ICS 93.020
CCS P 40

T/CS

团 体 标 准

T/CS 381—2026

给排水管道工程顶管施工技术规范

Technical specification for jacking construction of water supply and drainage pipelines

2026－03－19 发布 2026－03－19 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 基本要求 2
5 材料 2
6 勘察 2
7 设计 2
8 施工 3
8.1 顶进设备安装 3
8.2 顶管始发和接收 4
8.3 管道顶进 5
8.4 注浆减阻 6
8.5 管道防腐 7
8.6 弃土和泥浆处理 7
8.7 地面沉降控制措施 7
9 监测与验收 8

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由天津水务集团华淼规划勘测设计研究院有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：天津水务集团华淼规划勘测设计研究院有限公司、金湖县住房保障服务中心、江苏恒远建设工程有限公司、温州公用事业发展集团泰顺水务有限公司、如东大众燃气有限公司、文成县综合行政执法局、华汇工程设计集团股份有限公司杭州第一分公司、温岭市水务工程开发有限公司、嵊州市剡溪水务产业有限公司、嵊州市润蓝建设有限公司、泰兴市安泰水务集团有限公司、昆山中广源机电设备工程有限公司、安徽省地质矿产勘查局313地质队、江苏兴安建设集团有限公司、江苏图力建设工程有限公司、泗阳县兴阳城市建设发展集团有限公司。

本文件主要起草人：黄志超、徐治国、高万林、周伟平、冒春辉、吴旋、周伟平、柳灿江、赵剑波、祝霞敏、王飒、聂洽猛、王兴明、张国栋、季峰、陈丽、季上智。

给排水管道工程顶管施工技术规范

1 范围

本文件规定了给排水管道工程顶管施工技术规范的基本要求、材料、勘察、设计、施工、监测与验收。

本文件适用于给排水管道工程的勘察、设计、施工及验收。

2 规范性引用文件

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

GB/T 700 碳素结构钢

GB 8978 污水综合排放标准

GB/T 11836 混凝土和钢筋混凝土排水管

GB 12523 混凝土和钢筋混凝土排水管

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

GB/T 19685 预应力钢筒混凝土管

GB/T 21238 玻璃纤维增强塑料夹砂管

GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准

GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准

GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范

GB 50330 建筑边坡工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工作井 working pit

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。

3.2

接收井 receiving shaft

顶管终端接收顶管机的地下作业空间结构，也称接收坑。

3.3

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。

3.4

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。

3.5

后背墙 reaction wall

工作井中承受顶进反力的墙体。

3.6

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。

4 基本要求

4.1 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，采取安全有效的防护措施和监测方案。
4.2 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。
4.3 顶管工程冬雨期施工应做好相应的防雨、保温措施。
4.4 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、专项施工方案应按规定程序审批后执行，有变更时应办理变更审批。

5 材料

5.1 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，宜选用钢筋混凝土管、钢管、玻璃纤维增强塑料夹砂管或预应力钢筒混凝土管。
5.2 顶管工程所用管材应符合下列基本要求：
a) 轴向承载能力和抗压能力应满足顶管工程设计要求；
b) 能够抵抗管道内外的侵蚀；
c) 几何尺寸准确，端部平整、垂直；
d) 具有良好的过流性能；
e) 接头具有传递轴向载荷的能力且密闭性良好。
5.3 管节长度宜为 2.0m～3.0m，可根据管径及施工条件确定。
5.4 钢筋混凝土管材应符合 GB/T 11836 的规定，管节及接口的抗渗性能应符合设计要求。
5.5 顶管钢材宜选用 Q235B 钢材，规格和性能应符合 GB/T 700 的规定，且焊缝等级不应低于Ⅱ级，管节内外直缝宜采用埋弧自动焊。
5.6 玻璃纤维增强塑料夹砂管质量应符合 GB/T 21238 的规定。
5.7 预应力钢筒混凝土管的制作质量应符合 GB/T 19685 的规定。

