

ICS 93.020  
CCS E 487

T/ZDL

浙江省电力行业协会团体标准

T/ZDL 036—2025

海底电缆登陆段  
水平定向钻施工技术规范

Technical specification for horizontal directional drilling  
construction of submarine cable landing section

2025-08-29 发布

2025-09-15 实施

浙江省电力行业协会 发布

## 目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
4.1 一般规定	2
4.2 施工方式及路径选择	3
4.3 管材选择	3
4.4 泥浆配置	3
5 施工准备及设备	3
5.1 踏勘及管线复核	4
5.2 施工设备	4
6 施工方法	4
6.1 钻孔施工	4
6.2 管线铺设	5
6.3 海上套管安装	5
6.4 扩孔、洗孔及测孔	5
6.5 海上作业	6
7 验收	6
7.1 管材验收	6
7.2 管线验收	6
7.3 资料验收	7
附录 A（资料性）海底电缆登陆段水平定向钻施工流程示意图	8

## 前 言

为全面落实“双碳”目标战略部署，贯彻创新、协调、绿色、开放、共享发展理念，持续推动电力施工技术革新，提高电力电缆线路施工水平，规范海底电缆线路登陆段建设水平定向钻方式应用，合理统筹利用海缆登陆资源空间，特制定本文件。

本文件按 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》有关规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国网浙江省电力有限公司舟山供电公司提出。

本文件由浙江省电力行业协会归口。

本文件起草单位：国网浙江省电力有限公司舟山供电公司、浙江启明电力集团有限公司、中国电力科学研究院有限公司、浙江启明海洋电力工程有限公司、中国海洋大学、浙江水利水电学院。

本文件起草人：钱钢、闫循平、丛贇、康纬、石礁、张振鹏、严安军、王根成、陈国东、张秀峰、张舒洁、陈国志、李震、徐健、徐建良、吴海飞、李世强、何旭涛、孙璐、刘臻、谢仕挺、赵程磊、石玉成、虞飞、丁疆、王志宇、王文军、张雅慧、李小炳、侯松生、齐磊磊、王建波、俞培海、夏兰强、梅斌、张引贤、许瑾、龚永超、周琛皓、张国梁、徐爱国、张怡。

本文件为首次发布。

# 海底电缆登陆段水平定向钻施工技术规范

## 1 范围

本文件规定了海底电缆线路登陆段施工中开展水平定向钻方式的基本规定、施工准备及设备、施工方法与验收。

本文件适用于 10kV 及以上电压等级的海底电缆登陆段利用水平定向钻方式开展的电力电缆管线施工。以水平定向钻方式的海底电缆登陆段电力电缆管线施工除应符合本文件外，还应符合现行国家标准和电力行业有关标准的规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 31032 钢质管道焊接及验收  
CJJ 61 城市地下管线探测技术规程  
DL/T 802 电力电缆导管技术条件  
DL/T 5776 水平定向钻敷设电力管线技术规定

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**水平定向钻** horizontal directional drilling (HDD)

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。

### 3.2

**海底电缆登陆段水平定向钻施工** HDD construction of submarine cable landing

当海底电缆线路登陆时需穿越海洋岸线区域时采用水平定向钻施工方式，构建海底电缆登陆通道，施工方式包括陆对海和海对陆两种形式。

### 3.3

**陆对海水平定向钻施工** land to sea HDD construction

在陆地端安装钻机及其配套设备在内的主要施工设备，由陆地向海上进行导向孔穿越，在海上使用船只或平台进行辅助的一种施工方式。

### 3.4

**海对陆水平定向钻施工 sea to land HDD construction**

在海上端利用船只或平台安装水平定向钻机及其配套设备在内的主要施工设备,由海上向陆地端进行导向孔穿越的一种施工方式。

## 3.5

**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。

## 3.6

**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。

## 3.7

**导向仪 steering tool**

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

## 3.8

**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。

## 3.9

**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,主要作用为排渣、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。

## 3.10

**J型通道 J-channel**

在海底电缆登陆段的水平定向钻的路径中海床处的入土位置(或出土位置)与海岸上的出土位置(或入土位置)存在一定的高度差,通常高度差大于10 m,对于这一段水平定向钻通道定义为J型通道。

