

地下管线非开挖铺设工程 施工及验收技术规程 第2部分：顶管施工

Code for construction and acceptance of underground
pipeline project installed by trenchless method
Part 2: Pipe jacking construction

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

北京市质量技术监督局

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 一般规定..... 3

5 顶管施工..... 4

 5.1 施工测量..... 4

 5.2 工作坑..... 4

 5.3 后背及后背墙..... 6

 5.4 顶管施工机械设备选择与安拆..... 9

 5.5 顶进施工..... 13

 5.6 顶进后处理..... 16

6 质量验收..... 16

7 顶管施工安全、卫生与环境保护..... 17

 7.1 施工安全..... 17

 7.2 施工卫生与环境保护..... 19

附录 A （资料性附录） 机械顶进操作记录表 21

参考文献..... 22

前 言

DB11/T 594《非开挖地下管线铺设工程施工及验收技术规程》分为三部分：

- 第1部分：水平定向钻进施工；
- 第2部分：顶管施工；
- 第3部分：夯管施工。

本部分为DB11/T 594的第2部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009的规则起草。

本部分由北京市市政市容管理委员会和北京市住房和城乡建设委员会提出并归口。

本部分由北京市市政市容管理委员会和北京市住房和城乡建设委员会组织实施。

本标准起草单位：北京市非开挖技术协会、北京市燃气集团有限责任公司、北京信息基础设施建设股份有限公司、河北恺艺斯建设集团有限公司、北京创源市政建设工程有限公司、北京隆科兴非开挖工程有限公司、北京城建亚泰建设集团公司、北京市政四建设工程有限公司。

本标准主要起草人：张国京、马孝春、马福海、乌效鸣、丛万军、金东星、赵荣增、黄满虎、张雁、王远峰、张学工、张丽莉、高宇、马则忠、郑仔第、汪建、周正、于梦华。

地下管线非开挖铺设工程施工及验收技术规程

第 2 部分：顶管施工

1 范围

本部分规定了机械顶管工程施工的一般规定、顶管施工、质量验收、安全文明施工与环保的要求。

本部分适用于地下管线非开挖机械顶进铺设排水管以及机械顶进铺设给水、燃气、热力、电力、电信等市政管线的工艺套管工程的施工和验收。手掘式顶管可参照使用。

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，仅所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 11836 混凝土和钢筋混凝土排水管
GB/T 21492 玻璃纤维增强塑料顶管
GB 50026 工程测量规范
GB 50268 给排水管道工程施工及验收规范
GB 50446 盾构法隧道施工与验收规范
CJJ/T 8 城市测量规范
JGJ 33 建筑机械使用安全技术规程
JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范
JGJ/T 111 建筑与市政降水工程技术规范
JGJ 120 建筑基坑支护技术规程
JC/T 640 顶进施工法用钢筋混凝土排水管
DB11/490 地铁工程监控量测技术规程
DB11/T 716 穿越既有交通基础设施工程技术要求
DB11/T 808 市政基础设施工程资料管理规程

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

3.1

顶管 pipe jacking

利用液压顶进设备，将工作管或套管从工作坑顶至接收坑的一种非开挖技术。

3.2

机械顶管 pipe jacking with jacking machine

利用顶管机开挖洞体，将管节顶入的顶管方法。

3.3

顶管机 jacking machine

是一个完成顶进管道工作面切削破碎岩土、平衡地层压力的机械。

3.4**工作坑 working pit**

为进行顶管施工而制作的地下工作空间，通常包括顶进工作坑与接收工作坑。

3.5**顶进工作坑 jacking pit**

承担部分顶进设备安装和顶管作业等功能的工作坑，简称顶进坑。

3.6**接收工作坑 reception pit**

承担接收顶管机和拆卸顶进器具作业等功能的工作坑，简称接收坑。

3.7**中继间/中继站 intermediate jacking station**

当所需的顶力超过主顶油缸的顶力时，把一段管线分成若干个推进单元而设置的一种顶进设施，一般由前后或内外壳体、多个油缸、液压油管 and 泵站组成。

3.8**后背 reaction base**

设置在主顶油缸与后背墙之间，用于均匀分散顶管反力的构件。

3.9**后背墙 reaction wall**

是将主顶油缸推力的反作用力传递到工作坑外岩土中去的墙体结构。

3.10**导轨 guide track**

固定在顶进工作坑底板上作为顶管初始导向、管节拼接用的轨道；亦可固定在接收工作坑底板上作为接收顶管机的轨道。

3.11**顶进力 jacking force**

在顶管施工过程中，为克服顶进阻力而由顶进油缸施加在顶进管节的作用力。

3.12**切削刀盘 cutting head (cutting wheel)**

装配在顶管机前端的用于切削岩土的框架或盘面结构，一般可分为辐条式、面板式。

3.13**注浆减阻系统 lubrication system**

由泵、管路、喷嘴等组成的润滑管道外壁、减少顶进阻力的系统。减阻液一般为膨润土或聚合物浆液。

3.14

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，为保护工作管线及铁路等设施、不影响工作管的维护及相关铁路等设施的使用而预先铺设的直径大于工作管的管道。

4 一般规定

4.1 施工单位

顶管施工单位应：

- 取得与顶管工程规模对应的企业资质；
- 取得安全生产许可证；
- 有健全的施工技术、质量、安全生产和文明施工等管理体系；
- 了解设计意图与要求，实行自审、会审（交底）和签证制度；
- 根据工程设计人员的现场交底和工程设计图纸，复核施工影响区地下各类管线的种类、位置和埋深；
- 变更设计时，应按照相应程序报审，经相关单位签证认定；
- 在开工前应编制施工组织设计，对危险性较大的分项、分部工程应编制专项施工方案。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。