6 勘察

6.1 顶管工程勘察设计时，应查明沿线地质条件、地层结构特征、地下水情况及各类土层性质和空间分布等。
6.2 顶管工程地质勘察及工程环境调查应包括钻探和物探。
6.3 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。
6.4 工程地质勘察结束后，应对勘探孔进行封堵处理。
6.5 顶管工程勘察应符合下列规定：
a) 勘察范围应覆盖规划设计线路；
b) 勘察内容应全面、详尽并具针对性；
c) 勘察资料齐全、完整。

7 设计

7.1 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。
7.2 顶管结构承载能力应能够满足施工要求。
7.3 顶管线路选择应符合下列要求：
a) 避开地下障碍物，与地上及地下建（构）筑物管线等有足够的安全距离，安全距离符合相关规定；
b) 不应穿越活动断裂带、暗河；
c) 顶管线路穿越河道时，充分考虑管线的埋置深度。
7.4 顶管工作坑选择应考虑下列因素：
a) 管道井室的位置；
b) 可利用坑壁土体作后座墙；

c） 便于排水、出土和运输；
d） 对地上、地下建筑物、构筑物易于采取保护和安全施工措施；
e） 距电源和水源较近，交通方便；
f） 地下水位以下顶进时，工作坑设在管线下游，逆管道坡度方向顶进，利于管道排水；
g） 减少工作坑的数量；
h） 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；
i） 长距离直线管道顶进时，在检查井处做工作坑，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；
j） 多排顶进或多向顶进时，宜共同利用一个工作坑；
k） 工作坑的选址尽量避开房屋、地下管线、池塘、架空电线等不利于顶管施工的场所。

7.5 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。

7.6 工作井尺寸应遵循以下原则：
a） 最小长度应满足顶管机在井内安拆和起吊的要求；
b） 最小宽度应满足有足够的操作空间；
c） 工作井尺寸及平面布置满足选址要求；
d） 管材设计包括管材选型及管节的基本参数设定；
e） 管材选型应根据材料优缺点进行合理选用。

7.7 顶管间距设置应符合下列要求：
a） 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；
b） 空间交叉管道的净距：钢管不宜小于 0.5 倍管道外径且不小于 1.0 m；钢筋混凝土管和玻璃纤维增强塑料夹砂管不宜小于 1 倍管道外径且不小于 2 m；
c） 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。

7.8 管顶覆盖层厚度应符合下列要求：
a） 管顶覆盖层厚度不宜小于管道外径的 1.5 倍且不小于 3m；
b） 在有地下水地区及穿越江河时，管顶覆盖层的厚度满足管道抗浮要求。

8 施工

8.1 顶进设备安装

8.1.1 顶管后背墙应符合下列要求：
a） 后背墙材料应均匀、密实；
b） 后背墙表面要平直，且应垂直顶进轴线；
c） 后背墙可采用装配式后座或整体式后座；
d） 后背墙承载能力满足最大顶进力的要求。

8.1.2 导轨安装应符合下列要求：
a） 导轨支架采用钢材制作，固定在工作井底板上的导轨在管道顶进时不应产生位移。其整体刚度和强度满足施工要求；
b） 导轨对管道的支撑角宜为 60°，导轨的高度保证管道中心对准穿墙孔中心，导轨的走向与设计轴线一致；
c） 导轨安装的允许偏差为：轴线位置：±3mm；标高：0～+3mm；轨道内距：±2mm。

8.1.3 千斤顶的配置和安装应符合下列要求：
a） 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；
b） 安装在支架上的千斤顶，应符合中线和水平要求，且以管道中心线为轴对称布置；
c） 千斤顶的油路并联，每台千斤顶有进油、退油的控制系统。

8.1.4 顶铁安装应符合下列要求：

a) 具有刚度大、稳定性好的结构性能，满足传递顶进力的要求；
b) 顶铁表面平整，尺寸符合设计和施工要求，两个受压面平行；
c) 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；
d) 顶铁与管口之间设置缓冲材料；
e) 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平行，与管轴线距离相等，且与管口平面垂直；
f) 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应有泥土、油污；
g) 顶进时，工作人员不应在顶铁上方及侧面停留，并随时观察顶铁有无异常迹象；
h) 更换顶铁时，优先使用长度大的顶铁，顶铁拼装后锁定。

