



CECS 382 : 2014

中国工程建设协会标准

水平定向钻法管道穿越工程 技术规程

Technical specification for pipeline crossing by
horizontal directional drilling



中国计划出版社

中国工程建设协会标准

水平定向钻法管道穿越工程
技术规程

Technical specification for pipeline crossing by
horizontal directional drilling

CECS 382 : 2014

主编单位：中国地质大学（武汉）

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2015年2月1日

中国计划出版社

2014 北 京

中国工程建设协会标准
水平定向钻法管道穿越工程
技术规程

CECS 382 : 2014

☆

中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座3层

邮政编码:100038 电话:(010)63906433(发行部)

新华书店北京发行所发行

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 2.5印张 62千字

2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷

印数1—3080册

☆

统一书号:1580242·551

定价:30.00元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010)63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

中国工程建设标准化协会公告

第 179 号

关于发布《水平定向钻法管道穿越 工程技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2012 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2012〕127 号)的要求,由中国地质大学(武汉)等单位编制的《水平定向钻法管道穿越工程技术规程》,经本协会管道结构委员会组织审查,现批准发布,编号为 CECS 382 : 2014,自 2015 年 2 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会
二〇一四年十月十七日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2012 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2012〕127 号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分 7 章和 5 个附录,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、工程勘察、工程设计、工程施工、质量检验与工程验收。

本规程由中国工程建设标准化协会管道结构专业委员会归口管理,由中国地质大学(武汉)负责具体技术内容的解释。在使用过程中如发现需要修改和补充之处,请将意见和建议寄送中国地质大学(武汉)(地址:湖北省武汉市洪山区鲁磨路 388 号,邮政编码:430074)。

主 编 单 位:中国地质大学(武汉)

参 编 单 位:北京市市政工程设计研究总院有限公司

武汉市燃气热力工程公司

徐州徐工基础工程机械有限公司

深圳市钻通工程机械股份有限公司

湖北地建集团神龙市政工程有限公司

中国市政工程华北设计研究总院

广州市市政集团有限公司

上海力耐管道工程有限公司

上海市区电力工程建设监理有限公司

武汉市拓展地下管道工程有限公司

佛山市钻龙市政工程有限公司

武汉中地管通非开挖科技有限公司

上海远洲管业有限公司

宁波金地电子有限公司

中国移动上海分公司

中国联通上海分公司

主要起草人：马保松 宋奇叵 王 鹏 张忠海 童清福

孙书亭 安关锋 李水明 张理河 余为民

黄 武 常仁齐 李文华 方 亮 孔祥富

周文忠 金 键 孔耀祖 金 鑫 李昌盛

曾 聪 赵业海 段守中 谢和平

主要审查人：高立新 续 理 吕士健 邹志刚 康志刚

李国辉 陈 勇 焦如义 任云峰

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(6)
4	工程勘察	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	工程地质和水文地质勘察	(7)
4.3	地下管线和建(构)筑物探测	(9)
5	工程设计	(12)
5.1	一般规定	(12)
5.2	管道设计基本要求	(12)
5.3	穿越轨迹设计	(14)
5.4	回拖力计算	(17)
5.5	扩孔设计	(20)
6	工程施工	(21)
6.1	一般规定	(21)
6.2	施工准备	(21)
6.3	钻机选型	(22)
6.4	钻孔泥浆配制	(22)
6.5	先导孔钻进	(25)
6.6	扩孔钻进	(26)
6.7	管道回拖	(26)
6.8	安全环保	(27)

7 质量检验与工程验收	(29)
7.1 一般规定	(29)
7.2 质量检验	(29)
7.3 管道功能性试验	(30)
7.4 工程竣工验收	(30)
附录 A 地下管线探测的物探方法	(34)
附录 B 钻孔泥浆记录表	(37)
附录 C 水平定向钻先导孔钻进记录表	(38)
附录 D 扩孔钻进记录表	(39)
附录 E 管线回拖记录表	(40)
本规程用词说明	(41)
引用标准名录	(42)
附：条文说明	(43)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirements	(6)
4	Engineering investigation	(7)
4.1	General requirements	(7)
4.2	Engineering and hydro geological investigation	(7)
4.3	Survey of underground pipeline and infrastructure	(9)
5	Design	(12)
5.1	General requirements	(12)
5.2	Basic requirements of pipe design	(12)
5.3	Crossing path design	(14)
5.4	Calculation of pulling force	(17)
5.5	Design of back reaming	(20)
6	Construction	(21)
6.1	General requirements	(21)
6.2	Preparation	(21)
6.3	Selection of drill rig	(22)
6.4	Drilling mud	(22)
6.5	Pilot hole drilling	(25)
6.6	Back reaming	(26)
6.7	Pipe installation	(26)
6.8	Safety and environment protection	(27)

7	Quality inspection and project acceptance	(2 9)
7.1	General requirements	(2 9)
7.2	Quality inspection	(2 9)
7.3	Test of pipe function	(3 0)
7.4	Project completion and acceptance	(3 0)
Appendix A	Geophysical methods to detect the underground pipelines	(3 4)
Appendix B	Record from of drilling mud	(3 7)
Appendix C	Record form of pilot hole drilling	(3 8)
Appendix D	Record form of back reaming	(3 9)
Appendix E	Record form of pipe installation	(4 0)
	Explanation of wording in this specification	(4 1)
	List of quoted standards	(4 2)
	Addition;Explanation of provisions	(4 3)

1 总 则

1.0.1 为规范水平定向钻法管道穿越工程的勘察、设计、施工和验收,做到安全适用、技术先进、经济合理,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用水平定向钻法施工的各种管道穿越工程。

1.0.3 水平定向钻法管道穿越工程的勘察、设计、施工与验收,除应符合本规程的规定外,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 水平定向钻 horizontal directional drilling

采用水平定向钻机成孔并敷设管道的方法,简称 HDD。

2.1.2 水平定向钻机 horizontal directional drilling rig

用于水平定向成孔并敷设管道的机械设备。

2.1.3 入土角 entry angle

水平定向钻施工过程中,钻头开始进入地层时,钻杆柱与水平面的锐角夹角。

2.1.4 出土角 exit angle

水平定向钻施工过程中,钻头从地层中钻出时,钻杆柱与水平面的锐角夹角。

2.1.5 钻孔入土点 bore entry

先导孔钻进时,钻头开始进入地层的地点。

2.1.6 钻孔出土点 bore exit

先导孔钻进时,钻头钻出地层的地点。

2.1.7 钻孔泥浆 drilling slurry

用于辅助成孔、管道敷设的浆液。

2.1.8 导向仪 steering tool

导向钻进过程中用于测量并传输导向钻头的空间状态参数的仪器,分为有缆式和无缆式两类。

2.1.9 先导孔 pilot hole

在导向仪的辅助下钻进形成的钻孔。

2.2 符 号

2.2.1 几何参数

- A ——钻头底唇面积；
- a_1 ——入土端直线段的水平长度；
- a_2 ——入土端曲线的水平长度；
- b_1 ——入土端直线段的高度；
- b_2 ——入土端曲线的高度；
- c_1 ——出土端曲线的水平长度；
- c_2 ——出土端直线段的水平长度；
- d_1 ——出土端直线段的高度；
- d_2 ——出土端曲线的高度；
- D ——管道内径；
- D_e ——终孔直径；
- D_1 ——管道外径；
- H ——管道埋深；
- h_1 ——入土端地面与底部直线段的高度；
- h_2 ——出土端地面与底部直线段的高度；
- L ——穿越长度；
- L_0 ——底部直线段的长度；
- L_1 ——由于管道焊接和热收缩而额外增加的管段长度；
- L_2 ——管道入土端曲线段所对应的水平长度；
- L_3 ——管道最大埋深处水平延伸距离；
- L_4 ——管道出土端曲线段所对应的水平长度；
- R ——曲率半径；
- SDR ——管道的标准尺寸比；
- t ——钢管壁厚；
- α ——入土角；
- β ——出土角；

θ ——管道弯曲角度。

2.2.2 荷载、压力和效应

F ——管道能承受的最大回拖力；

P_{cr} ——钢管弹性变形临界压力；

P_m ——泥浆压力；

P_{yp} ——穿越管段所能承受的极限外压力；

T ——穿越管段所受回拖力；

T_A ——A点处管道所受回拖力；

T_B ——B点处管道所受回拖力；

T_C ——C点处管道所受回拖力；

T_D ——D点处管道所受回拖力；

w_p ——单位长度管道重力；

w_f ——单位长度管道所受的净浮力；

w_w ——进行浮力控制时单位长度管道的配重量。

2.2.3 材料性能

E_p ——管材弹性模量；

σ ——管材的屈服强度；

γ_m ——钻孔泥浆的重度；

γ_p ——管材的重度；

γ_w ——配重液体的重度。

2.2.4 系数或因子

f_g ——塑料管道与地面之间的摩擦系数；

f_h ——管道与钻孔孔壁之间的摩擦系数；

F_d ——穿越管段设计系数；

k ——比例系数；

K ——泥浆的黏滞系数；

N ——安全系数；

μ ——钢管泊松比。

2.2.5 其他符号

f_0 ——钢管椭圆度；
 G_{10s} ——泥浆的 10s 静切力；
 G_{10min} ——泥浆的 10min 静切力；
 Q ——泥浆泵的泵量；
 R_3 ——旋转粘度计 3r/min 时的最大读值；
 R_{300} ——旋转粘度计 300r/min 时的稳定读值；
 R_{600} ——旋转粘度计 600r/min 时的稳定读值；
 V ——钻孔泥浆用量；
 W_c ——允许的最大钻屑含量百分比；
 YP ——泥浆的动切力；
 v_d ——钻进速度。

3 基本规定

3.0.1 从事水平定向钻法管道穿越工程的设计、施工、监理等单位应具备相应的专业资质；作业人员必须经专业培训，考核合格后方能上岗作业，且应遵守相应的安全操作技术规程。

3.0.2 水平定向钻法管道穿越工程设计前应进行工程勘察并取得相应工程勘察资料，进行路由比选和相应的专项评估。

3.0.3 水平定向钻法管道穿越工程宜采用沿管道纵向抗拉性能强的柔性管材，所用管道的材质及性能应符合国家现行有关标准的规定。

3.0.4 采用水平定向钻法敷设给水、排水、燃气、热力、通信、电力等管道时，管道的设计和施工应满足各行业的具体要求。

3.0.5 采用水平定向钻法穿越建（构）筑物、铁路、高等级公路、重要水域等，应征得有关部门同意，并采取有效的安全防护措施。

3.0.6 施工前应进行技术交底和编制施工组织设计，施工组织设计应按规定程序审批后执行，有变更时应办理变更审批；施工过程中应严格遵守设计要求并做好施工记录；施工后应按要求提交竣工资料。

3.0.7 施工单位应做到文明施工、安全施工。施工过程中所产生的废弃物、噪声及振动应符合国家和地方政府有关环境保护的规定。

4 工程勘察

4.1 一般规定

4.1.1 水平定向钻法管道穿越工程施工前应进行工程勘察。工程勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 等相关标准的规定。

4.1.2 水平定向钻法管道穿越工程勘察应包括工程地质、水文地质、地形、地貌勘察和地面建(构)筑物、地下管线探测等。

4.1.3 水平定向钻法管道穿越工程勘察应对场地做出工程地质评价,并提供相应的岩土参数。

4.2 工程地质和水文地质勘察

4.2.1 水平定向钻法管道穿越工程施工前应取得穿越场地的工程地质资料,包括地形、地貌、地质构造及地震、地层结构特征、岩土层的性质及其空间分布,并对管道穿越地层进行工程地质评价。

