

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 51191 – 2016

海底电力电缆输电工程施工及 验收规范

Code for construction and acceptance of
submarine power cable project

2016 – 10 – 25 发布

2017 – 07 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1341 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》的公告

现批准《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》为国家标准,编号为 GB/T 51191—2016,自 2017 年 7 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2016 年 10 月 25 日

前 言

本规范是根据住房城乡建设部《关于印发〈2013 年工程建设标准规范制订修订计划〉的通知》(建标〔2013〕6 号)的要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结国内外海底电力电缆(以下简称“海底电缆”)输电工程施工及验收经验,并在广泛征求意见的基础上,制定本规范。

本规范共分 9 章,主要技术内容是:总则,术语,施工准备,海底电缆及附件的运输,海底电缆的敷设,海底电缆附件的安装,附属设备和附属设施,职业健康安全与环境保护,施工验收。

本规范由住房城乡建设部负责管理,中国电力企业联合会负责日常管理,国网浙江省电力公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送国网浙江省电力公司(地址:浙江省杭州市黄龙路 8 号,邮政编码:310007),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国电力企业联合会

国网浙江省电力公司

参 编 单 位:国网浙江省电力公司舟山供电公司

葛洲坝集团电力有限责任公司

中国南方电网超高压输电公司

中国海洋工程咨询协会

浙江舟山海洋输电研究院有限公司

主要起草人:宣耀伟 敬 强 汪 萍 高鹏飞 苏东甫

骆晓龙 俞恩科 金文德 岑贞锦 钟晓波

江春晓 丁兆冈 张志刚 沈耀军 何旭涛

张娜飞	夏红光	章正国	袁舟龙	许丽娜	
王丽娜	姚卫星	刘 东	林晓波	高 震	
胡 凯	乐彦杰	朱 艳	王桂全	石 欣	
李 三	黄贤球				
主要审查人:	杨荣凯	刘敦武	李 瑞	苗桂良	严有祥
	张振鹏	余 欣	鲁 斌	胡朝东	李 昊

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	施工准备	(3)
3.1	一般要求	(3)
3.2	作业环境准备	(3)
3.3	船舶设备准备	(4)
4	海底电缆及附件的运输	(6)
4.1	过缆	(6)
4.2	运输	(6)
5	海底电缆的敷设	(8)
5.1	一般规定	(8)
5.2	陆上段敷设	(9)
5.3	登陆段敷设	(9)
5.4	海域段敷设	(9)
5.5	海底电缆保护	(10)
6	海底电缆附件的安装	(12)
6.1	一般规定	(12)
6.2	安装要求	(12)
7	附属设备和附属设施	(14)
8	职业健康安全与环境保护	(15)
8.1	职业健康安全	(15)
8.2	环境保护	(16)
9	施工验收	(17)
9.1	资料验收	(17)

9.2 随工验收 (18)

9.3 整体验收 (18)

本规范用词说明 (20)

引用标准名录 (21)

附:条文说明 (23)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Construction preparation	(3)
3.1	General requirements	(3)
3.2	Site preparation	(3)
3.3	Vessels and equipments preparation	(4)
4	Transportation of submarine power cables and their accessories	(6)
4.1	Cable load-out	(6)
4.2	Transportation	(6)
5	Installation of submarine power cables	(8)
5.1	General requirements	(8)
5.2	Onshore section installation	(9)
5.3	Landfall section installation	(9)
5.4	Offshore section installation	(9)
5.5	Protection	(10)
6	Installation of accessories	(12)
6.1	General requirements	(12)
6.2	Installation requirements	(12)
7	Ancillary facilities and construction	(14)
8	Occupational health safety and environment management	(15)
8.1	Safety management	(15)
8.2	Environmental management	(16)

9 Construction acceptance (17)

9.1 Documentation and operation (17)

9.2 Follow up acceptance (18)

9.3 Overall acceptance (18)

Explanation of wording in this code (20)

List of quoted standards (21)

Addition;Explanation of provisions (23)

1 总 则

1.0.1 为保证海底电缆输电工程施工质量,保护海洋环境,统一施工质量验收标准,做到技术先进、经济合理、节能减排,制订本规范。

1.0.2 本规范适用于 500kV 及以下电压等级交流海底电缆输电线路工程的施工及验收。

1.0.3 施工过程中,应加强施工质量检查,及时组织随工验收,严禁使用未经检验或鉴定的设备和材料。

1.0.4 海底电缆输电工程的施工及验收,除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 扫海 pre-lay grapnel run

船舶拖动海底锚具,以清除海底电缆路由上杂物的工程措施。

2.0.2 转盘 turntable

用于储运海底电缆,通过主动收、放电缆,避免海底电缆输送时产生扭力的装置。

2.0.3 掩埋保护 burying protection

采用机械切割、水力冲埋或预挖沟等手段,将海底电缆埋设于海床下的保护方式。

2.0.4 加盖保护 covering protection

海底电缆敷设于海床后,在电缆上方增加覆盖物的保护方式。

2.0.5 套管保护 sleeve protection

在海底电缆外包覆套管的保护方式。

2.0.6 过缆 cable load-out

海底电缆过驳至运输船或敷设船的输送方式。

3 施 工 准 备

3.1 一 般 要 求

- 3.1.1** 海底电缆输电工程施工前应建立完善的施工组织机构和监理机构,配备满足岗位要求的人员。
- 3.1.2** 管理及施工人员应熟练掌握安全操作规程和安全规章制度,做到持证上岗。
- 3.1.3** 应获得海底电缆管道铺设和水上水下施工作业等许可。
- 3.1.4** 应进行图纸资料会审,并以书面形式向施工人员进行技术交底。
- 3.1.5** 应收集海底电缆制造厂家主要设备技术资料,落实交付进度计划。
- 3.1.6** 应制定海底电缆海上运输、海底电缆敷设及施工组织设计方案、应急预案等。

