

ICS 27.140

P59

备案号：J2666—2019

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5776—2018

水平定向钻敷设电力管线 技术规定

Technical regulation for laying power pipes by
horizontal directional drilling

2018-12-25发布

2019-05-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

水平定向钻敷设电力管线
技术规定

Technical regulation for laying power pipes by
horizontal directional drilling

DL/T 5776—2018

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国家能源局

施行日期：2019年5月1日

中国电力出版社

2019 北京

国家能源局

公 告

2018年 第16号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法(试行)〉及实施细则的通知》(国能局科技〔2009〕52号)有关规定,经审查,国家能源局批准《光伏发电工程地质勘察规范》等204项行业标准,其中能源标准(NB)32项、电力标准(DL)172项,现予以发布。

附件: 行业标准目录

国家能源局
2018年12月25日

DL/T 5776—2018

附件：

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
198	DL/T 5776—2018	水平定向钻 敷设电力管线 技术规定			中国电力 出版社	2018-12-25	2019-05-01

前 言

根据国家能源局《关于下达2014年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2014〕298号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分7章和8个附录,主要内容包括:总则、术语、基本规定、勘察、设计、施工、验收等。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电力电缆标准化技术委员会归口管理。

主编单位:广东电网有限责任公司珠海供电局、珠海电力设计院有限公司。

参编单位:中国电力科学研究院有限公司、

国网浙江省电力公司杭州供电公司。

主要起草人:孙廷玺、刘足健、张振鹏、任广振、曹辰、崔江静、黄宏新。

主要审查人:高克利、杨黎明、赵健康、陈平、周利军、刘毅刚、饶文彬、吴明祥、王光明、严有祥、姜伟、朱晓辉、黄福勇、杜颢。

本标准在执行过程中的意见或建议,反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条一号,100761)。

目 次

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	基本规定	4
3.1	一般规定	4
3.2	路径选择	4
3.3	管 材.....	5
4	勘察.....	7
4.1	勘察内容.....	7
4.2	附近建(构)筑物及地下管线探测	8
4.3	地质水文勘探.....	9
5	设计	12
5.1	设计内容	12
5.2	横断面设计	12
5.3	纵断面设计	14
5.4	钢管计算	16
6	施工	18
6.1	踏勘及管线复核	18
6.2	机械设备	18
6.3	钻孔施工	19
6.4	管线铺设	20
7	验收	22
7.1	管材验收	22
7.2	管线验收	22
7.3	竣工资料验收	23
附录 A	水平定向钻与建(构)筑物及地下管线容许	

最小净距	24
附录B 水平定向钻回拖力计算	26
附录C 钻孔泥浆参数选择表	28
附录D MPP 管性能参数	29
附录E HDPE 管性能参数	30
附录F HPVC 管性能参数	31
附录G 水平定向钻施工对附近土体产生的应力计算	32
附录H 黏性土层中土体损失引起的地面沉降及竖向 附加应力计算	35
本标准用词说明	37
引用标准名录	38
附: 条文说明	39

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	General requirements	4
3.1	General	4
3.2	Routing selection	4
3.3	Pipes	5
4	Investigation	7
4.1	Investigating content	7
4.2	Nearby buildings , structures and underground pipeline detection	8
4.3	Geological and hydrological exploration	9
5	Design	12
5.1	Design contents	12
5.2	Cross section design	12
5.3	Vertical section design	14
5.4	Steel pipe calculation	16
6	Build	18
6.1	Road survey and pipeline review	18
6.2	Mechanical equipment	18
6.3	Drilling construction	19
6.4	Pipeline laying	20
7	Accept check	22
7.1	Pipe material accept check	22
7.2	Pipeline accept check	22
7.3	Completing information accept check	23

AppendixA	Allowable minimum net distance between horizontal drilling and buildings and underground pipelines	24
AppendixB	Calculation of force of horizontal directional drilling	26
AppendixC	Drilling mud parameter selection table	28
Appendix D	MPP pipe property parameters	29
Appendix E	HDPE pipe property parameters	30
Appendix F	HPVC pipe property parameters	31
AppendixG	Stress calculation of horizontal directional drilling in the vicinity of soil mass	32
AppendixH	Calculation of ground settlement and vertical additional stress caused by loss of soil mass in the cohesive soil layer	35
Explanation	of Wording in this code	37
List of quoted	standards	38
Addition	: Explanation of provisions	39