4.2.2 水平定向钻法穿越工程场地分类,应按表 4.2.2 进行。场地各项条件中有一项属于表中某一类时,应将该场地划分为上一类。

表 4.2.2 水平定向钻法管道穿越工程场地分类

I 类	II 类	III 类
1. 按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 划分的对建筑抗震危险的场地和地段; 2. 不良地质现象强烈发育;	1. 按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 划分的对建筑抗震不利的场地和地段; 2. 不良地质现象一般发育;	1. 地震设防烈度为 6 度或 6 度以下,或按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 划分的对建筑抗震有利的场地和地段;

续表 4.2.2

I 类	II 类	III 类
3. 地质环境已经或可能受到强烈破坏; 4. 地形地貌复杂; 5. 岩土种类多, 性质变化大, 地下水对工程影响大, 且需特殊处理; 6. 变化复杂、作用强烈的特殊性岩土	3. 地质环境已经或可能受到一般破坏; 4. 地形地貌较复杂; 5. 岩土种类较多, 性质变化较大, 地下水对工程有不利影响; 6. 不属 I、III 类的一般性岩土	2. 不良地质现象不发育; 3. 地质环境基本未受破坏; 4. 地形地貌简单; 5. 岩土种类单一, 性质变化不大, 地下水对工程无影响; 6. 非特殊性岩土

4.2.3 现场踏勘应调查下列内容:

- 1 地形、地貌、地面建(构)筑物对工程施工的不利影响;
- 2 不良地质作用;
- 3 影响施工控向电子系统的干扰源。

4.2.4 水文地质勘察应包括: 地下水类型、含水层性质、测定初见水位和稳定水位。当场地存在多层对穿越工程有影响的地下水时, 应分层测量地下水位, 并查明主要含水层的分布, 地下水补给和排泄条件, 地下水动态变化特征、评价承压水对钻孔孔壁稳定性的影响。

4.2.5 当工程场地类别为 III 类时, 可降低对水文地质勘察的要求。

4.2.6 在抗震设防烈度大于或等于 7 度的地段, 应判定场地和地基的地震效应。

4.2.7 勘探孔布置应符合下列规定:

1 勘探孔宜在管道中线两侧 5m~10m 处各布置一条勘探线, 两条勘探线上的勘探点交错布置; 当条件不允许时, 勘探孔位置可适当调整;

2 勘探孔数量应根据水平定向钻穿越长度及地层的复杂程

度确定。在均质地层上布孔,可沿穿越路由方向进行,孔距宜取30m~100m;对场地复杂程度等级为I类的应取小值,III类的应取大值;

3 穿越山体时,应结合山体形态、岩性特点布置勘探孔,勘探孔间距宜为200m~400m;

4 在管道穿越铁道或公路的地段,应根据工程地质条件的复杂程度布置勘探孔;在管道穿越的河谷两岸及河床均应布置勘探孔;在不同地貌单元、地质构造部位应布置勘探孔;

5 穿越高等级公路、铁路、地表障碍物时,宜在其两侧布孔,孔数不宜少于2个;穿越河谷、河谷两岸及河床应布置勘探孔,孔数不应少于3个;

6 在地质构造复杂且地层不连续的情况下,应加密布孔。

4.2.8 勘探孔的深度宜为设计管底标高以下3m~5m,设计无要求时勘探孔的深度宜为15m~20m。遇有下列情况之一时,应增加勘探孔深度。

1 管道穿越河谷时,勘探孔深度应达到河床最大冲刷深度以下4m~6m;

2 管道下部存在松软土层或未完成自重固结的填土;

3 管道下部存在可能产生流砂、潜蚀、管涌或地震液化地层;

4 已有资料证明或勘探过程中发现黏性土层下存在承压含水层,且水头较高需要降水施工;

5 采取降低地下水位施工,勘探孔深度应钻至管底以下5m~10m。

4.2.9 钻探观测和测试工作完成后应采用水泥砂浆封孔。

4.3 地下管线和建(构)筑物探测

4.3.1 地下管线探测应根据管道穿越工程的规划、设计、施工和管理部門的要求,按现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61的有关规定执行。

4.3.2 地下管线探测应查明拟穿越区域建(构)筑物的结构类型、荷载类型、基础类型。

4.3.3 工程勘察时应应对在地表沉降影响范围内的地面建(构)筑物或地下管线进行调查,按建设单位提供的允许沉降范围或参照有关规定的允许沉降值,制定合理的监测和保护技术措施。

4.3.4 地下管线探测的范围应覆盖管线工程敷设的区域,穿越路由周围不应小于管径的3倍,且不应小于3m。

4.3.5 地下管线探测应查明表4.3.5所列内容,并绘制地下管线图。

表 4.3.5 地下管线探测内容

管线类别	埋深 (m)		断面尺寸 (mm)		根数	管材	附属物	载体特征			权属单位
	内底	外顶	管径	宽×高				压力	流向	电压	
给水		△	△			△	△				△
排水	管道	△		△		△	△		△		△
	方沟	△			△	△	△		△		△
燃气		△	△			△	△	△			△
工业	自流	△		△		△	△		△		△
	压力		△	△		△	△	△			△
热力	有沟道	△			△	△	△		△		△
	无沟道		△	△		△	△		△		△
电力	管块		△		△	△	△			△	△
	沟道	△			△	△	△			△	△
	直埋		△	△		△	△			△	△
电信	管块		△		△	△	△				△
	沟道	△			△	△	△				△
	直埋		△	△		△	△				△

注:表中“△”为应实地调查的项目。

4.3.6 既有地下管线的探测方法选用物探方法时,可按本规程附录 A 执行。

4.3.7 既有地下管线探测后,应通过地面标志物、检查井、闸门井、人孔、手孔等进行复核。

5 工程设计

5.1 一般规定

5.1.1 水平定向钻法管道穿越工程宜按两阶段设计:初步设计和施工图设计。

5.1.2 初步设计应根据国家现行有关标准,在充分调查研究的基础上,结合管道的使用功能和建设方意见,优化设计方案。

5.1.3 施工图设计应包括下列内容:

- 1 工程概况:项目、地点、内容、主要工程量;
- 2 既有地下管线和建(构)筑物基础资料;
- 3 管道平面走向图、管道纵向剖面图、横向断面图;
- 4 施工方法和技术工艺、施工注意事项;
- 5 检验及验收项目和内容;
- 6 施工预算。

5.1.4 设计文件中涉及管道轴线位置的描述时,宜统一采用绝对标高来表示管线位置。

5.2 管道设计基本要求

5.2.1 水平定向钻法敷设管道的管材应满足下列基本要求:

- 1 能够承受施工过程中的牵拉力;
- 2 能够抵抗管道内外的腐蚀;
- 3 能够承受管内压力与管外静、动荷载;
- 4 具有良好的流体流通性能;

5 涉及饮用水的管材,其卫生标准应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219的规定。

5.2.2 采用水平定向钻进技术敷设钢管的设计计算与构造要求,应根据管道功能分别满足国家现行标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332、《城镇燃气设计规范》GB 50028、《通信管道与通道工程设计规范》GB 50373、《城镇供热管网设计规范》CJJ 34等的要求。

5.2.3 穿越钢管在回拖时,应满足空管在泥浆压力作用下的径向截面稳定,可按下列公式进行核算:

$$P_m \leq F_d \cdot P_{yp} \quad (5.2.3-1)$$

$$P_{yp}^2 - \left[\frac{\sigma}{m} + (+6mn)P_{cr} \right] P_{yp} + \frac{\sigma P_{cr}}{m} = 0 \quad (5.2.3-2)$$

$$m = \frac{D_1}{2t} \quad (5.2.3-3)$$

$$n = \frac{f_0}{2} \quad (5.2.3-4)$$

$$P_{cr} = \frac{2E_p \left(\frac{t}{D_1} \right)^3}{1 - \mu^2} \quad (5.2.3-5)$$

式中: P_m ——泥浆压力,可按 1.5 倍泥浆静压力或回拖施工时的实际动压力选取(MPa);

F_d ——穿越管段设计系数,按 0.6 选取;

P_{yp} ——穿越管段所能承受的极限外压力(MPa);

σ ——管材的屈服强度(MPa);

P_{cr} ——钢管弹性变形临界压力(MPa);

D_1 ——钢管外径(mm);

t ——钢管壁厚(mm);

f_0 ——钢管椭圆度(%);

E_p ——管材弹性模量,钢管取 2.0×10^5 (MPa);

μ ——钢管泊松比,取 0.3。

5.2.4 采用水平定向钻法敷设的塑料管除应具有足够的强度外,且应能承受管道回拖过程中荷载作用的总应力以及回拖力。

5.2.5 管道在回拖施工时,管材所能承受的最大回拖力可按下式计算:

$$F = \sigma \times \frac{\pi(D_1^2 - D^2)}{4N} \quad (5.2.5)$$

式中: F ——管道能承受的最大回拖力(N);

D ——管道内径(mm);

N ——安全系数,给水、排水、通信、电力管道等低压管道取 2.0,燃气等高压管道取 3.0。

5.3 穿越轨迹设计

5.3.1 水平定向钻宜按表 5.3.1 将穿越轨迹布置于较适宜的地层。

表 5.3.1 水平定向钻和地层条件的适应性关系

地 层 条 件	适用	可行但有难度	困难极大
软至极软黏土、淤泥和有机堆积物		√	
中硬-硬质黏土和淤泥	√		
硬黏土和强风化泥页岩	√		
非常松散至松散砂层(砾石含量<30%重量比)		√	
中-致密砂层(砾石含量<30%重量比)	√		
松散-密实砂砾石层(30%<砾石含量<50%重量比)		√	
松散-密实砂砾石层(50%<砾石含量<85%重量比)			√
松散-密实卵砾石层			√
含有大量孤石、漂石或障碍物地层			√
风化岩层或强胶结地层	√		
弱风化-未风化地层		√	

注:“适用”指施工经验丰富的施工方采用合适的施工机具可以较容易完成穿越工程;“可行但有难度”指需要对常规的钻进过程和施工设备进行调整或改进;“困难极大”指不适合进行水平定向钻穿越。

5.3.2 当穿越轨迹两端有一定厚度的卵石层或不稳定地层时,可

采取套管、地质改良、开挖等措施处理后进行水平定向钻法敷设管线。

5.3.3 穿越管段两端地面,应根据地基土层的稳定性和密实性采取相应的加固处理措施。

5.3.4 水平定向钻先导孔轨迹设计应包括下列内容:

- 1 钻孔类型和轨迹形式;
- 2 确定入土点和出土点位置;
- 3 确定各项轨迹参数,包括入土角、出土角、圆弧过渡段曲率半径、管道埋深、管道水平长度、实际用管长度等。

5.3.5 水平定向钻先导孔轨迹入土角、出土角及曲率半径可按表 5.3.5 选取。

表 5.3.5 水平定向钻先导孔轨迹参数

管材类型	入土角	出土角	曲 率 半 径		
			$D_1 < 400\text{mm}$	$400\text{mm} \leq D_1 < 800\text{mm}$	$D_1 \geq 800\text{mm}$
塑料管	8~30	4~20	不应小于 1200 倍 钻杆外径	不应小于 $250D_1$	不应小于 $300D_1$
钢管	8~18	4~12	宜大于 $1500D_1$,且不应小于 $1200D_1$		

5.3.6 当穿越城镇河道时,管道顶部至规划河床的覆土厚度应根据水流冲刷、防止冒浆、疏浚和抛锚等要求确定,不宜小于 3m。

5.3.7 水平定向钻穿越公路、铁路、地面建筑物时,最小覆土深度应符合各自行业标准的要求;当本行业标准无特殊要求时,最小覆土厚度应符合表 5.3.7 的规定。

表 5.3.7 最小覆土厚度

项目	最小覆土厚度
城市道路	与路面垂直净距大于 1.5m
公路	与路面垂直净距大于 1.8m;路基坡角地面以下大于 1.2m
高等级公路	与路面垂直净距大于 2.5m;路基坡角地面以下大于 1.5m
铁路	路基坡角处地表下 5m;路堑地形轨顶下 3m;零点断面轨顶下 6m
地面建筑	根据基础结构类型,经计算后确定

