、浜沟、孤石、球形风化体、卵砾石层、溶洞等不良地质体、树根和地下遗留的不明障碍物等。
      5. 建（构）筑物探测应查明顶管施工区域附近的建（构）筑物的用途、结构类型、荷载类型，应重点查明基础的类型、边界范围和埋置深度。
      6. 孤石和卵砾石层探测
         1. 对于孤石性质与周边介质相差明显的情况，可以通过弹性波速度特征推断孤石的位置和大小。
         2. 孤石与周边介质密度相差较大、粒径较大时，可通过重力探测判定。
         3. 当孤石的电阻率与周边介质相差较大时，可采用电法探测。通常选择电阻率成像法和电阻率法。
         4. 孤石的电阻率与周边介质相差较大时，可采用电磁法探测。通常选择甚低频法和探地雷达法。
         5. 当孤石的电阻率与周边介质相差较大时，可采用地震波法和声波法探测：

1. 浅层地震反射波法适于水下孤石探测
2. 瑞雷波法可解决浅层孤石探测问题，但使用时应注意排除周边噪音影响。
3. 对于需要采用精确探测的工程，可采用地震波CT法，但孔距不宜过大。
   * + 1. 孤石、卵砾石夹层、溶洞等不良地质体障碍物在探测后宜补充采用钻探法探明。
     1. 勘察成果及报告
        1. 勘察报告应阐述场地工程地质条件、水文地质条件，评价场地稳定性和适应性，为合理确定顶管的平面布置、选择顶进标高、防治不良地质现象提供依据。
        2. 勘察报告应满足设计、施工的具体要求，提供顶管段和始发井、接收井设计及施工所需的各土层物理力学性质参数，以及地下水和环境资料，并做出针对性的分析评价、结论和建议。
        3. 不同阶段的勘察报告应分别满足工程规划、设计、施工阶段的技术要求。
        4. 初步勘察报告，应阐述场地工程地质条件、评价场地稳定性和适应性，推荐管道最优线路方案，为合理确定平面布置、选择顶进标高，防治不良地质影响提供依据。
        5. 详细勘察报告，应分段评价岩土工程条件，应提供顶管和工作井设计、施工所需的各土层物理力学性质指标，以及地下水资料，对工作井和顶管设计、施工方案提出建议，并作出针对性的分析评价。
        6. 勘察报告主要由文字和图表构成。勘察报告文字部分应包含以下内容：
           1. 勘察目的和任务要求和依据的技术标准。
           2. 勘察方法和工作布置。
           3. 拟建顶管法管廊工程的基本特性。
           4. 场地地形、地质（地层、地质构造）、地貌、岩土性质、地下水及不良地质作用的阐述和评价。
           5. 地基稳定性评价及建议地基处理方案。
           6. 岩土参数的搜集、分析和选用。
           7. 工程施工期间可能发生的岩土工程问题的预测及监控、防治措施的建议。
           8. 顶管施工中障碍物的类型、大小、埋深的预测、分析和评价。
           9. 顶管施工对周边环境影响的分析和评价。
           10. 有关顶管工程设计和施工措施的建议，包括：
4. 顶管始发（接收）井端头岩土加固方法的建议；
5. 对不良地质作用及特殊性岩土可能引起的顶管法施工风险提出控制措施的建议；
6. 邻近堤岸、重要管线和建（构）筑物时，顶管施工对周围环境的影响评估。
7. 图表部分应包括以下内容：
8. 勘察点平面布置图；
9. 工程地质柱状图；
10. 工程地质剖面图；
11. 原位测试成果图表；
12. 室内试验成果图表。
13. 地下管线及障碍物勘察成果图表
    1. 工程设计
       1. 工程选线
          1. 始发井、接收井选址原则
             1. 便于大型设备、构件进出场和渣土外运；
             2. 尽量避开建（构）筑物、地下管线、架空杆线等不利于施工的场地；
             3. 始发井宜设在管道低处，有利于顶管机姿态控制和管道内排水；
             4. 多排顶进或多向顶进时，宜尽可能利用一个工作井。
          2. 顶进土层
             1. 顶管可在淤泥质粘土、粘土、粉土及砂土中顶进。
             2. 下列情况不宜采用顶管施工：
14. 土体承载力fd小于30kPa。
15. 岩体强度大于5MPa。
16. 土层中砾石含量大于30％或粒径大于200mm的砾石含量大于5％。
17. 江河中覆土层渗透系数K大于或等于10-4m/s。
    * + - 1. 长距离顶管不宜在土层软硬明显的界面上顶进。
        1. 覆土厚度
           1. 在不稳定土层中，管道上覆土层厚度宜大于管道外径的1.5倍，并应大于1.5m；
           2. 穿越河道水底时，管道应布设在河床的最大冲刷线以下，管顶至远期规划河道底的最小覆土厚度不宜小于管道外径的1.5倍，且不宜小于2.5m；
           3. 穿越通航河段时，管顶上覆土层厚度应满足通航安全要求；
           4. 在有地下水地区及穿越河道水底时，管顶上覆土层的厚度还应满足管节抗浮要求；
           5. 穿越轨道交通、铁路、公路、堤防或其它重要设施时，管顶上覆土层厚度应遵守轨道交通、铁路、公路、堤防或其他设施的相关安全规定。
        2. 下穿（上跨）建（构）筑物、轨道交通、铁路、公路、堤防、重要地下管线等的要求；
           1. 施工前应对穿越建（构）筑物等地段进行详细调查，评估施工对建、构筑物的影响，并针对性地采取保护措施，控制地层变形。
           2. 宜根据建（构）筑物基础与结构的类型、现状，采取地基加固或桩基托换措施。
           3. 必须加强地表和建（构）筑物等变形监测，并及时反馈，优化调整管节推进参数和同步注浆参数。
           4. 必须对施工引起的地表变形和对周围环境的影响进行实时监测并采取相应的安全保护措施，制定应急预案。
           5. 穿越地铁、铁路、公路或其他设施时，除需符合本规程的有关规定外，尚应遵守相关行业的有关技术安全的规定。
           6. 穿越城市快速路、主干路、铁路、轨道交通、公路时，宜垂直穿越；受条件限制时可斜向穿越，最小交叉角不宜小于60°。
        3. 两条或多条平行管道采用顶管法施工时，宜先深后浅、先大后小；平行管道掘进时，其净距不宜小于管道外径的1倍，并应采取相应的措施，对先行掘进管道加强监测。
        4. 与现状相邻地下管道及地下构筑物平行、交叉时的间距：
           1. 施工前，应分析施工对现状管道及构筑物的影响，采取相应的施工措施，并对既有管道及构筑物加强监测；
           2. 空间交叉管道的净间距，不宜小于管道外径的1倍，且不宜小于2.0m；
           3. 与相邻地下管线及地下构筑物的最小净距应根据地质条件和相邻构筑物的性质确定，且不宜小于表2的规定。
18. 综合管廊顶管与相邻地下构筑物的最小净距

|  |  |
| --- | --- |
| 施工方法  相邻情况 | 顶管施工 |
| 与地下构筑物水平净距 | 1.0m |
| 与地下管线水平净距 | 1.0m，1倍管道外径 |
| 与地下管线交叉垂直净距 | 1.0m，1倍管道外径 |

* + 1. 管节断面设计
       1. 顶管断面尺寸应与明挖断面尺寸相适应，断面尺寸应尽量采用成熟案例尺寸，但仍需满足综合管廊标准断面内部净高和净宽的相关要求。
       2. 顶管管道内部净高宜根据综合管廊容纳管线的种类、规格、数量、安装要求等综合确定，不宜小于2.4m。
       3. 顶管管道内部净宽宜根据综合管廊容纳管线的种类、数量、运输、安装、运行、维护等要求综合确定。
       4. 多仓管廊的内隔墙可后施工，应预留相应的连接构造。
       5. 顶管管节一般采用标准长度管节进行排版设计，不宜忽略各个管节间胶合板的厚度。必要时可根据实测的工作井的相对位置调整最后一节预制管节的长度，以满足管节标准模数长度。
    2. 管节结构设计
       1. 一般规定
          1. 顶管结构设计使用年限应为100年。
          2. 顶管结构应按乙类建筑物进行抗震设计，结构抗震等级为二级，抗震设防烈度为8度。
          3. 顶管结构安全等级应为一级。
          4. 顶管结构构件的裂缝控制等级应为三级，结构构件的最大裂缝宽度限值应小于或等于0.2mm，且不得贯通。
          5. 宜根据管节尺寸、运输条件、吊装和生产能力等确定采用预制整体式或预制拼装式混凝土管。
       2. 结构上的作用
          1. 管节结构上的作用，按性质可分为永久作用和可变性作用。结构设计时，对不同的作用应采用不同的代表值。永久作用应采用标准值作为代表值，可变作用应根据设计要求采用标准值、组合值或永久值作为代表值。作用的标准值应为设计采用的基本代表值。
          2. 当结构承受两种或两种以上可变作用时，在承载力极限状态设计或正常使用极限状态按短期效应标准值设计时，对可变作用应取标准值和组合值作为代表值。
          3. 当正常使用极限状态按长期效应准永久组合设计时，对可变作用应采用准永久值作为代表值。
          4. 结构主体及收容管线自重可按结构构件及管线设计尺寸计算确定。常用材料及其制作件的自重可按现行国家标准GB 50009的规定采用。
          5. 建设场地地基土有显著变化段的管节结构，应计算地基不均匀沉降的影响，其标准值应按现行国家标准GB 50007的有关规定计算确定。
          6. 制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况下的预制构件验算，应符合现行国家标准GB 50666的有关规定。
       3. 荷载组合

钢筋混凝土顶管管节结构上的作用，分为永久作用、可变作用和偶然作用三类。

* + - * 1. 永久作用应包括结构自重G1、土压力（竖向和侧向Fep）。

1. 结构自重，可按结构构件的设计尺寸乘以钢筋混凝土自重标准值25计算。
2. 竖向土压力与侧向土压力，可按朗金公式计算主动土压力。土的重力密度，地下水位以上可取18；地下水位以下部分的侧压力应为主动土压力与地下水静水压力之和，此时土的有效重力密度可取10计算。
   * + - 1. 可变作用应包括地下水压力、堆积荷载（含地面人群荷载）、车辆荷载（、不同时考虑，取大者计入）。
3. 地下水压力，应考虑可能出现的最高和最低水位，不可直接引用勘察时的水位，应要求勘察报告予以明确。
4. 堆积荷载，其竖向压力标准值可取10 计算，并视作分布面积较大，沿不同深度等值；相应的侧向压力可取1/3竖向压力计算。
5. 车辆荷载，应与我国道路桥梁设计的荷载标准相协调。
   * + - 1. 偶然作用主要考虑地震作用，宜按抗震设防7度进行地震作用验算。
       1. 整体预制混凝土管的内力计算

混凝土管道在组合作用下，管道横截面的环向内力可按（式1、式2）计算：

 (式1)

 (式2)

式中：——管道横截面的最大弯矩设计值（kN·m/m）；

——管道横截面的轴力设计值（kN/m）；

——圆管的计算半径（m），即自圆管中心至管壁中心的距离；

——弯矩系数，应根据荷载类别取土的支承角为120°，按表3确定；

——轴力系数，应根据荷载类别取土的支承角为120°，按表3确定；

——作用在管道上的*i*项荷载设计值（kN/m）。

1. 圆形刚性管120°支承角内力计算系数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内力系数  荷载内别 | 管道底部 | | 管道顶部 | | 管侧中心 | |
| *kmA* | *knA* | *kmB* | *knB* | *kmC* | *knC* |
| 管道自重 | 0.100 | 0.236 | 0.066 | -0.048 | -0.076 | 0.250 |
| 管顶竖向土压力 | 0.154 | 0.209 | 0.136 | -0.021 | -0.138 | 0.500 |
| 管上腔内土重 | 0.131 | 0.258 | 0.072 | -0.070 | -0.111 | 0.500 |
| 管外地下水 | 0 | 1.000 | 0 | 1.000 | 0 | 1.000 |
| 地面荷载 | 0.154 | 0.209 | 0.136 | -0.021 | -0.138 | 0.500 |
| 侧向土压力 | -0.125 | 0.500 | -0.125 | 0.500 | 0.125 | 0 |

* + - 1. 极限状态计算

钢筋混凝土管应按刚性管计算，分为承载能力极限状态计算和正常使用极限状态计算：

* + - * 1. 承载能力极限状态计算

顶管结构纵向超过最大顶力破坏，管壁因材料强度被超过而破坏。

1. 管节按承载能力极限状态进行强度计算时，结构上的各项作用均采用作用设计值。作用设计值应为使用分项系数与作用代表值的乘积；
2. 对管节结构进行强度计算时，应满足（式3）要求：

（式3）

式中：——管道的重要性系数，可取1.10；

——作用效应组合设计值；

——结构构件抗力的设计值，应根据现行国家标准GB 50010的规定采用；

1. 作用效应的基本组合，应按（式4）确定：

（式4）

式中：——结构构件自重标准值及其作用效应系数；

、——管顶的竖向土压力标准值及其作用效应系数；

、——管侧主动土压力标准值及其作用效应系数；

、——地下水压力标准值及其作用效应系数；

、——地面堆积荷载标准值及其作用效应系数；

、——车辆轮压传递到管道顶处的竖向压力标准值及其作用效应系数；

、——温度变化作用标准值及其作用效应系数；

——结构构件自重的分项系数，当作用效应应对结构不利时应取1.20；当作用效应对结构有利时应取1.00

——除结构构件自重外，各项永久作用的分项系数，当作用效应对结构不利时应取1.27；当作用效应对结构有利时应取1.00；

——地下水压力作用的分项系数应取1.27；

——除地下水外，其他各项可变作用分项系数应取1.4；

——二种或二种以上可变作用的组合系数应取0.9。

作用效应系数为结构在相应作用下产生的效应（内力、应力等）与该作用的比值，可按结构力学方法确定.

1. 顶管传力面允许最大顶力可按（式5）计算：

(式5)

式中：——混凝土管节允许顶力设计值（N）；

——混凝土材料受压强度折减系数，可取0.90；

——强度提高系数，可取1.05；

——材料脆性系数，可取0.85；

——顶力分项系数，可取1.3；

——混凝土强度标准调整系数，可取0.79；

——混凝土受压强度设计值（N/mm2）；

——管节的最小有效传力面积（mm2）。

* + - * 1. 正常使用极限状态验算

钢筋混凝土管道裂缝宽度超过规定限制。

1. 钢筋混凝土管节进行正常使用极限状态验算时，作用效应均应采用作用标准值计算。
2. 构件处于受弯、大偏心受压时，截面设计应按作用效应准永久值组合（长期效应）验算控制裂缝宽度。裂缝最大宽度不应大于0.2mm。作用效应准永久值组合按（式6）确定：

（式6）

式中：——地下水作用准永久系数，当采用最高水位时，可取平均水位与最高水位的比值；当采用最低水位时，应取1.00；

——地面堆积荷载准永久系数，可取0.5；

——地面车辆荷载准永久系数，应取0.5.