1 总 则

1.0.1 为了规范电力电缆管线建设中水平定向钻方式的应用，同时为了统筹、合理利用地下空间，制定本标准。

1.0.2 本标准规定了电力电缆管线建设中水平定向钻方式的勘察、设计、施工、验收的基本原则和技术要求。

1.0.3 本标准适用于水平定向钻方式的电力电缆管线建设。

1.0.4 水平定向钻方式的电力电缆管线建设除应符合本标准外，尚应符合现行国家标准和电力行业有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 水平定向钻 horizontal directional drilling

采用安装于地表的钻孔设备(水平定向钻机),以相对于地面的较小的入射角钻入地层形成先导孔,然后将先导孔扩径至所需大小并铺设管道(线)的一项技术;在施工中具有跟踪和导向功能,简称 HDD。

2.0.2 入土角 entry angle

水平定向钻的钻头开始进入地层时,钻杆柱与水平面的夹角,又称入射角。

2.0.3 出土角 exit angle

水平定向钻的钻头从地层钻出时,钻杆柱与水平面的夹角,又称出射角。

2.0.4 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,可分为有缆式和无缆式。

2.0.5 先导孔 pilot hole

水平定向钻的钻头从初始进入地层,到钻出地层时,未经扩孔,钻杆钻进形成的钻孔,又称导向孔。

2.0.6 钻孔泥浆 drilling mud

具有一定黏性的流体,多数是以水为基液,以分散性粉末和化学物质作为主剂。其作用为排渣、护壁、堵漏、平衡地层压力、冷却钻头、润滑钻具、软化硬岩土和进行导向水射流等。

2.0.7 改性聚丙烯管 modified propylene polymer pipe

以聚丙烯树脂为主体,添加其他聚烯烃、少量抗氧剂、提高寿命的稳定剂、提高导管力学及加工性能的添加剂等形成的复合

材料制成，简称MPP管。

2.0.8 高密度聚乙烯管 high-density polyethylene pipe

以高密度聚乙烯 (HDPE) 树脂为主体，添加必要的抗氧化剂、紫外线稳定剂、着色剂，以及其他添加剂等形成的复合材料制成，简称HDPE管。

2.0.9 高强度聚氯乙烯管 high-strength polyvinyl chloride pipe

以高聚合度聚氯乙烯 (PVC) 树脂为主体，添加多种高分子量聚合物，以及其他添加剂等共混改性形成的复合材料制成，简称HPVC管。

2.0.10 钢管 steel pipe

钢质管材，用于长距离大直径水平定向钻，钢管内还需铺设塑料电缆导管。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 水平定向钻设计阶段，应做地质勘查和周边管线及障碍物的物探，复杂地段的长距离水平定向钻设计宜进行专题研究。

3.1.2 水平定向钻施工阶段，应复核场地的管线及障碍物情况。

3.1.3 水平定向钻施工阶段，应评估场地环境电磁场对施工导向的影响，影响较大时，应采用有缆随钻测量系统来实现导向施工。

3.2 路径选择

3.2.1 水平定向钻穿越的路径除满足规划要求外，还应遵循以下原则：

1 穿越河流宜选择河段顺直、河面狭窄、坡岸稳定、施工场地宽敞的河段，且应尽可能垂直于坡岸线穿越。

2 应避开储油罐等危险场所。

3 应尽可能避开桥梁、高压电塔、车站及其他重要建(构)筑物。

4 应避开不利于穿越施工的地形、地貌、地质的场地。

5 宜不占或少占耕地、绿地。

6 与建(构)筑物及地下管线的容许最小净距离应符合附录A的规定。

3.2.2 水平定向钻宜选择合适的主穿越土层：

1 适宜施工穿越的土层包括：

1) 中硬~硬质黏土和淤泥；

2) 硬黏土和强风化页岩；

- 3) 中密~致密砂层(砾石含量<30%质量比);
- 4) 风化岩层或强胶结地层。
- 2 施工须做技术处理的土层包括:
- 1) 松散砂层(砾石含量<30%质量比);
- 2) 松散~密实砂砾石层(30%<砾石含量<50%质量比);
- 3) 弱风化~未风化岩层。
- 3 不宜选作施工主穿越的土层包括:
- 1) 松散~密实砂砾石层(50%<砾石含量<85%质量比);
- 2) 松散~密实卵砾石层;
- 3) 含有大量孤石、漂石或障碍物地层。
- 3.2.3 水平定向钻穿越轨迹两端需穿透松散砂砾层时,若深度较浅,宜采用开挖方式或置换黏性土方式处理;若深度较深,宜采用套管方式处理。
- 3.2.4 水平定向钻穿越的入土点、出土点应选取开阔的场地,且不宜选择在建(构)筑物附近。

