

福建省工程建设地方标准

DB

工程建设地方标准编号 : DBJ/T 13-102-2026

住房和城乡建设部备案号 : J 11214-2026

非开挖水平定向钻进管线敷设 技术标准

Technical standard of horizontal directional drilling for pipe
installation

2026-10-13 发布

2027-02-01 实施

福建省住房和城乡建设厅

发布

福建省工程建设地方标准

非开挖水平定向钻进管线敷设 技术标准

Technical standard of horizontal directional drilling for pipe installation

工程建设地方标准编号： DBJ/T 13-102-2026

住房和城乡建设部备案号： J 1 1 2 1 4 - 2 0 2 6

主编单位： 福州市水务工程有限责任公司
福建东辰综合勘察院有限公司
中国地质大学（武汉）

批准部门： 福建省住房和城乡建设厅

实施日期： 2 0 2 7 年 2 月 1 日

2026 年 福州

前 言

根据《福建省住房和城乡建设厅关于公布 2024 年第二批立项的工程建设地方标准的通知》（闽建科函〔2024〕106 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 勘察；5. 设计；6. 施工；7. 质量检验与验收；附录。

本标准修订的主要技术内容是：1.调整了标准名称、适用范围及术语符号体系，补充完善了水平定向钻机、大口径水平定向钻工程、回拖长度、曲率半径等相关术语及定义；2.完善了基本规定、勘察设计及施工全过程技术要求，增加了技术交底、绿色施工、风险评估、地质及水文地质勘察、地下管线与建（构）筑物探测等内容；3.完善了设计与施工控制要求，补充了路由选择、轨迹设计、扩孔设计、管道回拖计算、钻机选型、泥浆控制、导向钻进及回拖施工等关键技术要求；4.完善了管材选用、防腐性能、回拖受力分析、质量检验与验收要求，新增了功能性试验、竣工测量、沉降监测及竣工资料管理等内容。

本标准由福建省住房和城乡建设厅负责管理，由福州市水务工程有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送福建省住房和城乡建设厅科技与设计处（地址：福州市北大路 242 号，邮编：350001）和福州市水务工程有限责任公司（地址：福建省福州市鼓楼区杨桥西路 12 号，邮编：350002），以供今后修订时参考。

本标准主编单位： 福州市水务工程有限责任公司
福建东辰综合勘察院有限公司
中国地质大学（武汉）

本标准参编单位： 福州水务集团有限公司
福州市自来水有限公司
福州城建设计研究院股份公司
福州市城市排水有限公司
福建省地质科学研究所
福建得乾集团有限责任公司
福建晟达通节能科技有限公司
中建海峡建设发展有限公司

本标准主要起草人： 郑 华 朱俊峰 闫雪峰 林增乐
张书光 罗智程 陈建洪 胡发胜
叶 云 林秉鑫 薛一恒 林一庚
吴良洪 叶 俊 郑时奋 何小梅
本标准主要审查人： 程宏伟 高小平 戴兰华 陈 勇
陈孝湘 金朝晖 刘永虹

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.....	7
4 勘 察.....	8
4.1 一般规定.....	8
4.2 工程地质和水文地质勘察.....	8
4.3 地下管线和建（构）筑物探测.....	10
4.4 定向钻敷设路由勘察.....	12
4.5 勘察报告.....	13
5 设 计.....	14
5.1 一般规定.....	14
5.2 管道材质要求.....	15
5.3 轨迹导向定位.....	17
5.4 扩孔设计.....	23
5.5 管道回拖分析与计算.....	23
6 施 工.....	28
6.1 一般规定.....	28
6.2 钻机选型.....	28
6.3 施工准备.....	29
6.4 钻孔泥浆.....	31
6.5 先导孔钻进.....	33

6.6	扩孔钻进.....	34
6.7	管道回拖.....	35
6.8	安全环保.....	36
7	质量检验与验收.....	37
7.1	一般规定.....	37
7.2	质量检验.....	38
7.3	管道功能性试验.....	38
7.4	试验与检测.....	39
7.5	管线竣工测量.....	41
7.6	工程竣工验收.....	41
附录 A	地下管线探测的物探方法.....	45
附录 B	钻孔泥浆记录表.....	47
附录 C	先导孔钻进记录表.....	48
附录 D	扩孔钻进记录表.....	49
附录 E	管道回拖记录表.....	50
	本标准用词说明.....	51
	引用标准名录.....	52
	附：条文说明.....	54

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic Requirements.....	7
4	Survey.....	8
4.1	General Provisions.....	8
4.2	Engineering Geological and Hydrogeological Investigation.....	8
4.3	Detection of Underground Pipelines and Buildings (Structures).....	10
4.4	Directional Drilling Route Survey.....	12
4.5	Investigation Report.....	13
5	Design.....	14
5.1	General Provisions.....	14
5.2	Pipeline Material Requirements.....	15
5.3	Trajectory Guidance and Positioning.....	17
5.4	Reaming Design.....	23
5.5	Pullback Analysis and Calculation.....	23
6	Construction.....	28
6.1	General Provisions.....	28
6.2	Drilling Rig Selection.....	28
6.3	Preparation for Construction.....	29
6.4	Drilling Mud.....	31

6. 5	Pilot Hole Drilling.....	33
6. 6	Reaming.....	34
6. 7	Pipeline Pullback.....	35
6. 8	Safety and Environmental Protection.....	36
7	Quality Inspection and Acceptance.....	37
7. 1	General Provisions.....	37
7. 2	Quality Inspection.....	38
7. 3	Pipeline Functional Tests.....	38
7. 4	Testing and Inspection.....	39
7. 5	Pipeline As-built Survey.....	41
7. 6	Completion Acceptance.....	41
Appendix A	Geophysical Methods for Underground Pipeline Detection.....	45
Appendix B	Drilling Mud Record Form.....	47
Appendix C	Pilot Hole Drilling Record Form.....	48
Appendix D	Reaming Record Form.....	49
Appendix E	Pipeline Pullback Record Form.....	50
	Explanation of Wording in This Standard.....	51
	List of Quoted Standards.....	52
	Addition: Explanation of Provisions.....	54

1 总 则

1.0.1 为规范福建省非开挖水平定向钻进管线敷设工程的勘察、设计、施工与质量验收，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城镇及一般工程建设中各类管线采用水平定向钻进敷设工程，不适用于铁路、公路、河流、航道等专项穿越工程，以及已有专门技术标准规定的勘察、设计、施工和验收工程。

1.0.3 水平定向钻法管线敷设工程应遵循先勘察、后设计、再施工、严验收和全过程风险控制的原则；应根据管线类别、工程规模、地层条件、水文地质条件、周边建（构）筑物及既有地下管线条件，统筹确定敷设路由、轨迹参数、管材及接口、钻机能力、泥浆体系、扩孔与回拖工艺、监测保护和质量验收要求，并采取有效措施控制地层扰动、保持孔壁稳定、保护周边环境，保证工程质量和管线运行安全。

1.0.4 水平定向钻法管线敷设工程的勘察、设计、施工与验收，除应符合本标准外，尚应符合国家、行业和福建省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 大口径水平定向钻工程 large diameter horizontal directional drilling project

敷设管道公称直径大于或等于800mm的水平定向钻工程。

2.1.4 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。

2.1.5 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。

2.1.6 入土点 entry point

先导孔钻进时，钻头开始进入地层的地点。

2.1.7 出土点 exit point

先导孔钻进时，钻头钻出地层的地点。

2.1.8 钻进泥浆 drilling fluid

用于辅助成孔、管道敷设的浆液。

2.1.9 先导孔 pilot hole

在导向仪的辅助下钻进形成的钻孔。

2.1.10 顶角 pitch angle

钻孔轴线在给定点的切线与通过该点与水平面之间的夹角。

2.1.11 方位角 azimuth angle

钻孔轴线在水平面上的投影或钻孔轴线在给定点上的切线在水平面上的投影与正北方向之间的夹角。

2.1.12 导向仪 steering tool

先导孔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。

2.1.13 扩孔 reaming

为达到与定向钻进管线敷设相适应的孔径，用回扩钻头扩大孔径的施工过程。

2.1.14 回拉（拖） pullback

管道通过钻杆从钻孔的出土点一侧，沿扩孔后的钻孔，回拉至钻杆入土点一侧的施工过程，亦称拉管就位。

2.1.15 回拖长度 pullback length

入土点与出土点之间钻孔轨迹的总长。

2.1.16 曲率半径 radius of curvature

钻孔轨迹弯曲段所形成圆弧的半径。

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_s —— 敷设管段的钢管内径；
 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 —— 敷设长度；
 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 —— 管道允许拖拉力；
 P_{cr} —— 钢管弹性变形临界压力；
 P_m —— 泥浆压力；
 P_{yp} —— 敷设管段所能承受的极限外压力；
 T —— 敷设管段所受回拖力；
 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 —— 泥浆作用下单位长度空管道所受净浮力；
 w_w —— 进行浮力控制时单位长度管道的配质量。

2.2.3 材料性能

- E_p —— 管材弹性模量；
 σ —— 管材的屈服强度；
 γ_p —— 管道材料的重度；
 γ_w —— 配重液体的重度。

2.2.4 系数或因子

- f_g —— 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 —— 敷设管段设计系数；
 k —— 比例系数；
 K —— 泥浆的黏度系数；
 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 —— 旋转黏度计 3r/min 时的最大读值；
 R_{300} —— 旋转黏度计 300r/min 时的稳定读值；
 R_{600} —— 旋转黏度计 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。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

3 基本规定

3.0.1 在水平定向钻管道敷设计划启动前,应开展工程勘察。

3.0.2 水平定向钻管道敷设计划宜选用钢管、塑料管及拖拉专用铸铁管,管材的材质及性能应符合国家现行标准《钻探用无缝钢管》GB/T 9808、《非开挖铺设用球墨铸铁管》GB/T 46199 和《非开挖工程用聚乙烯管》CJ/T 358 的有关规定。

3.0.3 水平定向钻法施工前,应组织技术交底,编制施工组织设计与施工方案。施工组织设计和施工方案应按工程管理要求完成审核;发生变更时应重新确认。

3.0.4 水平定向钻法施工前,应按设计要求核对作业条件并做好原始记录。施工过程中应采取措施控制废弃物、噪声和振动影响;泥浆、钻屑、油污等应分类收集、妥善处置;在居民区夜间施工时,应采取有效降噪措施,施工场界环境噪声应符合现行国家标准《建筑施工噪声排放标准》GB 12523 的有关规定。

3.0.5 给水、排水、燃气、热力、通信、电力等管道采用水平定向钻法非开挖敷设时,应根据管道类别、用途、运行条件及相关专业技术要求,结合水平定向钻法工艺特点开展设计和施工。

3.0.6 采用水平定向钻法敷设的管道穿越建(构)筑物、铁路、高等级公路、重要水域等时,应进行风险评估并制定交通组织和安全防护措施。

4 勘 察

4.1 一般规定

4.1.1 水平定向钻法管线敷设工程的勘察应符合现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56 的有关规定。

4.1.2 水平定向钻管线敷设工程的勘察阶段划分及工作内容应依据工程重要性等级、场地复杂程度确定。勘察工作应符合国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《市政工程勘察规范》CJJ 56 的有关规定。

4.1.3 水平定向钻管道敷设工程勘察应分阶段实施。工程规模较小时,可进行一次性详细勘察。若施工过程中勘察报告存在不足,施工单位应提出补充勘察建议,并开展补充勘察。

4.1.4 重要测绘标志点应设置保护措施。

4.1.5 在水源保护区内进行勘察作业时,不得使用有毒、有害的泥浆添加剂;勘探孔应采用“水泥+膨润土”双级封孔。

4.2 工程地质和水文地质勘察

4.2.1 水平定向钻管道敷设工程施工前应取得敷设场地的工程地质资料,包括地形、地貌、地质构造、地层分布特征、岩土工程性质及地震效应,对管道敷设地层进行工程地质评价。