* + - 1. 管节一般构造要求
         1. 管节材料必须满足以下结构耐久性要求：

1. 混凝土强度等级不小于C50，抗渗等级不小于P8；
2. 钢筋：宜采用HPB235、HRB335和HRB400钢筋，其技术标准应分别符合GB1499.1-2008和GB1499.2-2007的有关规定；
3. 预埋钢板、型钢宜采用Q235钢、Q345钢，其技术指标应符合现行国家标准GB/T 700的有关规定。
   * + - 1. 当地下水对混凝土和钢筋具有腐蚀性时，应对钢筋混凝土管道外壁做相应的防腐处理。
         2. 顶管管壁外侧钢筋保护层厚度不应小于30mm，管壁内侧钢筋保护层厚度不应小于35mm。
         3. 接地应符合下列规定：
4. 管道内的接地系统应形成环形接地网，接地电阻不应小于1Ω。
5. 接地网宜采用热镀锌扁钢，且截面积不应小于40mm×5mm。接地网应采用焊塔搭接，不得采用螺栓搭接。
6. 内部金属构件、电缆金属套、金属管道以及电气设备金属外壳均应与接地网连通。
7. 作为或包含天然气管道舱室的接地系统尚应符合现行国家标准GB 50058的有关规定。
   * + 1. 抗震设计
          1. 顶管工程应按乙类建筑物进行抗震设计，抗震等级为二级，并应满足国家现行标准的有关规定。
          2. 抗震性能要求：结构在E2地震（设防地震）作用下，不破坏或轻微破坏，应能够保持其正常使用功能，结构处于弹性工作阶段；结构在E3地震（罕遇地震）作用下，可能破坏，经修补，短期内应能恢复器正常功能，结构局部进入弹塑性工作阶段。
          3. 周围地层分布均匀、规则且具有对称轴的纵向较长的顶管管节，结构分析可选择平面应变分析模型并采用反应位移法或等效水平地震加速度法、等效侧力法计算；长宽比和高宽比均小于3的顶管管节，宜采用空间结构分析计算模型并采用土层—结构时程分析法计算。
          4. 宜选择密实、均匀、稳定的地层；当处于软弱土、液化土或断层破碎带等不利地段时，应分析其对结构抗震稳定性的影响，采取相应措施。
          5. 管节内布置应力求简单、对称、规则、平顺。
          6. 受力主筋应采用抗震钢筋，抗震构造措施应满足国家现行标准的有关规定。
       2. 抗浮设计
          1. 对位于历史最高水位以下的顶管，应根据设计条件计算结构的抗浮稳定。计算时管廊内管线和设备的自重不应计入，其他各项作用应取标准值；不考虑侧摩阻力时抗浮安全系数取值不低于1.05，当考虑计入侧壁摩阻力时，抗浮安全系数取值不低于1.15。
          2. 当顶管周围土体存在液化土层时，应验算液化时的抗浮稳定性，并应采取相应措施消除或减轻液化。
     1. 结构防水设计
        1. 顶管应根据气候条件、水文地质情况、结构特点、施工方法和使用条件等因素进行防水设计，防水等级标准应为二级，并应满足结构的安全、耐久性和使用要求。
        2. 结构自防水

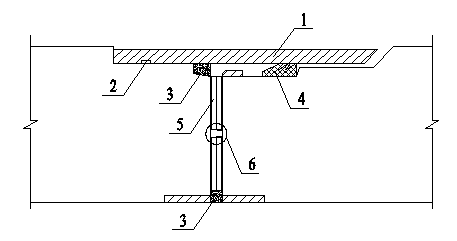
顶管的结构防水设计应遵循“以防为主，刚柔结合，多道防线，因地制宜，综合治理”的原则，以工作井及钢筋混凝土管节的结构自防水为根本，以管节接头防水为重点，确保工程的整体防水。

* + - * 1. 防水混凝土应通过调整配合比或添加外加剂、掺合料等措施配制而成，管节混凝土强度等级不得低于C50，抗渗等级不得小于P8。施工配合比应通过试验确定，抗渗等级应比设计要求提高一级（0.2MPa）。
        2. 防水混凝土的设计抗渗等级，应符合表4的规定。

1. 防水混凝土设计抗渗等级

|  |  |
| --- | --- |
| 管廊埋置深度（m） | 设计抗渗等级 |
|  | P8 |
|  | P10 |

* + - * 1. 当地下水介质对混凝土具有腐蚀性时，应对管节内外分别做防腐蚀处理。砂性地层顶进的管节的外表面宜设耐磨涂层。
      1. 管节接头防水满足下列要求：
         1. 顶管接头的弹性橡胶密封圈在施工中应有良好的密封性能，在长期的设计水压作用下应保持接头不渗漏。
         2. 钢筋混凝土顶管接头宜采用钢承口，多采用“F”型钢套接口，接缝内设齿形氯丁橡胶止水带和聚氨酯密封胶防水装置。钢承口的套环应使用钢或不锈钢套环，钢套环接口应无疵点。接头钢套环的钢材宜选用经防腐蚀处理的Q235B级钢。
         3. 钢套环接头的钢套环一段应埋入混凝土管中，钢套环与混凝土的结合面处应设雨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2所示。



1. 钢套环接头

1-钢套环；2-遇水膨胀止水条；3-弹性密封胶；4-密封圈；5-软木枕垫；6-弹性密封垫

* + - * 1. 顶管接头内面槽口宜采用石棉水泥、弹性密封膏或水泥砂浆、聚合水泥砂浆密封。
        2. 密封圈材料、规格应符合现行行业标准HG/T 3091。
        3. 在楔形橡胶圈表面宜涂润滑剂或有止水功能的润滑剂。润滑油脂宜采用硅脂类材料；润滑剂应采用先润滑后止水的特种聚氨酯材料，不应使用可能损害橡胶圈的润滑材料。
        4. 钢承口接头外表面应根据所处环境涂布防腐蚀涂料。
        5. 中继间接缝处，宜预留缺口，设置橡胶止水带。
        6. 顶管施工结束后，管节间的接缝进行封闭处理。要求压紧刮平，保证强度和气密性，在填充材料未充分固化前要注意保护，防止浸水。
      1. 顶管结束后，应采用水泥砂浆、粉煤灰水泥砂浆等易于固结或稳定性较好的浆液置换触变泥浆；待压浆体凝结后方可拆除注浆管路，将管道上的注浆孔使用防渗水泥封闭严密，并以闷盖封堵。
      2. 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。弹性橡胶密封垫材料、遇水膨胀橡胶密封垫胶料的物理性能应符合表5和表6的规定。

1. 弹性橡胶密封垫的主要物理性能

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | | 指标 | |
| 氯丁橡胶 | 三元乙丙橡胶 |
| 1 | 硬度（邵氏），度 | | | (45±5)～(65±5) | (55±5)～(70±5) |
| 2 | 伸长率（%） | | | ≥350 | ≥330 |
| 3 | 拉伸强度（MPa） | | | ≥10.5 | ≥9.5 |
| 4 | 热空气老化 | (70℃×96h) | 硬度变化值（邵氏） | ≥+8 | ≥+6 |
| 拉伸强度变化率（%） | ≥-20 | ≥-15 |
| 拉断伸长率（%） | ≥-30 | ≥-30 |
| 5 | 压缩永久变形(70℃×96h)(%) | | | ≤35 | ≤28 |
| 6 | 防霉等级 | | | 达到或优于2级 | |

注：以上指标均为成品切片测试的数据，若只能以胶质制成试样测试，则其伸长率、拉伸强度的性能数据应达到本规定的120%。

1. 遇水膨胀橡胶密封垫的主要物理性能

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 指标 | | | |
| PZ-150 | PZ-250 | PZ-450 | PZ-600 |
| 1 | 硬度（邵氏A）（度\*） | | 42±7 | 42±7 | 45±7 | 48±7 |
| 2 | 拉伸强度（MPa） | | ≥3.5 | ≥3.5 | ≥3.5 | ≥3.0 |
| 3 | 扯断伸长率（%） | | ≥450 | ≥450 | ≥350 | ≥350 |
| 4 | 体积膨胀倍率（%） | | ≥150 | ≥250 | ≥400 | ≥600 |
| 5 | 反复浸水试验 | 拉伸强度（MPa） | ≥3 | ≥3 | ≥2 | ≥2 |
| 扯断伸长率（%） | ≥350 | ≥350 | ≥250 | ≥250 |
| 体积膨胀倍率（%） | ≥150 | ≥250 | ≥500 | ≥500 |
| 6 | 低温弯折-  (20℃×2h) | | 无裂纹 | 无裂纹 | 无裂纹 | 无裂纹 |
| 7 | 防霉等级 | | 达到或优于2级 | | | |

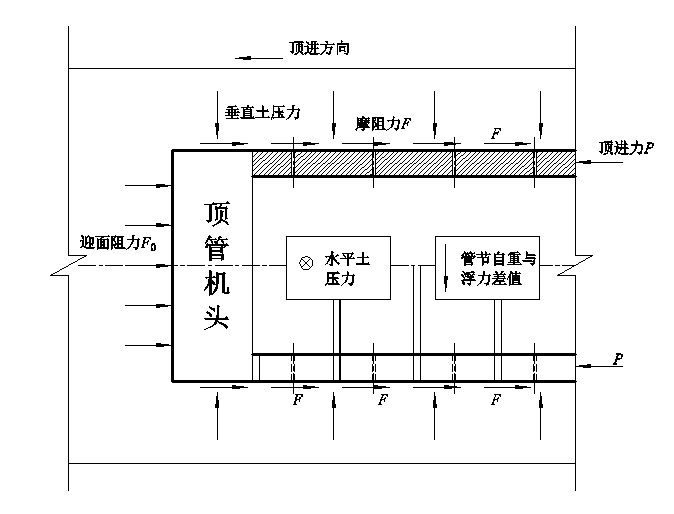
注：1 \*硬度为推荐项目。

2 成品切片测试应达到标准的80%。

3接头部位的拉伸强度不低于上表标准性能的50%。

* + - 1. 预制管节接头处应设置衬垫板，一般采用木衬垫板，应符合下列规定：
         1. 木衬垫板应选用质地均匀有弹性的松木、杉木或胶合板；
         2. 木衬垫板在满足传力要求的同时，尚应满足强度和变形要求；
         3. 木衬垫板厚度应为10mm~30mm。木垫圈厚度应根据管道尺寸确定。
    1. 顶进力估算
       1. 估算顶管顶进力时，应综合考虑管节结构、顶进工作井后背墙结构的允许最大荷载、顶进设备能力、施工技术措施等因素。最大顶力应大于顶进阻力，但不得超过管材或工作井后背墙的允许顶力。
       2. 顶进力估算

最大顶进力应小于后靠力的0.7倍，否则要增加中继间。一般认为，顶进力由迎面阻力与管道摩阻力两部分组成，如图3所示。



1. 顶管顶进力构成示意图

（式7）

（式8）

式中：P——总顶进力（kN）；

F0——顶管机的迎面阻力（kN），可参照(表7)计算；

F——管道摩阻力（kN）；

D0——管道外径（m）；

L——管道设计顶进长度（m）；

fk——管道外壁与土之间的平均摩阻力（kN/m2），通过试验确定，采用触变泥浆减阻技术时，其取值可参照表8选取。

1. 顶管机迎面阻力计算方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 顶管机端面 | 常用机型 | 迎面阻力*F*0（kN） | 式中符号 |
| 刃口 | 机械式工具管 |  | ——刃口厚度（m） |
| 喇叭口 | 挤压式 |  | —— 开口率 |
| 网格 | 挤压式 |  | ——网格界面参数，可取 |

表7顶管机迎面阻力计算方法（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 网格加气压 | 气压平衡式 |  | ——气压（kN/m2） |
| 全断面切削 | 土压平衡式  泥水平衡式 |  | ——土的重度（kN/m2）；  ——覆盖层厚度（m） |

注：——顶管机外径（m）；——挤压阻力（kN/m2），可取*Pr*=300kN/m2～500kN/m2。

1. 采用触变泥浆技术时管壁单位面积平均摩阻力*fk*（kN/m2）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 土层类型 | 黏性土 | 粉土 | 粉、细砂土 | 中粗砂土 | 岩石 |
| 混凝土管 | 3.0~5.0 | 5.0~8.0 | 8.0~11.0 | 11.0~16.0 | 1.0～3.0 |

* + 1. 中继间设计
       1. 在管廊工程中，顶进设备的中继间作为安全储备，一般情况仅在机头位置设置，通过顶进力大小、管道承载力和后靠力确定第二个中继间位置；为了留有足够的顶力储备，当所需顶力超过主顶工作站的推进能力、施工管道或后座装置所允许的最大荷载70%时，则需要在施工管道中安装中继间进行辅助施工。
       2. 中继间设置原则

采用中继间顶进时，其设计顶进力、数量和位置应符合下列规定：

* + - * 1. 第一个中继间的设计顶进力，应保证其允许最大顶进力能克服前方管道外壁所受摩擦阻力及顶管机的迎面阻力之和；而后续中继间设计顶进力应克服两个中继间之间的管道外壁摩擦阻力；
        2. 设计顶进力应小于管材允许顶进力；
        3. 确定中继间位置时，根据顶进长度和设计顶进力确定，应留有足够的顶进力安全系数。第一个中继间位置宜安装于顶管机后段，并提前安装，同时考虑顶管机在迎面阻力作用下发生反弹，引起地面变形。
        4. 主顶总推力达到中继间的总推力40%~60%时，放置第一个中继间，顶进过程中启动前一个中继间顶进后，主顶油缸推动的管段总顶力达到中继间总推力的60%~80%时安置下一个中继间；
        5. 中继间顶进力应有富余量，第一个中继间不宜小于自身最大顶力的40%，其余不宜小于30%；
        6. 顶进过程中，主顶油缸的总顶力达到主顶油缸额定推力90%时，应启动中继间接力顶进。
      1. 中继间构造
         1. 中继间的允许转角宜大于1.2˚，合力中心应可调节；
         2. 中继间应有足够的刚度，其结构形状应符合相应管道接头的要求，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应满足要求；
         4. 中继间外壳在伸缩时，滑动部分应具有止水性能和耐磨性，且滑动时无阻滞；
         5. 超深、超长距离顶管工程，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。
      2. 中继间液压油缸的布置形式
         1. 中继间的油缸数量应根据该施工长度的顶进力计算确定，并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. 中继间油缸宜取偶数，且其规格宜相同；当规格不同时，其行程应同步，并应将同规格的中继间油缸对称布置；
         3. 中继间油缸的油路应并联，每台中继间油缸应有进油、退油的控制系统；
         4. 中继间安装前应检查各部件，确认正常后方可安装；安装完毕应通过试顶检验后方可使用。
      3. 中继间结构须在安装前进行防腐处理。顶管施工完成后，拆除中继间内部零部件，保留壳体并做好壳体防水结构，加做钢筋混凝土衬砌作为通道永久性结构。
    1. 始发井、接收井设计
       1. 一般规定
          1. 工作井混凝土强度等级应大于C35，抗渗等级应大于P8。
          2. 顶管始发前先在洞口安装止水带，以防止顶管机始发时正面的水土涌入工作井内和顶进施工时压入的减阻泥浆从此处流失。
          3. 当始发段遇不良地质情况时，须在顶进方向距离工作井边一定范围内，对整个土体进行改良或加固。
          4. 根据工作井围护形式制定合理的封门拆除程序。
          5. 顶管施工结束后，工作井宜作为永久结构。
       2. 围护结构形式选择

