

ICS 点击此处添加 ICS 号
点击此处添加中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/FZWLW XXXXX—XXXX

非开挖顶管工程施工及质量验收规程

Code for construction and quality acceptance of trenchless pipe jacking engineering

(V1.0)

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

福州经济技术开发区物联网产业协会
福建省土木建筑工程行业协会

联合
发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	3
4.1 土体及管材性能	3
4.2 作用和作用效应	3
4.3 几何参数	3
5 基本要求	3
5.1 施工前要求	3
5.2 施工中要求	4
5.3 施工验收要求	4
6 管材及连接材料的质量要求	4
6.1 一般要求	4
6.2 钢管	6
6.3 钢筋混凝土成品管	7
6.4 玻璃纤维增强塑料管	8
6.5 预应力钢筒混凝土管	8
6.6 玻璃钢加砂管	8
6.7 橡胶密封圈	9
6.8 木垫圈	9
7 顶管机设备	9
7.1 顶管机选型	9
7.2 设备安装	10
8 顶管施工	12
8.1 一般规定	12
8.2 工作井	12
8.3 接收井	13
8.4 始发与到达	14
8.5 管材吊装	14
8.6 泥水平衡顶进	14
8.7 土压平衡顶进	15
8.8 手掘式顶进	15
8.9 测量与纠偏	15

8.10	触变泥浆	16
8.11	中继间	16
8.12	排泥	17
8.13	通风	17
8.14	供电	18
9	监测与质量验收	18
9.1	监测	18
9.2	质量验收	19
附录 A (资料性附录)	机械顶进操作记录表样例	24
附录 B (规范性附录)	检验批质量验收记录表	26

前 言

本标准按照T/FZWLW 1—2019给出的规则起草。

本标准由福州经济技术开发区物联网产业协会提出并归口。

本标准起草单位：福建建中建设科技有限责任公司、福建省建中工程设备有限公司、广东海之建工程科技有限公司。

本标准主要起草人：。

非开挖顶管工程施工及质量验收规程

1 范围

本规程规定了非开挖顶管工程施工的基本要求、管材及连接材料的质量要求、顶管机设备要求以及检测与质量验收要求。

本规程适用于预制式管道的地下非开挖顶管施工，手掘敞口式和土压平衡、泥水平衡等封闭式顶管的施工和质量验收。非开挖顶管工程的施工和质量验收除应符合本规程的规定外，还应符合国家现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 19685 预应力钢筒混凝土管
- GB 50268—2008 给水排水管道工程施工及验收规程
- JC/T 640 顶管施工法钢筋混凝土排水管
- JC/T 695 离心浇铸玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂夹砂管
- JC/T 838 玻璃纤维增强热固性树脂夹砂压力管

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

非开挖技术 trenchless technology/no dig

不开挖地表或以最小的地表开挖量进行各种地下管道/管线探测、检查、铺设、更换或修复的施工技术。

3.2

顶管施工 pipe jacking construction

在不开挖地表的情况下，利用液压顶进工作站从顶进工作坑将待铺设的管道顶入，从而在顶管机之后直接铺设管道的非开挖地下管道施工技术。

3.3

顶管机 pipe jacking machine

安装在顶进管道最前段用于掘进、出泥和导向并带动力的顶管装置。

3.4

土压平衡式顶管 earth pressure balance jacking

通过控制使掘进面土层的地下水压力和土压力处于一种平衡状态,掘进机的推进与排土量所占的体积平衡,以保持掘削面稳定的一种施工方法。

3.5

泥水平衡式顶管 slurry balance jacking

由泥水循环出土,并利用泥水压力平衡水土压力的机械掘进顶管施工方法。

3.6

手掘式顶管 manual pipe jacking

施工人员进入管道进行开挖作业的施工方法。

3.7

导轨 lead rail

固定于工作井井底、用于支承顶管机和管节的轨道,在顶管初始阶段有导向的作用。

3.8

后座 back cushion

安装在主油缸与后靠背之间用于扩大受力面积的构件。

3.9

后靠背 jackingback

工作井中承受顶力的结构体。

3.10

顶铁 jacking block

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

3.11

中继间/环 intermediate jacking station/ring

为增加顶力而设置于管道中间的续顶接力装置。

3.12

顶管井 jacking pit

用于顶管作业时始发或到达所需要的地下空间结构,包括工作井和接收井。

3.13

工作井 jack working pit/starting pit

顶管始发端放置顶进设备并进行顶进作业的地下作业空间结构。

3.14

接收井 receiving pit/arriving pit

顶管终端接收顶管机的地下作业空间结构。

3.15

顶力 jacking force

推进整个管道系统和相关机械设备向前运动的作用力。

3.16

穿墙止水环 wall hole water proofring

在洞口设置的环形止水装置。

3.17

触变泥浆 thixotropic slurry

以膨润土为主，用于注入管道和土体之间空隙起到润滑减阻作用的浆体材料。

4 符号

下列符号适用于本文件。

4.1 土体及管材性能

C——土体的粘聚力。

E_p ——管材弹性模量。

E_d ——管侧土的综合变形模量。

F——材料抗拉强度。

F_c ——材料抗压强度。

F_d ——地基承载力特征值。

ϕ ——土体的内摩擦角。

4.2 作用和作用效应

A——管道外壁与土的单位面积平均摩阻力。

F——主顶千斤顶顶力。

N——管材可顶力。

4.3 几何参数

A_0 ——管材环向最小截面面积。

D——管道的外径。

DN——管道公称直径。

T——管壁设计厚度。

5 基本要求

5.1 施工前要求

顶管施工前的基本要求包括：

- a) 施工前应进行施工图会审；
- b) 应对施工沿线进行踏勘，了解建(构)筑物、地下管线和地下障碍物的状况。对采用顶管引起的地表变形和对周围环境的影响，应事先做出充分的预测。当预计难以确保地面建(构)筑物、道路交通和地下管线的正常使用时，应制定有效的监测和保护措施；
- c) 应编制顶管施工安全专项方案及制定对周边建(构)筑物和地下管线的保护措施和监测方案。

5.2 施工中要求

顶管施工过程中的基本要求包括：

- a) 应主要根据土质情况、地下水位、施工要求等，在保证工程质量、施工安全等的前提下，合理选用施工工艺；
- b) 顶管掘进工艺应采用泥水平衡式或土压平衡式，在探明地下存在障碍物无法使用平衡模式，且对不适用的地层条件采取可靠处理措施确保安全施工的条件下，管道外径 1.2m 以上及 2m 以下（含 1.2m 及 2m）时才能使用手掘式工艺，且一次顶进长度不宜超过 60m；
- c) 应建立地面和地下测量系统，测量控制点应设在不易扰动、方便校核和易于保护的地方。地下测量系统应使用仪器于顶管井间从地面通视投测建立，不得使用铅锤放线；
- d) 原材料、半成品和成品的材料应符合现行国家和行业有关标准；
- e) 所有顶管设备应经检验合格后进入施工现场，并进行单机、整机联动调试；
- f) 管顶覆盖层厚度在不稳定土层中宜大于管道外径 1.5 倍，并应大于 1.5m；
- g) 穿越江河水底时，覆盖层最小厚度不宜小于管道外径的 1.5 倍，且不宜小于 2.5m；
- h) 在有地下水地区及穿越江河时，管顶覆盖层的厚度应满足管道抗浮要求。