4.2.2 水平定向钻工程的场地应按表 4.2.2 的规定进行分类。当场地各项条件分别属于不同类别时,应按复杂程度较高或等级较高的类别确定。

表 4.2.2 水平定向钻管道敷设工程场地分类表

类别	场地条件	适用范围
I 类	地质结构简单，地下水位深，岩土性质稳定，含水率低	适合敷设，施工风险小
II 类	存在中等强度的不良地质现象（如地下水较浅、岩层松散等），含水率较高	施工有一定难度，应采取额外的措施
III 类	不良地质现象强烈发育（如软土层、流砂、岩石破碎等），地下水位高	施工难度大，应采用特殊施工技术

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 影响施工控制电子系统的干扰源。

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。当场地存在多层对敷设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。在淤泥质土等高含水软土地区，或穿越重要建（构）筑物、既有管线等风险较高时，宜测试孔隙水压力与渗透系数，并据此分析渗流稳定性及施工扰动影响。

4.2.5 当工程场地类别为III类时，应提高水文地质勘察要求，并宜加密勘探孔布置，保证层间界面识别精度。

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 勘探孔平面布置与孔距应符合下列规定：

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敷设长度及地层的复杂

程度确定。在均质地层上布孔，可沿敷设路由方向进行，孔距可取 30m~100m；对场地复杂程度等级为 I 类的孔距宜取大值，III 类的应取小值；在地质构造复杂且地层不连续的情况下，应加密布孔。

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 在不同地貌单元、地质构造部位及穿越铁道、公路时，应根据工程地质条件的复杂程度布置勘探孔。其中，穿越高等级公路、铁路及地表障碍物时，宜在其两侧布孔，孔数不宜少于 2 个；穿越河谷时，两岸及河床均应布置勘探孔，孔数不应少于 3 个。

4.2.8 勘探孔深度应符合下列规定：

1 勘探孔深度应能控制管道敷设层位。在残积土区，勘探孔深度应至少达到管底设计标高以下 5m。当管道穿越河谷时，勘探孔深度应达到河床最大冲刷深度以下 4m~6m。当采取降低地下水位施工时，勘探孔深度应钻至管底以下 5m~10m。

2 当遇到下列情况之一时，应增加勘探孔深度：

- 1) 当敷设地层存在砂土液化、震陷或地基土湿陷时，应穿过液化、震陷或湿陷土层深度；
- 2) 当敷设地层存在软弱土时，应穿过软弱土层深度；
- 3) 当敷设地层可能存在岩溶、空洞等不良地质作用时，应钻穿不良地质作用发育深度。

4.2.9 钻探观测和测试工作完成后应采用低热水泥砂浆封孔。

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敷设工程的规划、设计、施工要求，应按现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的有关规定执行；地下管线探测成果坐标系统一采用 2000 国家大地坐标系统（CGCS2000）。

4.3.2 应查明拟敷设区域建（构）筑物的结构类型、荷载类型、基础类型。

4.3.3 工程勘察时，应对位于施工影响范围内的地面建（构）筑物和地下管线进行调查，调查宜包括类别与重要性、基础形式或埋设方式等内容。地表沉降及建（构）筑物、地下管线的允许变形控制指标，应根据建设单位提供的控制要求，结合工程风险评估结果和设计文件确定；设计文件未明确时，应由设计单位结合工程风险评估确定，并应据此制定探测、监测与保护技术措施。在淤泥质土等软弱及易塌孔地层，宜提高变形控制与监测要求；当成孔稳定性不足、孔壁坍塌风险较高或钻孔邻近重要建（构）筑物及地下管线时，可采用套管护壁或等效护壁措施。

4.3.4 地下管线探测的范围应覆盖管线工程敷设的区域，敷设路由两侧应不小于管径的 3 倍，且不应小于 3m。

4.3.5 区域地下管线探测应按表 4.3.5 所列的内容确定，同时应绘制地下管线图。

表 4.3.5 地下管线探测内容

管线类别		埋深（m）		断面（mm）		根数	接口方式	管材	附属物	载体特征		
		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	重力流	✓		✓	—	—	✓	✓	✓	—	✓	—
	压力		✓	✓	—	—	✓	✓	✓	✓		—

续表 4.3.5

管线类别		埋深 (m)		断面 (mm)		根数	接口 方式	管 材	附 属 物	载体特征		
		内 底	外 顶	管 径	宽 × 高					压 力	流 向	电 压
热 力	有沟道	✓	—	—	✓	—	✓	✓	✓	✓	—	—
	无沟道	—	✓	✓	—	—	✓	✓	✓	—	✓	—
电 力	管块	—	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	✓
	沟道	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	✓
	直埋	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	✓
电 信	管块	—	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—
	沟道	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—
	直埋	—	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	—	—	—

4.3.6 地下管线的探测采用物探方法时，可按本标准附录 A 所列的内容选用。

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。

4.4 定向钻敷设路由勘察

4.4.1 定向钻敷设路由勘察应先进行初步勘察，最后确定敷设路由。

4.4.2 应沿敷设路由绘制施工断面图。

4.4.3 敷设路由勘察应依据规划、设计确定的管位进行。当勘察结果不适宜进行水平定向钻施工时，应向设计提出调整建议。

4.5 勘察报告

4.5.1 勘察报告应阐述场地工程地质条件,评价场地稳定性和适应性。

4.5.2 勘察报告应提供水平定向钻设计和施工所需的各土层物理力学性质参数,以及地下水 and 环境资料,并做出针对性的分析评价、结论和建议。

4.5.3 勘察报告主要由文字和图表构成。勘察报告文字部分应包含下列内容:

- 1 勘察目的和任务要求;
- 2 勘察方法和工作布置;
- 3 场地地形、地质、地层、地貌、岩土性质。

4.5.4 地下水及不良地质现象的阐述和评价应包含下列内容:

- 1 岩土参数的搜集、分析和选用;
- 2 工程施工期间可能发生的岩土工程问题的预测及监测频率、报警阈值、应急预案的建议;
- 3 水平定向钻施工中障碍物的预测、分析和评价;
- 4 水平定向钻施工对周边环境影响的分析和评价;
- 5 有关水平定向钻工程设计和施工措施的建议。

4.5.5 勘察报告图表部分应包括以下内容:

- 1 勘探点平面布置图;
- 2 工程地质柱状图;
- 3 工程地质剖面图;
- 4 原位测试成果图表;
- 5 室内试验成果图表。

5 设 计

5.1 一般规定

5.1.1 水平定向钻管道敷设工程宜按初步设计和施工图设计两阶段进行。

5.1.2 初步设计应在调查研究的基础上,结合管道使用功能及建设方意见,经多方案技术经济比选后确定设计方案。比选内容应包括轨迹方案、钻机吨位及泥浆体系;比选结论应形成计算书,并在图纸中标注主要控制指标。

5.1.3 施工图设计应包括下列内容:

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

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

5.1.5 敷设路由设计应安全适用、经济合理、技术可行,明确起止点位置及长度,并应符合下列规定:

- 1 敷设可燃性介质管线应远离车站、桥梁及重要构筑物;
- 2 穿越河流宜选择在河段顺直、水流平缓、河床和坡岸稳定、

两岸有足够施工场地的有利位置；

- 3 应避开高压电塔、电站、变电站等高压危险区；
- 4 应避开不良地质条件和不利于施工的地形、地貌；
- 5 应保护生态环境，不应占用农田、绿地、湿地等生态敏感用地。

5.2 管道材质要求

5.2.1 水平定向钻法敷设管道的管材应符合下列要求：

- 1 管材材质应满足拉伸强度、弯曲强度和抗冲击强度的要求；
- 2 管道接口连接应牢固，密封性能应良好；
- 3 钢管外防腐层的型式与等级应根据环境腐蚀性评价、设计寿命及施工条件确定，并应符合现行国家标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257等的规定；必要时可采取阴极保护，阴极保护应符合现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448的规定；

- 4 管道应具有良好的流通性能；

5 涉及生活饮用水的管材及内衬材料，其卫生性能应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备、防护材料及水处理材料卫生安全评价》GB/T 17219的有关规定，并应满足本标准第5.2.2条的要求，相关证明文件应纳入工程资料；

6 聚乙烯（PE）、改性聚丙烯（MPP）等塑料管材应采取防紫外线老化措施；管材贮存与运输应避免长期日晒，露天贮存时应采取遮盖防晒措施；无遮盖条件下露天存放时间应按产品标准或生产厂家技术文件确定。

5.2.2 采用的管材及其附件应符合下列规定：

1 钢管应符合现行国家标准《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》GB/T 9711和《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163的规定；

2 聚乙烯管应符合现行国家标准《燃气用埋地聚乙烯 (PE) 管道系统 第2部分: 管材》GB/T 15558.2和《给水用聚乙烯 (PE) 管道系统 第2部分: 管材》GB/T 13663.2的规定;

3 球墨铸铁管应符合现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295的规定。

5.2.3 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,可按下列公式核算:

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

$$P_{yp}^2 - \left[\frac{\sigma}{m} + (1+6mn)P_{cr} + \frac{\sigma P_{cr}}{m} \right] = 0 \quad (5.2.3-2)$$

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

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

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

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 —— 敷设管段设计系数,可按 0.6 选取;

P_{yp} —— 敷设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,钢管可取 2.0×10^5 (MPa);

μ —— 钢管泊松比，可取 0.3。

5.2.4 采用水平定向钻法敷设的塑料管，其材质等级与性能指标应符合本标准第 5.2.2 条的规定，并应满足非开挖施工对管材抗拉、抗划伤及耐环境应力开裂等性能的要求。塑料管除应具有足够的强度外，还应能承受管道回拖过程中荷载作用的总应力以及回拖力。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：

$$F = \sigma \times \frac{\pi(D_f^2 - D^2)}{4N} \quad (5.2.4)$$

式中： F —— 管道能承受的最大回拖力（N）；
 σ —— 管材的屈服强度（MPa或N/mm²）；
 D_f —— 管道外径（mm）；
 D —— 管道内径（mm）；
 N —— 安全系数，给水、排水、通讯、电力管道等低压管道取 2.0，燃气等高压管道取 3.0。

5.3 轨迹导向定位

5.3.1 水平定向钻法适用的地层条件应符合表 5.3.1 的要求。

表 5.3.1 水平定向钻法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
软至极软粘土、淤泥和有机堆积物	-	△	-
中硬—硬质粘土和淤泥	√	-	-
硬粘土和强风化泥页岩	√	-	-
非常松散至松散砂层（砾石含量<30%质量比）	-	△	-
中—致密砂层（砾石含量<30%质量比）	√	-	-
松散—密实砂砾石层（30%<砾石含量<50%质量比）	-	△	-

续表 5.3.1

地层条件	适用	可行但有难度	困难极大
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：1 “适用（√）”：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敷设工程；

2 “可行但有难度（△）”：需要对常规的钻进过程和施工设备进行调整或改进；

3 “困难极大（×）”：不适合进行水平定向钻敷设。

5.3.2 若敷设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 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。

5.3.4 水平定向钻先导孔轨迹入土角、出土角及曲率半径可按表 5.3.4 选取。

表 5.3.4 先导孔轨迹控制参数

参数 \ 管材类型	钢管	塑料管
入土角（°）	8~18	8~30
出土角（°）	4~12	4~20

续表 5.3.4

参数 \ 管材类型		钢管	塑料管
曲率半径 (mm)	$D_1 < 400\text{mm}$	宜 $> 1500D_1$, 且 不应 $< 1200D_1$	≥ 1000 倍钻杆外径
	$400\text{mm} \leq D_1 < 800\text{mm}$		$\geq 250D_1$
	$D_1 \geq 800\text{mm}$		$\geq 300D_1$

5.3.5 当穿越河道时,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,不应小于 3m。覆土厚度按冲刷、疏浚、抛锚工况取最大要求;当河床有清淤规划时,覆土按规划断面复核。

5.3.6 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设计文件要求;设计文件无要求时,应符合表 5.3.6 的规定。