3.2 作 业 环 境 准 备

- 3.2.1** 海底电缆输电工程施工前,应熟悉施工路由海域航道及水深、地形、水文、气象资料。
- 3.2.2** 应根据设计确定的海底电缆、管道路由图和位置表以及起止点、中继点(站)和总长度,进行现场踏勘。
- 3.2.3** 应了解与该海底电缆工程建设和维护有关的其他海洋开发活动和海底设施,与利益相关方协商,就相关的技术处理、保护措施和损害赔偿等事项达成协议。
- 3.2.4** 海上敷设施工前,应按设计要求,完成扫海、海床开挖等工作。
- 3.2.5** 应依据设计要求,落实海洋环境保护措施,减少敷设工程

对海洋环境的影响,并应采取必要的安全措施,减少对船舶航行、渔业生产等活动造成的妨碍。

3.2.6 应做好海上船只航行信息发布、安全监护等各项工作,应保证施工船舶的安全,避免施工作业不受外来船舶的干扰。

3.2.7 陆上段施工现场应设置警戒线,施工路段应设置路卡、警示标语等。组织安排专门人员负责现场值班及巡视工作,施工现场应进行 24h 监控,确保工程施工安全、有序。施工海域现场应配备巡逻警戒用船,施工船应显示规定信号,提醒来往船舶注意。

3.3 船舶设备准备

3.3.1 敷设船只的选择应符合下列规定:

1 船只的载重量、容积、吃水深度等应满足海底电缆总重量、长度、弯曲半径、卷绕半径、退扭高度及作业水域等要求;

2 船只宜配有制动装置、张力控制、电缆张紧机、牵引力测量和长度测量等仪器,并配有通信设备;

3 采用固定式储缆盘的船只应配备合适的退扭装置和布缆机,满足过缆时的退扭要求;

4 船只可配备有推进系统,锚泊定位困难区域宜配备动力定位(DP)系统;

5 船只应具备施工海域相应的抗风浪能力;

6 船只应配有导航及定位设备,具备在给定误差内跟随路由的能力。

3.3.2 缆盘、滑轮、转盘、牵引以及制动装备等敷设装备,应满足海底电缆的最小弯曲半径、卷绕半径要求,且可将海底电缆施工时所受张力控制在设计规定的范围内。

3.3.3 施工机械、工器具及测量仪器的种类和数量应满足施工要求,并在检测有效期内。

3.3.4 定位设备、转盘机、挖沟机、水下机器人等专业设备及器材应进行测试。

3.3.5 施工船舶到达施工现场之后,可首先安排在设计路由区域内进行试航,应熟悉敷设船只、装备、施工区域内设计路由的各个关键点及潮流情况。

4 海底电缆及附件的运输

4.1 过 缆

4.1.1 海底电缆过缆前,应按照合同要求进行相关试验。

4.1.2 海底电缆的过缆应符合下列规定:

- 1 弯曲半径应满足设计要求;
- 2 过缆过程中海底电缆牵引力、侧压力不应大于海底电缆生产厂家提供的最大允许值;
- 3 采用固定式储缆盘时,退扭高度及方向应满足海底电缆生产厂家技术要求;
- 4 转盘放线速度应与过缆速度同步;
- 5 过缆时应保持船体平稳;
- 6 缆盘底部应平坦无突起,导缆口、电缆牵引设备等不应损伤海底电缆;
- 7 海底电缆端头应留出至少可以制作一个终端的长度用于测试或接续。

4.2 运 输

4.2.1 海底电缆运输可采取敷设船直接运输、一般船只运输、陆地运输等方式。

4.2.2 海上运输前,应调查气象、海况,及时掌握短期预报资料,选择合适的运输时间,避开大风大浪、暴雨等恶劣天气;船舶航行作业的气象、海况控制条件应根据船舶配置情况及性能、设备技术要求等确定。

4.2.3 海底电缆的两个端头应有可靠防水、防潮密封。

4.2.4 充油海底电缆附件油箱应固定好。

4.2.5 充油海底电缆在运输过程中应保持规定的电缆油压。

4.2.6 海底电缆及附件运输尚应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的规定和海底电缆厂家的技术要求。

5 海底电缆的敷设

5.1 一般规定

5.1.1 施工作业前,应对施工作业区进行清理,并提供一定比例的工程施工专用海图、施工路由勘察资料,供施工船舶使用。

5.1.2 海底电缆施工时,应有专人瞭望值班,并及时与现场警戒艇联系。施工船应显示规定的信号灯,并悬挂施工旗。

5.1.3 海底电缆施工前应检验施工船舶的制动装置、张力计量、长度测量、水深测量、导航与定位仪器、通信设备及附属设备是否符合要求,电缆敷设船只、转盘、牵引机、电缆张紧器等应调试完好。

5.1.4 海底电缆敷设应符合下列规定:

- 1 应按批准的施工组织设计方案进行施工;
- 2 应按规定的设计路由敷设;
- 3 敷设时应定位、测量,及时纠正航向和校核敷设长度;
- 4 敷设时应控制海底电缆受到的张力在设计范围内;
- 5 埋设深度应符合设计要求;
- 6 布缆速度应根据施工海域的地质、流速、流向等确定;
- 7 施工中应防止海底电缆过松打圈,不得发生交叉、重叠、弯折、扭结、海底悬空等现象。

5.1.5 海底电缆敷设施工期间,应实时掌握施工海域的水文、气象条件及气象预报资料,避开不利施工时间。海上施工作业时,应根据设备技术条件和施工船舶配置情况,限定工作环境条件。