4.2 施工组织设计

宜包含以下内容：

- 编制依据、编制原则；
- 有现场地质条件、地下水概况、临近的地下管线与地下构筑物分布、临近的交通基础设施等描述的工程概述；
- 管理机构、劳动力计划、施工主要材料计划、机械调配计划、工期计划；
- 施工总平面图、顶进工作坑平面布置图；
- 施工准备；
- 有工作坑定位、地下水处置与围护结构施工、洞口设置与处理、垂直运输和水平运输的布置、顶力估算与中继间位置的选择、后背顶力的保障、顶管机选则、顶进与测量、纠偏、管道内照明与通风等施工方案；
- 冬雨季施工措施；
- 有减阻、量测监控、地面隆起和沉降控制、对被穿越管线和建（构）筑物的保护等质量和安全保证措施；
- 文明施工措施及应急预案。

4.3 工程所用的管节及管件

应符合下列规定：

- 符合设计要求；
- 钢筋混凝土成品管质量应符合 GB/T 11836、JC/T 640 的规定；

- 玻璃纤维增强塑料顶管质量应符合 GB/T 21492 的相关规定；
- 每批应具有产品的质量合格证书、性能检验报告；
- 进入施工现场应进行进场验收并妥善保管。

4.4 顶管影响区的设施及地下管线防护

应符合下列规定：

- 穿越铁路、公路、道路、桥梁、河道等顶管施工时，应满足其主管部门要求；
- 穿越给水、排水、电力、燃气、热力、通信等地下管线时，应满足其产权单位要求；
- 涉及城市交通基础设施的顶管施工应满足 DB11/T 716 要求。

4.5 质量控制

应符合下列规定：

- 施工单位应按照本标准对工程施工质量进行全过程控制；
- 各分项工程之间，应进行交接检验。所有隐蔽分项工程应进行隐蔽验收，未经检验或验收不合格不得进行下道分项工程；
- 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。承担材料和设备检测的单位，应具备相应的资质。

5 顶管施工

5.1 施工测量

应符合下列规定：

- 应实行施工单位复核制、监理单位对重点环节复测制；
- 施工测量的允许偏差应满足 GB 50026 和 CJJ/T 8 的要求；
- 施工前，建设单位应组织进行现场交桩，施工单位应对所交桩进行复核测量，应对既有管道、建（构）筑物与拟建工程衔接的平面位置和高程进行复核测量；
- 工作坑内、外的临时水准点、管道轴线控制点应设置牢靠、不易扰动且便于观测，应采取保护措施，应经过复核方可使用，并应经常校核；
- 顶管机初始顶进前应复测其轴线的位置和标高；
- 在市内及其它特殊环境顶进作业，须进行地面变形及建、构筑物的沉降观测；
- 顶进交接班应包含测量及纠偏交接；
- 工作坑内的在线自动测量仪器的底座应与工作坑后背墙、顶进导轨分离，安装在独立基础上；
- 初始顶进前、正常顶进和到达顶进应由人工测量复核顶管机自动测量系统准确度。初始顶进和到达顶进过程中的人工复核测量频率宜为每 6m~12m 1 次；正常顶进过程中的人工复核测量频率宜为每 50m~60m 1 次；人工复核应测量管道高程、中心线位置、顶进里程；
- 正常顶进中自动测量系统应测量顶管机的位置、倾角、偏转角；
- 单段顶进长度大于 150m 的到达顶进、曲线顶进、纠偏或接近地下建（构）筑物顶进时应增加人工复核测量频率；
- 每次复测后应绘出管节中心线与设计中心线的位置关系图，预测继续顶进后管节偏差。

5.2 工作坑

5.2.1 工作坑设置

5.2.1.1 当设计未指定工作坑位置时，选址宜按下列原则确定：

- 便于施工用电和用水；
- 避开附近建筑物、地下管线和架空线等障碍物；
- 便于排水、出土，能堆放少量管材及暂时存土；
- 便于材料、设备的运输；
- 尽可能与管线设计的井室位置一致；
- 顶进工作坑宜设置在后背土体具有较强承载能力的地方；
- 单向顶进工作坑宜设在管线下游一侧；
- 相邻的顶进工作坑与接收工作坑的间距在不设中继间顶进时宜不大于 120m。

5.2.1.2 工作坑的平面型式宜选矩形或圆形。

5.2.1.3 顶进工作坑底部平面尺寸大小宜根据顶进管道的管径大小、管节长度、操作空间、设备及后背尺寸等不同情况而定。接收工作坑底部平面尺寸大小宜根据顶进方式、管线井室大小确定。工作坑平面尺寸确定宜满足以下要求：

- 顶进工作坑底宽、底长（圆形坑选二者中较大者为直径）最小值宜按公式（1）、公式（2）确定：

$$B = D_1 + 2S_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

B ——顶进工作坑底宽最小值（m）；

L ——顶进工作坑底长最小值(m)；

D_1 ——管外径（m）；

S_1 ——管两侧顶进操作宽度（m），一般为每侧 1.2m~1.6m，采用泥水平衡顶管时宜取大值；

L_1 ——管子顶进后，尾部压在导轨上的最小长度（m），通常取 0.3m~0.6m；

L_2 ——接管节、设计井室长和顶管机长度较大者(m)；

L_3 ——护口顶铁厚度（m），通常取 0.2m~0.3m；

L_4 ——主顶设备最小长度（m）；

L_5 ——后背厚度（m），通常取 0.5m~0.85m。

- 接收工作坑底宽、底长（圆形坑选二者中较大者为直径）最小值宜按公式（3）、公式（4）确定：

$$B_0 = D_1 + 2S_2 \dots\dots\dots (3)$$

$$L_0 = L_2 + L_4 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

B_0 ——接收工作坑底宽最小值（m）；

L_0 ——接收工作坑底长最小值(m)；

S_2 ——管两侧砌筑等操作宽度（m），一般为每侧 0.6m~1.0m；

D_1 ——管外径（m）；

L_2 ——接管节、设计井室长和顶管机长度较大者(m)；

L_4 ——主顶设备最小长度（m）。

——工作坑深度宜按公式(5)确定：

$$\text{坑深 } H = H_1 + H_2 + H_3 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