表 5.3.6 最小覆土厚度

穿越对象	最小覆土厚度 (m)
城市道路	≥ 1.5 且不小于扩孔直径的 2 倍
公路	≥ 1.2
高等级公路	≥ 1.5
铁路	路基坡角及路堤外侧: ≥ 3.0 路堑段: ≥ 3.0 至侧沟底 零点断面: ≥ 6.0
城市有轨电车	≥ 2.0
河流	稳定河床: ≥ 3.0 冲刷河床: $\geq$ 冲刷线以下 3.0
海湾或感潮河段	管顶至规划河床的覆土厚度应 $\geq 4\text{m}$, 且应叠加计算 100 年一遇的冲刷深度
地面建筑	≥ 3.0 且大于持力层扩散角范围, 需进行专项风险评估

5.3.7 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 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 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° ，当无勘察持力层资料时，不得采用下穿方案；

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，且应满足现场探测允许偏差；

5 从既有地下管线上部交叉敷设时，垂直净距应大于0.6m，如在淤泥质地层中敷设垂直净距应大于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要求：

1) 粘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) D_1 小于110mm的小直径管道垂直净距不得小于0.5m。

7 在台风多发区穿越高速公路、一级公路等高等级公路时，管顶最小覆土深度应在原规定值基础上增加0.5m。

5.3.8 水平定向钻先导孔轨迹（图 5.3.8）设计应按下列公式计算。

$$a_2 = R \sin \alpha \quad (5.3.8-1)$$

$$b_2 = R(1 - \cos \alpha) \quad (5.3.8-2)$$

$$b_1 = h_1 - b_2 \quad (5.3.8-3)$$

$$a_1 = b_1 / \tan \alpha \quad (5.3.8-4)$$

$$c_1 = R \sin \beta \quad (5.3.8-5)$$

$$d_2 = R(1 - \cos \beta) \quad (5.3.8-6)$$

$$d_1 = h_2 - d_2 \quad (5.3.8-7)$$

$$c_2 = d_1 / \tan \beta \quad (5.3.8-8)$$

$$L_0 = L - a_1 - a_2 - c_1 - c_2 \quad (5.3.8-9)$$

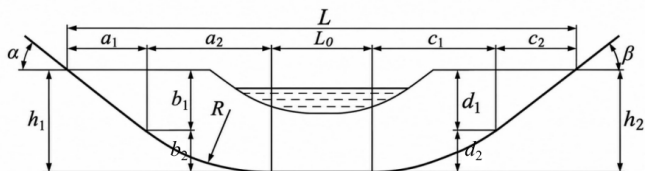


图 5.3.8 典型的先导孔轨迹设计图

式中：

- a_2 ——入土端曲线的水平长度（m）；
- b_2 ——入土端曲线的高度（m）；
- b_1 ——入土端直线段的高度（m）；
- c_1 ——出土端曲线的水平长度（m）；
- d_2 ——出土端曲线的高度（m）；
- d_1 ——出土端直线段的高度（m）；
- L_0 ——底部直线段的长度（m）；
- R ——曲率半径（m）；
- α ——入土角（°）；
- 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）；
- β ——出土角（°）；
- 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 ——敷设长度（m）。

5.3.9 定向钻敷设钢管曲率半径宜大于 1500D，不得小于 1200D。最小允许曲率半径应按下式计算。当按下式得 R 小于 1500D 时，仍应满足 R 大于或等于 1200D 最低限值；若两者冲突，取较大者。

$$R_{min}=206D\frac{N}{k_2} \quad (5.3.9)$$

式中： R_{min} —— 最小曲率半径（m）；
 206—— 常数（MP a ·m）；
 D —— 钢管外径（mm）；
 N —— 安全系数，可取 1~2；
 k_2 —— 钢管屈服极限（MPa）。

5.3.10 定向钻敷设 PE 管的最小允许曲率半径可按式计算：

$$\rho=\frac{ED_H}{2\delta_\rho} \quad (5.3.10)$$

式中： ρ —— 曲率半径（cm）；
 E —— 弹性模数（MPa）；
 D_H —— 管外径（cm）；
 δ_ρ —— 弯曲应力（MPa）。

5.3.11 敷设 PE 管时，钻孔轨迹的曲率半径应同时满足钻杆的曲率半径要求。

5.3.12 定向钻敷设 MPP 管的弯曲半径应不小于管外径的 75 倍，同时应满足钻杆的曲率半径要求。

5.3.13 钻杆的曲率半径应由钻杆的弯曲强度值确定，钻杆弯曲半径应大于或等于 1200 倍钻杆外径。

5.3.14 若敷设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。

5.3.15 敷设管段两端地面，应根据地基土层的稳定性和密实性，采取相应的预防路面坍塌的加固处理措施。

5.3.16 管道敷设位于沉降严格控制区时，完工后应采用压密注浆法对扰动地层进行密实处理。注浆材料、工艺参数和施工记录应由设计确认，施工记录应包括现场照片。

5.4 扩孔设计

5.4.1 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，进行扩孔设计。

5.4.2 水平定向钻管道敷设工程的终孔直径应为管道外径的 1.2 倍~1.5 倍。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。设备能力大、钻杆强度高且地层条件允许时，可减少分级次数。

5.4.3 钻孔最终扩孔直径可根据敷设管道直径按表 5.4.3 确定。

表 5.4.3 敷设管道所需要的最终扩孔直径

管道外径 D_1 (mm)	最终扩孔直径 (mm)
<110	D_1+70
110~200	D_1+100
200~600	$D_1 \times (1.2 \sim 1.5)$
>600	$D_1+(300 \sim 400)$

5.4.4 敷设管道直径大于 250 mm，或地层土质为中砂、粗砂及沙砾土时，宜进行多级扩孔；相邻两级孔径比不宜大于 1.5；当钻机扭矩裕度小于 20%或返浆含砂率大于 5%时，应增加一级并在下一次扩孔前洗孔。

5.4.5 在管道敷设沉降严格控制地区，应采用压密注浆法对管道与孔壁环空间隙及周边扰动土体进行注浆加固。注浆压力、注浆量等参数应经计算或现场试验确定，并应进行注浆密实度验证。

5.5 管道回拖分析与计算

5.5.1 水平定向钻管道敷设设计应进行回拖力估算，回拖力估算结果应包括沿程分布图和最大值位置，并应用于钻机吨位和接口强度选型。

5.5.2 当敷设管道为钢管时，回拖力应按式计算。若计算回拖

力的 1.5 倍大于或等于钻机额定回拖力，则应提高钻机吨位或优化扩孔与泥浆参数。

$$T = L f_h \left[\frac{\pi D_1^2 \gamma_m}{4} - \left(\frac{D_1 + D}{2} \right) \pi t \gamma_p - w_w \right] + \pi D_1 L K \quad (5.5.2)$$

- 式中：
- T —— 敷设钢管所受回拖力（kN）；
 - L —— 敷设长度（m）；
 - f_h —— 敷设钢管管段与钻孔孔壁之间的摩擦系数，可取 0.1~0.3，粉细砂、泥页岩宜取小值，卵砾石、粗砂宜取大值；
 - γ_m —— 泥浆单位重度（kN/m³）；
 - D_1 —— 钢管外径（m）；
 - D —— 钢管内径（m）；
 - t —— 钢管壁厚（m）；
 - γ_p —— 管材的重度，钢管可取 78（kN/m³）；
 - K —— 泥浆的粘滞系数（kN/m²），可取 0.15~0.35，泥浆粘性较大时宜取上限；
 - w_w —— 进行浮力控制时单位长度管道的配质量（kN/m）。

5.5.3 塑料管道回拖力应按下面的计算方法进行估算。

1 无水平或垂向弯曲的水平孔内拖拉管道的回拖力，可按下列式计算：

$$T = f_h w_f L \quad (5.5.3-1)$$

2 沿着曲线或弯曲轨迹拖拉管道的回拖力，可按下列式计算：

$$T = e^{f_h \theta} (f_h w_f L) \quad (5.5.3-2)$$

- 式中：
- T —— 敷设管道所受回拖力（kN）；
 - f_h —— 塑料管道与孔壁的摩擦系数，可取 0.3；

w_f —— 单位长度管道所受净浮力 (kN/m) ;

L —— 敷设长度 (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 5.5.3),回拖力可按下式计算:

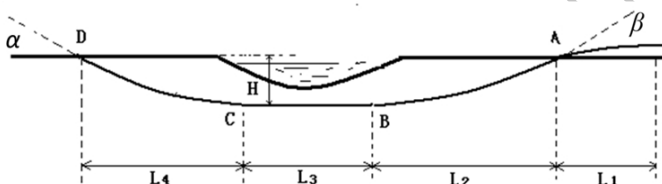


图 5.5.3 典型钻孔轨迹简化示意图

$$T_A = e^{f_g \beta} f_g w_p (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) \quad (5.5.3-3)$$

$$T_B = e^{f_h \beta} (T_A + f_h |w_f| L_2 + w_f H - f_g w_p L_2 e^{f_g \beta}) \quad (5.5.3-4)$$

$$T_C = T_B + f_h |w_f| L_3 - e^{f_h \beta} (f_g w_p L_3 e^{f_g \beta}) \quad (5.5.3-5)$$

$$T_D = e^{f_h \alpha} [T_C + f_h |w_f| L_4 - w_f H - e^{f_h \beta} (f_g w_p L_4 e^{f_g \beta})] \quad (5.5.3-6)$$

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_g —— 塑料管道与地面之间的摩擦系数, 可取 0.5;
- f_h —— 塑料管道与钻孔孔壁之间的摩擦系数, 可取 0.3;
- w_p —— 单位长度管道重力 (kN/m) ;
- w_f —— 单位长度管道所受的净浮力 (kN/m) ;
- α —— 入土角 ($^{\circ}$) ;
- β —— 出土角 ($^{\circ}$) 。

4 单位长度管道重力可按下式计算:

$$w_p = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D^2) \gamma_p \quad (5.5.3-7)$$

- 式中: w_p —— 单位长度管道的重力 (kN/m) ;
- D_1 —— 管道外径 (m) ;
- D —— 管道内径 (m) ;
- γ_p —— 管道材料的重度, 聚乙烯管的比重可取 0.955kN/m³。

5 钻孔泥浆作用下的空管净浮力可按下式计算:

$$w_f = \frac{\pi D_1^2}{4} [\gamma_m - w_p] \quad (5.5.3-8)$$

- 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 当净浮力 $\geq (0.3 \times \text{单位长度自重})$ 时, 应采用水或泥浆配重; 配重率可按下式计算:

$$w_f = \pi \frac{D^2}{4} [\gamma_m - \gamma_w (1 - \frac{2}{SDR})^2] - w_p \quad (5.5.3-9)$$

- 式中: γ_w —— 配重液体的重度 (kN/m³) ;

SDR—— 管道的标准尺寸比，即管道外径与壁厚的比值。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 施工前应编写施工组织设计或施工方案。施工顺序应符合下列规定：

- 1 编制设计方案、编写施工组织方案；
- 2 设备选型；
- 3 施工前准备，包括管线复查、周边构筑物影响排查和其他施工风险源辨识；
- 4 导向轨迹定位；
- 5 逐级扩孔；
- 6 扩孔泥浆配制；
- 7 管道回拖。

6.1.2 施工过程中应合理控制钻进速度和孔内泥浆压力。泥浆压力应实时监测，并根据地层变化调整，压力不可超过安全上限。

6.1.3 管道回拖前应先将管道预先焊接好，并按设计要求对焊口进行检测和防腐处理。焊接应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的规定，焊接质量应通过无损检测进行检验。防腐层材料及处理工艺应符合设计要求。