5.3 施工验收要求

顶管施工验收的基本要求包括：

- a) 工程质量验收应按检验批、分项、分部、单位工程划分；
- b) 单位工程验收应在分部工程、分项工程、检验批验收合格后进行；
- c) 单位工程完工后，施工单位应组织有关人员检查评定，并应向建设单位提交工程验收报告，由建设单位项目负责人组织接收管理单位、施工单位、勘察设计单位、监理单位进行验收；
- d) 顶管结构施工完成，经分部工程验收合格后，方可进行后续施工；
- e) 工作坑的原材料、围护结构、坑内结构施工、回填、顶管管节及附件、管节连接的工程质量检验与验收应满足 GB 50268—2008 的要求；
- f) 工程验收应包括下列内容：
 - 1) 管道顶进情况；
 - 2) 结构防水效果；
 - 3) 承重和受力结构；
 - 4) 竣工资料。

6 管材及连接材料的质量要求

6.1 一般要求

6.1.1 所用管材满足如下基本要求：

- a) 能抵抗管道内外的侵蚀；
- b) 能承受一定的静、动荷载；

- c) 能承受管道内外部的压力；
d) 具有良好的过流性能。
- 6.1.2 除了满足 6.1.1 中对管材的基本要求之外，顶管施工的管材还应符合以下要求：
- a) 较高的轴向承载能力；
b) 密的配合尺寸；
c) 端部要平整、垂直；
d) 管道长度方向上应保证平直度；
e) 防水接头应设置在管道壁内，不应突出于管道的内外壁；
f) 管道接头应具有传递轴向载荷的能力，同时在发生一定角度的偏斜时应仍具有防水能力。
- 6.1.3 管材应根据管道用途、管材特性及当地具体情况确定。
- 6.1.4 管道长度通常以 2.0m~3.0m 为宜，有时也采用 1.0m~1.25m 较短的管节。对于大直径的管道，一般应采用较长的管节。通常情况下，采用的单根管节的长度不宜超过顶管机或微型隧道掘进机的机身长度。
- 6.1.5 顶管机管材宜选用混凝土管、钢管、玻璃纤维塑料管和带防腐内衬混凝土管。
- 6.1.6 给水工程管道宜选用钢管或玻璃纤维增强塑料夹砂管。
- 6.1.7 输送腐蚀性水体及管外水土有腐蚀性时，应优先选用玻璃纤维增强塑料夹砂管。
- 6.1.8 用于弱腐蚀性的流体和土质的管道工程宜选用钢管或混凝土管；输送中等或中等以上腐蚀性且温度低于 40℃ 液体的管道工程宜选用带防腐内衬混凝土管或玻璃纤维增强塑料管。
- 6.1.9 顶进管道及其连接处应有足够的抵抗管道内外化学腐蚀和机械损伤的能力，管道的防护措施应和管道顶进工艺过程以及地层条件相适应。
- 6.1.10 管材所用的制作原材料、管材产品、密封圈及木垫板的质量应符合国家相关产品技术标准的要求。新型管材和接口形式应进行试验并取得可靠数据后方可采用。
- 6.1.11 管道制造商应提供顶进管道的下列详细资料：
- a) 管道的内径；
b) 管道的外径；
c) 管道的接头形式；
d) 管道连接位置的尺寸；
e) 管道长度（平均长度）
- 6.1.12 顶管管材的通用管径宜按表 1 选取。

表1 顶管管材的通用管径

单位为毫米

钢管		混凝土管		玻璃纤维增强塑料管	
内径	最小壁厚	内径	壁厚	内径	壁厚
950	10	800	80	900	30
1100	10	1000	100	1000	30
1200	12	1200	120	1200	30
1300	14	1350	135	1400	35
1400	14	1500	150	1600	40
1600	16	1650	165	1800	45
1800	16	1800	180	2000	50
2000	18	2000	200	2200	55

2100	20	2200	220	2400	60
2400	22	2400	240	2600	65
2600	24	2600	250	2800	70
2900	26	2800	250	3000	75
3100	28	3000	250	—	—
3300	30	3200	290	—	—
3500	30	3500	320	—	—

6.1.13 管道端面垂直度要根据线垂直于管道轴的管壁为基准来测量。如没有可参照的垂直管道轴线的参考面，应假设将管道从平面翻转动 180 度，然后测量出其与水平线的角度，然后除以 2 就是工作面的垂直度。

6.1.14 管道水平方向的偏差的最大值为 0.5% 的管道直径 (m)。在顶进施工钢管时，最大的偏差不应超过 1.5mm/m。

6.1.15 管道外径的误差应满足表 2 中的相关要求。

表2 管道外径的可误差

单位为毫米

直径	混凝土管道	纤维-水泥管道	钢管	玻璃钢管道	铸铁管道
150≤D≤600	±5	±5	±5	±5	±5
600<D<1200	±6	±5	±6	±7	±5
1200≤D<3000	±6	±5	±8	±10	±8
3000≤D	±12	—	—	—	—

6.1.16 管道表面凹凸度一般用管道直径的百分比表示，要求见表 3，其最大值限制在 30mm 以内。

表3 管道转向的误差可值

直径	纤维-水泥管道，铸铁管道，钢管道， 聚合物水泥管道，玻璃钢管道	加强混凝土管道，混凝土管道，钢化 纤维混凝土管道
所有	1%	2%

6.1.17 管道接头应满足下列基本要求：

- a) 密封性要求：
 - 1) 能承受管内超水压 0.5bar；
 - 2) 承受施工条件下所要求的管道内部气体超压；
 - 3) 外超水压 0.5bar 的水渗入（对较深的地下水也应满足要求）；
 - 4) 对密封性能的要求，也可根据具体的工程情况而定；
- b) 抗偏斜能力要求：管道接头在最大可偏斜的情况下应保持良好的密封性能；
- c) 在一定的剪切力/剪切运动作用下，要求管道接头能保持良好的密封性能。

6.2 钢管

6.2.1 钢管设计应同时符合顶力和正常使用抗腐蚀的要求，壁厚取两者的最大值。钢管的腐蚀量厚度应根据使用年限及环境条件确定，且不应小于 2mm。

6.2.2 钢管的制作应符合下列规定：

- a) 钢材的规格和性能应符合 GB/T 700 的要求；
- d) 管节两端头段应有加固支撑，防止运输、吊装过程中变形；

- e) 钢管管节几何尺寸可偏差应符合表 4 的规定；
- f) 管道任何位置不得有十字形焊. 纵向焊缝错开间距应大于 300mm；
- g) 管壁厚度应同时符合施工顶力和正常使用的要求。

表4 钢管管节几何尺寸可偏差

单位为毫米

项目	可偏差
周长	$\pm 0.0035D$
圆度	端头 0.005D；其他部位 0.01D
端面垂直度或错边	0.001D，且不大于 1.5
弧度	用弧长 $\pi D/6$ 的弧形板量测于管内壁或外壁纵缝处形成的间隙，其间隙为 $0.1t+0.2$ ，且不大于 4；距管端 200mm 纵缝处的间隙不大于 2
注：t 为管壁厚度。	

- 6.2.3 单节管的长度应根据钢板宽度决定，单节管在对接时纵向焊缝错开应大于 300mm。
- 6.2.4 内、外直缝宜采用埋弧自动焊。
- 6.2.5 埋弧焊时，拼缝两端应装引、收弧板，并在焊后切除，切除时不应损伤焊缝表面。
- 6.2.6 焊接坡口处应清除铁锈、油污、水分，表面须打磨光，无凹凸不平。
- 6.2.7 单节管的拼装应在专用的拼装胎架上进行。
- 6.2.8 焊缝坡口宜采用“V”型，角度宜为 60° （钢板厚度较厚时宜采用 K 型焊接）。
- 6.2.9 焊后焊缝不应有裂缝、气孔、夹渣、融合性飞溅等缺陷。
- 6.2.10 井内拼装焊接不宜修边。
- 6.2.11 拼装后待焊缝冷却，应立即进行防腐处理。
- 6.2.12 钢管应按 II 级焊缝的标准进行无损检测。焊缝质量检查应符合设计或钢结构焊接规范要求。
- 6.2.13 顶管贯通后应进行防腐层检查和修补。