**4 基本规定****4.1 一般规定**

4.1.1 海底电缆登陆段水平定向钻施工前应对设计的登陆通道地面及海床段的地质勘查和周边管线及障碍物的物探等进行复核。J型通道、复杂地段的长距离、角度较大的水平定向钻的通道施工宜做专题研究。

4.1.2 海底电缆登陆段水平定向钻施工阶段，海上施工区域的安全措施应满足海事部门相关要求。

4.1.3 海底电缆登陆段水平定向钻施工阶段，应评估场地的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。陆对海施工时，由于出土点位于海上，应确保泥浆密闭循环不泄露。

## 4.2 施工方式及路径选择

4.2.1 海底电缆登陆段水平定向钻施工应综合考虑陆地及海上的地质条件、施工条件、施工装备等选择确定陆对海水平定向钻施工或海对陆水平定向钻施工的方式，施工流程参见附录 A。

4.2.2 海底电缆登陆段水平定向钻施工路径除满足规划要求外，还应遵循以下原则：

- (1) 穿越海塘堤坝宜选择作业面顺直、坡岸稳定、堤坝结构易于施工、陆上施工场地宽敞的区段；
- (2) 应避开储油罐等易燃、易爆、泄露、危险场所；
- (3) 应尽可能避开桥梁、输电杆塔、终端站及其他重要构（建）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) 与构（建）筑物及地下管线的允许最小净距离应符合 DL/T 5776 的规定。

4.2.3 水平定向钻穿越轨迹两端需穿透松散砂砾层时，深度较浅时，宜采用开挖方式或置换粘性土方式处理；深度较深时，宜采用套管方式处理。

4.2.4 陆地上的入土点、出土点应选取开阔的场地，且不宜选择在建（构）筑物附近。海中的入土点、出土点应选择水深较浅、水流速较小的区域。

## 4.3 管材选择

4.3.1 海底电缆水平定向钻使用的管材性能除符合 DL/T802 相关要求外，还应满足：

- (1) 抗拉强度应能承受施工中的回拖力要求；
- (2) 环刚度应满足在回拖过程中以及回拖完成后管材不发生超过 3% 的径向变形；
- (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) 抗腐蚀性宜满足在使用周期内抵抗地层环境及海水腐蚀的要求；
- (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，无明显形变的要求；
- (7) 供敷设单芯交流电缆用的保护管，应选用非磁性管材；
- (8) 相关环保要求。

4.3.2 长距离水平定向钻使用的钢管内、外壁均采用防腐措施，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。

## 4.4 泥浆配置

4.4.1 可选用盐水环保泥浆，选用高效环保抗盐膨润土，添加海水调和剂，按照地质区别选用适当的配比进行泥浆配置，应及时测量泥浆各项参数，避免对环境的不利影响。

4.4.2 在陆对海施工方式中的回拖阶段可选用洁净的海水代替泥浆，以防止出土点套管拔除后泥浆流失到海里。

## 5 施工准备及设备

## 5.1 踏勘及管线复核

- 5.1.1 施工前，应对现场地形、地面上建（构）筑物进行踏勘复核，必要时对障碍物和管线埋设位置、深度、类型等进行实地物探。
- 5.1.2 施工轨迹与地上、地下障碍物交叉或临近处，宜做出标记。
- 5.1.3 设备进场顺序可采取以下顺序，钻机安装→控制室安装→泥浆系统安装→泥浆泵安装→钻杆摆放就位→其他设备安装。
- 5.1.4 水平定向钻机回拖力较大时，宜根据场地情况进行加固。