H ——工作坑（顶进或接收坑）地面至坑底的深度（m）；

H_1 ——地面至管道外缘底部（m）；

H_2 ——管道外缘底部至导轨底面的高度（m）；

H_3 ——基础及垫层的厚度（m）。

5.2.2 工作坑施工

5.2.2.1 工作坑支护结构施工应按设计要求进行。

5.2.2.2 当设计未对工作坑围护结构施工提出要求时，应满足以下要求：

- 制定围护、支撑结构方案；
- 制定开挖方法、开挖顺序和量测方案；
- 按 JGJ 120 的要求进行围护和支撑结构的承载能力极限状态的计算；
- 坑壁支撑结构应结合顶管的洞口结构；
- 坑壁支撑结构应结合洞口加固方案；
- 工作坑深度超过 5m，或开挖深度虽未超过 5m，但地质条件、周围环境和地下管线复杂，或影响毗邻建筑（构筑）物安全的基坑（槽）的土方开挖、支护工程时，应制定专项施工方案并组织专家论证；
- 工作坑支护形式宜选用：锁口圈梁+双层钢网+格栅+锚喷、单层钢网+锚喷+十字钢内支撑、SMW 工法、地下连续墙、钢板桩、沉井等。

5.2.2.3 工作坑四周应设置符合安全规定的护栏及安全指示灯。

5.2.2.4 工作坑内应设置符合安全规定的爬梯或步梯。

5.2.2.5 工作坑底板施工宜满足以下要求：

- 工作坑底板宜用混凝土浇筑。底板厚度应根据土质条件由设计确定；
- 底板四周设排水沟，角部设集水坑 1~2 个。

5.2.2.6 涉及地下水影响的工作坑施工，应优先采取止水措施。确定采用管井、井点等方法进行施工降水的，建设单位应当组织施工降水方案的专家评审。

5.2.2.7 工作坑施工的降水除了应满足 JGJ/T 111 要求外，还应满足以下要求：

- 降水深度应确保地下水面低于工作坑基底 0.5m；
- 降水应有工作坑周边河湖等积水及地下管线泄漏的影响的应对措施；
- 降水应有对周边地下和地上管线、建（构）筑物监控的措施。

5.3 后背及后背墙

5.3.1 后背及后背墙的施工计算

5.3.1.1 后背的参数应符合设计要求。当设计没有明确要求时，施工前应通过计算确定后背的参数，后背的强度与刚度应满足最大允许主顶顶力要求。

5.3.1.2 顶力计算应考虑以下因素：

- 顶管段的土质及地下水情况；
- 顶管管段的长度、管道材质、结构与连接、埋深；
- 注浆减阻、管节表面熔蜡减阻、增设中继间等施工技术措施的影响。

5.3.1.3 总顶力估算宜按公式（6）计算：

$$F_p = pD_0Lf + N_F \dots\dots\dots (6)$$

式中：

F_p ——总顶力（kN）；

D_0 ——管道的外径（m）；

L ——管道设计顶进总长度（m）；

N_F ——顶管机的迎面阻力（kN），不同类型顶管机的迎面阻力参见表1选择计算式；

f ——管道外壁与土的单位面积平均摩阻力（kN/m²），通过试验确定；对于采用减阻泥浆减阻技术的参见表2选用。

表1 顶管机迎面阻力 N_F 的计算公式

顶进方法	迎面阻力（kN）	式中特定符号
开敞挖掘式	$N_F = p(D_0 - t)tR$	t —工具管刃脚厚度(m) R—开敞挖掘式顶管法的工具管迎面阻力可采用 500kN/m ²
气压平衡式	$N_F = \frac{p}{4} D_0^2 (aR + P_n)$	P_n —气度(kN/m ²)
土压平衡和泥水平衡	$N_F = \frac{p}{4} D_0^2 \gamma_s H_s$	γ_s —土的重度（kN/m ³ ） H_s —覆盖层厚度（m）
注：表列公式未考虑工具管正面减阻措施。		

表2 采用减阻泥浆的管外壁单位面积平均摩擦阻力 f （kN/m²）

管材种类	土类			
	黏性土	粉土	粉、细砂土	中、粗砂土
钢筋混凝土管	3.0~5.0	5.0~8.0	8.0~11.0	11.0~16.0
钢管	3.0~4.0	4.0~7.0	7.0~10.0	10.0~13.0
注1：玻璃纤维增强塑料顶管可参照钢管乘以0.8系数； 注2：当减阻泥浆技术成熟可靠，管外壁能形成和保持稳定、连续的泥浆套时， f 值可直接取（3.0~5.0）kN/m ² 。				

5.3.1.4 主顶力的确定应考虑顶进设备能力和施工技术措施等因素，并应不大于管节和管口的承载能力。

5.3.1.5 计算后背墙外土体单位面积允许承载力时，一般土壤可取 150kN/m^2 ；湿度较大的粉砂可取 150kN/m^2 ；比较干的黏土、亚黏土及密实的砂土可取 200kN/m^2 。

5.3.1.6 复核后背宽度时，应根据所需要的主顶力，使后背墙外单位土壁宽度上受力不大于后背墙外土体的总被动土压力。后背墙外土体每米宽度上土的总被动土压力（ kN/m ）宜按公式（7）计算：

$$P = \frac{1}{2}gh^2 \tan^2\left(45^\circ + \frac{j}{2}\right) + 2Ch \tan\left(45^\circ + \frac{j}{2}\right) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