6.3 钢筋混凝土成品管

- 6.3.1 管材应采用有设计资质单位提供的配筋图纸或图集进行生产，管端 200mm~300mm 范围内应有环向或其他形式加强筋。
- 6.3.2 钢筋混凝土成品管制作质量应符合 JC/T 640 的规定。
- 6.3.3 钢筋混凝土管的混凝土强度等级不宜低于 C50，抗渗等级不应低于 P8。
- 6.3.4 钢筋混凝土管应采用 F 型承插接口形式。
- 6.3.5 接头钢圈应有良好的防腐措施。防腐材料宜采用环氧煤沥青，防腐层厚度不应小于 0.2mm。在有腐蚀性介质的环境中使用时应适当加大钢圈的厚度。
- 6.3.6 顶进前应对成品钢筋混凝土管、钢套环、橡胶密封圈及衬垫材料作检测和验收。
- 6.3.7 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。
- 6.3.8 顶管施工完成后，应先将管接缝清洗、烘干，再采用弹性密封填料对管接缝进行勾缝。
- 6.3.9 管节端面应设置环形木垫圈，并用胶粘剂粘或螺钉固定。
- 6.3.10 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，承插时外力应均匀，承插后橡胶圈应不移位，不反转。
- 6.3.11 衬垫板粘贴时凹凸口对中，内外环向间隙应符合要求。

6.4 玻璃纤维增强塑料管

6.4.1 玻璃纤维增加塑料管的设计与构造应符合下列规定：

- a) 缠绕管管体抗压强度不小于 75MPa，管端抗压强度不小于 105MPa；
- b) 管材的刚度不小于表 5 中的规定数值；
- c) 缠绕成型的顶管用管的管端应增强加厚，且应有增强过渡段。增厚段长度不宜小于 250mm；
- d) 承口钢圈应采用不锈钢制作，钢圈的尺寸应符合国家标准《玻璃纤维增强塑料管》GB/T21492 的相关要求，钢圈的长度应能压住橡胶圈并留有 50mm 以上的富余量；
- e) 管端面垂直度偏差应符合表 6 的规定；
- f) 承口处宜加设木垫圈。

表5 管材的刚度值

公称直径 DN (mm)	刚度 (N/n ²)
900-1000	20000
1200~3000	15000

表6 管端面垂直度可偏差

单位为毫米

公称直径 DN	管端面垂直度偏差
800~1600	2.0
1800~3000	2.5

6.4.2 管节的生产应符合下列规定：

- a) 管节应采用定长缠绕和连续缠绕成型工艺，不得采用离心浇铸成型工艺；
- b) 顶管的端部和止水胶圈安装槽宜用车床切削加工成型，内外边的高度差小于 1mm，边棱应无毛刺；
- c) 管身厚度均匀，壁厚不应出现负偏差；
- d) 出厂前应对管节内外壁、承插口和橡胶圈进行外观检查，有损伤或变形时应进行处理或调换。

6.5 预应力钢筒混凝土管

6.5.1 预应力钢筒混凝土管的制作应符合 GB/T 19685 的有关规定执行。

6.5.2 采用 GB/T 19685 制作的预应力钢筒混凝土管仅适用于工作压力或静水压力不超过 2MPa，管顶埋深不大于 10m 的工作范围，超过此范围应另行设计。

6.5.3 承插口钢环断面形状及几何尺寸应符合设计要求，表面光滑，无重皮及麻面。

6.5.4 管子接头用的橡胶圈直径和环向应符合设计要求。

6.5.5 管材钢承接口外露部分，应清除除锈，均匀喷涂符合要求的防腐涂料。

6.5.6 管子承、插口端部管芯混凝土不应有缺料、掉角、孔洞等缺陷。

6.5.7 管内壁出现环状或螺旋状裂缝其宽度大于 0.5mm 及距管子插口端 300mm 以内出现的环状裂缝宽度大于 1.5mm 时应予修补；管子外表面非预应力区水泥砂浆保护层出现的裂缝宽度大于 0.25mm 时应予修补。管体裂缝应采用水泥浆或环氧树脂进行修补。

6.6 玻璃钢加砂管

6.6.1 玻璃钢夹砂管的制作应符合 JC/T 838 和 JC/T 695 中的有关规定执行。

6.6.2 缠绕成型的玻璃钢夹砂管的管端应增强，且应有增强过渡段。

- 6.6.3 玻璃钢夹砂管的接头可采用套筒式和承插式接口。
- 6.6.4 管节内外壁、承插口和橡胶圈应进行外观检查，有损伤或变形应进行处理或调换。
- 6.6.5 套筒式接头的玻璃钢夹砂管在顶进时应在顶铁接触的端头加设木垫层；承插式接头的玻璃钢夹砂管在顶进时，宜在每个管节处加设木垫圈。

6.7 橡胶密封圈

- 6.7.1 橡胶密封圈的材料应为耐油脂的氯丁橡胶，其性能应符合表 7 的规定，且橡胶密封圈与管材使用寿命相匹配。

表7 橡胶密封圈性能指标

项目	标准值
邵氏硬度 (°)	60±10
伸长率 (%)	N400
拉断强度 (MPa)	N13
永久变形 (70. C, 24h) (%)	<20
老化系数 (70. C, 144h)	N0.8

- 6.7.2 橡胶密封圈的横断面为鹰嘴型，整个胶圈一次制作成型，其自然周长应为对应管周长的 0.85~0.9 倍。

- 6.7.3 用于混凝土管的橡胶圈高度为 26mm±1mm，宽度为 36mm±1mm；用于玻璃纤维增强塑料管的高度为 20mm±1mm，宽度为 30mm±1mm，橡胶圈安装后的高度应高于管外径 1mm~2mm。

6.8 木垫圈

- 6.8.1 木垫圈应采用质地均匀富有弹性的松木夹板、杂木夹板或胶合板制作，厚度应为 8mm~12mm。
- 6.8.2 混凝土管木垫圈外径应与橡胶密封圈槽口齐平，内径应比管道内径大 20mm。
- 6.8.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管木垫圈应等于接头的最小外径，内径宜比管道内径大 2mm。
- 6.8.4 木垫圈的压缩模量不应大于 140MPa。

7 顶管机设备

7.1 顶管机选型

- 7.1.1 不同性能的土质应采用不同类型的顶管机，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应采用具有平衡功能类型的顶管机。

7.1.2 敞开类顶管机的类型包括：

- 机械式顶管机：采用机械掘进的顶管机，可用于岩层、硬土层和整体稳定性较好的土层；
- 挤压式顶管机：依靠顶力挤压出土的顶管机，可用于流塑性土层；
- 人工挖掘顶管机：采用手持工具开挖的顶管机，可用于地基强度较高的土层。

7.1.3 平衡类顶管机的类型包括：

- 土压平衡式顶管机：通过调节出泥舱的土压力稳定开挖面，弃土可从出泥舱排出的顶管机，可用于淤泥和流塑性粘性；
- 泥水平衡式顶管机：通过调节出泥舱的泥水压力稳定开挖面，弃土以泥水方式排放出顶管机，可用于粉质土和渗透系数较小的砂性土。

7.1.4 顶管机宜按照表 8 选型。

表8 顶管机选用参考表

序号	机头形式	适宜土层	可用土层	适应环境要求
1	大刀盘土压平衡式	淤泥质粘土, 淤泥质粉质粘土, 粉质粘土, 粘质粉土, 砂质粉土	粉砂, 暗绿色粘土, 粉细砂	高
2	土压、泥水平衡式	淤泥质粘土, 淤泥质粉质粘土, 粉质粘土, 粘质粉土, 砂质粉土, 粉砂	暗绿色粘土, 粉细砂	高
3	泥水平衡式	淤泥质粘土, 淤泥质粉质粘土, 粉质粘土, 粘质粉土, 砂质粉土	粉砂, 暗绿色粘土, 粉细砂	高
4	多刀盘土压式	淤泥质粘土, 淤泥质粉质粘土, 粉质粘土, 粘质粉土	—	一般
5	挤压式	淤泥质粘土, 淤泥质粉质粘土, 粉质粘土, 粘质粉土	—	低