5.1.6 充油海底电缆敷设过程中应保证路由最深处的电缆内部油压大于该处水压;且海底电缆内部油压不得大于允许最高工作油压。

5.1.7 在始端登陆的一侧,海、陆缆交接处的电缆沟宜提前建成;若须穿越防波堤,防波堤下的海底电缆通道应预埋并保证贯通。

5.1.8 余缆应按设计要求布置,避免相间交叉重叠。海底电缆终端处应按设计要求留有一定余量。

5.2 陆上段敷设

5.2.1 陆上段敷设可使用牵引设备将海底电缆牵引上岸,机械牵引海底电缆时可采用钢丝网套的牵引方式。

5.2.2 陆上段敷设时,宜在长段海底电缆中间采用导向滑轮或转向装置等减少海底电缆的张力,消除海底电缆磨损。

5.2.3 海底电缆陆上段敷设完毕后,应将海底电缆在岸边用可靠措施固定。

5.2.4 海底电缆陆上段敷设应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的规定。

5.3 登陆段敷设

5.3.1 登陆段敷设可采用登陆艇(或吃水浅的平底船)、浮托装置牵引以及多种方法结合的敷设方式。敷设应选择合适的潮流、潮时进行登陆作业,缩短登陆段敷设的作业距离。

5.3.2 登陆段电缆可采用开挖电缆沟槽或穿管的方式。

5.4 海域段敷设

5.4.1 采用张力法施工时,敷设过程中应保持一定的张力,避免海底电缆打扭,该张力应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的相关规定,并应小于海底电缆的允许最大敷设张力。

5.4.2 敷设最大偏差距离不应超过设计要求。

5.4.3 海域路由转角坐标位置应与设计位置相符,偏差距离不宜超过设计值。

5.4.4 敷设船周围应配置工作艇、护航船等船只,对现场进行警戒。

5.4.5 无动力船敷设海底电缆时,可采用移锚行进或拖轮绑靠敷设船方式,控制敷设船沿设计路由前进。

5.4.6 有动力船敷设海底电缆时,敷设船应具备动力定位系统,通过预测海底电缆的张力并进行补偿,控制海底电缆沿设计路由敷设。

5.4.7 海底电缆敷设时,应采用张力器等监控设备进行实时全程监控、跟踪;光纤复合海底电缆宜采用监视设备实时监视光单元的衰减状况。

5.4.8 海底电缆和海底管线交越处的海床应根据设计要求处理,并应采取措施避免交越处电缆或海底管线损伤。操作过程应进行监控,确认保护措施可靠有效。

5.5 海底电缆保护

5.5.1 海底电缆保护应根据海深、海床地质情况、海面船舶通行情况、风险程度、维修代价等综合考虑,采取保护措施,降低海底电缆受到损害的风险。

5.5.2 海底电缆保护宜优先采用掩埋保护的方式,掩埋保护应符合下列规定:

1 海底电缆保护应结合工程海域海底地质状况,选用水力冲埋、预挖沟、机械切割等掩埋保护方式;海底电缆掩埋深度应根据风险程度和海床地质条件综合确定;

2 海底电缆可采用边敷边埋、先敷后埋的掩埋保护工艺;边敷边埋时,埋设机应同时进行挖沟和埋设操作;先敷后埋可采取电缆敷设后再开沟掩埋的作业方式;

3 海底电缆掩埋保护施工中,应通过仪器仪表监视埋设机水下工作状况和海底电缆的埋设状态,严格控制埋设深度满足设计要求。

5.5.3 混凝土压块、抛石、石笼盖板等加盖保护方式可用于海底电缆埋设困难区域。加盖保护应符合下列规定：

- 1 混凝土压块应适应海底的冲刷变形，紧贴海床底部；
- 2 抛石形成的石料堆积层应具备一定防御外力冲击破坏的强度；
- 3 加盖保护施工不应应对海底电缆造成损伤，并应具有良好的稳定性。

5.5.4 在海底礁石区或岩石登陆段，海底电缆可套保护套管防护。套管应能提高海底电缆抗破坏能力，减小电缆磨损。套管应满足水下防腐要求，工程中可采用铸铁、玻璃钢、塑胶等材质。

5.5.5 套管保护可与加盖保护结合使用，在海底底质的硬度不允许埋设时，可采用套管保护，同时应在连接好的套管周围加混凝土压块或砂袋覆盖等加盖保护。

5.5.6 海底电缆引至岸上的部分，应采取加装保护套管或保护盖板、电缆沟敷设等保护措施。管、沟下端为最低水位时，保护措施范围为船只搁浅处或最低水位下不小于 1m 处；上端应高于最高水位。

5.5.7 海底电缆登平台作业时，应防止海底电缆在水下保护管入口处打折或打扭，防止电缆在向上提升时受到损伤。

5.5.8 海底电缆登平台作业完成后，应做好海底电缆进出保护管处定位装置的安装固定，防止海底电缆在运行中长时间受力。

5.5.9 水线标志牌、警示装置宜于海底电缆敷设前设置完成，并应具备投运条件。

5.5.10 海底电缆施工完成后，应及时将实际敷设线路向国家海洋、海事等主管部门申报。

6 海底电缆附件的安装

6.1 一般规定

- 6.1.1 海底电缆接头和终端制作应由具备相应资格的人员进行,并严格遵守制作工艺规程,所用材料应符合相关标准或技术协议要求。
- 6.1.2 海底电缆接头和终端制作还应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的规定。
- 6.1.3 海底电缆接头应采取铅封、灌胶等措施,满足水密性要求。
- 6.1.4 光纤复合海底电缆中的光单元交接箱应满足防水、防潮、接地要求。