应根据地质资料、管道埋深、管道直径、环境条件等合理选用工作井的支护结构形式。其设计宜符合以下原则：

* + - * 1. 在土质较软且地下水较丰富的地区，如果场地允许，宜优先采用沉井；
        2. 在顶管埋置较深、顶进力较大的软土地区，宜采用沉井或地下连续墙；
        3. 当顶管埋置较浅、地下水位较低、顶距较短时，宜选用钢板桩或SMW工法桩；
        4. 当地下水位比顶管埋设深度低或无地下水的地段，可选用灌注桩或钢板桩；
        5. 当施工场地狭小且周边建筑需要保护时，宜采用地下连续墙；
        6. 当顶进力较大时，除沉井外其它形式的工作井都应设置钢筋混凝土后座墙；
        7. 始发井与接收井端墙面一般要求与顶管中心线垂直，若受地形条件限制，则可将工作井做成异形，只需将断面墙与顶管中心线垂直即可；
        8. 工作井支护形式尚应满足国家其他现行标准及JGJ311的相关要求，并应符合湖北省各地市基坑工程管理办法的规定。
      1. 始发井、接收井尺寸要求
         1. 工作井应采用防水混凝土浇注，分段制作时，施工缝的防水措施应根据防水等级按明挖法地下工程设防要求选用。
         2. 净尺寸应考虑腰梁内支撑对设备安装的影响。
         3. 始发井的最小长度宜按（式9）计算：

 (式9)

式中：Lj——工作井的最小长度（m）；

L1——顶管机或管段长度，取两者中大值（m）；

L2——油缸长度（m）；

L3——反力墙厚度（m）；

m——考虑顶管管道后退、顶铁的厚度及安装富余量，可取1.5m。

* + - * 1. 始发井的最小宽度可按式10计算：

 (式10)

式中：B——工作井的最小宽度（m）；

D0——管道外径（m）；

S——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。

* + - * 1. 始发井的底板面深度应按（式11）计算：

 （式11）

式中：Hd——工作井底板面最小深度（m）；

H——顶管覆土层厚度（m）；

hd——管底操作空间（m），钢筋混凝土管可取。

* + - * 1. 接收井尺寸设计宜按照以下原则：

1. 最小长度应满足顶管机在井内拆除和起吊的要求；
2. 最小宽度应满足有足够的操作空间。
   * + 1. 始发井后靠墙设计原则
          1. 应有足够的强度，确保在顶管施工中能承受主顶工作站油缸的最大反作用力；
          2. 应有足够的刚度，在受到主顶工作站的反作用力时其变形在允许范围内；
          3. 反力墙表面应平直，并垂直于顶进管道的轴线。
       2. 后靠土体承载能力计算
          1. 后靠土体承载能力可按照（式12）计算：

(式12)

式中：RC——反力墙的承载能力（kN）；

S0——反力墙承载能力计算系数，取=1.5～2.5；

Bh——反力墙的宽度（m）；

——土的重度（kN/m3）；

h2——反力墙的高度（m）；

Kp——被动土压系数，计算参考公式，其中指的是土的内摩擦角；

C——土的粘聚力（kN/m2）；

h1——地面到反力墙顶部土体的高度（m）。

* + - * 1. 反力墙的承载能力也可分别用（式13、式14）计算：

在不考虑后背支撑情况时：

 (式13)

在考虑后背支撑情况时：

 (式14)

式中：H0——工作井的深度（m）；

H3——反力墙深入基坑底部深度（m）；

——安全系数，通常取。

* + - 1. 后靠土体加固原则
         1. 当无原状土作后座墙时，应设计结构简单、稳定可靠、就地取材、拆除方便的人工后座墙；
         2. 在设计反力墙时应充分利用土抗力，在工程进行中应严密的注意后背土的压缩变形值，将残余变形值控制在20mm左右，当发现变形过大时，应考虑采取辅助措施，必要时应对后靠背土体进行加固，以提高土抗力。
         3. 后靠背土体的加固可采用搅拌桩或旋喷桩等形式，当场地条件受限导致加固厚度不足时，可在加固体内部插型钢，也可在始发井后靠背土体上适当堆载。
      2. 洞口预留尺寸要求

井壁预留洞口尺寸应符合下列规定：

* + - * 1. 始发井壁预留顶出洞口的直径，对于钢筋混凝土顶管不宜小于（0.20m+顶管机外尺寸）；
        2. 接收井壁预留接收洞口的直径，对于钢筋混凝土顶管不宜小于（0.30m+顶管机外尺寸）；
        3. 预留洞口的底与沉井底板面的距离，对于钢筋混凝土顶管不宜小于400-500mm；
      1. 洞门外土体加固
         1. 顶管始发和接收洞口的土体加固应根据地质资料、顶管机选型、管道直径、埋深和周围环境等情况决定，土体加固宜采用水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、冰冻法或降水等形式；
         2. 顶管洞口的加固效果可采用钻芯取样的方式进行检验，加固体的强度宜在0.5-1.0MPa之间，并应检查加固体的均匀性和防渗漏性能，始发、接收前应在洞门上打设探测孔，确认止水措施的有效性；
         3. 顶管始发时，在顶管机未进入土体前，止水装置启用后应立即填注惰性浆液；
         4. 顶管结束后，管道与洞口的间隙应及时进行封堵；
         5. 洞口应设置止水装置，止水装置联结环板应与工作井壁内的预埋件焊接牢固，且用胶凝材料封堵，在砂性土、粉土等土层宜采用盘根止水，在粘性土土层宜采用橡胶板止水，在承压水土层中宜用组合形式止水。
      2. 洞口连接封堵
         1. 顶管完成后，管节与土体之间应有有效的封堵构造。
         2. 封堵结构应牢固可靠，有效防止渗漏。
  1. 施工
     1. 一般规定
        1. 顶管施工应由专业的施工人员完成，并具有健全的管理体系。
        2. 施工单位应按照合同文件、设计文件和有关规范、标准要求，根据建设单位提供的施工界域内有关工程地质、水文地质和周围环境情况，以及沿线地下与地上管线、周边构（建）筑物、障碍物及其他设施的详细资料进行核实确认，组织有关施工技术管理人员深入沿线调查，掌握现场实际情况，做好施工准备。
        3. 施工单位应熟悉和审查施工图纸，掌握设计意图与要求实行自审、会审（交底）和签证制度；发现施工图有疑问、差错时，应及时提出意见和建议；如需变更设计，应按照相应程序报审，经相关单位签证认定后实施。
        4. 施工单位在开工前应编制施工组织设计，对关键的分项、分部工程应分别编制专项施工方案、施工组织设计、专项施工方案必须按规定程序审批后执行，有变更时要办理变更审批。
        5. 施工临时设施应根据工程特点合理设置，并有总体布局方案。对不宜间断施工的项目，应有备用动力和设备。
        6. 工程所用的管材、管道附件、构（配）件和主要原材料等产品进入施工现场时必须进行进场验收并妥善保管。进场验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检报告及证件等，并案国家有关标准规定进行复验，验收合格后方可使用。
        7. 现场配置的混凝土、砂浆、防腐与防水涂料等工程材料应监测合格后方可使用。
        8. 所用管节、半成品、构（配）件等在运输、保管和施工过程中，必须采取有效措施防止其损坏、锈蚀或变质。
        9. 施工单位必须遵守国家和地方政府有关环境保护的法律、法规，采取有效措施控制施工现场的各种粉尘、废气、废弃物以及噪声、振动等对环境造成的污染和危害。
        10. 在质量检验、验收中使用的计量器具和检测设备，必须经计量检定、校准合格后方可使用。承担材料和设备检测的单位，应具备相应的资质。
        11. 顶管工程施工质量控制应符合下列规定：
            1. 各分项工程应按照施工技术标准进行质量控制，每分项工程完成后，必须进行检验；
            2. 相关各分项工程之间，必须进行交接检验，所有隐蔽分项工程必须进行隐蔽验收，未经检验或验收不合格不得进行下道分项工程。
        12. 管道附属设备安装前应对有关的设备基础、预埋件、预留孔的位置、高程、尺寸等进行复核。
        13. 施工大卫应按照相应的施工技术标准对工程进行全过程控制，建设单位、勘察单位、设计单位、监理单位等各方应按有关规定对工程质量进行管理。
        14. 工程应经过竣工验收合格后，方可投入使用。
     2. 施工组织设计
        1. 顶管施工前应编写顶管施工方案，必须满足管线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，根据实际情况选用设备和选择最优施工方法与工艺，满足管线铺设与使用的要求，必要时可对设计进行优化，确保工程质量和获取最佳的经济效益，还应随着工程进展根据实际情况的变化调整施工参数。
        2. 施工组织设计应包括下列主要内容：
           1. 工程概况：主要介绍施工场地条件、工程地质和水文地质条件、地面及地下建、构筑物、地下管线及其他地下障碍物等内容；
           2. 编制依据及采用标准；
           3. 施工场地总平面布置；
           4. 工作井技术措施：根据工作井结构型式制定相应技术措施；
           5. 设备选择，应根据管径、顶管长度、估算的总顶力、顶管方法等确定顶管设备类型，包括顶管机、中继间、泥浆泵、主顶泵站、主顶油缸、泥浆搅拌机等，注明主要设备的性能参数，以及顶管施工参数的选定；
           6. 顶管法施工应采取的主要施工技术措施，包括下列主要内容：

1. 总顶力估算、后背承载力估算及反力墙设计；
2. 后靠背、止水圈、基坑导轨、顶管机、油泵、油缸的安装方法，应附安装图；
3. 顶管始发和接收措施及安全控制；
4. 管节预制场地及运输、吊装措施
5. 管材的选择及管节长度的确定，管节的连接与防水；
6. 管节的内外防腐；
7. 顶进减阻措施，触变泥浆的配制与管理方法；
8. 洞口外缘宜设过渡导轨；
9. 排渣方式和渣土的处置，附渣土暂存位置图；
10. 顶进纠偏措施；
11. 管道定位和测量方法，采用的测量仪器，测量精度分析；
12. 地面变形的控制措施，对周边环境影响的控制措施；
13. 中继间的位置、安装、使用与拆除措施；
14. 顶管施工时的通风、供电、通讯措施；
15. 工程重点部位的技术措施；
16. 管道贯通后的处理措施，泥浆置换的措施和方法；
    * + - 1. 工程施工安排，包括施工进度计划、机械设备计划及劳动力安排计划等；
          2. 施工安全和质量措施；
          3. 施工文明和环境保护措施；
          4. 施工应急预案，包括：
17. 应急动力配置；
18. 应急电源配置；
19. 障碍物处理措施；
    * + - 1. 施工组织管理措施，包括始发和接收条件保障管理（人员准备、管节准备、机械准备、材料准备等）
          2. 现场远程管理和视频监控。
      1. 管节制作
         1. 顶管管材宜采用钢筋混凝土成品管，钢筋混凝土管的混凝土强度等级不应低于C50，抗渗等级不应低于P8；
         2. 钢筋应选用HPB235、HRB335和HRB400钢筋，宜优先选用变形钢筋。
         3. 钢筋混凝土顶管的混凝土强度等级不宜低于C50，抗渗等级不应低于P8。混凝土及钢筋的力学性能指标，应按现行国家标准GB 50010的规定采用。
         4. 钢筋混凝土管节所使用的水泥和砂石，应符合下列规定：
            1. 在不受侵蚀性介质作用时，宜采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥；
            2. 当防水混凝土中掺入粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等活性矿物掺合料时，宜采用普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥；
            3. 混凝土骨料的碱含量最大限制应符合现行协会标准CECS 53的规定，在含碱环境中使用时应选用非活性骨料。
            4. 采用外加剂时应符合现行国家标准GB 50119的规定。
            5. 在受侵蚀性介质作用时，应按侵蚀性介质的性质选用相应的水泥品种。
            6. 用于防水混凝土的砂、石应符合现行行业标准JGJ 52的有关规定。
            7. 混凝土管节表面应光洁、平整、无砂眼、气泡，尺寸应符合设计要求。
         5. 钢筋混凝土管节长度应根据使用条件和起吊能力确定。
         6. 顶管管节接口及连接形式应符合设计要求。
         7. 管节工厂预制应符合管节预制施工要求、钢结构模板设计及安装要求及管节运输要求等；
         8. 管节接口处应做好防水，可采用弹性密封填料或密封胶圈填充。
         9. 对钢筋工程、预埋件工程等隐蔽工程实施“三检”制度，对不符合质量要求的不予验收，不准进入下道工序施工。
         10. 管节传力面上应设置木垫圈，并用胶粘剂粘在传力面上。
         11. 管节预制后要蒸汽养护，满足顶管施工的要求。
         12. 管节、构（配）件和主要原材料等产品进入施工现场时必须进行进场验收并妥善保管。
         13. 管节进场时应分批进行外观检查，不得有裂纹、伤痕、锈蚀，尺寸不得超出允许偏差。
      2. 设备和管节安装
         1. 设备和管节等的安装
            1. 洞门安装，施工前在洞圈上安装帘布橡胶板密封洞圈；为方便操作人员下井工作，在工作井内安装钢扶梯，上铺走道板。
            2. 基座定位后必须稳固、正确，在顶进中承受各种负载不位移、不变形、不沉降；基座上的两根轨道必须平行、等高。
            3. 顶管后座应符合下列要求：
20. 后座所用材料要厚薄均匀一致；
21. 后座表面要平直，且必须垂直顶进轴线；
22. 后座可采用装配式后座或整体式后座；
23. 后座承载能力要满足最大顶进力的要求，其整体刚度和强度应满足施工要求。
24. 连续顶进时，可利用已顶进完毕的管道作为后背支撑。
    * + - 1. 导轨的安装应符合下列要求：
25. 导轨支架应采用钢材制作。固定在工作井底板上的导轨在管道顶进时不应产生位移。其整体刚度和强度应满足施工要求。
26. 导轨对管道的支承角宜为60°，导轨的高度应保证管道中心对准穿墙孔中心。导轨的走向应与设计轴线一致。
27. 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。
    * + - 1. 管节安装：
28. 管节起吊前要进行试吊，起吊操作要平稳。起吊前在管节上栓绳牵引，以防起吊过程管节旋转，造成管节及井内设施碰撞、损坏。
29. 每节管节安装前，需先粘贴止水圈及木衬垫，管节与管节的接口部分按设计要求进行嵌填，同时，尽量保证管节与机体处于同心同轴状态。管节相连后，应在同一轴线，不应有夹角、偏转，受力面应均匀。
    * + 1. 主顶油缸和支架安装
           1. 油缸行程宜满足管节一次顶进要求，单只顶力宜不小于2000kN。
           2. 油缸安装应符合下列要求：
30. 根据工作井允许顶进力、管段允许顶进力确定油缸的规格和数量；
31. 油缸应固定在组合架上，不宜使用单支，使用多台时，宜为偶数，且应围绕管道中心轴对称布置，多台油缸的油路必须并联。
    * + - 1. 中机架、前机架按顺序分次进行吊装，起吊前认真检查吊环是否紧固，下井过程中，在机架两侧栓绳牵引，防止在下井过程中机架旋转造成顶管机以及井内设施的损坏。
          2. 后机架吊装时，基座和主顶油缸按上、下段分段、分次进行，先安装好基座，再进行主顶油缸安装。
        1. 主站油泵安装
           1. 油泵应与油缸性能相匹配，其流量宜满足顶进速度要求。
           2. 油泵宜设置在油缸附近，油管应顺直、转角少。
           3. 油泵安装完毕后进行试运转。
           4. 顶进开始时，应缓慢进行，待各接触部位密合后，再按正常速度顶进。
           5. 顶进过程中，若油压突然升高，应立即停止顶进，检查原因并经处理后方可继续顶进。
        2. 顶管机的安装和调试
           1. 顶管机拼装工艺流程
32. 始发井内配套组装顺序：导轨→后靠钢盒→油缸架→主顶油缸→顶环→过渡顶铁
33. 顶管机吊装顺序：后配套吊装→主机吊装→液压系统吊装→其它配套系统吊装
34. 主机组装顺序：前壳体1→动力系统→前壳体2→中后壳体1→中后壳体2→刀盘安装→泥水输送系统→后配套与主机连接
    * + - 1. 顶管机组装包括：始发井底板处理及始发导轨的安装、前壳体安装、动力系统安装、中后壳体安装、泥水输送系统安装、刀盘下井组装、顶管机调试、顶管机拆解及倒运等。
          2. 顶管机就位、调试验收：
35. 为保证顶管始发段的轴线控制，顶管机吊下井后，需对顶管机进行精确定位，尽量使顶管机轴线与设计轴线相符。
36. 在顶管机准确定位后，必须进行反复调试，在确定顶管机运转正常后，方可进行顶管始发和正常顶进工作。
    * + 1. 宜在基座的两侧应安装有止退装置，防止油缸回缩时顶管机和管节后退。
        2. 起重设备要在保证安全的条件下，其起吊能力满足顶管机、管节、配套设备等的起吊要求。
        3. 顶铁安装
           1. 弧形顶铁适用于土压平衡式等多种方式的顶管，马蹄形顶铁仅用于泥水平衡式顶管；
           2. 顶铁两个受压面应平整、平行；
           3. 顶铁应具有刚度大，稳当性好的结构性能，满足传递顶进力的要求；
           4. 顶铁与管口之间的接触面应衬垫缓冲材料；
           5. 单行纵向顶铁中心线与管道轴线一致；双行纵向顶铁的两条中心线要平行，并与管轴线距离相等，且要垂直于管端平面；
           6. 更换顶铁时，应先使用长度大的顶铁，顶铁拼装后应锁定。
        4. 中继间的安装、运行、拆除
           1. 中继间壳体应有足够的刚度；其油缸的数量应根据该施工长度的顶进力计算确定，并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. 中继间油缸宜取偶数，且其规格宜相同；当规格不同时，其行程应同步，并应将同规格的中继间油缸对称布置；
           3. 中继间油缸的油路应并联，每台中继间油缸应有进油、退油的控制系统；
           4. 中继间安装前应检查各部件，确认正常后方可安装；安装完毕应通过试顶检验后方可使用；
           5. 中继间外壳在伸缩时，滑动部分应具有止水性能和耐磨性，且滑动时无阻滞；
           6. 中继间的启动和拆除应由前向后依次进行；
           7. 拆除中继间时，应将间体复原成管道，原中继间处的管道强度和防腐性能应满足管道原设计功能要求；中继间的外壳若不拆除，应在安装前进行防腐处理。
      1. 减阻措施
         1. 顶管现场应建立泥浆站，满足顶管工程所需不同泥浆的配置需求。
         2. 触变泥浆的性能指标应满足表9的要求：
37. 触变泥浆技术参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 性能指标 | 检验方法 |
| 1 | 比重 | 1.1-1.15g/cm3 | 泥浆比重剂 |
| 2 | 粘度 |  | 500ml漏斗法 |
| 3 | PH值 |  | PH剂 |
| 4 | 失水率 | <25cm3/30min | 失水仪 |