7.1.5 刀盘驱动的顶管机, 应能满足开挖面的土质要求, 刀盘驱动扭矩按下列公式计算。

$$T=aD'^3$$

式中:

T—刀盘驱动扭矩(kN·m);

a—刀盘扭矩系数(kN/m²), 泥水平衡顶管机, 刀盘扭矩系数宜大于15kN/m²; 土压平衡顶管机, 刀盘扭矩系数宜大于20kN/m²;

D'—顶管机外径(m)。

7.1.6 含砾石地层可选用具有相应破碎能力的泥水平衡顶管机。

7.1.7 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>98kPa, 粘粒含量<10%, 渗透系数>10cm/s, 并有严重流砂时, 宜采用泥水平衡或开挖面加高浓度泥浆的土压平衡的顶管掘进机施工。

7.1.8 地面沉降有严格要求时, 应选择对正面阻力有精确计量装置的平衡式顶管机。

7.2 设备安装

7.2.1 顶管后座安装应符合下列要求:

- 顶管的后座可采用拼装式后座和整体式后座;
- 顶管后座的反力墙应整平;
- 后座应满足千斤顶最大顶力的要求;
- 后座应与顶进轴线垂直, 与反力墙之间宜设传力装置。

7.2.2 导轨安装应符合下列要求:

- 导轨宜选用钢质材料制作;
- 导轨安装前, 应先复核管道中心位置, 导轨的高度应与穿墙管标高相对应;
- 两导轨安装应顺直、平行、等高, 并固定牢靠;
- 导轨对管道的支承角宜为 60°;
- 导轨安装的可偏差如下:
 - 轴线位置: ±3mm;
 - 标高: 0~+3mm;
 - 轨道内距: ±2mm。

7.2.3 千斤顶支架的安装应符合下列要求:

- a) 千斤顶支架应牢固安装在工作井底板上，两边支架应平行、等高、对称，安装轴线应与管道设计轴线一致；
 - b) 玻璃纤维增强塑料管顶管支架安装应使主顶千斤顶的合力中心与管道中心重合；其余管道的千斤顶合力中心宜在管道中心下方。
- 7.2.4 主顶千斤顶的安装及调试应符合下列要求：
- a) 主顶千斤顶应并联工作；
 - b) 每台千斤顶应设置油路断路器；
 - c) 分别对每台千斤顶进行调试，检查油压达到额定压力。
- 7.2.5 主顶液压泵站的安装及调试应符合下列要求：
- a) 主顶液压泵站的油箱容积总和应为千斤顶用油量总和的 2~3 倍，油管直径应与千斤顶的大小和数量匹配；
 - b) 主顶液压泵站安置的场地应平整压实、通风、防雨，必要时配备降温措施；
 - c) 主顶液压泵站应靠近千斤顶安装。设定工作压力不得超出液压泵的最高额定压力，且不能长时间在额定压力下连续工作；
 - d) 油管的承压能力不小于液压泵站最高压力的 1.5 倍，安装时应顺直，不宜使用过长的油管。
- 7.2.6 顶管机正式起吊前应进行试吊，试吊中检查全部机具、场地受力情况，系好溜绳，平稳起吊，吊装人员不能站立在吊臂和顶管机下方。
- 7.2.7 顶管机下放至距离导轨 50cm 时，调整顶管机的吊放位置，并使顶管机的刀盘超出导轨，然后缓慢放下。
- 7.2.8 顶管机顶进前应进行调试，调试应符合下列要求：
- a) 连接顶管机与操作台的各种电缆，检查顶管机的各数据显示归零；
 - b) 正、反转动刀盘应平稳，电机转动电流无突变；
 - c) 纠偏系统的动作应反应及时，纠偏动作伸缩量应与操作台的数值一致；
 - d) 检查刀盘的外径，刀盘外径应符合所应用地层的要求；
 - e) 检查尾部变形情况，确保与管节插口密封。
- 7.2.9 泥水平衡顶管的泥水循环系统安装应符合下列要求：
- a) 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；
 - b) 进浆泵宜靠近泥浆箱安装，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；
 - c) 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；
 - d) 管路拐弯处应使用弯头连接。
- 7.2.10 土压平衡顶管施工的排渣设备安装应符合下列要求：
- a) 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 度；
 - b) 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；
 - c) 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。
- 7.2.11 泥浆搅拌桶和压浆泵应根据注浆量和注浆压力选用，并宜靠近泥浆箱安装。
- 7.2.12 注浆主管管径不应小于 40mm，并宜分段设置球阀。
- 7.2.13 每个注浆孔应安装单向阀，每组支管应单独设置球阀。
- 7.2.14 顶管机后面第 1~3 节管应安装注浆管，后续管节可按需要设置。

- 7.2.15 混凝土管及玻璃纤维增强塑料管使用环形顶铁，钢管采用马蹄形顶铁或U形顶铁。环形顶铁应具有足够的刚度，顶管轴向高度与外径之比应为10%~15%。
- 7.2.16 土压平衡顶管顶铁应采用U形顶铁，其初始长度应符合运泥车吊
- 7.2.17 出空间的要求。泥水平衡顶管顶铁可采用倒U形顶铁或环形顶铁。
- 7.2.18 安装前应检查顶铁规格和完好性，不同规格的顶铁不宜混用。
- 7.2.19 测量控制点应设置在稳定可靠、不易扰动、通视良好、易于标识的位置。
- 7.2.20 激光经纬仪安装架应固定在工作井底板上，每次顶进前应进行复核。

8 顶管施工

8.1 一般规定

- 8.1.1 顶管工程施工前应对下列施工现场的情况进行核查：
- 现场地形、地貌、河流、沟渠等水文地貌情况；
 - 顶管路由上及附近的建(构)筑物、桥梁、公路铁路等相关建筑、设施；
 - 现状地下管线、地下构筑物、地铁等市政设施和其他障碍物情况；
 - 架空电缆电线、灯杆线杆、树冠等施工占地，施工用水排水、用电、交通运输等。
- 8.1.2 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。
- 8.1.3 钢管运输时管节两端头应有支撑措施，现场拼接时应用楔形块打尖对齐，焊接时应有足够的作业空间，外防腐应在焊缝降温达到要求后进行，内侧防腐可在贯通后统一进行。
- 8.1.4 管材堆放场地应平整坚实，堆放时应垫稳，防止滚动，不宜多层叠放。
- 8.1.5 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。
- 8.1.6 穿越河道时，应复测河床，并进行施工阶段管道抗浮复核，必要时采取抗浮措施。
- 8.1.7 单个顶铁的长度应比主顶千斤顶行程小100mm~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。
- 8.1.8 管道内照明应符合下列要求：
- 与动力电源分开，设置独立照明电源控制；
 - 采用低压照明，电压不宜大于36V。
- 8.1.9 应根据顶进长度、施工方法采用鼓风或压缩空气方式进行管内通风，压缩空气通风时应设油烟过滤装置，下列情况应进行通风作业：
- 施工人员进入管道前30min以及在管道内作业时；
 - 水汽、烟雾对测量激光束有影响时。
- 8.1.10 施工时，工作面、井内与地面的通信应保持畅通。
- 8.1.11 顶管施工宜连续作业。但出现下列情况时，应停止顶进：
- 顶管机遇障碍；
 - 井体破坏；
 - 设备损坏或故障；
 - 管线偏差过大或纠正无效；
 - 顶力突变超过管节的可顶力。
- 8.1.12 顶管过程中停滞时间超过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。
- 8.1.13 顶管穿越铁路或公路时，尚应符合铁路或公路行业的相关技术和安全规定。