6.2 安装要求

- 6.2.1 应在规定制作环境下安装海底电缆接头和终端,必要时可设置专用的安装平台。
- 6.2.2 海底电缆铠装层应采用锚固装置夹紧。锚固装置应符合防腐要求。单芯海底电缆锚固装置宜采用非磁性材料。固定或移动平台中悬挂海底电缆时应用锚固装置承载电缆自重。
- 6.2.3 充油海底电缆的供油系统应固定牢靠;充油电缆的电缆终端、电缆接头及供油系统,均不应有渗漏;充油电缆的油压,不应超过允许压力范围。
- 6.2.4 海底电缆的接地应良好可靠,符合设计要求。
- 6.2.5 单芯海底电缆两端金属套及铠装钢丝可分开单独接地。接地装置应安装牢固,防止大风时摆动。接地电阻应满足设计要求。
- 6.2.6 海底电缆进入刚性结构体时,应采用弯曲刚度增强件或弯

曲限制器进行保护。

6.2.7 海上平台的 J 型管头部半径应大于海底电缆最小弯曲半径,且 J 型管直径应至少是海底电缆直径的 2.5 倍。

7 附属设备和附属设施

7.0.1 海底电缆陆上施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的规定。

7.0.2 接地装置的施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169 的规定。

7.0.3 海底电缆两端登陆处警示装置的安装应符合下列规定：

1 应安装“水线”、“禁止抛锚”等醒目的警示标志；

2 应具有稳定可靠的夜间照明，宜采用节能型冷光源，并采用同步闪烁方式；

3 供电系统应符合设计要求并应配备备用电源。

7.0.4 安防监控设备安装应符合现行国家标准《安全防范工程技术规范》GB 50348 的规定。

7.0.5 附属设施未带电的金属部分应可靠接地，接地电阻值应满足设计要求。

7.0.6 终端站或终端塔排水系统应符合设计要求，应满足在暴雨、台风等恶劣天气时的排水要求。

7.0.7 终端站防雷、防火、防小动物措施应齐全；海底电缆终端支架等金属部件防腐层应完好；海底电缆管口应实施封堵。

7.0.8 充油海底电缆终端站处应设立单独的房间，存放充油设备。房顶及墙壁应无渗水现象，并应配置必要的照明设施。

7.0.9 海底电缆瞭望台电源线应采取低压防雷和浪涌保护措施。

7.0.10 盖板式电缆沟，宜采取混凝土浇筑等措施抵御海浪长期冲击。

7.0.11 海底电缆宜采取栈桥或穿管方式穿越海塘、海堤。

8 职业健康安全与环境保护

8.1 职业健康安全

8.1.1 施工单位应建立职业健康与安全生产管理体系,设置专职安全管理机构或专职安全人员,负责安全管理工作。

8.1.2 施工单位应编制海底电缆输电工程安全作业计划及要求,应包括但不限于下列内容和措施:

- 1 建立健全安全生产教育培训制度,并监督落实;
- 2 建立安全生产、职业健康安全技术交底制度;
- 3 海底电缆输电工程作业安全应急要求和安全应急预案;
- 4 海底电缆输电工程作业船舶安全基本要求;
- 5 海底电缆输电工程作业疏散程序;
- 6 有台风地区应编制海上作业的避台风措施;
- 7 在施工作业区设置安全警示标志。

8.1.3 作业人员应进行岗前安全救生培训,培训应包括下列内容:

- 1 救生艇筏操作;
- 2 海上急救工器具使用;
- 3 火灾、落水时的应急逃生。

8.1.4 作业人员应经过安全和专业技术培训,并应具备从事本岗位工作所需的安全和专业技术知识。

8.1.5 施工单位应制定可靠的安装工序及安全施工措施。

8.1.6 对危险施工工序应做好相关的预报和预警工作,并制定应急预案。

8.1.7 施工时,应依据现场条件、工程总平面图、施工方案和施工进度计划的要求,进行现场文明施工,统一规划管理。现场文明施

工管理应包括下列内容：

- 1 施工场地规划管理；
- 2 施工现场环境管理；
- 3 材料堆放与设备摆放管理；
- 4 生活设施管理；
- 5 文明施工检查。

8.1.8 发生职业健康与安全事故时，应按规定程序进行报告和处理。

8.2 环 境 保 护

8.2.1 海上施工过程中，塑料制品（包括但不限于合成缆绳、合成渔网和塑料袋等）和其他废弃物禁止丢弃，应集中储存在专门容器中，运回陆地处理。

8.2.2 施工和运输船舶应配备相应的污染物处理设施。

8.2.3 工程船舶应遵守海上交通安全法律法规的规定，防止因碰撞、触礁、搁浅、火灾或者爆炸等引起事故，造成海洋环境的污染。

9 施 工 验 收

9.1 资 料 验 收

9.1.1 资料验收应包括施工许可资料、施工组织设计方案、施工资料和技术文件。

9.1.2 资料验收时应做好下列资料的验收和归档：

1 海底电缆路由、作业批准文件,包括建设规划许可证、海底电缆路由批复文件、施工许可证、海事、港务、海监、渔政等各类手续;

2 施工组织设计方案,包括施工单位资质、施工作业人员资格、敷设船及施工机械、作业时间等;

3 海底电缆登陆点、路由的协议文件;

4 海底电缆敷设路径图及经纬度坐标位置、海域段和潮间带断面图,海底电缆与其他管线交叉点的坐标位置、处理方式图,图纸应为施工后实地测绘,不允许以设计图替代;

5 海底电缆路由设计和实测数据、海底电缆保护区通告、航运通告、海域使用证、海底电缆登陆点设施等申报和批复资料;

6 设计资料图纸、海底电缆清册、变更设计的证明文件和施工图;

7 制造厂提供的产品说明书、出厂试验记录、合格证等技术文件以及监造记录;

8 海底电缆线路的原始记录:包括海底电缆的型号、规格、实际敷设总长度及分段长度,海底电缆终端和接头的型式及安装日期,海底电缆终端和接头中填充的绝缘材料名称、型号、用量;

9 施工记录(包含但不限于张力、入水角记录);

10 交接试验报告及其他测试记录;

