

ICS 27.140

P 59

备案号: J2666—2019

找标准就到麦田学社 my678.cn

**DL**

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

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**

\*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京天泽润科贸有限公司印刷

\*

2019 年 10 月第一版 2019 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 2.125 印张 53 千字

印数 001—500 册

\*

统一书号 155198 · 1533 定价 **32.00** 元

**版权专有 侵权必究**

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换

**DL/T 5776 — 2018**

**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）。

**DL/T 5776 — 2018****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	

**DL / T 5776 — 2018**

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

## DL/T 5776 — 2018

# 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

Appendix A	Allowable minimum net distance between horizontal drilling and buildings and underground pipelines .....	24
Appendix B	Calculation of force of horizontal directional drilling .....	26
Appendix C	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
Appendix G	Stress calculation of horizontal directional drilling in the vicinity of soil mass .....	32
Appendix H	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。

## DL/T 5776 — 2018

# 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、少量抗氧化剂、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。

## DL/T 5776 — 2018

### 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;

$S_{oi}$  ——第  $i$  根管材截面面积 ( $\text{mm}^2$ );

$k$  ——多根管不均匀系数, 可取 0.6。

**DL/T 5776 — 2018**

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：

$$F = 0.4667d_n S_N \quad (3.3.1-2)$$

式中： $F$  ——环刚度测定中 3% 变形时的允许荷载（kN）；

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

$S_N$  ——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）

## DL/T 5776 — 2018

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土的成因、类型、厚度和岩土物理力学性能参数；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、岩土的颗粒组成和特性；完成岩土参数的室内试验；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

## DL/T 5776 — 2018

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



**DL / T 5776 — 2018**

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。

## DL/T 5776 — 2018

## 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线缆敷设要求外，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）：

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

式中： $d_n$ ——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）：

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

式中： $d_g$ ——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）：

## DL/T 5776 — 2018

$$\text{当 } D_b \leq 0.5 \text{ 时, } D_n \geq 1.5D_b \quad (5.2.4-1)$$

$$\text{当 } D_b > 0.5 \text{ 时, } D_n \geq D_b + 0.25 \quad (5.2.4-2)$$

式中： $D_b$ ——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）：

$$D_z \geq 1.5d_w, \text{ 且 } D_z \geq d_w + 0.2 \quad (5.2.5)$$

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	$\geq D_b + 0.1$
0.2~0.6	$\geq 1.2D_b$
>0.6	$\geq D_b + 0.3$

**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）
$\leq 0.6$	$\geq 1.2D_{gw}$
>0.6	$\geq D_{gw} + 0.3$

注： $D_{gw}$ 表示钢管外径（m）。

## DL/T 5776 — 2018

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：

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

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

$$a = h_1 \cot \alpha \quad (5.3.2-3)$$

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

$$h'_2 = R(1 - \cos \beta) \quad (5.3.2-5)$$

$$h'_1 = H' - h'_2 \quad (5.3.2-6)$$

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

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

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

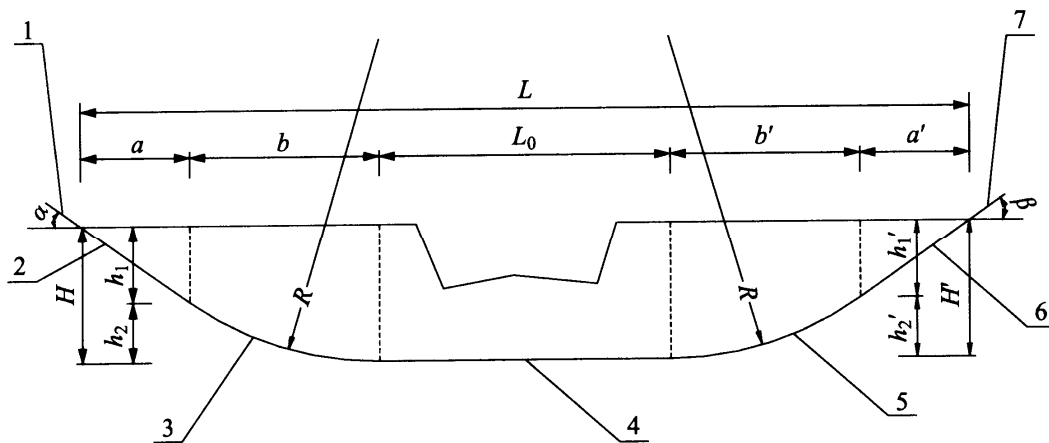


图 5.3.2 水平定向钻轨迹纵断面图

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）；  
 $L_0$  ——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）；  
 $h_1$  ——入土端斜直线段的高度（m）；  
 $h_2$  ——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）；  
 $h'_1$  ——出土端斜直线段的高度（m）；  
 $h'_2$  ——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）；  
 $\alpha$  ——入土角（°）；  
 $\beta$  ——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： $d_{zg}$  ——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）：

$$R \geq 250D_b, \text{ 且 } R \geq 1200d_{zg} \quad (5.3.3-2)$$

**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）。

**DL/T 5776 — 2018**

**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：

$$\alpha = 0^\circ \sim 20^\circ \quad (5.3.4-1)$$

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

2 套钢管的水平定向钻：

$$\alpha = 0^\circ \sim 15^\circ \quad (5.3.4-3)$$

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

**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：

$$p_s \leq F_d p_{yp} \quad (5.4.1-1)$$

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

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

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

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

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

$F_d$  ——设计系数，一般取 0.6；

**DL/T 5776 — 2018**

- $p_{yp}$  —— 钢管能承受的极限外压力 (MPa);
- $\sigma_s$  —— 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  $2.1 \times 10^5$ ;
- $\delta$  —— 钢管壁厚 (m);
- $D_{gw}$  —— 钢管外径 (m);
- $\mu$  —— 钢管泊松比, 取 0.3;
- $f_0$  —— 钢管椭圆度 (%)。

## DL/T 5776 — 2018

## 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等辅助设备。

## 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。

## DL/T 5776 — 2018

**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。

**DL/T 5776 — 2018**

- 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 $60^\circ$ ，且不应超过 $90^\circ$ 。
- 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。