顶进施工过程中视具体情况加入作泥材料制成的浆液，改善泥土仓内土体流动性和塑性，进而改善土体止水性能。

* + - 1. 触变泥浆的拌制要严格按照操作规程进行，施工期间要求泥浆不失水、不沉淀、不固结既要有一定的粘度，也要有良好的流动性。经常对拌好的泥浆进行测试，确保润滑泥浆的质量。
      2. 顶管过程中须采取措施减小管壁摩擦阻力，用向管外壁与土体间注入润滑浆的方式减阻。注浆减阻应满足下列要求：
         1. 选择优质的触变泥浆材料，对膨润土造浆率、失水量和动塑比进行取样测试；
         2. 在管道上预设压浆孔，压浆孔的设置要确保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；
         3. 膨润土的贮藏及浆液配制、搅拌、水化时间必须按照产品的性能要求进行，使用前必须先进行试验；
         4. 当顶管始发到达距洞口一定距离后，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，保证顶管始发形成完好的泥浆套。
         5. 注浆应遵循“同步注浆与补浆相结合”和“先注后顶、随顶随注、及时补浆”的原则；
         6. 注浆设备和管路必须可靠，应具有足够的耐压和良好的密封性能；
         7. 长距离顶管的布浆与补浆应分别设独立的注浆系统，布浆宜使用低压力、大流量的注浆泵，补浆可使用高压力、小流量的注浆泵。
      3. 注浆浆液选择
         1. 触变泥浆可用于粘性土、粉质土和渗透系数不大于10-3cm/s的砂性土。渗透系数大于10-5cm/s时应另添加化学稳定剂；
         2. 渗透系数大于或等于10-2cm/s的粗砂和砂砾层宜采用高分子化学泥浆；
         3. 石蜡、废油脂等非亲水减阻剂可用于无地下水的硬土层。
         4. 沿海地质条件下宜使用抗盐澎润土。
      4. 触变泥浆注浆系统
         1. 制浆装置容积应满足形成泥浆套的需要；
         2. 注浆泵宜选用液压泵、活塞泵或螺杆泵；
         3. 注浆管分为主管和支管两种，应根据顶管长度和注浆孔位置设置。主管道宜选用直径为40～50mm的钢管，支管可选用25～30mm的橡胶管。管接头拆卸方便且在工作压力下无渗漏现象；
         4. 注浆孔的布置：混凝土管每3～5管节应设一组注浆孔，每组注浆孔轴向间距一般为10～25m；对于渗透性比较高的地层，润滑站之间的距离应小于渗透性小的地层；其中第一个润滑站要尽可能地靠近顶管机布置，通常在顶管机后连接设置3～10组布浆孔；补浆孔的间距可按（式15）估算：

 (式15)

式中：——补浆孔间距（m）；T——减阻浆失效期（d），可取T = 6～10d；V——每天平均顶进速度（m/d）。

* + - * 1. 注浆孔的布置按管道直径大小确定，每个断面可设置3～5个；相邻断面上的注浆孔可平行布置或交错布置；注浆孔宜有排气功能，每个注浆孔宜安装球阀，在顶管机尾部和其他适当位置的注浆孔管道上应设置压力表；
        2. 每套中继间应单独设注浆孔，中继间的注浆应与中继间启动同步，在运行中连续注浆。
        3. 注浆前，应检查注浆装置水密性；注浆时压力应逐步升至控制压力；注浆遇有机械故障、管路堵塞、接头渗漏等情况时，经处理后方可继续顶进。
      1. 要达到注浆减阻目的，应满足如下要求：
         1. 地层和管线之间的环状间隙要足够大，在松散地层不宜小于20mm；在岩层中环状间隙不宜小于30mm，并要求在整个施工过程中和整个施工管段都要保持这样的间隙；
         2. 注浆材料在任何施工阶段都应保持其流动性，不宜通过孔壁漏失到地层中，如有渗漏应及时补充。
      2. 采用触变泥浆减阻时，应编制施工设计，包括以下内容：
         1. 泥浆配合比、压浆量和注浆压力的确定；
         2. 泥浆制备和输送设备及其安装规定；
         3. 注浆工艺、注浆系统及注浆孔的布置；
         4. 顶进洞口的泥浆封闭措施；
         5. 贯通后对润滑浆的置换方法。
      3. 触变泥浆的配合比，应按照管道周围土层的类别、地下水条件、膨润土的性质和触变泥浆的技术指标确定。
      4. 注浆孔的实际注浆量，对于粘性土和粉土不应大于理论注浆量的1.5～3倍，对于中粗砂层应大于理论压浆量的3倍以上。
      5. 同步注浆量宜为机尾空隙的3～6倍，沿线补浆量宜为机尾空隙的3～5倍。
      6. 注浆压力P可按（式16）进行计算。在注浆过程中，应根据减阻和控制地面变形的实际监测数据，及时调整注浆流量和注浆压力等工艺参数。为计算方便，在施工现场也可以取。

 (式16)

其中：



或存在卸力拱时：

式中：；

PA——泥浆套顶部的水压力和主动土压力（kPa）；

——水的重度（kN/m3）；

H1——工作面或卸力拱以上的水柱高度（m）；

——土的重度（kN/m3）；

HS——管道顶部以上覆盖土层的厚度（m）；

——管道所处土层的内摩擦角（°）；

h0——卸力拱的高度（m）；

C——土的粘聚力（kPa）。

* + - 1. 注浆管出口应设单向阀，出口压力应大于地下水压力，在砂性土中顶进时，单向阀宜加装在注浆孔的管道外侧。
    1. 土体改良与渣土外运
       1. 土压平衡顶管机在顶遇不良地层时，必须通过设在顶管机主轴中间的注浆孔向土仓内注入改良用的粘土等作泥材料制成的浆液，以改善流动性、塑性和止水性能，保证开挖舱的水土压力与开挖面平衡。
          1. 作泥材料所配成的泥浆应具有较大的粘度，比重在1.30~1.50之间，参考配比为：膨润土98kg、粘土392kg、水812kg。
          2. 泥浆的注入量在15%～30%之间，必须根据螺旋输送机所排的土的状况而定。
       2. 土压平衡顶管机开挖仓土压力控制措施及监测要求：
          1. 始发阶段顶管机进入原状土后，为防止机头“磕头”，宜适当提高顶进速度，使正面土压力稍大于理论计算值。
          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. 密切关注顶管机的土压力参数，随时掌握顶管机掌子面的压力数值。
       3. 采用土压平衡顶管机时，弃土可用螺旋输送机从泥舱排出。顶进距离较长时可采用泥泵输送；顶进距离较短时可采用矿车运输。
       4. 采用泥水平衡顶管机时，顶管工程设计应规划有完整的地面泥浆处理系统或弃渣处置区，并满足如下要求：
          1. 地面泥浆处理系统应满足GB 12523相关要求。
          2. 地面泥浆处理系统可根据工程地质特点配置有除砂或除泥单元设备，泥浆循环使用。
          3. 泥浆处理系统应配置脱水设备，弃渣含水率低于30%，满足车装外运的要求。
          4. 配套的泥浆处理系统宜采用振动筛、压滤机、离心机等固控脱水设备与絮凝剂、助滤剂等设备与药剂的结合进行泥浆脱水处理，也可采用固化剂对泥浆固化脱水。
       5. 运输前的渣土应存放在施工场地内专用的渣土池中，禁止随意排放渣土中的渗水。
       6. 废弃土方集中运至指定的渣土处理中心处理；废弃泥浆通过排污泵和排污管道用汽车外运至政府相关部门指定存放地点。
    2. 顶管机始发和接收
       1. 顶管洞口的施工应符合下列规定：
          1. 预留始发和接收洞口的位置应符合设计和施工方案的要求；
          2. 顶管洞口施工所影响范围内的土层应进行预加固处理，始发和接收前应检查加固处理后的土体强度和渗漏水情况；
          3. 设置临时封门时，应考虑周围土层变形控制和施工安全等要求。封门应拆除方便，拆除时应减小对洞门土层的扰动；
          4. 洞口应设置止水装置，止水装置联结环板应与工作井壁内的预埋件焊接牢固，且用胶凝材料封堵；顶管结束后，管道与洞口的间隙应及时进行封堵。

1. 当为粘性土且地下水压力较高时宜采用橡胶板止水，并应加快进、出洞的施工速度；
2. 当为粉土且有地下水时，宜采用盘根止水，可采取措施降低地下水位，并缩短进、出洞时间，无法降水时，应对土体进行固结处理；
3. 当为砂土时，宜采用盘根止水并应加固洞口外的土体，降低土体的渗透系数。
   * + - 1. 在施工阶段，顶管始发井的洞圈上安装帘布橡胶板密封，无漏泥、滴水现象，并采用可调节的钢压板作后靠，以保证帘布橡胶板的密封性能（见图4）。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a)穿墙止水装置 | (b)双层止水橡胶板 |