11 验收消缺闭环清单。

9.2 随工验收

9.2.1 在施工过程中,建设单位应委托代表随工验收,检查工程的施工质量。发现不符合设计要求时,应及时处理并记录。

9.2.2 海底电缆敷设前现场验收应符合下列规定:

1 陆上段电缆构筑物验收项目和要求应按现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168 执行;

2 海底电缆路由海域段应全程扫海,作业时应有监理人员在场;

3 登陆端的警示、警戒牌,宜设在易被过往船舶发现的岸线突出位置;

4 两侧登陆点附近的监控设施应按设计要求安装完成。

9.2.3 海底电缆过缆过程中应进行外观检查,查看海底电缆外层有无损伤,端头封装是否良好,海底电缆装船、卷绕质量是否符合要求,并应检查海底电缆的绝缘电阻,必要时应进行耐压试验。

9.2.4 施工前应进行设备检查,不符合要求的器材禁止在工程施工中使用。经过测试检验后的器材应做好记录。

9.2.5 光纤复合海底电缆中光缆的测试试验项目,应按现行国家标准《海底光缆规范》GB/T 18480 执行。

9.2.6 海底电缆海上随工验收应包括但不限于以下内容:

1 敷设弯曲半径应符合设计要求,严禁打扭;

2 敷设位置及偏差、敷设余量、埋设深度应满足设计要求;

3 监测、记录海底电缆受力等状态应正常;

4 监视电缆敷埋设机在水下的工作状态应正常。

9.2.7 测量海底电缆接地体的接地电阻应满足设计要求。

9.3 整体验收

9.3.1 整体验收应具备下列条件:

1 海底电缆敷设、海底电缆附属设备和附属设施全部安装

完成；

2 申报资料详细、批复手续齐全；

3 海底电缆已具备合法运行条件。

9.3.2 应检查设计要求的工程量，确保工程质量满足设计要求，验收资料完备。

9.3.3 验收组织单位应组织成立竣工验收小组，并结合潮汐等水文条件制定详细的验收方案。

9.3.4 必要时，可由第三方对海底电缆的敷设轨迹、埋深、海底敷设状况、扭曲、缆间距、保护措施、与其他管线交叉情况、标识等进行复测。对于重要或复杂的海底电缆区段，宜同时采用潜水员探摸或水下机器人调查。

9.3.5 海底电缆附件制作完成后应按现行国家标准《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》GB 50150 或技术协议完成交接试验。

9.3.6 海底电缆终端、接头及充油电缆的供油系统应固定牢靠；海底电缆接线端子与所连接的设备端子应接触良好；互联接地箱和交叉互联箱的连接点应接触良好可靠；充有绝缘剂的海底电缆终端、接头及充油电缆的供油系统，应无渗漏现象；充油海底电缆的油压、表计整定值及供油系统油流曲线应符合要求。

9.3.7 电缆沟内应无杂物，盖板齐全；近岸段防冲刷、照明、排水等设施应符合设计要求；盖板式电缆沟的入海侧盖板应具备抵御海浪冲击的措施。海底电缆线路两岸，禁锚区内的标识和夜间照明装置应符合设计要求。

9.3.8 出现海底电缆登陆点穿越海塘、海堤的情况，验收时应检查穿越段所采取的护坡、护堤措施是否符合设计要求。

9.3.9 海底电缆线路接地点应与接地极接触良好；接地电阻值应符合设计要求。海底电缆终端的相色应正确，海底电缆支架等的金属部件防腐层应完好。海底电缆管口应依据设计要求采取防水、防火措施实施封堵。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

引用标准名录

- 《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》GB 50150
《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168
《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169
《安全防范工程技术规范》GB 50348
《海底光缆规范》GB/T 18480

中华人民共和国国家标准

海底电力电缆输电工程施工及
验收规范

GB/T 51191 - 2016

条文说明

制 定 说 明

《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》GB/T 51191—2016,经住房和城乡建设部 2016 年 10 月 25 日以第 1341 号公告批准发布。

本规范制定过程中,编制组进行了海底电缆装船、施工工艺、保护方式、工程验收等方面的调查研究,总结了舟山群岛、广东、福建、海南等地的海底电缆输电线路工程建设经验,征集了海底电缆生产厂家、勘察设计单位、施工企业等多方的意见。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》编制组按章、节、条顺序编写了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本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。

目 次

1	总 则	(29)
2	术 语	(30)
3	施工准备	(31)
3.1	一般要求	(31)
3.2	作业环境准备	(31)
3.3	船舶设备准备	(32)
4	海底电缆及附件的运输	(33)
4.1	过缆	(33)
4.2	运输	(33)
5	海底电缆的敷设	(35)
5.1	一般规定	(35)
5.2	陆上段敷设	(36)
5.3	登陆段敷设	(36)
5.4	海域段敷设	(36)
5.5	海底电缆保护	(37)
6	海底电缆附件的安装	(40)
6.2	安装要求	(40)
7	附属设备和附属设施	(41)
8	职业健康安全与环境保护	(42)
8.1	职业健康安全	(42)
8.2	环境保护	(42)
9	施工验收	(43)
9.1	资料验收	(43)
9.2	随工验收	(43)
9.3	整体验收	(44)

1 总 则

1.0.1 本条明确强调了 500kV 及以下电压等级交流海底电缆输电线路工程的施工及验收的要求,提出了海底电缆输电线路工程施工及验收工作的基本原则。

1.0.2 本规范规定了海底电缆输电线路工程及附属设备和附属设施的施工及验收技术要求。

2 术 语

本规范仅定义了与海底电缆输电工程施工及验收密切相关的术语,未定义的术语参见现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168、《海底电缆管道路由勘察规范》GB/T 17502 及国家现行的其他有关标准。