## DL/T 5776 — 2018

# 7 验 收

## 7.1 管 材 验 收

**7.1.1** 管材进场后，应对管材进行外观检测，包括但不限于以下内容：

- 1 管材合格证、技术质量证明文件。
- 2 外观无缺陷、裂纹、弯曲、变形。
- 3 管材截面均匀，内壁光滑、无毛刺。

**7.1.2** 线缆保护管（MPP管、HDPE管或HPVC管等）熔接处的抗拉强度应符合现行有关标准的规定和设计要求。应现场对熔接接头取样并做抗拉强度检测。

**7.1.3** 钢管的焊接应按照《钢质管道焊接及验收》SYT 4103中的相关规定进行，焊接完成后，应现场对焊缝进行在线超声波检测，对于检测结果不满足要求的焊缝，要求切割并重新焊接。

**7.1.4** 钢管的防腐措施应符合现行有关标准的规定和设计要求。

## 7.2 管 线 验 收

**7.2.1** 竣工后的线缆保护管（MPP管、HDPE管或HPVC管等）应采用定径试通棒进行通管试验，试验时，宜采用尼龙绳牵引试通棒，严禁使用钢丝绳。

**7.2.2** 水平定向钻两端管口应进入工作井，长度宜不小于100mm。

**7.2.3** 工作井两端的穿缆保护管孔口应采用防火材料封堵，未穿缆保护管孔口应采用管塞或防火材料封堵。

**7.2.4** 倾角大于10%的保护管中，应在标高较高一端的工作井内

设置防止电缆滑动的构件。

**7.2.5** 两端工作井应设置标志，轨迹走向宜设置路面标志。

**7.2.6** 竣工后的线缆保护管（MPP管、HDPE管或HPVC管等）应采用定径试通棒进行通管试验。

**7.2.7** 竣工后应对已完成的定向钻管线的空间位置进行探测，并按《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61的要求执行。

### **7.3 竣工资料验收**

**7.3.1** 施工单位宜在工程投运前提供三维坐标测量图。

**7.3.2** 水平定向钻管线竣工图纸中使用的地形图比例尺、坐标系统和测绘精度等应符合《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61的要求。

**7.3.3** 水平定向钻管线点包括线路特征点和附属设施（电力进出口井）。附属设施应进行实地调查和量测有关参数，隐蔽管线点应采用物探方法或惯性陀螺仪探测其位置及埋深，对地下电力管线探测的所有管线点均应在地面设置明显标志。

## DL/T 5776 — 2018

## 附录 A 水平定向钻与建（构）筑物及地下 管线容许最小净距

**A.0.1** 水平定向钻终孔回扩孔与建（构）筑物及地下管线的距离选择，应验算水平定向钻施工对周边的影响，同时应满足安全施工的要求，且应符合相关规程规范的要求。当缺少相关资料时，也可按照表 A.0.1 的规定选取容许最小净距离。

**表 A.0.1-1 水平定向钻终孔回扩孔与建（构）筑物及地下  
管线容许最小净距离（m）**

建（构）筑物类型		平行	上部交叉	下部交叉
与电缆	10kV 以下电缆	1.0	1.0*	1.0*
	10kV 及以上电缆	2.0	1.0*	1.0*
与地下管沟	热力管沟	$2D_e$ ，且 $\geq 1.5$	1.0	$l_0$
	油管或易（可）燃气管道	2.0	1.0	$l_0$
	$\phi 200\text{mm}$ 以上其他管道	$2D_e$ ，且 $\geq 1.5$	1.0*	$l_0$
	$\phi 200\text{mm}$ 以下其他管道	1.0	1.0*	1.0
与铁路	非直流电气化铁路路轨	3	—	见表 A.0.1-2
	直流电气化铁路路轨	10	—	见表 A.0.1-2
与建筑物基础	在基础之上	1.5	—	—
	在基础之下	$D_e + h_0$ ，且 $\geq 1.5$ 应验算土体扰动影响	—	计算土体变形量后确定
与公路边		1**	—	见表 A.0.1-2
与河堤		30	—	见表 A.0.1-2
与排水沟		1**	—	—

续表 A.0.1-1

建（构）筑物类型	平行	上部交叉	下部交叉
与树木的主杆	1.0	—	—
与 1kV 以下架空线电杆	1.0	—	—
与 1kV 以上架空线杆塔基础	4.0**	—	—

注：1  $D_e$  为水平定向钻终孔回扩孔直径（m）。

2  $h_0$  为水平定向钻终孔回扩孔与建筑物基础的净高差（m）。

3 黏土地层： $l_0 = D_e$ ；粉土地层： $l_0 = 1.5D_e$ ；砂土地层： $l_0 = 2.0D_e$ 。

4 当平行或交叉发生在水平定向钻曲线段时，表中净距应加大 50%。

\* 用隔板分隔时不得小于 0.5m。

\*\* 特殊情况时，减小值不得大于 50%。

表 A.0.1-2 水平定向钻终孔回扩孔与道路河流交叉容许最小净距离（m）

道路类型	交叉容许最小净距离
城市道路	与路面垂直净距：>1.5
公路	与路面垂直净距：>1.8，路基坡脚地面以下：>1.2
高等级公路	与路面垂直净距：>2.5，路基坡脚地面以下：>1.5
铁路	路基坡脚地面以下：>5，路堑地形轨顶下：>3，零点断面轨顶下：>6
一级主河道	百年一遇最大冲刷深度以下：>3
二级河道	河床底最低标高以下：>3，且百年一遇最大冲刷深度以下：>2

## DL/T 5776 — 2018

## 附录 B 水平定向钻回拖力计算

**B.0.1** 不套钢管的水平定向钻回拖力宜按下列公式计算：

1 轨迹为水平直线，无水平或竖向弯曲：

$$T = f_h \omega_f L \quad (\text{B.0.1-1})$$

式中：\$T\$ ——水平定向钻回拖力（kN）；

\$f\_h\$ ——管材与孔壁摩擦系数，一般取 0.1~0.3；

\$\omega\_f\$ ——单位路径长度的管材所受净浮力（kN/m）；

\$L\$ ——水平定向钻路径长度（m）。

2 轨迹为全曲线，无直线段：

$$T = (f_h \omega_f L) e^{f_h \theta} \quad (\text{B.0.1-2})$$

$$\theta = \frac{\pi(\alpha + \beta)}{180^\circ} \quad (\text{B.0.1-3})$$

式中：\$\theta\$ ——管道弯曲角度（rad）。

3 轨迹既有曲线段，也有直线段：

$$T = f_h L \left| \frac{\pi D_b^2 \gamma_m}{4} - G_p \right| + \pi D_b L K \quad (\text{B.0.1-4})$$

式中：\$\gamma\_m\$ ——钻孔泥浆重力密度，一般取 1.15 kN/m<sup>3</sup>~1.20kN/m<sup>3</sup>；

\$G\_p\$ ——单位路径长度的多根线缆保护管（MPP 管、HDPE 管或 HPVC 管等）重力（kN/m）；

\$K\$ ——钻孔泥浆黏滞系数，一般取 0.01~0.03，黏性大时取大值，黏性小时取小值。

**B.0.2** 套钢管的水平定向钻，钢管回拖力宜按式（B.0.2）计算：

$$T = f_h L \left| \frac{\pi D_{gw}^2 \gamma_m}{4} - \left( \frac{D_{gw} + D_{gn}}{2} \right) \pi t \gamma_g - \omega_w \right| + \pi D_{gw} L K \quad (\text{B.0.2})$$



式中： $D_{\text{gw}}$ ——钢管外径（m）；  
 $D_{\text{gn}}$ ——钢管内径（m）；  
 $\gamma_{\text{g}}$ ——钢管重力密度，一般取  $78\text{kN/m}^3$ ；  
 $t$ ——钢管壁厚（m）；  
 $\omega_{\text{w}}$ ——进行浮力控制时单位长度钢管的配重量（kN/m），  
 不做配重时取  $\omega_{\text{w}} = 0$ 。