3.3 管 材

3.3.1 敷设电力电缆管线的水平定向钻使用的管材,应满足下列要求:

1 抗拉强度应能承受施工中的回拖力;塑料线缆保护管的抗拉强度应满足式(3.3.1-1)的要求:

$$[\sigma] \geq \frac{1000TN}{\sum_{i=1}^n S_{oi}k} \quad (3.3.1-1)$$

式中: $[\sigma]$ ——管材抗拉强度(MPa);

T ——水平定向钻回拖力(kN);

N ——管材安全系数,可取2.0;

S——第*i*根管材截面面积(mm²);

k ——多根管不均匀系数,可取0.6。

2 环刚度应满足在回拖过程中及回拖完成后管材不发生超过3%的径向变形；塑料管材允许荷载的计算公式为：

$$F=0.4667d_2SN \quad (3.3.1-2)$$

式中：F ——环刚度测定中3%变形时的允许荷载 (kN)；

dn——线缆保护管 (MPP 管、HDPE 管或HPVC 管等) 内径(m)；

SN——塑料管材的环刚度 (3%，常温) (kPa)。

3 耐磨性应满足在回拖过程中管材不发生影响使用和耐久性的磨损的要求。

4 抗腐蚀性应满足在使用周期内抵抗地层环境腐蚀的要求。

5 线缆保护管截面均匀，内壁应光滑无毛刺。

6 耐热性应满足在90℃不会发生软化，无明显变形的要求。

7 供敷设单芯电缆用的保护管，应选用非磁性、满足环保要求的管材。

3.3.2 水平定向钻管材宜按下列适用范围进行选择：

1 改性聚丙烯管 (MPP 管)。适用于长度不超过500m 的水平定向钻工程。

2 高密度聚乙烯管 (HDPE 管)。适用于长度不超过300m 的水平定向钻工程。

3 高强度聚氯乙烯管 (HPVC 管)。适用于长度不超过500m 且转弯半径大于150倍管径的水平定向钻工程。

4 钢管。长度超过300m 的水平定向钻工程，宜采用外套钢管；长度超过500m 的水平定向钻工程，应采用外套钢管。钢管内尚应铺设线缆保护管 (MPP 管、HDPE 管或HPVC 管等)。

5 其他管材。在满足或优于本标准3.3.1要求的前提下，可选用。

3.3.3 长距离水平定向钻使用的钢管内、外壁均应采取防腐措施，且防腐层的厚度和强度应能满足施工和运行期间的磨损和腐蚀要求。钢管焊接处，宜采用辐射交联聚乙烯热收缩套补口。

4 勘 察

4.1 勘 察 内 容

4.1.1 根据场地的复杂程度，水平定向钻施工场地可分为三个等级，见表4.1.1，从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足其中一条的为准。

表4.1.1 水平定向钻施工场地分级

一级场地(复杂场地)	二级场地(中等复杂场地)	三级场地(简单场地)
1按《建筑抗震设计规范》GB 50011划分的对建筑抗震危险的地段； 2不良地质作用强烈发育； 3地质环境已经或可能受到强烈破坏； 4地形、地貌复杂； 5地下水位变化大，对水平定向钻施工影响较大； 6土层种类多，性质复杂，砂粒含量高，对水平定向钻成孔不利	1按《建筑抗震设计规范》GB 50011划分的对建筑抗震不利的地段； 2不良地质作用一般发育； 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地下水位变化较大，对水平定向钻施工影响一般； 6土层种类较多，性质较复杂，砂粒含量较高，对水平定向钻成孔有一定影响	1按《建筑抗震设计规范》GB 50011划分的抗震设防烈度等于或小于6度，或对建筑抗震有利的地段； 2不良地质作用不发育； 3地质环境基本未受破坏； 4地形、地貌简单； 5地下水位变化小，对水平定向钻施工影响较小； 6土层种类较少，性质简单，砂粒含量低，对水平定向钻成孔无影响

