吉林省工程建设地方标准

给水排水顶管工程技术标准

Technical standard for pipe jacking engineering
of water and sewerage

DB22/T 5032—2019

主编部门：吉林省建设标准化管理办公室

批准部门：吉林省住房和城乡建设厅

吉林省市场监督管理厅

施行日期：2019 年 12 月 5 日

2019 长 春

吉林省住房和城乡建设厅
吉林省市场监督管理厅

公　告

第 536 号

吉林省住房和城乡建设厅　吉林省市场监督管理厅关于发布吉林省工程建设地方标准《给水排水顶管工程技术标准》的公告

现批准《给水排水顶管工程技术标准》为吉林省工程建设地方标准，编号为：DB22/T 5032-2019，自发布之日起实施。

吉林省住房和城乡建设厅
吉林省市场监督管理厅
2019 年 12 月 5 日

前　言

根据吉林省住房和城乡建设厅《关于下达〈2019 年全省工程建设地方标准制定（修订）计划（一）〉的通知》（吉建标［2019］1 号）的通知要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结经验，依据国家和地方标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容有：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 材料；5 勘察；6 设计；7 施工；8 特种顶管；9 监测与验收。

本标准由吉林省建设标准化管理办公室负责管理，由长春市城建维护集团股份有限公司负责具体内容的解释。请各单位在执行本标准的过程中，随时将有关意见反馈给吉林省建设标准化管理办公室（地址：长春市民康路 519 号，邮编：130041，邮箱：jljsbz@126.com），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：长春市城建维护集团股份有限公司
长春市城市快速路管理维护有限责任公司
中庆建设有限责任公司

本标准参编单位：吉林省勘察设计协会

本标准主要起草人：孙艳刚　马　亮　金明岭　郭　剑
安曙浩　田　伟　寇俊松　张虹禹
梁凯华　张宏权　宗有志　刘　彬
张　莹　张　维　彭　铖　李　岩
赵研宏　周　杨　刘占国　刘春雨
吴　凯　李　超　韩　闯

本标准主要审查人员：周　毅　陶乐然　裴壹用　孙炜宁
黄克新　武　术　宋玉虎

目　次

1 总则 1
2 术语和符号 2
2.1 术语 2
2.2 符号 4
3 基本规定 6
4 材料 7
4.1 一般规定 7
4.2 管材 7
4.3 配件 11
5 勘察 12
6 设计 14
6.1 一般规定 14
6.2 设计要点 14
6.3 结构设计 16
7 施工 21
7.1 一般规定 21
7.2 施工准备 21
7.3 工作井施工 23
7.4 设备安装 24
7.5 顶管始发 29
7.6 顶管顶进 30
7.7 注浆减阻 38
7.8 中继间施工 41
7.9 顶进接收 43
7.10 顶进后处理 43

7.11 施工测量 44
7.12 顶进记录 45
7.13 冬雨期施工 45
7.14 施工安全与环境保护 46
7.15 其它 48
8 特种顶管 50
8.1 曲线顶管 50
8.2 长距离顶管 51
8.3 小直径顶管 52
8.4 大直径管顶管 52
8.5 矩形顶管 53
8.6 垂直顶升 54
8.7 破管施工 55
8.8 地下对接 55
9 监测与验收 57
9.1 监测 57
9.2 验收 59
附录 A 顶管机选型参照表 69
附录 B 顶管工程顶进测量记录表 72
附录 C 顶管工程顶进记录表 74
本标准用词说明 75
引用标准名录 76
附：条文说明 77

1　总则

1.0.1　为规范给水排水顶管技术要求，使给水排水顶管工程做到技术先进、安全可靠、经济合理、科学环保，确保质量，制定本标准。

1.0.2　本标准适用于给水排水顶管工程的勘察、设计、施工及验收。

1.0.3　给水排水顶管工程的勘察、设计、施工及验收，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 顶管法 pipe jacking method

在地下借助顶推装置，将管道逐节顶进的非开挖施工方法。

2.1.2 顶管机 jacking machine

安装在顶进管道最前端用于顶进、出泥和导向等的顶进机械装置。

2.1.3 工具管 tool pipe

安装在顶进管道前端，供施工人员在其中进行挖土、纠偏和测量等作业的特殊钢制管节。

2.1.4 套管 casing pipe

输送工作介质的工作管线在穿越铁路、公路、河道和其它地下设施时，为保护工作管线及可能受影响的设施，不影响工作管的维护及相关设施的使用而预先铺设的直径大于工作管道的管道。

2.1.5 工作井 working shaft

用于顶管始发端放置顶管设备并进行顶进施工的地下作业空间结构，也称工作坑。

2.1.6 接收井 arriving shaft

顶管终端接收顶管机的地下作业空间结构，也称接收坑。

2.1.7 中继间 intermediate jacking station

为控制最大顶进力而设置在顶进管线中途的续顶机构。

2.1.8 穿墙孔 passage hole for pipe jacking

在工作井墙中，管道或顶管机从工作井进入土层的孔洞。

2.1.9 接收孔 arriving hole for pipe jacking

为顶管机从土中穿入接收井而预先留置的孔洞。

2.1.10 导轨 guide track

在顶管初始阶段具有导向及定位作用并固定于工作井井底，用于支撑顶管机和管节的轨道。

2.1.11 后背墙 reaction wall

工作井中承受顶进反力的墙体。

2.1.12 后座 jacking base

安装在主油缸与后背墙之间，用于传递顶进反力的支承件。

2.1.13 触变泥浆 collaidal mud

填充于顶进管道和土体之间，在静置或受震条件下分别呈凝胶或溶胶状态，顶进过程中起到减阻作用的泥浆材料。

2.1.14 注浆减阻 grouting drag reduction

通过在管道外壁注射润滑剂来达到减少顶进阻力的方法。

2.1.15 顶进力 jacking force

顶管施工过程中推进整个管道系统和相关机械设备向前运动的力。

2.1.16 曲线顶管 curvilinear pipe jacking

轴线在水平方向、垂直方向呈曲线变化的顶管。

2.1.17 小直径顶管 small diameter pipe jacking

施工人员不宜进入或无法进入作业的内径小于 800mm 的顶管。

2.1.18 大直径顶管 large diameter pipe jacking

管子内径在 3500mm 以上的顶管。

2.1.19 长距离顶管 long distance pipe jacking

一次连续顶进长度在 400m 以上并设置中继间的顶管。

2.1.20 超长距离顶管 super long distance pipe jacking

一次连续顶进长度超过 1000m 以上的长距离顶管。

2.1.21 手掘式顶管 manual pipe jacking

施工人员进入顶进管道内进行开挖作业的一种顶管施工方法。

2.1.22 土压平衡式顶管 earth pressure balanced pipe jacking

由螺旋机出土，利用搅拌土体压力来平衡水土压力的一种顶管施工方法。

2.1.23 泥水平衡式顶管 mud and water balanced pipe jacking

由泥水循环出土，利用泥水压力平衡水土压力的一种顶管施工方法。

2.1.24 气压平衡式顶管 barometric balanced pipe jacking

采用压缩空气来平衡水压力以保持挖掘面土体稳定的一种顶管施工方法。

2.2 符号

2.2.1 管道结构上的作用和作用效应

E_{pk}——后背墙外土体的总被动土压力；

$E_{ep,\,k}$——墙外土体的总主动土压力；

F_{dc}——混凝土管允许顶力；

P——顶进力；

N_F——顶管机的迎面阻力；

P_{tk}——顶力标准值。

2.2.2 土及管材性能

A_p——管道的最小有效传力面积；

$E_{ep,\,k}$——沉井前方主动土压力合力标准值；

E_{pk}——沉井后方被动土压力合力标准值；

$f_{ep,\,k}$——最大主动土压力；

f_{pk}——最大被动土压力；

f_s——管道外壁与土的平均摩阻力；

f_c——混凝土抗压强度设计值；

f_s——钢管轴向抗压强度设计值；

f_b——玻璃纤维增强塑料夹砂管轴向抗压强度设计值；

K_{dc}——混凝土管综合系数；

K_{ds}——钢管综合系数；

K_{db}——玻璃纤维增强塑料夹砂管综合系数；

K_{dp}——预应力钢筒混凝土管综合系数；

S_u——土的不排水抗剪强度；

γ——土的重度；

C——土的粘聚力；

ψ——管道所处土层的内摩擦角。

2.2.3 几何参数

D——管道的外径；

h_0——地面至机头中心的高度；

h——后背墙外天然土壁的高度；

h_f——顶力距刃脚底的距离；

H——管道顶部以上覆盖土层的土拱高度；

L_b——沉井对应外壁宽度；

L——管道顶进长度；

R——沉井外壁半径。

2.2.4 设计系数

K_p——被动土压力系数；

f——顶进时管道与其周围土层作用力的摩擦系数；

ξ——考虑合力作用点不一致的折减系数。

3　基本规定

3.0.1　顶管线路邻近重要建（构）筑物、地下管线或交通要道，或穿越铁路、高速公路、堤防等情况时，应制定应急预案，采取安全合理的有效防护措施和监测方案。

3.0.2　顶管穿越铁路、公路或其他设施时，除应符合本标准的有关规定外，尚应遵守铁路、公路或其他设施的相关规定。

3.0.3　顶管工程所用管材、构配件及主要原材料等进场后应按照国家有关标准的规定进行验收，顶管设备应检验合格后再进场，并应进行单机、整机联动调试。

3.0.4　在地下水位以下、顶距大于 50m 的顶管项目，宜优先选用封闭式机械顶管施工。

3.0.5　顶管工程冬雨期施工应做好相应的防雨、保温措施。

3.0.6　顶管工程应综合考虑工程地质、水文地质和周边环境等条件，合理选择工艺工法，优化设计，精心施工，严格监控。

3.0.7　施工单位在开工前应编制施工组织设计，对关键的分部、分项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，有变更时应办理变更审批。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 顶管工程所用管材应根据管道用途、管材特性及当地具体情况确定，宜优先选用钢筋混凝土管、钢管、玻璃纤维增强塑料夹砂管、预应力钢筒混凝土管。

4.1.2 顶管工程所用管材的品种、规格、性能应符合现行国家有关标准的规定和设计要求，接触生活用水的产品应符合国家现行有关卫生标准的规定。

4.1.3 顶管工程管材所用的原材料、半成品、成品等产品的品种、规格、性能必须符合现行国家有关标准的规定和设计要求。

4.2 管材

4.2.1 顶管工程所用管材应符合下列基本要求：

1 轴向承载能力和抗压能力应满足顶管工程设计要求；

2 能够抵抗管道内外的侵蚀；

3 几何尺寸准确，端部平整、垂直；

4 具有良好的过流性能；

5 接头具有传递轴向载荷的能力且密闭性良好。

4.2.2 管节长度宜为 2.0m～3.0m。

4.2.3 钢筋混凝土管材性能应符合下列规定：

1 钢筋混凝土管材应符合现行国家标准《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836；管节及接口的抗渗性能应符合设计的相关规定；

2 钢筋混凝土顶管的混凝土强度等级不应低于 C40；

3 钢筋混凝土管宜采用双道橡胶密封圈钢承插接口形式；

4 钢筋混凝土管材配件防腐性能应符合下列要求：

1） 防腐产品应有出厂合格证及检测报告，包装应完好、无破损且无滴漏；

2） 钢套环应按设计要求进行防腐处理，端部刃口无疵点，焊接处应平整。

4.2.4 钢管管材性能应符合下列规定：

1 顶管钢材宜选用 Q235B 钢材，长度和厚度符合设计相关要求；

2 顶管钢材的规格和性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的规定，且焊缝等级应不低于 II 级，管节内外直缝宜采用埋弧自动焊；

3 管壁厚度应考虑计算厚度加腐蚀量厚度，腐蚀量厚度应根据使用年限及环境条件确定，且不得小于 2mm。钢管年腐蚀量标准可按表 4.2.4 确定；

表 4.2.4 钢管年腐蚀量（单面）标准

腐蚀环境	低于地下水位区	地下水位变化区	高于地下水位地区
腐蚀量（mm/年）	0.02	0.04	0.03

4 钢管管材防腐性能应符合下列规定：

1） 钢管表面除锈应清除油污、尘土、焊渣、氧化物及疏松的锈蚀物；

2） 钢管防腐层宜在工厂内完成，现场连接的坡口按设计要求处理；

3） 钢管外防腐可采用熔结环氧粉末防腐涂层或环氧树脂玻璃钢外防腐等，钢管内防腐可采用液体环氧涂料等，内外厚度应符合相关规范的规定；

4） 防腐涂料产品应具有出厂合格证，包装完好、无破损、无滴漏；

5） 进行管道防腐喷涂时，应在上一道涂层基本固化后方可

进行下一道涂层作业，每道涂层作业时间较长，必须将原涂层清洁后再进行下道作业。两道涂层间隔不宜超过2周；

6） 防腐涂装禁止在雨天、雾天、大风天气露天作业，被喷涂表面必须保持干燥、无水迹、油迹，在配料和涂刷过程中严禁与火、酸、碱、醇等接触；

7） 钢管拼装待焊缝冷却后，应进行防腐处理。

4.2.5 玻璃纤维增强塑料夹砂管管材性能应符合下列规定：

1 玻璃纤维增强塑料夹砂管质量应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238 的规定；

2 玻璃纤维增强塑料夹砂管的内表面应光滑平整，无龟裂、分层、针孔、杂质、贫胶区、气泡和纤维浸润不良等现象；

3 管端面应平齐，边棱无毛刺，管道外表面平直度应小于3mm；

4 缠绕成型玻璃纤维增强塑料夹砂管的管端应增强，且应设置增强过渡段；

5 玻璃纤维增强塑料夹砂管可采用双插口接头或承插式接头；

6 用于输送饮用水的顶管管道，管内涂层树脂应符合国家现行卫生标准的规定；

7 玻璃纤维增强塑料夹砂管可不做防腐处理。

4.2.6 预应力钢筒混凝土管应符合下列规定：

1 预应力钢筒混凝土管的制作质量应符合现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685 的规定；

2 管道承、插口端部混凝土不应有缺料、掉角、孔洞等现象；

3 管道内壁混凝土表面应平整光洁，不应出现直径或深度大于 10mm 孔洞、凹坑以及蜂窝麻面等不密实现象；

4 管道外壁混凝土表面应平整，无粘皮、麻面、蜂窝、塌落露筋、空鼓，局部凹坑深度不应大于 5mm；

5 预应力钢筒混凝土管防腐要求参考钢管管材防腐性能要求；

6 预应力钢筒混凝土管标识、运输和保管应符合下列规定：

1）管节出厂前应对合格的管节设置标志，标志内容应包括企业名称、产品商标、产品标记以及生产日期；

2）管节严禁采用钢丝穿心方式吊装，应采取措施防止管节碰伤；

3）管节应按不同管节品种、公称内径、工作压力、覆土深度等因素分别存放，不得混放；

4）在干燥气候条件下，应加强管节的后期洒水保养工作。

4.2.7 管道接口应符合下列规定：

1 管道接口表面应平整无破损；

2 管道接口尺寸及组装应符合设计要求；

3 管道接口应满足顶管施工轴向力和剪切力的设计要求；

4 管道接口满足密封性能要求；

5 管节之间、管节与顶管机或工具管之间采用插接连接时，顶管机（工具管）或前节管节宜搭在导轨上 200mm～300mm。

4.2.8 管材制造商应提供顶进管道的下列详细资料：

1 管道的内径；

2 管道的外径；

3 管道的接头形式；

4 管道连接位置的尺寸；

5 管节长度（平均长度）。

4.2.9 顶进管道和管道接头出厂时，产品应有如下的标记：

1 制造商的生产号码；

2 生产日期；

3 直径；

4 测试标记，制造允许偏差和所采用的相关标准；

5 检测合格标记。

4.3 配件

4.3.1 采用 T 形钢套环橡胶圈防水接口时，应符合下列规定：

1 橡胶密封圈材料性能应符合现行国家标准《橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈材料规范》GB/T 21873 的规定；

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 木垫圈应采用质地均匀、富有弹性的材质制作，厚度宜为 8mm～12mm。