**B.0.3** 套钢管的水平定向钻，钢管内多根线缆保护管（MPP管、HDPE管或HPVC管等）回拖力可按式（B.0.3-1）计算：

$$T = (f_{\text{g}} G_{\text{p}} L) e^{f_{\text{h}} \theta} \quad (\text{B.0.3-1})$$

$$\theta = \frac{\pi(\alpha + \beta)}{180^\circ} \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中： $f_{\text{g}}$ ——线缆保护管（MPP管、HDPE管或HPVC管等）与钢管壁摩擦系数，可取 0.55。

## DL/T 5776 — 2018

## 附录 C 钻孔泥浆参数选择表

**C.0.1** 根据地层条件,宜按照表 C.0.1 选择合适参数的钻孔泥浆,孔径小时取小值,孔径大时取大值。

表 C.0.1 钻孔泥浆参数选择表

泥浆性能	地层条件				
	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 $G_{10s}/G_{10min}$ (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 值	9.5~11.5	9.5~11.5	9~11	9.5~11.5	9~11

## 附录 D MPP 管性能参数

**D.0.1** 水平定向钻选用的 MPP 管各项性能参数应符合表 D.0.1 的要求。同时应符合《电力电缆用导管技术条件 第 7 部分：非开挖用改性聚丙烯塑料电缆导管》DL/T 802.7 的要求。

表 D.0.1 水平定向钻选用的 MPP 管各项性能参数

序号	项 目	单位	要求	试验方法
1	内径允许偏差	mm	0~2.5	
2	壁厚允许偏差	mm	0~1.2	
3	密度	g/cm <sup>3</sup>	0.90~0.94	GB/T 1033.1
4	滑动摩擦系数		<0.35	GB/T 3960
5	拉伸强度 (23℃±2℃)	MPa	≥25.0	GB/T 1040.2
6	拉伸强度 (70℃±2℃)	MPa	≥18.0	GB/T 1040.2
7	热熔接头拉伸强度	MPa	≥22.5	GB/T 1040.2
8	弯曲强度	MPa	≥36.0	GB/T 9341
9	弯曲弹性模量	MPa	900~1200	GB/T 9341
10	扁平试验 (外径的 1/2)		不破裂	GB/T 9647
11	扁平试验 (外径的 1/2, -5℃)		不破裂	GB/T 9647
12	维卡软化温度 (10N, 50℃/h)	℃	≥150	GB/T 1633
13	最小允许弯曲半径	m	≤75D <sub>e</sub>	
14	落锤冲击试验		9/10 不破裂	GB/T 14152
15	材质定性			ASTM E168
16	断裂伸长率		≥400%	
17	环刚度 (3%) (常温)	kPa	SN24 等级 ≥24 SN32 等级 ≥32 SN40 等级 ≥40	DL/T 802.1

## DL/T 5776 — 2018

## 附录 E HDPE 管性能参数

**E.0.1** 水平定向钻选用的 HDPE 管各项性能参数应符合表 E.0.1 的要求。

**表 E.0.1** 水平定向钻选用的 HDPE 管各项性能参数

序号	项 目	单位	要求	试验方法
1	内径允许偏差	mm	0~2.9	
2	壁厚允许偏差	mm	0~1.8	
3	密度	g/cm <sup>3</sup>	>0.94	GB/T 1033.1
4	滑动摩擦系数		<0.35	GB/T 3960
5	拉伸强度 (23℃±2℃)	MPa	≥20.0	GB/T 1040.2
6	拉伸强度 (70℃±2℃)	MPa	≥15.0	GB/T 1040.2
7	热熔接接头拉伸强度	MPa	≥20.0	GB/T 1040.2
8	弯曲强度	MPa	≥30.0	GB/T 9341
9	弯曲弹性模量	MPa	>900	GB/T 9341
10	扁平试验 (外径的 1/2)		不破裂	GB/T 9647
11	扁平试验 (外径的 1/2, -5℃)		不破裂	GB/T 9647
12	维卡软化温度 (10N, 50℃/h)	℃	≥120	GB/T 1633
13	最小允许弯曲半径	m	≤75D <sub>e</sub>	
14	落锤冲击试验		9/10 不破裂	GB/T 14152
15	材质定性			ASTM E168
16	断裂伸长率		≥350%	
17	环刚度 (3%) (常温)	kPa	SN8 等级 ≥8 SN16 等级 ≥16 SN32 等级 ≥32	DL/T 802.1

## 附录 F HPVC 管性能参数

**F.0.1** 水平定向钻选用的 HPVC 管各项性能参数应符合表 F.0.1 的要求。

表 F.0.1 水平定向钻选用的 HPVC 管各项性能参数

序号	项 目	单位	要求	试验方法
1	内径允许偏差	mm	0~2.0	
2	壁厚允许偏差	mm	0~0.8	
3	密度	g/cm <sup>3</sup>	≥1.50	GB/T 1033.1
4	滑动摩擦系数		<0.35	GB/T 3960
5	拉伸强度 (23℃±2℃)	MPa	≥45.0	GB/T 1040.2
6	拉伸强度 (70℃±2℃)	MPa	≥35.0	GB/T 1040.2
7	热熔接头拉伸强度	MPa	≥45.0	GB/T 1040.2
8	弯曲强度	MPa	≥38.0	GB/T 9341
9	弯曲弹性模量	MPa	>1200	GB/T 9341
10	扁平试验 (外径的 1/2)		不破裂	GB/T 9647
11	扁平试验 (外径的 1/2, -5℃)		不破裂	GB/T 9647
12	维卡软化温度 (10N, 50℃/h)	℃	≥95	GB/T 1633
13	最小允许弯曲半径	m	≤75D <sub>e</sub>	
14	落锤冲击试验		9/10 不破裂	GB/T 14152
15	材质定性			ASTM E168
16	断裂伸长率		≥120%	
17	环刚度 (3%) (常温)	kPa	SN24 等级 ≥24 SN32 等级 ≥32 SN40 等级 ≥40	DL/T 802.1