4.1.2 根据工程重要性等级、水平定向钻施工场地等级，可按下列条件划分岩土工程勘察等级：

- 1 甲级：单条水平定向钻长度超过300m，或一级场地。
- 2 乙级：除甲级、丙级以外的勘察项目。
- 3 丙级：单条水平定向钻长度不超过300m，且为三级场地。

4.1.3 水平定向钻工程勘察宜分为选线(或可行性研究)设计阶段勘察、初步设计阶段勘察和施工图设计阶段勘察(即详细勘察)

三个阶段。

4.1.4 选线(或可行性研究)设计阶段勘察应提供地形、地貌、岩土的地层分布、航道等级、水文等资料。

4.1.5 初步设计阶段勘察应提供水平定向钻拟穿越深度范围内岩石的成因、类型、厚度和岩石物理力学性能参数；调查航道等级和通航频率；分析场地不良地质作用对工程的影响；评价岸堤、边坡稳定性；水平定向钻施工造成的土体隆起或下降对周边建(构)筑物影响的评估；泥浆渗漏对周边环境影响的评估。

4.1.6 施工图设计阶段勘察(即详细勘察)应提供地层结构、岩石的颗粒组成和特性；完成岩石参数的室内试验；分析水质；承压水对回扩孔孔壁稳定性影响的评估；河床冲刷深度和稳定程度的分析；地下管线的分布等。

4.2 附近建(构)筑物及地下管线探测

4.2.1 应调查水平定向钻路径边线两侧各50m范围内的地上电压等级在10kV及以上的架空电力线路，并记录位置、线路名称、电压等级、回路数、对地高度等。

4.2.2 对于水平定向钻路径边线两侧各10m范围内的地上建(构)筑物，应查明结构类型、地下基础类型等。

4.2.3 地下管线探测范围应为覆盖水平定向钻穿越路由的带状区域，两侧超出路由边线应不小于一倍回扩孔终孔直径，且探测总宽度不应小于5m。若存在不良地质(如流沙等)或管线分布较复杂，应增加探测范围。

4.2.4 地下管线物探的内容应包括但不限于管线类别、材质、断面尺寸、管位、附属设施、电力管线的电压等级及数量等。探测结果应包含平面图、剖面图、管线描述等。

4.2.5 对于地面可见标志(如井盖、阀门、标识牌、标桩等)的地下管线，宜根据管线建设方提供的设计、施工和竣工资料，进行实地核实和调查。实地核实和调查的项目应符合表4.2.5的要求。

表4.2.5 实地核实和调查的项目

管线种类	埋深		断面		特征点	材质	附属物	载体特征			埋设年代	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	√		-	√	√	√	√		√		√	√
	无沟	—	√	√	—	√	√	√		√		√	√
电力	管块		√	-	√	√	√	√			√	√	√
	沟道	√			√	√	√	√			√	√	√
	直埋		√	√	—	√	√	√			√	√	√
电信	管块		√		√	√	√	√	-			√	√
	沟道	√			√	√	√	√				√	√
	直埋		√	√		√	√	√	-	—		√	√

注：√表示应实地核实和调查的项目。

4.3 地质水文勘探

4.3.1 勘探孔的布置应符合以下规定：

1 应在水平定向钻管道边线两侧3m~10m处各布置一条勘探线，两条勘探线上的勘探孔交错排列。水中勘探严禁在拟穿越路径上钻孔。

2 勘探孔数量应根据勘察等级、水平定向钻路径长度、地层复杂性确定。

- 1) 初步勘察阶段。水平定向钻路径长度小于300m时，可布置1个勘探孔；水平定向钻路径长度大于或等

于300m时，孔距可取100m。

- 2) 详细勘察阶段。水平定向钻路径长度小于300m时，孔距可取50m~100m; 水平定向钻路径长度大于或等于300m时，孔距可取30m~50m。甲级勘察等级取小值，丙级勘察等级取大值。每条水平定向钻的出土点、入土点均应做地质钻探。