3 施工准备

3.1 一般要求

3.1.2 海底电缆作业是特种作业,上岗人员必须经过培训,通过理论和实践考试,并熟练掌握安全操作规程和安全规章制度,获得有关部门颁发的上岗证。

3.1.3 根据《中华人民共和国海上交通安全法》、《中华人民共和国内河交通安全管理条例》、《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》及其他有关规定,船舶水上水下施工许可是海上工程正式施工时的第一道审批关。海底电缆输电工程施工前,应向有关部门取得相应的施工许可,包括:海底电缆的敷设施工许可,海域施工作业许可,以及施工地海事、港务、航道、渔政等相关部门的配合手续。

3.1.4 海底电缆敷设工程图纸资料审查工作,是保证海底电缆敷设施工质量和减少其运行安全隐患的前提,主要包括对设计施工图、电缆负荷计算书及其短路热稳定性、施工组织设计方案、施工工艺以及海底电缆敷设海区的地质资料等几个部分的审查,并对照选用海底电缆的性能参数,校核是否能满足相关的安全技术要求。

3.1.6 鉴于海底电缆输电工程施工的特殊性及复杂性,施工单位应编制施工组织设计方案并经过专家或有关部门审查、批准后方可实施。

3.2 作业环境准备

3.2.5 海底电缆铺设或者拆除工程的遗留物,应当妥善处理,不得妨碍海上正常秩序。

3.2.6 施工船穿越航道时,应编制施工作业计划,施工作业时应避开出口及进口的受限吃水船舶进槽时间。海上安全频道应 24h 开启,并设有专人守候接听,保持与外界船舶的联系。

3.3 船舶设备准备

3.3.1 选择电缆敷设船舶时,要考虑的因素有船舶负载能力、操作性能,以及用于放置海底电缆操作设备、接头房、船员居住室等所需的空間。敷设船要有良好的航海性能。驳船和供给船装备相应的敷设设备后,可用于海底电缆敷设。驳船可用拖船或沿海底电缆设计路由上放置的锚拖行,敷设海底电缆。

海底电缆可储存在固定的盘缆台或转盘上。盘缆台有平的圆形或椭圆形表面,放在海底电缆工厂厂房内或海缆船的储缆托盘内。海底电缆经过导引装置放到盘缆台上,导引装置通常用牵引机。采用固定储缆托盘时,海底电缆通过架于托盘高处悬挂或固定的盘缆分绕器放入储缆托盘内。盘绕放缆时,应按海底电缆制造厂家规定,保持放缆后的内圈最小直径。海底电缆敷设与盘绕时操作相反,并且海底电缆应在无内部扭转的状态下落于海底。

4 海底电缆及附件的运输

4.1 过 缆

4.1.1 过缆前试验是由制造商在成品海底电缆的试样上按规定的试验频度进行的试验,以证明成品符合合同或设计要求。工厂验收试验应在每一根电缆全部制造长度上进行。

4.1.2 长度短的海底电缆可用标准电缆盘或超大电缆盘来装缆和运输。大长度海底电缆建议绕成大尺寸电缆圈或转盘,采用过缆作业方式装运。

海底电缆的过缆作业主要有以下几种方法:

(1)电缆厂过缆。将施工船或运输船停靠在海底电缆厂专用码头,海底电缆从工厂的转盘(电缆池)经电缆导轮通过输送桥架、布缆机、退扭架等装置装到海底电缆施工船的转盘(电缆池)内。

(2)整体吊装。利用运输船上的起吊机或浮吊,将整盘海底电缆由运输船吊至施工船甲板上。然后将电缆盘与甲板联结固定,并在施工船甲板上搭设退扭架等设施。

(3)散装过缆。施工船搭设过缆架,安装电缆牵引机,靠上运输船后,由牵引机将盘绕在运输船舱内的海底电缆牵引并盘绕在施工船的甲板上。

对于较短距离的海底电缆,也可采用“8”形盘绕、线盘盘绕等方法进行过缆作业。

4.2 运 输

4.2.1 海底电缆的运输可采取下列方式:

(1)敷缆船直接运输:电缆敷设船直接将海底电缆运输至施工现场。

(2)一般船只运输:无专用海底电缆敷设船运输时,可采用配备海底电缆装运设备的船只运输。

(3)陆地运输:短段海底电缆可通过公路或铁路运输。

4.2.3 运输过程中,海底电缆端部必须密封良好,以防水甚至潮气进入。一旦采用不当的封帽方法或装置,会造成水分侵入,要切除很长的一段海底电缆。海底电缆在运输、敷设和埋设时均不应损坏海底电缆的阻水和防潮结构。

5 海底电缆的敷设

5.1 一般规定

5.1.2 施工船前方 500m 处上下游各设置一艘警戒艇,随施工船一同前进,以指示施工船前方 500m,后方 300m 水域范围内禁止船舶穿越。

5.1.3 海底电缆施工前,还应检查敷设船导航、测深仪、流速仪、风速仪等辅助仪器的性能。

电缆张紧器有多个滚轮对,用控制压力使滚轮对打开或闭合以握住电缆。电缆张紧器是传送电缆和保持张力敷设电缆的必备设备。

转盘为可动的旋转式电缆盘,以最自然的方式释放盘绕的海底电缆。对退扭高度、允许扭转角度有严格限制的充油电缆需要旋转式电缆盘的配合,才能施工。

5.1.5 海洋环境复杂多变,年有效作业时间较短,短时间内的天气变化情况对海上施工组织具有较大的影响。由于施工船舶的抗风能力有限,必须选择符合施工要求的天气进行施工,同时应制定相应的应急预案。海上施工作业时,应在分析气象、海洋水文资料的基础上,根据施工船舶配置情况,对施工时的极限条件进行限定。