4.3.2 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、扭转或露出管外，应拔出重新安装。

4.3.3 洞口止水圈安装应符合下列规定：

1 洞口止水圈应由下面四部分组成：前止水墙、预埋螺栓、橡胶止水圈、钢压板；

2 大于 10m 以上覆土深度或者穿越江河的工作坑中，洞口止水圈宜设置两道；

3 洞口止水圈橡胶应满足伸长率和强度要求。

5 勘察

5.0.1 顶管工程勘察设计时，应查明沿线各地段的地质、地貌、地层结构特征、地下水情况、各类土层的性质、空间分布等。

5.0.2 顶管工程的结构设计和施工应以工程地质勘察及工程环境调查资料为依据。

5.0.3 顶管工程地质勘察及工程环境调查应包括钻探和物探。

5.0.4 顶管管线范围内存在有害气体和其他有害物质时，应查明分布状态，并应采取安全措施。

5.0.5 工程地质勘察结束后，应对勘探孔进行封堵处理。

5.0.6 顶管工程勘察应符合下列规定：

1 勘察范围应覆盖规划设计线路；

2 勘察内容应全面、详尽并具针对性；

3 勘察资料齐全、完整；

4 勘察具有一定的深度及建设性。

5.0.7 顶管工程勘察应包括下列内容：

1 选择合适方法对沿线进行调查、踏勘，了解地上建（构）筑物、地下构筑物、地下障碍物及地下管线状况；

2 顶管工程地段有无潜蚀、流沙、管涌和地震液化地层情况；

3 顶管工程地段有无溶洞或空洞情况；

4 顶管工程是否处于断裂带或地震带；

5 顶管工程地段有无暗河、地下水及承压水等情况；

6 顶管工程地段有无腐蚀性水质及有害气体等；

7 顶管工程穿越河流、湖泊、池塘、大堤等所需考虑的因素；

8 顶管工程地段冰冻层状况及变化规律。

5.0.8 勘察报告应由文字和图表两部分组成，报告应满足相应设计和施工阶段的技术要求。

5.0.9 顶管工程勘察报告文字部分应包含下列内容：

1 勘察目的和任务要求；

2 拟建顶管工程的基本特性；

3 勘察方法和工作布置说明；

4 场地地形、地质、地貌、岩土性质、地下水水位及地下水压力和地下水对管材腐蚀性的阐述和影响评价；

5 地基土的稳定性评价；

6 岩土参数的分析及选用；

7 建议顶管选位方案；

8 工程施工及使用期间可能发生的岩土工程问题的预测及监控、防治措施建议；

9 有关顶管工程设计及施工措施的建议。

5.0.10 顶管工程勘察报告图表部分应包含下列内容：

1 勘探点平面布置图；

2 工程地质柱状图；

3 工程地质剖面图；

4 原位测试成果图表；

5 室内试验成果图表；

6 岩土工程计算简图及计算成果图表；

7 建议地基不稳定土层的处理方案图表。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 顶管设计应包括选线、工作井（接收井）形式、管材选择、井间距、管道埋深等内容。

6.1.2 顶管结构承载能力应能够满足施工要求。

6.2 设计要点

6.2.1 顶管线路选择应符合下列要求：

1 避开地下障碍物，与地上及地下建（构）筑物管线等应有足够的安全距离，安全距离符合相关规范规定；

2 禁止穿越活动断裂带、暗河；

3 顶管线路穿越河道时，应充分考虑管线的埋置深度。

6.2.2 顶管工作坑选择应考虑下列因素：

1 管道井室的位置；

2 可利用坑壁土体作后座墙；

3 便于排水、出土和运输；

4 对地上、地下建筑物、构筑物易于采取保护和安全施工措施；

5 距电源和水源较近，交通方便；

6 地下水位以下顶进时，工作坑要设在管线下游，逆管道坡度方向顶进，有利于管道排水；

7 减少工作坑的数量；

8 直线顶管工作坑宜设在管道附属构筑物处，顶管完成后直接在工作坑地点修建永久性管道附属构筑物；

9 长距离直线管道顶进时，在检查井处作工作坑，在工作坑内可以调头顶进。在管道拐弯处或转向检查井处，可采取双向顶进，提高工作坑的利用率；

10 多排顶进或多向顶进时，宜共同利用一个工作坑；

11 工作坑的选址应尽量避开房屋、地下管线、池塘、架空电线等不利于顶管施工的场所。

6.2.3 工作井的结构形式宜根据顶管施工条件、工程地质和水文地质条件、井深度等因素确定。

6.2.4 工作井尺寸应遵循以下原则：

1 最小长度应满足顶管机在井内安拆和起吊的要求；

2 最小宽度应满足有足够的操作空间；

3 工作井尺寸及平面布置满足选址要求。

6.2.5 管材设计包括管材选型及管节的基本参数设定。

6.2.6 管材选型应根据材料优缺点进行合理选用。

6.2.7 顶管间距设置应符合下列要求：

1 互相平行的管道水平净距应根据土层性质、管道直径和管道埋置深度等因素确定，一般情况下宜大于 1 倍的管道外径；

2 空间交叉管道的净间距，钢管不宜小于 0.5 倍管道外径，且不应小于 1.0m，钢筋混凝土管和玻璃纤维增强塑料夹砂管不宜小于 1 倍管道外径，且不应小于 2m；

3 顶管底与建筑物基础底面相平时，直径小于 1.5m 的管道宜保持 2 倍管径净距，直径大于 1.5m 的管道宜保持 3m 净距。

6.2.8 管顶覆盖层厚度应符合下列要求：

1 管顶覆盖层厚度宜不小于管道外径的 1.5 倍且不小于 3m；

2 在有地下水地区及穿越江河时，管顶覆盖层的厚度尚应满足管道抗浮要求。

6.2.9 下列情况不宜采用顶管施工：

1 土体承载力 f 小于 30kPa；

2 岩体强度大于 15MPa；

3 土层中砾石含量大于 30％或粒径大于 200mm 的砾石含量大于 5％；

4 江河中覆土层渗透系数 K 大于或等于 10^{-2}cm/s。

6.3 结构设计

6.3.1 顶管机迎面阻力按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的要求计算。

6.3.2 计算顶力按下式计算：

$$P=\pi DLf_s+N_F \qquad (6.3.2)$$

式中：

P——计算顶力（KN）；

D——管道外径（m）；

f_s——管道外壁与土的平均摩阻力（KN/m^2），通过试验确定；

L——管道的顶进长度（m）；

N_F——顶管机的迎面阻力。

6.3.3 管材允许顶力按下式计算：

1 钢筋混凝土管

$$F_{dc}=K_{dc}f_cA_p \qquad (6.3.3\text{-}1)$$

式中：

F_{dc}——混凝土管允许顶力（N）；

K_{dc}——混凝土管综合系数，取 K_{dc}=0.372 ；

f_c——混凝土抗压强度设计值（N/mm^2）；

A_p——管道最小有效传力面积（mm^2）。

2 钢管

$$F_{ds}=K_{ds}f_sA_p \qquad (6.3.3\text{-}2)$$

式中：

F_{ds}——钢管允许顶力（N）；

K_{ds}——钢管综合系数，取 K_{ds}=0.277，当顶进长度小于 300m

未加中继间时，且土层均匀，取 K_{ds}=0.346；

f_s——钢管轴向抗压强度设计值（N/mm^2）；

A_p——管道最小有效传力面积（mm^2）。

3 玻璃纤维增强塑料夹砂管

$$F_{db}=K_{db}f_bA_p \qquad (6.3.3\text{-}3)$$

式中：

F_{db}——玻璃纤维增强塑料夹砂管允许顶力（N）；

K_{db}——玻璃纤维增强塑料夹砂管综合系数，取 K_{ds}=0.277；

f_b——玻璃纤维增强塑料夹砂管轴向抗压强度设计值（N/mm^2）；

A_p——管道最小有效传力面积（mm^2）。

4 预应力钢筒混凝土管

$$F_{dp}=K_{dp}f_cA_p \qquad (6.3.3\text{-}4)$$

式中：

F_{dp}——预应力钢筒混凝土管允许顶力（N）；

K_{dp}——预应力钢筒混凝土管综合系数，取 K_{dp}=0.391；

f_c——预应力钢筒混凝土抗压强度设计值（N/mm^2）；

A_p——预应力钢筒管道最小有效传力面积（mm^2）。

6.3.4 工作井允许顶力按下列要求计算：

1 圆形工作井允许顶力按下式计算：

$$P_{tk}=\xi（0.8E_{pk}-E_{ep,\,k}） \qquad (6.3.4\text{-}1)$$

$$E_{pk}=3.56\mathrm{RCh}\sqrt{K_P}+R\gamma h^2(0.89K_P+0.11(1-sin\psi)) \qquad (6.3.4\text{-}2)$$

$$E_{ep,\,k}=2R（1/2\gamma h^2K_a-2Ch\sqrt{K_a}+2C^2/\gamma） \qquad (6.3.4\text{-}3)$$

$$K_P=\tan^2（45°+\psi/2） \qquad (6.3.4\text{-}4)$$

$$\xi=（h_f-|\ h_f-h_p\ |）/h_f \qquad (6.3.4\text{-}5)$$

式中：

$E_{ep,\,k}$——沉井前方主动土压力合力标准值（KN）；

E_{pk}——沉井后方被动土压力合力标准值（KN）；

P_{tk}——顶力标准值（KN）；

ξ——考虑合力作用点不一致的折减系数；

h_p——土压力合力至刃脚底的距离；

h_f——顶管力至刃脚底的距离；

E_{pk}——后背墙外土体的总被动土压力（KN）；

γ——土的重度（KN/m^3）；

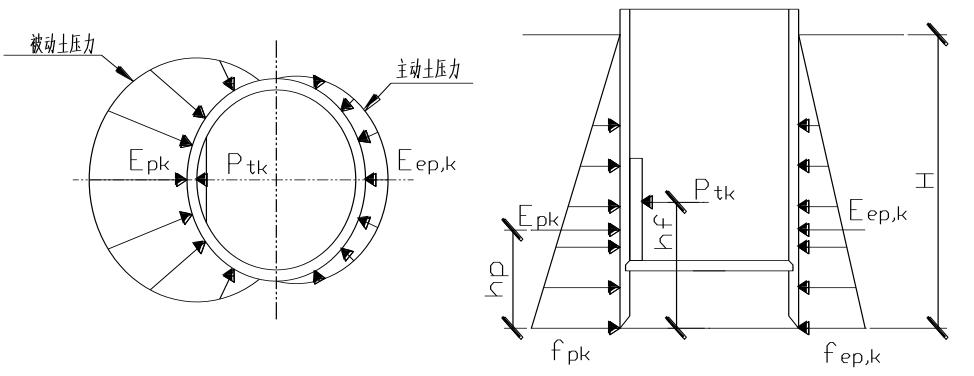
h——后背墙外天然土壁的高度（m）；

ψ——土层内摩擦角（°）；

C——土粘聚力（KN/m^2）；

K_p——被动土压力系数；

R——沉井外壁直径（m）。

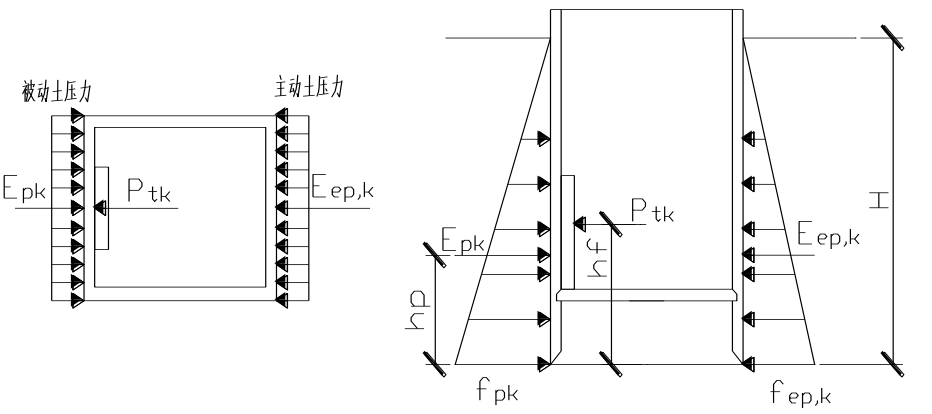


（a）平面图　　（b）剖面图

图 6.3.4-1 圆形沉井顶力作用下土体稳定计算图

2 矩形工作井允许顶力按下式计算：

$$P_{tk} \leqslant \xi\ (0.8E_{pk}\text{-}E_{ep,\ k}) \qquad (6.3.4\text{-}6)$$



（a）平面图　　（b）剖面图

图 6.3.4-2 矩形沉井顶力作用下土体稳定计算图

其中主动土压力及被动土压力按表 6.3.4 计算。

表 6.3.4　矩形工作井土压力计算公式

分类	土质	计算公式
主动土压力	无粘性土	E_{pk}=[（1/2）γh^2tg²（45°＋ψ/2）]l_b
分类	土质	计算公式
主动土压力	粘性土	E_{pk}=[(1/2)$\gamma h^2\sqrt{\text{tg}^2（45°+\psi/2）}$ + $2ch\sqrt{\text{tg}^2（45°+\psi/2）}$]$l_b$
被动土压力	无粘性土	$E_{ep,\ k}$=$\gamma h^2 L_b$tg²（45°-ψ/2）/2
	粘性土	$E_{ep,\ k}$=[（1/2）γ"h" ^2 "t" "g" ^2 （"45 − ψ/2）− 2ch" √("t" "g" ^2 （"45 − ψ/2）") + 2c^2/γ]l_b

注：γ——土的重度（KN/m^3）；

h——后背墙外天然土壁的高度（m）；

ψ——土层的内摩擦角（°）；

C——土的粘聚力（KN/m^2）；

L_b——沉井对应外壁宽度。

6.3.5 最小覆土厚度按下式计算：

$$H=\frac{\rho g v-G_{管}}{\gamma R} \qquad (6.3.5)$$

R——沉井外壁直径（m）；

γ——土的重度（KN/m^3）；

H——管道上方土高度（m）；

ρ——水密度（kg/m^3）；

$G_{管}$——管道延米重（KN）；

V——管道每延米体积（m^3）。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土顶管应在管节混凝土强度达到设计强度的 90％后进行。

7.1.2 管材运输时管节两端头应有支撑措施。

7.1.3 管材堆放场地应平整坚实，堆放时应平稳，防止滚动，不宜多层叠放。

7.1.4 多条平行管道采用顶管法施工的，施工顺序宜先深后浅、先大后小。

7.1.5 管道顶进施工在非特殊情况下应连续作业。

7.1.6 顶管施工停止时间超过 48h，且顶进距离达到设计距离的 50％时，应重新进行起动顶力验算，并配备足够的主顶千斤顶。

7.1.7 在管道顶进过程中，应控制顶管机前进方向，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。

7.2 施工准备

7.2.1 顶管施工前应熟悉施工图纸，参加施工图纸会审，掌握设计意图。

7.2.2 在含水砂层、复杂地层及临近水体区域，应充分掌握水文地质资料。

7.2.3 在环境保护要求很高的砂性土层中进行顶管施工，当地下水压力大于 98kPa，粘粒含量小于 10%，渗透系数大于 10cm/s，并有严重流砂时，宜采用泥水平衡或开挖面加注高浓度泥浆的土压平衡的顶管机施工。

7.2.4 按土的稳定系数 N_t 的计算和对地面沉降的控制要求选择顶管机的结构形式以及地面沉降控制技术措施，其计算公式见公式7.2.4。

$$N_{\mathrm{t}}=\frac{\gamma h_0+q}{S_u}n \qquad (7.2.4)$$

式中：

γ——土的重度；

h_0 ——地面至机头中心的高度；

q ——地面超载；

n ——折减系数，一般取 1；

S_u——土的不排水抗剪强度。

$N_t \geqslant 6$ 时，且地面沉降控制要求很高时，因正面土体流动性很大，应采用封闭式顶管机头；

$4 < N_t < 6$ 时， 地面沉降控制要求不很高时，可考虑采用挤压式或网格式顶管机；

$N_t \leqslant 4$ 时，地面沉降控制要求不高时，可考虑采用手掘式顶管机。

7.2.5 在地下水位以上的顶管可采用敞开类顶管机，地下水位以下的顶管采用平衡功能类型的顶管机。

7.2.6 顶管机选型应考虑顶管管径、土质情况等因素合理选择，详见附录 A。

7.2.7 应结合工程特点、施工部署及计划安排，支护施工围挡、搭建现场临时生产和生活设施，并应制定文明施工管理措施，做好环境保护工作。

7.2.8 施工临时设施应根据工程特点合理设置，并有总体布置方案。对不宜间断施工的项目，应有备用动力设备。

7.2.9 顶管施工前应编制施工方案，包括下列主要内容：

1 顶进方法比选和顶管段单元长度的确定；

2 顶管机选型及各类设备的规格、型号及数量；

3 工作井位置选择、结构类型及其洞口封门设计；

4 管节、接口选型及检验，内外防腐处理；

5 顶管进、出洞口技术措施，地基改良措施；

6 顶力计算、后背设计和中继间设置；

7 减阻剂选择及相应技术措施；

8 施工测量、纠偏的方法；

9 曲线顶进及垂直顶升的技术及控制措施；

10 地表及构筑物变形与形变监测和控制措施；

11 安全技术措施、应急预案；

12 环境保护措施。

7.2.10 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。

7.3 工作井施工

7.3.1 工作井围护结构形式应根据地质资料、管道埋深、地下水位、环境条件等合理选择，工作井施工应符合现行国家标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定。

7.3.2 工作井预留洞口制作应采用圆形模板，模板尺寸允许偏差±5mm，模板的强度和刚度应符合保持洞口圆度的要求。

7.3.3 工作井（接收井）洞口封门应符合下列规定：

1 洞口封门应考虑工作井的结构形式、深度、土质情况、顶管机形式等，合理选择封门类型；

2 洞口应设置相应的止水措施，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；顶管结束后，管道与洞口的间隙应及时进行封堵；

3 采用钢管做预埋顶管洞口时，钢管外宜加焊止水环；

4 工作井出洞封门应拆除方便，拆除时应减小对洞门土层的扰动。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钢板桩下落；沉井工作井拆除洞口封门，应同时清除井壁外侧的封板和其他封填物；