P ——后背墙外土体每米宽度上土的总被动土压力（ kN/m ）；

g ——土的重度（ kN/m^3 ）；

h ——后背墙外天然土壁的高度（ m ）；

j ——土的内摩擦角（ $^\circ$ ）；

C ——土的粘聚力（ kN/m^2 ）。

5.3.1.7 后背墙外不能扰动的土体长度可采用公式（8）核算：

$$L = \sqrt{\frac{F_p}{B}} + L_a \dots\dots\dots (8)$$

式中：

L ——后背墙外不能扰动的土体长度（ m ）；

F_p ——顶管需要的主顶力（ kN ）；

B ——后背墙宽度（ m ）；

L_a ——附加安全长度（ m ），砂土可取 2，亚砂土可取 1，粘土或亚粘土可取 0。

5.3.1.8 当后背墙外土体允许抗力验算不满足要求时，应对后背墙外土体加固。

5.3.1.9 后背平面与掘进轴线应保持垂直，表面应坚实平整，能有效地传递作用力。

5.3.1.10 顶管工作坑设在折角处时，应对后背结构及工作坑平面布置进行设计。

5.3.1.11 坑壁外无原状土体时，应设计结构简单、稳定可靠、拆除方便、满足顶力要求的人工支撑体系。

5.3.2 后背施工

5.3.2.1 钢筋混凝土后背宜用 C30 混凝土浇筑，后背底面宜超过坑底板下至少 0.5m，后背顶面宜高出顶进管上顶 0.8m~1.5m，墙体厚宜不小于 0.5m，后背宽与工作坑宽宜相等，后背面与管道轴线应垂直。

5.3.2.2 装配式后背宜满足以下要求：

- 宜采用钢筋混凝土预制件、方木与型钢组合体、型钢焊接构件或整块钢板等型式，底端宜在工作坑底以下且不小于 0.5m，部件应固定可靠；
- 后背、后背墙、坑壁后土体壁面应贴紧，有孔隙时应采用水泥砂浆、砂石料等填塞密实；
- 装配式后背墙的墙面应与管道轴线垂直；
- 装配式后背墙允许偏差：
 - 垂直度不大于后背墙高度的 1%；
 - 水平扭转度不大于后背墙长度的 1%。

5.3.2.3 利用已顶进完毕的管道作后背支撑体系时，应确认待顶进段的最大允许顶力小于已顶管段的外壁摩擦阻力，并应采取在后背与管口端面之间衬垫缓冲材料等措施保护已顶入管道的接口。

5.3.2.4 后背及后背墙上预留洞口应满足顶进受力与顶进密封要求。预留洞口尺寸宜比顶管机外径大 0.15m~0.2m。洞口密封的止水装置应与后背连接可靠。

5.4 顶管施工机械设备选择与安拆

5.4.1 顶管机

顶管机选择与安装应满足以下要求：

- 顶管机选择应根据工程地质与水文地质条件、铺管的外形尺寸、埋深、地下障碍物、地下构筑物、地面建筑物、地表隆沉要求等，按适用性、技术先进性与经济合理性原则，经过技术、经济比较后确定。
- 顶管机应平稳地吊运到导轨（或导轮）上，调整其位置、高程、倾仰角、旋转角等。并进行顶管机姿态仪（或其它倾角测量仪器）、激光目标靶（或其它测量目标）的校正。

5.4.2 主顶设备

5.4.2.1 导轨的制作与安装应满足以下要求：

- 导轨制作应使用钢质材料，其强度和刚度应满足施工要求；导轨宜由两根平行且相同规格的型钢焊接为整体，导轨外侧宜焊加强肋，焊接后应直顺、平整，见图 1；
- 导轨间距应根据顶进管道的直径和选用的型钢型号确定；
- 两根导轨的中心距按公式（9）、公式（10）计算：

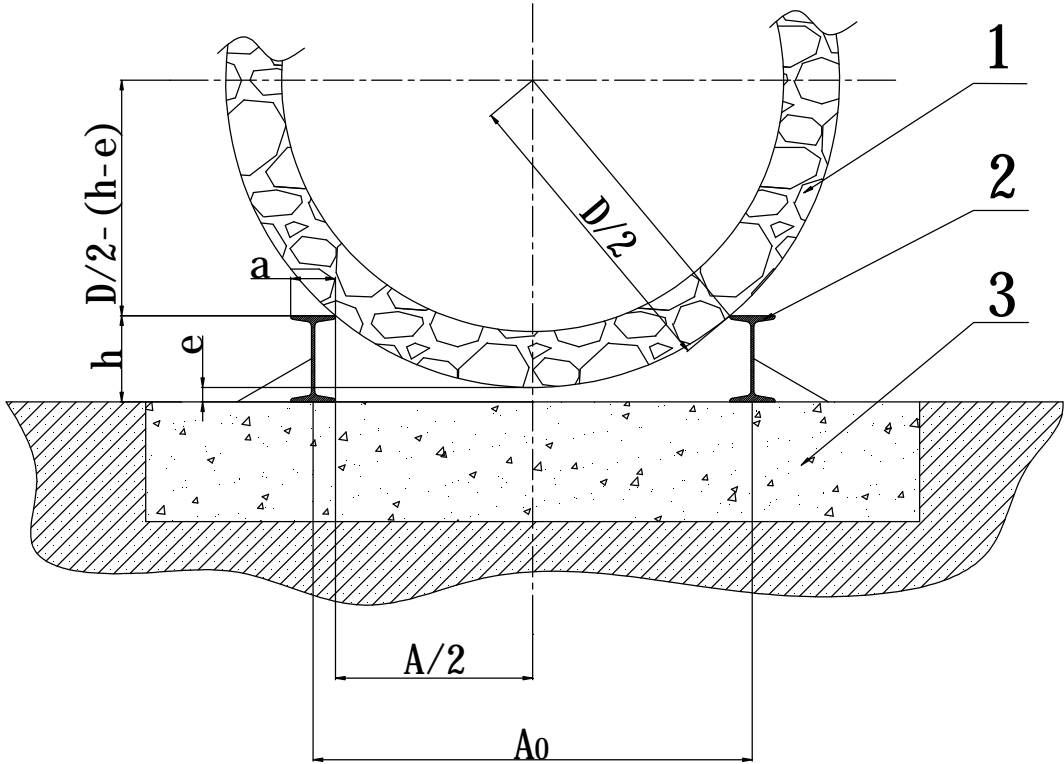
$$A_0 = A + a \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$A = 2\sqrt{(D-h+e)(h-e)} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