现行行业标准《500kV 交流海底电缆线路设计技术规程》DL/T 5490—2014 中规定海底电缆敷设应在潮流小、风浪小、洋流较缓时进行,并应视线清晰,风力小于 6 级。考虑到海上施工的实际情况,6 级以上风速情况下难以保证海底电缆的安全施工作业,将增加海上作业困难乃至海底电缆受损,且当海流流速超过 3m/s 时,施工船舶易出现走锚现象而产生危险,故建议海底电缆施工时风速不宜大

于 6 级,波高不宜大于 3m,海流流速不宜大于 3m/s。

5.1.8 考虑到海底电缆检修需要,海底电缆终端处需要预留至少可以做两个终端头的电缆。在终端附件损坏或终端附近海底电缆损坏情况下,预留部分可用于弥补受损的海底电缆或者更换终端所需的海底电缆。

5.2 陆上段敷设

5.2.1 海底电缆敷设施工中可采用细钢丝编织的牵引网套。用牵引网套住海底电缆端头约 1m,网套的牵引端与牵引设备的引绳相连。牵引设备的拉力使牵引网收缩,产生足够大的摩擦力拉动电缆。

5.2.3 海底电缆陆上段敷设完毕后,应在登陆岸边用钢缆或绳子等措施固定住海底电缆,以防止海底电缆继续敷设时,施工船只将已登陆的电缆部分牵引至海中。

5.3 登陆段敷设

5.3.1 登陆段施工时,敷设船可利用潮位尽量向岸滩接近,甚至搁滩。敷设船应固定在路由轴线上,同时要注意防止潮流变化使船位移动。

登陆方法根据登陆点与施工船距离的远近,登陆海域的地形、水深、潮流的强弱、浅滩的坡度等因素确定。登陆艇登陆适用于登陆距离超过 1000m,风、浪、流速较大的海域;浮球牵引登陆适用于登陆距离不大于 1000m,潮流不大的海域和外径较大、重量较重的海底电缆登陆,但不宜在有礁石的海滩进行。

5.3.2 在穿越珊瑚礁或红树林自然保护区等区域时,可采用定向钻孔的方法避免对环境的损伤。

5.4 海域段敷设

5.4.1 海底电缆敷设过程中,如果电缆配有单层铠装,最大张力

位置在敷设船上张力试图将铠装拉直处。海底电缆底部附近的张力减弱,则该处铠装已趋向松弛。如果电缆海底部分张力过低会造成电缆打圈或扭结。另一方面,海底电缆敷设时应保留一定的最小残余应力以便电缆能紧贴海底而不会产生悬挂。

5.4.2 海底电缆敷设时可利用导航控制海底电缆的路由轨迹。通过测量海底电缆或者敷设船的轨迹,再与设计路由相比较,将其控制在允许的敷设偏差范围之内。

现行国家标准《电力工程电缆设计规范》GB/T 50217—2007 规定主航道内,水底电缆间距不宜小于平均最大水深的 1.2 倍。现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168—2006 规定水底电缆平行敷设时的间距不宜小于最高水位水深的 2 倍。现行行业标准《城市电力电缆线路设计技术规定》DL/T 5221—2005 规定航道内电缆相互间距一般不宜小于最大水深的 2 倍。

具体工程中海底电缆敷设间距应按施工机具、水流流速及施工技术决定。考虑到后期海底电缆修复时所需空间,建议海底电缆敷设间距不宜小于该处最大水深的 1.2 倍。从节约海洋路由资源考虑,应不断探索缩小海底电缆间距的技术措施。海底电缆引至岸边时,相互间距可适当缩小。

5.4.5 无动力船敷设海底电缆时,通常采用移锚行进法,依靠预先敷设在海底电缆路由轴线上的牵引钢缆牵引敷设船前进。采用拖轮绑靠电缆敷设船的方式敷设海底电缆时,拖轮在背水侧顶推纠偏,控制敷设船沿海底电缆设计路由前进。

5.4.7 海底电缆敷设中应控制电缆受力,采用张力器等监控设备了解海底电缆在敷设过程中有无异常受力情况。

5.5 海底电缆保护

5.5.1 由于浅海海域内,海洋环境比较复杂,海底电缆易遭渔捞、船锚等外力破坏,宜采取埋设措施进行保护。国内外的实践说明

埋设措施是保护海底电缆经济有效的方法,把海底电缆埋在海底下,除能防止渔捞、船锚和人为破坏,还能减轻由化学及生物造成的侵蚀。目前国内外在浅海区敷设海底电缆已广泛采用埋设施工方法,而且已取得显著成效。

5.5.2 掩埋保护可采用犁式、水喷式和自走式等各类埋设机进行挖沟作业。

犁式埋设机适用于长距离海底电缆埋设,水喷式埋设机适用于近海浅水区域短距离的埋设。自走式埋设机适用于埋设海底电缆修复段及海底电缆接头处。

边敷边埋的作业方式,埋设机紧接着海底电缆敷设船工作,能够直接将海底电缆从敷设船上送进埋设机中,可减少海底电缆遭到岩石危害。先敷后埋的作业方式,可采用电缆敷设船敷设海底电缆,再租借日租金较低的小型船埋入海底电缆。海底电缆埋设作业所需海上天气合适的持续时间比只敷设而不同时埋入作业时间长得多,建议海底电缆应尽快入水而不受同时开沟的延迟影响。

海底电缆掩埋保护过程中,应有专人监视海底电缆受力情况。必要时,潜水员应水下监护海底电缆放进和取出埋设机的作业。掩埋作业中要随时观察埋深指示、埋设机姿态及海底电缆敷设速度等数据;如有异常情况发生,应及时报告现场指挥,待排除异常后才能继续施工。

5.5.3 加盖保护指在海底电缆上覆盖混凝土盖板、石笼盖板、预制的水泥块、石块等,以保护海底电缆免受外力冲击、礁石磨损等。

1 混凝土压块保护是在海底电缆上覆盖混凝土块体或混凝土充填的袋体。

2 抛石保护通过实施抛石填充形成石料堆积体,保护海底电缆的海床裸露部分以及复杂的海底地质条件下形成的悬空段,避免海底电缆长期振动、疲劳或与海床产生摩擦而造成海底电缆绝缘介质破坏。