3 穿越山体时，应根据地形，优先选择低洼处，合理布置勘探孔，每段线位可布置1个~3个勘探孔。

4 穿越公路、铁路、地表障碍物时，应在其两侧布孔，总孔数不得少于2个。

5 穿越河道时，两岸及河床均应布置勘探孔，总孔数不得少于3个。

6 地层变化复杂的地段，在详细勘察阶段应加密勘探孔布置。

7 地质变化段，应在地质交变处增加勘探孔。

4.3.2 勘探孔的深度宜为水平定向钻拟穿越深度以下3m~5m。遇到下列情况时，应增加勘探孔的深度。

1 水平定向钻拟穿越深度下部存在松软土层、流沙或地震液化土层时，勘探孔的深度应穿过松软土层、流沙或地震液化土层以下2m~5m。

2 穿越河床时，勘探孔的深度应穿过河床百年一遇最大冲刷深度以下4m~6m。

3 遇承压含水层，且水头较高需要降水施工的，勘探孔的深度应穿过承压含水层以下5m~10m。

4.3.3 勘探工作完成后，勘探孔应及时采用水泥砂浆回填封堵。

4.3.4 地质勘察的结果应书面存档，内容应至少包含工程地质评价、钻孔柱状图、工程地质纵断面图、岩土芯彩色照片、岩土分层描述、岩土物理力学性能参数、岩土性质及均匀性描述等。

4.3.5 水文勘察的结果应书面存档，内容应至少包含地下水类型和赋存状态、含水层性质和分布规律、地下水位升降情况、水样

试验结果等。当水位升降变化较大或存在承压水时，应分析地下水对水平定向钻成孔稳定性的影响。

4.3.6 在抗震设防烈度大于或等于7度的场地，应分析场地的地震效应。

4.3.7 场地特殊性岩土的地质勘察应参照《岩土工程勘察规范》GB 50021执行。

5 设计

5.1 设计内容

5.1.1 应根据勘察资料，判断拟穿越土层的适宜性，分析地上、地下障碍物的影响。

5.1.2 施工图内容及深度应符合相关规程规范的要求。

5.2 横断面设计

5.2.1 水平定向钻线缆保护管孔数除满足电缆敷设要求外，宜预留适当备用管，三芯电缆宜每3根预留1根保护管；单芯电缆宜每回路预留1根保护管，每两回路应至少预留1根保护管。

5.2.2 单芯电缆的水平定向钻工程，每个终孔回扩孔内宜铺设1回路或2回路线缆保护管，并设预留管。

5.2.3 每根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)内应最多铺设1根电缆，设电缆的线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)内径宜满足式(5.2.3-1)：

$$da \geq 1.5d \quad (5.2.3-1)$$

式中：dn——线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)内径(m)；

d——电缆外径(m)。

敷设光缆的线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)内径宜满足式(5.2.3-2)：

$$d \geq 1.5d_g, \text{ 且 } d_o \geq 0.040 \quad (5.2.3-2)$$

式中：dg——光缆外径(m)。

5.2.4 钢管内径宜满足式(5.2.4-1)和式(5.2.4-2)：

当 $D_b \leq 0.5$ 时， $D_n \geq 1.5D_0$ (5.2.4-1)

当 $D_b > 0.5$ 时， $D_n \geq D_0 + 0.25$ (5.2.4-2)

式中： D_0 ——多根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)包络外径(m)；

D_n ——钢管内径(m)。

5.2.5 对于不套钢管的水平定向钻，若终孔回扩孔内仅铺设一根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)，终孔回扩孔直径宜满足式(5.2.5)：

$D_2 \geq 1.5d_w$ ，且 $D_2 \geq d_w + 0.2$ (5.2.5)

式中： d_w ——单根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)外径(m)；

D_z ——终孔回扩孔直径(m)。

5.2.6 对于不套钢管的水平定向钻，若终孔回扩孔内铺设多根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)，终孔回扩孔直径宜满足表5.2.6的关系。

表5.2.6 孔内多根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)包络外径与终孔回扩孔直径的关系

孔内多根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)包络外径(m)	终孔回扩孔直径(m)
<0.2	$\geq D_0 + 0.1$
0.2~0.6	$\geq 1.2D_0$
>0.6	$\geq D_0 + 0.3$