8.2 工作井

8.2.1 选址

工作井的位置应按以下因素确定：

- a) 利用管线上的工艺井；
- b) 考虑排水、出土和运输方便；
- c) 靠近电源和水源；
- d) 远离居民区 and 高压线；
- e) 避免对周围建、构筑物 and 设施产生不利的影响；
- f) 当管线坡度较大时，工作井宜设置在管线埋置较深一端；
- g) 在有曲线又有直线的顶管中，工作井宜设在直线段的一端。

8.2.2 结构形式

工作井的结构形式包括：

- a) 可采用钢板桩、沉井、地下连续墙、灌注桩或 SMW 工法；
- b) 当工作井埋置较浅、地下水位较低、顶进距离较短时，宜选用钢板桩或 SMW 工法。工作井内水平支撑应形成封闭式框架，在矩形工作井水平支撑的四角应设斜撑；
- c) 在顶管埋置较深、顶管顶力较大的软土地区，工作井宜采用沉井或地下连续墙；
- d) 当场地狭小且周边建筑需要保护时，工作井宜优先选用地下连续墙；
- e) 在地下水位较低或无地下水的地区，工作井可选用灌注桩；
- f) 除沉井外其他形式的工作井，当顶力较大时皆应设置钢筋混凝土后座墙。

8.2.3 工作井平面形状

工作井可分为圆形、矩形和多边形三种。

管线交叉的中间井和深度大的工作井宜采取圆形或多边形工作井。

8.3 接收井

8.3.1 结构形式

接收井的结构形式包括：

- a) 接收井可采用钢板桩、沉井、地下连续墙、灌注桩及 SMW 法等结构形式；
- b) 专为施工用的临时接收井可不作钢筋混凝土内衬。

8.3.2 尺寸确定

接收井内净最小宽度应按下式计算：

$$B=D_1+2X1000$$

式中：

B——接收井内净最小宽度(mm)；

D_1 ——顶管机外径(mm)。

接收井的最小内净长度应满足顶管机在井内拆除和吊出的需求。

接收井尺寸应满足工艺管道连接的要求。

8.3.3 接收口

接收井的接收口尺寸应按下式确定：

$$D' = D1 + 2(c + 100)$$

式中：

D' ——接收孔的直径(mm)；

c ——管道可偏差的绝对值(mm)。

出井墙孔和接收井的接收孔处于流砂层时，孔外的砂性土层应经过地基处理。

管道进接收孔后，应按设计要求将接收孔和管道之间空隙封堵。当接收井与管道之间可能产生不均匀沉降时，应采用柔性材料封堵。

8.4 始发与到达

8.4.1 顶管始发顶进应符合下列规定：

- a) 始发前应做好顶管机械、设备的相关检查和联动试运转，应无故障始发；
- b) 拆除封门后，顶管机应连续顶进，直至洞口及止水装置发挥作用为止；
- c) 始发时，顶管机与后方2节~3节机头管应采用螺栓或焊接等刚性连接；
- d) 顶管机刀盘全部进洞后，洞口止水圈与顶管机的间隙应均匀、密封应良好；
- e) 始发阶段，当端面土体压力过大时，应采取止退措施；
- f) 始发阶段，应控制顶进的速度和方向，采取防扭转措施；
- g) 始发阶段，应设定试验段，并应观察和记录水文地质情况、地层变形、基坑变化等监控量测数据，并应监控顶力、刀盘扭矩、机身旋转、电流及泥土仓压力等数据。

8.4.2 顶管机穿越洞口加固区时应采取防扭转措施，顶进速度宜控制在0~10mm/min。

8.4.3 顶管机轴线总偏移量超过50mm时，应将整段管道往后拖拉至偏移量小于10mm处再重新顶进。

8.4.4 到达顶进应符合下列规定：

- a) 应按设计要求进行洞口土体加固（止水），顶管机进井前，接收井应清理干净，准确测量底板标高。接收装置应预先准备就位，并应调整至适当标高。接收装置、临时支撑的承载力、刚度和稳定性应经过验算合格后方可使用；
- b) 拆除洞口封门时应采取措施减少对土体的扰动；
- c) 当顶管机到达接收井洞口土体加固段时，应逐渐降低掘进速度，并应加强接收井及周围地表监测。当变形超过预警时，应采取有效措施后方可继续顶进。

8.5 管材吊装

8.5.1 吊装设备的选用应根据工作场地条件和管节的重量和尺号确定，宜用汽车吊或龙门吊。

8.5.2 安装护口铁等措施保护好管口。

8.5.3 第一节管下到导轨上时，应测量管的中线及前后端管底高程，校核导轨安装的准确性。

8.6 泥水平衡顶进

8.6.1 顶进时应经常检查循环泥浆粘度，应控制为22s~35s。

8.6.2 顶进前应检查泥水压力，泥水压力应控制在高出地下水压力20kPa~40kPa。先内循环，微调泥水压力待稳定正常后，再外循环正常顶进。

8.6.3 泥水循环排土时，宜采用泥水处理器分离泥浆中的渣土。

8.6.4 每段管节正常顶进完成后，在停机前宜进行泥水内循环2~3min。

8.6.5 拆卸泥浆管时应关闭井内泥水循环管截止阀。

8.7 土压平衡顶进

- 8.7.1 初始顶进时，出土量宜为理论出土量的 95%。正常顶进时，出土量应控制在理论出土量的 98%~100%。
- 8.7.2 排泥时应控制泥土仓的土压力。泥土仓的土压力应比管道所在的地层位置的主动土压力大 10~30kPa。
- 8.7.3 顶进排土时，打开出土器的出土闸门要缓慢，防止泥浆从出土口喷涌。
- 8.7.4 在含水量少的土层顶进排土困难时，应向刀盘内注水或加气以改良土质，增加切削土体的流动性。
- 8.7.5 在砂层中顶进时，宜在切削面注入泥粉或泡沫剂，改变砂土的流动性和抗渗性。
- 8.7.6 在黏性土层中顶进时，适量注入分散剂，降低土体的黏稠度。
- 8.7.7 注入口（注浆注水口/泥粉注入口）宜设置在刀盘中心前面及刀盘辐条上，提高搅拌混合效率；注入口安装防护头和单向阀。
- 8.7.8 每段管节顶进完成后，在停止顶进后应继续转动刀盘将泥土仓内的土体搅拌均匀。
- 8.7.9 采用矿车出土时，应注意及时停止顶进；采用土砂泵运输时应注意排土的流动性和均匀性。

8.8 手掘式顶进

- 8.8.1 下列情况下不得采用人工掘进顶管：
- 穿越的土层为不能自稳的流砂、流泥、涌水地层时；
 - 穿越河流、水塘等水域时。
- 8.8.2 下列情况下应严格限制采用人工掘进顶管：
- 地下水位以下穿越铁路、高速公路、建（构）筑物及重要的地下管线时；
 - 周边环境对地基变形要求严格时。
- 8.8.3 当采用其他工法难以实现管道敷设，采用人工掘进顶管时，应按下列规定执行：
- 管外径不得小于 1.2m，或大于 2.0m，一次顶进长度不宜超过 60m；
 - 宜采用带刃口的手掘式工具头，管径较大或地层较松散时，应采用网格式或挡板式工具头；
 - 挖土时，应自上而下分层开挖。在可超挖的稳定地层中，管径超挖量不得大于 15mm，迎面超挖量不应大于 300mm，并采取安全保护措施；
 - 宜采用纠偏油缸进行纠偏。在土体稳定时，可采用偏心挖土方式纠偏，但超挖量应不超过 5cm。在软土中顶进时宜将前 3~5 节管体与工具头连成一体；
 - 管内弃土宜采用手推车或小型矿车运输；
 - 施工时应保持管道内有效的通风条件，最小风量应符合每人供应新鲜空气 1m³/min；
 - 应加强对周边环境设施的监测，必要时应采取加固等保护措施。