- A_0 ——两导轨中心距（mm）；
- A ——两导轨上部的净距（mm）；
- a ——导轨的上顶面宽度（mm）；
- D ——顶管外径（mm）；
- h ——导轨高度（mm）；
- e ——管外底距底板的距离（一般为 20mm~30mm）。

- 导轨安装位置应根据核算的顶进管道的中心位置确定；导轨安装的坡度应与设计坡度一致；
- 导轨安装的允许偏差宜为：轴线位置为-3mm~3mm，顶面高程为 0mm~3mm，两轨内距为-2mm~2mm；
- 安装后的导轨应稳固，宜与底板上定位结构焊接为整体。



说明：

- 1——顶进管；
- 2——导轨；
- 3——基础。

注：图中字母含义见公式（9）、（10）。

图1 导轨安装

5.4.2.2 主顶千斤顶的选择与安装应满足以下要求：

- 安装在顶进工作坑中的支架上，并与管道中心的铅垂面对称；
- 偶数个数的千斤顶规格应相同、缸体伸出速度应同步；
- 使用压力不得大于其额定的工作压力，伸出的最大行程，应小于其油缸行程 100mm。

5.4.2.3 顶铁的选择与安装应满足以下要求：

- 与管道接触部分的顶铁宜使用与管端面吻合的圆形顶铁，其它部位的顶铁可为“U”形、马蹄形和矩形等；
- 顶铁的强度、刚度应满足最大允许顶力要求，安装轴线应与管道轴线平行并对称，顶铁在导轨上滑动平稳且无阻滞现象，传力均匀和受力稳定；
- 顶铁与管端面之间应使用缓冲材料衬垫；
- 顶进作业时，作业人员不得在顶铁上方及侧面停留，并应随时观察顶铁有无异常现象；
- 顶铁总长度应与管节长度相适应；
- 顶铁与导轨、管口、顶铁之间的接触面不得有泥土、油污。

5.4.3 起重设备

起重设备的选择应满足以下要求：

- 根据管材及顶管机的重量、工期、场地，选择适宜的卷扬机或汽车吊；
- 选择起重设备应满足顶管机和顶进设备的拆卸、土方和管材的垂直运输。

5.4.4 中继间

5.4.4.1 当估算总顶力大于管节或工作坑后背墙允许顶力设计值时应设置中继间。中继间结构应满足刚度、安装方便和水密性良好的要求。

5.4.4.2 单个中继间千斤顶的总推力宜按公式(11)、中继间数量宜按公式(12)估算：

$$P_c = K \frac{F_p}{i+1} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

P_c ——中继间内千斤顶的总推力(kN)；

K ——安全系数，一般为 1.4~1.6；

F_p ——全线需要的总推力(kN)；

i ——顶进段全线中继间数量，见公式(12)。

$$i = \frac{\pi D_0 f (L + 50)}{0.7 f_0} - 1 \dots\dots\dots (12)$$

式中：

i ——顶进段全线中继间数量（取整数）；

D_0 ——管道的外径（m）；

f ——管道外壁与土的单位面积平均摩阻力（ kN/m^2 ），通过试验确定；对于采用减阻泥浆减阻技术的参见表 2 选用；

L ——管道设计顶进总长度（m）；

f_0 ——中继间设计允许顶力（kN）。

5.4.4.3 施工中宜根据实际摩擦阻力大小调整中继间的数量。

5.4.4.4 中继间超过 3 个，宜设中继间连动装置。

5.4.4.5 中继间安装前应检查各部件，确认正常后方可安装，安装完毕应通过试运转检验，合格后方可使用。

5.4.4.6 中继间的外壳应具有良好的密封性和耐磨性，能避免浆液、地下水、砂子等进入壳体。

5.4.4.7 中继间的启动和拆除应由前向后依次进行。

5.4.4.8 拆除中继间后，应有对接措施，中继间外壳若不拆除时，宜在安装前进行防腐处理。

5.4.5 泥水机械

5.4.5.1 泥水搅拌宜采用适宜的射流搅拌或叶轮旋转搅拌机械。

5.4.5.2 泥水输送的进排泥泵宜根据进排泥输送管的长度及管径、流量、扬程、输送介质颗粒等选用。长距离输送时宜安装接力进排泥泵及与之配套的电力设施。

5.4.5.3 泥水处理装置根据地层和现场空间情况宜设置沉淀、筛分和旋流等单一或其合理的组合设施。

5.4.5.4 泥水输送管路系统应连接方便、密封及输送可靠，管路中阀门、压力表设置科学，必要时设置基坑旁通阀、流量计与密度计等。

5.4.6 减阻注浆系统

5.4.6.1 减阻注浆泵宜选择脉动小的螺杆泵，其流量与顶进速度相匹配。当能力不能满足输送要求时宜选用接力注浆泵。

5.4.6.2 注浆管主管直径宜为 40mm~50mm，支管直径宜为 25mm~30mm。注浆管材质应满足注浆压力要求。

5.4.6.3 注浆管管件宜选用拆卸方便，密封可靠的管件，管件抗压能力应满足输送要求。

5.4.6.4 注浆孔宜符合下列规定：

- 每节顶进管上连接注浆支管的注浆孔宜均匀分布在顶进管道周围，连接注浆支管的注浆孔的数量宜为 2~4 个，顶进管管底注浆孔不宜连接注浆支管；
- 第一组注浆孔应靠近顶管机布设，顶管机的后续三节管宜连续设置注浆孔，其后的