5 拆除工作井进洞封门后，顶管刀盘应及时靠上开挖面，立即进行后续顶进施工；

6 顶管机在靠近接收井洞口时，应降低正面土压力的设定值，同时控制顶进速度与出泥量的平衡。是砖封门时，可用顶管机直接把砖封门挤倒或用刀盘慢慢将砖封门削掉；

7 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。

7.3.4 当采用沉井作为工作井时应考虑沉井下沉对周围土体的影响。

7.4 设备安装

7.4.1 顶管后背墙安装应符合下列规定：

1 后背墙设计应通过详细计算，承载能力应满足最大顶进力的需求；

2 后背墙所用材料应均匀一致；

3 后背墙表面应平直，且垂直于顶进轴线；

4 后背墙可采用装配式后座或整体式后座；采用装配式后座墙时，应满足下列要求：

1） 装配式后背墙宜采用方木、型钢或钢板等组装，组装后的后背墙应有足够的强度和刚度；

2） 后背墙墙面应平整，并与管道顶进方向垂直；

3） 装配式后背墙的底端宜在工作坑底以下，且不宜小于500mm；

4） 后背墙应与后座墙贴紧，有间隙时应采用填缝材料填塞密实；

5） 组装后背墙的构件在同层内的规格应一致，各层之间的接触应紧贴，并层层固定；

5 利用已顶进完毕的管道作后背墙时，应符合下列规定：

1） 待顶管道的顶进力应小于已顶管道的顶进力。

2） 后背墙钢板与管口之间应衬垫缓冲材料，保护已顶入管道的接口不受损伤；

6 无原状土作后座墙时，应采用结构简单、稳定可靠、就地取材、拆除方便的人工后背墙；

7 后背墙安装允许偏差如下：垂直度 0.1%H、水平扭转度 0.1%L，其中 H 为装配式后背墙的高度（mm），L 为装配式后背墙的长度（mm）。

7.4.2 导轨的安装应符合下列规定：

1 导轨应采用钢质材料制作；

2 导轨安全满足其整体刚度和强度要求；

3 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；

4 导轨安放前，应先复核管道中心的位置，并应在施工中经常检查校核；

5 安装后两导轨应顺直、平行、等高、稳固，其坡度应与管道设计坡度一致；

6 导轨安装完毕后应在预留洞口内安装副导轨，副导轨的安装要求与主导轨保持一致；

7 顶进施工时，固定在工作井底板上的导轨不应产生位移、沉降和变形；

8 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。

7.4.3 顶管机的安装与调试应符合下列规定：

1 顶管机安装前应做一次安装调试，清洗油管，保持电路系统干燥，机头运转调试各部分动作正常，液压系统无泄漏；

2 顶管机的尺寸和结构应完全符合实际工程要求，在吊装前应做详细的检查；

3 在吊装顶管机时应平稳、缓慢、避免任何冲击和碰撞；

4 顶管机安放在导轨上后，应测量前后端中心的方向偏差和相对高差，并做好记录，顶管机的接触面应相互吻合；

5 带帽檐的顶管机和封闭式顶管机应按设计要求正确定位，两边对称；

6 顶管机下坑后，刀盘应离开封门 1m 左右，放置平稳后重测导轨标高，高程误差不应超过 5mm。凿除封门时应凿除干净，使顶管机刀盘贴住前方土体。

7.4.4 千斤顶的配置及安装应符合下列规定：

1 根据工作井允许顶进力、管段允许顶进力确定千斤顶的规格和数量；

2 千斤顶多于一台时，应取偶数，宜规格相同，行程同步，每台千斤顶的使用压力不应大于其额定工作压力，千斤顶伸出的最大行程应小于油缸行程 100mm 左右；

3 千斤顶宜固定在支架上，应符合中线和顺直要求，且应以管道中心线为轴对称布置；

4 千斤顶的油路应并联，每台千斤顶应有进油、退油控制系统；

5 千斤顶活塞退回时，油压不得过大，速度不得过快；

6 主顶千斤顶可固定在组合千斤顶架上做整体吊装，根据其顶进力对称布置的要求，通常选用 2、4、6 只按偶数组合。

7.4.5 顶铁安装应符合下列规定：

1 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；

2 顶铁表面应平整，尺寸符合设计和施工要求，两个受压面

平行；

3 合理选用顶铁形式，优先采用整体式顶铁，因顶程不满足施工要求时，可采用分块拼装式顶铁；

4 顶铁与管口之间应设置缓冲材料；

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应平行，与管轴线距离相等，并应与管口平面垂直；

6 顶铁安装完成后，顶铁轴线应与管道轴线平行、对称，顶铁与导轨和顶铁之间的接触面不得有泥土、油污；

7 顶进时，工作人员不得在顶铁上方及侧面停留，并随时观察顶铁有无异常迹象；

8 更换顶铁时，应优先选用长度大的顶铁，顶铁拼装后锁定；

9 顶铁闲置时应做好顶铁的成品保护和检查，发现有腐蚀、变形等现象及时处理。

7.4.6 油缸泵安装应符合下列规定：

1 油泵应与千斤顶相匹配，油泵流量应满足顶进要求，宜设置在千斤顶附近，同时配备备用油泵；

2 油泵安装完毕，应进行试运转；油管应顺直、转角少；

3 导向油缸应根据管径大小、顶进方法、顶管机长度、地质条件等因素来选择吨位值；

4 顶进开始时，油压应缓慢升高，待各接触部位密合后，按正常速度顶进；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。

7.4.7 注浆泵安装应符合下列规定：

1 泵体应水平放置，稳固地安装在基础上；

2 根据现场情况，宜选用较短吸入管缩短吸程；

3 压力表宜装置在注浆泵出浆口处；

4 安装高压管路及泵头各部件时，应确保各丝扣连接完好；

5 输送管道宜减少弯曲，不得对管道加压或悬挂重物。

7.4.8 视频监控安装应符合下列规定：

1 视频监控设备应状态良好，稳固的安装于顶管机头内部；

2 视频监控画面应清晰流畅，并能反映顶管机各项指标及顶进方向偏差值。

7.4.9 配电设备安装应符合现行国家标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的规定。

7.4.10 根据出土方式的不同，出土设备安装应满足下列要求：

1 泥水平衡系统安装应符合下列规定：

1） 根据场地条件设置泥浆箱或泥浆池，宜使用泥水处理器对泥水进行分离；

2） 进浆泵宜靠近泥浆箱安装，使用螺杆泵以减少脉动现象，浆液应保证搅拌均匀，系统应配置减压系统，在注浆泵出口处 1m 外以及顶管机机头注浆处各安装一只隔膜式压力表，用于准确观测注浆压力；

3） 泥浆箱出浆口宜高出箱底 500mm，出浆口宜设置截止阀，再通过软管与进浆泵连接；

4） 排浆泵安装在井内或管道内，井内安装高度宜高出井底 500mm，管内安装宜离开顶管机 50m～70m；

5） 管路拐弯处应使用弯头连接。

2 土压平衡顶管施工的排渣设备安装应符合下列要求：

1） 采用泥土泵排土时，送土管应平直、少弯道，送土管间连接应严密，送土管间的折角不宜超过 2°；

2） 采用轨道车装泥时，道轨对接错位水平向不应大于 5mm，高低不应大于 2mm，轨道两端应设置轨道车防撞装置；

3） 采用卷扬机牵引轨道车时，卷扬机的线速度不宜大于 0.5m/s。

7.4.11 起重设备安装应符合下列规定：

1 顶管施工应配备起重吊装设备，其起重性能应满足如下各项工作要求：

1）顶管机和顶进设备的装拆；

2）顶进管道的吊放和顶铁的装拆；

3）土方和材料的垂直运输。

2 设备进场安装后应进行质量验收，合格后方可投入使用；

3 起重设备应建立现场维修保养、定期检查和交接班制度，并按照起重机械相关安全操作规程执行。

7.5 顶管始发

7.5.1 始发前应对顶管允许顶力、管材的允许顶力、后背墙土体允许顶力及反力架的刚度和强度进行验算复核，验算通过后方可顶进施工。

7.5.2 顶管洞口施工应符合下列规定：

1 顶管洞口位置应符合设计和施工方案的要求；

2 洞口周围根据水位情况采用有效降水措施；

3 施工前，顶管洞口应根据工程的水文地质条件、顶管机类型、工作井围护结构形式、周围环境等因素进行合理加固；

4 加固后，应检测加固体的强度、抗渗性能，合格后方可始发顶进；

5 洞口封门符合本章 7.3.3 的相关规定；

6 洞口应干净，顶管机始发时，导轨上管道应与洞口的止水装置保持同轴，避免损坏洞口的止水装置；

7 软弱地层时洞口外缘宜设支撑点。

7.5.3 在开始顶进前应检查下列内容，确认条件具备时方可开始顶进：

1 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；

2 顶管机在导轨上的中心线、坡度和高程应符合规定；

3 采取了防止流动性土或地下水由洞口进入工作坑的措施；

4 开启封门的措施完备。

7.5.4 顶管机始发时应设置延伸导轨，其轴线应与工作井内导轨一致。

7.5.5 顶管设备吊装应根据顶管设备部件的最大重量和尺寸选用吊装设备，吊装设备应符合安全要求。

7.5.6 顶管组装完成后，应对各项系统进行空载调试然后再进行整机空载运行。

7.5.7 顶管始发时，千斤顶应均匀顶进，防止反力架受力不均而倾覆。

7.5.8 顶管始发时应保证洞口止水效果，顶管尾端通过洞口后，应立即进行补充二次注浆，尽早稳定洞口。

7.5.9 顶管内各个后配套系统必须布置合理，机车运输系统、人行系统、配套管线布置必须保持必要的安全间距，严禁发生交叉。

7.5.10 建（构）筑物、地下管线的安全保护应制定技术措施，并应标出施工区域内和外的建(构）筑物、地下管线的分布示意图。

7.6 顶管顶进

7.6.1 顶管顶进阶段应符合下列规定：

1 顶管顶进应根据不同的地质情况，施工监测结果、试顶进经验等因素选用合适的顶进参数；

2 土压平衡顶进时，应使开挖土体充满土仓，排土量与开挖量相平衡；

3 泥水平衡顶进时，应保持泥浆压力与开挖面的水土压力相平衡、排土量与开挖量相平衡；

4 顶管顶进时应控制顶管机姿态，顶进过程中确保管道轴线与设计一致，轴线偏差超过 10mm 时，禁止一次纠偏到位；

5 顶管通过河、湖地段时应详细查明工程地质和水文地质条件和河床状况，设定适当的开挖面压力，加强开挖面管理与顶进参数控制，防止冒浆和地层坍塌；

6 下穿或近距离通过既有建（构）筑物、地下管线前应根据实际情况对其地基或基础进行加固处理，并控制顶进参数，加强沉降、倾斜观测。

7.6.2 顶管机进入土层后的管端处理应符合下列规定：

1 进入接收坑的顶管机和管端下部应设枕垫；

2 管道两端露在工作坑中的长度不得小于 0.5m，且不得有接口；

3 钢筋混凝土管道端部应及时浇筑混凝土基础。

7.6.3 管材连接应符合下列规定：

1 管道接头用的橡胶密封圈断面形状、尺寸及材质应符合设计要求；

2 顶进前应对钢套环、橡胶密封圈及衬垫材料作检测和验收；

3 承插接头施工前，应用粘结剂将橡胶密封圈正确固定在槽内，并应涂抹对橡胶无腐蚀作用的润滑剂，承插时外力必须均匀，承插后橡胶密封圈不应移位且不应反转。承插后，应对双道橡胶密封圈进行单口打压试验，合格后方可进行顶进作业；

4 钢筋混凝土管施工完成后，采用弹性密封填料或有效的其他填缝材料对管节接缝进行嵌缝；

5 钢管焊接坡口处必须清除铁锈、油污、水分，表面应打磨光滑，且无凹凸不平；

6 钢管焊缝不应有裂缝、气孔、夹渣及融合性飞溅等缺陷；

7 钢管拼装后待焊缝冷却，应进行无损探伤试验检测；

8 钢管与工作井、接收井的井墙均采用刚性连接时，必须验算温差作用下井墙强度变形和管道的连接强度；

9 钢管焊缝质量检查应符合设计文件及现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 与《现场设备、工

业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683 的要求；

10 玻璃纤维增强塑料夹砂管在顶进时，应在每根管节接口端面、顶铁及中继间接触面加设木衬垫。

7.6.4 采用人工顶进顶管法时，应符合下列规定：

1 人工顶进顶管法应配置工具管施工；

2 手掘式挖土工具管应满足施工人员在工具管内作业取土、测量放线及方向纠偏等工作所需的作业空间；

3 工具管适用条件：

1） 适用于手掘式挖土顶管施工；

2） 地下自稳性能好的土质或通过相关处理措施后有良好自稳性能的土质。

4 顶管机接触或切入土层后，应自上而下分层开挖；顶管机迎面的超挖量应根据土质条件确定；

5 在开始顶进 5m～10m 的范围内，允许偏差应为：轴线位置 3mm，高程 0mm～+3mm；超过允许偏差时，应采取措施纠正。在软土层中顶进混凝土管时，为防止管节偏移，可将前 3～5 节管与顶管机联成一体；

6 在顶管机后接入第一节管道时，顶管机尾部应至少有 200mm～300mm 处于导轨上，并应立即进行管道和顶管机的连接；

7 在允许超挖的稳定土层中正常顶进时，管下部 135^{o} 范围内不得超挖；管顶以上超挖量不得大于 15mm；管前超挖应根据具体情况确定，并制定安全保护措施；

8 在对顶施工中，两管端接近时，可在两端中心先掏小洞通视调整偏差量；

9 在顶进过程中应采取适当措施，经常保持顶管机底部无积水，如遇积水，应及时排除，防止土体基底软化；

10 挖土遇到地下障碍物时，应在采取安全措施的条件下，先清除障碍物，然后再继续顶进，遇特殊或紧急情况，应及时采取应变技术措施；

11 顶进作业停顿时间较长时，应对挖掘面及时采取正面支撑或全部封闭措施。

7.6.5 采用土压平衡顶管法时，应符合下列规定：

1 打开顶管机操作台上的总电源开关，保证信号指示灯和工作照明灯正常工作，电表上的指示压力值也应在允许的范围内；

2 合上各分系统的电源开关，使切削刀盘、纠偏油缸、螺旋输送机、控制系统处于工作状态；

3 开启注油泵，向刀盘内圈及支承环之间的密封中注入油脂；

4 按照操作要求，将刀盘控制开关置于“自动”或“手动”位置，然后启动刀盘使其开始旋转工作；

5 开启土压平衡控制系统的电源开关，将经计算所得的平衡压力值输入控制器，检查各压力计的实测值，并予以调整；

6 检查激光经纬仪和倾斜仪是否正常工作，确定纠偏方向；启动液压动力站，将纠偏千斤顶进行编组作业；

7 主顶系统进入工作状态，将出土车置于螺旋输送机的出土口位置；

8 启动螺旋输送机及主顶千斤顶时，应保证切土、排土、顶进和注浆作业同步进行；

9 调节螺旋输送机的转速，使实测的土压值稳定在设定的平衡土压值，在顶进中压力波动不大时，可使控制器进入自动调节状态；

10 在顶进过程中，应密切注意顶进方向的偏差情况，随时调整千斤顶进行微量纠偏，以控制机头方向；

11 暂停顶进作业时，停机操作应按以下程序进行操作：

1） 停止主顶系统的推进；

2） 关闭螺旋输送机的出土阀门；

3） 关闭加泥润滑系统；

4） 停止刀盘前的注浆；

5） 停止机头内纠偏油泵；

12 采用土压平衡顶管机时，施工土层作为平衡介质应具备以下性能：

1） 施工土层宜为透水性较弱的土质；

2） 平衡介质内摩擦力和研磨性应选择小值，利于和破碎下来的土混合以及减小切削刀具的磨损和所需顶进功率；

3） 平衡介质应具有类似触变性流体的粘塑性变形行为，保持对工作面的平衡作用和防止介质分解和固化；

4） 平衡介质应具有一定可压缩性，以克服在平衡压力调节过程中出现的压力波动；

5） 切削下来的土体应具有较小的粘附性，保证顺利地排土；

6） 平衡介质浓度应满足在螺旋钻杆中形成的泥塞具有保持压力和密封作用。

7.6.6 采用泥水平衡顶管法时，应符合下列规定：

1 顶管施工的余水或废浆外排应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 的规定。顶管施工的弃渣填埋应符合现行国家标准《一般工业固体废物储存、处置场污染控制标准》GB 18599 的规定；

2 管内运输应考虑土层的性质、顶管机选型、管内作业空间、每次顶进的出土量、顶进长度等因素；

3 顶进工作开始前应检查如下事项：

1） 检查液压动力站的液压油是否加注充分；

2） 应确保液压管路和泥浆管路各接头连接正确、可靠；

3） 操纵台上的所有控制开关都应处于空档或停止位置；

4） 确保供电电源符合要求；

5） 电动机的旋转方向正确无误。

4 地面泥浆处理及弃渣处置应符合下列规定：

1） 地面泥浆处理系统应符合现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的规定；

2） 顶管施工弃渣用于基础工程地基、管道基槽及沟槽回

填时应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 和现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定；