8.9 测量与纠偏

- 8.9.1 顶管施工应建立地面与地下测量控制系统。
- 8.9.2 测量控制点应设在不易扰动、视线清楚、便于校核和易于保护处。
- 8.9.3 顶管放线测量应符合下列要求：
- 顶进的方向和坡度应以设计轴线为基础，并根据顶管井的洞口中心坐标和高程确定；
 - 直线顶进时应采用通视法投放测量顶管控制点；
 - 不能通视时，采用前方交汇法，并不少于 3 个测回。
- 8.9.4 顶进监测应符合下列要求：

- a) 在顶进期间，应每天检查测量仪器及其位置，并对引测点进行复测。发现工作井位移、沉降、变形时应及时对引测点进行复核；
- b) 直线顶进施工应采用激光经纬仪或其他具有激光发射功能的测量仪器，实时测量监控。激光发射的有效距离应大于顶进的长度；
- c) 初始顶进阶段每顶进 500mm 记录一次，正常顶进时每顶进一节管节记录不应少于一次；
- d) 顶进过程中宜绘制顶管机水平与高程轨迹图、顶力变化曲线图。

8.9.5 纠偏应符合下列要求：

- a) 起始纠偏位置和纠偏量应根据土质、管材以及顶管机的特点设定，纠偏角度不宜大于 0.5° ；
- b) 当偏差稳定在 $\pm 3\text{mm/m}$ 时，应停止纠偏。

8.9.6 测量成果应有精度分析，并提供管道终点测量可能达到的最大误差。原始记录和测量分析资料应完整存档。

8.10 触变泥浆

8.10.1 触变泥浆可用于粘性土、粉质土和渗透系数不大于 10^{-5}m/d 的砂性土。渗透系数较大时应另加化学稳定剂。

8.10.2 渗透系数大于或等于 10^{-5}m/d 的粗砂和砂砾层宜采用高分子化学泥浆。

8.10.3 注浆材料应符合下列要求：

- a) 优先选用钠基膨润土，必要时还应添加纯碱和高分子化学聚合物；
- b) 干净的淡水水源；
- c) 触变泥浆配合比应符合表 9 的要求。

表9 触变泥浆配合比

比重 (g/m^3)	粘度 (s)	失水量 ($\text{cm}^3/30\text{min}$)	pH 值	静切力 (Pa)	稳定性
1.01~ 1.06	30-50	<25	8~10	100	静置 24h 无 离析

8.10.4 触变泥浆减阻应遵循“机尾为主、先注后顶、边顶边注、不注不顶”的原则，注浆控制应符合下列要求：

- a) 始发顶进 30m 后开始注浆；
- b) 理论注浆压力宜比地下水压力大 20kPa；
- c) 第 1~3 节保持顶进连续注浆，后段可采用循环式间断补浆；
- d) 注浆应持续到顶管机到达为止。

8.10.5 注浆以压力控制为主，注浆量控制为辅，理论注浆量应为超挖量的 1.5 倍。

8.11 中继间

8.11.1 中继间的设计可顶力不应大于管节相应设计转角的可顶力。

8.11.2 中继间性能应满足以下要求：

- a) 中继间的可转角宜大于 1.2° ；
- b) 中继间的合力中心应可调节。

8.11.3 中继间的选择：

- a) 顶进土层为粉土和砂性土时密封圈压紧度应可调节；
- b) 超长距离顶管宜采用密封性能可靠、密封圈压紧度可调及可更换的密封装置。

- 8.11.4 中继间顶力富裕量, 第一个中继间不宜小于 40%, 其余不宜小于 30%。
- 8.11.5 中继间在曲线段或轴线偏差段运行时, 应及时调整合力中心, 确保中继间转角不扩大。
- 8.11.6 超长距离顶管的中继间应采用计算机联动控制。
- 8.11.7 中继间拆除后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。
- 8.11.8 钢管中继间拆除后, 应在薄弱断面处加焊内环。
- 8.11.9 中继环的技术性能应符合下列要求:
- 壳体结构应有足够的强度和刚度;
 - 千斤顶行程应能符合纠偏的要求, 且不宜超过 300mm;
 - 采用单作用千斤顶, 千斤顶应沿周长均匀布置;
 - 密封装置宜采用径向可调形式, 密封配合面应加工光滑, 密封材料应耐磨;
 - 超长距离顶管工程的中继环应具有可更换密封止水圈的功能。
- 8.11.10 中继环的设置位置应根据设计顶力计算确定, 第一个中继环的设计顶力应保证其最大可顶力能克服前方管道的外壁摩擦阻力和顶管机的迎面阻力之和; 后续中继环设计顶力应能克服两个中继环之间的管道外壁摩擦阻力。设计顶力严禁超过管材可顶力, 应留有足够顶力安全系数。
- 8.11.11 中继环安装运行应符合下列要求:
- 中继环安装前应对各部件进行检查、调试, 确认正常后方可安装, 并通过试运转合格后方可使用;
 - 中继环最大使用顶力为其设计顶力的 90%;
 - 中继环的启动应在主千斤顶顶力达到设计选用顶进管材材料可顶力的 80%~90%之前进行;
 - 超长距离顶管的多个中继环应采用计算机联动控制。
- 8.11.12 中继环拆除应符合下列要求:
- 千斤顶压缩到最小行程;
 - 拆除千斤顶和临时部件;
 - 中继环外壳不拆除的, 应在安装前进行防腐处理;
 - 钢管顶管中继环拆除后, 有抗浮要求时应在薄弱断面处加焊内环。

8.12 排泥

泥水平衡顶管采用泥水排放, 用管道输送。

土压平衡顶管宜采用排泥泵或运输小车排土。

采用泥水排放出泥的, 应设置泥浆沉淀池。

8.13 通风

8.13.1 管道内应设置通风装置及有毒有害气体检测报警装置。

8.13.2 送风口宜设在距顶管机 12m~15m 处。

8.13.3 对管径较小、顶进距离较长的管道, 宜采用压缩空气送风。

8.13.4 供气量不应小于每人 25~30m³/h, 出口空气质量应符合环保要求。

8.13.5 有毒有害气体控制指标如下:

- 含氧浓度(O₂): 19%~21%为正常范围; 17%为报警值, 小于等于 12%时现场施工人员应全部撤离;
- 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; 大于等于 1%要疏散作业人员, 切断电源和火种;

- c) 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；
- d) 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，现场施工人员应全部撤离。

8.14 供电

- 8.14.1 顶管施工用电输出端宜分 3 路，分别供工作井井上供电系统、井下顶管系统及井内主千斤顶用电。
- 8.14.2 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。
- 8.14.3 井内与管内照明应采用 36V 的低压防爆行灯。
- 8.14.4 管内供电系统应配备触电、漏电保护装置。