## 5.2 施工设备

- 5.2.1 水平定向钻机按技术性能可分为小型、中型和大型钻机，各型水平定向钻机对应的技术性能可按表 1 选用。

表 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

- 5.2.2 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。

- 5.2.3 钻头可分为导向孔钻头和扩孔钻头。各土层适应的导向孔钻头类型及各类型扩孔钻头适用的土层，可按 DL/T 5776 的规定选用。

- 5.2.4 作业区域应配备泥浆泵、泥浆搅拌机、泥浆净化器、挖掘机、吊车等辅助设备。

- 5.2.5 施工时应配置相应数量的平板吊机施工船、锚艇、交通艇等。

- 5.2.6 平板吊机施工船或平台应具有较好稳定性，空间应满足相应的安装钻机及其配套设备空间及其正常作业空间需求，同时应具备锚机、吊装设备及电动泥浆泵及泥浆回收处理系统等。

## 6 施工方法

### 6.1 钻孔施工

- 6.1.1 水平定向钻机的最大输出拉力，不应小于最大计算回拖力的 1.5 倍，也不宜大于 3 倍。

- 6.1.2 施工过程中应保持稳定的泥浆环流。在沙土和卵砾石中施工，钻孔泥浆中应加入适量润滑剂。

6.1.3 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。

6.1.4 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。

6.1.5 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。

(3) 应确认海床位置处的入土孔或出土孔位置坐标。

6.1.6 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。

6.1.7 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的性能匹配。

6.1.8 施工过程中出现塌孔时，应及时调整施工方案。

## 6.2 管线铺设

6.2.1 管材应从出土端向入土端回拖，回拖作业应连续、平稳进行。

6.2.2 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。

6.2.3 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。

6.2.4 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。

6.2.5 每个回扩孔内多根线缆保护管不应有交叉现象。

6.2.6 每个回扩孔内多根线缆保护管整体扭转每 100m 不宜超过  $60^\circ$ ，且不应超过  $90^\circ$ 。

6.2.7 水平定向钻两端各不小于 0.5m 范围内，宜采取砼包封保护措施。

6.2.8 导管两端的管口应进行可靠封堵。

6.2.9 导管内可铺设钢丝绳，钢丝绳直径不宜小于 10 mm，且进行防腐处理。

6.2.10 拖管完成后，应将钻孔泥浆妥善处理。

## 6.3 海上套管安装

6.3.1 为防止泥浆流入海中污染周边环境，待导向钻头入土时或出土后，沿钻杆方向夯入一定长度的套管，套管依靠打入海中的支撑桩保证入土角度，施工布置参见附录 A。