6.2 钻机选型

6.2.1 水平定向钻管道敷设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。

6.2.2 施工所用水平定向钻机额定回拖力要求可按设计回拖力计算值的 1.5 倍-3.0 倍进行选取。

6.2.3 水平定向钻机的功率应与工程相匹配,可根据管道公称直径、敷设长度和回拖力确定。施工过程不宜超出钻机的能力极限。

6.2.4 水平定向钻机可按表 6.2.4 确定。

表 6.2.4 钻机吨位选用表

钻机吨位 (t)	适用管径	敷 设 距 离 (m)	适用条件	备注
50-100	DN200-DN400 (钢管/PE管)	100-300	软土、粉土、黏土	适用于中小管径、短距离敷设,如市政燃气管线。需同步核校钻杆弯曲半径以满足需求。
150-200	DN400-DN800 (钢管)	300-500	黏土、砂层、轻度岩石	分级扩孔,终孔直径可为管径的 1.5 倍。同步核校钻杆弯曲半径。
300	DN800-DN1200 (钢管)	400-800	粉土、黏土、中等强度岩石	既有案例中 300t 钻机可用于 $\Phi 1220$ 钢管+ $\Phi 1370$ 套管敷设 400 米。需同步核校钻杆弯曲半径。
400 及以上	DN1200 以上 (钢管)	800-1200	硬岩、复杂地层	需高扭矩钻机,配套泥浆系统优化和注浆工艺,满足长距离敷设需求。需同步核校钻杆弯曲半径。

6.3 施工准备

6.3.1 施工前应按照设计图纸放出拟敷设管线的中心线,确定入土点、出土点,并在中心线上标示敷设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。施工便道应预留足够的宽度,以通行运输设备、钻机和人员;管道预制场地应满足管道存放、焊接、防腐处理等工序要求。

6.3.2 应根据施工平面布置图确定各功能区域的位置,做好围挡、

安全标识和交通疏导工作。施工现场应设置警示标牌。施工期间应采取环境保护措施，减少施工对周边环境的影响；在居民区和敏感区域内施工时，应控制施工噪声、扬尘和废气排放。

6.3.3 水平定向钻机安装应符合下列要求：

- 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 地锚承载力不应小于1.5倍最大回拖力；地锚与钻机连接应采用刚性结构，可采用钢制锚桩、混凝土锚墩等锚固形式；软土地基中应采取地基处理措施提高锚固能力。

6.3.4 导向施工前，应按下列内容对导向仪进行校核：

- 1 检查导向系统中的接收器、发射器、远程同步监视器电源；
- 2 应检查接收器、远程同步监视器信道匹配情况；
- 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，并确定发射和接收频率。

6.3.5 施工前应重点检查下列内容：

- 1 各仪表显示；
- 2 机械各油管、水管的密封情况；
- 3 各电路工作状态、钻机接地等安全措施；
- 4 钻杆丝扣清洁、变形或损坏情况；
- 5 入土点与出土点的通讯情况；
- 6 施工用水源、水质。

6.3.6 导向仪使用前应进行多次校核，校准后连续使用超过 8 小时需重新复核；如在高压线下遇强电磁干扰或钻进至卵石层等复杂地层前，应再次校准。

6.4 钻孔泥浆

6.4.1 水平定向钻进应根据地层条件、敷设管道直径、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 泥浆性能参数表

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、卵砾石及砾岩层	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 $G_{10}/G_{10\min}$ (Pa)	5~10/ 15~20	3~8/ 6~12	2~6/ 5~10	5~10/ 15~20	2~5/ 3~10
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

注：滤失量建议采用 API 滤失量测定仪测定，宜在 0.69MPa 压力下测定 30min。

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：

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

式中： V —— 钻孔泥浆用量（ m^3 ）；

D_e —— 终孔直径（ m ）；

L —— 敷设长度（ m ）；

k —— 比例系数，取值范围为3~5，可取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 $1.02\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.25\text{g}/\text{cm}^3$ ，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，先导孔钻进应每2小时测1次，扩孔及回拖阶段应每1小时测1次，回拖前应额外测量1次泥浆黏度和密度，合格后方可启动回拖；

3 动切力可按下式计算：

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

式中： YP —— 泥浆的动切力（ Pa ）；

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

4 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；

5 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。

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。

$$Q = \frac{A \times v_d}{W_c} \quad (6.4.6)$$

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，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 应按本标准附录 B 要求填写钻孔泥浆记录表。

6.4.10 若因故需长时间中断钻进时，应向孔内补充新泥浆并活动钻具。

6.5 先导孔钻进

6.5.1 导向钻具可由导向钻头、探棒仓、无磁钻铤、螺杆钻具及钻杆等组成，并可根据工程需要采用不同组合形式和规格尺寸。钻具的选择应根据地层类型、管道尺寸、施工环境等因素确定。导向钻头的选型应综合考虑钻孔最小曲率半径、导向精度及对地层的适应性。

6.5.2 对于距离短、埋深浅、电磁干扰弱、地面有通行条件的敷设工程，宜使用无缆式导向仪进行导向钻进。

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

6.5.4 应根据地层类型、敷设长度及钻杆尺寸选择合适的导向钻具组合，导向钻头喷嘴直径应 $\geq 8\text{mm}$ 。

6.5.5 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 相关导向数据的记录应符合下列要求：

1) 采用无缆式导向仪时，应按本标准附录C要求记录，并绘制钻孔轨迹剖面图；

2) 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。

5 控向员应将测量数据与设计值进行对比，引导司钻员调整钻进轨迹；

6 钻进至既有管线邻近区域时，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；

7 曲线段钻进速度不得超过 0.2m/min ，且每钻进 0.3m 需暂停10秒，确认轨迹偏差在允许范围内；

8 控向员需实时记录每段钻进的速度及停留时间，与轨迹数据同步存档；

9 先导孔钻进时遇到异常情况，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，不宜出现大的转角。

6.6 扩孔钻进

6.6.1 扩孔钻进前应确认扩孔器喷嘴畅通。

6.6.2 扩孔钻进应符合下列规定：

1 按设计的扩孔极差给定钻进参数及泥浆排量，应实时监测孔内压力、钻进速度、泥浆排量等参数，当发现压力剧烈波动、钻进困难等异常情况时，应及时调整钻进参数；

2 扩孔过程中,若扭矩、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,洗孔泥浆返砂率小于5%,然后再进行下一级扩孔;

4 应按本标准附录D要求填写扩孔钻进记录。

6.6.3 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 检查管道的焊接质量,焊接接头应牢固;

2 对管道的防腐层进行检查,防腐层应完好;

3 进行管道的预安装检查,管道接口、法兰、连接件等应安装无误;

4 泥浆系统可正常运作,泥浆的比重和黏度符合施工要求;

5 安全措施检查。

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敷设管径大500mm;

2 管道发送沟内应注水,最小注水深度宜超过敷设管径的1/3;

3 应在回拖前将敷设管段放入发送沟。

6.7.3 采用托管架减阻时,应符合下列规定:

1 应根据敷设管段的长度和质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,管道轴线与钻孔轴线应在出土端的延长线重合。

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，中断超过1h时，需每30分钟向孔内注入新鲜泥浆 1m^3 ，并缓慢活动钻杆，往返幅度宜为 0.5m ；

2 管道回拖过程中应平稳控制回拖速度。在软土地区施工时，回拖速度宜控制在 $0.5\text{m/min}\sim 0.8\text{m/min}$ ，并应每30min检测一次孔内泥浆压力；

3 回拖过程中宜保持泥浆循环；

4 应按本标准附录E要求填写回拖记录。

6.7.6 管道回拖完成后，应进行下列工作：

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 水平定向钻管道敷设工程施工应采取健康、安全与环境保护专项技术措施，编制专项安全环保施工方案并绘制施工总平面布置图、泥浆处理系统布置图等，采取有效的技术和管理措施，控制施工过程中产生的废弃物、噪声、振动及泥浆外溢等不利影响，防范各类施工安全与环境风险。

6.8.2 施工单位应制定下列应急措施：

1 应制定施工作业安全措施和应急预案，应配备足够的应急资源并进行应急演练；

2 应针对敷设的管线，制定应急预案。

7 质量检验与验收

7.1 一般规定

7.1.1 工程施工阶段应形成质量检查记录，应保留先导孔钻进、扩孔、管道回拖等关键工序的质量检查记录。

7.1.2 工程竣工验收应在施工单位自检合格后进行，由各单位共同验收。

7.1.3 施工期间及竣工后沉降稳定期内，应采取有效措施控制岩土体变形。工程竣工后应进行连续沉降监测，常规情况下监测时间不应少于3个月；当处于软土地区或邻近重要建（构）筑物、既有管线时，监测时间不应少于6个月，且均应持续监测至变形稳定。敷设管线周边地层、邻近建筑物、既有管线及地下构筑物的沉降或隆起变形，应控制在工程风险评估或设计文件确定的允许变形值范围内。

7.1.4 工程竣工后应对已敷设管线的空间位置进行测定，并绘制管线竣工测量图。

7.1.5 工程验收合格后，施工单位应进行场地复原。

7.1.6 敷设后管线纵、横断面位置应符合设计要求。

7.1.7 工作坑、环空区及造斜段在公路范围内的回填压实及注浆加固工程质量验收应符合现行地方标准《公路工程竣（交）工验收质量检测技术规程》DB35/T 2094的有关规定；工作坑、环空区及造斜段在城市道路范围内的回填压实及注浆加固工程质量验收应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ

1 的有关规定。

7.2 质量检验

7.2.1 管材到场后，应对管材外观、规格尺寸、质量证明文件及性能指标进行进场检查；需要复验时，应符合设计文件规定；设计文件无要求时，应按本标准第 5.2.2 条执行。

7.2.2 进场管材的检测内容如下：

- 1 应有产品合格证、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设计要求和本标准第 5.2.2 条所列产品标准的规定；

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 电力管道应按现行行业标准《电力电缆导管技术条件》DL/T 802 的相关要求开展环刚度、压扁性能等试验。

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标准》CJJ 63 中关于热熔连接的规定。

7.2.5 熔接塑料管道接头的同时进行现场冷却时间记录。

7.3 管道功能性试验

7.3.1 功能性试验项目与方法依据设计文件可按管线介质明确，给排水、燃气、供热、通信/电力等应按本标准第 7.3.2~7.3.4 条及设计文件确定的试验项目执行。

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，应按现行国家标准《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，应按现行国家标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》GB/T 51455 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，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 的相关规定执行。

7.3.5 管道功能性试验涉及水压、气压作业时，作业人员应有安全防护措施，并进行规范操作。

7.4 试验与检测

7.4.1 应复测导向钻孔起止点的平面位置和高程。

7.4.2 导向孔轨迹测量应采用导向仪随钻测控深度、顶角、方位角、工具面向角等基本参数。

7.4.3 实钻导向孔轨迹应符合设计轨迹要求，偏差应在导向仪精度允许的误差范围内。

7.4.4 配制泥浆现场检测应包括下列内容：

- 1 采用 pH 值试纸或试剂检测泥浆酸碱度；
- 2 采用泥浆密度计或泥浆密度秤检测泥浆密度；
- 3 采用马氏漏斗检测泥浆黏度；
- 4 采用气压式失水仪检测泥浆失水量。

7.4.5 钢管焊缝质量应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的有关规定；PE 管熔接的质量应符合现行行业标准《聚乙烯燃气管道工程技术标准》CJJ 63 的有关规定。

7.4.6 管道回拖完成后，应对出入土点外露管段的表面质量进行检查，并应符合下列规定：

- 1 钢管外防腐层不得有破损、剥离现象；划伤深度达到防腐

层厚度时，应进行补伤处理；判断孔内管段防腐层存在严重损伤风险时，应进行防腐层完整性检测；

2 聚乙烯（PE）管、改性聚丙烯（MPP）管等塑料管材表面不得有明显纵向划痕。划伤深度不应超过管材壁厚的 10%，且不应损伤核心层。超过允许限值的划痕应进行安全评估或切除受损管段。

7.4.7 根据定向钻敷设的不同类型生产管，应按下列内容进行验收：

1 管内径大于或等于 98mm 的通信管和电力管工程，宜采用定径试通棒检测验收：

- 1) 定径试通棒可选用木质或铁质材料制作；
- 2) 定径试通棒直径 d 可按 $d=0.8D$ 确定（ D 为生产管公称内径；
- 3) 定径试通棒长度为 0.45m。

2 管内径小于 98mm 的通信管和电力管工程，宜采用玻璃钢管器检测验收，通管器直径宜为 15mm；

3 敷设重力流管道工程检测验收，轴线偏差、管内底高程偏差可参照表 7.4.7。管道严密性试验和允许渗水量应按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 执行；