9 监测与质量验收

9.1 监测

- 9.1.1 顶管施工过程应进行监测。监测方案应包含监测对象、监测项目、测点布置、监测频率、报警值及应急监测要求等内容。
- 9.1.2 现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法。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开展情况；
 - 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。
- 9.1.3 顶管穿越铁路、公路或其他设施时，除应符合 GB 50268 的有关规定外，还应遵守铁路、公路或其他设施的有关技术安全的规定。
- 9.1.4 当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。
- 9.1.5 监测结束阶段，监测单位应向委托方提供下列资料：
 - a) 顶管工程监测方案；
 - b) 测点布置、验收记录；
 - c) 阶段性监测报告；
 - d) 监测总结报告。
- 9.1.6 监测点应稳固、明显、结构合理，监测点的位置应避开障碍物，便于观测。监测点应避开管材堆载、余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。
- 9.1.7 顶管监测宜由建设单位委托具有监测资质的单位执行。
- 9.1.8 顶进施工期间，管道线路上的仪器监测项目符合表 10 的规定。

表10 监测项目

项目		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
后靠背变形		宜测
管道应力		宜测
管道内气体		宜测
<p>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。</p> <p>注2：地面沉降沿轴线布置监测点。</p>		

9.1.9 顶管机距监测点 5 倍管道直径后开始监测，离开监测点 5 倍管道直径后降低监测频率直至稳定，具体监测频率宜符合表 11 的规定。

表11 顶管工程周边环境监测报警值和监测频率

项目			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	
			柔性管线	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	0.1H/100	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
<p>注1：若出现异常情况，应提高监测频率。</p> <p>注2：H为建(构)筑物承重结构高度。</p> <p>注3：第3项累计值取最大沉降和差异沉降两者的小值。</p> <p>注4：当有危险事故征兆时，应实时跟踪监测。</p>							

9.1.10 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。

9.1.11 结束监测的标准应符合下列规定：

- 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；
- 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；
- 当管线周边存在有对变形要求严格的建（构）筑物，应适当延长监测时间。

9.1.12 应急监测应符合下列规定：

- 当监测值超过绝对值时应启动应急监测；
- 对测点进行加密；
- 加大监测频率或实行实时监测直到应急结束。

9.2 质量验收

- 9.2.1 工程所用的管材、中间产品和主要原材料等产品进入施工现场时应进行进场验收并妥善保管。进场验收按照各专业和行业有关规定执行。
- 9.2.2 在质量检验、验收中使用的计量器具和检测设备，应经计量检定、校准合格后方可使用。原材料和中间产品的送检项目和频率应符合表 12 的规定。

表12 原材料和中间产品的送检项目和频率

分部分项名称	项目	材料名称	试验项目	试验取样频率	送检数量	参照规范
顶管井混凝土结构	原材料、中间产品	钢筋	屈服、极限抗拉强度、伸长率、冷弯	同牌号、同炉号、同规格、同交货状态，每 60t 取一次，不足 60t 也取一次	拉伸试验 2 根、冷弯试验 2 根	CJJ2—2008 6.5.1
		钢筋焊接接头	屈服、极限抗拉强度、伸长率	300 个同牌号、同形式钢筋接头为一批	拉伸试验 3 根	JGJ18—2003 5.4.1
		砂土	标准锤击试验	1000m ² /层（30cm 一层）取样一次	2 组/次	GB50268—2008 4.6.3
		水泥	强度、细度、安定性和凝固时间	同生产厂家、同批号、同品种、同出厂日期且连续进场的袋装水泥每 200t 为一批，每批取样一组	12kg/组	CJJ2—20087. 13.1
顶管井混凝土结构	混凝土试件	混凝土	抗压强度	每构筑物的同一配合比混凝土，每拌制 100m ³ 且每一台班取一组	3 个/组	GB50141—2008 6.2.8
			抗渗强度	同一配合比，每构筑物按底板、池壁和顶板等部位，每一部位每浇筑 500m ³ 混凝土为一批	6 个/组	
管材	混凝土管	成品管材(出厂抽检)	外压裂缝荷载	从外观质量、尺寸及偏差、混凝土强度合格的管子中抽取二根，其中一根进行外压裂缝荷载检验	1 根/批	JC/T640—2010 8.2.3

			内水压检验	对另一根进行内水压检验。如果一项检验不合格，则可再抽取二根进行复检；如其中仍有一根不合格，则判定该批产品不合格	1根/批(DN600—1350, 700根/批；DN1500—2400, 650根/批；DN2600—3000, 500根/批)	
管材	钢管	成品管材(出厂抽检)	纵向力学性能	按同一厂家、同一原料、同一规格、同一压力等级或管系列、同一个月内进场时间的材料为一检验批	1根/批	GB/T8163 中表2的规定
			压扁试验	按同一厂家、同一原料、同一规格、同一压力等级或管系列、同一个月内进场时间的材料为一检验批。试样应无裂缝或裂口	1根/批	GB/T8163
		外防腐层	厚度	每20根1组(不足20根按1组), 每组抽查1根测管两端和中间共3个截面	每截面测互相垂直的4点	GB50268—2008 5.9.4
			电火花检漏	全数检查	全数检查	
			粘附力	每20根为1组(不足20根按1组), 每组抽1根	每根1处	
		涂料类内防腐层	干膜厚度	每根(节)	两个断面, 各4点	GB50268—2008 5.9.3
管材	玻璃纤维增强塑料管	成品管)	巴氏硬度和水压渗漏试验等	以300根相同工艺、相同公称直径、相同轴向压缩强度等级、相同压力等级和相同刚度等级的管材为1批, 不足300根的按1批处理。1批中随机抽取2根, 其中一根用于进行外观质量、尺寸不含内衬厚度、巴氏硬度和水压渗漏试验; 一根用于内衬厚度、不可溶分含量和力学性能检验荷载检验	2根/批	GB/T 21492—2008
			内衬厚度和力学性能检验等			

9.2.3 检验批、分项工程、分部（子分部）工程、单位（子单位）工程的验收应及时进行，未经检验或验收不合格不得进行下道工序，具体验收项目和标准按照各行业有关规定执行。验收抽检项目和频率应符合表 13 的规定。

表13 抽检项目和频率

分部分项名称	项目	试验项目	试验取样频率	抽检数量	参照规范
钢管对接	钢管接缝现场焊接	超声波检测	按照设计要求或按照规范 GB/T11345—89		GB/T11345—89
		X 射线检验	按照设计要求或按照规范 GB/T11345—89		GB/T11345—89
钢管对接	钢管接缝外防腐	厚度	逐个检测，每个随机抽查 1 个截面	每个截面测互相垂直的 4 点	GB50268—2008 5.10.4
		电火花检漏	全数检查	全数检查	
		粘附力	每 20 个焊缝抽 1 个		
	钢管接缝内防腐	干膜厚度	每个现场焊缝	两个断面，各 4 点	GB50268—2008 5.10.3
管道验收	无压管道	闭水试验	按井段数量抽样选取 1/3 进行试验		GB50268—2008 9.2.6
	压力管道	管道水压力试验	宜小于 1000m 为 1 段	1 次每段	GB50268—2008 9.1.9
	所有管道	CCTV 视频录像	按井段数量抽样选取 1/3 进行试验	1 次每段	福州市有关规定
工作井/接收井	回填砂/土	压实度试验	500m ² /层，每层每侧一组	3 点/组	GB50141—2008 表 4.7.7