## DL/T 5776 — 2018

附录 G 水平定向钻施工对附近土体  
产生的应力计算

**G.0.1** 假设土体为各向同性弹性半无限体（见图 G.0.1），水平定向钻施工过程中，土体中任意一点  $(x, y, z)$  在  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴方向上的位移分量宜按下列公式计算：

$$u_x = \frac{p}{16\pi G(1-\mu)} \left\{ \frac{3-4\mu}{M} + \frac{1}{N} + \frac{x^2}{M^3} + \frac{(3-4\mu)x^2}{N^3} + \frac{2hz}{N^3} \left( 1 - \frac{3x^2}{N^2} \right) + \frac{4(1-\mu)(1-2\mu)}{N+z+h} \left[ 1 - \frac{x^2}{N(N+z+h)} \right] \right\} \quad (\text{G.0.1-1})$$

$$u_y = \frac{pxy}{16\pi G(1-\mu)} \left[ \frac{1}{M^3} + \frac{3-4\mu}{N^3} - \frac{6hz}{N^5} - \frac{4(1-\mu)(1-2\mu)}{N(N+z+h)^2} \right] \quad (\text{G.0.1-2})$$

$$u_z = \frac{px}{16\pi G(1-\mu)} \left[ \frac{z-h}{M^3} + \frac{(3-4\mu)(z-h)}{N^3} - \frac{6hz(z+h)}{N^5} + \frac{4(1-\mu)(1-2\mu)}{N(N+z+h)} \right] \quad (\text{G.0.1-3})$$

$$M = \sqrt{x^2 + y^2 + (z-h)^2} \quad (\text{G.0.1-4})$$

$$N = \sqrt{x^2 + y^2 + (z+h)^2} \quad (\text{G.0.1-5})$$

$$G = \frac{(1-2\mu K_0)E_{s0}}{2(1+\mu)} \quad (\text{G.0.1-6})$$

式中： $u_x$  ——  $(x, y, z)$  点在  $x$  轴方向上的位移分量（m）；

- $u_y$  ——  $(x, y, z)$  点在  $y$  轴方向上的位移分量 (m);  
 $u_z$  ——  $(x, y, z)$  点在  $z$  轴方向上的位移分量 (m);  
 $h$  —— 水平定向钻钻头深度 (m);  
 $p$  —— 钻杆的拉力 (或推力) (kN);  
 $\mu$  —— 土体泊松比, 砂土取 0.30~0.35, 粉土取 0.35~0.40, 粉质黏土取 0.40~0.45, 黏土取 0.45~0.50;  
 $G$  —— 土体剪切弹性模量 (MPa);  
 $E_{s0}$  —— 土体压缩模量 (MPa);  
 $K_0$  —— 静止土压力系数。

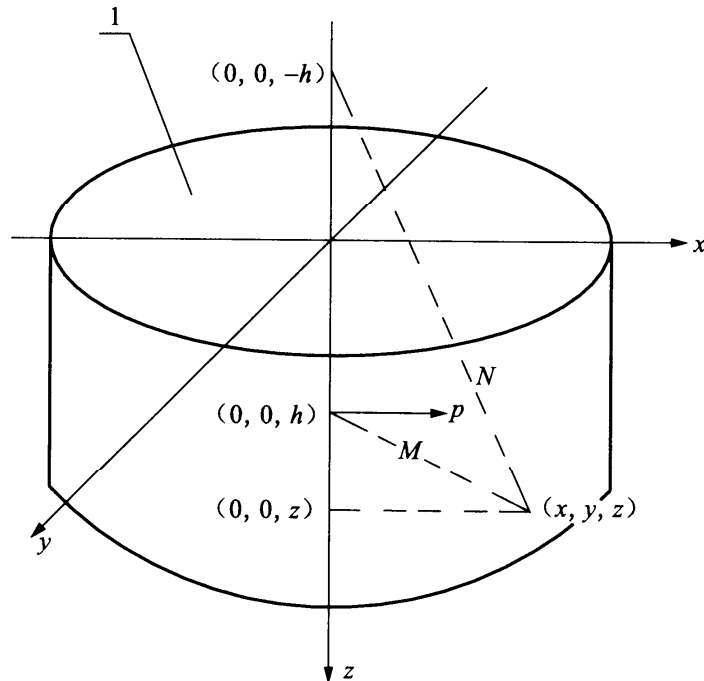


图 G.0.1 弹性半无限体示意图

1—地面 ( $z=0$ )

**G.0.2** 土体中任意一点  $(x, y, z)$  在  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴方向上的应力分量 (压为正, 拉为负) 宜按下列公式计算:

## DL/T 5776 — 2018

$$\sigma_x = \frac{px}{8\pi(1-\mu)} \left\{ \frac{1-2\mu}{M^3} - \frac{(1-2\mu)(5-4\mu)}{N^3} + \frac{3x^2}{M^5} + \frac{3(3-4\mu)x^2}{N^5} + \frac{4(1-\mu)(1-2\mu)}{N(N+z+h)^2} \right. \\ \left. \cdot \left[ 3 - \frac{x^2(3N+z+h)}{N^2(N+z+h)} \right] - \frac{6h}{N^5} \left[ 3h - (3-2\mu)(z+h) + \frac{5x^2z}{N^2} \right] \right\} \quad (\text{G.0.2-1})$$

$$\sigma_y = \frac{px}{8\pi(1-\mu)} \left\{ \frac{-1+2\mu}{M^3} - \frac{(1-2\mu)(3-4\mu)}{N^3} + \frac{3y^2}{M^5} + \frac{3(3-4\mu)y^2}{N^5} \right. \\ \left. + \frac{4(1-\mu)(1-2\mu)}{N(N+z+h)^2} \left[ 1 - \frac{y^2(3N+z+h)}{N^2(N+z+h)} \right] \right. \\ \left. - \frac{6h}{N^5} \left[ 3h - (1-2\mu)(z+h) + \frac{5y^2z}{N^2} \right] \right\} \quad (\text{G.0.2-2})$$

$$\sigma_z = \frac{px}{8\pi(1-\mu)} \left\{ \frac{-1+2\mu}{M^3} - \frac{1-2\mu}{N^3} + \frac{3(z-h)^2}{M^5} + \frac{3(3-4\mu)(z+h)^2}{N^5} - \frac{6h}{N^5} \right. \\ \left. \cdot \left[ h + (1-2\mu)(z+h) + \frac{5(z+h)^2z}{N^2} \right] \right\} \quad (\text{G.0.2-3})$$

式中： $\sigma_x$ —— $(x, y, z)$  点在  $x$  轴方向上的应力分量 (MPa)；  
 $\sigma_y$ —— $(x, y, z)$  点在  $y$  轴方向上的应力分量 (MPa)；  
 $\sigma_z$ —— $(x, y, z)$  点在  $z$  轴方向上的应力分量 (MPa)。