注:未采取措施对上覆土层进行处理时,最小覆土厚度应大于管道管径 5 倍~6 倍以上。

5.3.8 水平定向钻法敷设的管道与建筑物或既有地下管线的距离应符合下列规定：

1 当敷设在建筑物基础上方时，与建筑物基础的水平净距不应小于 1.5m；

2 当敷设在建筑物基础下方时，与建筑物基础的水平净距应大于持力层扩散角范围，扩散角不应小于 45° ；

3 在建筑物基础下敷设管线时，应经过验算后确定深度；

4 与既有地下管线平行敷设时，管道外径大于 200mm 时，净距应为最大扩孔直径的 2 倍以上；管道外径小于 200mm 时，净距不应小于 0.6m；

5 从既有地下管线上部交叉敷设时，垂直净距应大于 0.6m；如在淤泥质地层中穿越，垂直净距应大于 1.0m；

6 从既有地下管线下部交叉敷设时，垂直净距应符合下列规定：

1) 黏性土地层应大于扩孔直径的 1 倍；

2) 粉土地层应大于扩孔直径的 1.5 倍；

3) 砂土地层应大于扩孔直径的 2 倍；

4) 小直径管道($D_1 < 110\text{mm}$)垂直净距不得小于 0.5m。

7 采用水平定向钻法敷设燃气管道时，管道与建(构)筑物或相邻管道之间的水平和垂直净距应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 的有关规定。

5.3.9 水平定向钻先导孔轨迹设计(图 5.3.9)应按下列公式计算：

$$a_2 = R \sin \alpha \quad (5.3.9-1)$$

$$b_2 = R(1 - \cos \alpha) \quad (5.3.9-2)$$

$$b_1 = h_1 - b_2 \quad (5.3.9-3)$$

$$a_1 = b_1 / \tan \alpha \quad (5.3.9-4)$$

$$c_1 = R \sin \beta \quad (5.3.9-5)$$

$$d_2 = R(1 - \cos \beta) \quad (5.3.9-6)$$

$$d_1 = h_2 - d_2 \quad (5.3.9-7)$$

$$c_2 = d_1 / \tan \beta \quad (5.3.9-8)$$

$$L_0 = L - a_1 - a_2 - c_1 - c_2 \quad (5.3.9-9)$$

式中： a_2 ——入土端曲线的水平长度(m)；

R ——曲率半径(m)；

α ——入土角($^\circ$)；

b_2 ——入土端曲线的高度(m)；

b_1 ——入土端直线段的高度(m)；

h_1 ——入土端地面与底部直线段的高度(m)；

a_1 ——入土端直线段的水平长度(m)；

c_1 ——出土端曲线的水平长度(m)；

β ——出土角($^\circ$)；

d_2 ——出土端曲线的高度(m)；

d_1 ——出土端直线段的高度(m)；

h_2 ——出土端地面与底部直线段的高度(m)；

c_2 ——出土端直线段的水平长度(m)；

L_0 ——底部直线段的长度(m)；

L ——穿越长度(m)。

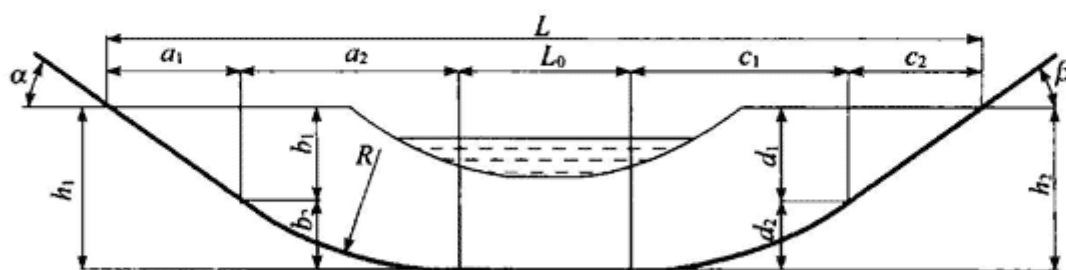


图 5.3.9 典型的先导孔轨迹设计图

5.4 回拖力计算

5.4.1 水平定向钻法管道穿越设计应进行回拖力估算,为选择水平定向钻机提供依据。

5.4.2 当敷设管道为钢管时,回拖力应按式(5.4.2)进行计算:

$$T = Lf_h \left| \frac{\pi D_1^2 \gamma_m}{4} - \left(\frac{D_1 + D}{2} \right) \pi t \gamma_p - w_w \right| + \pi D_1 LK \quad (5.4.2)$$

式中: T ——穿越管段所受回拖力(kN);

f_h ——穿越钢管管段与钻孔孔壁之间的摩擦系数,一般取 0.1~0.3;

γ_m ——钻孔泥浆的重度(kN/m³);

γ_p ——管材的重度(kN/m³),钢管取 78kN/m³;

w_w ——进行浮力控制时单位长度管道的配重量(kN/m);

K ——泥浆的黏滞系数(kN/m²),取 0.15~0.35,泥浆黏性较大时取大值,反之取小值。

5.4.3 塑料管道回拖力应按下列方法进行估算:

1 无水平或垂向弯曲的水平孔内拖拉管道的回拖力,应按式(5.4.3-1)计算:

$$T = f_h w_f L \quad (5.4.3-1)$$

2 沿着曲线或弯曲轨迹拖拉管道的回拖力,应按式(5.4.3-2)计算:

$$T = e^{f_h \theta} (f_h w_f L) \quad (5.4.3-2)$$

式中: f_h ——塑料管道与孔壁的摩擦系数,可取 0.3;

w_f ——单位长度空管道所受的净浮力(kN/m);

θ ——管道弯曲角度(rad)。

3 无水平方向弯曲的钻孔,其典型轨迹由曲线段—直线段—曲线段组成(图 5.4.3)。可采用递推关系式估算需要的回拖力。

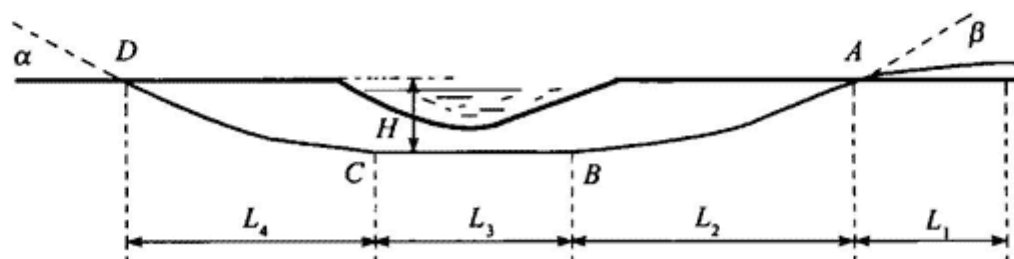


图 5.4.3 典型钻孔轨迹简化示意图

$$T_A = e^{f_k \beta} f_k w_p (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) \quad (5.4.3-3)$$

$$T_B = e^{f_h \beta} (T_A + f_h |w_f| L_2 + w_f H - f_k w_p L_2 e^{f_k \beta}) \quad (5.4.3-4)$$

$$T_C = T_B + f_h |w_f| L_3 - e^{f_h \beta} (f_k w_p L_3 e^{f_k \beta}) \quad (5.4.3-5)$$

$$T_D = e^{f_h \alpha} [T_C + f_h |w_f| L_4 - w_f H - e^{f_h \beta} (f_k w_p L_4 e^{f_k \beta})] \quad (5.4.3-6)$$

式中: T_A ——A 点处管道所受回拖力(kN);

T_B ——B 点处管道所受回拖力(kN);

T_C ——C 点处管道所受回拖力(kN);

T_D ——D 点处管道所受回拖力(kN);

L_1 ——由于管道焊接和热收缩而额外增加的管段长度(m);

L_2 ——管道入土端曲线段所对应的水平长度(m);

L_3 ——管道最大埋深处水平延伸距离(m);

L_4 ——管道出土端曲线段所对应的水平长度(m);

H ——管道埋深(m);

f_k ——塑料管道与地面之间的摩擦系数,可取 0.5;

w_p ——单位长度管道重力(kN/m),可按公式(5.4.3-7)计算;

w_f ——单位长度管道所受的净浮力(kN/m),可按公式(5.4.3-8)、公式(5.4.3-9)计算;

α ——入土角(rad);

β ——出土角(rad)。

4 单位长度管道重力可按下式计算:

$$w_p = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D^2) \gamma_p \quad (5.4.3-7)$$

式中: w_p ——单位长度管道的重力(kN/m);

γ_p ——管道材料的重度(聚乙烯管的比重一般取 0.955 kN/m³)。

5 钻孔泥浆作用下的单位长度空管道所受的净浮力可按下

式计算：

$$w_f = \frac{\pi D_1^2}{4} \gamma_m - w_p \quad (5.4.3-8)$$

式中： w_f ——单位长度空管道所受的净浮力(kN/m)；

γ_m ——钻孔泥浆的重度(kN/m³)。

6 管道回拖时可采用水或其他液体进行配重,可按下式计算：

$$w_f = \pi \frac{D^2}{4} \left[\gamma_m - \gamma_w \left(1 - \frac{2}{SDR} \right)^2 \right] - w_p \quad (5.4.3-9)$$

式中： γ_w ——配重液体的重度(kN/m³)；

SDR ——管道的标准尺寸比(管道外径与壁厚的比值)。

5.5 扩孔设计

5.5.1 穿越管道所需的钻孔最终扩孔直径应根据敷设管道直径按表 5.5.1 确定。

表 5.5.1 穿越管道所需的钻孔最终扩孔直径

管道外径 D_1 (mm)	最终扩孔直径 (mm)
<200	$D_1 + 100$
200~600	$D_1 \times (1.2 \sim 1.5)$
>600	$D_1 + (300 \sim 400)$

5.5.2 穿越管道直径大于 250mm 或地层土质为中砂、粗砂及砂砾土时,宜进行多级扩孔;应根据地层条件和钻机能力合理选择扩孔程序,管径越大,扩孔次数越多,钻机能力小,也应增加扩孔次数。

5.5.3 管道穿越沉降严格控制地区时,管道与孔壁环空间隙内的泥浆应采用水泥砂浆置换。

6 工程施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 施工前应按现行国家标准《市政工程施工组织设计规范》GB/T 50903 的相关要求编写施工组织设计。
- 6.1.2 管道回拖前应按相应的设计要求进行管道检测。
- 6.1.3 施工过程中应合理控制钻进速度和孔内泥浆压力,避免造成对上部地层的破坏。
- 6.1.4 所使用的设备和机具应满足使用要求。

6.2 施工准备

- 6.2.1 施工前应按设计图纸放出拟敷设管线的中心线,确定入土点、出土点,并在中心线上标示穿越障碍和交叉管线的位置;根据入土点、出土点及中心线,确定入土侧、出土侧、施工便道以及管线预制场地等的边界。
- 6.2.2 应根据施工组织设计中的施工平面布置图确定各功能位置,做好围挡、安全标示和交通疏导工作。
- 6.2.3 水平定向钻机安装应符合下列规定:
 - 1 钻机应安装在设计轨迹延伸线的起始位置;
 - 2 钻机动力头的中心轴应与设计轨迹延伸线重合;
 - 3 钻机锚固应满足在钻机最大推拉力作用下不发生失效。
- 6.2.4 导向施工前,应按下列内容对导向仪进行校核:
 - 1 检查导向系统(接收器、发射器、远程同步监视器)电源;
 - 2 检查接收器、远程同步监视器信道是否匹配;
 - 3 每次使用导向系统前,应按操作说明书对导向系统进行校准;

- 4 更换发射器、接收器、钻头体时应重新进行校准；
- 5 钻进前，应测试施工区域干扰信号，以确定合适的发射和接收频率。

6.2.5 施工前应重点检查下列其他内容：

- 1 各仪表是否正常显示；
- 2 机械各油管、水管是否畅通，是否有泄漏现象；
- 3 各电路是否正常工作，是否有漏电现象，是否有钻机接地等安全措施；
- 4 钻杆丝扣是否清洁完好，是否发生变形或损坏；
- 5 入土点与出土点的通讯是否畅通；
- 6 施工用水源是否方便施工，水质是否合格。