9.2.4 顶进贯通后的管道可偏差应符合表 14 的规定。

表14 表 7.2.4 顶管管道顶进可偏差

单位为毫米

检查项目		可偏差		检查频率		检查方法	
		玻璃纤维增强塑料夹砂管，钢筋混凝土管	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	用经纬仪，或挂中线用尺测量
		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	$D_1 < 1500$	+30, -40	+60, -60	用水准仪或水准仪测量
			$D_1 \geq 1500$	+40, -50	+80, -80	
		300m ≤ 顶进长度 < 1000m		+60, -80	+100, -100	
3	曲线顶管水平轴线	$R \leq 150D_1$	水平曲线	150		用经纬仪测量
			竖曲线	150		
			复合曲线	200		
		$R > 150D_1$	水平曲线	150		
			竖曲线	150		
			复合曲线	150		
4	曲线顶管内底高程	$R \leq 150D_1$	水平曲线	+100, -150		用水准仪测量
			竖曲线	+150, -200		
			复合曲线	±200		
		$R > 150D_1$	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、玻璃纤维增强塑料夹砂管	≤2		用水准仪测量	
		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	≤ΔS		用尺测量		
7	钢管、玻璃纤维增强塑料夹砂管管道环向变形	≤0.03D ₁				
8	对顶时两端错口	50				
<p>注1: L 为顶进长度 (m); D₁ 为管道外径 (mm); ΔS 为曲线顶管相邻管节接口可的最大间隙与最小间隙之差 (mm), 一般可取 1/2 的木垫圈厚度; R 为曲线顶管的设计曲率半径。</p> <p>注2: 对于长距离的直线钢顶管, 除应满足水平轴线和高程可偏差外, 尚应限制曲率半径 R₁; 当 D₁ ≤ 1600 时, 应满足 R₁ > 2080m; 当 D₁ > 1600 时, 应满足 R₁ ≥ 1260D₁。</p>						

9.2.5 竣工验收时施工单位应提供施工技术资料和施工管理资料。

9.2.6 施工技术资料应包括施工组织设计、竣工测量资料、竣工图等。

9.2.7 施工管理资料应包括下列内容:

- a) 材料的产品合格证、材质单、分析检验报告和设备的合格证、质检部门核发的特种设备质量证明文件和设备竣工图、安装说明书、技术性能说明书和备件的移交证明;
- b) 施工单位检查、检验和记录等资料。

9.2.8 顶管工程验收合格后, 建设单位应按照基本建设程序, 对工程勘察、设计、施工、监理等评价, 内容包括验收时间、程序、内容和组织形式, 验收意见等。

附 录 A
(资料性附录)
机械顶进操作记录表样例

A.1 机械顶进操作记录表

表A.1 机械顶进操作记录表样例

工程名称						第 页
施工日期		分段标记		管节号		
顶进方式		顶进段长度	m	管径		m
记录时间						
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						
激光点在光靶 上坐标 (mm)	X Y					
纠偏靶 图示						
刀盘仓土体压力 (MPa)						
土质情况						
备注	1. 第 节管, 准备工作始于: 结束于 : ; 顶进工作始于 : 结束于 : ; 2. 第 节管, 准备工作始于: 结束于 : ; 顶进工作始于: 堵束于 : 1 3. 其他: 操作人:					

注1：管节顶进长度为0时的主顶压力等的示数为初始值；

注2：倾斜角（°）上仰为+，下俯为-；偏转角从工作坑方向着，顺时针偏转记+，逆时针偏转记-；

注3：激光点坐标在靶区横轴的上为+，下为-；竖轴的右为+，左为-。+可省略；

注4：表中每一个具体段落顶进的共用部分可打印，其它应手写。

A.2 各种顶管机的地质适用表

表A.2 各种顶管机的地质适用表样例

地层		敞开式顶管机			平衡式顶管机		
		机械式	挤压式	人工挖掘	土压平衡	泥水平衡	泥水加压（气压）平衡
无地下水	胶结土层、强风化岩	★★			★	★	★
	稳定土层	★★	★	★	★	★	★
	松散土层	★	★	★	★★	★	★
	中风化岩、微风化岩、岩石、卵砾石	★			★	★	★
地下水位以下地层	淤泥 fk>30kPa		★		★★	★	★
	黏性土 含水量<30%		★★		★★	★	★
	黏性土 含水量>30%					★★	★
	粉质土				★	★★	★
	砾土 k<10-4cm/s					★	★★
	砂土 k<10-4-10-3cm/s					★	★★
	砾砂 k<10-3-10-2cm/s					★	★★
	中风化岩、微风化岩、岩石、卵砾石				★	★	★
含障碍物					★	★★	

注1：★★——首选机型；★——可选机型；空格——不宜选用；
注2：顶进地层一时宜选用表中的“首选机型”；在复杂地层顶进时，应根据可能的地层选择“首选机型”或“可选机型”；
注3：中风化岩、微风化岩、岩石地层采用敞开式顶管法时，需要采用可钻进破碎岩石的挖掘设备；
注4：fk为地基承载力，k为地层渗透系数。

附 录 B
(规范性附录)
检验批质量验收记录表

B.1 排桩井施工检验批质量验收记录表

表B.1 排桩井施工检验批质量验收记录表

工程名称		分项工程名称		验收部位																
施工单位		专业负责人		项目经理																
施工执行标准 名称及编号				检验批编号																
质量验收规范规定			施工单位检查评定记录																	
			监理（建设）单位 验收意见																	
主控 项目	1	工作坑所用材料应符合现行国家产品 标准和设计要求																		
	2	混凝土强度等级及钢筋布置应符合设计 要求																		
	3	井中心定位参数应符合设计要求																		
一般 项目	1	工作坑定位应符合设计要求																		
	2	工作坑防水应符合设计要求																		
	项目		可 偏差	实测偏差或实测值																
	3	井壁	断 面 尺 寸	长、宽 mm	±0.5%，且 不应大于 100															
				半径 mm	±0.5%，且 不应大于 50															
				对 角 线 长度 mm	对 角 线 长 度 的 1%															
			坑（井）壁厚 度，mm	±15																
		坑（井）壁垂 直度	H/100																	
		预埋件、预留 孔位，mm	±20																	
	4	装 配 式 后 背 墙	垂 直 度	H/1000																
水 平 扭 转 度			L/1000																	
施工单位																				

检查评定结果	项目专业质量检查员			年	月	日
注1: H 为装配式后背墙高度, mm。 注2: L 为装配式后背墙长度, mm。						
监理(建设) 单位验收结论	(建设单位项目代表)			年	月	日
注1: H 为装配式后背墙高度, mm。 注2: L 为装配式后背墙长度, mm。						

B.2 沉井施工检验批质量验收记录表

表B.2 沉井施工检验批质量验收记录表

工程名称			分项工程名称			验收部位	
施工单位			专业负责人			项目经理	
施工执行标准 名称及编号					检验批 编号		
质量验收规范规定				施工单位检查评定记录		监理(建设)单位 验收意见	
主控项目	1	混凝土的水泥、细骨料、粗骨料、拌和水、掺加剂等材料应符合设计要求和国家现行有关产品标准要求					
	2	混凝土强度等级应符合设计要求, 混凝土强度试件应在浇筑地点随机取样					
	3	混凝土抗渗等级、抗冻等级应符合设计要求					
	4	竖井中心定位参数应符合设计要求					
一般项目	1	裂缝宽度应符合设计要求					
	2	蜂窝、麻面面积不应超过检验表面积的1%					
	3	表面平整度不大于5mm					
	4	沉井下沉破土对称、均匀, 不发生突然沉降					
	5	沉井封底、回填施工符合设计要求与规范规定					
	6	沉井的防水等级应符合设计要求					
项目		可偏差		实测偏差或实测值			

B.3 管道顶进检验质量验收记录表

表B.3 管道顶进检验质量验收记录表

工程名称		分项工程名称		验收部位																		
施工单位		专业负责人		项目经理																		
施工执行标准 名称及编号				检验批 编号																		
质量验收规范规定			施工单位检查评定记录		监理（建设）单位 验收意见																	
主控项目	项目	可偏差 mm	实测偏差或实测值																			
	1	轴向平面位置	±50																			
	2	轴线高程	±50																			
	3	地面最大隆起	+30																			
	4	地面最大沉降	-30																			
施工单位检查 评定结果	项目专业质量检查员																			年	月	日
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师 （建设单位项目代表）																			年	月	日
注：两边对顶时，错口可偏差为50mm。																						

B.4 顶管隧道防水检验批质量验收记录表