**G.0.3** 对于多层土体，宜换算成等效均质土体，再按 G.0.1、G.0.2 计算。等效均质土体的剪切弹性模量宜取各土层剪切弹性模量的加权平均值。



## 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

**H.0.1** 黏性土层中水平定向钻扩孔、清孔施工产生的土体损失引起的地面沉降曲线（见图 H.0.1），宜按下列公式计算：

$$s(x) = s_{\max} e^{-\frac{x^2}{2i^2}} \quad (\text{H.0.1-1})$$

$$s_{\max} = \frac{V_{\text{loss}}}{i\sqrt{2\pi}} \quad (\text{H.0.1-2})$$

$$i = \frac{h}{\sqrt{2\pi} \tan(45^\circ - \varphi/2)} \quad (\text{H.0.1-3})$$

$$V_{\text{loss}} = \frac{1}{4} \eta \pi D_z^2 \quad (\text{H.0.1-4})$$

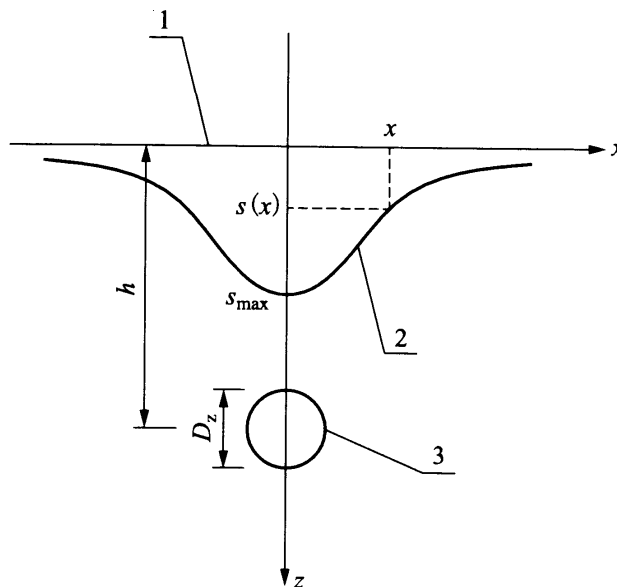


图 H.0.1 地面横向沉降

1—地面 ( $z=0$ )；2—沉降曲线；3—回扩孔

**DL/T 5776 — 2018**

式中： $s(x)$ ——地面沉降量（m）；

$s_{\max}$ ——轴线上方最大地面沉降量（m）；

$x$ ——地面计算沉降点距离轴线的横向水平距离（m）；

$V_{\text{loss}}$ ——单位长度土体损失量（ $\text{m}^3/\text{m}$ ）；

$i$ ——地面沉降槽宽度系数（m）；

$h$ ——回扩孔中心距离地面的深度（m）；

$\varphi$ ——土体内摩擦角（°），对于多层土体，取加权平均值；

$\eta$ ——土体损失百分率，对于黏性土取值为0.5%~2.5%；

$D_z$ ——终孔回扩孔直径（m）。

**H.0.2** 土体损失引起的地面竖向附加应力宜按式（H.0.2）计算：

$$\sigma_{z1} = -\frac{1.2E_0}{B(1-\mu^2)}s(x) \quad (\text{H.0.2})$$

式中： $E_0$ ——土体变形模量（MPa）；

$B$ ——基础宽度（m）；

$\mu$ ——土体泊松比，黏土取0.45~0.50。

## 本标准用词说明

**1** 为了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,非这样做不可的用词:  
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用词:  
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用词:  
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用词,采用“可”。

**2** 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

**DL/T 5776 — 2018**

## 引用标准名录

- 建筑抗震设计规范 GB 50011—2010
- 岩土工程勘察规范（2009年版）GB 50021—2001
- 工程测量规范 GB 50026—2007
- 电力工程电缆设计规范 GB 50217—2007
- 结构用无缝钢管 GB/T 8162
- 城市测量规范 CJJ /T 8—2011
- 城市地下管线探测技术规程 CJJ 61
- 非开挖敷设用高密度聚乙烯排水管 CJ/T 358
- 电力电缆用导管技术条件 第7部分：非开挖用改性聚丙烯塑料电缆导管 DL/T 802.7—2010
- 城市电力电缆线路设计技术规定 DL/T 5221
- 水平定向钻法管道穿越工程技术规程 CECS： 382—2014

# 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

**DL/T 5776—2018**

条文说明

**DL/T 5776 — 2018****目 次**

1	总则	41
2	术语	42
3	基本规定	43
3.1	一般规定	43
3.2	路径选择	43
3.3	管材	44
4	勘察	47
4.1	勘察内容	47
4.2	附近建（构）筑物及地下管线探测	47
4.3	地质水文勘探	47
5	设计	49
5.1	设计内容	49
5.2	横断面设计	49
5.3	纵断面设计	50
5.4	钢管计算	51
6	施工	52
6.1	踏勘及管线复核	52
6.2	机械设备	52
6.3	钻孔施工	53
6.4	管线铺设	54
7	验收	56
7.1	管材验收	56
7.2	管线验收	56
7.3	竣工资料验收	56

## 1 总 则

**1.0.1** 水平定向钻在电力电缆建设工程中的应用非常广泛，但因为缺乏相应的规程规范，造成实际施工质量良莠不齐，且浪费了宝贵的地下空间资源。因此很有必要制定行业标准，规范其应用。

**1.0.2** 将采用水平定向钻方式的电力电缆管线建设工程划分为勘察、设计、施工、验收四个建设阶段。

**1.0.4** 水平定向钻的设计，尚应遵循电力电缆规范，如验算电缆的牵引力、侧压力和转弯半径等。

## DL/T 5776 — 2018

### 2 术 语

**2.0.1~2.0.6** 术语统一遵循中国非开挖技术协会制定的行业称谓。

**2.0.7** 沿用《电力电缆用导管技术条件 第7部分：非开挖用改性聚丙烯塑料电缆导管》DL/T 802.7—2010 的定义。

**2.0.8** 借鉴《非开挖敷设用高密度聚乙烯排水管》CJ/T 358 的定义。

**2.0.9** HPVC 管是近年来出现的新型管材，具有优良的物理力学性能，可应用在水平定向钻工程中。



## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 地质勘查和物探是设计的前提，是保障技术方案可行、施工安全、环境保护的基础条件。长距离水平定向钻是指单条钻进长度超过 500m 的水平定向钻工程，在电力电缆工程中，长度超过 500m 的水平定向钻，根据回拖力和环刚度的要求，一般都需要外套钢管，其施工特点、技术要求都与单纯的塑料管材的水平定向钻不同，因此，应做专题研究。

**3.1.2** 以防现场管线及障碍物情况与图纸不符，降低施工风险。

**3.1.3** 小型水平定向钻机常用的导向设备是手提步履式导向仪，施工实践表明，环境电磁场对手提步履式导向仪影响较大，尤其是场地附近有高压架空线时，干扰更明显。因此，在电磁干扰较强的场地，要求采用有缆式导向仪。

### 3.2 路径选择

**3.2.1** 本条是路径设计的原则。

1 尽量减少对堤坝、河床、航道的影响。

6 附录 A 是正常状态下的容许最小净距离，当施工经验不足或场地、设备条件限制时应增加间距。

**3.2.2** 本条是路径设计的原则。

1 在风化岩层或强胶结地层中宜选用耐热合金钻头。

2 1) 普通状态下易塌孔，可通过修改泥浆配比的方式处理。

2) 可通过使用特制泥浆的方式处理，局部地段的处理方式也可采用黏土置换。

## DL/T 5776 — 2018

3) 应选用耐热合金钻头, 且施工进度较慢。

3 如果选择在这些土层中施工, 成本较高, 进度较慢, 且成功率很低。

1)、2) 易塌孔, 修改泥浆配比的方式已不能奏效。

3) 钻杆易偏转, 因而轨迹偏离较多, 甚至会造成钻杆折断, 施工失败。

**3.2.3** 施工经验证明, 松散砂砾层深度在 5m 以内时, 采用开挖方式或者置换黏性土方式处理比较经济合理; 深度超过 5m 时, 开挖或者置换方式的成本较高, 需做深基坑支护等, 因此, 采用套管方式处理比较经济合理。

**3.2.4** 水平定向钻穿越的入土点附近为设备场地, 应有足够的工作面积来安置设备设施, 如钻机、钻杆、操作间、泥浆泵、泥浆搅拌机、泥浆净化器、泥浆池、挖掘机、吊车等。水平定向钻穿越的出土点附近为管道场地, 应有足够的工作尺寸(尤其是长度)用来熔(焊)接管道。入土点、出土点不宜选择在建(构)筑物附近, 是因为入土点、出土点孔道埋深较浅, 对周边的沉降影响较大。