表 7.4.7 不同地层适用的轴线偏差和管内底高程偏差

地层	轴线偏差	高程偏差
软土、粘性土、粉土、砂类土、 碎石类土	$\pm(0.1+0.05H)m$	$\pm(0.2+0.05H)m$
粘土、岩层	$\pm 80mm$	$\pm 30mm$

注：H 为管道最大埋深。

4 敷设城镇燃气管工程检测验收应按现行国家标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》GB/T 51455 执行；

5 敷设油气长输管道工程检测验收应按现行国家标准《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369 执行；

6 敷设城镇供热管道工程检测验收，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 工程竣工后的地表沉降监测应符合下列规定：

- 1) 一般地区监测周期不宜少于 3 个月；
- 2) 在软土地区，沉降监测周期不少于 6 个月。监测频率应为：前 3 个月每周 1 次，后 3 个月每 2 周 1 次。
- 3) 监测结束时，累计最终沉降量不得超过设计允许值的 120%，且最后两次监测的沉降速率应趋于收敛。

7.5 管线竣工测量

7.5.1 工程验收阶段应进行管线竣工测量。测量内容、精度和成果资料应符合设计文件及本标准第 7.5.4 条的规定。

7.5.2 竣工图应包括综合管线图、专业管线图、纵断面图，比例尺宜为 1:200~1:1000，并满足 CJJ 61 关于坐标系与成果精度的规定。

7.5.3 管线竣工图宜采用 1:200 至 1:1000 比例尺的地形图绘制。

7.5.4 管线竣工测量成果应符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的有关规定。

7.6 工程竣工验收

7.6.1 施工期间应按工程实施内容组织阶段性验收，完工后组织竣工验收。阶段性验收至少应覆盖：先导孔钻进、扩孔、管道回拖、功能性试验等关键节点，阶段性验收应形成验收记录。

7.6.2 水平定向钻管道敷设工程阶段性验收及竣工验收内容应分别符合表 7.6.2-1 和表 7.6.2-2 的规定。

表 7.6.2-1 水平定向钻管道敷设工程阶段性验收内容

阶段性验收			
检查项目	主要检查内容	检查方法	资料与记录
出入土点与泥浆池	位置与尺寸、坡度、防渗措施、排水与围挡	查阅方案、现场观察	现场布置图、照片记录
既有管线与障碍物防护	防护方案落实、警戒区域看护	查阅方案、现场观察	防护交底、看护签到表
先导孔钻进	轨迹偏差、入土角、出土角、导向记录完整性	查阅方案/记录、现场观察	导向原始记录、里程桩坐标
扩孔钻进	级差与终孔直径、泥浆参数、返浆含砂率	查阅方案/记录、现场观察	扩孔日志、泥浆性能快检表
管材与构配件	规格型号、合格证、复验结果	查阅方案/记录/报告	合格证、检验/复验报告
焊接/接口	外观质量、无损检测、承拉检验结果	查阅记录/报告、现场观察	焊口台账、检验报告
管道回拖	回拖力与扭矩曲线、配重/润滑、接口保护；中断记录需注明原因、时长及维护措施	查阅方案、现场观察	回拖日志、测力曲线
环隙置换	需要进行环隙置换时，检查浆型、压力、用量、终压	查阅方案/记录	注浆记录、试验段资料
应急演练与事件	演练开展、泥浆外泄处置记录	查阅记录	演练纪要、事件处置单

表 7.6.2-2 水平定向钻管道敷设工程竣工验收内容

竣工验收			
检查项目	主要检查内容	检查方法	资料与记录
回拖后线形	平顺性、最小曲率半径、外观缺陷	现场观察、查阅记录	线形检查表、影像资料
管道功能性试验	试验项目、压力/真空曲线、判定	查阅报告	功能性试验报告、仪表溯源
交叉净距复核	与既有管线/构筑物净距	查阅记录	复测成果、偏差计算书
实测轨迹	水平/垂向偏差是否满足表 7.6.4	查阅报告	实测轨迹报告、偏差计算书
井室/人（手）孔及附属构筑物	结构与外观、标高与尺寸	现场观察	竣工照片、测量抽检表
泥浆与环保	废浆/废水处置、台账完整	查阅记录	泥浆处置台账、转运联单
竣工测量	综合/专业管线图、纵断面、坐标系与精度	查阅报告	测绘报告、三维坐标点文件
竣工资料	清单齐套性、签认完整性	查阅记录	竣工资料清单、自检资料

7.6.3 不同类型管道的专项验收应符合本标准第 7.4.7 条的规定；本标准对同一验收项目有规定且要求不一致时，应采用较严格的要求。

7.6.4 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文件规定，且不应大于本标准表 7.6.4 中的规定值。

表 7.6.4 管道实际轨迹测量限差（m）

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

7.6.5 水平定向钻施工的竣工资料应包括下列内容：

- 1 建设相关审批文件；

- 2 工程设计图纸;
 - 3 工程测绘报告;
 - 4 工程探测报告;
 - 5 工程施工组织设计;
 - 6 先导孔施工记录;
 - 7 扩孔记录;
 - 8 管道回拖记录;
 - 9 焊缝检测记录;
 - 10 强度试验记录;
 - 11 管线竣工测量图应包括平面布置图与纵断面图;
 - 12 竣工总结报告;
 - 13 施工现场翔实记录与影像资料。
- 7.6.6 竣工资料中提交的施工记录与图纸应符合下列规定:**
- 1 平面布置图: 应绘制工作井与入土点、接收井与出土点的准确位置及尺寸;
 - 2 纵断面图: 应标注管道长度中心点到地面的实际覆土厚度;
 - 3 原始施工记录: 应包含先导孔钻进、分级扩孔、管道回拖的全过程原始数据, 如钻杆序号、深度、扭矩、拉力等, 造斜段的位置、孔径需重点说明, 宜附关键工序施工照片;
 - 4 注浆加固记录: 记录敷设轨迹中需进行地层改良的指定钻杆桩号位置, 以及压密注浆的孔径、压力、注浆量, 并附现场照片。
- 7.6.7 竣工资料应归档保存。**

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，且不易受邻近管线的干扰，但应有管线出露点。	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，但应有管线出露点，且被勘察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，可做精确定位、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，不需管线出露点，但应有良好的接地条件。	用来搜索和追踪金属管线。
		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，但应有放置示踪器的出入口。	用于探测有出入口的非金属管线。

续表 A

探测方法			基本原理	特点	适用范围
电磁法	主动源法	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。	既可探测金属管线,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,但供电时金属管线应有出露点,测量时应接地。	用于追踪具备接地条件和出露点的金属管线。
磁法	磁强 FDFE 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。
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,用反射波法作浅层地震时间剖面。	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			利用管线或其他填充物与周围土层之间温度的差异。	探测方法简便,但应具备温差这一前提。	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									
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									
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 先导孔钻进记录表

表 C 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/测站坐标系:			
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								
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

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					11						
2					12						
3					13						
4					14						
5					15						
6					16						
7					17						
8					18						
9					19						
10					20						
施工单位质量检查结果			施工员:								
			班长:								
监理或建设单位验收结论			质检员:								
			年 月 日								
			监理工程师:								
			建设单位项目负责人:								
			年 月 日								

附录 E 管道回拖记录表

表 E 管道回拖记录表

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	泥浆 比重		
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								

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

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时的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 2 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》 GB 50236
- 3 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
- 4 《油气长输管道工程施工及验收规范》 GB 50369
- 5 《输送流体用无缝钢管》 GB/T 8163
- 6 《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》 GB/T 9711
- 7 《钻探用无缝钢管》 GB/T 9808
- 8 《城镇燃气输配工程施工及验收标准》 GB/T 51455
- 9 《建筑施工噪声排放标准》 GB 12523
- 10 《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》 GB/T 13295
- 11 《给水用聚乙烯（PE）管道系统 第2部分：管材》 GB/T 13663.2
- 12 《燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统 第2部分：管材》 GB/T 15558.2
- 13 《生活饮用水输配水设备、防护材料及水处理材料卫生安全评价》 GB/T 17219
- 14 《埋地钢质管道阴极保护技术规范》 GB/T 21448
- 15 《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》 GB/T 23257
- 16 《非开挖铺设用球墨铸铁管》 GB/T 46199
- 17 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1
- 18 《城镇供热管网工程施工及验收规范》 CJJ 28
- 19 《市政工程勘察规范》 CJJ 56

- 20 《城市地下管线探测技术规程》 CJJ 61
- 21 《聚乙烯燃气管道工程技术标准》 CJJ 63
- 22 《非开挖工程用聚乙烯管》 CJ/T 358
- 23 《电力电缆导管技术条件》 DL/T 802
- 24 《公路工程竣（交）工验收质量检测技术规程》 DB35/T 2094

福建省工程建设地方标准

非开挖水平定向钻进管线敷设技术标准

DBJ/T 13-102-2026

条文说明

修 订 说 明

《非开挖水平定向钻进管线敷设技术标准》DBJ/T 13-102-2026，经福建省住房和城乡建设厅 2026 年 10 月 13 日以闽建科〔2026〕12 号，并经住房和城乡建设部备案，备案号为 J 11214-2026。

本标准是在福建省工程建设地方标准《水平定向钻进管线铺设工程技术规程》DBJ/T13-102-2019 的基础上修订而成，并更名为《非开挖水平定向钻进管线敷设技术标准》。上一版的主编单位是福建东辰市政工程有限公司，参编单位是中国电建集团福建省电力勘测设计院有限公司、福建省建研工程顾问有限公司、福州城建设计研究院有限公司、福州市水务管网维护有限公司、福建省岩田基础工程技术有限公司、福建和盛塑业有限公司、厦门城健建设有限公司，主要起草人员是卢纯青、黄海滨、邓建东、李招群、林一庚、陈孝湘、张开锋、陈秀俊、余国良、陈永强、陈文杰、王裕、何慕春、陈智新、王凤清、吴辰光、许勋锦、苏江东、林生炜、徐东波、朱俊峰、廖珍标。本次修订的主要内容是：1.调整了标准名称、适用范围、术语和符号体系，补充了水平定向钻机、大口径水平定向钻工程、回拖长度、曲率半径等术语及相关符号；2.完善了基本规定，补充了技术交底、绿色施工、行业管线适用性、重要穿越工程风险评估及竣工资料提交等要求；3.完善了工程地质和水文地质勘察要求，增加了场地分类、分阶段勘察、勘探孔布置与深度、不良地质评价及封孔等内容；4.完善了地下管线和建（构）筑物探测要求，补充了施工影响范围内建（构）筑物调查、变形控制指标、探测范围、坐标系统及监测

保护措施；5.新增了勘察报告内容要求，明确了岩土参数、地下水资料、不良地质评价、施工影响分析及设计施工建议等内容；6.完善了设计要求，补充了敷设路由比选、绝对标高表达、管材性能、防腐、卫生性能、防紫外线老化、钢管外压稳定及塑料管最大回拖力核算等内容；7.完善了轨迹导向定位、扩孔设计和管道回拖分析与计算要求，补充了地层适应性、最小覆土厚度、与既有管线及建（构）筑物净距、终孔直径、分级扩孔、浮力控制、钻机吨位选型及回拖过程控制等内容；8.完善了施工和质量检验与验收要求，补充了钻机选型、施工准备、导向仪校核、泥浆用量和泵量计算、先导孔钻进、扩孔钻进、管道回拖、安全环保、管道功能性试验、管线竣工测量、阶段性验收、沉降监测及竣工资料清单等内容。