6.3 钻机选型

6.3.1 水平定向钻法管道穿越工程施工应综合考虑施工场地、地层条件、敷设管线直径、埋深和长度等因素，合理选择钻机类型和性能参数。

6.3.2 施工所用水平定向钻机额定回拖力可按设计回拖力计算值的 1.5~3.0 倍进行选取。

6.3.3 水平定向钻机的功率应与工程相匹配，可根据管道直径、穿越长度和回拖力确定。

6.4 钻孔泥浆配制

6.4.1 水平定向钻进应根据地层条件、穿越管道直径和长度，制定合理的泥浆体系，选择合适的造浆材料。

6.4.2 钻孔泥浆的设计应包含下列内容：

- 1 确定钻孔泥浆的比重、黏度、静切力、动切力、滤失量、泥饼厚度、允许含砂量、pH 值等基本参数；
- 2 各种造浆材料的配合比；
- 3 钻孔泥浆材料用量计算；

4 泥浆制备；

5 制定钻孔泥浆循环、净化、管理措施。

6.4.3 泥浆性能参数应根据地质情况确定,可按表 6.4.3 选择。

表 6.4.3 泥浆性能参数

泥浆性能	地层类型				
	松散粉砂、 细砂及粉土	密实粉砂、 细砂层和砂岩、 泥页岩	花岗岩等 坚硬岩石层	中砂、粗砂、 卵石及 砾岩层	黏性土和 活性软泥 岩层
马氏漏斗黏度(s)	60~90	50~60	40~55	80~120	35~50
塑性黏度 PV(mPa·s)	12~15	8~12	8~12	15~25	6~12
动切力 YP(Pa)	>10	5~10	5~8	>10	3~6
表观黏度 AV(mPa·s)	15~25	12~20	8~15	20~35	6~12
静切力 G_{10s}/G_{10min} (Pa)	5~10/ 15~20	3~8/6~12	2~6/5~10	5~10/15~20	2~5/3~8
滤失量(ml)	8~12	8~12	10~20	8~12	8~12
pH	9.5~11.5	9.5~11.5	9~11	9.5~11.5	9~11

6.4.4 钻孔泥浆用量计算应综合考虑最终扩孔直径、钻孔长度、扩孔次数、孔内漏失状况等因素,可按下式计算:

$$V = k\pi \frac{D_c^2}{4} L \quad (6.4.4)$$

式中:V——钻孔泥浆用量(m^3);

D_c ——终孔直径(m);

k ——比例系数,取值范围为 3~5,一般取 3。

6.4.5 钻孔泥浆的配方和性能参数应根据施工过程中地层条件、钻进工艺、孔内情况等因素进行实时监测和调整。钻孔泥浆的性能参数应符合下列规定:

1 密度应控制在(1.02~1.25) g/cm^3 ,可用标准泥浆比重秤或其他方法进行测定;

2 黏度宜用马氏漏斗测量,应每 2h 测量一次;

3 静切力可用六速旋转黏度计测定,并按下式计算:

$$G_{10s}(\text{或 } G_{10min}) = R_3/2 \quad (6.4.5-1)$$

式中: G_{10s} 、 G_{10min} ——分别为泥浆的 10s 或 10min 静切力(Pa);

R_3 ——旋转黏度计静止 10s 或 10min 时的 3r/min 最大读值;

4 动切力可按下式计算:

$$YP = 0.5 \times (2R_{300} - R_{600}) \quad (6.4.5-2)$$

式中: YP ——泥浆的动切力(Pa);

R_{300} 、 R_{600} ——旋转黏度计 300r/min、600r/min 时的稳定读值。

5 钻孔泥浆的滤失量宜控制在 15ml/30min 以内,水敏性、易坍塌和松散地层滤失量宜控制在 10ml/30min 以内;

6 经泥浆净化设备处理后的钻孔泥浆的含砂量应小于 0.5%,用含砂量仪测定;

7 钻孔泥浆的 pH 值应控制在 9~11 的范围之内,采用 pH 试纸进行测试。

6.4.6 施工时泥浆泵的泵量应能满足施工要求,可按下式计算:

$$Q = \frac{Av_d}{W_c} \quad (6.4.6)$$

式中: Q ——泥浆泵的泵量(m^3/min);

A ——钻头底唇面积(m^2);

v_d ——钻进速度(m/min);

W_c ——允许的最大钻屑含量百分比,一般情况下,钻屑含量不宜超过 10%。

6.4.7 水平定向钻施工过程中应保持稳定的泥浆循环。

6.4.8 泥浆应在专用搅拌容器或搅拌池中配制,从钻孔内返出的泥浆应经沉淀池或泥浆净化设备处理并调整后方可重复利用。

6.4.9 当钻进过程需要长时间中断时,应向孔内定时补充新泥浆并活动钻具,以补偿泥浆漏失及防止卡钻事故的发生。

6.4.10 钻孔泥浆配制过程中应按附录 B 要求填写钻孔泥浆记

录表。

6.5 先导孔钻进

6.5.1 对于距离短、埋深浅、电磁干扰弱、地面有通行条件的穿越工程,宜采用无缆式导向仪进行导向钻进。

6.5.2 对于距离长、埋深大、电磁干扰强或地面无通行条件的穿越工程,宜采用有缆式导向仪进行导向钻进。

6.5.3 应根据地层类型、穿越长度及钻杆尺寸选择合适的导向钻具组合。

6.5.4 先导孔钻进施工应符合下列规定:

1 施工前钻机应进行试运转,时间不应少于 15min,确定机具各部分运转正常且钻头喷嘴有泥浆流动后方可钻进;

2 第一根钻杆入土钻进时应轻压慢转、稳定入土位置,符合设计入土角后方可继续钻进;

3 先导孔钻进时,直线段测量计算频率宜每根钻杆一次;

4 采用无缆式导向仪时,应按附录 C 要求记录导向数据,并绘制钻孔轨迹剖面图;

5 采用有缆式导向仪时,司钻应定时观察计算机处理的随钻数据,并进行数据采集;

6 控向员应及时将测量数据与设计值进行对比,引导司钻员调整钻进轨迹;

7 钻进至既有管线临近区域时,应慢速钻进并复核先导孔轨迹,测算与交叉管线的距离,确认在安全许可范围后再恢复正常钻进;

8 曲线段钻进时,应符合下列规定:

1) 一次顶进长度宜小于 0.5m;

2) 应观察延伸长度顶角变量且该变量应符合钻杆极限弯曲强度要求;

3) 应采取分段施钻,使延伸长度顶角变化均匀。

9 导向钻进遇到异常情况时,应停钻查明原因,问题解决后方可继续施工;

10 先导孔纠偏应平缓,避免出现大的转角。

6.6 扩孔钻进

6.6.1 扩孔钻进应根据地层特点、工程规模、钻机能力、钻杆规格及扩孔器类型进行合理设计。

6.6.2 当设计的终孔直径较大或施工设备能力有限时,宜分多次将钻孔直径扩至设计要求。

6.6.3 扩孔钻进前应确认扩孔器喷嘴畅通。

6.6.4 扩孔钻进应符合下列规定:

1 应按设计的扩孔极差给定钻进参数及泥浆排量;

2 扩孔过程中,如发现扭矩、拉力异常,应降低进尺速度,判断孔内状况并调整相关技术参数;

3 一级扩孔完成后,应结合扩孔过程中扭矩、拉力及返浆情况对孔内清洁状况进行判断,若孔内钻屑量偏多,宜进行洗孔后再进行下一级扩孔;

4 应按本规程附录 D 的要求填写扩孔钻进记录。

6.6.5 扩孔完成后,应根据孔内清洁程度确定是否进行清孔。

6.7 管道回拖

6.7.1 管道回拖前,应做好下列准备工作:

1 对钻机地锚进行检查,确保回拖过程中不出现地锚松动;

2 对钻机、泥浆泵等设备进行检修保养;

3 吊管设备进场就位;

4 对钻杆和管道的连接件进行检查,确保工作可靠;

5 做好管道地表减阻措施;

6 对已连接完成的管线长度、焊缝、防腐进行检查;

7 管道回拖组合连接后,应进行泥浆试喷,确保泥浆通道

畅通。

6.7.2 采用管道发送沟减阻时,应符合下列规定:

- 1 应根据地形、出土角等确定发送沟开挖深度和宽度;发送沟的下底宽度宜比穿越管径大 500mm;
- 2 管道发送沟内应注水,最小注水深度宜大于穿越管径的 1/3;
- 3 应在回拖前将穿越管段放入发送沟。

6.7.3 采用托管架减阻时,应符合下列规定:

- 1 应根据穿越管段的长度和重量确定托管架的跨度和数目;
- 2 托管架的高度设计应满足预制管段弯曲曲率的要求;
- 3 托管架的强度、刚度和稳定性应满足设计要求。

6.7.4 管道进入钻孔时应确保管道轴线与钻孔轴线在出土端的延长线重合,避免管道与钻孔形成夹角。

6.7.5 管道回拖作业应符合下列规定:

- 1 回拖过程应连续施工,特殊情况下需中断时,中断时间不宜超过 4h;
- 2 回拖速度应均匀,避免造成孔内压力激动;
- 3 回拖过程中宜保持泥浆循环;
- 4 应按本规程附录 E 的要求填写回拖记录。

6.7.6 管道回拖完成后,应进行以下工作:

- 1 管道回拖完成后,应对管道两端进行封堵;
- 2 管道敷设后应对管道实际轴线进行测量;
- 3 两端造斜段环空应视情况进行注浆加固处理。

6.8 安全环保

6.8.1 水平定向钻法管道穿越工程施工应遵循国家和行业有关健康、安全与环境保护的法律、法规及相关规定。

6.8.2 废弃泥浆应按国家或地方的相关规定处理。

6.8.3 施工单位应制订下列应急措施:

1 应制订可行的施工作业安全措施和应急预案,并配备足够的应急资源并进行应急演练;

2 施工单位应针对敷设的管线,作出相应的应急预案;

3 水平定向钻法管道穿越工程施工应做好营地建设及职工的营养、医疗保健工作以及地方病的防治工作。

7 质量检验与工程验收

7.1 一般规定

7.1.1 工程施工阶段应由施工单位和监理单位对工程质量进行全过程的监督管理,对先导孔钻进、扩孔、管道回拖等工序进行签字确认;建设单位或专业工程管理单位对其进行监督。

7.1.2 工程竣工验收应在施工单位自检合格后进行,由建设、设计、监理、施工等单位共同参与完成。

7.1.3 施工过程中和竣工后,应保证敷设管线的上覆土层及相邻建筑物不发生沉陷、坍塌或隆起,相邻或相交管线及地下构筑物不受损坏。

7.1.4 工程竣工后应对已敷设管线的空间位置进行测量,并做出管线竣工测量图。

7.1.5 工程验收合格后,施工单位应进行场地复原。

7.2 质量检验

7.2.1 管材到场后,施工单位应与监理单位共同对管材进行进场检测,并由具备相应资质的检测单位进行检测复验。

7.2.2 进场管材的检测应包括下列内容:

- 1 应有产品合格、技术质量证明文件;
- 2 外观无缺陷、裂纹、弯曲、变形;
- 3 管节、防腐层、材质物理性能等应符合国家现行有关标准的规定和设计要求;
- 4 焊接材料和焊接设备应符合设计要求。当设计无要求时,焊接材料和焊接设备应与选用管材相匹配;
- 5 电力管道应进行管材的环片热压缩性能试验。

7.2.3 钢管焊缝应按设计图纸提出的焊接要求进行检测。

7.2.4 塑料管道热熔焊接接头质量检验应符合现行行业标准《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ 63 中关于热熔连接的规定。