6.3.2 套管尺寸宜大于终孔尺寸 300mm，套管出水位置宜高于十年一遇高潮位。

6.3.3 套管及支撑桩施工应包括立桩、桩点定位、沉桩、支撑桩横梁安装等环节。

## 6.4 扩孔、洗孔及测孔

6.4.1 扩孔采用常规拉扩工艺，扩孔方向为由海上向陆地上扩时，扩孔钻具组合可采用如下方式：钻机（陆地）→钻杆→扩孔器→钻杆→辅助船只（海上）。

6.4.2 采用逐级扩孔，扩孔级差不宜大于 150mm。

6.4.3 扩孔时严格控制钻机参数，根据钻机参数及返浆情况调整泥浆参数，以便更好地使泥浆及时返出，减少扩孔阻力，避免事故发生，必要时需增加洗孔。

- 6.4.4 海上出土端，确保泥浆通过套管回流至辅助作业船上进行处理，避免流入海里造成污染。
- 6.4.5 扩孔过程中，扭矩超过安全值，宜采取洗孔作业，洗孔结束后，再进行扩孔，扩孔结束后，如发现扭矩、拉力仍较大，可再进行洗孔作业。
- 6.4.6 在每级扩孔施工中，要认真观察扩孔情况。如果发生扩孔不顺畅等，则需进行一次洗孔，实际扩孔尺寸可根据现场情况进行调整。
- 6.4.7 完成扩孔后进行测孔，若测孔参数不满足设计文件及相关规范对回拖管线的曲率要求，根据测孔数据针对有问题的部位进行修孔，直到满足回拖曲率要求。
- 6.4.8 测孔作业钻具连接方式：钻机→钻杆→测孔器固定短节（含测孔器）→钻杆→钻头。
- 6.4.9 测孔器由传感器、数据处理、存储和电池舱几个部分组成，可在施工的任何阶段对孔的参数（倾角、方位角）进行测量，测孔器出土后与计算机进行数据通讯，由计算机分析测孔数据，对钻孔进行评定。

## 6.5 海上作业

6.5.1 在水平定向钻施工作业过程中开展海上吊装作业时，除满足吊装作业技术要求外，还应满足下列要求：

- (1) 吊装作业前应对设备的重量、重心，吊点材质、焊接质量，吊车操纵系统等进行安全评估。
- (2) 应进行气象、海况条件安全评估，依据气象服务和专业技术人员提供的气象信息及潮汐预报和验潮报告，选择确定作业时间。
- (3) 应密切监视施工船舶与码头、施工船舶之间的缆绳状况，防止断缆引起船舶漂移。
- (4) 应在施工现场设置隔离带，防止无关人员进入现场。

6.5.2 在水平定向钻施工作业过程中开展甲板作业时，除满足船舶甲板安全作业规范外，还应满足下列要求：

- (1) 进行甲板作业时，应严格遵守安全操作规程。
- (2) 劳保穿戴齐全，做好防滑、防冻和防暑工作。在雨、雪天作业时，应加强监护。
- (3) 在夜间和光线较暗场所作业时，应按要求配置照明设备。

6.5.3 开展潜水作业时满足潜水安全作业规范。

## 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 线缆保护管焊接处的抗拉强度应符合现行有关标准规定和设计要求，现场应对熔接接头取样并作抗拉强度检测。

7.1.3 钢管的焊接应按照 GB/T 31032 中相关规定进行，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应采用定径试通棒进行通管试验。
- 7.2.2 水平定向钻陆上端管口应进入工作井，长度不宜少于 100mm。
- 7.2.3 陆上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井内设置防止电缆滑动的构件。
- 7.2.5 竣工后的管线空间位置应按 CJJ 61 要求进行探测。