8.1.5 油泵布置和运转应符合下列要求：
a) 油泵与千斤顶相匹配，油泵流量满足顶进要求；
b) 油泵宜设置在千斤顶附近，油管顺直、转角少；
c) 油泵安装完毕后进行试运转；
d) 顶进开始时，油压缓慢升高，待各接触部位密合后，再按正常速度顶进；
e) 顶进过程中，若油压突然升高，立即停止顶进，检查原因并经处理后方可继续顶进。

8.1.6 注浆泵安装应符合下列要求：
a) 泵体水平放置，稳固地安装在基础上；
b) 根据现场情况，宜选用较短吸入管缩短吸程；
c) 压力表宜安装在注浆泵出浆口处；
d) 安装高压管路及泵头各部件时，确保各丝扣连接完好；
e) 输送管道宜减少弯曲，不应对管道加压或悬挂重物。

8.1.7 中继间的安装、运行、拆除应符合下列要求：
a) 中继间壳体有足够的刚度；其千斤顶的数量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；其伸缩行程满足施工和中继间结构受力的要求；
b) 中继间油缸宜取偶数，且规格宜相同；当规格不同时，应使其行程同步，并将同规格的中继间油缸对称布置；
c) 中继间油缸的油路并联，每台中继间油缸有进油、退油的控制系统；
d) 中继间安装前检查各部件，确认正常后方可安装；安装完毕通过试顶检验后方可使用；
e) 中继间外壳在伸缩时，滑动部分具有止水性能和耐磨性，且滑动时无阻滞；
f) 中继间的启动和拆除由前向后依次进行；
g) 拆除中继间时，将间体复原成管道，原中继间处的管道强度和防腐性能满足管道原设计功能要求；中继间的外壳若不拆除，在安装前进行防腐处理。

8.2 顶管始发和接收

8.2.1 顶管洞口的施工应符合下列规定：
a) 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；
b) 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；
c) 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；
d) 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；顶管结束后，管道与洞口的间隙应及时进行封堵；
e) 采用钢管做预埋顶管洞口时，钢管外宜加焊止水环；
f) 在软弱地层，洞口外缘宜设支撑点。

8.2.2 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。

8.2.3 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添注惰性浆液。

8.2.4 工作井洞口封门拆除应符合下列规定：

a) 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；
b) 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；
c) 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；
d) 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。

8.3 管道顶进

8.3.1 顶进过程应符合下列规定：

a) 顶进前应对成品管道、钢套环、橡胶密封及衬垫材料做检测和验收；
b) 钢套环按设计要求进行防腐处理，刃口无疵点，焊接处平整；
c) 钢筋混凝土管传力面上设置环形木垫圈，并用胶粘剂粘在传力面上，保证均匀传力；
d) 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，承插时外力均匀，承插后橡胶圈不移位、不翻转；
e) 顶进双插口接头的玻璃纤维增强塑料夹砂管时，在顶铁及中继间接触面加设木垫圈；顶进承插式接头的玻璃纤维增强塑料夹砂管时，在每根管接头处加设木垫圈。

8.3.2 管道顶进时应符合下列要求：

a) 初始顶进速度宜控制在 10mm～20mm/min，正常顶进时，顶进速度宜控制在 20mm～30mm/min，具体应根据地层条件及设备性能确定；出土量宜控制在理论出土量的 98%～100%；
b) 工作面压力值根据顶管机机型确定。

8.3.3 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：

a) 调整后座主推千斤顶的合力中心，用后座千斤顶进行纠偏；
b) 宜将管道前 3～5 节用拉杆相联；
c) 对洞口土体进行加固处理；
d) 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。