7.3 管道功能性试验

7.3.1 管道应根据实际需要,并结合其类型进行相应的功能性试验。

7.3.2 给水管道应进行水压试验,排水管道应进行闭水或闭气试验,并按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的相关规定执行。

7.3.3 燃气管道穿越大中型河流、铁路、高等级公路时,在回拖前应单独进行试压。管道安装完毕后应依次进行吹扫、强度试验和严密性试验,并按现行行业标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33 的相关规定执行。

7.3.4 供热管道应进行强度试验和严密性试验,强度试验应在管道接口防腐、保温施工及设备安装前进行,严密性试验应在管道安装完成后进行,按现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的相关规定执行。

7.3.5 通信和电力套管应进行通管试验,并符合下列规定:

- 1 管内径大于或等于 98mm 时,宜选用定径试通棒检测验收;
- 2 管内径小于 98mm 时,宜选玻璃钢质通管器检测验收,通管器直径宜为 15mm;
- 3 通管试验时,可使用坚韧的尼龙绳牵引通管器,不得使用钢丝绳。

7.3.6 管道功能性试验涉及水压、气压作业时,应有安全防护措施,作业人员应按相关安全作业规程进行操作。

7.4 工程竣工验收

7.4.1 施工期间,可按工程实施内容实行阶段性验收,完工后应

进行竣工验收；阶段性验收和竣工验收均应在施工单位自检合格后才能提交监理和建设单位审核。

7.4.2 水平定向钻法管道穿越工程应按表 7.4.2 的内容进行阶段性验收及竣工验收。

表 7.4.2 水平定向钻法管道穿越工程阶段性验收及竣工验收内容

序号	项 目	内 容	检 查 方 法
1	出入土点、 泥浆池	1 深度、坡度； 2 位置	检查施工方案
2	先导孔钻进、 扩孔	1 导向是否偏离设计位置和深度； 2 导向记录、回扩记录是否齐全、真实、可靠	检查施工方案，检查相关施工记录
3	管道回拖	1 管道回拖力、扭矩有无突升或突降现象； 2 回拖管道时和回拖后的管道检查	观察；检查施工方案，检查回拖记录
4	管道、 防腐层等 工程材料	是否符合国家相关标准的规定和设计要求	检查产品质量保证资料；检查产品进场验收记录
5	管道连接	管道焊接、钢管外防腐层（包括焊口补口）的质量	管节及接口全数观察
		钢管接口焊接、塑料管接口熔焊是否符合设计要求	接口逐个观察，检查焊接检验报告
6	管道回拖 后线形	1 是否平顺，有无突变、变形现象； 2 实际曲率半径是否符合设计要求	观察；检查先导孔钻进、扩孔、回拖施工记录、探测记录
7	管道功能性 试验	试验结果是否满足设计要求	检查管道功能性试验报告

续表 7.4.2

序号	项 目	内 容	检 查 方 法
8	检查井或人(手)孔	1 砌体质量及墙面处理质量; 2 混凝土浇筑质量; 3 管道入口外侧填充情况、质量; 4 结合部位质量; 5 通道内可见部分的质量,包括四壁、基础表面、铁件安装、管道窗口处理等; 6 圈口安装质量、位置、高程	观察

7.4.3 不同类型管道的竣工验收,应按国家现行相关的标准执行。

7.4.4 管道回拖后应对管道实际轨迹进行测量,管道实际轨迹测量限差应满足设计要求,且不应超出表 7.4.4 中的限值。

表 7.4.4 管道实际轨迹测量限差(m)

水平限差	$\pm(0.1+0.05H)$
垂向限差	$\pm(0.2+0.05H)$

注: H 为管道最大埋深。

7.4.5 水平定向钻施工的竣工资料应包括下列内容:

- 1 工程规划许可证;
- 2 相关部门批件;
- 3 工程施工许可证;
- 4 工程设计图纸;
- 5 工程测绘报告;
- 6 工程探测报告;
- 7 工程施工组织设计;
- 8 先导孔施工记录;
- 9 扩孔记录;
- 10 管道回拖记录;

- 11 焊缝检测记录；
- 12 强度试验记录；
- 13 管线竣工测量图；
- 14 竣工总结报告。

7.4.6 竣工资料应按规定归档,工程竣工后应进行质量追踪。

附录 A 地下管线探测的物探方法

表 A 地下管线探测的物探方法

探测方法			基本原理	特 点	适用范围
电 磁 法	被动源法	工频法	利用载流电缆或工业游散电流在金属管线中感应的电流所产生的电磁场	方法简便、成本低、工作效率高	在干扰小场地,用来探测动力电缆或金属管线
		甚低频法	利用甚低频无线电发射台所发射的无线电信号在金属管线中感应的电流所产生的电磁场	方法简便、成本低、工作效率高,但精度低、干扰大,其信号强度与无线电台和管线的相对方位有关	在一定的条件下,可用来搜索电缆或金属管线
	主动源法	直接法	利用直接接到被测金属管线上的电磁信号	信号强,定位、定深精度高,且不易受近邻管线的干扰,但必须有管线出露点	用于精确定位、定深或追踪各种金属管线
		夹钳法	利用专用管线仪配备的夹钳套在金属管线上,通过夹钳上感应线圈把信号直接加到金属管线上	信号强,定位、定深精度高,且不易受邻近管线的干扰,但必须有管线出露点,且被勘查管线的直径受夹钳大小的限制	金属管线直径较小且有出露点时,可作精确定位、定深或追踪
		电偶极感应法	利用发射机两端接地产生的一次电磁场对金属管线产生的二次电磁场	信号强,不需有管线出露点,但必须有良好的接地条件	用来搜索和追踪金属管线

续表 A

探测方法			基本原理	特 点	适用范围
电 磁 法	主 动 源 法	磁偶 极感 应法	利用发射线圈产生的电磁场,使金属管线产生感应电流,形成电磁异常	发射、接收均不需要接地,操作灵活、方便,效率高,效果好	可用于搜索,也可用于定位、定深和追踪
		示踪 电磁 法	将能发射电磁信号的示踪探头或电缆送入非金属管线内,在地面上用仪器追踪信号	能用探测金属管线的仪器探测非金属管线,但必须有放置示踪器的出入口	用于探测有出入口的非金属管线
		电磁 波法	利用脉冲雷达系统,连续地向地下发射脉冲宽度为几微秒视频脉冲,接收反射回来的电磁脉冲信号	即可探测金属管线,又可探测非金属管线,但仪器价格昂贵	在常规方法无法探测时,可用来探测各种金属管线和非金属管线
直 流 电 法	电 阻 率 法		采用高密度或中间梯度装置在金属或非金属管线上产生低阻异常或高阻异常	可利用常规直流电法探测地下管线,探测深度大,但供电和测量均需接地	在接地条件好的场地探测直径较大的金属或非金属管线
	充 电 法		直流电源的一端接到被测的金属管线,另一端接地,利用金属管线被充电后在其周围产生的电场	追踪地下金属管线精度高、探测深度大,但供电时金属管线必须有出露点,测量时必须接地	用于追踪具备接地条件和出露点的金属管线
磁 法	磁强 FIDFE 法		利用金属线与周围介质之间的磁性差异,测量磁场的垂直分量	可用常规磁法勘探仪探测铁磁性管线,探测深度大,但易受附近磁性体的干扰	在磁性干扰小的场地探测埋深较大的铁磁性管线
	磁梯度法		测量单位距离内地磁场强度的变化	对铁磁性管线或井盖的灵敏度高,但受磁性体的干扰大	用于探测掩埋的井盖

续表 A

探测方法		基本原理	特 点	适用范围
地震波法	浅层地震法	利用地下管线与其周围介质之间的波阻抗差异,用反射波法做浅层地震时间剖面	探测深度大,时间剖面反映管线位置直观,但探测成本高	在其他探测方法无效时,用于探测直径较大的金属或非金属管线
	面波法	利用地下管线与其周围介质之间的面波波速差异测量不同频率激振所引起的面波波速	较浅层地震法简便,可探测金属和非金属管线。目前还处于研究阶段	用于探测直径较大的非金属管线
红外线辐射法		利用管线或其他充填物与周围土层之间温度的差异	探测方法简便,但必须具备温差这一前提	用于探测暖气管线或水管漏水点

附录 B 钻孔泥浆记录表

表 B 钻孔泥浆记录表

工程名称：									
施工地点：					泥浆工：				
施工阶段：									
钻孔泥浆配方及净浆性能参数									
配制时间：			配制容量：						
	钻孔泥浆 配料名称	加量	密度	马氏漏斗 黏度	静切力	动切力	滤失量	含砂量	pH 值
1									
2									
3									
4									
5									
钻孔泥浆性能测试记录									
序号	测试时间	密度	马氏漏斗 黏度	静切力	动切力	滤失量	含砂量	PH 值	备注
1									
2									
3									
4									
5									
6									
施工单位质量 检查结果		施工员： 班长： 质检员： 年 月 日							
监理或建设单位 验收结论		监理工程师： 年 月 日							

附录 C 水平定向钻先导孔钻进记录表

表 C 水平定向钻先导孔钻进记录表

工程名称								
承建单位：					施工班组：			
施工地点：					施工日期：			
钻机型号：					导向设备：			
司钻员：			导向员：		开钻时间：		结束时间：	
钻杆	距离 (m)	深度(m)		方位角 (°)	偏差(mm, 右偏差为正)	倾斜角(°)		备注
		设计	实际			设计	实际	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
施工单位 质量检查结果		施工员： 班长： 质检员： 年 月 日						
监理或建设 单位验收结论		监理工程师： 建设单位项目负责人： 年 月 日						

附录 D 扩孔钻进记录表

表 D 扩孔钻进记录表

扩孔直径()mm

工程名称:					地点:			施工长度:	
开机时间					日期:			钻机型号:	
关机时间					天气:			钻杆长度:	
钻杆	扭矩	拖力	泥浆压力	泥浆排量	钻杆	扭矩	拖力	泥浆压力	泥浆排量
1					16				
2					17				
3					18				
4					19				
5					20				
6					21				
7					22				
8					23				
9					24				
10					25				
11					26				
12					27				
13					28				
14					29				
15					30				
施工单位质量 检查结果			施工员: 班长: 质检员: 年 月 日						
监理或建设单位 验收结论			监理工程师: 建设单位项目负责人: 年 月 日						

备注:泥浆压力、泥浆用量可根据机械提供的计量单位填写。

附录 E 管线回拖记录表

表 E 管线回拖记录表

工程名称：											
设计管径(mm)：						钻杆长度(m)：					
总长(m)：						钻杆根数：					
时间					回拖长度		回拖参数				备注
起		止		历时 (分)	当次进尺	累计进尺	拉力	扭矩	转速	泥浆排量	
时	分	时	分								
施工单位质量 检查结果					施工员： 班长： 质检员：						
					年 月 日						
监理或建设单位 验收结论					监理工程师： 建设单位项目负责人：						
					年 月 日						

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

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:

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,在条件许可时首先应这样做的:

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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《城镇燃气设计规范》GB 50028
- 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268
- 《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332
- 《通信管道与通道工程设计规范》GB 50373
- 《市政工程施工组织设计规范》GB/T 50903
- 《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219
- 《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28
- 《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33
- 《城镇供热管网设计规范》CJJ 34
- 《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61
- 《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ 63

中国工程建设协会标准

水平定向钻法管道穿越工程
技 术 规 程

CECS 382 : 2014

条 文 说 明

目 次

1	总 则	(47)
3	基本规定	(49)
4	工程勘察	(50)
4.1	一般规定	(50)
4.2	工程地质和水文地质勘察	(50)
4.3	地下管线和建(构)筑物探测	(51)
5	工程设计	(52)
5.1	一般规定	(52)
5.2	管道设计基本要求	(52)
5.3	穿越轨迹设计	(52)
5.4	回拖力计算	(55)
5.5	扩孔设计	(56)
6	工程施工	(57)
6.1	一般规定	(57)
6.2	施工准备	(57)
6.3	钻机选型	(58)
6.4	钻孔泥浆配制	(59)
6.5	先导孔钻进	(61)
6.6	扩孔钻进	(62)
6.7	管道回拖	(63)
6.8	安全环保	(64)
7	质量检验与工程验收	(66)
7.1	一般规定	(66)
7.3	管道功能性试验	(66)
7.4	工程竣工验收	(66)