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 泥水平衡顶管机应按如下操作步骤进行：

1） 启动之前，所有按钮开关和选择开关都应处于“断开”或“停止”位置；

2） 合上电源开关，指示灯亮，接通电视监控器；

3） 调整测斜仪到零位；

4） 启动基坑旁路装置的进泥泵和排泥泵；

5） 按下液压动力装置的“启动”按钮；

6） 把泥浆送入顶管机后，调整泥浆压力达到稳定值；

7） 启动切削刀盘，使其开始旋转切削土层；

8） 起始顶进时，调整电视监控屏上土压表的显示的压力数值，使之保持在设定的压力值范围内；

9） 确保顶管机工作平稳，切削刀盘位移指示器指在“零位”左右时，表明顶管机处于良好工作状态中；

10） 顶管机在正常作业过程中，操作人员还应经常通过电视监控器上仪表的显示进行适当调整，主要操纵内容包括：调整土压力，控制切削刀盘位移，启闭主切削刀具，纠偏油缸行程的伸缩，操作泥浆截止阀，操纵旁通阀，泥浆流向变换，抽除顶管机内积水等；

6 暂停顶进作业时，停机操作应按下面程序进行操作：

1） 主顶千斤顶停止顶进作业；

2） 停止切削刀盘转动；

3） 把机内“旁通阀”开关拨到“开启”位置；

4） 把“泥浆截止阀”拨到“闭合”位置；

5） 关闭“机内液压动力机组”开关；

6） 关闭“进泥泵”和“排泥泵”；

7） 开启“放泄阀”；

8） 关闭“工作回路”开关；

9） 关闭电视监控器及主电源。

7.6.7 采用网格水冲式顶管法时，应符合下列规定：

1 在粘性土层中顶进时，网格应全部切入土体后，方可采用高压水枪破碎挤入的条状土块。在遇到粉砂层时，为减少顶进的迎面阻力，可将网格内的部分土体先破碎，但应控制好破碎范围，严防发生正面土体坍塌；

2 高压泵应布置在工作坑附近，保证进水管路顺直、连接可靠、不渗漏。进水应采用不含泥沙和其它杂质的清水。在粉砂地层中顶进，在地下水位以下的粉砂层中的进水压力宜为 0.4MPa～0.6MPa；在粘性土层中施工，进水压力宜为 0.7MPa～0.9MPa；

3 在施工中，排出的泥浆的泥水比例一般可控制在 1∶8 左右，顶管机内的泥浆应先通过筛网过滤，然后由设置在密封舱板下部的吸泥设备，通过泥浆管路压送至地面的储泥池中作分离处理；

4 网格水冲法作业程序如下：

1）开启高压水泵和进水阀门，建立相应的工作水压力；

2）按纠偏要求确定冲刷部位，开启相应位置的水枪进行冲刷作业；

3）泥水舱内的泥水浓度达到要求时，开动排泥泵开始排泥；

4）注意调节进水量和排泥量，使二者达到相互协调、平衡；

5）开动液压动力站，启动主顶千斤顶；

6）顶进时应对管道与土层的环状空间进行同步注浆，压浆量应根据顶进速度确定并与之保持一致；

7）在顶进中应及时测量顶管机的轴线偏差，以便及时调整

水枪的破土位置和范围；

8）为控制地表变形，应根据网格内土体的稳定性和地下水位确定应的局部气压值和相应的进气量；

9）停止顶进时，应先关闭高压油泵，然后同步关闭高压水泵和排泥泵；

10 为保持开挖面的稳定，应保持网格切入土体中。

7.6.8 采用挤压式顶管法时，应符合下列规定：

1 顶管始发前应保持顶管机垂直中心位置正确，其左右面应对称，保证顶管机喇叭口的垂直中心线位置能与土斗车很好衔接；

2 采用挤压式顶管时，应符合下列规定：

1） 喇叭口的开关及其收缩量应根据土层情况确定，且应与其形心的垂线左右对称；

2） 每次顶进的长度，应根据车斗的容积、起吊能力和地面运输条件综合确定；

3） 顶管机开始顶进和接近顶完时，应采用人工挖土缓慢顶进；

4） 顶进时，应防止顶管机转动；发生转动时应采取措施及时纠正；临时停止顶进时，应将喇叭口全部切入土层。

7.6.9 采用挤密土层顶管法时，应符合下列规定：

1 管前应安装管尖或管帽。采用管尖时，其中心角宜为：砂性土层，不宜大于 60^{o}；粉质粘土，不宜大于 50^{o}；粘土，不宜大于 40^{o}；

2 为防止相邻管道损坏及地面隆起，应根据施工设计控制与相邻管道间的净距及距地面的深度。

7.6.10 长距离顶管施工应满足下列规定：

1 长距离顶管施工应进行有效注浆；

2 在管节上预埋压浆孔，压浆孔设置应有利于在管节周围形成均匀的浆套；

3 膨润土进场后应先进行试验，合格后方可投入使用；

4 压浆方式要以同步注浆为主，补浆为辅。在顶进过程中，应经常检查各推进段的浆液形成情况；

5 注浆设备和管路应具有足够的耐压和良好的密封性能。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 注浆工艺应由专人负责，定期检查；

7 注浆泵选择脉动小的螺杆泵，流量与顶进速度相应配；

8 由于顶管线路长，为使全程注浆压力不致相差过大，宜每隔 400m 增设压浆泵以增大压力。

7.7 注浆减阻

7.7.1 注浆减阻措施方案应包括以下内容：

1 确定浆液种类及配合比、压浆数量和压力；

2 注浆系统构成、浆液制备和运送主要设备安装规定；

3 注浆孔布置及注浆方法；

4 顶进洞口泥浆封闭措施；

5 顶进管外浆液处理。

7.7.2 注浆管道分为主管和支管两种，主管道宜选用直径为 40mm～50mm 的钢管，支管可选用 25mm～30mm 的橡胶管。

7.7.3 注浆孔位置应均匀分布在管道周围，数量和间距依据管道直径和浆液在地层中的扩散性能而定。

7.7.4 带有注浆装置管道之间的纵向距离，一般宜为 9m～15m。

7.7.5 注浆量宜按照管道与周围土层之间的环状间隙体积的 1.5～2.0 倍计算。

7.7.6 减阻浆液的配合比应根据土层类别和浆液的技术指标，经试验确定。

7.7.7 采用触变泥浆时，应符合下列规定：

1 触变泥浆注浆系统应符合现行国家标准《给水排水管道工

程施工及验收规范》 GB 50268 的相关规定；

2 触变泥浆的配合比，应按照管道周围土层的类别、膨润土的性质和触变泥浆的技术指标确定；

3 顶管施工所用触变泥浆性能参考以下 6 个指标进行控制：

1）比重：用于顶管施工的泥浆比重通常为 1.1g/cm^3～1.16g/cm^3；

2）静切力：测定静切力一般用 1min 和 10min 两个标准的终切力，一般很小，约 100Pa 左右，在实际顶管施工中可以不予考虑；

3）粘度：现场施工一般采用漏斗粘度，用漏斗粘度计进行测量，单位是秒（s）。顶管施工采用的触变泥浆粘度较大，一般大于 30s；

4）失水量：用于顶管的泥浆要求有较小的失水量，大于 25cm^3/30min 的，不宜用于顶管施工；

5）稳定性：指泥浆性能保持不变的持久性，以 24 小时后从泥浆中离析出来的水分与原体积的比作为稳定指标。用于顶管的泥浆要求无离析水；

6）PH 值：在钢管顶进中，要求 PH 值小于 10，以防对钢管腐蚀的不良作用发生；

4 在施工过程中，应充分考虑地层的水文地质条件对注浆和摩擦力的影响；

5 顶管结束后应进行触变泥浆置换，置换时应采取下列措施：

1）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填充管外侧空隙；

2）拆除注浆管路后，将管道上注浆孔封闭严密；

3）清洗注浆设备。

7.7.8 注浆施工时应符合下列规定：

1 注浆前应确认注浆设备及管路正常；

2 注浆工艺应由专人负责、专人检测；

3 注浆应遵循“先注后顶、随顶随注”、“同步注浆与补浆结合”的原则。

4 注入浆液应在搅拌均匀后灌注；

5 每个注浆孔宜安装控制阀门，遇机械故障、管路堵塞、接头渗漏等异常情况时，应停止施工，经处理后方可继续顶进；

6 注入润滑液应均匀地覆盖于整个管道表面，注浆压力及注入量应适时监控，避免对管道及邻近建筑物破坏；

7 在注浆时应密切关注沉降量及地面冒浆，并实时进行观测；

8 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；对于浆液难以到达的区域，可在切削刀盘位置或顶管机的尾部进行注浆，注浆结束后应对注浆孔进行密封；

9 要达到注浆减阻目的，应符合下列规定：

1）地层和管线之间的环状间隙应足够大，在松散地层最小应为 20mm；在岩层中环状间隙甚至要达到 30mm，在整个施工过程中和整个施工管段均应保持同样的间隙；

2）注浆材料在任何施工阶段都应保持其流动性，不得通过孔壁漏失到地层中。

7.7.9 在铁道下面进行顶管施工，在超挖空间进行注浆支护时，对于管径大于 1000mm 的软土地层，其超挖量允许值不应大于 10mm；不进行注浆作业，超挖量不应大于 5mm。

7.7.10 顶管二次注浆工艺应符合下列规定：

1 二次注浆工艺一般适用于钢筋混凝土管材黏性土的顶进施工；

2 二次注浆工艺施工时应制定合理施工方案，保证二次注浆工艺的有效实施；

3 混凝土管外径及顶管机外径应比作业钢管外径略小些，在施工时，作业钢管表面应涂上一层聚四氟乙烯；

4 二次注浆材料与配比应符合设计要求。

7.8 中继间施工

7.8.1 中继间设计应满足刚度、强度及水密性的要求，并且安拆方便。

7.8.2 中继间应根据顶进管材的不同设置不同形式的中继间。

7.8.3 中继间顶进力计算应有一定富余量，第一个中继间不宜小于40%，其余不宜小于 30%。

7.8.4 曲线顶管过程中，中继间最小管径不宜小于 1400mm，中继间的允许转角宜不大于 1.2°，合力中心应可调节。

7.8.5 超深、超长距离顶管工程，中继间应采用密封性能可靠、密封圈压紧度可调及可更换的密封装置。

7.8.6 中继间的安装、运行、拆除应符合下列规定：

1 中继间应由钢制外壳、顶进管道、千斤顶组、千斤顶紧固件、密封件和电器、液压等操纵系统组成；

2 中继间安装前应检查各部件，确认各项工作部件正常后方可安装；

3 中继间油缸应安装在顶进管道的中间部位，固定在支架上，与管道中心的垂线对称，其合力的作用点应在管道中心的垂直线上；

4 中继间油缸数量宜取偶数，且规格相同对称布置；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；

5 中继间油缸供油油路应并联，每台中继间油缸应有进油、退油的控制系统；

6 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；

7 处于松动状态或者一端固定于前面管道的钢制中继间外壳的长度应该和中继间油缸的行程相一致；

8 安装完毕应后通过试顶检验后方可使用；

9 中继间的启动和拆除应由前向后依次进行；

10 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。

7.8.7 多组中继间施工应符合下列规定：

1 通过操纵台实现中继间的控制，每一个中继间应有独立的的液压供油管线；在长距离施工中减少循环中油路的压力损失，可设置多个不同的液压装置分别对不同的中继间供油；

2 中继间应进行编组操纵，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；

3 第一个中继间一般应安装于顶管机后 20m～40m，中继间间距一般宜为 100m～150m。施工中摩擦阻力比预期小时，可相应加大中继间间距；摩擦阻力比预期大时，可适当减小中继间间距；

4 总推力达到中继间总推力 40%～60%时，应设置第一个中继间；达到中继间总推力 70%～80%时，安放第二个中继间，以此类推；主顶千斤顶达到中继间总推力 90%时，应启用中继间。

7.8.8 超长距离顶管中继间应符合下列规定：

1 中继间有效行程应不小于 300mm；

2 中继间液压油站油箱容量宜为 3 倍千斤顶满腔容量；

3 中继间启用宜采用组合联动系统。

7.8.9 中继间施工完成后，将前后壳体焊接成一体，焊接质量应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683 的规定。

7.8.10 管道内径不小于 800mm 的中继间宜采用丢弃式中继间。

7.8.11 高水压或覆土厚度特别大时，应采用密封和止水性能较好的中继间。

7.9 顶进接收

7.9.1 顶管出洞方案应根据地下水文地质、埋设深度、管径大小、周边环境和工作井的结构形式等综合因素研究决定。

7.9.2 顶管机到达接收孔前应确认顶管机姿态、制定线形控制方案、安装好接收洞口止水装置，宜设置应急排水系统并在接收坑内设置接收导轨。

7.9.3 顶管接收阶段应符合下列规定：

1 顶管机接近接收孔加固段时应缓慢连续顶进作业；

2 出洞前，洞口土体应提前采取加固措施，控制洞口土体的强度和均匀性；

3 洞口应设置止水密封装置，保证止水效果；

4 顶管距接收井洞口 10m 时，应调整顶进参数、开挖压力等参数，减少推力、降低推进速度和刀盘转速，控制出土量并监视土仓内压力；

5 控制基坑导轨、主顶油缸架、承压壁、出洞口轴线，保证出洞精度；

6 应增加地表沉降监测的频次，并及时反馈监测结果指导施工；

7 采取有效措施防止顶管机偏位。

7.10 顶进后处理

7.10.1 顶管机进入接收坑洞口时，应及时破碎接收坑洞口填充物，调节止水装置，启动排水系统，直至将顶管机完全顶到接收井内。

7.10.2 顶管顶进接收井后应符合下列规定：

1 顶进设备应在完全断电的情况下进行拆除；

2 顶进工作坑、接收坑洞口宜采用注浆封堵，浆液分批注入，

直至洞口无水渗出，方能拆除洞口止水设施。浆液宜选用水泥砂浆或水泥与水玻璃混合砂浆；

3 顶进管外根据底层情况宜利用减阻注浆管注入水泥砂浆或粉煤灰水泥砂浆填充管外空隙；

4 顶进管外注浆填充情况宜进行雷达检测；

5 顶进结束后应对顶进管道内的悬吊螺钉孔和顶进管道的内接缝按设计要求进行处理。

7.11 施工测量

7.11.1 顶管测量应包括地面控制点复测、地面控制网的布设、地下平面、高程测量和贯通、竣工测量。

7.11.2 顶管首级控制点复测和地面控制网的测量应符合导线测量的技术要求。

7.11.3 顶管首级控制点和复测贯通面洞门的控制点应为相同点。

7.11.4 首级控制点的复测和地面控制网的测量主要技术要求应符合表 7.11.4 的规定：

表 7.11.4 精密导线测量的主要技术要求

平均边长（m）	导线总长度（km）	每边测距中误差（mm）	测距相对中误差	测角中误差（″）	全长相对闭合差	方位角闭合差（″）	相邻点的相对点位中误差（mm）
350	3～5	±3	1/60000	±2.5″	1/35000	5√n	±8

注：n 为导线的角度个数。

7.11.5 井上和井下定向的平面测点应采用固定观测墩的形式。

7.11.6 长距离顶管和曲线顶管宜采用自动测量系统。

7.11.7 自动测量系统应符合下列规定：

1 自动测量系统应由软件系统和硬件系统组成，软件系统应具备控制及测量数据处理的功能，硬件系统应包括测量仪器、通信

线缆及接头等；

2 全站仪站点数量和位置应根据顶管线路及施工进度进行合理布置，并应进行软件预模拟；

3 测量初期应根据实际情况进行人工辅助，调整测量仪器和站点位置。

7.11.8 顶管工程高程测量、线路测量、地下管线测量、变形测量等内容尚应符合国家现行规范《工程测量规范》GB 50026 的相关要求。

7.12 顶进记录

7.12.1 人工顶管施工过程中，应记录如下信息：高程偏差、中心偏差、顶进压力和土质情况等，详见附录 B。

7.12.2 机械顶管施工过程中，应记录数如下信息：记录时间、顶进长度、顶进压力、土质情况和顶进设备状况等，详见附录 C。

7.13 冬雨期施工

7.13.1 雨期施工应符合下列规定：

1 工作 (接收)井上部周围应设置截水、降水、排水及防水措施；

2 雨期施工宜在施工区域的通道与操作平台上设置防滑措施；

3 雨期施工应按规定设置避雷装置，做好防雷电措施，增加设备检测频次；

4 雨期施工应经常对基坑排水设施进行检查，保证排水设施通畅；

5 加强对工作(接收)井及周边环境巡视检查及监控措施；

6 雨期施工应制定防汛应急处置措施。

7.13.2 冬期施工应符合下列规定：

1 明确冬期顶管施工条件，合理安排现场施工；

2 冬期顶管施工应编制专项施工方案，制定保温措施，并按规定程序进行审批后方可实施；

3 冬期基坑支护施工宜选用排桩和土钉墙的方法，应有保温措施；

4 冬期土方作业施工时应符合以下要求：

1） 挖掘完毕的基槽（坑）应采取防止基底部受冻的措施，因故未能及时进行下道工序施工时，应在基槽（坑）底标高以上预留土层，并应覆盖保温材料；

2） 土方回填时，每层铺土厚度应比常温施工时减少 20%～25%，预留沉陷量应比常温施工时增加；

3） 冬期施工应在填方前清除基底上的冰雪和保温材料，填方上层部位应采用未冻的或透水性好的土方回填，其厚度应符合设计要求。填方边坡的表层 1m 以内，不得采用含有冻土块的土体填筑。