1. 洞口止水装置
   * + - 1. 深度超过10m、地层为透水层时，应设置井壁预埋钢环，宜采用双层止水橡胶板。橡胶压板可加工成钳接；深度超过15m时宜采用钢刷止水装置。
         2. 混凝土管节渗漏水治理应满足下列要求：
2. 宜在气温较低，接缝、裂缝张开较大时进行注浆堵水处理；
3. 结构仍在变形、未稳定的裂缝渗漏水，可先行堵水处理，同时应具备结构稳定后进一步治理的条件；
4. 需要补强的渗漏部位，应选用改性亲水环氧树脂灌浆材料、水泥基灌浆材料、油溶性聚氨酯灌浆材料等固结体强度较高的灌浆材料。
   * + - 1. 在使用阶段，顶管管节与工作井的永久接头为后浇的钢筋混凝土井圈，混凝土强度等级及抗渗等级一般相同于顶管工作井。为保证顶管管节与工作井的可靠连接，需在洞口处及其相应的管节预埋钢框，以便后浇混凝土井圈，使结构形成整体。
         2. 采用钢管做预埋顶管洞口时，钢管外宜加焊止水环；
         3. 在软弱地层，洞口外缘宜设支撑点。
       1. 软土地区，进洞时应采取以下措施防止顶管机倾斜下沉：
          1. 基坑导轨前端应尽量接近洞口，缩短顶管机的悬空长度；
          2. 进、出洞作业应迅速连续不可停顿；
          3. 宜在洞口内设置支撑顶管机的临时装置。
       2. 顶管始发和接收洞口的土体加固应根据地质资料、顶管机选型、管道直径、埋深和周围环境等情况决定。
       3. 顶管始发时，应符合下列规定：
          1. 出洞前，应降低顶进速度，减小迎面土压力，减轻对接收井的不利影响；
          2. 顶管始发时，在顶管机未进入土体前，止水装置启用后应立即填注惰性浆液。
          3. 接收井内可安装掘进机临时支架，防止掘进机下落；
          4. 处于地下水较丰富的砂性土层时，应对洞口处土体进行固结处理；
          5. 出洞后应立即封闭洞口间隙，防止水土流入坑内。
       4. 工作井洞口封门拆除应符合下列规定：
          1. 钢板桩工作井，可拔起或切割钢板桩露出洞口，并采取措施防止洞口上方的钢板桩下落；
          2. 工作井的围护结构为沉井工作井时，应先拆除洞圈内侧的临时门，再拆除井壁外侧的封板或其他封填物；
          3. 在不稳定土层中顶进时，封门拆除后，顶管机应立即顶入土层并连续顶进，直至洞口及止水装置发挥作用为止；
          4. 在高地下水压环境下施工时，应防止封门在水压作业下突然倒塌造成人员伤亡，同时，利用顶管机头直接磨穿顶进封门，确保顶管机进洞的安全。
          5. 顶管机拆解与吊出要求：
          6. 顶管机拆解分块与顶管机安装基本相同，顶管机到达接收井进行顶管机拆解、吊出的顺序依次为刀盘、前壳体上分体、前壳体下分体、动力系统、中后壳体、泥水输送系统及其他部件。
          7. 每块拆解完成后立即装车，采用大型液压平板拖车转运，运输前对运输线路进行实地考察。运输过程中，确保每个部件固定可靠，并做充分的防护措施。
     1. 顶进作业
        1. 顶进过程应符合下列规定：
           1. 顶进前应对成品管道、钢套环、橡胶密封及衬垫材料作检测和验收；
           2. 钢套环应按设计要求进行防腐处理，刃口无疵点，焊接处应平整；
           3. 钢筋混凝土管传力面上应设置环形木垫圈，并用胶粘剂粘在传力面上，保证均匀传力；
           4. 管节承插前，应用粘结剂将橡胶圈正确固定在槽内，并涂抹对橡胶无腐蚀作用的润滑剂，承插时外力必须均匀，承插后橡胶圈应不移位、不翻转；
        2. 管道顶进时应符合下列要求：
           1. 初始顶进速度宜控制在10mm～20mm/min；
           2. 正常顶进时，顶进速度宜控制在20mm～30mm/min，出土量宜控制在理论出土量的98%～100%；
           3. 工作面压力值、刀盘扭矩等参数应根据顶管机机型确定。
        3. 管道顶进中为防止发生机头下沉、机尾上翘的现象，可采取以下措施：
           1. 调整后座主推油缸的合力中心，用后座油缸进行纠偏；
           2. 宜将管道前3～5节用拉杆相联；
           3. 对洞口土体进行加固处理；
           4. 加强洞口密封可靠性，防止或及时封堵顶管始发和接收时的水土流失。
        4. 当采用中继间技术时，应对中继间进行编组控制，从顶管机头向后按次序依次将每段管节向前推移，当一组中继间伸出时，其它中继间应保持不动，在所有中继间依次完成作业后，主顶工作站完成该顶进循环的最后顶进作业。
        5. 施工参数的记录要求：
           1. 顶管始发前应测定顶管机头的轴线和标高，并将测量数据及时反馈进行调整。
           2. 顶进施工中的原始数据记录应连续、真实、完整。
           3. 原始记录和测量分析资料应完整存档。
        6. 加接管段时，主推油缸在缩回前应对已顶进的管段与止退架进行临时固定。
        7. 顶进过程应连续作业，如遇下列情况之一时，应暂停顶进，及时处理，并应采取防止顶管机前方塌方的措施：
5. 顶管机前方遇到障碍物；
6. 后背墙变形严重；
7. 顶铁发生扭曲现象；
8. 管位偏差过大且纠偏无效；
9. 顶进力超过管材的允许顶进力；
10. 油泵、油路发生异常现象；
11. 管节接缝、中继间渗漏泥水、泥浆；
12. 地层、邻近建（构）筑物、管线等周围环境的变形量超出控制允许值。
    * + 1. 制定应急预案，在发生以下紧急情况时应及时采取应对措施，防止事态发展，减少损失：
           1. 顶管机穿越众多管线引起管线沉降偏大的风险；
           2. 由于工程施工而产生周围环境卫生水平下降的风险；
           3. 施工期间存在突然停电、停水等影响工程质量的风险；
           4. 施工期间存在不测恶劣水文气候条件对工程产生不利影响的风险；
           5. 各种意外事件对工程施工工期如期完成构成风险；
           6. 施工现场机械设备产生故障的风险；
           7. 施工现场的火灾风险；
           8. 工程项目的实际成本超出计划预算的风险。
      1. 施工测量和纠偏
         1. 顶管施工前，应围绕管道设计中线和基坑建立地面、地下测量控制系统，控制点应设在不易扰动、视线清楚、方便校核的位置，并应采取保护措施。
         2. 测量使用的仪器、测具应经过检查校正，精度应符合现行国家标准。
         3. 为了满足顶管施工精度要求，在施工中必须对以下参数进行测量：
13. 顶进方向的垂直偏差；
14. 顶进方向的水平偏差；
15. 顶管机机身的转动；
16. 顶管机的姿态；
17. 顶进长度。
    * + 1. 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；
        2. 顶管高程测量宜采用下列方法：
           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。
           4. 在安装测量装置时，所用的测量仪器应和工作井的井底和井壁分开。
        3. 管道顶进过程中，应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则，控制顶管机前进方法和姿态，并应根据测量结果分析偏差产生的原因和发展趋势，确定纠偏的措施。
        4. 进入接收井前应提前进行顶管机位置和姿态测量，并根据进口位置提前进行调整。
        5. 在软土层中顶进混凝土管时，为防止管节飘移，宜将前3～5节管体与顶管机联成一体。
        6. 应严格控制管道线形，对于柔性接口管道，其相邻管间转角不得大于该管材的允许转角。
        7. 顶管施工的测量与纠偏应符合下列要求：
           1. 施工过程中应对管道水平轴线和高程、顶管机姿态等进行测量，并及时对测量控制基准点进行复核，发生偏差时应及时纠正；
           2. 顶进施工过程中，每次测量前应对井内的测量控制基准点进行复核，发生工作井位移、沉降、变形时应及时对基准点进行调整；
           3. 管道水平轴线和高程测量应符合下列规定：
18. 出工作井进入土层时，每顶进300mm，测量不应少于一次；正常顶进时，每顶进1000mm，测量不应少于一次；
19. 进入接收井前30m应增加测量，每顶进300mm，测量不应少于一次；
20. 纠偏量较大或频繁纠偏时应增加测量次数；
21. 每节管道顶进结束后，必须进行复测，绘制管道顶进轨迹图（含管道高程、方向、顶进力曲线等），并由项目经理或监理人员检查复核；
22. 顶管始发前必须认真测定顶管机头的轴线和标高，并将测量数据及时反馈进行调整。顶进施工中的原始数据记录必须连续、真实、完整，记录表格填写清楚。
    * + - 1. 距离较长的顶管（大于300m），宜采用计算机辅助导线法（自动测量导向系统）进行测量；在管道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，每次测量均应对中间测站进行复核；
          2. 纠偏应符合下列规定：
23. 顶管过程中应绘制顶管机水平与高程轨迹图、顶进力变化曲线图、管节编号图，随时掌握顶进方向和趋势；
24. 纠偏须在管道推进和刀盘旋转的过程中进行；
25. 严禁一次纠偏操作完成纠偏任务，采用小角度纠偏方式，反复、多次进行纠偏操作，使管道逐渐趋近回归；
26. 纠偏时开挖面土体应保持稳定；采用挖土纠偏方式时，超挖量应符合地层变形控制和施工设计要求；
27. 刀盘式顶管机应有纠正顶管机旋转措施。
    * 1. 施工监测
         1. 通过适当检测手段，随时掌握周边环境的变化以及顶管通过路面的稳定状态，为设计和施工提供信息。通过反馈，及时修改，优化支护方案，改善施工工艺，预防事故；同时检测资料还可作为检验和评价支护结构稳定性的依据。
         2. 监测顶管施工对管节结构和地表变形、地下管线及构筑物的影响，包括：
            1. 监测范围
28. 施工监测的范围应包括地面以上和地面以下两大部分。地面以上应监测地面沉降和负面建筑物的沉降、位移和损坏。地面以下应监测在顶管扰动范围内的地下构筑物、各种地下管线的沉降、水平位移及漏水、漏气。
29. 监测等级按JGJ 8-2007中规定和要求，采用二级变形测量级别。
    * + - 1. 监测项目
30. 顶管管节结构监测，包括管节应力和外观监测，观察裂缝应记录地面和结构裂缝的生成时间、裂缝的长度及宽度发展状况。
31. 工作井工程支护结构及周围土体变形监测，采用目测巡视，检查支护结构成型质量、支护有无裂缝出现，施工过程中有无涌土、流沙、管流。
32. 对周围土体进行水平位移、路面沉降监测，按相关测量国家标准执行。
33. 对邻近建（构）筑物、堤岸及可能引起严重后果的地下管线及其它重要措施进行监测。
34. 对地铁、重要管线等的监测要求应符合相关专业要求。
    * + - 1. 测点间距
35. 路面水平位移监测点设置要求为纵向间距20m，横向间距5m；
36. 沉降监测点设置要求为纵向间距20m，横向间距5m；
37. 距离管线60°角范围内的建筑物均需设置沉降观测点，建筑物四角、外墙每10m-20m处设置监测点。
    * + - 1. 沉降或变形报警值，根据施工等级要求，按有关要求执行。参考报警值见表10：
38. 报警参考值

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

可将以上警戒值的80%作为预警值。

* + - * 1. 监测数据做处理

1. 监测数据经过整理后以“日报表”形式上报相关部门；
2. 实测数据达到（或超过）报警值事，即刻向相关负责人口头报警，以便及时采取相关措施；
3. 在“日报表”上对超限数据用明显的示警标记提示。
4. 满足设计计算的要求，不可超出设计值。
5. 满足测试对象的安全要求，达到保护目的。
6. 对于相同的保护对象应针对不同的环境及不同的因素而确定。
7. 满足各保护对象的主管部门提出的要求。
8. 满足现行的相关规范、规程的要求。
9. 在保证安全的前提下，综合考虑工程质量和经济等因素，减少不必要的资金投入。
   * 1. 地表沉降控制和周边结构保护措施
        1. 顶管施工减小地面沉降、控制穿越区间和附近结构物变形的工程措施。
        2. 应建立观察点，并通过试顶确定具有平衡功能顶管机的平衡参数。
        3. 顶进中对地层变形的控制应符合下列要求：
           1. 进行实时监测和信息化施工，发生偏差应及时纠偏，优化顶进的控制参数，使地层变形最小；
           2. 采用同步注浆和补浆，及时填充管外壁与土体之间的施工间隙，避免管道外壁土体扰动；
           3. 避免管节接口、中继间、工作井洞口及顶管机尾部等部位的水土流失和泥浆渗漏，并确保管节接口端面完好；
           4. 保持开挖量与出土量的平衡；
           5. 通过控制土压、水压平衡力来控制地面变形。
        4. 地面变形应满足以下规定：
           1. 顶管造成的地面变形不应造成道路开裂，大堤及地下设施损坏和渗水；
           2. 顶管造成的地面变形量应符合以下规定：
10. 土堤宜小于30mm，或根据具体工程要求而定；
11. 公路宜小于20mm，或根据具体工程要求而定；
12. 顶管穿越铁路或其它对变形敏感的地下设施时，累计变形量应符合国家相关规定或工程设计要求；
    * + - 1. 当检测数据达到变形限值70%时，应及时报警并适时启动应急事故处理方案。
        1. 沉降控制的措施：
           1. 减小减阻泥浆套的厚度。
           2. 要严格遵守操作规程，及时进行测量，避免大角度纠偏。
           3. 严格控制出泥量，不可超量出泥。
           4. 顶管结束后应采用水泥砂浆加固或置换减阻泥浆。
      1. 顶后处理
         1. 顶进完成后管内继续作业前，应做好通风和有害有毒气体监测，在顶管内动火作业前，应检测顶管内易燃易爆气体含量是否符合安全要求。
         2. 顶进完成后应对破损管材进行修补或更换。
         3. 顶进完成后，管道内的管节接缝应按设计要求处理；设计无要求时，对于柔性接口应使用柔性材料、对于刚性接口可使用防渗水泥。其表面应抹平、不得凸入管内。
         4. 拆除注浆管路后，将管道上的注浆孔使用防渗水泥封闭严密。
         5. 顶进完成后须填充管外侧超挖、塌落等原因造成的空隙，并对被扰动的土体进行胶结固化处理。可采用水泥砂浆、粉煤灰水泥砂浆等易于固结或稳定性较好的浆液置换泥浆。
            1. 注浆应编组进行，可将相邻的二组注浆孔编为一个单元，分别作为注浆孔与排浆孔，自注浆孔注入固结浆液，将润滑浆从相邻排浆孔挤出，应保持一定的排浆时间，尽量多地排出润滑浆。
            2. 固结浆的注入应从管道一端开始，依次顺序推进，直到全线完成。
            3. 全线注浆完成后，应关闭所有注浆阀门，静态保压至固结浆初凝。
            4. 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24小时。
            5. 固结浆的注入压力宜控制在主动土压力与被动土压力之间。
            6. 当存在其它地下管线及地下构筑物时，应根据实际情况控制注浆压力。
         6. 管道贯通后，工作井中的管端应按下列规定处理：
            1. 进入接收井的顶管机和管端下部应设枕垫；
            2. 管道两端露在工作井中的长度不宜小于0.5m，且不得有接口；
            3. 工作井中露出的混凝土管道端部应及时浇筑混凝土基础。
      2. 通风
         1. 需要进人作业的顶管管道，必须确保施工人员安全，安装有毒有害气体检测报警装置；长度超过50m的顶管必须采取通风措施。
         2. 送风口宜设在距顶管机12～15m处。
         3. 小管径、长距离顶管宜采用压缩空气通风；短距离顶管（小于150m）可采用鼓风机通风。
         4. 每个人的供气量不应小于30m3/h，采用敞开式顶管时送风量应酌情增大；送风管道出口空气质量应满足环保要求。
         5. 顶进地层中存在有害气体时必须采用封闭式顶管机并应增大通风量。
         6. 地面空气湿度较高且地面温度又高于地下温度的季节，应采用压缩空气通气。
         7. 有毒有害气体指标如下：
            1. 含氧浓度（O2）：19%～21%为正常范围；小于17%为报警值；小于等于12%时管井内施工人员应全部撤离；
            2. 甲烷浓度（CH4）：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（H2S）：小于等于7PPm为正常范围，10PPm为报警界限，超过此界限时，管井内施工人员必须全部撤离。
         8. 顶管段贯通后应保持通风。
      3. 供电和照明
         1. 顶管施工现场供用电设计应按照工程规模、场地特点、负荷性质、用电容量、地区供用电条件，合理确定设计方案。
         2. 电工应经过国家现行标准考核合格后，持证上岗工作，且应定期对电气设备、电缆线路进行检查；其他用电人员必须通过相关安全教育培训和技术交底，考核合格后方可上岗工作。
         3. 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，井下顶管系统和主油缸用电系统。
         4. 管内供电系统应配备防触电、漏电装置。
         5. 井内与管内照明应采用36V的低压防爆行灯。
         6. 顶管距离超过800m时，宜采用调压器配电，或将高压电引进管内，增设变压器进行供电。
         7. 用电机具进场应由电工检测绝缘电阻、检查电器附件是否完好无损，用电设备必须按“一机、一闸、一漏电开关”的控制保护的原则安装施工机具，严禁“一闸”或“一漏电开关”控制和保护多台用电设备。
         8. 定期对电气设备、电缆线路进行检查。
    1. 质量控制与验收
       1. 一般规定
          1. 所有顶管设备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。顶管工程施工质量验收应在施工单位自检基础上，按验收批、分项工程、分部工程、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相关国家和地方验收规范的规定；
             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. 验收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. 外观质量应由质量验收人员通过现场检查共同确认。
          2. 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格。
          3. 验收批质量验收应符合下列规定：
             1. 该验收批所含范围、工序已经全部完成；
             2. 主控项目的质量经抽样检验合格；
             3. 一般项目中的实例（允许偏差）项目抽样检验的合格率应达到80%，且超差点的最大偏差值应在允许偏差值的1.5倍范围内；
             4. 主要工程材料的进场验收和复验合格，试块、试件检验合格；
             5. 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。
          4. 分项工程质量验收应符合下列规定：
             1. 分项工程所含的验收批的质量验收全部合格；
             2. 分项工程所含的验收批的质量验收记录应完整、正确；有关质量保证资料和试验检测资料应齐全、正确。
          5. 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；
             3. 外观质量验收应符合要求；
             4. 分部工程中，混凝土强度、管道接口连接、管道位置及高程、管道设备安装调试、水压试验等的检验和抽样检测结果应根据顶管工程目的，按国家现行相关标准执行。
          6. 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；
             5. 有勘察、设计、施工、工程监理等单位签署的质量合格文件或质量评价意见；
             6. 住房城乡建设主管部门及其委托的工程质量监督机构等有关部门责令整改的问题已经整改完毕。
          7. 顶管工程质量验收不合格时，应按下列规定处理
             1. 经返工重做或更换管节、管件、管道设备等的验收批，应重新进行验收；
             2. 经有相应资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的验收批，应予以验收；
             3. 经有相应资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位验算认可，能够满足结构安全和使用功能要求的验收批，可予以验收；
             4. 经返修或加固处理的分项工程、分部工程，改变外形尺寸但仍能满足结构安全和使用功能要求，可按技术处理方案文件和协商文件进行验收；
             5. 工程质量控制资料应齐全完整。但部分资料缺失时，应委托有资质的检测机构按有关标准进行相应的实体检验或抽样试验。
          8. 经返修或加固处理仍不能满足安全和重要使用功能的分部工程及单位工程，严禁验收。
       2. 设备与管节验收
          1. 顶管机应适应穿越土层的物理力学特性、有无地下水、是否存在毒气、地下障碍物处理情况和需要保护的构建筑物等因素，并具备对正面阻力有精确测量装置。
          2. 液压油缸的安装应符合下列规定：
             1. 液压油缸应固定在支架上，并与管道中心的垂线对称，其合力作用点应在管道中心的垂线上；
             2. 油缸的油路必须并联，每台油缸应有进油、退油的控制系统。
          3. 油泵的安装和运转应符合下列规定：
             1. 油泵宜设置在油缸附近，油管应顺直、转角少；
             2. 油泵应与油缸相匹配，并应有备用油泵；油泵安装完毕，应进行试运转。
          4. 中继间验收应满足下列规定：
             1. 中继间的设计允许顶力不应大于管节的允许顶力；
             2. 中继间的允许转角宜大于1.2°，中继间的合理中心应可调节。
             3. 中继间外壳的强度和防腐性能应满足管道设计要求。
          5. 管节内表面外观：