1 总 则

1.0.1 地下管道是国家城市基础设施建设的重要组成部分。传统方法采用开挖沟槽敷设地下管道,对道路交通和环境影响很大,给人们的生活带来不便,引发的社会、交通、环境保护问题愈来愈受到人们的关注,城市限制开挖施工的法规也陆续出台。水平定向钻管道穿越技术不受管道埋深、地面限制、地下水等影响,施工速度快、成本低,可解决开挖铺管无法解决的一系列难题,在管道穿越水域、铁路、公路等无法开挖或禁止开挖区域时,体现出充分的优越性和科学性。

1.0.2 本条规定了本规程所适用的范围。市政给水排水管道、燃气管道、热力管道、通信管道、电力管道等的水平定向钻穿越工程均可按本规程执行,管道材质多采用塑料管和钢管。长输油气管道水平定向钻穿越工程可按现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423、《油气管道穿越工程施工规范》GB 50424 执行。

1.0.3 水平定向钻法管道穿越工程的勘察应符合国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《城市工程管线综合规划规范》GB 50289、《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568、《市政工程勘察规范》CJJ 56、《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 等的相关规定。水平定向钻法可敷设的管道涉及给水、排水、燃气、热力、电力和通信等多个行业领域。上述各类型的管道穿越工程的设计、施工与验收可参照下列相关标准的规定执行:

《城镇燃气设计规范》GB 50028;

《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268;

《给水排水管道结构设计规范》GB 50332;

《通信管道与通道工程设计规范》GB 50373；
《水平定向钻机安全操作规程》GB 20904；
《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33；
《城镇供热管网设计规范》CJJ 34；
《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ 63；
《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81；
《埋地聚乙烯给水管道技术规程》CJJ 101；
《非开挖敷设用高密度聚乙烯排水管》CJ/T 358；
《城市地下通信塑料管道工程施工及验收规范》CECS 177
等。

3 基本规定

3.0.1 由于还没有国家级的关于水平定向钻管道穿越从业资质要求,目前仅有少数的行业协会或研究机构从行业的诉求出发,为相关从业人员颁发了相关证书。水平定向钻作业人员主要包括控向员、司钻员、管道焊接工、泥浆工等,各个岗位操作人员应遵守安全操作技术规程,确保安全生产。

3.0.2 水平定向钻管道穿越工程应严格执行现行的国家基本建设程序。勘察工作是为设计和施工提供可行性依据,查明施工地段既有地下管线并为施工安全提供保障。

3.0.3 水平定向钻法管道穿越工程对使用的管材材质有严格要求,推荐使用钢管、PE管、PVC-U管和MPP管等柔性管材;目前部分刚性管材通过特殊设计的承拉接头也可以采用水平定向钻法进行敷设。管材质量应符合国家现行有关标准的相关规定,可参考的标准有《结构用无缝钢管》GB/T 8162、《非开挖铺设用高密度聚乙烯排水管》CJ/T 358。

3.0.4 各行业对管道敷设有各自的要求,应充分考虑不同行业的具体要求,并结合水平定向钻法的工艺特点进行设计和施工。

3.0.5 水平定向钻法一般用于不具备开挖条件的管道敷设工程,由于在钻进过程中,钻孔仅通过泥浆来维持稳定,在穿越重要设施如建(构)筑物、铁路、高等级公路、重要水域等时,应事先进行风险评估并根据评估结果采取相关安全防护措施,防止施工中可能出现的地面沉降、塌陷或地层压裂等造成的危害。

3.0.7 水平定向钻施工中产生的废弃物主要有泥浆、钻屑、油污等,若直接弃置会对周边环境造成污染,应按照国家 and 地方有关规定进行回收处理。在居民区夜间施工时,应采取相应措施减少噪音扰民。

4 工程勘察

4.1 一般规定

4.1.1 先勘察后设计是工程必须遵守的程序,了解地层条件和地下埋设物的分布情况极为重要。同时,勘察工作也是保障施工安全和环境保护的需要,并关系到施工方法和设备的选择。工程勘察应符合国家和地方现行有关标准的规定。水平定向钻法管道穿越工程勘察应分阶段进行,当工程规模较小时可进行一次详勘。施工过程中若发现勘察报告有不足部分,施工单位可向建设单位提出补充勘察。工程勘察、地下管线和建(构)筑物探测可按国家现行标准《城市工程管线综合规划规范》GB 50289、《市政工程勘察规范》CJJ 56、《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 等标准的相关规定执行。

4.2 工程地质和水文地质勘察

4.2.1 地质条件(地质和水文)直接影响到工程的施工。工程勘察的目的是在水平和垂直方向上查明地层条件。方法有:

- 1 间接勘察,如收集相邻或相近的地层,查阅地质图;
- 2 直接勘察,如钻探取样、地球物理勘探、原位测试等。钻探取样是基础、是先导性工作,工程设计和施工方案的选择,很大程度上依赖于钻探资料。

4.2.2 本条参考了现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56 中关于市政工程建设场地的分类标准。

4.2.3 现场踏勘的主要任务:了解施工场地地面建筑物的功能、基础类型、规格尺寸、区域环境和植被及地形变化;交通状况,施工进退场道路;了解水域覆盖面积、深度变化;查看高空及地表有无

强磁场干扰,常见的干扰源主要有周边电网、无线电发射设备、地磁场异常、地下金属管道、含大量钢筋的地下工程基础等。

4.2.6 本条参照了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

4.2.7 本条参照国家现行标准《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568 和《市政工程勘察规范》CJJ 56 制定。

4.2.8 水平定向钻法管道穿越工程可能需要调整穿越轨迹,因此勘探孔的深度应在设计管底标高以下 3m~5m。如遇地层断裂构造发育、地层变化频繁和出现大量砾石、卵石、漂石时,应加密勘探取样钻孔的水平间距和勘探深度,孔距加密、孔深加大对业主、建设、设计、施工都是有利的。

4.3 地下管线和建(构)筑物探测

4.3.3 建(构)筑物沉降控制非常重要,本规程专门将其要求单独列出。

4.3.4 本条规定了地下管线所需要的探测范围,以防止管道敷设施工对穿越范围内既有地下管线造成破坏。根据目前施工技术水平,查明穿越路由周围 3 倍管径或不小于 3m 范围内的管线可满足安全施工要求。

4.3.5 本条中表 4.3.5 参照现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 制定。

4.3.6 探测地下管线方法多种多样。附录 A 是探测地下管线的物探方法的选择表,表 A 介绍了各种探测方法的基本原理、特点和适用范围。

5 工程设计

5.1 一般规定

5.1.1 按照工程建设程序要求,水平定向钻法管道穿越工程一般按两阶段进行设计。初步设计应在勘察资料的基础上,针对地形、地貌、地质、水文、气象、地震等条件,以安全、适用、经济等为参考标准,对不同技术方案进行筛选。施工图设计应有业主对初步设计的审批文件,设计的方案应具有对管道强度、稳定性和耐久性的规定,并符合环保要求。对重大的、技术复杂的穿越工程应进行初步设计。初步设计应审阅水平定向钻法管道穿越工程项目和施工场地的所有资料,分析研究现有构筑设施、地形、地貌及开展一些相关的工作。施工安全不可忽视,应放在首位。依据生产管的类型、使用目的、技术要求,确定设备机具能力和施工方法,使工程顺利进行。做到环境保护、文明施工,确定合理的经济指标。

5.2 管道设计基本要求

5.2.4 水平定向钻法敷设 PE 管的设计内容包括:管材运输、焊接、敷设工艺的设计。其内容可涉及管材的机械、结构和水力学的要求,且设计的管材外径和 SDR 值,应满足应力条件和所承受的荷载。管道材质和结构设计可分别按现行行业标准《埋地给水塑料管道工程技术规程》CJJ 101、《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ 63 和《埋地塑料排水管道工程技术规程》CJJ 143 执行。

5.3 穿越轨迹设计

5.3.1 本条主要是参考美国 ASTM 标准 F1962—11《大型水平定向钻进穿越障碍物(包括河流)敷设聚乙烯管道或导管技术指

南》(Standard Guide for Use of Maxi-Horizontal Directional Drilling for Placement of Polyethylene Pipe or Conduit Under Obstacles, Including River Crossings)。地层条件是影响在某一地质区域进行水平定向钻进技术可行和成本的重要因素。表 5.3.1 列出了水平定向钻进与地层适应性的关系。“适用”意味着有丰富经验的施工人员,使用合适的设备能较容易完成施工任务;施工机具的选择需要考虑钻孔长度、最后一级扩孔的直径和地层条件,不同的地层条件需要选择不同钻具组合和泥浆体系。“可行但有难度”的地层需要对常规的钻进过程和施工设备进行调整,比如使用特殊钻具组合和泥浆体系。“可能会遇到重大的问题”的地层,采用水平定向钻进技术,需要付出比其他方法更高的施工成本或成功率很低。难以实现的地层主要有卵砾石层、含有孤石、漂石的地层,非石化材料到坚硬岩石的过渡层,遇到这些地层时,应该考虑改变设计的管道穿越轨迹方案或者选用其他施工方法,若必须按原有设计方案施工,其付出的成本很高、成功率很低。

5.3.2 当整个地段卵砾层发育,施工难度大,应该重新选择穿越地点。如果只是在穿越入土端或出土端存在卵砾石层,可以采取相应措施进行处理后进行穿越施工。

5.3.3 水平定向钻法穿越地层敷设管道施工完成后,由于在管道入土端和出土端的上覆土层较薄,上层土体可能会产生沉降、塌陷,应采取相应技术措施进行防范和处理。

5.3.4 本条规定了定向钻先导孔轨迹设计应遵循的基本原则和主要内容:

钻孔类型和钻孔轨迹类型取决于以下因素:管道的性质、功能、材质、敷设要求、地质条件;施工单位的设备性能和技术实力;既有地下管线分布、地面及地下障碍物的分布,施工场地条件,水域覆盖面积和深度,施工的安全性和经济性等。

造斜点是指同一孔身中由直线段转变为曲线段的转折点。造斜点的位置确定应从施工的整体性、技术性、安全性及经济性综合

考虑;

曲线段的曲率半径取决于管道特性、岩土层的造斜能力、机具设备的造斜能力及工程的整体性要求等综合因素。在各方面条件允许的情况下,曲率半径越大越好。

5.3.5 入土角、出土角及曲率半径的选择受穿越段水平距离、管道埋深、管材类型、钻机参数及地层条件等因素限制。

入土角、出土角的确定:施工中如果入土角过小,则覆土深度较浅,土质松软,钻杆往往会翘出地面,难以按照设计的入土角钻进;如果入土角过大,钻进深度大,不利于导向钻进,难以较快减小钻杆埋深,管道埋深大;出土角太大也不利于工程施工。本条给出的入土角、出土角范围值是参考国内钻机参数和施工单位的施工经验给出的,市政管道工程一般穿越距离短、管径小,且多选用塑料管材,因此可选取较大的入土角,可达到 30° 以上,这里建议入土角的范围为 $8^{\circ}\sim 30^{\circ}$,其中钢管不宜大于 18° 。为保证管道回拖时顺利入洞,宜选取较小的出土角,一般为 $4^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 。对于大直径钢管穿越施工,由于曲率半径很大,为降低管道入洞难度,条件允许时可适当将出土坑挖深挖长。对于柔性更好的塑料管道而言,可接受的出土角范围更宽,一般为 $4^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。