5 冬期顶管施工时，泥浆池、泥浆搅拌设备、注浆设备和输送设备应采取相应保温措施，不得受冻；

6 冬期顶管施工，抽水设备、加温设备、泥浆设备等应定期维护。

7.14 施工安全与环境保护

7.14.1 施工现场应使用全封闭围挡，并设置相应警示标志。

7.14.2 临边防护应符合下列规定：

1 临边防护外侧应设置截、排水设施，施工区域及周边应排水良好，不得有积水；

2 井口周围应设置高度不应低于 1.2m 安全栅栏和安全门，应设醒目的安全警示标识；

3 临边作业的防护栏杆应由横杆、立杆及挡脚板组成，并符

合相应要求。

7.14.3 工作井、接收井施工安全应符合下列规定：

1 工作井、接收井内渣土应及时运输至弃土场，严禁在基坑周边堆放；

2 工作井、接收井开挖应严格控制开挖进尺、及时设置施工初期支护，保证初期支护及时封闭；

3 工作井、接收井内应设置集水井，防止积水对工作井、接收井底部浸蚀，防止发生坍塌；

4 工作井、接收井作业面距离地面达到一定距离后应设置送风管，保证井内通风顺畅；

5 工作井、接收井内应设置应急逃生通道及安全梯。

7.14.4 焊、割作业点与氧气瓶、乙炔瓶、易燃易爆物品的距离及动火作业等相关要求应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

7.14.5 施工用电、起重机械等安全标准应符合现行国家标准《建筑施工安全检查标准》JGJ 59 的规定。

7.14.6 施工过程的环境保护应符合现行国家标准《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ 146 的有关规定。

7.14.7 管内排土运输应根据土体性质、选用机械、管内作业空间等选择合理。排土运输遵守有关的安全技术规定。施工过程产生的废土、渣土及废泥浆应集中堆放。

7.14.8 废土、渣土、废泥浆的处置应符合有关部门的规定。

7.14.9 施工现场应设置排水系统，严禁向排水系统排放泥浆。排水沟的废水应经沉淀过滤达到标准后排入市政排水管网。

7.14.10 施工现场出入口处应设置冲洗设施、污水池和排水沟，应由专人对进出车辆进行清洗保洁。

7.14.11 施工期间噪声应符合现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的规定。

7.14.12 夜间施工应办理相关手续，并应采取措施减少声、光的不利影响。

7.15 其它

7.15.1 顶管施工用电及照明应符合下列规定：

1 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，井下顶管系统和主千斤顶用电系统；

2 管内照明电源应与动力电源分开，设置独立电源控制；

3 管内照明电压应采用低压，电压一般采用 36V、24V、12V、6V，管道内严重潮湿时宜采用 6V 电源；

4 管道内照明应满足清晰地看清管道内的环境；

5 管内供电系统应配备防触电、漏电装置；

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，用电设备应按“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；

9 现场施工用电应符合现行国家标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46 的规定。

7.15.2 施工时工作面、井内与地面的通信应保持畅通。

7.15.3 顶管施工通风应符合下列规定：

1 施工人员进入管道内作业或检查维修设备时，应在进入管道前 30min 进行通风；

2 临时进入长时间没有对管道内通风的管道作业时，应对管道内通风 30min 后，并对管道内进行毒气监测，确认安全后才能进入管道内作业；

3 管道内焊接作业，水汽、烟雾对测量激光束有影响时，应进行通风作业，并增大通风量；

4 顶进地层中存在有害气体时，应采用封闭式顶管机连续通风作业，并增大通风量；

5 顶进施工过程中应保持连续对管道内通风作业；

6 采用压缩空气通风时应设油烟过滤装置；

7 小管径、长距离顶管宜采用压缩空气通风；短距离顶管可采用鼓风机通风；

8 长度超过 50m 的顶管应采取通风措施及安装有毒有害气体检测报警装置；

9 送风口宜设在距顶管机 12m～15m 处，平均每人供气量应不小于 25m^3/h～30m^3/h，且通风空气质量应满足环保要求。

8　特种顶管

8.1　曲线顶管

8.1.1　曲线顶管应符合下列规定：

1　顶管始发后应有一段长度不小于 20m 的直线顶进段，由直线逐渐过渡到曲线段；

2　相邻两管节之间转角应按照管道曲率半径、管径、管节长度及接口形式确定，且不宜大于 0.3°，当转角大于 0.2°时，应在原顶管机的一组纠偏装置后面增加 2～3 组纠偏装置；

3　曲线顶管转角变化可通过中继间油缸顶力调整，曲线段的中继间间距应适当减小；

4　曲线顶管的最小管径宜不小于 1400mm；

5　曲率半径小的曲线顶管应选用较厚的和弹性模量较小的木垫圈；

6　曲线顶管注浆应通过压力表或球阀开关动作来观察曲线段外侧的浆液形成情况，并及时补浆；

7　曲线顶管在软土地区施工时，应防止管道向曲线外侧位移失控，增大测量频率；

8　焊接钢管不宜用于曲线顶管。

8.1.2　曲率半径宜不小于 300m，并应满足按（8.1.2-1）的计算要求，取其大值。

$$R=L/\tan\alpha \qquad (8.1.2\text{-}1)$$

$$\tan\alpha=X/D \qquad (8.1.2\text{-}2)$$

式中：R——曲率半径（m）

L——管节长度（m）

α——相邻两管节之间的转角（°）；

X——内外侧管节间隙差（m）；

D——管道外径（m）

8.1.3 曲线顶管施工的测量应符合下列规定：

1 曲线顶管施工测量宜采用闭合导线测量。采用支导线测量时应往返测量；

2 为防止机头偏差过大，宜每顶进一节管测定机头位置一次；

3 曲线顶管应在管内放置中间测站，测站数不宜超过 4 座；

4 曲线顶管宜采用自动测量系统。

8.2 长距离顶管

8.2.1 长距离顶管应对后靠背土体强度、变形进行复核验算，并确定固定范围及形式。

8.2.2 长距离顶管洞口止水措施应加强。

8.2.3 长距离顶管必须采取相应的注浆减阻措施，优化泥浆系统，加大泥浆用量，具体注浆减阻措施应符合本标准 7.7 章节的相关规定。

8.2.4 长距离顶管减阻触变泥浆系统应采用每个注浆断面多点注浆形式。

8.2.5 一次压浆不能够到位，无法满足压浆要求时，管内应设置压浆接力站，压浆接力站设置数量应满足压浆要求。

8.2.6 长距离顶管应定期对顶管机设备、管内注浆系统、供电系统、通风系统及防火系统进行检查，供电、通风等相关要求符合本标准 7.15 节相关规定。

8.2.7 长距离顶管宜配备可视化远程控制系统，监控管内主要设备运行状态，重要数据应予以实时记录。

8.2.8 长距离顶管的顶进测量应采用自动测量导向系统，并应符合下列规定：

1 顶管机应设置姿态仪；

2 在管内应设置中转测站。

8.2.9 长距离顶管的顶进纠偏宜符合下列规定：

1 纠偏作业应以小角度逐步增加纠偏量进行；

2 偏离速率缩小及偏离幅度缩小时应视情况逐步减小纠偏量，纠偏作业期间应增加测量频率。

8.2.10 长距离顶管中继间应符合下列规定：

1 中继间设置数量及间距应根据顶管总长度、中继间顶力及最大摩阻力进行计算，并符合相应规范要求；

2 中继间的有效行程应不小于 300mm；

3 中继间液压站油箱容量宜为千斤顶满腔容量的 3 倍；

4 中继间启用宜采用组合联动系统。

8.3 小直径顶管

8.3.1 小直径顶管宜采用泥水平衡式顶管机施工，并应能在地面进行遥控操作。

8.3.2 小直径顶管机头作业前应进行试运行。

8.3.3 小直径顶管覆土较浅或上覆土层渗透系数较大时，应合理控制泥水的压力，并控制触变泥浆的注浆量及压力。

8.3.4 小直径顶管的最长顶进距离为：管道内径 600mm 时，最长顶进距离不得超过 100m；管道内径 800mm 时，最长顶进距离不得超过 150m。

8.3.5 在顶进软弱土层时，宜通过间断停止刀盘旋转的方法保持土压。

8.4 大直径顶管

8.4.1 大直径顶管宜采用土压平衡式或泥水平衡时顶管机施工。

8.4.2 顶管机除应在厂内对零部件和整机进行逐项验收外，尚应在下井组装后进行调试验收。

8.4.3 软弱土层中覆土厚度小于 1.5D 时，宜采取防止管道上浮的技术措施。

8.4.4 每个注浆断面的注浆孔数不宜少于 6 个孔。

8.4.5 穿越建（构）筑物、铁路、公路、重要管线和防汛墙等时，应制定相应的保护措施。

8.5 矩形顶管

8.5.1 矩形顶管应采用土压平衡式顶管机施工。

8.5.2 矩形顶管机应备有注浆系统、防背土措施及纠偏装置，土层为砂性土时宜设置加泥装置。

8.5.3 顶管机初始顶进时，支座两侧应有控制顶管机偏移的限位导向装置。

8.5.4 顶管机与机尾后三节管节应纵向连成一体。

8.5.5 初始顶进阶段，顶进速度不宜大于 10mm/min，正常顶进时，速度宜控制在 20mm/min～30mm/min。顶管机出加固区时，应注意土压变化，并及时调整各项参数。

8.5.6 矩形混凝土管节长度宜为 1500mm，并应结合运输及起吊能力确定。管节接口应采用钢承插接口，并宜采用双道橡胶密封圈止水。

8.5.7 管节防水条粘贴时，直线处和转角处防水条的伸长率应相同。

8.5.8 顶管施工应严格轴线控制，发现偏差时及时纠偏，测量时应控制同一管节两侧的高程误差。

8.5.9 顶管机在工作井内安装的平面及高程偏差应控制在 ±10mm 内。

8.6 垂直顶升

8.6.1 多根垂直顶升顺序应由远离工作井向靠近工作井方向作业。

8.6.2 垂直顶升的最大顶力估算可按下式计算

$$P=P_1+P_2+P_3+P_4$$

式中：

P——最大顶力（KN）

P_1——顶盖处水压力值，等于顶盖处水压力乘以压力面积（KN）

P_2——顶盖处土的破土力值（KN），根据顶盖的面积取值，在黏性土中可取 500KN/m^2，砂性土中可取 800KN/m^2；

P_3——顶升管壁与土的摩阻力值，取整根竖管的外壁摩阻力（KN）

8.6.3 顶升架管段下部的土体允许承载力应验算，并应根据土体允许承载力确定顶升架尺寸。

8.6.4 顶升帽应设置与外部相同的闸阀和气孔。

8.6.5 在顶升前应先安装止水装置。

8.6.6 顶升垂直度宜采用铅锤方式测量。

8.6.7 在安装管节或加垫块时应有保险装置锁住顶升管节，结束后及时与管道连接保证稳定。

8.6.8 垂直顶升施工应符合下列规定：

1 顶升架应有足够的刚度强度及防倾覆措施；顶升架的尺寸应满足人员的作业要求和管节安装要求；

2 立管管节就位时应位置准确，并应平稳顶升，各千斤顶行程应同步、匀速、避免偏心受力；

3 初顶阶段应加强监测，并应采取措施控制竖管的垂直度；

4 顶升施工应有防止垂直立管后退和管节下滑的措施。

8.7 破管施工

8.7.1 破管的原管道内应设有一段长约 1m 的导向管，导向管前端设置 45°向内的倒角，倒角长约 100mm，外径比原管道内径小 10mm～20mm。

8.7.2 导向管与原管道之间设置密封圈，密封圈数量不少于 6 道。

8.7.3 导向管与顶管机刀盘之间采用回转接头连接，确保连接牢固。

8.8 地下对接

8.8.1 顶管地下对接施工前，应探勘对接区域的地质条件、地下管线及地下障碍物的状况，了解周边建筑物、道路、河流及周边环境等相关情况。

8.8.2 根据现场实际情况选择合理的地下对接方式。

8.8.3 用于地下对接的施工顶管机应进行改造，改造的内容应包括顶管机切口结构、顶管机圆周注浆孔和面板注浆管的合理布置、顶管机整体结构的合理布置等。

8.8.4 顶管地下对接满足顶管机回收技术的相关要求。

8.8.5 地下对接影响范围内土层应进行土体加固与防渗处理，土体加固可以采用水泥搅拌桩、高压旋喷桩、冻结、降水等方法。

8.8.6 顶管接近对接区时，应对顶管机的姿态进行加密测量和监控，确保对接轴线位置的准确。

8.8.7 顶管机到达对接区域后，应先开观察孔检查土体加固和渗水情况，若检查结果不能满足对接施工要求，应进行二次补充加固，直至满足对接施工要求。

8.8.8 对接时应通过顶管机前方注浆孔探测对接点的实际位置，并应根据轴线偏差和间距确定对接点的钢板连接方式，连接前应拆除顶管机内部的机电设备及线路等。

8.8.9 顶管机胸板开孔切割应分开分区按顺序进行，同时连接钢板焊接应同步施工。

8.8.10 钢筋混凝土管完成对接后应在对接段按设计要求进行内衬钢筋混凝土结构施工，施工质量应符合现行国家标准《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836 相关要求。

9　监测与验收

9.1　监测

9.1.1　顶管工程监测应符合下列规定：

1　顶管施工监测应按照施工组织设计编制监测方案；

2　现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法；

3　监测点应稳固、明显，监测点的位置应避开障碍物，便于观测；

4　顶管穿越铁路、公路或其他建（构）筑物时，应增加监测频次；

5　顶管井和顶管线路的设计或施工有重大变更时，应及时调整监测方案。

9.1.2　管径大于 2m 或者管顶覆土小于 1.5 倍管径的管道施工应进行仪器监测，小于 2m 的管道施工可进行下列巡视检查：

1　地面是否出现裂缝以及裂缝的发展情况。

2　地面是否漏浆。

3　循环泥浆是否溢出场外或市政排水系统。

9.1.3　顶进施工期间，管道线路上的仪器监测项目符合表 9.1.3 的规定。

表 9.1.3　**监测项目**

项目类别		管道外边线两侧 2 倍埋深范围内
管道轴线范围地面沉降		宜测
周围地下管线位移		应测
周围建(构)筑物变形	竖向位移	应测
	水平位移	应测
	裂缝	应测

续表 9.1.3

项目类别	管道外边线两侧 2 倍埋深范围内
后靠背变形	宜测
管道应力	宜测
管道内气体	宜测

注：1 当顶管穿越地铁、隧道或其他对位移(沉降)有特殊要求的建(构)筑物及设施时，具体监测项目应与有关部门或单位协商确定；

2 地面沉降沿轴线布置监测点。

9.1.4 测点布置应符合下列规定：

1 工作(接收)井施工期间，监测点宜设置在基坑顶部。基坑每边监测点数目不应少于 1 个；

2 顶管管道周边的建(构)筑物监测时，每个建(构)筑物的监测点不宜少于 3 个；

3 工作井及其周边环境、顶进管道上方地面发生明显变形时，监测点应适当加密；

4 地下管线的监测点应直接布设在管线上；

5 顶进管道穿越铁路下方的，监测点的布设应符合铁路行业的要求；

6 长距离钢管顶管宜进行应力监测。从顶管机尾部 1 倍管径处起每 30m～50m 设一个应力监测断面，每个断面至少布 4 个测点。

9.1.5 报警值和监测频率应符合下列规定：

1 顶管机距监测点 5 倍管道直径开始监测，离开监测点 5 倍管道直径后降低监测频率，具体监测频率宜符合表 9.1.5 的规定；

2 监测频率应根据工程要求和监测对象的变形量和变形速率确定，并可随监测对象变化需要进行调整；

3 监测值超过绝对值时，应对监测点进行加密，加大监测频率或实行实时监测，直到顶管结束。

表 9.1.5　顶管工程周边环境监测报警值和监测频率

项目 监测对象				累计值		变化速率（mm/d）	监测频率
				绝对值（mm）	倾斜		
1	管线位移	刚性管道	压力	10～30	——	1～3	1 次/d
			非压力	10～40	——	3～5	1 次/d
		柔性管道		10～40	——	——	1 次/d
2	邻近建(构)筑物		最大沉降	10～60	——	——	1 次/d
			差异沉降	——	2/1000	0.lH/1000	1 次/d
3	地面沉降			30	——	5	1 次/d
4	后靠背变形			30	——	——	1 次/d
5	钢管应力			钢材强度	——	——	1 次/节
6	管内气体			——	——	——	人员进入前