**主控项目**

1. 预制管节及附件等工程材料的产品质量应符合设计要求及现行国家标准GB 50204的有关规定；
2. 接口橡胶圈安装位置正确，无位移、脱落现象：钢管的接口焊接质量应符合现行国家标准GB 50268的相关规定，焊缝无损探伤检验符合设计要求；
3. 无压管道的管底坡度无明显反坡现象；曲线顶管的实际曲率半径符合设计要求；
4. 管道接口端部应无破损、顶裂现象。接口处无滴漏；

**一般项目**

1. 管道内应线形平顺、无突变、变形现象；一般缺陷部位，应修补密实、表面光洁；管道无明显渗水和水珠现象；
2. 管道与工作井出、进洞口的间隙连接牢固，洞口无渗漏水；
3. 钢管防腐层及焊缝处的外防腐层及内防腐层质量验收合格；
4. 有内防腐层的钢筋混凝土管道，防腐层应完整、附着紧密；
5. 管道内应清洁，无杂物、油污；
6. 顶管施工贯通后管道的允许偏差应符合表11的规定。
7. 顶管施工贯通情况表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | | | | | 允许偏差（mm） | 检查数量 | | 检查方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 井内导轨安装 | 顶进长度＜300m | | | 50 | 每管节 | 1点 | 用经纬仪测量或挂中线用尺测量 |
| 300m≤顶进长度  ＜1000m | | | 100 |
| 顶进长度≥1000m | | | L/10 |
| 2 | 直线顶管内底高程 | 矩形顶进长度＜300m | D1＜1500 | | +30，-40 | 用水准仪或水准仪测量 |
| D1≥1500 | | +40，-50 |
| 300m≤顶进长度  ＜1000m | | | +60，-80 | 用水准仪测量 |
| 顶进长度≥1000m | | | +80，-100 |
| 3 | 曲线顶管水平轴线 | R≤150 D1 | | 水平曲线 | 150 | 用经纬仪测量 |
| 竖曲线 | 150 |
| 复合曲线 | 200 |
| R＞150 D1 | | 水平曲线 | 150 |
| 竖曲线 | 150 |
| 复合曲线 | 150 |

表11 顶管施工贯通情况表（续）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4 | 曲线顶管内底高程 | R≤150 D1 | 水平曲线 | +100，-150 |  |  | 用水准仪测量 |
| 竖曲线 | +150，-200 |
| 复合曲线 | ±200 |
| R＞150 D1 | 水平曲线 | +100，-150 |
| 竖曲线 | +100，-150 |
| 复合曲线 | ±200 |
| 5 | 相邻管间错口 | 钢管、玻璃钢管 | | ≤2 | 用钢尺测量 |
| 钢筋混凝土管 | | 15%壁厚，且≤20 |
| 6 | 钢筋混凝土管曲线顶管相邻管间接口的最大间隙与最小间隙之差 | | | ≤△S |
| 7 | 钢管、玻璃钢管道竖向变形 | | | ≤0.03 D1 |
| 8 | 对顶时两端错口 | | | 50 |
| 注：D1为管道内径（mm）；L为顶进长度（mm）；△S为曲线顶管相邻管节接口允许的最大间隙与最小间隙之差（mm）；R为曲线顶管的设计曲率半径（mm）。 | | | | | | | |

* + 1. 工作井质量验收
       1. 工作井的围护结构、井内结构工程质量验收应包含如下：

**主控项目**

1. 工作井的围护结构、井内结构施工质量验收标准应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB50141的相关规定执行；
2. 工程原材料、成品、半成品的产品质量应符合国家相关标准规定和设计要求；
3. 工作井结构的强度、刚度和尺寸应满足设计要求，结构无滴漏和线流现象；
4. 混凝土结构的抗压强度等级、抗渗等级符合设计要求；

**一般项目**

1. 结构无明显渗水和水珠现象；
2. 顶管顶进工作井、盾构始发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. 两导轨应顺直、平行、等高，盾构基座及导轨的夹角符合规定；导轨与基座连接应牢固可靠，不得在使用中产生位移；
4. 工作井施工允许偏差应满足表12的要求。
5. 工作井施工的允许偏差

| 检查项目 | | | | 允许偏差（mm） | 检查数量 | | 检查方法 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 井内导轨安装 | 顶面高程 | | +3.0 | 每座 | 每根导轨2点 | 用水准仪测量、水平尺量测 |
| 中心水平位置 | | 3 | 每根导轨2点 | 用经纬仪测量 |
| 两轨间距 | | ±2 | 2个断面 | 用钢尺量测 |
| 2 | 井尺寸 | 矩形 | 每侧长、宽 | 不小于设计要求 | 每座 | 2点 | 挂中线用尺量测 |
| 圆形 | 半径 |
| 3 | 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 | 垂直向各1点 | 用钢尺量测 |
| 4 | 井底板高程 | | | ±30 | 每座 | 4点 | 用水准仪测量 |
| 5 | 工作井反力墙 | | 垂直度 | 0.1% | 每座 | 1 | 用垂线、角尺量测 |
| 水平扭转度 | 0.1% |
| 注：为反力墙的高度（mm）；为反力墙的宽度（mm）。 | | | | | | | |

* + - 1. 后靠及洞门土体加固验收：
         1. 顶管顶进工作井的反力墙应坚实、平整；后座与井壁反力墙联系紧密；
         2. 两导轨应顺直、平行、等高；导轨与基座连接应牢固可靠，不得在使用中产生位移；
         3. 始发接收加固区土体加固施工后，应进行取样检验，加固土体须达到设计所要求的强度、渗透性、自立性等性能指标。
      2. 始发验收应确认以下条件具备时方可开始顶进：
         1. 检查程序性文件是否满足要求；
         2. 全部设备经过检查并经过试运转。主要包括液压、电器、压浆、气压、水压、照明、通讯、通风等操作系统是否正常工作，各种电表、压力表、换向阀、传感器、流量计等是否能正确显示其处于正常工作状态，然后进行联动调试，确认没有故障后，方可准备顶管始发；
         3. 顶管掘进机在导轨上的中心线、坡度和高程应符合规定；
         4. 制定了防止流动性土或地下水由洞口进入工作井的措施；
         5. 开启封门的措施完备；
         6. 施工人员必须持证上岗。
      3. 接收验收应符合下列规定：
         1. 接收前检查洞口土体土质，如果土质较软不满足接收要求，则应对洞口土体进行加固；
         2. 洞口封门应根据土质条件选定；
         3. 接收时应避免引起顶管机前方土体不规则坍塌，应把顶管机与后一二节管节联结在一起。
    1. 顶管工程质量验收
       1. 综合管廊顶管施工质量应按照下列要求进行验收：
          1. 工程质量验收均应在施工单位自检合格的基础上进行；
          2. 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；
          3. 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收；
          4. 对涉及结构安全、节能、环境保护和主要使用功能的试块、试件及材料，应在进场时或施工中按规定进行见证检验；
          5. 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收，并应形成验收文件，验收合格后方可继续施工；
          6. 对涉及结构安全、节能、环境保护和使用功能的重要分部工程应在验收前按规定进行抽样检验；
          7. 工程的观感质量应由验收人员现场检查，并应共同确认；
          8. 附属设施工程质量应按相关规定和合同约定进行专项验收。
       2. 综合管廊顶管施工时和顶进贯通后的管道允许偏差应符合表13的规定。

1. 顶管管道顶进允许偏差（mm）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | | 允许偏差 | 检查频率 | | 检查方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 水平轴线 | 2.5% *D* | 每管节 | 1点 | 用经纬仪，或挂中线用尺测量 |
| 2 | 内底标高 | 1.5%*D* |
| 3 | 管节拼缝缝隙差 | 4 | 每个接口 | 4 | 探尺 |
| 4 | 接口内表面 | 无渗漏 | 整环 | 自测 |

注：*D*为顶管管节的外径。

* + - 1. 防水质量验收应如下：
         1. 防水混凝土的检查主要包括原材料、力学性能、抗渗性、抗冻性和隐蔽工程等，应符合设计要求或GB 50108的相关规定。
         2. 对接头进行检漏试验，接口橡胶圈安装位置正确，无位移、脱落现象。
         3. 管道与工作井出、进洞口的间隙连接牢固，洞口无渗漏水。
         4. 接头渗水量、防水作业、防水涂料施工应符合GB 50208的相关规定。
         5. 工程出现渗漏水时，应及时进行注浆等专项治理，达到设计的防水等级标准要求后方可验收。
      2. 防水材料必须经具备相应资质的检测单位进行抽样检验，并出具产品性能检测报告。
      3. 综合管廊各类孔口、防水保护层、阴阳角处的构造措施及施工要求应符合国家现行标准GB50208 的有关规定。
      4. 防水施工前，应通过图纸会审，掌握结构主体及细部构造的防水要求，施工单位应编制防水工程专项施工方案，经监理单位或建设单位审查批准后执行。
      5. 综合管廊防水工程的施工，应建立各道工序的自检、交接检和专职人员检查的制度，并有完整的检查记录。工程隐蔽前，应由施工单位通知有关单位进行验收，并形成隐蔽工程验收记录。未经监理单位或建设单位代表对上道工序的检查确认，不得进行下道工序的施工
      6. 防水涂料验收应符合下列规定：
         1. 受侵蚀性介质作用或受振动作用的综合管廊，可以采用涂料防水。有机防水涂料宜用于主体结构的迎水面，无机防水涂料宜用于主体结构的迎水面或背水面；
         2. 有机防水涂料应采用反应型、水乳型、聚合物水泥等涂料；无机防水涂料应采用掺外加剂、掺合料的水泥基防水涂料或水泥基渗透结晶型防水涂料；
         3. 防水涂料施工前应按照设计厚度要求确定单位面积材料用量、涂布遍数和每遍涂布的单位面积用量；
         4. 应多遍分层涂布，后一遍涂料涂布时，宜垂直于前一遍涂料的涂布方向，涂层应均匀，不得漏涂；涂膜的总厚度应符合设计要求；；
         5. 涂膜间夹铺胎体增强材料时，宜边涂布边铺胎体；胎体宜置于涂层中间部位。胎体层应平整、压实、无褶皱并充分浸透防水涂料，不得有露胎；；
         6. 施工时，应对周边易污染部位采取遮挡措施。
      7. 变形缝防水验收应符合下列规定：
         1. 变形缝应采用具有变形功能的止水带，中埋式橡胶止水带宜工厂加工成环形；
         2. 止水带埋设位置应准确；
         3. 密封材料嵌填施工时，缝内两侧基面应平整干净、干燥，并应刷涂与密封材料相容的基层处理剂，嵌缝底部应设置背衬材料，嵌填应密实连续、饱满，并应粘结牢固；
         4. 在缝表面粘贴卷材或涂刷涂料前，应在缝上设置隔离层。
      8. 施工缝防水验收应符合下列规定：
         1. 在施工缝继续浇筑混凝土时，已浇筑的混凝土抗压强度不应小于1.2MPa；
         2. 采用钢板止水带时，止水带应与混凝土面中心平齐并沿施工缝通长设置；
         3. 采用中埋式止水带时，位置应准确，接缝宜为1处，接头宜采用热压焊接。
      9. 后浇带防水验收应符合下列规定：
         1. 先浇混凝土侧模宜采用专用免拆折板镀锌网模或不锈钢网模，金属板厚度不应小于0.4mm厚，重量不小于3.3kg/m2，不得用普通钢丝网和易锈蚀的金属网代替；
         2. 止水带、预埋灌浆管、遇水膨胀止水条等应位置正确，安装牢固；
         3. 后浇带内混凝土浇筑施工前，应将积水、垃圾等清理干净；
         4. 后浇带内混凝土的浇筑时间应符合设计要求；
         5. 后浇带混凝土宜一次浇筑；混凝土浇筑后应及时养护，养护时间不得少于28d。
      10. 预埋件防水验收应符合下列规定：
          1. 预埋件端部或预留孔底部的混凝土厚度不得小于250mm；当厚度小于250mm时，应采取局部加厚或其他防水措施；
          2. 预埋件应位置准确，固定牢靠，并应进行防腐处理；
          3. 用于固定模板的穿墙螺栓应具备止水功能。
      11. 装配式综合管廊拼缝防水应采用预制成型弹性密封垫为主要防水措施，弹性密封垫的界面应力应符合设计要求。弹性密封垫的形式和尺寸应与沟槽形式、截面尺寸相匹配。
      12. 顶管施工中，当采用T 形钢套环橡胶圈防水接口时，应符合下列规定：
          1. 混凝土节段表面应光洁、平整，无砂眼、气泡；接口尺寸应符合规定；
          2. 橡胶圈的外观和断面组织应致密、均匀，无裂缝、孔隙或凹痕等缺陷，安装前应保持清洁，无油污，且不得在阳光下直晒；
          3. 钢套环接口无疵点，焊接接缝平整，肋部与钢板平面垂直，且应按设计规定进行防腐处理；
          4. 木衬垫的厚度应与设计顶进力相适应。
      13. 顶管施工中，当采用橡胶圈密封的企口或防水接口时，应符合下列规定：
          1. 粘结木衬垫时凹凸口应对中，环向间隙应均匀；
          2. 插入前，滑动面可涂润滑剂，插入时，外力应均匀；
          3. 安装后，发现橡胶圈出现位移、扭转或露出段外，应拔出重新安装。
  1. 本标准用词说明
     1. 为便于执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的：
2. 正面词采用“必须”；
3. 反面词采用“严禁”；
4. 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
5. 正面词采用“应”；
6. 反面词采用“不应”或“不得”；
7. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
8. 正面词采用“宜”或“可”；
9. 反面词采用“不宜”；
   * 1. 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合…的要求（或规定）”或“应按…执行”。