- 注浆点间距宜为 7.5m~15m。中继间处宜设置为注浆点；
- 宜设置具有排气与检测功能的注浆孔；
- 连接注浆支管的注浆孔中宜安装单向阀。

5.5 顶进施工

5.5.1 顶进施工的一般规定

5.5.1.1 顶进应连续作业，当顶进过程中遇下列情况之一时，应暂停顶进，及时处理，尽快恢复作业：

- 开挖面遇到障碍；
- 后背墙变形严重；
- 顶铁发生扭曲现象；
- 管位偏差过大且纠偏无效；
- 顶力超过管材的允许顶力；
- 设备发生异常现象；
- 管节接缝、中继间渗漏泥水或泥浆；
- 地层、邻近建（构）筑物和管线等周围环境的变形量超出控制允许值；
- 地面监测出现异常；
- 地层出现实质性异常。

5.5.1.2 管道接口应满足如下要求：

- 管道接口的组装应按设计要求进行；
- 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；
- 当管节之间、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）或前节管节宜留 200mm~300mm 在导轨上。

5.5.1.3 吊装管材应采用专用吊具，不应采用钢丝绳直接套入管口吊运。

5.5.2 初始顶进

5.5.2.1 初始顶进前的准备应符合下列规定：

- 对所有顶进前安装完毕设备进行单独试运转，并经过联动运转合格；
- 确认顶管机在导轨上的中心线、坡度和高程符合设计要求；
- 确认拆除洞口临时围护结构的措施完备；
- 确认地下水位是否满足施工要求；
- 机械顶管时应确认洞口止水圈压板位置符合施工要求；
- 确认洞口土体加固效果满足施工要求。

5.5.2.2 拆除洞口临时围护结构应符合下列规定：

- 拆除钢板桩临时维护结构时，应先将预拆洞口周围的钢支撑加固；
- 拆除砖墙或混凝土临时维护结构时，应确认洞口周围坑壁无明显变形；
- 设置止水圈的洞口应确认止水圈安装牢固；
- 洞口临时围护结构拆除后顶管机应尽快顶入土层。

5.5.2.3 初始顶进阶段，应低速度顶进。宜加密监测次数，当顶管机或工具管超过允许偏差时，及时采取纠偏措施。

5.5.2.4 顶管机进入洞口后，止水圈与顶管机的间隙均匀、密封良好，应及时将洞口密封与首节管子外壁贴紧，防止泥水与注浆浆液从洞口泄漏。

5.5.2.5 初始顶进阶段，如地下水压过大应采取止退措施。

5.5.2.6 在软土等复杂地层初始顶进时，顶管机与紧后 1~3 节管节连接宜采用刚性连接，初始顶进结束后应拆除刚性连接，变为柔性连接。

5.5.2.7 顶管机初始顶进时宜设置顶管机防转装置。

5.5.2.8 初始顶进过程应收集顶力、实际地质条件等顶进数据及地层变形量测数据，机械顶管应注意切削刀盘扭矩、旋转方向、电流、土压或水压等数据，及时把握顶进及方向控制特性，为正常顶进控制提供依据。

5.5.3 正常顶进

5.5.3.1 正常顶进时应依据初始顶进确定的控制内容与参数施工。遇地质条件或环境条件改变时，及时调整控制参数。

5.5.3.2 泥水平衡顶进应控制泥水仓压力、主顶油缸的顶速、输送泥浆的性能、排土量的变化。

5.5.3.3 泥水平衡顶进循环泥浆制备与控制应符合下列规定：

- 应根据工程与水文地质、施工条件、设备条件等确定泥浆性能与配合比，以达到稳定开挖面和顺利输送开挖土砂的目的；
- 施工过程中应始终保持泥浆性能的稳定性；
- 泥浆性能包括：密度、粘度、PH 值、过滤特性和含砂率等；
- 根据土质情况、顶进长度、顶进管径制作输送泥浆，通过泥浆添加剂的掺量调整泥浆的黏度和密度等；
- 土质条件好、短距离顶进时，可用清水代替泥浆；
- 泥水分离根据土的类别、施工场地大小等采用不同的方法，宜采用沉淀池、除泥器、除砂器、离心机、泥水分离器或不同组合进行泥水分离；
- 随着顶进管节数量的增加，应及时调整管路中流量与压力，必要时应增加进、排泥接力泵。

5.5.3.4 土压平衡顶管的开挖控制应以泥土仓压力、主顶油缸的顶速和塑流性改良控制为主，辅以排土量控制。

5.5.3.5 土压平衡顶管弃土塑流化改良控制应符合下列规定：

- 管线穿越 75 μm 以下粉土与黏土细颗粒含量低于 30%或砂卵石地层，根据地下水及顶进长度，确定加泥或加泡沫等改良材料；
- 改良材料应具有流动性、易与开挖土砂混合、不离析、无污染等特性。可单独或组合使用膨润土泥浆等矿物系、泡沫等界面活性剂系；
- 改良材料应依据土质、透水系数、地下水压等条件选择。