注：**1**　若出现异常情况，应提高监测频率；

2　H 为建(构)筑物承重结构高度。

9.1.6　结束监测的条件应符合下列规定：

1　顶管井及其周边环境监测项目从基坑施工时开始，至基坑完成回填结束；

2　管道周边环境监测每段顶进完成后降低频率，连续 3 次监测结果稳定后停止监测。

9.2　验收

9.2.1　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》GB 50202、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141、《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268 的相关规定执行。

9.2.2　工作井模板质量检验应符合下列规定：

主控项目

1 模板及其支架应满足浇筑混凝土时的承载能力、刚度和稳定性要求，且应安装车固；

检查方法：观察；检查模板支架设计、验算。

2 各部位的模板安装位置正确、拼缝紧密不漏浆；对拉螺栓、垫块等安装稳固；模板上的预理件、预留孔洞不得遗漏，且安装车固；

检查方法：观察：检查模板设计、施工方案。

3 模板清洁、脱模剂涂刷均匀，钢筋和混凝土接茬处无污渍；

检查方法：观察。

一般项目

4 浇筑混凝土前，模板内的杂物应清理干净；钢模板板面不应有明显锈渍；

检查方法：观察。

5 对清水混凝土工程及装饰混凝土工程，应使用能达到设计效果的模板；

检查方法：观察。

6 整体现浇混凝土模板安装允许偏差应符合表 9.2.2 的规定。

表 9.2.2 整体现浇混凝土构筑物模板安装允许偏差

检查项目				允许偏差（mm）	检查数量		检查方法
					范围	点数	
1	相邻板差			2	每 20m	1	靠尺量测
2	表面平整度			3	每 20m	1	2m 直尺配合塞尺检查
3	高程			±5	每 10m	1	水准仪测量
4	垂直度	壁	H≤5m	5	每 10m	1	垂线或经纬仪测量
			5m＜H≤15m	0.1%H，且≤6		2	

续表 9.2.2

检查项目			允许偏差（mm）	检查数量		检查方法
				范围	点数	
5	平面尺寸	L≤20m	±10	每仓	4	钢尺量测
		20m≤L≤50m	±L/2000		6	
5	平面尺寸	L≥50m	±25		8	
6	顶板		±3	每仓	4	钢尺量测
	梁		±3	每梁	1	
	洞净空		±5	每洞	1	
	槽、沟净空		±5	每 10m	1	
7	轴线位移	底板	10	每 10m	1	经纬仪测量
		墙	5	每柱	1	
		梁		每件		
		预埋件、预埋管	3		1	
8	中心位置	预留洞	5	每洞	1	钢尺量测
9	止水带	中心位移	5	每 5m	1	钢尺量测
		垂直度	5	每 5m	1	垂线配合钢尺量测

注：1 L 为混土底板和池体的长、宽或直径，H 为池壁、柱的高度；

2 止水带指设计为防止变形缝渗水或漏水面设置的阻水装置，不包括施工单位为防止混硬土施工缝水而加的止水板；

3 仓指构筑物中由变形、施工缝分面成的一次浇筑成型的结构单元。

9.2.3 工作井钢筋质量检验应符合下列规定：

主控项目

1 进场钢筋的质量保证资料应齐全，每批的出厂质量合格证明书及各项性能检验报告应符合国家有关标准规定和设计要求；受

力钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求；钢筋的力学性能检验、化学成分检验等应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定；

检查方法：观察；检查每批的产品出厂质量合格证明、性能检验报告及有关的复验报告。

2 钢筋加工时，受力钢筋的弯钩和弯折、筋的末端弯钩形式等应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定和设计要求；

检查方法：观察；检查施工记录，用钢尺量测。

3 纵向受力钢筋的连接方式应符合设计要求：受力钢筋采用机被连接接头或焊接接头时，其接头应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定进行力学性能检验；

检查方法：观察；检查施工记录，检查连接材料的产品质量合格证及接头力学性能检验报告。

4 同一连接区段内的受力钢筋，采用机械连接或焊接接头时，接头面积百分率应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定；采用绑扎接头时，接头面积百分率及最小搭接长度应符合现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 的规定；

检查方法：观察；检查施工记录；用钢尺量测(检查数量：底板、侧墙、顶板以及柱、梁、独立基础等部位抽测均不少于 20％)。

一般项目

5 钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈；

检查方法：观察；检查施工记录。

6 成型的网片或骨架应稳定牢固，不得有滑动、折断、位移、伸出等情况；绑扎接头应扎紧并向内折；

检查方法：观察。

7 钢筋安装就位后应稳固，无变形、走动、松散等现象；保护层符合要求；

检查方法：观察。

8 钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求，其偏差应符合表 9.2.3-1 的规定；

表 9.2.3-1 钢筋加工的允许偏差

检查项目			允许偏差（mm）	检查数量		检查方法
				范围	点数	
1	受力钢筋成型长度		+5，-10	每批、每一类型抽查 1%且不少于 3 根	1	钢尺测量
2	弯起钢筋	弯起点位置	±20		1	钢尺量测
		弯起点高度	0，-10		1	
3	箍筋尺寸		±5		2	钢尺量测，宽、高各量 1 点

9 钢筋安装的允许偏差应符合表 9.2.3-2 的规定。

表 9.2.3-2 钢筋安装位置允许偏差

检查项目			允许偏差（mm）	检查数量		检查方法
				范围	点数	
1	受力钢筋的间距		±10	每 5m	1	钢尺量测
2	受力钢筋的排距		±5	每 5m	1	
3	钢筋弯起点位置		20	每 5m	1	
4	箍筋、横向钢筋间距	绑扎骨架	±20	每 5m	1	
		焊接骨架	±10	每 5m	1	
5	圆环钢筋同心度（直径小于 3m 管状结构）		±10	每 5m	1	
6	焊接预埋件	中心线位置	3	每件	1	
		水平高差	±3	每件	1	

续表 9.2.3-2

检查项目			允许偏差（mm）	检查数量		检查方法
				范围	点数	
7	受力钢筋的保护层	基础	0，+10	每 5m	4	钢尺量测
		梁	0，+5	每梁	4	
		墙	0，+3	每 5m	1	

9.2.4 工作井混凝土质量检验应符合下列规定：

主控项目

1 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；

检查方法：检查产品质量合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

2 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；

检查方法：逐座进行检验，检查施工记录。

3 混凝土结构的抗压强度等级、抗渗性能须符合设计要求，其试块的留置应符合相关规定；

检查方法：检查混凝土抗压强度、抗渗性能试验报告。

一般项目

4 结构无明显渗水和水珠现象；

检查方法：逐座观察。

5 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；

检查方法：逐个观察；检查相关施工记录。

6 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；

检查方法：逐个观察、量测。

7 工作井施工的允许偏差应符合表 9.2.4 的规定。

表 9.2.4 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	进、出井预留洞口		中心位置	20	每个	竖、水平各 l 点	用经纬仪测量
			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	工作井后背墙		垂直度	0.1％H	每座	1 点	用垂线，角尺量测
			水平扭转度	0.1％L			

注：H 为后背墙的高度(mm)；L 为后背墙的长度(mm)。

9.2.5 顶管管道检验应符合下列规定：

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；

检查方法：检查产品质量合格证明书、各项性能检验报告，检查产品制造原材料质量保证资料；检查产品进场验收记录。

2 接口橡胶圈安装位置正确，无位移、脱落现象；钢管连接焊缝无损探伤检验符合设计要求；

检查方法：逐个接口观察；检查钢管接口焊接检验报告。

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；

检查方法：观察；检查顶进施工记录、测量记录。

4 管道接口端部应无破损、顶裂现象，接口处无滴漏；

检查方法：逐节观察。

一般项目

5 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；

检查方法：逐节观察。

6 管道与工作井出、进洞口的间隙连接牢固，洞口无渗漏水；

检查方法：观察每个洞口。

7 有内防腐层的钢筋混凝土管道，防腐层应完整、附着紧密；

检查方法：观察。

8 管道内应清洁，无杂物、油污；

检查方法：观察。

9 顶管施工贯通后管道的允许偏差应符合表 9.2.5 的规定。

表 9.2.5　顶管施工贯通后管道的允许偏差

检查项目					允许偏差(mm)		检查数量		检查方法
					玻璃纤维增强塑料夹砂管，钢筋混凝土管，预应力钢筒混凝土管	钢管	范围	点数	
1	直线顶管水平轴线	顶进长度＜300m			50	130	每管节	1 点	经纬仪测量或挂中线用尺量测
		300m≤顶进长度＜1000m			100	200			
		顶进长度≥1000m			L/10	100+L/10			
2	直线顶管内底高程	顶进长度＜300m	D_i＜1500		＋30，—40	+60，-60	每管节	1 点	水准仪或水平仪测量
			D_i≥1500		＋40，—50	+80，-80			
		300m≤顶进长度＜1000m			＋60，—80	+100，-100			水准仪测量
		顶进长度≥1000m			＋80，—100	+150，-100，-L/10			
3	曲线顶管水平轴线	R≤150D_i	水平曲线		150				经纬仪测量
			竖曲线		150				
			复合曲线		200				
		R＞150D_i	水平曲线		150				
			竖曲线		150				
			复合曲线		150				
4	曲线顶管内底高程	R≤150D_i	水平曲线		＋100，—150				水准仪测量
			竖曲线		＋150，—200				
			复合曲线		±200				

续表 9.2.5

检查项目			允许偏差(mm)		检查数量		检查方法
			玻璃纤维增强塑料夹砂管，钢筋混凝土管，预应力钢筒混凝土管	钢管	范围	点数	
4	曲线顶管内底高程	$R>150D_i$	水平曲线	＋100，—150	每管节	1点	水准仪测量
			竖曲线	＋100，—150			
			复合曲线	±200			
5	相邻管间错口	钢管、玻璃钢管	≤2				钢尺量测
		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		≤ΔS				
7	钢管、玻璃钢管道竖向变形		≤0.03D_i				
8	对顶时两端错口		50				

注：D_i 为管道内径(mm)；L 为顶进长度(mm)；ΔS 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)。

附录A　顶管机选型参照表

表A　顶管机选型参照表

编号	顶管机形式	适用管道内径 D(mm) 管顶覆土厚度 H(m)	地层稳定措施	适用地层	适用环境
1	手掘式	D：900～4200 H：≥3 或≥1.5D	1.遇砂性土用降水法疏干地下水； 2.管道外周注浆形成泥浆套	粘性或砂性土，在软塑和流塑粘土中慎用	允许管道周围地层和地面有较大变形，正常施工条件下变形量 10cm～20cm
2	挤压式	D：900～4200 H：≥3 或≥1.5D	1.适当调整推进速度和进土量； 2.管道外周注浆形成泥浆套	软塑和流塑性粘土，软塑和流塑的粘性土夹薄层粉砂	允许管道周围地层和地面有较大变形，正常施工条件下变形量 10cm～20cm
3	气压式	D：900～4200 H：≥3 或≥1.5D	气压平衡工作面土压力，管道周围注浆形成泥浆套	地下水位以下的砂性土和粘性土，但粘性土的渗透系数应不小于 10^{-4}cm/s	允许管道周围地层和地面有中等变形，精心施工条件下地面变形量可小于 10cm
4	网格式(水冲)	D：1000～2400 H：≥3 或≥1.5D	适当调整开口面积，调整推进速度和进土量，管道外周注浆形成浆套	软塑和流塑性粘土，软塑和流塑的粘性土夹薄层粉砂	允许管道周围地层和地面有较大变形，精心施工条件下地面变形量可小于 15cm

续表 A

编号	顶管机形式	适用管道内径 D(mm) 管顶覆土厚度 H(m)	地层稳定措施	适用地层	适用环境
5	斗铲式	D：1800～2400 H：≥3 或≥1.5D	气压平衡工作面土压力，管道周围注浆形成泥浆套	地下水位以下的砂性土和粘性土，但粘性土的渗透系数应不大于 10^{-4}cm/s	允许管道周围地层和地面有中等变形，精心施工条件下地面变形量可小于 10cm
6	多刀盘土压平衡式	D：900～2400 H：≥3 或≥1.5D	胸板前密封舱内土压平衡地层和地下水压力，管道周围注浆形成泥浆套	软塑和流塑性粘土，软塑和流塑的粘性土夹薄层粉砂。粘质粉土中慎用	允许管道周围地层和地面有中等变形，精心施工条件下地面变形量可小于 10cm
7	刀盘全断面切削土压平衡式	D：900～2400 H：≥3 或≥1.5D	胸板前密封舱内土压平衡地层和地下水压力，以土压平衡装置自动控制，管道周围注浆形成泥浆套	软塑和流塑性粘土，软塑和流塑的粘性土夹薄层粉砂。粘质粉土中慎用	允许管道周围地层和地面有较小变形，精心施工条件下地面变形量可小于 5cm
8	加泥式机械土压平衡式	D：600～4200 H：≥3 或≥1.5D	胸板前密封舱内混有粘土浆液的塑性土压力平衡地层和地下水压力，以土压平衡装置自动控制，管道周围注浆形成泥浆套	地下水位以下的粘性土、砂质粉土、粉砂。地下水压力＞200kPa，渗透系数≥10^{-3}cm/s 时慎用	允许管道周围地层和地面有较小变形，精心施工条件下地面变形量可小于 5cm

续表　A

编号	顶管机形式	适用管道内径 D(mm) 管顶覆土厚度 H(m)	地层稳定措施	适用地层	适用环境
9	泥水平衡式	D：250～4200 H：≥3 或≥1.5D	胸板前密封舱内的泥浆压力平衡地层和地下水压力，以泥浆平衡装置自动控制，管道周围注浆形成泥浆套	地下水位以下的粘性土、砂性土。渗透系数＞10^{-1}cm/s，地下水流速较大时，严防护壁泥浆被冲走	允许管道周围地层和地面有很小变形，精心施工条件下地面变形量可小于 3cm
10	混合式顶管机	D：250～4200 H：≥3 或≥1.5D	上述方法中两种工艺的结合	根据组合工艺而定	根据组合工艺而定
11	挤密式顶管机	D：　150～400 H：≥3 或≥1.5D	将泥土挤入周围土层而成孔，无需排土	松软可挤密地层	允许管道周围地层和地面有较大变形

注：表中的 D、H 值可根据具体情况进行适当调整。

附录 B　顶管工程顶进测量记录表

表B　顶管工程顶进测量记录表

工程名称：_____顶管工作坑位置：_____管材种类：_____

顶进方向：自_____井至 _____井　　管径：_____接口形式：_____

年 月日	班次 时间	土质情况	顶进长度(m)		测　量　记　录					高程偏差		中心偏差		管土长前掏度(cm)	表压(MPa)	使用镐数T/台	备注
			本次	累计	坡度	坡度增减（+-）	后视读数	前视读数	前视管端实读数	高(+)	低(-)	左	右				
1	2	3	4	5	6	7	8	9=7+8	10	11	12	13	14	15	16	17	18

续表 B

年 月日	班次 时间	土质情况	顶进长度(m)		测量记录					高程偏差		中心偏差		管土前长掏度(cm)	表压(MPa)	使用镐数T/台	备注
			本次	累计	坡度	坡度增减（+-）	后视读数	前视读数	前视管端读数	高(+)	低(-)	左	右				

注：1 表中 7～14 栏单位为毫米；

2 表中 5 X 6=7 向下游坡度记（+），向上游坡度记（-）。在工作坑内要有一个固定坡度起点；

3 后视坑内水准的高程一般应为坡度起点的管内底设计标高；

4 表中 9 — 10 若得正值记入 11，9 — 10 若得负值记入 12；

5 每测一次记录一行，各栏均需认真填写； 6 备注栏内可填写纠偏情况。

接班： 测量人： 交班：

附录 C 顶管工程顶进记录表

表C　顶管工程顶进记录表

工程名称：_____顶管工作坑位置：_____管材种类：_____

顶进方向：自_____井至 _____井　　管径：_____接口形式：_____

年 月日	班次 时间	土质情况	顶进长度(m)		顶　进　记　录							激光点在靶标上坐标（mm）		刀盘仓土体压力（MPa）	操作人	备注
			本次	累计	坡度	记录时管节顶进长度（m）	推进速度或泵流量示数	主顶压力表示数（MPa）	机头倾斜角（°）	机头偏转角（°）	机头旋转方向	X	Y			

记录人：　　接班人：

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 本标准中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合…… 的规定”或“应按…… 执行”。

引用标准名录

1 《建筑设计防火规范》GB 50016
2 《工程测量规范》GB 50026
3 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
4 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236
5 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
6 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
7 《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683
8 《污水综合排放标准》GB 8978
9 《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523
10 《一般工业固体废物储存、处置场污染控制标准》GB 18599
11 《碳素结构钢》GB/T 700
12 《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836
13 《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685
14 《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238
15 《橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈材料规范》GB/T 218**73**
16 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
17 《建筑施工安全检查标准》JGJ 59
18 《建筑基坑支护技术规程》JGJ120
19 《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ 146
20 《热力机械顶管技术标准》CJJ/T 284

吉林省工程建设地方标准

给水排水顶管工程技术标准

DB22/T 5032-2019

条文说明

制订说明

本标准依据现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268、《混凝土和钢筋混凝土排水管》 GB/T 11836、《碳素结构钢》GB/T 700、《预应力钢筒混凝土管》 GB/T 19685 及《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238 等标准，结合本省气候特点及地域地质情况制定。