8.3.4 管道顶进时应采取以下抗扭转措施：

a) 顶管机宜设置限扭装置；
b) 在顶管机及每个中继间设管道扭转指示针，管道扭转时宜采用单侧压重，或改变切削刀盘的转动方向进行纠正。

8.3.5 加接管段时，主推千斤顶在缩回前应对已顶进的管段与井壁进行临时固定。

8.3.6 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，其他中继间应保持不动，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。

8.3.7 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：

a) 顶管机前方遇到障碍物；
b) 后背墙变形严重；
c) 顶铁发生扭曲现象；
d) 管位偏差过大且纠偏无效；
e) 顶进力超过管材的允许顶进力；
f) 油泵、油路发生异常现象；
g) 管节接缝、中继间渗漏泥水、泥浆；
h) 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。

8.3.8 管道贯通后工作井中的管端按下列规定处理：

a) 进入接收井的顶管机和管端下部应设枕垫；
b) 管道两端露在工作井中的长度不宜小于 0.5m，且不应有接口；
c) 工作井中露出的混凝土管道端部应及时浇筑混凝土基础。

8.3.9 顶管结束后进行触变泥浆置换时，应采取下列措施：

a) 拆除注浆管路后，对管道上的注浆孔进行封闭处理；
b) 将全部注浆设备清洗干净；
c) 钢筋混凝土管顶进结束后，管道内的管节接口间隙按设计要求处理；设计无要求时，可采用弹性密封膏密封，抹平表面、不应凸入管内；
d) 安全撤离现场，恢复施工现场的原本样貌，做到不留隐患，对环境没有破坏和污染；
e) 在高地下水压环境下施工时，需防止封门在水压作业下突然倒塌造成人员伤亡。

8.4 注浆减阻

8.4.1 长距离顶管施工中注浆减阻应满足下列要求：
a) 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；
b) 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；
c) 膨润土的贮藏及浆液配制、搅拌、水化时间应按照产品的性能要求进行，使用前先进行试验；
d) 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；
e) 注浆设备和管路可靠，且具有足够的耐压和良好的密封性能；
f) 由于顶管线路长，为使全程注浆压力不致相差过大，可每隔 400m 增设压浆泵以增大压力。

8.4.2 注浆浆液选择应符合下列要求：
a) 触变泥浆可用于粘性土、粉质土和渗透系数不大于 10^{-3}cm/s 的砂性土。渗透系数较大时应另添加化学稳定剂；
b) 渗透系数大于或等于 10^{-2}cm/s 的粗砂和砂砾层宜采用高分子化学泥浆；
c) 石蜡、废油脂等非亲水减阻剂可用于无地下水的硬土层。

8.4.3 触变泥浆注浆系统应符合下列规定：
a) 制浆装置容积满足形成泥浆套的需要；
b) 注浆泵宜选用液压泵、活塞泵或螺杆泵；
c) 注浆管分为主管和支管两种，根据顶管长度和注浆孔位置设置。主管道宜选用直径为 40mm～50mm 的钢管，支管可选用 25mm～30mm 的橡胶管。管接头拆卸方便且在工作压力下无渗漏现象；
d) 润滑站（带有注浆装置的管道）之间的距离，一般可以在 9m～15m 之间选择；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；其中第一个润滑站尽可能地靠近顶管机布置；
e) 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，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设置压力表；
f) 注浆前，检查注浆装置水密性；注浆时压力逐步升至控制压力；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。

8.4.4 为达到注浆减阻目的，需满足下列要求：
a) 地层和管线之间的环状间隙应足够大，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均应保持同样间隙；
b) 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。

8.4.5 采用触变泥浆减阻时，应编制施工设计，包括以下内容：
a) 泥浆配合比、压浆量和注浆压力的确定；
b) 泥浆制备和输送设备及其安装规定；
c) 注浆工艺、注浆系统及注浆孔的布置；
d) 顶进洞口的泥浆封闭措施；
e) 泥浆的置换方式。