5.2.7 对于套钢管的水平定向钻，终孔回扩孔直径宜满足表5.2.7的关系。

表5.2.7 钢管外径与终孔回扩孔直径的关系

钢管外径(m)	终孔回扩孔直径(m)
≤ 0.6	$\geq 1.2D_{gw}$
>0.6	$\geq D_{gw} + 0.3$

注： D_{gw} 表示钢管外径(m)。

5.2.8 同期施工的相邻两条回扩孔之间净距离不宜小于1.5倍回扩孔直径。

5.3 纵断面设计

5.3.1 水平定向钻纵断面轨迹宜由入土端斜直线段、入土端曲线段、水平直线段、出土端曲线段、出土端斜直线段组成，应综合考虑地层条件、交叉管线情况、管材性能、路径长度、通航要求等。

5.3.2 水平定向钻轨迹纵断面(见图5.3.2), 应按下述公式计算:

$$h_2=R(1-\cos\alpha) \quad (5.3.2-1)$$

$$h_1=H-h_2 \quad (5.3.2-2)$$

$$a=h \cot\alpha \quad (5.3.2-3)$$

$$b=R\sin\alpha \quad (5.3.2-4)$$

$$h_2=R(1-\cos\beta) \quad (5.3.2-5)$$

$$h'_1=H'-h_2 \quad (5.3.2-6)$$

$$a'=h'_1 \cot\beta \quad (5.3.2-7)$$

$$b'=R\sin\beta \quad (5.3.2-8)$$

$$L=a+b+L_0+a'+b' \quad (5.3.2-9)$$

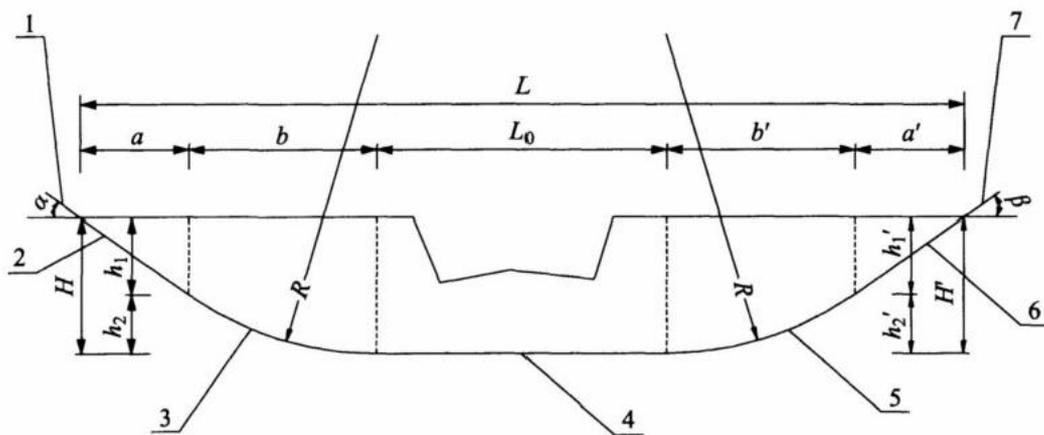


图5.3.2 水平定向钻轨迹纵断面图

1—入土端；2—入土端斜直线段；3—入土端曲线段；4—水平直线段；
5—出土端曲线段；6—出土端斜直线段；7—出土端

式中：a ——入土端斜直线段的水平长度 (m)；
 b ——入土端曲线段的水平长度 (m)；
 a' ——出土端斜直线段的水平长度 (m)；
 b' ——出土端曲线段的水平长度 (m)；
 L₀ ——最深处水平直线段的长度 (m)；
 L ——水平定向钻轨迹的水平总长度 (m)；
 h ——入土端斜直线段的高度 (m)；
 h₂ ——入土端曲线段的高度 (m)；
 H ——入土点距离最深处水平直线段的高度 (m)；
 h ——出土端斜直线段的高度 (m)；
 h₂ ——出土端曲线段的高度 (m)；
 H' ——出土点距离最深处水平直线段的高度 (m)；
 R ——曲线段的曲率半径 (m)；
 α ——入土角 (°)；
 β ——出土角 (°)。