本标准明确了给水排水顶管工程技术标准及要求，以及施工前勘察、设计相关规定、冬季气候对顶管施工产生的影响，为本省给水排水顶管工程施工工作的开展提供依据。

为便于市政工程相关单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，本标准按章、节、条顺序编制了条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明，供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目　次

1 总则 81
2 术语和符号 82
2.1 术语 82
3 基本规定 83
4 材料 84
4.1 一般规定 84
4.2 管材 84
4.3 配件 85
5 勘察 86
6 设计 88
6.2 设计要点 88
7 施工 90
7.1 一般规定 90
7.2 施工准备 90
7.3 工作井施工 91
7.4 设备安装 91
7.5 顶管始发 93
7.6 顶管顶进 93
7.7 注浆减阻 95
7.8 中继间施工 96
7.9 顶进接收 97
7.10 顶进后处理 98
7.11 施工测量 98
7.12 顶进记录 98
7.13 冬雨期施工 99

7.14 施工安全与环境保护 99
7.15 其它 100
8 特种顶管 101
8.1 曲线顶管 101
8.2 长距离顶管 101
8.3 小直径顶管 102
8.5 矩形顶管 102
8.7 破管施工 102
8.8 地下对接 102
9 监测与验收 104
9.1 监测 104
9.2 验收 104

1　总则

1.0.1　本条规定了制定本标准的目的。在交通繁忙、人口密集、周边建筑物众多、地下构筑物和管线复杂的市区，顶管施工作为一种非开挖施工技术，显得尤为重要。既减少了对交通、市民出行的干扰，同时降低了对市容和环境卫生的影响，在顶管施工技术日趋发展和常态化的同时，需要对顶管技术进行标准化化、规范化、经济化及科学化等方面的提升和改善。

2　术语和符号

2.1　术语

本节对给水排水顶管工程的主要名词术语作了定义。本标准对术语的解释主要参照现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268，并参考其他相关文件资料而定义。

3　基本规定

3.0.1　顶管施工为地下顶进工程，会遇到很多不可预见的状况发生，因此应制定专项应急预案，同时为避免地面隆起或沉降，影响到周围建（构）筑物或管线的安全，所以必须采取有效的防护和监测措施，施工过程中实时监测地表及周围环境变化情况。

3.0.4　对于地下水位以下的较长距离顶管项目，建议优先采用封闭式机械顶管，可以保证顶管工程施工的安全性和顶进效率。

3.0.5　吉林省地处北温带，属于大陆性季风气候，冬季长而寒冷，夏季短促炎热，在冬期施工时，应考虑冬期施工的相应防护措施，保证正常顶进施工。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 工程所用管材除了介绍的之外，还有树脂混凝土管、球墨铸铁管、玻璃纤维增强塑料管等。吉林地区，给水工程管道宜选用钢管、玻璃纤维增强塑料夹砂管；排水工程管道宜选用钢筋混凝土管、玻璃纤维增强塑料夹砂管；输送腐蚀性水体及管外水土有腐蚀性时，宜优先选用玻璃纤维增强塑料夹砂管；管材外侧压力较大时宜选用预应力钢筒混凝土管。

4.1.2 给水排水管道工程所使用的管材、管道配件及其他材料的品种类型较多、产品规格不统一，产品质量会直接影响工程结构安全使用功能及环境保护。为此，管材、管件及其他材料必须符合国家有关的产品标准。

4.2 管材

4.2.2 通常状况下，混凝土顶管管节长度为 2m，过铁路时最短管节长度可为 1m，钢管长度最长达 6m。

4.2.3 本条对钢筋混凝土管的性能提出要求。

4 采用钢筋混凝土管顶进施工，在地下水或管内贮水对混凝土和钢筋具有腐蚀性时，应对钢筋混凝土管内外壁做相应的防腐处理。

4.2.4 本条对钢管的性能提出要求。

1 卷制钢管的长度一般为钢板宽度，同一横断面内宜采用一条纵向焊缝。若采用两条纵向焊缝，对于大直径管道，焊缝间距应大于 300mm，小直径管则纵向焊缝间距应大于 100mm；厚度应符

合施工定力和正常使用的要求。

4 除锈宜采用喷砂除锈或乳化剂清洗，熔结环氧粉末防腐涂层在一般防腐环境条件下，涂层总厚度不应小于 620μm，涂层的底层厚度不应小于 250μm，面层厚度不应小于 370μm；在特殊防腐环境条件下，涂层总厚度不应小于 800μm，涂层的底层厚度不应小于 300μm，面层厚度不应小于 500μm；环氧玻璃漆防腐涂层在一般防腐环境条件下，涂层总厚度不应小于 500μm，涂层底漆厚度不应小于 50μm，在特殊防腐环境条件下，涂层总厚度不应小于 1000μm，涂层底漆厚度不应小于 100μm。

4.2.7 本条规定了管道接口应符合的要求。

4 柔性连接的管材接口，密封圈宜涂抹润滑剂；在顶入管线为混凝土企口管时，宜在管节之间安装钢套环。管道接头应满足压力试验的密封要求，为避免管道泄漏，可在管道内部安装一个密封环，同时进行接口的防水测试。

4.3 配件

4.3.3 本条对洞口止水圈的安装提出要求。

2 前面第一道止水圈是充气的，不与管子直接接触；后面再设一道止水圈。正常情况下，前面第一道止水圈为不充气，在后面一道止水圈损坏需更换时，前面的那一道充气，起到止水作用。

3 一般洞口止水圈橡胶的拉伸量应大于 300%，肖氏硬度在 50±5 度范围以内，还要具有一定的耐磨性和较大的扯断拉力。

5　勘察

5.0.1　勘探孔应全长封孔，封堵材料宜选用水泥浆或水泥砂浆等材料。

5.0.6　顶管工程勘察时应充分调查地上所有建（构）筑物，地下所有障碍物（构筑物），穿越大堤、铁路、公路、河流、房屋、断裂层、地震带、其它管线等情况，或顶管时在地下遇到的各种复杂地质、有害气体障碍物。顶管工程勘察必须查明地下各土层的性质、分布空间和范围，在选择管位时应避让障碍物，提供详尽资料，供设计及施工单位参考，避免对顶管施工产生不利影响。

5.0.7　本条对勘察内容提出要求。

1　顶管工程勘察的方法有钻孔法和物探法。钻孔法应考虑孔位选择、钻孔间距及钻孔深度；物探法包括电法、地震波法、雷达探测、电磁波法、反射法、波速法、地声法等，工程中多采用电法、地震波法和雷达探测法。有构筑物时，应查明结构物的结构形式、基础构造、有无地下室、埋深等；有地下障碍物时，应查明地下障碍物名称（水井、孤石、古墓、结构残存物等）及附近地段地下埋设物的分布范围、埋置深度及其它特性；有地下管线时，应查明地下管线的类型、管径、位置、规模、走向、埋深等。

2　具体应查明其分布范围、埋置深度、厚度及其工程地质特性。

3　有溶洞时应查明空洞的大小，与管线的位置关系，影响范围、土质特性等。

4　经有关部门鉴定顶管线路处于断裂带并处于活动期时，即使顺利顶管成功，后期成型的管节也会因为断裂带的活动，导致管节脱落，或应力增加，故在顶管选线时，应避免穿越断裂带；处于地震带顶管施工时不宜采用手掘式顶管施工。

5 有暗河时应查明暗河走向、分布范围、埋置深度、影响范围、土质特性等，顶管设计线路应避开暗河影响范围；有地下水时，应调查地下历史最高水位及最低水位，地下水压应满足设计水压力的要求，设计水压力是指满足压力水管的试验压力的最大值；有承压水时，顶管设计线路应避开承压水范围，不能避免时，应评价其对顶管施工的影响，并采取有效措施，优先选用封闭式机械顶管施工。

6 顶管工程经过化工厂或其它地下水有污染的场地，应根据水文地质单元分层采取地下水样，进行腐蚀性试验。包括测定地下水的 PH 值、氯离子、钙离子和硫酸根离子的含量及电阻率的测试，判定对混凝土、钢、铸铁及橡胶的腐蚀程度；存在有害气体（主要包括沼气、氮气、氨气、硫化氢等）时，应调查有害气体的名称、有害气体分布、浓度、与周围构筑物连通关系及附近曾经发生有害气体事故等。

6 设计

6.2 设计要点

6.2.1 本条对顶管线路的选择提出要求。

3 河床有冲刷时，顶管应布置在冲刷线以下，除此以外，抗浮要求在设计中仍要考虑。

6.2.2 本条对工作坑的选择需考虑的因素提出要求。

7 考虑安全经济可靠的原则，采取增加顶进距离，少挖工作坑的方式进行设计。

6.2.3 工作井的结构形式宜按表 1 进行选用：

表 1 工作井适用条件对比表

名称	适用范围、特点	工期、费用
沉井	适用于无杂填土土层；埋置深度较大，整体性强，稳定性好，能够承受较大的垂直荷载和水平荷载；适用于地下水比较丰富的地区；需采用降水措施；对周边建筑物影响较大，下沉时扰动周边土体，且沉井易产生倾斜。	工期较长，工程费用较高。
SMW 工法桩	适用于粘性土、粉土、砂土、砂砾土质等；覆土深度较浅；施工时振动较小；地下水有无均可，防水性较好；对周边建筑物影响较小，施工场地作业面大。	工期较短，费用较低。
钢板桩	适用于任何土质；埋置深度浅；整体性差，稳定性差，易产生倾斜；内部需支撑；地下水有无均可，但防水性较差，地下水丰富时辅助采用降水措施将水降至基坑底以下；对周边建筑物影响小，需用施工场地作业面小。	工期短，费用低。
地下连续墙	适用于软弱土质；埋置深度根据需求设置，整体性强，稳定性好，施工时振动小；有无地下水均可；止水性能好；对周边建筑物影响小，需用施工场地作业面小。	工期长，工程费用高。
钻孔灌注桩	适用于无杂填土土层；埋置深度很大，整体性强，稳定性好，能够承受较大的垂直荷载和水平荷载；有无地下水均可；止水效果差，一般需结合止水帷幕止水，对周边建筑物影响小，需用施工场地作业面大。	工期长，工程费用高。

6.2.4 本条对工作坑尺寸设置原则提出要求。

3 工作坑的布置分为地面布置和坑内布置两部分。地面布置可分为起吊设备、供电、供水、供浆、供油等设备的布置，监控点以及地面轴线的布置等。坑内布置首先是工作坑尺寸的确定、基坑导轨、洞口止水、后座、主顶油缸以及顶进用设备的布置等。

6.2.5 管节的基本参数包括内径、壁厚、有效长度、结构形式、管体强度、接口形式及接口材料等。

6.2.6 管材优缺点及使用范围参考表 2

表 2 管材选型对照表

管材	优点	缺点	适用范围
钢筋混凝土管	接头连接较快；施工效率高	抵抗内水压力的能力有限；管壁较厚，比较笨重	多用于重力流的管道；热力、燃气等专业管线套管
钢管	强度大；不透水；焊接接头的强度和抗压、密封性能好；管节可加长	环向刚度小；易变性；管内外防腐要求高；施工焊接工作量大	多用于对抗渗要求高、压力较大的管道；不适于曲线顶管
玻璃纤维增强塑料夹砂管	内外表面光滑，水力性能优异，维护成本低；耐磨损；耐腐蚀，无污染	造价较高；环刚度较小；生产工艺复杂	多用于输送腐蚀性水体
预应力钢筒混凝土管	接头连接较快；能够承受较高的外压；施工效率高	造价较高	多用于管外压力较高的土层；管内压力较高的管道

6.2.7 顶管间距是指顶进时既有管线与顶进管线相互影响的最小距离。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.5 管道施工遇下列情况时，应暂停顶进，并应及时处理；

1 顶管机前方遇到障碍；

2 后背墙变形严重；

3 顶铁发生扭曲现象；

4 管位偏差过大且校正无效；

5 顶力超过管端的允许顶力；

6 油泵、油路发生异常现象；

7 接缝中漏泥浆。

7.1.6 顶管过程中停止时间超过 48h 后，管壁的摩阻力成倍增加，存在顶进施工风险。

7.2 施工准备

7.2.1 工程施工项目应实行自审、会审和签证制度，这是工程施工准备中重要环节；发现施工图有疑问、差错时，应及时提出意见和建议；需要变更设计时，应按照相应程序报审，经相关单位签证认定后实施，充分理解设计意图。

7.2.5 敞开类顶管机有机械式顶管机、挤压式顶管机、人工挖掘顶管机；平衡类顶管机有土压平衡式顶管机、泥水平衡式顶管机、气压平衡式顶管机。

其中敞开类顶管机中的机械式顶管机适用于岩层、硬土层和整体稳定性较好的土层；挤压式顶管机适用于流塑性土层；人工挖掘顶管机适用于地基强度较高的土层。

平衡类顶管机中的土压平衡式顶管机适用于淤泥和流塑性粘性土；泥水平衡式顶管机适用于粉质土和渗透系数较小的砂性土；气压平衡式顶管机适用于有地下障碍物的复杂土层。

7.3 工作井施工

7.3.3 本条对工作井（接收井）洞口封门提出要求。

1 封门有外封门和内封门，在沉井的洞门外侧设置钢板桩，随着沉井一起下沉，叫外封门，在洞门内直接砌筑砖墙或低标号混凝土，叫内封门。

4 拆除封门前应按施工组织设计的要求，分别检查以下技术措施是否有效；通过水位观测孔检查洞口外段的降水效果是否达到要求；洞口止水圈与机头外壳的环形间隙应保持均匀、密封良好、无泥浆流入；用注浆法加固的洞口外段应有检测结果，确保在增加洞外土体固结力的同时地面无明显隆起或沉降， 拆除作业应迅速连续，从上往下分成多个小块逐个依次拆除。

7.3.4 沉井下沉可采取下列措施降低对周围土体的影响：

1 坚持“以纠偏为主，以下沉为辅”的纠偏原则，有效控制沉井偏斜幅度；

2 增大沉井下沉系数，在软土中下沉沉井时，可使沉井刃脚埋入土中 1.5m～3m 以阻碍土体从井外向井内涌入；

3 在粉、细砂土层中下沉时，为避免产生管涌现象和流砂大量流入井内，可采用不排水下沉方式；

4 下沉塌陷范围内不得堆载；

5 可采用触变泥浆套下沉方式缩小影响范围。

7.4 设备安装

7.4.1 顶管后背墙在设计和安装时，应使其满足如下要求：

1 后背墙要有足够的强度，在顶管施工中能承受主顶工作站千斤顶的最大反作用力而不致破坏；同时后背墙要有足够的刚度，并留有较大的安全度，受压缩顶力时产生变形，卸荷后恢复原状，防止发生脆性破坏，以利于发挥主顶的工作效率。

2 后背墙材料材质要均匀，避免因由材质压缩不匀，在承受较大的后座力后出现倾斜现象。

3 后座墙表面平直并垂直于顶进管道的轴线，避免产生偏心受压，发生安全事故。

4 装配式或临时性后背墙在满足承载能力的同时，也要简洁易装拆。

7.4.2 本条对导轨的安装提出要求。

6 此副导轨用于防止机头进洞后低头。

7.4.3 本条对顶管机的安装与调试提出要求。

3 一般重量较轻的小型简单顶管机可钢丝绳外套橡皮吊放，对于大型顶管机等重要设备，应采用专用吊具，确保安全可靠。

7.4.5 本条对顶铁提出要求。

2 单个顶铁的长度应比主顶千斤顶行程约小 100m～150mm，顶铁的总长度与主顶千斤顶行程的总和应比单节管长度长 150mm 以上；顶铁截面为 200mm×300mm 时，单行顺向使用的长度不得大于 1.5m；双行使用的长度不得大于 2.5m，且应在中间加横向顶铁连接。

4 顶进时管端与顶铁接触面应力增大；当顶力接近管节材料的允许抗压强度时，易引起管口损坏。

7.4.6 本条对油缸泵安装提出要求。

3 安装在首节管或顶管机后面，用以调整高程和轴线的偏差。导向油缸的行程一般为 50mm～100mm，顶力为 500kN～1000kN。

7.4.10 本条对不同方式出土设备提出要求。

1 泥浆池宜靠近工作坑边，可以减少排泥管路过长而且产生的管路摩阻力，沉淀池的配置可沉淀块状物，防止块状物直接进入

排泥泵引起排泥泵堵塞和损坏。泥浆池的容积根据实际需要计算确定，输送管路接头应密封，防止渗漏。为降低排泥输送压力，输送管路系统应尽量降低。

7.4.11 本条对起重设备安装提出要求。

1 一般出土量较大，工期较长的手掘式顶管施工，可采用桥式起重机（即龙门吊机），平衡式顶管施工宜采用旋转臂架式起重机，如汽车吊、履带吊等。

7.5 顶管始发

7.5.2 本条对顶管洞口施工提出要求。

2 可设置水位观测井，将使水位降至管底 0.5m 以下。

7.5.5 起吊前，应对吊具和钢丝绳的强度、地基吊装承载力、顶管工作井结构、地下管线等应进行验算校核，并根据验算结果采取相应的加固措施。吊装作业时，各大型部件应选择合理的吊点吊运，吊装应平稳，严禁起吊速度过快和吊件长时间在空中停留，吊装作业应由专人负责指挥。