5.5.3.6 对于长距离顶进管内照明及通风等宜按 GB 50446、JGJ 46 的相关规定。

5.5.4 到达顶进

5.5.4.1 对接收坑的洞口土体宜提前进行加固。

5.5.4.2 顶管机到达顶进前应确认顶管机姿态、制订线形控制方案、安装好接收坑洞口止水装置，宜设置应急排水系统并在接收坑内设置接收导轨。

5.5.4.3 顶管机到达接收坑洞口加固段，应逐渐降低掘进速度、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。

5.5.4.4 顶管机接近接收坑洞口时宜缓慢连续顶进作业。

5.5.4.5 顶管机进入接收坑洞口后，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坑内。

5.5.4.6 顶管机进入接收坑到达预定位置后，应及时封堵洞口与管节的缝隙，同时进行填充注浆，控制洞口周围土体沉降。

5.5.5 注浆减阻

5.5.5.1 采用注浆减阻措施时应编制相应的方案，方案内容应包括以下内容：

- 确定浆液种类及配合比、压浆数量和压力；
- 注浆系统构成、浆液制备和输送主要设备的安装规定；
- 注浆孔的布置及注浆方法；
- 顶进洞口的浆液封闭措施；
- 顶进管外浆液的处理。

5.5.5.2 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。

5.5.5.3 注浆应符合下列规定：

- 注入浆液宜在搅拌均匀、静置 24 小时后灌注；
- 注浆前应确认注浆设备及管路正常；
- 注浆工艺应由专人负责，专人检测；
- 注浆压力应按土质、覆土厚度、水压、顶进压力、浆液特性及环境条件等综合因素确定；根据需要增设注浆接力泵；
- 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。

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

5.5.6 顶进纠偏

应符合下列要求：

- 发现偏差趋势，及时进行纠偏，并设置偏差警戒线；
- 在切削刀盘旋转及顶进的情况下方可进行纠偏操作；
- 顶进纠偏应微调操作，顶管机或工具管初始顶进时，应加强观测，每顶进 300mm~400mm 可纠偏一次，顶进第一节管道时，每 200mm 左右即可纠偏一次。正常顶进时，随时纠偏；
- 机械顶管纠偏时，应及时调节切削刀盘旋转方向，消除小转角，调节顶管机纠偏油缸伸缩量；

——顶进过程中纠偏应参考中心线高程及左右偏差、顶力曲线进行。

5.5.7 顶管施工记录

顶管机操作记录宜按附录A填写，其余记录应符合DB11/T 808要求。

5.5.8 冬、雨季施工

5.5.8.1 雨季施工宜在工作坑上搭设防雨蓬，工作坑四周设挡水墙、排水沟，工作坑内设集水坑，采取有效排水设施。

5.5.8.2 冬雨季施工宜在施工区域的通道与操作平台上设置防滑垫。

5.5.8.3 雨季施工宜在全部外露电器设备上增加防雨棚，按规定设置电气设备的避雷装置；增加电气设备检测次数。

5.5.8.4 冬雨季施工宜应及时了解气象预报，并与水文部门密切联系。

5.5.8.5 冬季施工宜在输送泥浆中添加食用盐等防冻剂。

5.5.8.6 冬季施工应在泥浆池及露天设备上用保温材料搭设遮风棚。对卷扬机刹车系统及各种泵、输送泥浆等设备的管路，采取防冻保护措施。

5.5.8.7 冬季施工应采取防火、防煤气中毒的措施。

5.6 顶进后处理

应符合下列要求：

- 顶进设备拆除应按顺序进行；
- 顶进工作坑、接收坑洞口宜采用注浆封堵。浆液分次注入，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；
- 顶进管外根据地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。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，宜为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；
- 顶进管外注浆填充情况宜进行雷达检测；
- 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。

6 质量验收

6.1 工程资料管理应满足DB11/T 808的要求。

6.2 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GB50268的要求。

6.3 顶进贯通的给、排水管道的功能性试验应满足GB50268的要求。顶进贯通的套管不做功能性试验。给排水管道、套管以外的顶进贯通管道的功能性试验应符合设计及现行标准的要求。

6.4 直线顶进排水管道（钢筋混凝土管、玻璃纤维增强塑料夹砂管）偏差应符合表3要求。给水、电力、燃气、热力、通信等管道或其套管单段直线顶进小于300m长的偏差，可根据各专业管道使用功能的允许偏差值确定，无允许偏差值时应符合表4要求。

表3 顶进排水管（钢筋混凝土管、玻璃纤维增强塑料夹砂管）允许偏差

项目		允许偏差（mm）	检验频率		检验方法
			范 围	频 率	
中线位移	D<1500	≤30	每节管	1	用经纬仪测量
	D≥1500	≤50			
管内底 高程	D<1500	[-20, +10]	每节管	1	用水准仪测量
	D≥1500	[-30, +20]			
相邻管 间错口	玻璃纤维增强 塑料夹砂管	≤2	每个 接口	1	用尺量
	钢筋混凝土管	≤10%壁厚，且≤ 20			
注：表内D为管内径（mm）。					

表4 顶进给水、电力、燃气、热力、通信等管道或其套管允许偏差

项目		允许偏差（mm）		检验频率		检验方法
		钢筋混凝土管、玻璃 纤维增强塑料夹砂管	钢管	范围	频率	
中线位移		[-50, +50]	[-130, +130]	每节管	1	用经纬仪 测量
管内底 高程	D<1500	[-40, +30]	[-60, +60)	每节管	1	用水准仪 测量
	D≥1500	[-50, +40]	[-80, +80]			
相邻管 间错口	玻璃纤维增强塑 料夹砂管、钢管	≤2		每个 接口	1	用尺量
	钢筋混凝土管	≤15%壁厚，且≤20				
注：表内D为管内径（mm）。						