5.3.3 水平定向钻纵断面轨迹曲线段的曲率半径宜按以下条件选取：

1 不套钢管的水平定向钻，且终孔回扩孔内仅铺设一根线缆保护管 (MPP 管、HDPE 管或HPVC 管等)，曲线段的曲率半径应满足式 (5.3.3-1)：

$$R \geq 75d_w, \text{ 且 } R \geq 1200d_{zg} \quad (5.3.3-1)$$

式中：d_g ——水平定向钻使用钻杆的外径 (m)。

2 不套钢管的水平定向钻，且终孔回扩孔内铺设多根线缆保护管 (MPP 管、HDPE 管或HPVC 管等)，曲线段的曲率半径应满足式 (5.3.3-2)：

$$R \geq 250D, \text{ 且 } R \geq 1200d_g \quad (5.3.3-2)$$

3 套钢管的水平定向钻，曲线段的曲率半径应满足式 (5.3.3-3)：

$$R \geq 1200D_{gw} \quad (5.3.3-3)$$

式中：D_{gw} ——钢管外径 (mm)。

5.3.4 水平定向钻纵断面轨迹的入土角、出土角宜按以下条件选取：

1 不套钢管的水平定向钻：

$$a=0^{\circ}\sim 20^{\circ} \quad (5.3.4-1)$$

$$\beta =0^{\circ} \sim 15^{\circ} \quad (5.3.4-2)$$

2 套钢管的水平定向钻：

$$a=0^{\circ}\sim 15^{\circ} \quad (5.3.4-3)$$

$$\beta =0^{\circ} \sim 10^{\circ} \quad (5.3.4-4)$$

5.3.5 水平定向钻的埋深应符合附录A 的要求。

5.3.6 纵断面设计还应计算电缆的牵引力、侧压力和转弯半径，且应满足《城市电力电缆线路设计技术规定》DL/T 5221的要求。

5.4 钢管计算

5.4.1 回扩孔内钢管回拖时，应按照下列公式验算空管在泥浆压力作用下的径向屈曲失稳：

$$ps \leq FPp \quad (5.4.1-1)$$

$$p_{yp}^2 - \left[\frac{\sigma_s}{m} + (1+6mn)p_{cr} \right] p_{yp} + \frac{\sigma_s p_{cr}}{m} = 0 \quad (5.4.1-2)$$

$$m = \frac{D_{gw}}{2\delta} \quad (5.4.1-3)$$

$$n = \frac{1}{2} f_0 \quad (5.4.1-4)$$

$$p_{cr} = \frac{2E_s \left(\frac{\delta}{D_{gw}} \right)^3}{1-\mu^2} \quad (5.4.1-5)$$

式中： ps ——回拖施工时泥浆动压力 (MPa)，一般取1.5倍泥浆静压力；

Fa ——设计系数，一般取0.6；

- P_{yp}**——钢管能承受的极限外压力 (MPa);
O_s ——钢管屈服强度 (MPa);
P_{cr}——钢管弹性变形临界压力 (MPa);
E_s——钢管弹性模量 (MPa), 取 2.1×10^5 ;
δ ——钢管壁厚 (m);
D_{gw}——钢管外径 (m);
μ ——钢管泊松比, 取0.3;
f_o ——钢管椭圆度 (%)。

6 施 工

6.1 踏勘及管线复核

6.1.1 施工前，应对现场地形、地面上建(构)筑物进行踏勘复核，对地面下既有障碍物和管线埋设位置、深度、类型等进行实地物探。

6.1.2 施工轨迹与地上、地下障碍物交叉或临近处，宜做出标记。

6.2 机 械 设 备

6.2.1 水平定向钻机按技术性能可分为小型钻机、中型钻机和大型钻机。各型水平定向钻机对应的技术性能可按表6.2.1选用。

表6.2.1 各型水平定向钻机对应的技术性能

类型	小型水平定向钻机	中型水平定向钻机	大型水平定向钻机
回拖力或推进力(kN)	<100	100~450	>450
扭矩(kN·m)	<3	3~30	>30
功率(kW)	<100	100~180	>180
拖管包络外径(mm)	<350	350~600	600~1200
最大施工长度(m)	300	600	1500
施工深度(m)	<6	6~15	>15