### 3.3 管 材

**3.3.1** 本条是对水平定向钻管材的原则性要求。

1 多根管一起回拖时, 拉力往往不是平均分布的, 因此公式中引入不均匀系数。

2 环刚度是选择管材材质和截面尺寸的重要参数, 当管材的环刚度达不到要求时, 会造成管材截面被压扁, 不适宜敷设电缆。

**3.3.2** 本条列举了各种常用管材的适用范围。

1 MPP 管是目前水平定向钻工程实践中应用最多的管材, 抗拉强度和环刚度都比较高, 长度在 500m 以内的水平定向钻工程均适用。

2 HDPE 管在给排水和燃气行业应用较多, 电力工程中也有

应用，其抗拉强度和环刚度均比 MPP 管低，适用于长度在 300m 以内的水平定向钻工程。

3 HPVC 管是近年来出现的新型管材，环刚度比 MPP 管还高，刚度较大，容许转弯半径较大。

4 长距离水平定向钻工程中，当塑料导管的环刚度不能满足要求时，可采用外套大钢管的方式。钢管多采用螺旋钢管，即采用一定厚度的钢板先卷成圆筒，再螺旋焊接成型，最后调校成圆形截面；也可采用成品的有缝或无缝钢管。

5 早期的电力电缆水平定向钻工程中曾使用过 PVC-C 管，其性能也能满足要求，只是随着 MPP 管、HPVC 管等新型管材的出现，其性能和价格相比之下没有优势，渐渐被替代。

### 3.3.3 钢管较常用的防腐涂层有 3PE 防腐和 3PP 防腐。

3PE 防腐，即聚乙烯三层结构防护层，是近几年从国外引进的先进的防腐技术。它的全称为熔结环氧/挤塑聚乙烯结构防护层，结构由以下三层组成：底层为熔结环氧（ $60\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$ ）；中间层为胶黏剂（ $170\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$ ）；面层为挤塑聚乙烯（约 2mm）。防护层总厚度大于  $2.2\text{mm}\sim 2.9\text{mm}$ 。在三层结构中，环氧底漆的主要作用是：形成连续的涂膜，与钢管表面直接黏结，具有很好的耐化学腐蚀性和抗阴极剥离性能；与中间层胶黏剂的活性基团反应形成化学黏结，保证整体防腐层在较高温度下具有良好的黏结性。中间层通常为共聚物胶黏剂，其主要成分是聚烯烃，目前广泛采用的是乙烯基共聚物胶黏剂。共聚物胶黏剂的极性部分官能团与环氧底漆的环氧基团可以反应生成氢键或化学键，使中间层与底层形成良好的黏结；而非极性的乙烯部分与面层聚乙烯具有很好的亲和作用，所以中间层与面层也具有很好的黏结性能。聚乙烯面层的主要作用是起机械保护与防腐作用，与传统的二层结构聚乙烯防腐层具有同样的作用。三层结构聚乙烯防腐层综合了环氧涂层和挤压聚乙烯两种防腐层的优良性质，将环氧涂层的界面特性和耐化学特性，与挤压聚乙烯防腐层的机械保护特性等

## DL/T 5776 — 2018

优点结合起来，从而显著改善了各自的性能。

3PP 防腐，即管道三层 PP 防腐结构：第一层环氧粉末（FBE $50\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ ），第二层胶黏剂（AD） $250\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$ ，第三层聚丙烯（PP） $1.4\text{mm}\sim 4.0\text{mm}$ 。三种材料融为一体，并与钢管牢固结合形成优良的防腐层，防腐层使用温度可达  $110^{\circ}\text{C}$ 。

我国多数大型管道防腐采用的是 3PE 涂层，3PP 与 3PE 涂层同属于多层涂层体系，由底层环氧粉末、中间层胶黏剂和外层 PP（聚丙烯）夹克构成。PP 与 PE 加工性能近似，使用 3PE 作业线完全能够生产出 3PP 涂层，不需要另建专门的 3PP 涂层作业线。但 PP 与 PE 材料本身性能的差异，又使 3PP 与 3PE 涂层表现出不尽相同的性能，从而适用于不同的环境。3PP 涂层在某些性能上的优势（如耐高温、硬度高不易被划伤），使它能够在 3PE 涂层不可作为的领域发挥作用。

## 4 勘 察

### 4.1 勘 察 内 容

**4.1.2** 长度超过 300m 时，受导向钻孔推进力、回拖力、扭矩限制，普通的小型水平定向钻机已不能满足施工要求，应选择中型或大型钻机。故以 300m 长度为界限。

**4.1.4** 选线（或可行性研究）设计阶段，引路金存在变化的可能性，故地质勘察以收集资料为主。

### 4.2 附近建（构）筑物及地下管线探测

**4.2.1** 工程实践表明，路径边线两侧各 50m 范围内的地上 10kV 及以上架空电力线路对无缆随钻系统的钻机干扰较大，影响施工精度。

**4.2.2** 对于桩群，应查明桩长、桩径、桩型、平面布置等信息，以判断水平定向钻能否从桩群间隙中穿越。

**4.2.3** 实际工程建设中，规划部门批复的城市电力电缆路径宽度往往很有限，但为了充分了解周边地下环境，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，应增加探测宽度，以便水平定向钻路径做适当微调。

**4.2.4** 本条参照《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的规定。

### 4.3 地 质 水 文 勘 探

**4.3.1** 勘探线应选择合适位置，既能较准确反映拟穿越路径下的地质情况，又能避免勘探孔对水平定向钻施工造成影响。水中勘探如果在拟穿越路径上钻孔，封孔措施很难做到与原状土一致，

## **DL/T 5776 — 2018**

在水平定向钻施工时，高压泥浆会从空隙中冒出，影响施工结果。

**4.3.3** 勘探孔如不妥善回填，可能造成对自然环境的破坏，这种破坏在短期内或局部范围内不易察觉，但会引起严重后果，因此，应及时采用水泥砂浆回填封堵密实。

**4.3.6** 当抗震设防烈度大于或等于 7 度时，应判别场地地震液化情况。如存在场地地震液化，应进一步判别，深度至 20m。对判别液化而布置的勘探点不应少于 3 个，勘探孔深度应大于 20m。

**4.3.7** 特殊性岩土包括湿陷性土、红黏土、软土、混合土、填土、多年冻土、膨胀岩土、盐渍岩土、风化岩、残积土、污染土等。

## 5 设计

### 5.1 设计内容

**5.1.1** 前期的勘察成果是设计的输入条件，必不可少。避让距离详见附录 A。

**5.1.2** 施工图宜包含但不限于如下内容：

- 1 工程概况。
- 2 岩土工程详细勘察报告。
- 3 水平定向钻平面路径图。
- 4 水平定向钻纵断面图（含地上、地下障碍物，地表曲线，河床线，长度及高度标注等）。
- 5 水平定向钻横断面图。
- 6 提出最大回拖力，可按附录 B 计算，也可参照已建工程取值。
- 7 管材类型、规格、数量及管材技术参数。
- 8 施工要求及注意事项。
- 9 对于复杂地层或地下管线繁杂地段的技术措施。
- 10 复杂地层或长度超过 300m 的水平定向钻纵断面图，含各钻探孔的连线地质分层图。
- 11 对于长度超过 300m 的水平定向钻工程，应包括最大回拖力的计算，对水平定向钻机设备的参数要求（含最大输出拉力、扭矩、钻杆参数、钻头形式、扩孔器形式等）。