附录A  
（规范性）  
混凝土管节渗水测量与评定方法

A.1 混凝土结构无压管道渗水量测与评定适用与下列条件：

大口径（Di≧1500mm）钢筋混凝土结构的无压管道；地下水位高于管道顶部；

检查结果应符合设计要求的防水等级标准；无设计要求时，不得有滴漏、线流现象。

A.2 漏水调查应符合下列规定：

A.2.1施工单位应提供管道工程的“管内表面的结构展开图”；

A.2.2管内表面的结构展开图”应详细标示：

1. 检查中发现的裂缝，并标明其位置、宽度、长度和渗漏水程度；
2. 经修补、堵漏的渗漏水部位；
3. 有渗漏水，但满足设计防水等级标准允许渗漏要求而无需修补的部位；

A.2.3 经检查、核对标示好的“管内表面的结构展开图”应纳入竣工验收资料。

A.3 渗漏水程度描述使用的术语、定义和标识符号，可按表A.1采用。

* 1. 渗漏水程度描述使用的术语、定义和标识符号

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

A.4 管道内有结露现象时，不宜进行渗漏水检测。

A.5 管道内壁表面渗漏水程度的检测方法：

A.5.1湿渍点：用手触摸湿斑，无水分浸润感觉；用吸墨纸或报纸贴附，纸不变颜色；检查时，要用粉笔构划出施渍范围，然后用钢尺测量长宽，计算面积，标示在“管内表面的结构展开图”；

A.5.2渗水点：用手触摸可感觉到水分浸润，手上会沾有水分；用吸墨纸或报纸贴附，纸会浸润变颜色；检查时，要用粉笔构划出渗水范围，然后用钢尺测量长宽，计算面积，标示在“管内表面的结构展开图”；

水珠、滴漏、线流等漏水点宜采用下列方法检测：

1. 管道顶部可直接用有刻度的容器收集测量；侧壁或底部可用带有密封缘口的规定尺寸方框，安装在测量的部位，将渗漏水导入量测容器内或直接量测方框内的水位；计算单位时间的渗漏水量（如L/min，或L/h等），并将每个漏水点位置、单位时间的渗漏水量标示在“管内表面的结构展开图”；
2. 直接检测有困难时，允许通过目测计取每分钟或数分钟内的滴落数目，计算出该点的渗漏量；据实践经验：当漏水每分钟滴落速度3～4滴时，24h的渗漏水量为1L；  
   如果滴落速度每分钟大于300滴，则形成连续细流；
3. 应采用国际上通用的L/（㎡·d）标准单位；
4. 管道内壁表面积等于管道内径与管道沿长的乘积。

A.6 管道总渗漏水量的量测可采用下列方法，并应通过计算换算成L/（㎡·d）标准单位：

1. 集水井积水量测法：测量在设定时间内的集水井水位上升数值，通过计算得出渗漏水量；
2. 管道最低处积水量测法：测量在设定时间内的最低处水位上升数值，通过计算得出渗漏水量；
3. 有流动水的管道内设量水堰法：靠量水堰上开设的V形槽口量测水流量，然后计算得出渗漏水量；
4. 通过专用排水泵的运转，计算专用排水泵的工作时间、排水量，并将排水量换算成渗漏量。

综合管廊顶管工程施工及验收规范  
条文说明

目  次

[4　工程勘察 48](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627375)

[4.1　一般规定 48](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627376)

[4.2　勘察孔布置 49](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627377)

[4.3　地下管线及障碍物勘察 49](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627378)

[4.4　勘察成果及报告 49](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627379)

[5　工程设计 49](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627380)

[5.1　工程选线 50](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627381)

[5.2　管节断面设计 50](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627382)

[5.3　管节结构设计 50](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627383)

[5.4　结构防水设计 52](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627384)

[5.5　顶进阻力估算 52](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627385)

[5.6　顶管中继间设计 52](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627386)

[5.7　始发井、接收井设计 52](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627387)

[6　施工 53](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627388)

[6.1　一般规定 53](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627389)

[6.3　管节制作 53](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627390)

[6.4　设备和管节安装 54](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627391)

[6.5　减阻措施 54](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627392)

[6.6　土体改良与渣土外运 54](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627393)

[6.7　顶管机始发和接收 54](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627394)

[6.8　顶进作业 55](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627395)

[6.9　施工测量和纠偏 55](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627396)

[6.10　施工监测 55](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627397)

[6.11　地表沉降控制和周边结构保护措施 55](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627398)

[6.12　顶后处理 55](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627399)

[7　质量控制和验收 56](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627400)

[7.1　一般规定 56](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627401)

[7.2　设备与管节验收 56](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627402)

[7.3　工作井工程质量验收 56](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627403)

[7.4　顶管工程质量验收 56](file:///D:/1/Study/规范/《综合管廊顶管工程施工及验收规范》征求意见资料(1)(1)/1综合管廊顶管工程施工及验收规程.doc" \l "_Toc110627404)

1. 工程勘察
   1. 一般规定
      1. 综合管廊进行顶管工程一般处于建筑密集的街区，因此，勘察前应从建设单位获取地形图、地下管线和地下设施分布图等资料，以便在勘察期间确保地下管线及地下设施的安全。
      2. 综合管廊顶管工程的勘察往往在综合管廊全线工程勘察的基础上进行，在拟建综合管廊工程线路上适宜采用顶管法建造的区段内，在各勘察阶段中都应结合顶管法的施工要求开展勘察工作，满足相应阶段的规划、设计和施工的要求。原位测试、室内试验方法及所提供的岩土参数应结合施工方法、辅助措施的特点综合确定。

由于综合管廊工程的规模和要求各不相同，场地和地基的复杂程度差别很大，要求每个工程都分阶段勘察，是不实际也是不必要的。勘察单位应根据任务要求进行相应阶段的勘察工作。

* + 1. 可行性研究勘察的重点是对各场址的稳定性和适宜性的评价，重点关注不良地质作用及特殊性岩土对工程建设的影响。
    2. 初步勘察重点是评价建设场地的稳定性，对岩土工程及环境影响进行初步评价
    3. 详细勘察的重点是评价建设场地的稳定性，需提供详细的岩土工程资料和设计所需的岩土参数，并进行岩土工程评价，提出相应的工程建议。

4.1.6.4 顶管下穿地表水体时，受到地表水体危害的可能性是较大，易发生开挖面的失稳，因此，岩土工程勘察应对这种情况进行分析。

* + - 1. 常见的不良岩土条件对顶管法施工的影响主要为以下几个方面：

1. 灵敏度高的软土层：由于土层流动造成开挖面失稳；
2. 透水性强的松散砂土层：涌水并引起开挖面失稳和地面下沉；
3. 高塑性的粘性土地层：因黏着造成顶管设备或管路堵塞，使开挖难以进行；
4. 含有承压水的砂土层：突发性的涌水和流砂，随着地层空洞的扩大引起地面大范围的突然塌陷；
5. 含漂石或卵石的地层：难以排除，或因被切削头带动而扰动地层，造成超挖和地层下沉；
6. 上软下硬复合地层:因软弱层排土过多引起地层下沉，并造成顶管在线路方向上的偏离。
7. 因此，以上岩土条件是顶管法的重点勘察内容。

4.1.6.8顶管始发井、到达井及联络通道是顶管施工中最容易出现事故的部位，因此，综合管廊顶管岩土工程勘察工作需要对始发、接收井的地质条件进行分析和评价，预测可能发生的岩土工程问题，提出岩土加固范围和方法建议。

4.1.8  
4.1.8.3

1. 当顶管穿越含有漂石或卵石的地层时，粒径大小、含量及强度对顶管机的选型、设计，以及设备配置等有直接影响。当用常规钻孔无法搞清情况时，就应该采用大口径勘探孔以便摸清地质情况，据此设计顶管机切削刀头的前面形状、支承方式，确定刀盘的开口形状和尺寸，刀头的材质和形状，螺旋输送机的直径、结构等。一般当粒径大于输送管道直径的1/3时，就容易出现堵塞现象，需在顶管机中设置破碎机。
2. 淤泥层、可液化的饱和粉土层及砂层等对顶管施工产生很大影响，而且这种影响会持续到运营期间，严重时会影响综合管廊的稳定性。因此，岩土工程勘察不仅需要分析评价淤泥层、可液化的饱和粉土层及砂层对顶管施工安全的影响，还要提出这些不良地层对将来运营期间综合管廊稳定性可能产生的影响。

4.1.9施工勘察是为工程的施工图设计变更、工法非岩土的特殊要求或者施工中发现异常问题的分析提供依据。

* 1. 勘察孔布置

4.2.1

4.2.1.1参照《给水排水工程顶管技术规程》CECS246－2008规定顶管勘探孔布置在轴线两侧。勘探线与轴线的距离参照现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ56－2012第7.1.5条的规定。勘探孔间距参照现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ56－2012第8.3.2和8.4.2条的规定。如在勘察条件受限的情况下，可将勘探孔布置在顶管轴线上，应对勘探孔进行妥善的封孔处理。

* + - 1. 勘探孔的深度要求参考了《市政工程勘察规范》CJJ 56第8.3.3条和第8.4.3条的规定。
      2. 本条参照现行国家规范《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001第4.8.3条确定。

4.2.2.2 工作井和接收井一般面积较小，沿矩形井角点对角线（或圆形井直径）布置两个勘探孔即可，但当矩形井宽度（或圆形井直径）超过15m时宜增加勘探孔数量，一般不宜少于4个。

4.2.2.3本条参照现行国家规范《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001第4.8.3条确定。当基坑以下有深厚软土层时，一般情况下勘探孔深度达到3倍基坑深度时可满足要求，有特殊要求时可穿越软弱土层。当基坑以下有承压水层时，勘探孔深度应满足地下水控制的需要，例如隔水帷幕、井点降水和疏干等。

4.2.6顶管法施工管节壁后注浆压力比较大，如钻孔封填不密实，浆液可能沿钻孔喷出地面。因此，需要按照要求对勘探孔封填密实，可采用水泥砂浆通过钻杆注浆回填至地面。

* 1. 地下管线及障碍物勘察
     1. 对于城市地下综合管廊顶管工程，地下施工环境复杂，施工场地周边建（构）筑物一般较密集，因此需要在施工前充分查明地下管线和障碍物的类型和分布情况，避免对地下管线的破坏和障碍物对施工造成的影响。
     2. 本条参照CJJ61第3.0.1条确定。
     3. 本条参照CJJ61第4.1.3条确定。
     4. 目前，探查金属管线的方法有直接法、夹钳法、电磁感应法、磁梯度法等，探查非金属管线的方法有示踪电磁法、磁偶极感应法、地震波法、地质雷达法（电磁波法）等，具体方法的选择可参考CJJ61-2003的附录C“探查地下管线的物探方法”。
     5. 本条参照CJJ61第4.3.4条确定。
     6. 本条参照CJJ61第4.2.4条确定。
     7. 本条参照CJJ61。
  2. 勘察成果及报告

4.4.1-4.5勘察报告内容应根据任务要求，勘察区域的地理、地质特征和工程地质环境特征，以及顶管工程项目的具体情况确定。为了便于工作，本节规定了勘察报告内容的基本要求，这些内容可根据上述原则作适当增减。对地质条件简单和勘察工作量小的工程，勘察报告可适当简化，采用图表形式，并附必要的文字说明。

1. 工程设计
   1. 工程选线
      1. 从使用功能、顶管施工工艺等因素考虑，不建议采用较大的纵坡。
      2. 规定管道上覆土层厚度主要是为了减少地面沉降或隆起。另外，也有管道和施工安全方面考虑。本规程在参考CECS 246的基础上，进一步明确了：1）顶管穿越江河时管道应布设河流冲刷线和规划河底以下；2）穿越铁路、公路、堤防或其他设施时，管道上部覆土厚度应遵守铁路、公路、堤防或其他设施的相关安全规定。

5.1.4.2当建（构）筑物桩基础在顶管顶进范围内，应考虑在基底土体加固或基础托换措施后，顶管可直接顶穿桩基础。

5.1.4.3建（构）筑物的监测包括沉降、位移、倾斜和裂缝观测，沉降监测可采用水准测量、连通管量测、电子水平尺等方法。地层变形监测包括土体分层沉降和水平位移。顶管掘进参数应根据地层和建（构）筑物变形监测数据分析后及时进行优化和调整。

5.1.4.6本条参照国家标准GB 50289-2015第4.1.7条规定。综合管廊一般宜与城市快速路、主干路、铁路、轨道交通、公路等平行布置，如需穿越时，宜尽量垂直穿越，条件受限时，为减少交叉距离，规定交叉角不宜小于60°，如图1所示。

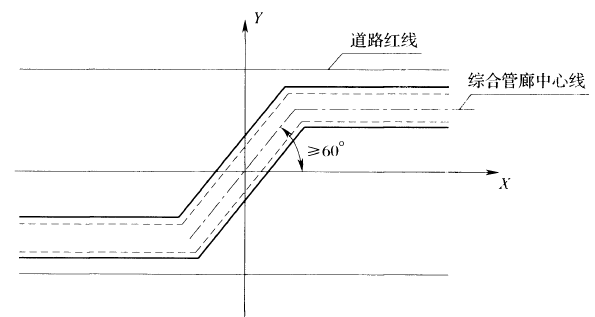


图1 综合管廊最小交叉角示意图

* + - 1. 本条参照CECS 246的相关规定。
      2. 本条参照国家标准DL/T 5221-2005第12.1.8条规定。
  1. 管节断面设计
     1. 本条参照《城市综合管廊工程技术规范》第5.3.1条规定。
     2. 本条参照《城市综合管廊工程技术规范》第5.3.2条规定。
     3. 钢筋混凝土管接口不平整，承力面必须设置木垫圈，并用胶粘剂粘在传力面上。
     4. 不同接头形式的尺寸偏差，应符合现行行业标准JC/T 640的有关规定。
  2. 管节结构设计
     + 1. 永久作用包括结构自重、土压力、预加应力、重力流管道内的水重、混凝土收缩和徐变产生的荷载、地基的不均匀沉降等。可变作用包括人群载荷、车辆载荷、管线及附件荷载、压力管道内的静水压力（运行工作压力或设计内水压力）及真空压力、地表水或地下水及浮力、温度作用、冻胀力、施工荷载等。

作用在综合管廊结构上的荷载须考虑施工阶段以及使用过程中荷载的变化，选择使整体结构或预制构件应力最大、工作状态最为不利的荷载组合进行设计。地面的车辆荷载一般简化为与结构埋深有关的均布荷载，但覆土较浅时应按实际情况计算。