水平定向钻敷设的管道,一般采用弹性曲线敷设。若弹性敷设曲线的曲率半径合适,管道回拖就可能在泥浆中顺利进行,既不会损伤防腐涂层,也能保证管段有足够的强度安全余量。根据国内外大量的工程经验,本条规定敷设钢管时,曲率半径不宜小于1500倍的管道外径且不应小于1200倍的管道外径。若竖向曲率半径小于由自重弯曲形成的曲率半径,在弹性范围内将产生向上的弹性抗力,可能使管身贴着钻孔孔壁,增大管身与管壁摩擦,损伤防腐层,故作出本条规定。

水平定向钻敷设塑料管(常用的有PE、PVC、硅芯管、MPP等)最小允许曲率半径应以满足钻杆的曲率半径为选取原则。在弯曲钻孔中钻进时,钻杆承受压缩、扭转和弯曲荷载。弯曲荷载由

两部分荷载叠加而成,一部分是由于孔身弯曲随着钻杆弯曲而产生的弯曲荷载;另一部分则由于传递轴向压力和扭矩产生的弯曲荷载。在实现定向造斜时,钻杆不但要呈现弯曲状态,而且还要围绕着自身轴线做自转运动,钻杆处在不对称循环交变应力状态,在这种交变应力作用下,钻杆极易发生疲劳破坏,由此,合理的钻杆曲率半径十分重要,一般情况下钻杆的曲率半径在 1200 倍钻杆外径以上。

5.3.6 本条规定了水域穿越管道埋深应该满足的基本要求,参考的是现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 中水域穿越的相关规定。但是由于城镇空间狭窄,因此穿越深度不能太深,否则穿越长度过长,现场条件无法满足施工要求。另外穿越深度太深,将会对城市的地下空间的合理开发造成影响。

5.3.7 根据以往施工经验,本条规定了水平定向钻管道穿越工程施工对公路、铁路、河流、地面建(构)筑物的安全距离。随着施工实践经验的不断积累,安全距离也会不断地得到改进和完善。

5.3.8 水平定向钻铺管和开挖式直埋铺管的机理不同,要求所敷设的管线与建筑物及既有地下管线要有一定的安全间距。水平定向钻施工中,若钻孔内产生坍塌现象,则可能造成相邻管线的损坏。泥浆护孔只能在短时间内维持孔壁稳定性,由于管道与钻孔环空的存在,随着时间的推移,孔壁依然可能发生蠕变或坍塌;此时土层的自立厚度和最小覆盖层厚度的问题自然也就出现了,如何科学确定该“距离”数值,还待进一步研究完善。

5.3.9 本条是参照现行国家标准《油气输送管道穿越工程施工规范》GB 50424 中轨迹设计计算的方法。

5.4 回拖力计算

5.4.2 准确估算管道进入钻孔后的回拖阻力是设计和施工重点,本条的计算方法基于管道在地面摩阻力是可控的,结合国内外研究成果和经验,认为进入钻孔内的管道主要受到浮力与管道自重

差值引起的摩阻力、泥浆的黏滞阻力。关于泥浆的黏滞系数的取值,美国燃气协会(American Gas Association)1994 版《水平定向钻管道安装用钻井液实用手册》(Drilling Fluids in Pipeline Installation by Horizontal Directional Drilling, A Practical Applications Manual)建议取 $(0.025 \sim 0.051)\text{bf/in}^2$,换算成公制单位约为 $(0.17 \sim 0.34)\text{kN/m}^2$,所以本规程建议取 $(0.15 \sim 0.35)\text{kN/m}^2$ 。当管道直径大于 1.0m 时,一般应在回拖时采用配重措施平衡管道受到的泥浆浮力作用,以减小管道与钻孔之间的摩擦阻力。

5.4.3 本条是计算塑料管道回拖力的方法。主要是参考美国 ASTM 标准 F1962—11《大型水平定向钻进穿越障碍物(包括河流)敷设聚乙烯管道或导管技术指南》(Standard Guide for Use of Maxi-Horizontal Directional Drilling for Placement of Polyethylene Pipe or Conduit Under Obstacles, Including River Crossings)。

5.5 扩孔设计

5.5.1 最终扩孔直径是在总结国内外大量工程实践和研究成果的基础上给出的扩孔尺寸推荐值;一般情况下,扩孔直径宜小不宜大。在敷设重力管道时,最终扩孔直径应取小值。

5.5.3 采用水平定向钻法穿越敷设管道时,管道与孔壁环空间隙内的泥浆在固结变形后易发生地面沉降,所以在沉降严格控制地区(如道路、河堤等),施工后应采用水泥砂浆对钻孔环状空间内容的泥浆进行置换。

6 工程施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工组织设计是水平定向钻法管道穿越工程施工前的重要工作,是对工程实施过程的整体规划。合理、充分的施工组织设计,是工程顺利实施的基本保障。

6.1.2 管道回拖前应将管道预先焊接好,并按设计要求对焊口进行检测和防腐处理。钢管连接应执行设计图纸的连接要求,如设计图纸没有对钢管连接提出具体要求,可按现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的相关规定执行。塑料管连接应执行设计图纸的连接要求,如设计图纸没有对塑料管连接提出具体要求,可按现行行业标准《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ 63 的相关规定执行。

6.1.4 钻进设备和机具的选择应综合考虑钻机能力、钻孔长度、最大扩孔直径、施工地层等因素,并按厂家的具体要求进行使用和保养。

6.2 施工准备

6.2.3 钻机按设计要求准确就位是保证管道按设计精确敷设的基础,钻机就位时的轴线偏离或锚固不稳,都会造成管道轴线偏离甚至导致工程事故的发生。

6.2.4 导向仪分为无缆式和有缆式两类。无缆式导向仪使用方便,适用于深度小于 20m,无磁干扰或磁干扰小的环境。有缆式导向仪适合于深度大、距离较长的工程;磁场干扰会对仪器产生不利干扰,因此在使用前需要对仪器进行多次校核。

6.3 钻机选型

6.3.1 每一种型号的水平定向钻机都有其能力范围,在选择钻机时,需要结合管道规格、地层特点等因素合理选用钻机,施工过程不宜超出钻机的能力极限。

6.3.2 钻机能力要求为设计回拖力的 1.5~3.0 倍,主要是考虑在整个穿越施工过程中存在诸多不确定性因素,需要给钻机预留一个合适的安全余量,以降低工程风险。正常情况下,在稳定的岩石地层、粉质黏土地层,成孔条件较好,可选用小的安全余量;在不稳定地层或其他复杂地层,则应选取高的安全余量。

6.3.3 图 1 和表 1 给出了根据钻孔长度和管线直径选择钻机主要参数(回拖力、扭矩和功率)的一种方法,可供施工人员参考使用。选择水平定向钻机的主要原则应该是:根据施工需求设计或选择一定拉力范围的钻机,然后将钻机的输出扭矩和钻杆的参数及配套泥浆泵量作为关键参数进行对比,同时考虑发动机持续功率的大小及稳定性。

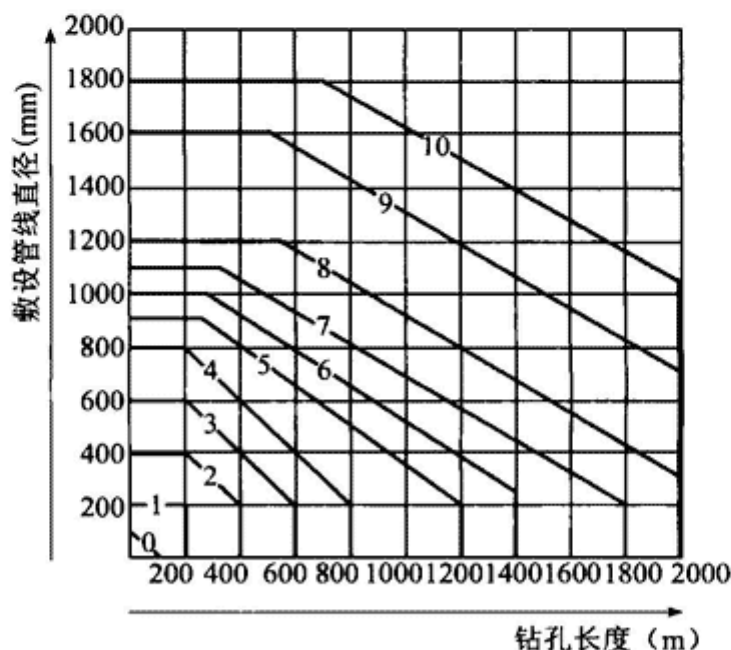


图 1 铺管直径和钻孔长度条件下的钻机性能配备参考图

表 1 管道穿越长度、管径级别和钻机性能要求对应关系表

性能要求	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
回拖力(kN)	100	150	250	320	640	750	1000	1540	1800 以上		
扭矩(40rpm)(kN·m)	3	6	12	18	33	50	60	70	80 以上		

6.4 钻孔泥浆配制

6.4.2 钻孔泥浆适当的比重可以防止漏失和维持孔壁的稳定。钻孔泥浆的黏度越大,悬浮钻屑的能力越强,但是会增加泥浆循环的流动阻力。静切力是泥浆静置时的结构力,也称为泥浆的凝胶强度,静切力越大,泥浆静置时悬浮钻屑的能力越强,但是开泵时的循环阻力也会越大。动切力是泥浆在流动时的结构力,同等流速下,动切力越大,泥浆携带钻屑的能力越强。滤失量是泥浆在一定压力下析出水的程度,水渗入地层后会引引起孔壁附件地层性质的变化,从而引发一系列不良后果,如钻孔缩径、地层溶蚀、孔壁坍塌等事故。泥饼厚度是随滤失量增大而增加的,泥饼越厚,越不利于施工,在渗透性强的地层,泥饼厚度增加会增大压差卡钻的风险。砂是泥浆中的主要无用固相,含砂量过高,会使泥浆的流变性能变坏,泥饼疏松,韧性低,对管材、钻头、水泵缸套、活塞拉杆磨损大。泥浆的 pH 值对泥浆的性能有很大影响,黏土颗粒带负电,它必须在碱性条件下才能维持稳定,多数有机处理剂必须在一定的 pH 值下才能充分发挥效用,现场泥浆一般控制 pH 值在 8~11 之间。

常用的泥浆材料有膨润土、纯碱、烧碱及各类泥浆处理剂,包括降失水剂、稀释剂、絮凝剂、增粘剂、抑制剂等,应根据地层需要选择合适的处理剂。

泥浆材料用量计算一般应包括泥浆总体积、膨润土用量、配浆用水量及泥浆处理剂用量计算。

6.4.3 本表参照现行国家标准《油气输送管道穿越工程施工规范》GB 50424 制定。

6.4.4 泥浆总体积应包括钻孔内泥浆量、地表循环净化系统泥浆量、漏失及其他损耗量。在一般砂、土层钻进,泥浆用量预测一般采取以一定时间内泵入的泥浆量与该时间内产生的钻屑体积比值进行估算,这一比值的确定主要以钻屑对泥浆流变性能影响程度来确定的,对于易导致泥浆黏度增加的黏土及泥页岩地层,比值取大值;而对砂层、岩层等惰性颗粒地层,比值取小值。但对于坚硬岩层而言,由于钻进速度慢,泥浆用量的估计不宜使用公式(6.4.4)进行估计。

6.4.5 施工中泥浆受到钻屑或地下水等侵害,性能会发生变化;同时,钻孔泥浆应随着地层条件、钻进工艺和孔内状况的变化进行调整和控制。

定向钻施工现场常用泥浆测试仪器为马氏漏斗,配制泥浆黏度一般在35s~65s之间,施工现场每2h应对泥浆黏度观测一次。

使用六速旋转黏度计测量泥浆的静切力,先将泥浆样品在600r/min下搅拌10s,而后使泥浆样品静置10s,测3r/min转速下的最大读值,并按公式(6.4.5-1)计算10s初切力;然后将泥浆样品在600r/min下重新搅拌10s,而后使其静置10min,测3r/min转速下的最大读值,并按公式(6.4.5-2)计算10min终切力。