### 5.2 横断面设计

**5.2.1~5.2.2** 一个回扩孔内，铺设 7 根线缆保护管，横截面上恰

## DL / T 5776 — 2018

好形成紧密的“蜂巢形”，便于绑扎固定，不宜错位。如果管数再多，回拖施工中容易交错扭转，不建议采用，且管数太多，相应的回扩孔直径也较大，增加了施工难度。

**5.2.4** 当  $D_b > 0.5$  时，只需满足  $D_n \geq D_b + 0.25$  即可，能保证多根塑料导管的顺利回拖，不会造成大的浪费。

**5.2.5** 同时要求  $D_z \geq d_w + 0.2$ ，是因为塑料导管回拖时，如果与钢管的间隙小于 0.2m（相当于单边 0.1m），会形成周边多点接触，摩擦力显著增加，同时会对塑料导管造成较大磨损。

**5.2.6~5.2.7** 终孔回扩孔直径取决于管材（束）包络外径、管材（束）曲率半径、钻杆长度、钻杆曲率半径、地层属性等。终孔回扩孔直径与管材（束）包络外径之间的间隙关系到扩孔工作量及拖管的阻力，终孔回扩孔直径过小会造成拖管阻力加大，甚至引起管材变形；终孔回扩孔直径过大会增加扩孔施工工程量，且容易影响地表的变形。

**5.2.8** 不同期施工的相邻两条回扩孔之间净距离应满足附录 A 的要求。

### 5.3 纵断面设计

**5.3.1** 理想模型的水平定向钻纵断面轨迹由入土端斜直线段、入土端曲线段、水平直线段、出土端曲线段、出土端斜直线段 5 段组成，但受现场实际条件限制，有些水平定向钻纵断面轨迹由这 5 段中的一段或几段组成。

该模型的特点是一端为入土点另一端为出土点，入土点和出土点分开。近年来，随着工程技术的发展，对于长度超过 1500m 的水平定向钻工程，出现了比较先进的“对穿”技术，将两台钻机分别放置于路径两端，同时进行导向孔钻进，在到达对接区时进行导向孔对接，成功对接后，一端的钻机缓慢回退拔出钻杆，另一端的钻机在其牵引下，沿着已完成的导向孔轨迹继续前进，直至钻杆出土，从而完成整个导向孔施工作业。电力电缆工程中，



受电缆盘长限制，1500m 以上的水平定向钻工程难出现，故本标准对此技术不做特别说明。

**5.3.2** 该模型中，将钻杆视为理想弹性杆件，导向孔钻进轨迹拟合为平滑连接的直线段和弧线段，各参数的换算关系可按本条计算。

**5.3.3** 曲率半径  $R$  既跟拟回拖的管材材质、数量、断面尺寸有关，也跟施工选择的钻杆直径、弹性模量有关。

**5.3.4** 对于外套钢管的水平定向钻工程，因其曲率半径  $R$  较大，相同的路径长度，其“抬头”幅度较小，因此，其入土角  $\alpha$ 、出土角  $\beta$  的范围相应较小。

**5.3.6** 水平定向钻的轨迹设计应通盘考虑，不能仅考虑管材的参数。如同一盘电缆，若设计多段水平定向钻，其轨迹曲线起伏较多，会显著增加电缆的牵引力和侧压力。

## 5.4 钢管计算

**5.4.1** 在油气输送管道的水平定向钻穿越工程中，曾经发生过钢管在外压作用下的径向屈曲失稳。因此，在大直径长距离的钢管水平定向钻穿越工程中，必须验算钢管的径向屈曲稳定。本条公式选用铁摩辛柯著的《材料力学》中的公式，经核算，其综合安全系数略高于《海底管道系统规范》SY/T 10037 的安全系数。其中式（5.4.1-5）为勃莱斯公式。

钢管除满足径向屈曲失稳验算外，还应满足抗拉强度、环刚度、抗腐蚀速率等要求。电力电缆工程中，因外套钢管的直径选择幅度较小，因此，从抗拉强度、环刚度、抗腐蚀速率等方面考虑，钢管壁厚与外径的比值宜为 1/60~1/30，钢管外径大时取小值，钢管外径小时取大值。

## DL/T 5776 — 2018

# 6 施 工

## 6.1 踏勘及管线复核

**6.1.1~6.1.2** 按照工程建设的特点,从勘察设计阶段到施工阶段,中间往往有一段或长或短的时间差,而市政建设日新月异,不能排除在此时间差内有新建的地上地下设施、管线的可能。因此,施工前的踏勘复核非常有必要。

踏勘复核内容包括但不限于地下沟渠,明显标识的地下通信电缆、光缆,道路上的水泥补块下是否存在管线,路灯、信号灯的电缆走向,检查井盖板,水或煤气的阀门,地形坡度等。

## 6.2 机 械 设 备

**6.2.1** 水平定向钻机的基本功能为:实现回转、给进和回拉、喷射泥浆、钻机水平角度调整及其他附属功能。按照型号、功能的不同,其他附属功能包括自行机动性、重物起吊、自动拧卸钻杆、冲洗钻杆、定位等。

回转机构是钻机的主要执行部件之一,功能是带动钻杆、钻头旋转,同时完成对岩土层的切削。主要技术指标是扭矩和速度。

给进和回拉机构也是钻机的主要执行部件之一,功能是带动回转机构和钻具前进或后退。主要技术指标是推进力(或回拉力)和速度。

钻机的主要参数有拉力、扭矩、发动机持续功率等。

**6.2.2** 钻杆是地面钻机与孔内钻具的唯一动力传递构件,实现传递给进力、回转扭矩、反向扩孔和铺管时的回拉力等作用。另外,作为泥浆传递的通道,向孔内钻具输送钻进泥浆、压缩空气等。

因此，钻杆应具有高强度、高弹性、耐高压等基本特性。

**6.2.3** 导向孔钻头通常带有一个斜面的钻头和放置信号发射器的腔体，钻头腔内安置有一个发射器。当钻头向前推进时，发射器发射出来的信号被地表接收器所接收和追踪，因此可以监视方向、深度和其他参数。

导向孔钻头匀速回转钻进时，在钻进推力作用下，土层作用在造斜面上的反力的方向也沿圆周做均匀变化，钻进的效果是直线钻进。

当导向孔钻头只给进不回转时，只有推力的作用，反力作用方向不改变，与此同时，水射流也只冲蚀该方向上的土层，因此，钻头将朝该方向前进，实现造斜钻进。钻杆在直线段和斜线段连接时，在周边土层侧压力约束和钻杆弹性变形作用下，钻进的效果是曲线钻进。