8.4.6 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。

8.4.7 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。

8.4.8 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。

8.4.9 注浆管出口应设单向阀，出口压力应大于地下水压力。

8.5 管道防腐

8.5.1 钢管的内外防腐层宜在工厂内完成，现场连接的补口按设计要求处理。
8.5.2 钢管内外壁除锈宜采用喷砂除锈或乳化剂清洗。
8.5.3 钢管外防腐可采用石油沥青、环氧煤沥青或环氧树脂玻璃钢外防腐层等，干膜厚度应满足设计要求。
8.5.4 钢管内防腐可采用液体环氧涂料等，内衬厚度应满足设计要求。
8.5.5 防腐涂料产品应具有出厂合格证，包装完好、无破损、无滴漏。
8.5.6 进行管道防腐喷涂时，应在一道基本固化后方可进行下一道涂层作业，如果每道涂层作业时间较长，应将原涂层清洁后再进行下道作业。两道涂层间隔不宜超过两周。
8.5.7 防腐涂装不应在雨天、雾天进行露天作业，被喷涂表面应保持干燥、无水迹、油迹，在配料和涂刷过程中不应与火、酸、碱、醇等接触。
8.5.8 钢管拼装时待焊缝冷却后，应立即进行防腐处理。
8.5.9 内防腐作业前应处理好渗漏点，混凝土管道内防腐应满足设计要求。

8.6 弃土和泥浆处理

8.6.1 顶管施工的余水或废浆外排应满足污水综合排放标准 GB 8978 相关要求。
8.6.2 顶管施工的弃渣填埋应满足一般工业固体废物储存、处置场污染控制标准 GB 18599 相关要求。
8.6.3 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，选择合适的运输方法。
8.6.4 采用水力机械出土方式排泥时，应设置泥浆沉淀池。沉淀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。
8.6.5 采用泥水平衡系统时，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，并满足下列要求：

a) 地面泥浆处理系统应满足建筑施工场界环境噪声排放标准 GB 12523 的相关要求；
b) 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；
c) 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；
d) 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。

8.6.6 顶管工程宜使用有废浆零排放处理设备的地面泥浆处理系统，处理后的余水达到循环使用或符合 GB/T 31962 相关要求。
8.6.7 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满足 GB 50202 和 GB 50330 的相关要求。

8.7 地面沉降控制措施

8.7.1 顶进中对地层变形的控制应符合下列要求：

a) 通过信息化施工进行实时监测，发生偏差及时纠偏，优化顶进的控制参数，使地层变形最小；
b) 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；
c) 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；
d) 保持开挖量与出土量的平衡；
e) 通过控制土压、水压平衡力来控制地面沉降。

8.7.2 顶管造成的地面沉降不应造成道路开裂，大堤及地下设施损坏和渗水。
8.7.3 顶管造成的地面沉降量应符合下列规定：

a) 土堤一般小于 30mm，或根据具体工程要求而定；
b) 公路一般小于 20mm，或根据具体工程要求而定；
c) 顶管穿越铁路或其他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。

8.7.4 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。

8.7.5　顶管结束后应采用水泥砂浆置换减阻泥浆。

9　监测与验收

9.1　顶管工程监测应符合下列规定：

a)　顶管施工监测按照施工组织设计编制监测方案；
b)　现场监测采用仪器监测与巡视检查相结合的方法；
c)　监测点稳固、明显，监测点的位置避开障碍物，便于观测；
d)　顶管穿越铁路、公路或其他建（构）筑物时，增加监测频次；
e)　顶管井和顶管线路的设计或施工有重大变更时，及时调整监测方案。

9.2　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：

a)　地面是否出现裂缝以及裂缝的发展情况；
b)　地面是否漏浆；
c)　循环泥浆是否溢出场外或市政排水系统。

9.3　测点布置应符合下列规定：

a)　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；
b)　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；
c)　工作井及其周边环境、顶进管道上方地面发生明显变形时，监测点适当加密；
d)　地下管线的监测点直接布设在管线上；
e)　顶进管道穿越铁路下方的，监测点的布设符合铁路行业的要求；
f)　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。

9.4　工作井的围护结构、井内结构施工质量验收标准应按 GB 50202、GB 50141、GB 50268 的规定执行。