本标准修订过程中，编制组进行了福建省非开挖水平定向钻进管线敷设工程应用情况、典型地层条件、施工工艺、质量验收、环境保护及既有管线保护等方面的调查研究，总结了我国市政给水、排水、燃气、热力、电力、通信等地下管线采用水平定向钻进法敷设工程的实践经验，重点吸收了福建省软土、残积土、砂层、卵砾石层、破碎岩层及城市密集建成区管线敷设工程中的勘察、设计、泥浆护壁、扩孔回拖、沉降控制、环空注浆和竣工测量等经验。同时，参考了国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268、《市政工程勘察规范》CJJ 56、《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标准》CJJ 63，以及水平定向钻机相关工程技术资料，并结合典型工程资料、现场施工记录和已有检测成果，对勘探孔布置、最小覆土厚度、轨迹曲率半径、扩孔直径、泥浆性能、回拖力估算、注浆加固、沉降监测和竣工测量等关键技术参数进行了校核和完善，为本标准相关条文的修订提供了依据。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用

本标准时能正确理解和执行条文规定，《非开挖水平定向钻进管线敷设技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

目 次

1 总 则	60
3 基本规定	62
4 勘 察	64
4.1 一般规定	64
4.2 工程地质和水文地质勘察	65
4.3 地下管线和建（构）筑物探测	67
4.4 定向钻敷设路由勘察	69
4.5 勘察报告	70
5 设 计	71
5.1 一般规定	71
5.2 管道材质要求	71
5.3 轨迹导向定位	73
5.4 扩孔设计	74
5.5 管道回拖分析与计算	74
6 施 工	75
6.1 一般规定	75
6.2 钻机选型	75
6.3 施工准备	76
6.4 钻孔泥浆配制	76
6.5 先导孔钻进	77
6.6 扩孔钻进	77
6.7 管道回拖	77
6.8 安全环保	78
7 质量检验与验收	79

7.1	一般规定.....	79
7.2	质量检验.....	79
7.3	管道功能性试验.....	80
7.4	试验与检测.....	80
7.5	管线竣工测量.....	81
7.6	工程竣工验收.....	81

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

1 总 则

1.0.1 本条阐述了本标准的编制目的。福建省地质条件复杂，软土、残积土、孤石及岩石地层并存，且城镇化建设进程中地下管网改造任务繁重。传统开挖施工对交通、环境及居民生活影响较大，而水平定向钻进技术具有对地表干扰小、施工速度快等优势，已在省内得到广泛应用。制定本标准旨在结合福建省地质条件和市政管线敷设工程特点，对水平定向钻进管线敷设工程的勘察、设计、施工及质量验收进行全过程技术规范，保障工程质量、安全和周边环境稳定。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围。本标准主要适用于市政工程范畴内的地下管线敷设，涵盖给水、排水、燃气、热力、电力、通信等各类市政公用管线。需要说明的是，虽然不同专业管线，如燃气管、压力管道，有各自的行业设计规范，但“水平定向钻进”作为一种通用的施工工艺，其成孔、轨迹控制、泥浆护壁及回拖等核心技术具有共性。本标准重点解决该工艺在市政环境下的实施要求。对于非市政工程，如长输油气管道、水利倒虹吸等，因其行业特殊性较强，可根据本标准执行，但需优先满足其所属行业的特定强制性标准。

1.0.4 本条规定了本标准与其他标准的关系。水平定向钻进管线敷设工程涉及岩土工程、机械、测量、环保及各类管材的专业技术，是一项系统工程。因此，在执行本标准时，尚应符合国家现行有关强制性标准，如《岩土工程勘察规范》GB 50021、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 等及福建省现行有关标准的规定。当涉及燃气、电力等易燃、易爆或带电管线施工时，

还应严格遵守相关行业的安全技术规程。当国家或地方标准修订使得技术指标要求提高时，应按“从严”原则执行。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

3 基本规定

3.0.1 本条规定了设计启动前应开展工程勘察的要求。水平定向钻管道敷设属于地下隐蔽工程，轨迹设计、扩孔参数、泥浆体系和回拖控制均依赖工程地质、水文地质及周边环境资料。设计前开展工程勘察，有利于查明地层条件、地下水条件、既有管线和建（构）筑物分布，为后续设计和施工提供依据。

3.0.2 本条规定了水平定向钻管道敷设工程宜采用的管材类型及其产品标准要求。水平定向钻施工过程中，管材需承受轴向拉力、弯曲作用、外压及孔壁摩擦作用，因此管材应具有满足回拖施工和运行要求的力学性能、连接性能和耐久性能。

3.0.3 本条规定了施工前技术交底、施工组织设计和施工方案编制要求。技术交底是确保设计意图转化为施工行为的关键环节。施工组织设计和施工方案是指导现场作业的纲领性文件，需涵盖设备选型、轨迹控制、泥浆配比、回拖工艺及应急预案等内容。施工组织设计和施工方案宜结合工程规模、地层条件、管径、敷设长度、周边环境和风险评估结果，明确钻机选型、轨迹控制、泥浆配制、扩孔回拖、监测保护及应急处置等内容。施工条件发生变化时，应对相应技术措施进行复核和调整。

3.0.4 本条规定了施工前作业条件核对、绿色施工要求和原始记录。

1 环保要求：重点在于废弃泥浆和钻屑的处理。泥浆中含有膨润土及化学添加剂，严禁随意排入下水道或河道，应按规定运至指定场所处置。

2 噪声控制：夜间施工，特别是 22:00 至次日 6:00，须严格

执行现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523，夜间施工时，应采取隔声、减振等降噪措施，减少对周边环境的影响。

3 原始记录：施工单位应如实记录钻进参数，包括扭矩、推拉力、泥浆压力等，这是工程质量追溯和事故分析的直接依据。

3.0.5 本条规定了本标准与各专业管线行业标准的关系。虽然水平定向钻进是通用的施工手段，但不同功能的管线有其特定的行业规范，如燃气管道的高危性、电力管道的绝缘散热要求、给水管道的卫生要求。设计和施工时应同时满足水平定向钻施工工艺要求及相应专业管线的运行安全要求。

3.0.6 本条规定了敷设特殊地段的风险管控要求。穿越建（构）筑物、铁路、高等级公路或重要水域时，施工风险不仅在于管线本身，更在于此类工程对地层扰动、沉降变形、泥浆压力和施工偏差较敏感，应结合穿越对象的重要性和周边环境条件开展风险评估，并据此制定交通组织、监测保护和安全防护措施。

4 勘 察

4.1 一般规定

4.1.1 本条明确了水平定向钻进管线敷设工程勘察的主要执行标准。由于本标准主要适用于市政工程范畴，因此勘察工作应首先符合现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56 的规定。该规范对市政管线工程的勘察手段、取样间距及原位测试等有具体要求，是保证勘察成果满足市政设计精度的基础。

4.1.2 本条规定了勘察等级划分及标准执行的双重依据。勘察工作不能“一刀切”，应依据工程的重要性及场地复杂程度进行分级。在执行标准上，除满足现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56 外，涉及岩土工程基础性评价内容（如地基承载力、地震效应、地下水腐蚀性等）时，尚应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的通用规定，确保勘察数据的准确性和法律效力。

4.1.3 本条规定了勘察的阶段性与动态性原则。

1 分阶段与一次性详勘：对于长距离、大口径或地质复杂的重大穿跨越工程，应严格按“初勘—详勘”分阶段进行，以逐步深化对地层的认识；对于线路短、地质条件简单的小型工程，为节约工期和成本，允许将初勘与详勘合并，进行一次性详细勘察。

2 补充勘察机制：水平定向钻施工具有隐蔽性和高风险性。实际施工中常遇到与勘察报告不符的异常情况，如突发孤石、软硬突变等时，应及时提出补充勘察建议。

4.1.4 本条规定了测绘标志的保护要求。水平定向钻施工高度依

赖导向精度，而准确的入出土点坐标及轨迹控制必须基于精确的测绘标志。保护好控制桩、水准点等重要标志，是保障钻孔轨迹不偏离设计路由、不侵入红线或破坏邻近管线的必要前提。

4.1.5 本条针对水源保护区内勘察作业提出环保和封孔要求。福建省水系发达，敷设工程常涉及饮用水水源保护区或生态敏感区。

1 泥浆添加剂限制：严禁使用含重金属或有毒化学成分的添加剂，必须采用环保型、可降解的泥浆材料，从源头杜绝化学污染。

2 双级封孔工艺：勘探孔若封堵不严，极易成为地下水串层污染或地表污水下渗的通道。本条要求在水源保护区采用“水泥+膨润土”双级封孔工艺，即膨润土遇水膨胀堵塞微隙，水泥凝固形成刚性屏障，以确保勘探作业不对地下水环境造成破坏。

4.2 工程地质和水文地质勘察

4.2.1 本条规定了施工前必须获取的基础地质资料内容。水平定向钻进是在地下非开挖成孔，对地层信息的依赖度极高。地形地貌决定了施工场地的布置及入出土点的选取；地质构造和地层分布直接影响钻进轨迹的平顺性；岩土工程性质，特别是强度、硬度、磨蚀性是选择钻机吨位、钻具型号及泥浆配方的直接依据。

4.2.2 本条规定了工程场地分类原则（表 4.2.2）。场地分类是进行工程分级管理、风险评估及造价控制的基础。

1 I类（简单场地）：通常指地层均一、无地下水干扰的区域，施工风险低，可采用常规工艺；

2 II类（中等复杂）：涉及地下水或局部不良地质，需采取针对性的泥浆护壁或加固措施；

3 III类（复杂场地）：涵盖了软土、流砂、破碎岩层等高风险地层。对此类场地，勘察阶段需查明不良地质边界，施工阶段需制定专项技术方案。当场地条件复杂时，按“就高不就低”的原则定级，以确保安全储备。

4.2.3 本条规定了现场踏勘的重点调查内容。除常规地质调查外，水平定向钻施工对环境极为敏感：

1 地面建（构）筑物：直接关系到轨迹的埋深设计及避让距离；

2 信号干扰源：水平定向钻导向仪，特别是无线导向，极易受高压线、变电站、地下钢筋网等电磁信号干扰，导致信号丢失或深度误判。踏勘阶段查明干扰源，有助于提前选择合适的导向系统。

4.2.4 本条规定了水文地质勘察的具体指标。地下水是影响孔壁稳定的关键因素。

1 分层测量：多层地下水往往水头压力不同，钻进穿过隔水层时若未平衡压力，极易引发涌水或泥浆逃逸；

2 承压水评价：高承压水会抵消泥浆护壁压力，导致孔壁失稳崩塌。勘察需查明承压水头高度，以便设计泥浆比重加以平衡。

4.2.5 本条规定了复杂场地条件下水文地质勘察和勘探孔布置的加强要求。III类场地通常存在软土、流砂、破碎岩层、高地下水位等不利条件，对孔壁稳定、泥浆漏失和地层扰动影响较大，因此应提高水文地质勘察要求，并宜加密勘探孔布置，以保证层间界面和不良地质边界识别精度。

4.2.6 本条规定了抗震设防烈度 ≥ 7 度地段的地震效应判定要求。对可能存在砂土液化、震陷或软弱土变形的场地，应结合岩土工程勘察成果评价其对管道敷设层位、管材选择和施工风险的影响。

4.2.7 本条对勘探孔的平面布置提出了具体要求。

1 交错布置：在管线两侧交错布置类似“W”形的孔，能更立体地构建地下地层剖面，避免单一轴线布孔造成的“管线正好位于地质突变盲区”的风险。

2 孔距与加密：孔距的确定应依据地层复杂程度及敷设长度，I类稀疏、III类加密。

3 特殊地段：穿越山体、河流、铁路及公路等关键节点，一旦发生施工事故后果严重，因此要求在这些部位必须布置勘探孔，

且对孔数有最低限制。比如河床至少 3 个孔数，以确保对河床冲刷线、路基下卧层的准确掌握。

4.2.8 本条规定了勘探孔深度的控制要求。勘探孔必须深于管底，以查明管道持力层及下卧层性状。特别是针对福建地区广泛分布的花岗岩残积土，其具有“上硬下软”或风化球（孤石）分布不均的特性，极易在管底下方存在软弱夹层。本条特别规定在残积土区孔深应至少达到管底以下 5m，严于常规的 3m 要求，目的是探明管底潜在的软弱地层，防止管道沉降或施工扩孔时泥浆下窜，同时为判别孤石分布提供更多依据。