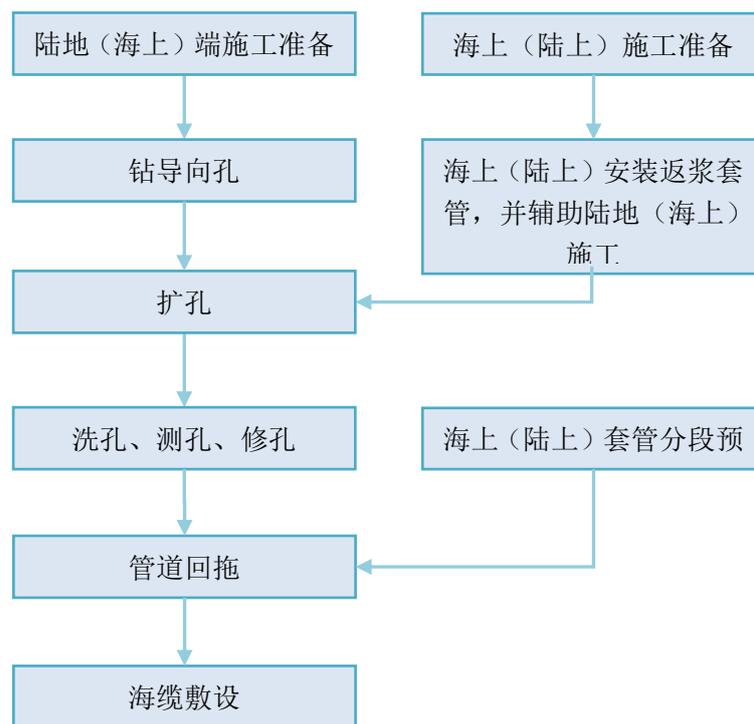
### 7.3 资料验收

- 7.3.1 竣工资料应满足 DL/T 5776 标准要求。
- 7.3.2 水平定向钻管线竣工资料宜包括三维坐标测量图、线路特征点和附属设施等信息。
- 7.3.3 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 CJJ 61 要求。

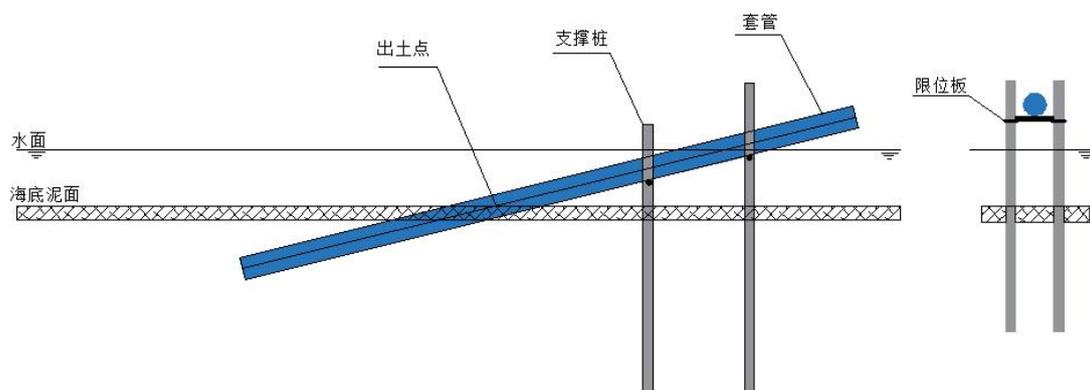
附录 A  
(资料性)

海底电缆登陆段水平定向钻施工流程图

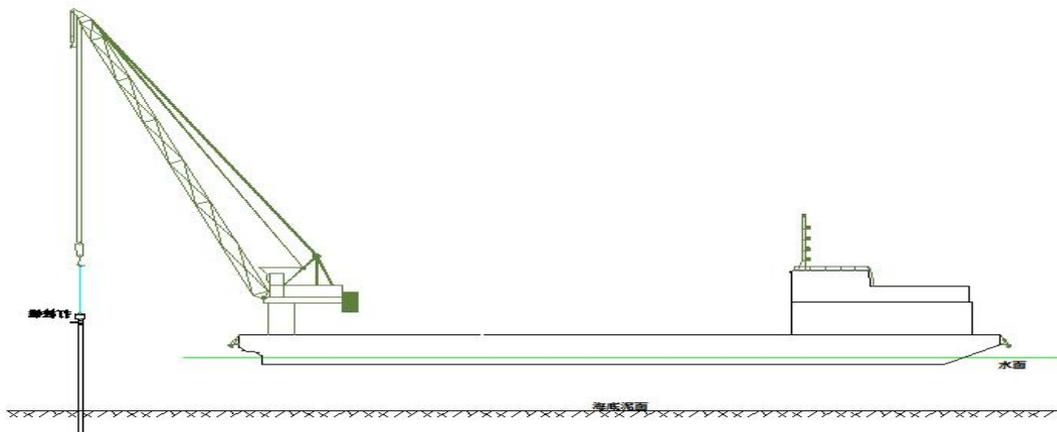
A.1 海底电缆登陆段水平定向钻施工流程



A.2 入土或出土点套管布置示意图



A.3 入土或出土点支撑桩施工示意图



A.4 定向钻出土点立面图