6.2.2 钻杆应符合以下要求：

1 钻杆的尺寸规格应满足扩孔时工作扭矩、钻导向孔时总推进力及回拖管时总回拖力的要求。

2 弯曲或损伤的钻杆不得使用，钻杆内孔应保持畅通，钻杆

丝扣应保持完好。

6.2.3 钻头可分为导向孔钻头和扩孔钻头。

1 各土层适应的导向孔钻头类型可按表6.2.3-1选用。

表6.2.3-1 各土层适应的导向孔钻头类型

土层	适应的导向孔钻头类型
软土	较大掌面的铲形钻头
黏性土、粉土	中等掌面的铲形钻头
黏土	较小掌面的铲形钻头，掌面宽度应比探头室直径大12mm以上；铣齿铲形钻头；马掌面冲击钻头
砂类土	小锥形掌面的铲形钻头
碎石类土	镶焊硬质合金、中等尺寸弯接头钻头
岩层	孔底动力钻具

2 各类型扩孔钻头适用的土层可按表6.2.3-2选用。

表6.2.3-2 各类型扩孔钻头适用的土层

扩孔钻头类型	适用的土层
挤压型扩孔钻头	松软地层
切削型扩孔钻头	软土层
组合型扩孔钻头	适用地层范围较广，属通用型扩孔钻头
牙轮型扩孔钻头	硬土或岩层

6.2.4 应配备泥浆泵、泥浆搅拌机、泥浆净化器、挖掘机、汽车式起重机、电焊机及电热熔焊机辅助设备。

6.3 钻孔施工

6.3.1 水平定向钻机的最大输出拉力，不应小于附录B规定的最大回拖力的1.5倍，也不宜大于3倍。

6.3.2 当场地通行条件受限制，或环境电磁场对水平定向钻接收器有干扰时，宜采用有缆式导向系统。

6.3.3 在砂土和卵砾石中施工，钻孔泥浆中应加入适量润滑剂。

6.3.4 施工过程中应保持稳定的泥浆环流。

6.3.5 初始钻进应保持连续钻进至少2.5m，同时宜采用低钻速、小泵量、慢进尺。

6.3.6 造斜钻进时应调整钻头工具面向角至需要角度，钻机顶进形成造斜段，导航仪跟踪监控钻头仰角的变化，根据不同的土层，顶进结合钻进，仰角的变化应不超过钻杆的最小曲率半径。

6.3.7 保直钻进时应保持钻机匀速回转钻进，给进速度快，使导向孔直线段趋于平直。

6.3.8 导向孔施工时，应全程监控记录钻头轨迹。

1 采用无线导向系统时，在造斜段，宜每钻进1.0m长度测量记录1次钻头坐标；在水平直线段，宜每钻进1根钻杆长度测量记录1次钻头坐标。

2 采用有缆随钻测量系统时，钻孔轨迹监视和调控应随时观察系统的随钻数据，并以1.0m的长度间隔提取数据并记录。

6.3.9 导向孔相邻两测量位置轨迹偏离超过回扩孔终孔直径时，应及时纠偏调整。

6.3.10 终孔回扩孔直径大于导向孔直径时，宜进行多级扩孔钻进，扩孔直径逐级增加，每级扩孔增加幅度应与机械性能配套。

6.3.11 施工中出现塌孔时，应及时调整施工方案。

6.4 管线铺设

6.4.1 管材应从出土端向入土端回拖，回拖作业应连续、平稳地进行。

6.4.2 应根据地形、地貌、出土角、路径长度、管材材质、管(束)的外径(包络外径)等因素，开挖发送沟或设置托架。

6.4.3 单个回扩孔内或钢管内多根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)的回拖，应将管束绑扎紧实，并采用万向接头同时回拖。绑扎间距不宜大于管束包络外径的20倍。

- 6.4.4** 应对两端管口编号，必要时调整管口位置，使两端管口位置对应一致。
- 6.4.5** 每个回扩孔内多根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)不应有交叉现象。
- 6.4.6** 每个回扩孔内多根线缆保护管(MPP管、HDPE管或HPVC管等)整体扭转每100m不宜超过60°，且不应超过90°。
- 6.4.7** 水平定向钻两端各不小于0.5m范围内，应采取混凝土包封保护措施。
- 6.4.8** 塑料导管两端的管口应进行可靠封堵。
- 6.4.9** 塑料导管内可铺设钢丝绳，钢丝绳直径不宜小于5mm，且应进行防腐处理。
- 6.4.10** 拖管完成后，应将钻孔泥浆妥善处理。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/267025165136006143>