7 顶管施工安全、卫生与环境保护

7.1 施工安全

7.1.1 起重作业

起重作业应按 JGJ 33 执行，还应符合以下规定：

- 起重设备安装前，应对卷扬机、电动葫芦、手动葫芦等起重设备进行全面检查，设备完好，方可安装；
- 起重设备安装后应进行试吊，吊离地面 100mm 左右时，检查重物、设备安全后，方可进行吊装作业；
- 起重设备应由专人定期检验；
- 使用轮式起重机向工作坑内吊放或吊出顶管机或管材前，确认起重机支腿处支撑点的承载能力，满足最大起重量要求，并确认起重机吊装时工作坑的维护结构的安全；
- 起重机吊装顶管机或管材过程中，应随时监测工作坑维护结构的变形情况，若超过预测值应立即停止吊装作业并采取措施。

7.1.2 工作坑施工安全

应按 JGJ 120 执行，还应符合以下规定：

- 工作坑四周及工作平台孔口应安装安全护栏；
- 工作坑壁应设置牢固、安全的钢质爬梯；
- 工作坑支护要有专项施工安全技术方案；
- 工作坑现场应使用全封闭围挡。

7.1.3 拆除洞口临时围护结构作业

应符合以下规定：

- 拆除洞口临时围护结构前，应确认洞口土体加固效果，以确保拆除后洞口土体稳定；
- 作好洞口密封，并设置注浆孔，作为洞口防水堵漏的应急措施，以防止土砂随地下水从管子外周与洞体之间的间隙涌入工作坑。

7.1.4 在地下水位高且透水性好的地层施工、穿越河流或雨季作业

应符合以下规定：

- 顶进前应确认顶管机与管节、管节与管节之间接口的密封性能，施工中经常检查密封情况，确保接口密封可靠；
- 土压式顶管施工前应确认螺旋输送机出土口闸门的工作性能良好，施工中停止顶进时，应关闭出土口闸门；
- 泥水式顶管施工前应确认送、排泥系统阀门关闭的可靠性；
- 穿越河流施工应制定专项安全方案与应急预案；
- 雨季施工时，应在工作坑内设置排水系统，并制订汛期应急预案。

7.1.5 邻近既有建（构）筑物或管道时的顶管作业

应符合以下规定：

- 应编制专项方案与应急预案；
- 专项方案应分析、预测建（构）筑物或管道的容许极限变形值，并与建（构）筑物的所有（管理）者商定容许变形值；根据施工影响范围内的地下与地上建（构）筑物或管道的安全变形允许值，逐一确定保护措施。
- 施工过程中，应加强地层（地面）变形观测；若发现地层变形接近施工管理值的上限值时，应立即采取措施保护建（构）筑物。

7.1.6 穿越铁路、公路顶管施工

穿越铁路、公路顶管施工安全控制,除符合本规范的规定外,尚应遵守铁路、公路的相关规定。

7.1.7 顶进

应符合以下规定:

- 现场吊装、倒运和顶进过程中不应磕碰管口;
- 长距离顶进应加强管内通风;
- 不应在顶管机刀盘前土体隆起或沉降失控情形下顶进;
- 顶进过程中,顶铁上方及侧面不得站人,并随时观察有无异常迹象。

7.1.8 夜间施工

应符合以下规定:

- 场应有充足的照明;
- 工作坑内照明电源电压应不大于 36V;
- 在防护栏杆上应设置安全警示灯。

7.1.9 施工用电

应按JGJ 46执行外,还应符合以下规定:

- 材料堆放与设备放置时时,不得压住供电电缆、电焊机输出端电缆等;
- 管内供电装置应涂安全色标,应有专人负责定期检查;
- 电、气焊在工作坑内作业时应有防水措施。

7.1.10 监控量测

应参照DB11/490执行。

7.1.11 进入施工现场及高空作业

进入施工现场应佩戴安全帽,高空作业应系安全带。

7.2 施工卫生与环境保护

7.2.1 现场噪声的处置

现场施工机械应有使其噪声量在允许范围内的降噪措施。

7.2.2 现场渣土处置

应满足以下要求:

- 土方应集中堆放,并采取覆盖,固化等措施。遇有四级风以上天气停止土方施工。
- 车辆运土应采用密闭式车厢,在现场出入口处设立清洗设备,对出场车辆进行冲洗。

7.2.3 现场液体废物处置

应满足以下要求:

- 现场产生的污水排放市政管道前应合规。
- 施工期间产生的油污或废液等,应设置专用回收装置,在油压系统下应设隔油层。
- 泥浆配制应优先选用有效、无害的添加剂。存储触变泥浆容器的下部宜垫砂子等。

——泥水平衡顶管产生的废水应采用密闭方式运到指定消纳地点或配备泥水分离装置将渣土分离后运到指定消纳地点。

附 录 A
(资料性附录)
机械顶进操作记录表

表A.1 机械顶进操作记录表

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	X					
上坐标(mm)	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 ： 结束于 ；				
		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看，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。						

参 考 文 献

- [1] 《CECS246: 2008 给排水工程顶管技术规程》 中国计划出版社 2008
 - [2] 《顶管工程设计与施工》 葛春辉 中国建筑工业出版社 2012
 - [3] 《大型地下顶管施工技术原理及应用》 韩选江 中国建筑工业出版社 2008
 - [4] 《顶管施工技术》 余彬泉 陈传灿 人民交通出版社 2003
 - [5] 《DBJ01-13 市政基础设施工程质量检验与验收统一标准》 北京市建设委员会
2004
-