4.2.9 本条规定了需要增加勘探深度的三种特殊情况。当存在液化土、软弱土或岩溶空洞时，若勘探深度不足，无法确定不良地质的底界，将导致设计无法确定桩基或管道的安全埋深。因此要求必须“穿透”不良地质层，进入稳定地层，确保地基评价的完整性。

4.2.10 本条规定了钻探后的封孔要求。钻探形成的垂直孔若不封堵，将成为地下水垂直污染的通道，或在水平定向钻施工时成为泥浆沿孔冒出的“泄压阀”，导致泥浆压力流失、携带钻屑能力下降。针对部分热敏感土层采用低热水泥砂浆封孔，既能有效隔断地下含水层，又能防止对周边土体产生过大的热扰动。

4.3 地下管线和建（构）筑物探测

4.3.1 本条规定了管线探测的执行标准和坐标系统。

1 执行标准：由于水平定向钻施工主要在城市道路或规划红线内进行，探测工作必须符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的要求，以确保探测精度满足市政工程安全管控的需要。

2 坐标系统：要求统一采用 2000 国家大地坐标系统（CGCS2000）。这是为了保证探测成果能够与建设单位的 GIS

系统、规划部门的审批图纸以及后续的竣工测量成果无缝对接，避免因坐标转换误差导致钻进轨迹侵入既有管线保护区。

4.3.2 本条规定了对周边建（构）筑物的调查要求。水平定向钻施工会引起地层扰动，可能导致地表沉降。查明建（构）筑物的基础类型（如桩基、天然地基）、结构类型（如砖混、框架）及荷载情况，是评估其抗变形能力和确定安全避让距离的前提。例如，对于对沉降敏感的浅基础老旧房屋，设计时需增大埋深或采取加固措施。

4.3.3 本条规定了沉降控制与监测方案的制定原则。“地表沉降影响范围”应根据地层条件、管径大小及埋深通过理论计算或经验确定。在此范围内的保护对象，必须“一事一策”制定监测方案。本条说明施工影响范围内地面建（构）筑物和地下管线调查，以及允许变形控制指标确定的原则。允许变形控制指标应结合保护对象类别、基础形式、工程风险评估结果和设计文件确定。

4.3.4 本条规定了管线探测的横向范围。规定探测范围“两侧不小于管径的3倍且不小于3m”，是基于扩孔直径通常为管径的1.2~1.5倍的工艺特点及钻孔偏斜、挤压效应扩散等施工不可预见性设定的安全冗余。此范围能确保钻头及扩孔器周边的潜在障碍物被纳入管控视线。

4.3.5 本条及表 4.3.5 规定了地下管线探测的具体属性指标。不同种类的管线对破坏的敏感度和后果不同：

1 给水/燃气/压力工业管：需查明材质与压力，以评估爆管风险；

2 排水（重力流）：需查明流向和高程，因为重力流管道对坡度极敏感，且通常埋深较大，易与 HDD 轨迹冲突；

3 电力/通信：需查明电压等级和管块组合，以防钻进产生感应电流干扰或触电事故。绘制地下管线图是直观展示地下空间关系的必要手段。

4.3.6 本条指引了物探方法的选择。附录 A 提供了电磁法、地

质雷达等多种常用物探方法的适用性说明，勘察单位应根据现场材质、埋深及干扰情况综合选用。

4.3.7 本条规定了物探成果的复核要求。物探解释存在多解性和误差，单纯依赖仪器探测存在漏测风险。本条要求通过地表的显性特征，如检查井、阀门井等对探测结果进行实地开盖量测或验证，确保“图物相符”，这是提高地下管线探测成果可靠性的重要复核措施。

4.4 定向钻敷设路由勘察

4.4.1 本条规定了路由勘察的程序。遵循“初勘判别可行性—详勘确定最终路由”的步骤。在初勘阶段若发现严重的路由冲突，如无法避让的桩基或硬岩，应调整方案，避免无效的详细勘察投入。

4.4.2 本条规定了施工断面图的绘制要求。施工断面图是 HDD 设计的核心图纸，必须将地层起伏、地下管线位置、地表障碍物及拟定轨迹投影在同一断面上，以便直观分析垂直净距和地层适应性。

4.4.3 本条建立了勘察与设计的反馈机制。勘察不仅仅是执行指令，更是对设计的审核。当地质条件不适宜 HDD 施工时，如存在无法敷设的孤石群、液化严重且无法加固的区域，勘察单位有义务向设计提出“否定建议”或“调整建议”，体现勘察工作的技术把关作用。

4.5 勘察报告

4.5.1~4.5.3 这几条规定了勘察报告的总体要求、文字内容和基本组成。勘察报告不应仅是地质数据的罗列，必须具有工程针对性。报告应明确回答：场地的稳定性、定向钻在地层的适用性、推荐的轨迹层所处位置。报告必须包含勘察目的、方法、地质构

造及岩土性质等基础信息，且文字描述应清晰、准确。

4.5.4 本条重点规定了针对 HDD 施工的专项评价内容。这是勘察报告中最具价值的部分，必须包含：

- 1 参数推荐：提供用于计算回拖力、泥浆压力的岩土参数。
- 2 风险预测：明确指出施工期间可能发生的孔壁坍塌、缩径、泥浆外泄（冒浆）等岩土问题，并建议监测频率和报警阈值。
- 3 障碍物评价：对孤石、既有管线、桩基等障碍物进行风险评级。
- 4 环境评价：分析泥浆或地下水串层对周边环境的潜在影响。

4.5.5 本条规定了勘察报告的图表构成。图表是工程语言，必须包含平面图、柱状图、剖面图以及室内/原位测试成果表。分别用于展示孔位与路由关系、展示单孔地层结构、展示沿线地层连续性和提供力学指标。这些图表直接作为设计建模和施工参数计算的输入依据。

5 设 计

5.1 一般规定

5.1.1 本条规定了设计的阶段划分。水平定向钻进工程风险较高，对于复杂或大型项目，如穿越江河、重要道路或长距离敷设，“初步设计”阶段的方案比选至关重要。通过初设阶段对不同路由、管材及钻机能力的经济技术比较，可以规避颠覆性的实施风险，再通过“施工图设计”指导具体作业。

5.1.2 本条强调了设计计算书的必要性。设计不应仅凭经验估算。本条要求设计单位出具计算书，对轨迹曲率、回拖力、泥浆压力等进行量化验算，并在图纸上明确“钻机最小吨位”“泥浆比重上限”等关键控制指标，作为施工单位设备选型和现场控制的技术依据。

5.1.4 本条规定了高程系统的统一性。以往工程中常混用“埋深”和“相对地面”“标高”和“绝对高程”，导致在地面起伏较大或穿越河床时，钻机手误判深度。统一采用绝对标高能有效避免此类错误，并便于管线信息纳入城市 GIS 系统。

5.1.5 本条规定了路由选择的禁忌与原则。重点强调对高压危险区和湿地、基本农田、绿地等生态敏感区的避让。对于可燃性介质（燃气、油气），需满足相关防火间距要求。

5.2 管道材质要求

5.2.1 本条规定了管材的基本性能要求。

1 力学性能：HDD施工是“推一拉”过程，管材必须具备

足够的抗拉强度和柔韧性。

2 卫生性能: 针对给水管材,必须符合GB/T 17219的规定。特别强调:涉及生活饮用水的管材及内衬材料,其卫生性能应符合相关产品标准和卫生性能评价要求,相关证明文件应纳入工程资料。

3 福建沿海地区盐雾与湿热环境显著,地下水及土壤氯离子等对金属腐蚀影响较大,且施工现场日照强、露天堆放时间较长时塑料管材存在紫外老化风险。故本条提出钢管外防腐层应按环境腐蚀性评价与设计寿命确定,并必要时采用阴极保护;塑料管材应采取防紫外老化措施并避免长期日晒,露天存放时间宜按产品标准或生产厂家技术文件控制。对高腐蚀环境或重要工程,可选用加强级 3PE 或性能不低于其要求的防腐体系,并结合工程条件采取阴极保护措施。

4 聚乙烯(PE)管、改性聚丙烯(MPP)管等塑料管材长期露天堆放时易受紫外线影响,施工前应关注贮存、运输和防晒措施对管材性能的影响。

5.2.3 本条提供了钢管径向稳定性(抗屈曲)的校核公式。水平定向钻孔内充满泥浆,空管回拖时,管壁承受巨大的外部泥浆压力。若钢管壁厚不足或椭圆度过大,极易发生屈曲失稳。公式基于薄壁圆柱壳弹性稳定理论,并引入设计系数 $F_d=0.6$,这意味着保留了 40%的安全裕度以应对孔内压力波动和管材缺陷。

5.2.4 本条提供了塑料管最大允许回拖力的计算原则。塑料管(PE)具有明显的蠕变特性。公式中引入安全系数 N : 低压管线(水/电)取 2.0, 高压/易燃管线(燃气)取 3.0。这是为了防止回拖力过大导致管材发生不可恢复的塑性变形(“缩径”或“拉长”),从而影响使用寿命或过流能力。

5.3 轨迹导向定位

5.3.1 本条的表 5.3.1 界定了 HDD 工艺的地层适应性。对于含大量孤石、漂石或高含量卵砾石等适应性较差的地层，应结合工程风险、设备能力和施工经验进行专项论证，必要时调整施工工艺或敷设路由。

5.3.4 本条规定了轨迹几何参数的取值范围。相比塑料管，钢管的允许弯曲半径更严。入/出土角的选择应权衡“缩短长度”与“方便设备就位”，通常钢管入土角宜小（ $8^{\circ}\sim 18^{\circ}$ ）以减少起吊高度。

5.3.5 本条规定了河道敷设的覆土要求。覆土厚度必须扣除“冲刷深度”和“疏浚深度”。设计时需向水利或航道部门确认河床规划标高，确保未来清淤后管顶仍有 $\geq 3\text{m}$ 的安全覆盖层，防止管线裸露被船锚钩挂。

5.3.6 本条规定了不同穿越对象的最小覆土厚度。福建沿海潮差大、水动力强，海床冲刷剧烈。对海湾或感潮河段，考虑潮流、冲刷、疏浚和抛锚等因素对覆土厚度的影响，规定覆土 $\geq 4\text{m}$ 且叠加 100 年一遇冲刷深度，并结合规划河床和冲刷深度进行复核。

5.3.7 本条规定了与既有设施的安全净距。台风暴雨期，路基土体饱和，承载力下降。重载车辆震动易向下传递。在常规覆土基础上增加 0.5m ，是为了增大土拱效应的缓冲带，防止路面沉降波及管道安全。

5.3.9 本条强制规定了钢管的曲率半径。虽然理论计算的最小半径可能较小，但本条规定 R 宜大于 $1500D$ ，且强制不得小于 $1200D$ 。这是为了：1.限制管壁弯曲应力；2.防止外防腐层因过度弯曲而剥离；3.避免焊缝处产生应力集中。式 5.3.9 的计算思路参考了水平定向钻钢管曲率半径控制的相关工程资料，式中常数取值用于控制钢管弯曲应力。

5.3.10 式 5.3.10 用于估算 PE 管最小允许曲率半径，弯曲应力取值应结合材料性能、施工温度和产品技术文件确定。

5.3.16 本条规定了工后注浆加固要求。在穿越地铁、精密厂房的沉降严格控制区，仅靠泥浆固化无法完全消除地层损失。设计必须明确采用压密注浆工艺，用水泥浆置换或挤密环空，确保地层长期稳定。

5.4 扩孔设计

5.4.2 本条规定了终孔直径为 1.2~1.5 倍管径的选择。孔径过小，回拖摩阻大，易卡钻；孔径过大，易塌孔且需泥浆量大。对于大口径管道，宜取下限（1.2 倍）以减少塌方风险；对于小口径管道，宜取上限（1.5 倍）以保证环空通畅。

5.4.4 本条规定了多级扩孔原则。在砂性土或大口径施工中，强行一次扩孔到位会导致扭矩激增或排渣不畅。规定“级差 ≤ 1.5 倍”及“洗孔”措施，是为了确保孔内清洁，降低回拖风险。