* + - 1. 可变作用准永久值为可变作用的标准值乘以作用的准永久值系数。
      2. 综合管廊属于狭长型结构，当地质条件复杂时，往往会产生不均匀沉降，对综合管廊结构产生内力。当能够设置变形缝时，尽量采取变形缝的方式来消除由于不均匀沉降产生的内力。当由于外界条件约束不能够设置变形缝时，应考虑地基不均匀沉降的影响。
    1. 当覆盖层土体部分在地下水以上，部分在地下水以下时，地下水以上取实重，地下水以下土重取有效重度。
    2. 钢筋混凝土管道内力计算参照CECS 246-2008第8.2.4条规定。
    3. 钢筋混凝土管极限状态计算参照CECS 246-2008第7.2.3和7.3.2条规定

5.3.6.4综合管廊顶管的接地应满足各类管线的接地需求：综合管廊接地装置接地电阻值应符合国家标准GB/T 50065的有关规定。当接地电阻值不满足要求时，可通过经济技术比较增大接地电阻，并校验接触电位差和跨步电位差，且综合接地电阻应不大于1Ω。

* + 1. 设计时可根据实际情况进行综合管廊顶管的抗震验算，可参考GB 50011、GB50909和GB 50332等。
    2. 在有可能液化的地层中，应注意检验其抗浮稳定性，并在必要时采取措施加固地基，以防地震时结构周围的场地液化。鉴于经采取措施加固后地基的动力特性将有变化，本条要求根据实测标准贯入锤击数与临界锤击数的比值确定液化折减系数，并进而计算地下连续墙和抗拔桩等的摩擦力。
  1. 结构防水设计
     1. 根据国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008第3.2.1条规定，综合管廊防水等级标准应为二级。顶管工程不应漏水，结构表面可有少量湿渍。总湿渍面积不应大于总防水面积的1/1000；任意100m2防水面积上的湿渍不超过1处，单个湿渍的最大面积不得大于0.1m2。管节接缝、注浆孔和洞门处等部位是管道结构的薄弱部位，应适当加强防水措施。

5.4.2.1混凝土的自防水性能主要受原材料和配合比的影响，适当的掺合料能够有效提高混凝土的密实度，外加剂的使用不仅能够改善混凝土的和易性、提高密实度，而且能够降低水胶比、提高混凝土的强度和耐久性。一般情况下，施工现场的混凝土生产、浇注和养护条件相比试验室的条件要差，影响因素较多且难以控制，因此试配混凝土的抗渗等级应比设计要求提高一级。

5.4.2.3 本条参照《地下工程防水技术规范》GB 50108中的相关内容进行规定划分。

5.4.3.2 F型钢承口对顶管高程、中线能起到修正作用，因而此类接口形式有利于密封防水，适用于大断面顶管，故作为主要施工方式。

5.4.3.3在霉菌侵蚀严重的地层强调橡胶圈的防霉等级，既可由橡胶本身来满足，也可加防霉剂来满足。

* + 1. 填充注浆后应使用雷达探测等方法检测。
    2. 密封垫是衬砌防水的首要防线，应对其技术性能指标做出规定。按规定，密封垫应直接从成品切片制成试样测试，由于遇水膨胀橡胶密封垫的断面尺寸一般较小，难以由成品切片检测，故宜从胶料制取试样。
  1. 顶进阻力估算

5.5.2顶进力估算与实际施工顶进力有一定的误差，与土层情况和施工技术水平等有关。本节提供的顶进力计算公式简单易懂、计算结果与工程实际比较吻合，供参考使用。

* 1. 顶管中继间设计

5.6.3

* + - 1. 木质的传压环和钢质的均压环保证顶进力均匀地分布于管道的端面上。

5.6.3.3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、沙子或者土颗粒等进入中继间外壳和其后部的管道之间。可以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。

5.6.5顶管施工完成后，中继间外壳作为管道永久性结构的一部分留在通道内，中继间内部构件分别拆除并运出通道，但要在施工前对中继间做防腐处理。

* 1. 始发井、接收井设计
     1. 由于工作井施工的环境与明挖法相近，故不同防水等级的沉井施工缝防水措施可参照明挖法的防水措施。
     2. 工作井的结构形式必须承受千斤顶推进的反作用力和满足在反力和周边水土压力作用下的强度和变形要求。管道埋置较深，顶管顶进力较大的顶管工作井，宜采用沉井或地下连续墙的形式；管道埋深较浅、土体渗透系数较小、顶进距离不长的工作井可采用SMW工法、钢板桩、深层搅拌桩、旋喷桩等围护结构形式，接收井的结构形式基本上与工作井相同。
     3. 确定顶管工作井长度所需的各种顶管机的参考长度如下：
        1. 直径小于1000mm的顶管机长度约为3.5m；
        2. 大中直径顶管机长度大于或等于5.5m。
        3. 以免承受较大的后坐力时造成反力墙材料压缩不匀，出现倾斜现象。
        4. 以免产生偏心受压，使顶进力损失和发生质量、安全事故；

5.7.5.1本公式忽略钢制后座的影响，假定主顶千斤顶施加的顶进力是通过反力墙均匀地作用在工作井后的土体上，为确保反力墙在顶进过程中的安全，反力墙的反力或土抗力Rc应为的总顶进力F的1.2倍～1.6倍，其中安全系数取值与顶进地层复杂程度成正比。

5.7.5.2本条公式在设计反力墙时，将后背板桩支承的联合作用对土抗力的影响加以考虑，水平顶进力通过反力墙传递到土体上，近似弹性的荷载曲线（图2），因而能将顶进力分散传递，扩大了支承面。为了简化计算，将弹性载荷曲线简化为一梯形力系（图3）进行计算。此公式中反力墙底端在井底面以下时考虑后背支撑，以上时不考虑后背支撑。

|  |  |
| --- | --- |
| 902 | 903 |
| 图2 考虑支撑作用时土体的载荷曲线 | 图3 简化的后座受力模型 |

5.7.6.1本条参考了《顶管施工技术及验收规范》第7.1.5条规定。

5.7.6.2本条参考了《顶管施工技术及验收规范》第7.1.7条规定。

* + 1. 本条所列井壁预留洞尺寸是最小尺寸，参考了《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》CECS 137-2015第7.2.20条与第7.2.21条规定，设计时需根据实际情况确定。

顶管始发和接收洞口的加固形式有土体加固和钢封门加固及两种形式组合工法。

5.7.8.1 洞口土体加固的主要目的是：确保开洞门时土体具有一定的强度，防止土体坍塌涌入井内；确保开洞门时土体具有一定的抗渗透性，防止地下水通过土体涌入井内。始发到达洞口土体加固的范围宜为离洞口正前方6m，上下方各3m~4m，左右各3m~4m。

5.7.8.2土体加固质量检测，可以采用开观察孔，仔细查看是否有孔洞及渗漏水，必要时可采取钻孔取样检验，确认其是否有孔洞并可检测加固体强度。在洞门处打不少于5个（上、下、中、左、右）观察孔，样洞呈米字分布，观察土体变形、均匀性等状况，以掌握加固土体的实际情况。若采用降水降低承压水水头时，其降水水位应降低至底板以下0.5m。

1. 施工
   1. 一般规定

本条参照GB 50268第3.1节规定。

6.3 管节制作

6.3.3钢筋混凝土顶管的混凝土强度不宜小于C50，如果管径较小，顶距也不长时可以适当降低，但要经过顶力验算。

6.3.4原则上符合国家标准的水泥均可用于配制防水混凝土，但是由于防水混凝土的抗压强度等级、抗渗性能和耐久性能较高，为确保工程质量，不应使用强度等级低于42.5MPa的水泥。当防水混凝土中需要外掺矿物掺合料时，为避免复合水泥中多种矿物掺合料之间的不良反应，宜采用硅酸盐或普通硅酸盐水泥。在受侵蚀介质或冻融作用时，应根据侵蚀介质的不同选择相应的水泥品种或矿物掺合料。所使用的外加剂应结合工程材料进行相关品种和配合比的试验论证。

6.3.6混凝土管的接口不平整，承力面必须设置木垫圈，木垫圈应选择有弹性的木质材料做成，其厚度视顶管条件决定。

6.3.10管节进场验收时要严格检查管节质量，对于有破损甚至影响使用的管节，需做补强处理或更换管节。

6.4 设备和管节安装

6.4.1后座反力墙为沉井或地下连续墙结构时，可采用拼装式后座；反力墙为SMW工法、旋喷桩、深层搅拌桩等结构形式时可采用整体式后座。反力墙的面积应满足土体承载力的要求，强度、刚度应满足最大顶进力要求。

6.4.2千斤顶安装时需注意，主顶站使用顶进力不宜超过满负荷的60%，可用限压阀调节；为防止管道穿墙时下偏，千斤顶合力中心应低于管中心标高，一般宜为管道外径的1/10～1/8。

6.4.3 油泵流量宜满足顶进速度100mm/min左右的需求。

6.5 减阻措施

6.5.4触变泥浆注浆要求是保证顶进进管道外壁与土体之间形成稳定的、连续的泥浆套，其效果可通过顶进力降低程度来验证。

* + - 1. 在顶进过程中，要经常检查各推进段的浆液形成情况；
      2. 在注浆孔中设置一个单向阀，使浆液管外的土不能倒灌而堵塞注浆孔，从而影响注浆效果。

6.5.6触变泥浆注浆应由拌浆装置、注浆装置、注浆管道系统等组成。

6.5.6.1制浆装置容积计算时宜按5～10倍管道外壁与其周围土层之间的环形间隙的体积来设置拌浆装置、注浆装置；

6.5.6.4 对于浆液难以到达的区域，可以在切削刀盘位置或顶管机的尾部进行注浆；对于浆液容易到达的区域，可通过管道上的注浆孔进行注浆，注浆结束后应对注浆孔进行密封。

6.5.9 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，有时也可以加入其它掺合剂，如废机油、粉煤灰和其它高分子化合物等。

6.5.11本条是指同步注浆、补浆量的控制和注浆压力的控制。一般情况下是以注浆为控制目标。在注浆过程中，应该注意注浆孔堵塞与否，要使得管外壁形成完整的触变泥浆润滑套，防止单侧有泥浆，形成制动效应。

* + 1. 本条参照《顶管法管道穿越工程顶管技术规程》第6.5.9条规定。

6.6 土体改良与渣土外运

6.6.1土体中注入作泥材料浆液后，不仅改善流动性和塑性，而且改善止水性能。有这样良好的土水性的土充满螺旋输送机的壳体内时，地下水就不会产生喷发。泥浆的注入量在15%～30%之间，必须根据螺旋输送机所排的土的状况而定，只有当泥土仓内的泥土被搅拌成具有较好的塑性，流动性和止水性这“三性”时，才能土使土仓内的压力终处于一种平衡的状态。再次，加泥以后的塑性和流动性都很好的土充满泥土仓时，泥土舱内的土压力是比较均匀，这就使检测到的土压力较准确，而且使泥土仓内的土压力能较好地平衡掘进机所处土层的静止土压力和地下水压力，才能做到真正的土压平衡。

6.7 顶管机始发和接收

6.7.1.4工作井洞口设置止水装置是为了防止顶管机开始顶进时发生水土流失，造成大量坍方，并保证顶管机迅速穿墙，使顶管机快速顶入土体，止住渗漏。管道与穿墙孔的间隙及时封堵，主要是为了防止管道移动和管端的移位，同时也可防止水的浸入，止水装置有盘根止水及橡胶止水二种，也可采用组合形式止水。

* + 1. 顶管始发和接收洞口的加固形式有土体加固和钢封门加固及两种形式组合工法。
  1. 顶进作业

6.8.2.1管道初始顶进时应控制顶进速度，不宜过快，在此过程中应摸索顶进的相关数据，为正常顶进提供依据；

* + - 1. 顶管正常顶进时应控制开挖量与出土量的平衡；
      2. 对于土压平衡式顶管机，土压力值宜设定在静止土压力值与被动土压力值之间。

6.8.3 由于工作井施工时周围土体被扰动，顶管机出洞时，洞外土体易流失，同时顶管机自重太重，所以要采取防“磕头”措施。

6.8.5施工过程中应对管道水平轴线和高程、顶管机姿态等进行测量，并及时对测量控制基准点进行复核，以便发现偏差；顶管机姿态应包括其轴线空间位置、垂直方向倾角、水平方向偏转角、机身自转的转角。

* 1. 施工测量和纠偏

6.9.4顶管定向测量宜采用下列方法：

6.9.4.1采用全站仪直接传递定向时，全站仪传递采用Ⅰ级全站仪且传递倾角不应大于30°；

6.9.4.2采用联系三角形定向时，联系三角形的图形应符合相关要求；

6.9.4.3采用铅垂仪投点定向时，铅垂仪的投点精度应得到保证。

6.9.5顶管高程测量宜采用下列方法：

6.9.5.1工作井为斜井或通道时可采用水准测量的方法传递高程；

6.9.5.2工作井为竖井时可采用水准仪配合吊钢尺的方法传递高程；

6.9.5.3工作井为竖井、斜井或通道均可采用三角高程测量方法传递高程。

* + 1. 避免在施工中由于顶进力的施加产生位移引起测量误差。

6.9.11顶管施工的测量与纠偏应符合下列要求：

6.9.11.1顶管机姿态应包括其轴线空间位置、垂直方向倾角、水平方向偏转角、机身自转的转角；

* + - 1. 纠偏基本要领：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。

6.10 施工监测

6.10.1顶管是非开挖作业，施工中必须保障地面上相关建筑和设施的安全，施工方案中应有监测点布置和监测方案的内容，由于监测对象的重要性可能有些不同，监测内容应相应变化。

6.11 地表沉降控制和周边结构保护措施

6.11.4在路面下顶进，如果发生超量出泥的情况，路面不会立刻下沉，如果施工时路面已经发生较大的坍塌，会使路面下方塌方严重，并产生孔洞。因此，在路面下顶进应采取以下措施：

6.11.4.1顶管机的正面阻力宜取大值，可将路面转换成等代土体高度计算正面阻力；

6.11.4.2 加强地面沉降观察，严格控制地面下沉。

6.12 顶后处理

6.12.1管道顶进结束后，须进行泥浆置换；特别是管道穿越道路、铁路、堤防等重要设施时，填充注浆后应进行雷达探测等方法检测。

* + 1. 本条参照GB 50268第6.3.16条规定。

1. 质量控制和验收
   1. 一般规定
      1. 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，并应按验收批、分项、分部工程、单位工程依次进行。
         1. 验收批是工程项目验收的基础，验收分为主控项目和一般项目。主控项目，即在管道工程中的对结构安全和使用功能起决定性作用的检验项目，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；
         2. 工程的外观（观感）质量应由质量验收人员通过现场检查共同确认，这是考虑外观质量通常是定性的结论，需要验收人员共同确认。
   2. 设备与管节验收

7.2.1 -7.2.2液压油缸及泵站验收标准应按行业规范《顶管施工技术及验收规范》中8.7的相关规定执行。

7.2.4 中继间验收标准应按CECS 246-2008中12.5的相关规定执行。

* 1. 工作井工程质量验收
     1. 本条参照行业规范《顶管施工技术及验收规范》第10.2条规定。
  2. 顶管工程质量验收
     1. 本条表7.4.1中顶管管道顶进允许误差参参照现行国家标准GB 50268的规定。
     2. GB50208规定二级防水标准要求隧道工程平均渗水量不大于0.05L/（m2.d）,任意100m2防水面积上的渗水量不大于0.15L/（m2.d），考虑到综合管廊为进人的地下构筑物，应符合隧道防水标准。