6.4.6 泵量是泥浆泵重要的性能参数。当钻头尺寸和钻进速度一定时,单位时间内产生的钻屑量是一定的。此时,泥浆中钻屑的含量由泵量决定:泵量大则钻屑含量少;反之,泵量小则钻屑含量大。

6.4.7 稳定的泥浆循环是有效排除钻屑、稳定钻孔压力、维持孔壁稳定的基础;维持施工过程中泥浆循环,可以显著避免钻屑堆积、埋钻等事故。

6.4.8 膨润土及常用泥浆处理剂要在很高的剪切速度下才能成浆,这需要通过专业的泥浆配制(或水化)装置来完成。从钻孔返出的泥浆,由于受钻屑、地下水等外来物质的侵入,其性能会发生一定的变化,为重复使用孔内返出的泥浆,首先要去除泥浆中的有

害固相,然后再通过加入水、膨润土、处理剂等泥浆材料来对其性能进行调整,满足要求后方可重新使用。

6.4.9 若因故需长时间中断钻进时,由于泥浆会不断的向地层渗漏且钻具长时间静置在孔底,容易引发工程事故。为此,应定时向孔内补充新泥浆并活动钻具,避免卡钻。

6.5 先导孔钻进

6.5.1 使用无缆式导向仪进行导向钻进时,导向员在地表沿着钻进方向进行引导,施工速度快、效率高。但是,由于无缆式导向仪采用电池供电,单次使用时间有限,若穿越距离长或地层为岩层时,会因电量不足导致导向钻进无法进行;此外,由于无缆式导向仪信号是通过电磁波发射出来的,所以对钻孔埋深和电磁干扰较为敏感,目前市场上的无缆式导向仪通常用于埋深小于 10m 的工程,少数可以达到 15m。

6.5.2 有缆式导向仪分为两类,一类是跟踪式有缆导向仪,其数据的接收仍然是通过地面操作人员手持接收机沿钻进方向接收导向仪发射的电磁信号,缆线的主要作用是提供强劲的电量,但仍然受钻孔埋深限制;另一类是地磁导向仪,其信号传输是通过缆线来完成,理论上不受埋深限制。

6.5.3 导向钻具组合包括导向钻头、探棒仓、无磁钻铤、螺杆钻具及钻杆等组合形式及规格尺寸。

6.5.4 本条规定了先导孔施工中应注意的问题和采取的必要方法。

先导孔钻进的关键是钻孔轨迹的监测和控制。造斜段、地下管线交叉处、出土点附近或调整钻进轨迹时,对导向的精确度要求较高,且导向操作比直线段困难,因此要增加测量点,建议测量计算频率不超过 0.5m/次。

采用无缆式导向仪时,需要工作人员手持信号接收器到钻头上方接收信号,因此每钻进一根钻杆进行一次信号采集及测量计算(造斜段应增加测量次数);采用有缆式导向仪,信号通过电缆线

传输可随时进行观测,发现轨迹偏离后及时纠偏。

纠偏应遵循小幅、多次的原则,不能操之过急而矫枉过正;水平方向发现偏离应该退杆重钻,如果仍然不能保持沿设计轨迹钻进,应采取缓慢的“钻进趋势”纠偏的方法,形成大弧度的轨迹;竖直方向纠偏,主要是依靠钻进趋势,控制深度的同时应注意钻头倾角的变化。急于纠偏往往出现 S 形轨迹,这将加大拉管阻力或钻杆受伤,因此要依靠钻进趋势缓慢纠偏。控制深度就是不论实际钻头深度偏离设计深度多少,进行造斜钻进,使深度差缩小。

6.6 扩孔钻进

6.6.1 扩孔设计包括扩孔分级、扩孔器类型选择、扩孔钻具组合、清孔钻具组合、钻压、扭矩、转速及泥浆排量等。扩孔的分级次数主要取决于地层性质、终孔直径、钻孔长度、钻机能力、泥浆泵能力、钻杆尺寸及扩孔器类型。扩孔器的选择主要取决于穿越地层的物理力学性质。目前常用的有适合一般土层的扩孔器和针对岩石地层的岩石扩孔器两大类,每类扩孔器又有多种结构形状。其中适合土层的扩孔器有翼板式、流道式、挤压式、桶式等常用结构形式,岩石扩孔器有牙轮式和滚刀式两类常用结构形式。扩孔钻具的一般连接方式如图 2 所示,这一方式特点是扩孔器后面的钻杆不随扩孔器旋转,但扩孔器在正常情况下只能前进不能倒退,适合短距离穿越工程;在长距离或大型穿越工程中,扩孔器后部钻杆以螺纹方式直接连接在扩孔器上,后部钻杆随扩孔器一起旋转,从而使扩孔器可进可退。

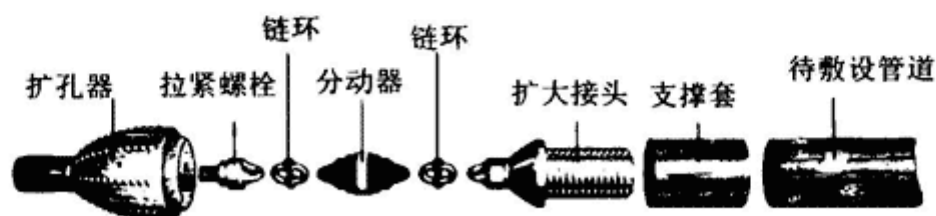


图 2 扩孔钻具组合示意图

6.6.2 水平定向钻法管道穿越工程的终孔直径一般为管道外径的1.2倍~1.5倍,一般是通过分级扩孔的方式达到设计直径的,分级的次数主要取决于地层性质、设备能力及选用的钻杆规格。设备能力大、钻杆强度高,可视地层情况减少分级次数以加快施工进度。

6.6.3 扩孔器喷嘴是泥浆的出口,一旦出现堵塞,则会造成地面泵压升高或不出泥浆的现象,不利于扩孔钻进。

6.6.4 扩孔过程中出现扭矩、拉力异常,可能与地层、钻屑堆积、钻孔垮塌、泥浆循环中断、扩孔器过度磨损等众多因素有关;在出现异常后,对孔内状况进行分析和判断是避免问题恶化的有效方式。

一级扩孔完成后,若整个扩孔过程中发现扭矩偏大,可能是由于孔内钻屑含量过多造成,在进入下一级扩孔前,进行一次彻底洗孔,对减轻下一级扩孔压力是非常有益的。

6.6.5 扩孔完成后进行清孔的目的主要有:①尽可能多地排除孔内残留钻屑;②使用粗径清孔钻具对孔壁进行修整,以使孔壁平整无毛刺,减少对管道外表的划伤及磨损;③清孔可以探清整个钻孔内的基本状况,为判断是否具备回拖条件提供有效依据。

6.7 管道回拖

6.7.1 经过前期的施工,钻机地锚可能会发生松动,回拖前应对钻机锚固进行检查和加固,确保回拖过程中不出现松动。

回拖宜不间断进行,这一过程有时候延续的时间较长,这期间如果因设备故障导致回拖中断,很可能会导致整个工程的失败。

为降低回拖时地面部分管道的摩阻力、保护管道外表不被划伤,在回拖前应结合现场实际条件选择适宜的地面减阻措施,目前常用的地面减阻措施有管道发送沟和托管架两种。

6.7.2 发送沟注水是为里面的管道提供浮力和减小管道与地表的摩擦系数,起到减阻效果,同时也可保护管道外壁不被划伤。

6.7.3 本条规定了采用托管架发送道时需要注意的问题,旨在保证管道满足弯曲曲率要求并能顺利进入钻孔。托管架的强度、刚度和稳定性除在预制过程中满足设计要求外,还应在现场安装过程中保证托管架的稳定性,在送管过程中,托管架不能倾倒,托管架倾倒将使回拖无法进行。

6.7.4 管道入洞是回拖过程中关键环节,在入洞时,一旦管道轴线与钻孔形成夹角,钻杆或管道以孔口附近孔壁为支点产生转角,在回拖力的作用下,极易造成钻杆断裂或管道损坏的严重事故。

6.7.5 本条规定了回拖管道时应注意的事项。

回拖宜连续作业。回拖中断时间过长可能造成泥浆对管段造成握裹力或孔壁坍塌,增大回拖力或坍塌卡钻,造成回拖无法正常运行,因此回拖中断时间不宜超过 4h。

压力激动是指快速拉、推钻具时在钻孔内引起的“活塞效应”,可能造成孔壁坍塌,回拖速度均匀可避免压力激动的产生。

6.7.6 对管道两端进行封堵的目的是防止异物进入管内。管道敷设后实际轨迹的复核资料对于今后该管道的维护管理及该区域其他管道规划建设很重要。管道回拖完成后,有时管道与钻孔之间会存在较大的间隙,在穿越堤坝、敏感区域或埋深浅时,较大的环空间隙可能会引起堤坝管涌、地面塌陷等事故,此时必须对该环空进行注浆加固处理;一般情况下可不处理。

6.8 安全环保

6.8.1 本节实施时应参考《中华人民共和国安全生产法》、劳动部《压力管道安全管理与监察规定》、《建设项目(工程)劳动安全卫生监察规定》及现行国家标准《职业健康安全管理体系 要求》GB/T 28001 等健康、安全方面的相关规定;以及《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国污染防治法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《建设项目环境保护管理条例》及现行国家标准《建筑施工场界噪声排放

标准》GB 12523、《污水综合排放标准》GB 8978、《土壤环境质量标准》GB 15618、《环境管理体系要求及使用指南》GB/T 24001 等环境保护方面的相关规定。

6.8.2 废弃泥浆的主要成分为钻屑、膨润土、碱及少量的泥浆处理剂,在水平定向钻穿越工程中使用的泥浆处理剂多为无毒产品。与普通泥浆相比,废弃泥浆中的水析出的时间较长,固结周期长,若直接弃于耕地地表,对农作物生长有不良影响,在城市随意排放容易形成污泥污染,因此需要对废弃泥浆进行处理,不可随意乱弃。

7 质量检验与工程验收

7.1 一般规定

7.1.4 管线竣工测量是为城市规划主管部门及各专业管线管理部门提供准确的管线空间轨迹信息。

7.3 管道功能性试验

7.3.3 燃气管道按现行行业标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33 中的相关规定依次进行管道吹扫、强度试验和严密性试验。由于管道的吹扫、强度试验和严密性试验要求的介质压力和升压方法不同,强度试验和严密性试验使用的介质可能不同,如果不依次进行吹扫、强度试验和严密性试验可能损伤管道。

7.3.4 未经强度试验的焊口不得进行防腐和保温,并应进行严密性试验。

7.4 工程竣工验收

7.4.2 本条规定了水平定向钻法管道穿越工程的阶段性验收和竣工验收内容,表 7.4.2 中序号 1~5 属阶段性验收内容,应在施工期间进行检验验收;序号 6~8 属竣工验收内容,应在竣工期间进行检验验收。

表 7.4.2 中“管道回拖”栏中,回拖管道时,要检查钢管防腐层有无损伤,管段有无变形;回拖后,要检查拉出出露管段防腐层结构是否完整、附着紧密。

表 7.4.2 中“管道连接”栏中,管道焊接、钢管外防腐层(包括焊口补口)的质量可按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的相关规定进行检查。

7.4.3 给水排水管道工程的检测验收按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 执行；城镇燃气管道工程的检测验收应按现行行业标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33 执行；城镇供热管道工程的检测验收应按现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 执行。

7.4.4 经过导向钻进、多次扩孔等施工过程，回拖后的管道实际轨迹与设计轨迹可能存在偏差，在管道投产前对管道实际轨迹进行测量，对后续的运营和管理提供基础资料。

需本标准可按如下地址索购：

地址：北京百万庄建设部 中国工程建设标准化协会

邮政编码：100835 电话：(010)88375610

不得私自翻印。