5.5 管道回拖分析与计算

5.5.1 本条要求进行回拖力全过程模拟。设计给出的回拖力估算值，是钻机选型的主要依据。

5.5.2 本条提供了钢管回拖力计算模型。该模型考虑了泥浆浮力、摩擦力及粘滞阻力。特别指出：若计算值超过钻机额定能力的 $\frac{2}{3}$ ，即计算值 $\geq$ 额定力/1.5，应提升钻机吨位。预留约 33%的钻机能力裕度，是应对启动静摩擦力及突发卡钻工况的必要安全储备。

5.5.3 本条提供了塑料管回拖力计算模型。塑料管在弯曲段回拖时，如同绳索缠绕在绞盘上，摩擦阻力呈指数级增长。设计时需重点检算弯曲段的阻力累积，必要时通过注水配重来降低管道与孔顶壁的摩擦力。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 本条规定了施工的标准化流程。水平定向钻施工环节环环相扣，顺序不可颠倒。特别强调将类似地下障碍、地层突变的“风险源辨识”前置到施工准备阶段，是为了避免盲目进场后发生钻孔事故。明确“先配浆、后扩孔”和“先检测、后回拖”的原则，是保证工程质量的底线。

6.1.2 本条规定了泥浆压力控制原则。泥浆压力是把双刃剑：压力过低无法维持孔壁稳定，易导致塌孔；压力过高则会压裂地层，导致地表隆起或泥浆外泄（冒浆）。施工中应安装孔内压力监测传感器，根据上覆土层厚度和地层承载力，设定压力报警上限。

6.1.3 本条规定了管道回拖前焊接质量和防腐处理的检查要求。HDD 敷设的管道回拖完成后检修难度较大，因此回拖前应对焊口检测、防腐层检查和补口质量进行控制，降低回拖后缺陷修复难度。

6.2 钻机选型

6.2.2~6.2.3 额定回拖力取“1.5 - 3.0 倍设计回拖力”是综合考虑摩阻峰值、泥浆意外失效、弯曲附加应力后的裕度。

6.2.4 表 6.2.4 通过典型案例给出吨位—管径—长度快速匹配。当多层套管、长距离或硬岩工况并存时，宜选高一级吨位并升级泥浆系统扭矩补偿。

6.3 施工准备

6.3.3 本条规定了钻机安装与锚固要求。钻机锚固是传递推拉力的基础。第3款针对软土地基的特殊规定：福建沿海多为淤泥质软土，地基承载力低。若直接打地锚，在回拖峰值时极易发生“拔锚”事故，导致钻机位移、钻杆折断。因此，本条要求在软土区采取换填、打钢板桩或浇筑混凝土锚墩等加强措施，确保锚固力 ≥ 1.5 倍最大回拖力。

6.3.6 本条规定了导向仪的校核频率。“连续使用超过8小时需重新复核”：导向探棒内的传感器会随工作温度升高产生零点漂移，长时间工作会导致深度和倾角误差累积。“遇强电磁干扰或复杂地层再次校准”：高压线、变电站及卵石层均会影响信号传输或导致探棒松动，及时校准是保证轨迹精度的必要手段。

6.4 钻孔泥浆配制

6.4.3 本条（表6.4.3）规定了不同地层的泥浆性能指标。

1 黏性土和活性软泥岩层：这类地层易造浆但易缩径，需降低黏度，防止泥包钻头，同时控制失水量；

2 松散砂层：需高黏度、高静切力泥浆来形成致密泥皮，防止塌孔；

3 花岗岩层：主要功能是携带钻屑和冷却钻具，宜采用低黏度泥浆以降低泵压损耗。

6.4.5 本条规定了泥浆性能的动态监测要求。第2款：加密回拖前额外测量的监测频率是为了防止因长时间停待导致泥浆性能劣化。第3款：引入动切力计算公式，是为了量化泥浆携带钻屑的能力，防止岩屑床堆积。

6.4.6 本条提供了泥浆泵量计算公式。泵量不足是导致“卡钻”的主要原因之一。公式中要求控制“钻屑含量不宜超过10%”，意味着泵量必须足以将90%以上的钻屑及时排出孔外，保持孔内

清洁。

6.5 先导孔钻进

6.5.2~6.5.3 这两条界定了有缆与无缆导向的适用场景。福建山区地形起伏大、城市地下管线密集，推荐优先采用有缆导向，虽然施工较烦琐，但信号传输稳定，深度测量精度高，不易受环境干扰。

6.5.5 本条规定了先导孔钻进的精细化操作要求。第7款“曲线段钻进速度不得超过 0.2m/min ，且每 0.3m 暂停 10 秒”：这是保证造斜精度的关键。过快的钻进速度会导致钻杆弯曲反弹，使探棒读数滞后于钻头实际位置。暂停 10 秒是为了让探棒传感器稳定，并让泥浆马达完成面角调整，确保实际轨迹紧贴设计曲线。

6.6 扩孔钻进

6.6.2 本条规定了扩孔的过程控制。第3款“洗孔”要求：当返浆中含砂量过高（5%）时，说明孔内钻屑未排净。此时若强行进行下一级扩孔，残留的钻屑会像“楔子”一样卡住扩孔器，导致扭矩激增甚至断钻。强制洗孔是降低卡钻风险的有效措施。

6.7 管道回拖

6.7.2~6.7.3 这两条规定了减阻措施。发送沟注水和滚轮托架能显著降低回拖阻力，保护管道防腐层。

6.7.5 本条规定了回拖作业的核心控制指标。第2款软土回拖速度控制是针对福建沿海软土的强制性条款。在软土中，管道如同活塞，过快的回拖速度（ 0.8m/min ）会产生巨大的波动压力（激动压力/抽汲压力），极易压裂孔壁导致冒浆或破坏周边土体结构。限制速度并加密监测孔压（每 30min 一次），是防止此类地质灾害

害的关键。

6.7.6 本条规定了回拖后的收尾工作。第3款“环空注浆”：管道入土和出土端的造斜段通常埋深较浅，泥浆干燥后会收缩形成空洞，导致路面沉降。视情况进行注浆加固，是保障道路长期安全的必要措施。

6.8 安全环保

6.8.2 本条规定了应急管理要求。施工单位必须针对 HDD 特有的风险，如泥浆外溢污染水体、钻穿既有管线、孔口塌陷等编制专项预案，并储备相应的应急物资，如沙袋、吸污车、抢修管件等。

7 质量检验与验收

7.1 一般规定

7.1.1 本条强调水平定向钻施工关键工序的过程质量记录。先导孔钻进、扩孔、管道回拖等工序完成后难以直接复核孔内状态，因此应通过施工记录、检测记录和影像资料等方式保证质量过程可追溯。

7.1.3 本条规定了岩土体变形的控制要求。HDD 施工不可避免地会扰动地层。本条强调不仅要关注施工期间的沉降，如冒浆、塌孔引起，还要关注工后沉降，如软土固结、环空土体蠕变引起。要求变形值必须控制在风险评估确定的允许范围内，以保护周边环境安全。

7.1.7 本条规定了工作坑、环空区及造斜段在公路或城市道路范围内回填压实及注浆加固工程质量验收的执行标准。为了确保路基修复质量，避免出现“拉链马路”或路面塌陷，明确了：

1 公路范围：执行福建省现行地方标准《公路工程竣（交）工验收质量检测技术规程》DB35/T 2094；

2 城市道路范围：执行现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1。实现市政与交通标准的有效衔接。

7.2 质量检验

7.2.1~7.2.2 这两条规定了材料进场的“关口”管理。管材质量是工程寿命的根本。除了常规的外观和合格证检查外，第 5 款特别提及电力管道需依据 DL/T 802.3 进行环片热压缩性能试验，

这是考虑到电力电缆运行时产生热量,若 MPP 管材耐热性能不足,会在地下软化变形压扁电缆,引发严重事故。

7.2.3~7.2.5 这两条区分了钢管与塑料管的焊接验收标准。钢管焊接按 GB 50236 执行,重点检查焊缝探伤;PE 管热熔连接按 CJJ 63 执行,重点检查翻边对称性及冷却时间。不同的材质特性决定了不同的验收重点,严禁标准混用。

7.3 管道功能性试验

7.3.1 本条明确了功能性试验的“从属原则”。水平定向钻只是一种施工工法,管道的给水、燃气等功能属性并未改变。因此,水压、气密性、通球等功能性试验必须严格执行各专业管线的行业现行规范,确保管道投运后的安全。

7.3.3 本条强调了燃气管道的“双重试压”。燃气管道属于高危设施。规定在回拖前单独试压,是为了确保下管前管段本身无泄漏;安装完毕后再次试压,是为了检验回拖过程中是否因拉力过大或划伤导致管道受损。

7.4 试验与检测

7.4.3 本条规定了轨迹偏差的控制要求。实钻轨迹必须在设计允许的误差“管廊”内。偏差过大不仅可能侵入邻近管线的保护区,还会导致管道弯曲半径过小,增加回拖阻力和管材应力。

7.4.6 本条是针对 HDD 工艺特点的核心验收条款,规定了管材回拖后的表面质量限值。水平定向钻施工中,管道与孔壁、岩屑不可避免地发生摩擦。

1 钢管:核心是保护防腐层。3PE 防腐层一旦破损露出钢管基体,在地下潮湿环境中会迅速发生电化学腐蚀。因此,本条要求修补达到防腐层厚度的划伤,严重时需进行电流衰减法检测评价防腐层完整性。

2 塑料管 (PE/MPP): 核心是控制应力集中。PE 管具有“缺口敏感性”, 过深的纵向划痕在内压作用下会引发慢速裂纹增长 (SCG), 导致脆性破坏。本条采纳国际通用标准, 将划伤深度限制在壁厚的 10% 以内, 且严禁损伤复合管的核心层。

7.4.7 本条规定了不同类型管道的专项验收要求, 特别是新增了软土地区沉降监测的特殊规定。第 7 款第 2 项软土沉降监测: 福建沿海广泛分布海相沉积软土, 具有高孔隙比、高流变性。HDD 施工引起的孔隙水压力消散和土体固结通常超过 3 个月。

1 周期延长: 将监测周期设定为不少于 6 个月, 有利于判断施工扰动后地层变形是否趋于稳定。

2 频率加密: 前 3 个月每周 1 次, 是为了捕捉施工扰动初期的急剧变形; 后 3 个月每 2 周 1 次, 是为了观察固结收敛趋势。

3 收敛标准: 设定“不超过设计值 120%”的容差, 既允许一定的计算误差, 又对异常沉降实施强约束。

7.5 管线竣工测量

7.5.1 本条规定了工程验收阶段进行管线竣工测量的要求。竣工测量成果是确定管线空间位置、形成竣工图和后期运行维护的重要依据。

7.5.2 本条规定了数据入库要求。竣工图宜采用统一坐标系统和规定比例尺, 保证竣工测量成果与规划、设计和地下管线管理资料相衔接。

7.6 工程竣工验收

7.6.1 本条规定了验收的阶段性。HDD 工程大部分位于地下, 属于隐蔽工程。完工后无法看到先导孔的轨迹和扩孔的清渣情况。因此, 阶段性验收用于对先导孔钻进、扩孔、管道回拖、功能性试验等关键节点进行过程确认, 有利于保证隐蔽工程质量可追溯。

7.6.4 本条的表 7.6.4 规定了轨迹测量的允许偏差。采用士 $(0.1+0.05H)$ 的公式，体现了“深层宽、浅层严”的控制逻辑。随着埋深 H 的增加，探测信号衰减，误差容忍度适当放宽是符合物理规律的；但在浅层，为了防止破坏路面和既有管线，必须严格控制偏差。

7.6.6 本条规定了竣工资料的完整性要求。第 4 款注浆加固记录：针对需要进行地层改良或环空注浆的区段，必须提供翔实的注浆记录和现场照片。注浆加固记录应包括注浆位置、孔径、压力、注浆量及现场照片等内容，可作为评价地层改良和环空加固施工质量的重要资料。