扩孔施工直接关系到铺管的成败，扩孔时的钻具组合包括钻杆、扩孔钻头、旋转接头和回拉钻杆等。

## 6.3 钻孔施工

**6.3.1** 选择的水平定向钻机的最大输出拉力不应小于附录 D 计算的最大回拖力的 1.5 倍，是因为考虑施工中的不确定因素，便于施工的顺利进行。不宜大于 3 倍，是因为太大会造成不必要的浪费。

**6.3.2** 导向系统是导向钻进的测量引导系统，能测量导向钻头地下位置、深度、钻头的俯仰角、导向钻具面角、温度等参数，使操作人员能及时、准确掌握导向钻头的工作情况，便于及时调整纠偏，保证导向施工的精确进行。

按照地下信号传递到地面的方式，导向系统可分为无缆式（又称步履式）导向系统和有缆式导向系统。

无缆式导向系统是采用电磁波等方式发射信息，可以直接探测到所有地下信号，操作便利。缺点是信号传递的距离有限，穿越水道等场地操作不便，且易受环境磁场干扰。

## DL/T 5776 — 2018

有缆式导向系统是采用电缆传递信息，其信号传输抗干扰能力强，不受距离限制。缺点是钻头的位置和深度需要计算得出，不能直接探得。

**6.3.4** 当现场确实需要中断施工时，应向孔内定时补充新泥浆，并转动钻杆，防止泥浆固结。

**6.3.10** 各级扩孔钻头在扩孔时，破碎岩石的截面积与扭矩近似成正比，因此理想的扩孔等级是每级破碎岩石的截面积相等，这样每级的扭矩差不多大小，能充分利用钻机、钻杆的机械性能。

**6.3.11** 施工过程中出现小范围塌孔时，宜提高泥浆的黏度和密度，将坍塌的碎屑循环洗出；施工过程中出现大范围严重塌孔时，除提高泥浆的黏度和密度外，还宜更换大水眼的钻头，提高泥浆的泵压和流量，将坍塌的碎屑循环洗出。

### 6.4 管线铺设

**6.4.1** 回扩孔内充满泥浆回拖作业如果不是连续进行，一旦泥浆产生凝结，会显著增加拖管阻力。

**6.4.2** 开挖发送沟或设置托架能显著减少拖管阻力，减轻管（束）变形，降低施工风险。

**6.4.3** 回拖施工应采用万向接头，减少管束的扭转。同时管束应绑扎，避免管束交叉错位。

**6.4.4~6.4.6** 两端的管口位置应调整一致，不能出现错位甚至交叉。主要原因是：①管位扭转、错位、交叉会影响电缆的电气性能；②若管位出现扭转、错位、交叉，先敷设的电缆会对后敷设的电缆造成较大的施工障碍。

**6.4.7** 两端采取混凝土包封有三个作用：①固定管口位置，避免发生管口二次错位；②限制管材的纵向滑移伸缩变形；③两端的位置是埋深最浅的位置，采取混凝土包封能在一定程度上起到防止外力破坏的作用。

**6.4.8** 管口的封堵应引起足够的重视，工程实例表明，因封堵不

## DL/T 5776 — 2018

完善造成管内泥沙淤积，后期的通管处理费时长且造价高。

**6.4.9** 管内放置钢丝绳是方便后期的电缆敷设施工，尤其是土建一次建成的多期工程，如果没有事先放置钢丝绳，后期再放置钢丝绳的难度较大且有安全隐患。

## DL/T 5776 — 2018

# 7 验 收

## 7.1 管 材 验 收

**7.1.1** 目前市场上的管材种类繁多，质量也参差不齐，管材的质量直接决定工程的质量，因此，管材的检测应多方参与、多种检测。

**7.1.2** 塑料管材的熔接质量取决于熔接温度、压力、压紧时间等因素，现场施工控制不好会造成强度不够，工程中管材断裂变形绝大部分都发生在管段熔接处。

## 7.2 管 线 验 收

**7.2.1** 铺设好的电缆导管横截面应有足够的圆度，满足电缆敷设的通过要求。通管试验采用的定径试通棒直径不应小于电缆外径的 1.2 倍。严禁使用钢丝绳牵引试通棒，以免钢丝绳刮伤电缆导管内表面进而产生毛刺损伤电缆。

**7.2.2** 水平定向钻两端管口应进入工作井，以防环境扰动造成管段从井内滑脱。长度宜不少于 100mm，但也不宜过长，一般控制在 300mm 以内，以免减少工作井有效长度。

**7.2.3** 预留导管的封堵如果处理不到位，泥沙淤积造成堵塞，会给后期的电缆敷设带来较大困难。

## 7.3 竣 工 资 料 验 收

**7.3.1** 因现场地层的差异，或施工经验的差异，往往会出现实际水平定向钻轨迹与设计图纸存在差异，因此，有条件的地方，应在竣工后实测水平定向钻的各项参数。

**7.3.2** 进行带状地下电力管线探测时，宜使用带状地形图，比例

尺宜与基本比例尺地形图一致,图幅设计应与管线走向协调一致,编号以总带状图幅数为分母,某条带状图为分子的分式表示。

水平定向钻管线竣工图纸的平、断面图宜采用地方平面坐标系、1985 国家高程基准系统,且地方平面坐标系应与国家平面坐标系建立联系。特殊测区采用其他坐标和高程系统时,应与地方平面坐标系、1985 国家高程基准系统建立转换关系。

水平定向钻管线竣工测绘精度应满足以下要求:

**1** 水平定向钻管线中心线平面位置限差应为  $0.10h$ ,埋深限差应为  $0.15h$ 。其中  $h$  为被探测地下水平定向钻管线的中心埋深,当  $h$  小于 1m 时以 1m 代入计算。

**2** 水平定向钻管线平面位置中误差不大于  $\pm 50\text{mm}$  (相对于邻近控制点),高程测量中误差不得大于  $\pm 30\text{mm}$  (相对于邻近控制点)。

**3** 水平定向钻管线图绘图精度要求,地下水平定向钻电力管线与邻近的建筑物、相邻管线及规划道路中心线的间距中误差不得大于图上  $\pm 0.5\text{mm}$ 。

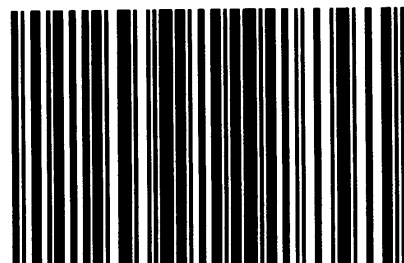


中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 **最及时、最准确、最权威** 的电力标准信息



155198.1533

定价：32.00 元