7.6 顶管顶进

7.6.1 本条对顶管顶进节段提出要求。

4 施工过程中轴线及高程管控应实时进行，测量保证勤纠偏，少纠偏，避免偏差较大一次纠偏到位，影响顶进质量。

7.6.3 本条对管材连接提出要求。

2 钢套环应按设计要求进行防腐处理，端部刃口应无疵点，焊接处应平整；橡胶密封圈安在管材的接头，无压排水管接头可采用单胶圈，有压排水管接头应采用双胶圈；衬垫材料应选用质地均匀富有弹性的松木、杉木或胶合板，粘贴时应位置准确，粘贴牢固，表面平整。

8 钢管与两井之间不设伸缩接头时，应验算钢管温度应力；曲线顶管或折线顶管一般可不用验算，当需要验算时，可按温度20℃计算。钢管与井连接经常发生断裂漏水，除了钢管收缩变形原因外，尚有沉降变形的原因。

10 承插式玻璃纤维增强塑料夹砂管缠绕接头的承插口内圈很难加工平整，故应在每个接头处都设木垫圈，承插口接头目前应用于缠绕式玻璃纤维增强塑料夹砂管。

7.6.4 本条对人工顶管提出要求。

1 工具管是指安装在被顶进管道前方，供顶管施工人员在里面进行挖土、纠偏和测量等作业的钢制管节。

2 工具管结构形式多样，常见的有圆形、方形、椭圆形等，因其形式灵活多样，能够满足施工即可，并能人工消除顶进中遇到的各种障碍，故采用工具管方式顶进，在消除顶进障碍方面占有一定的优势。

3 在顶管周边沉降要求较高的地方不宜采用工具管施工。

4 开始人工挖土前，应先将顶管机的刃口部分切入周边土体中。挖土程序按自上而下分层开挖，严防正面坍塌。必要时可辅以降水或注浆加固等施工措施，以保证土体的稳定。

5 平衡压力值一般取 1.2 倍的静止土压力和试顶后优化的设定压力值。

7.6.5 本条对土压平衡顶管法施工提出要求。

12 采用透水性较弱的土质，使得在破碎室前面或者破碎室里面的土与工作面上的地下水和土压力建立一种平衡介质。

7.6.10 本条对长距离顶管施工提出要求。

1 降低顶进阻力最有效的方法是进行注浆。使管周外壁形成泥浆润滑套，从而降低了顶进时的摩阻力，选择优质的触变泥浆材料，对膨润土取样测试。主要指标为造浆率、失水量和动塑比。

7.7 注浆减阻

7.7.3 每个断面可设置 3～5 个注浆孔，均匀地分布于管道周围。要求注浆孔具有排气功能。

7.7.4 对于渗透性比较高的地层，带有注浆装置的管道之间的距离相应地小于渗透性小的地层，且第一个润滑站考虑靠近顶管机布置。

7.7.6 一般情况下，在现场按重量进行泥浆的配制，所有的主要材料包括：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。材料的配比通常为：

水：土=（4～5）：1

土：掺合剂=（20～30）：1

7.7.7 本条对触变泥浆施工提出要求。

2 顶管施工一般采用具有触变性的悬浮液(如膨润土浆液或膨润土浆液+聚合物等)作为润滑材料，一般优先选用钠基膨润土。

7.7.8 本条对注浆施工提出要求。

6 顶管施工过程中，润滑浆液应在管道外周形成一个完整的连续润滑膜，达到良好的减阻效果。对于注浆压力、浆液的粘度和用量要经常进行检测，在选择这些参数时，要避免对管道和相邻的建筑物造成损害，特别是在长距离顶管过程中应十分小心地选择注浆材料和完善注浆工艺，避免造成注浆发生质量事故。

7.7.10 黏性土二次注浆效果最好，中细砂土质次之，在粗砂和卵石土层中，减阻效果最差。

1 二次注浆工艺是在第一次所顶管管材周围注入一圈固结性材料，待固结后形成一定强度的外壳，第二次注浆是在外壳内壁与管材周围之间，注入润滑浆液，从而得到良好的减阻效果。而减阻的目的是为了增加顶进距离，故需要测算增加二次注浆与增加中继间的技术经济对比分析，选择最优施工方案。

2 混凝土管外径比作业钢管外径小些，便于在管的外周围形

成一个有一定厚度的润滑浆套；顶管机外径应比作业钢管外径略小些，便于在顶管机外周围挤压成一圈密实的土体，防止注入的固结性材料留到顶管机的土仓里；作业钢管表面涂上一层聚四氟乙烯，防止固结性材料粘在作业钢管的表面。

7.8 中继间施工

7.8.1 中继间壳体应有足够的刚度强度，满足顶进施工的要求；并且具有良好的密封性能、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。

7.8.2 钢筋混凝土管中继间可分为钢制中继间和特殊管中继间两种形式；钢管中继间在施工时，需要将钢管管材壳体的前端和后壳体的尾端分别与中继间钢管焊接在一起；玻璃纤维增强塑料夹砂管中继间因其管壁较薄，施工时应考虑中继间油缸两端的承力环的偏心受力影响。

7.8.6 本条对中继间的安装、运行、拆除提出要求。

1 中继间设置前后两个特殊的顶进管道；千斤顶组设置多个顶推油缸，顶推油缸均匀地分布于保护外壳内，顶程一般为300mm～500mm；同时为保证顶管的严密性，设置止水密封圈等。

5 中继间油缸的供油有两种方式：一种是利用主顶油泵通过高压供油管把压力油供到中继间油缸，另一种是在中继间附近安装一台中继间油泵。

7 中继间油缸行程一般为 300mm～500mm，较主顶千斤顶短，吨位视中继间在顶进管道中所安装的位置而定，根据中继间的工作性能，中继间油缸要求布置均匀，以达到均匀施加顶力的目的。中继间油缸的能力一般不大于 1000kN，优先选择台数多而吨位小的油缸，并作环向均匀布置。

7.8.10 丢弃式中继间是指在中继间顶管作业结束后，前特殊管、后特殊管以及包括钢制的外壳都留在地层中，不再进行回收，其内部的组成部件(如推进油缸、连接件、均压环和液压管线等)将由工作人员通过手工的方法进行拆卸，回收利用。拆卸工作完成后，所留下的区间，可借助后面的中继间将其合拢，或者通过现场浇筑混凝土的方法形成衬砌封闭。

7.9 顶进接收

7.9.1 接收井出洞段地下水位较高的，必须进行降水处理；

7.9.3 为了顺利完成顶管接收工作，一般应对洞口土体进行加固。土质很软时，在管道顶进的一定范围内，对整个断面进行加固；土质较软时，对所顶管道两侧和顶部一定宽度和长度范围内的土体进行加固，以提高这部分土的强度，从而使工具管或顶管机在出洞或进洞中不发生坍土现象；土质较好时，土体比较硬，挖掘面上的土体能够自稳，可不必对土体进行加固。土体加固技术一般有：高压旋喷技术、搅拌桩技术、注浆技术和冻结技术等。

1 顶管机到达接收洞口，应逐渐降低顶进速度并减小正面压力。接收井内应设置接收导轨。调整进泥量降低泥水仓压力至 0Mpa 或适时停止土压平衡的加泥、停止注浆、并加强接收坑周围地面变形观测，变形超过预定值时，应采取有效措施才可继续顶进。

7 在接收顶管机时，应避免引起顶管机前方土体不规则坍塌，使顶管机再次推进时方向失控和向上爬高。对于较重的顶管机或顶管机，应防止其在达到接收坑时产生叩头现象，可在接收坑内下部填上一些硬粘土或者用低标号混凝土在洞内下部浇一块托板，把顶管机托起，也可在接收坑内再预埋一副短的延伸导轨，把顶管机托起，同时把顶管机与第一节混凝土管联接在一起。

7.10 顶进后处理

7.10.2 本条对顶管顶进接收井后相关工序提出要求。

3 注浆量宜按计算空隙量的 150%控制，注浆压力应根据覆盖深度与土质确定，宜未 0.1MPa～0.3MPa，砂卵石层宜控制在 0.1MPa～0.2MPa。拆除注浆管路后，应将顶进管上的注浆孔封闭。

7.11 施工测量

7.11.2 地面控制点的选点和测量应符合精密导线和三等水准测量的相关要求，首级精度平面控制点不应少于 3 个，高程控制点不应少于 2 个，以便相互校核。

7.11.3 应用 2 个首级平面控制点作为平面贯通的依据，用 1 个高程控制点作为高程贯通的依据。

7.11.5 固定观测墩比较稳定，易于观测，有利于提高导线的测量精度。

7.12 顶进记录

7.12.1 进人管道的顶进施工参数记录，应连续地记录下主顶进力和中继间的顶进力并且和设计值相比较，发现偏差较大，应该马上纠正；非进人管道顶进施工参数记录，顶进距离最大 200mm，最长时间间隔 90 秒，记录下顶进过程中出现的压力最大值。对于其它参数，应该记录下包括最后一个顶进回次在内的平均值，同时，还应同步记录下连续的施工监测图。

7.12.2 实时记录顶进的数据信息，将记录的结果绘制成图表，在突发情况时，能够及时准确的做出判断和决策，保障顺利顶进施工。

7.13 冬雨期施工

7.13.1 本条对雨季顶管施工提出要求。工作井周围防排水措施应符合下列要求：

1 排水沟和集水坑宜布置于地下结构外边距坡脚不小于0.5m。

2 排水沟深度和宽度应根据基坑排水量确定，沟底宽不宜小于 0.3m，坡度不宜小于 0.1%；

3 集水坑大小和数量应根据地下水量大小和积水面积确定，且直径(或宽度)不宜小于 0.6m，其底面应比排水沟沟底深不宜小于0.5m。

4 雨期施工应急备用电源应处在良好状态。

5 应有防洪、防暴雨的应急措施及相应的应急人员、材料、设备等。

7.13.2 本条对顶管冬期施工提出要求。

1 本地区冬期施工指室外日平均气温连续 5d 稳定低于 5℃即进人冬期施工，室外日平均气温连续 5d 高于 5℃即解除冬期施工。

7.14 施工安全与环境保护

7.14.2 本条对工作井（接收井）临边防护提出要求。

3 防护栏杆应设置两道横杆，上横杆距地面高度应不小于1.2m，两横杆间距不应大于 0.6m，挡脚板高度不低于 0.2m，栏杆立杆间距不应大于 2m。

7.14.8 废土、渣土及废泥浆应及时外运至指定弃土场，外运车辆应为密封车或有遮盖自卸车，车辆及车胎应保持干净，不粘带泥块等杂物，防治污染道路。

7.15 其它

7.15.3 本条对顶管施工的通风系统提出要求。

8 顶管施工有毒有害气体指标如下：

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；

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；

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；

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，管井内施工人员应全部撤离。

8　特种顶管

8.1　曲线顶管

8.1.1　本条对曲线顶管提出要求。

2　为满足曲线的姿态控制要求，宜采用多组纠偏装置形成整体弯曲弧度导向，以便使后续管段顺利顶进，及时进行方向调整，弥补引进管轴线外移造成的管轴线偏差。

3　通过油缸顶力具体调整转角的方法为调整曲线内外侧油缸启动与停用：转角增加时，曲线外侧中继间油缸启动，内侧部分停用；转角减小时，曲线外侧中继间油缸部分停用，内侧启动；另外因曲线顶管段的中继间合理中心需要调整、摩阻力需要调整、允许顶力需要调整等因素影响，曲线段中继间间距应适当减小。

5　管接头的木垫圈厚度应根据曲率半径变化调整。曲线顶管木垫厚度不应小于 20mm。

6　由于在曲线外侧不易形成泥浆套，所以应加强对曲线段外侧的泥浆形成情况进行控制，并及时补浆。

8.2　长距离顶管

8.2.3　为保证泥浆供应，应优化泥浆系统结构，加大泥浆存储容量，同时泥浆量随着顶进距离增加而增加，一般通过补压浆形式体现，一般顶进距离在 1000m 时，泥浆用量为正常顶进时理论用量的 2-4 倍；顶进距离在 1500m 时，泥浆用量为正常顶进时理论用量的 5-6 倍；顶进距离在 2000m 时，泥浆用量为正常顶进时理论用量的 7-8 倍。

8.2.5　设置压浆接力站是为了完成浆液运输及承担前面压浆接力

站管道部分的补压浆，通常状况下 300m 左右设置一站。

8.3 小直径顶管

8.3.3 目前随着顶管机迅速发展及技术创新，直径在 250mm～600mm 之间的小型顶管机施工工法陆续在施工现场得到了实践和应用，但因技术质量标准要求较高，在非特殊情况下，即无地质或其它障碍物等因素的影响时，不宜采用直径小于 600mm 的顶管施工。

8.5 矩形顶管

8.5.8 初始阶段纠偏主要依靠改变后顶油缸的数量和位置实施，当管节拼装有一定长度后，依靠铰接油缸实施纠偏。

8.7 破管施工

8.7.1 导向管在破除原有管道中起到导向作用，导向管与回转接头连接牢固，确保顶管机刀盘旋转时，导向管固定，而在顶管机推进时，导向管同时跟进。

8.8 地下对接

8.8.1 顶管地下对接宜用于管线密集、交通流量较大等不具备顶管接受并施工条件的情况。

8.8.2 地下顶管对接的形式大体分为两种，一种直线对接，一种带有角度的对接，通常采用的形式有一字型、L 型、T 型和 V 型。

8.8.3 整体合理布置顶管机结构，改造后顶管机机头刀盘应满足双向切口的要求，在顶管机周围和面板上合理布置注浆孔，便于对接

区二次注浆，顶管机正面贴近对接物。

8.8.4 顶管机回收技术是指在一些无法做接收井的情况时，管材顶到位以后，将顶管机的壳体留在原位，把顶管机内部的零部件和刀盘等拆除运回的施工方法。机头设置双向刀盘应满足旋转角度、切削、回缩、锚固等功能需求。

8.8.6 顶管施工中在对接区域针对顶进轴线控制的好坏，对顶管对接成功与否起着至关重要的作用，并且对对接部位的施工质量和安全产生很大影响。过程中每节管节测量一次，每 50m 不得少于一次贯通测量，在距离对接区 50m、30m、15m、5m 时各做一次贯通测量，贯通测量必须保证地面控制网联测。

8.8.9 开孔前应将顶管机的人孔打开，保证整个管道通风，切割面板可分四块，先切割上面两块，对上面接口处理好后，再进行下面两块切割，切割后马上进行封口焊接作业，必须确保封口的密封性和可靠性。

9　监测与验收

9.1　监测

9.1.1　本条对顶管工程监测提出相关要求。

3　监测点应避开管材堆载、淤泥堆放和吊机等重大设备作业的区域，并加强对监测点的保护，必要时应设置监测点的保护装置或保护设施。

9.1.5　本条对顶管检测预警值及监测频率提出要求。

1　顶管工程周边环境监测报警值中监测对象的累计值给出的是报警值范围，具体数值应根据管道输送介质的危险性、管道结构、建(构)筑物的结构和安全级别等确定，可与产权单位、设计单位和第三方评估等单位共同确定。

2　监测初期应按照监测方案规定的频率进行，监测中可根据实测变形量和变形速率等情况调整监测频率。

9.2　验收

9.2.2　本条所列模板支架质量验收主控项目第 2 项“各部位的模板安装位置正确、拼缝紧密不漏浆；对拉螺栓、垫块等安装稳固：模板上的预理件、预留孔洞不得遗漏，且安装牢固；参考了《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2002 第 4.2.6 条的规定，在过程控制时，可参照该条规定的检查数量。

9.2.3　进场钢筋的质量检验、钢筋加工应参照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2002 第 5.2 节和 5.3 节的相关规定执行；在过程控制时，可参照该节规定的检查数量。

9.2.4　虽然工作井不属于工程的结构，但作为施工的临时结构物对

工程施工安全、质量的保证起到关键作用，必须进行控制。

混凝土的抗压、抗渗、抗冻试块应按《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 第 6.2.8 条 6 的规定进行评定：

1 同批混凝土抗压试块的强度应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GBJ 107 的规定评定，评定结果必须符合设计要求；

2 抗渗试块的抗渗性能不得低于设计要求；

3 抗冻试块在按设计要求的循环次数进行冻融后，其抗压极限强度同检验用的相当龄期的试块抗压极限强度相比较，其降低值不得超过 25%；其重量损失不得超过 5%。

9.2.5 本条系顶管施工的给排水管道的质量验收标准，不适用于施工套管的管道质量验收。

3 规定顶管施工的无压力管道的管底坡度无明显反坡现象，无明显反坡系指不得影响重力流或管道维护。检查时可通过现场观察或简单量测方法判定。

4 “接口处无滴漏”系指管道处于地下水包裹时检验项目。表 9.2.5 第 6 项中 $\Delta S = l \times D/R_{min}$；其中 l 为管节长度，D 为管节外径；$R_{min}$ 为顶管的最小曲率半径。