裸露于海床的海底电缆,宜采用双层抛石进行保护。先抛一

层粒径较小的石料覆盖海底电缆,然后抛粒径较大的石料形成堆石坝,保证抛石过程中石料不会对海底电缆造成损伤,也使堆石坝在海底具有较好的稳定性。抛石保护所形成的坡角不应大于 30° 。

抛石保护施工前应进行试抛作业,以掌握石块扩散情况,选定起始位置和适宜的移船距离。

5.5.4 由于铸铁套管会产生铁磁损耗,同时覆盖套管后影响了海底电缆的外部散热环境,须校核套管对海底电缆载流量的影响。

5.5.7 海底电缆登平台作业时,需控制电缆弯曲半径,防止电缆向上提升时与平台表面发生过度摩擦而受损。

6 海底电缆附件的安装

6.2 安装要求

6.2.1 海上平台的海底电缆终端制作时,空气相对湿度不宜超过70%。若终端制作区湿度较高,可采取加温干燥的措施或安装合适的空气去湿装置。严禁在大雾或雨中制作海底电缆终端。

制作终端或接头时应有干燥的接头房或帐篷保护,以防风、沙、盐和水滴。

6.2.2 锚固装置使用的材料应具有良好的耐腐蚀性能或防腐措施,其电气性能应符合设计要求。

6.2.6 海底电缆在弯曲刚度不连续处易发生过度弯曲和疲劳。海底电缆进入刚性接头外壳和固定装置的入口或电缆封端进入浮动装置的入口处,会发生过度弯曲或反复弯曲,从而引起海底电缆严重的疲劳损伤。采用弹性材料制成的弯曲刚度增强件,其圆锥形状可渐变的增强弯曲刚度,套在海底电缆上,可保护进入刚性结构体入口处的电缆。

弯曲限制器由很多聚合物材料或金属的联锁铠甲构成。将其套在海底电缆上,可使海底电缆按联锁铠甲的弯曲角度弯曲。

7 附属设备和附属设施

7.0.10 盖板式电缆沟可用砂子、水泥等加以密封、保护,防止海浪冲刷。

7.0.11 海底电缆登陆点穿越海塘、海堤时,应采取可靠的护坡、护堤措施,确保能抵抗海浪的长期冲击。

8 职业健康安全与环境保护

8.1 职业健康安全

8.1.3 海上救生培训包括应急部署、应急撤离、海上待救以及应急通信设备和救生信号的使用方法；救生艇筏操纵主要是封闭式救生艇的基本操纵方法和气胀式救生筏的使用方法。应急逃生包括救生衣的使用、救生筏的释放、应急门、窗开启的时机与要求等。

8.1.4 规定海底电缆工程作业人员应具备的基本条件，海上作业人员均应持有“海上求生”、“海上急救”和“救生艇筏操纵”等安全培训证书。

8.2 环境保护

8.2.2 要求施工单位配置防污设备和器材是防止施工作业区域环境污染最基本的保护措施。

8.2.3 海上施工作业前，应根据施工现场的水文、地质、气候、地形、交通等情况制定详细可行的环境保护计划，计划应包括：工程概况、初始环境评价、环境监测（含监测内容、监测频率、监测方法和方式、监测仪器原理等）、环境保护措施等。

施工完毕后恢复地貌，及时清理海底电缆路由周围各类施工废弃物，做到现场整洁、无杂物。

9 施 工 验 收

9.1 资 料 验 收

9.1.2 施工组织设计方案必须根据海洋勘察报告和设计文件编制,且必须满足海域使用的相关要求。

海底电缆施工作业人员数量应满足施工的需要,施工管理人员及特殊工种人员的资格须报审合格。

作业时间应根据海上天气、风浪、潮汐、潮流、季节等因素合理安排。

9.2 随 工 验 收

9.2.4 在海底电缆敷设之前,必须检查施工使用的各种仪器仪表是否已经校对,部分仪器还必须具有相关资质单位出具的检定证书,保证施工作业中采集的各类数据的准确性。

9.2.6 海底电缆在敷设检验过程中,要根据批准的施工组织设计方案及施工工艺,对敷设过程及各种参数进行严格控制,使其在规定的偏差范围之内。

海底电缆施工路由偏差的要求主要取决于施工船的操纵性能和定位精度。海底电缆的敷设要求布放的海底电缆顺着海底的地形起伏布放或埋于海底,使海底电缆不存在较大的张力或发生悬空现象,同时也要避免余量过多,使电缆弯曲松弛在海底而易受渔捞和锚具钩挂。

由于海底电缆在敷设过程中会受到拉力、冲击力和弯曲等各种机械力的影响,且海底电缆入水后又受到海水的压力作用,因此在海上放缆施工过程中应利用张力计等仪器每隔半小时监测海底电缆受力等状态。当发现监测数据异常时,除记录下测试数据外

还应记下时间,以便分析故障出现的海域位置。

海底电缆的埋设质量检查,除了通过船上监测仪表监视埋设机在水下的工作姿态和埋设深度等外,必要时应进行埋设效果抽查。抽查可以采用潜水员海底探摸或水下遥控装置(ROV)检查等方式。

9.3 整体验收

9.3.1 整体验收是在施工结束后,对整个海底电缆线路施工过程的验收。

9.3.3 海底电缆验收人员应具有良好的身体素质,具备一定的海上救生知识;验收组织单位应配备必要的救生人员及设备,并提供后勤保障。

9.3.4 对于重要的海底电缆输电工程,选择其中施工工艺特殊、海底状况复杂或埋设效果不理想区段进行敷设后调查,一般采用ROV调查。