

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.04.020

海岛电力通信光缆运维技术研究

李懿¹, 吴侃侃², 刘黎军¹, 叶君华¹, 刘哲豪³

(1. 国网浙江省电力公司舟山供电公司, 舟山 316021; 2. 国网浙江省电力公司, 杭州 310008;
3. 浙江大学海洋学院, 舟山 316021)

摘要: [目的]开展电力通信光缆运维技术研究对维护电网安全具有非常重要的现实意义。[方法]文章选取浙江舟山群岛为典型研究对象,根据海岛电网特点,针对海岛电力通信光缆运行维护工作进行详细探讨,介绍了各种常用光缆的运行现状,分析了其运维过程中存在的问题。[结果]研究表明:海岛电力通信工程优先选用独立光缆,光电复合缆仅作为线路监控使用。[结论]解决措施与处理建议为实现跨海电网的高效生产管理提供有益的启发和参考。

关键词: 海岛地区; 通信光缆; 运行维护; 安全稳定

中图分类号: TM732

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)04-0130-05

Research on the Operation and Maintenance of Communication Cable in Islands Power Grid

LI Yi¹, WU Kankan², LIU Lijun¹, YE Junhua¹, LIU Zhehao³

(1. State Grid Zhoushan Power Supply Company, Zhoushan 316021, China;
2. State Grid Zhejiang Electric Power Company, Zhoushan 310018, China;
3. Ocean College, Zhejiang University, Zhoushan 316021, China)

Abstract: [Introduction] It is of great practical significance to carry out the research on the operation and maintenance technology of power communication cable. [Method] Based on the typical research of Zhoushan archipelago, according to the characteristics of island power grid, this paper discussed the operation and maintenance of coastal communication cable, introduced the operation status of various common optical cables, and analyzed the problems existing in the operational and dimensional process. [Results] The results show that the independent optical cable is preferred in island power communication project, and the optoelectronic composite cable is only used as line monitoring. [Conclusion] It puts forward some suggestions and countermeasures, provides some beneficial enlightenment and reference for the efficient production management of cross-sea power grid.

Key words: marine area; communication cable; operation and maintenance; security and stability

电力通信线路如同电力系统的神经网络,直接担负着调度控制、设备运检、基建施工、营销客服以及行政管理等重要信息的传递和反馈,是电网内各功能单元之间互联互通的唯一纽带。

经过几十年发展,电力通信技术取得较大进步,已与电力工业深度融合,构成支撑智能电网建设的关键业务基础。由于具备单位质量轻、传输衰减减小、抗干扰能力强、保密性好等优点,当前,电

力通信光缆已取代电缆、高压电力线和微波等,成为现代电网通信线路的主要载体。

舟山地处海岛,地质条件特殊,气象特点鲜明,电力通信光缆的运维工作与内陆地区相比存在较大不同。除 OPGW 光缆、ADSS 光缆和普通光缆之外,舟山电网还拥有大量的独立海底通信光缆和海底复合光缆。在海岛地区,电力通信光缆通常沿着输电线路在各岛屿之间跨海而行,遭受台风、雷电、盐雾等恶劣气象环境以及过往船只锚泊的侵害机率较大^[2]。做好电力通信光缆运行维护,保证业务顺利畅通是海岛电网生产管理的重要工作。

1 地理环境与气象条件

舟山群岛位于长江和钱塘江入海口,共有岛屿1 390个,境内港湾众多,丘陵广布,航道纵横,是我国著名的渔场和旅游胜地。海岛地形起伏,地势由西南向东北倾斜,中央绵亘山脊或分水岭,海拔一般在200~300 m之间,山间和海滨分布有小块平原。海岸线蜿蜒曲折,以基岩和泥质海岸为主,少量砂质海岸。海底多以粘土质与粉砂质软泥等细微颗粒沉积混合物构成,为东海大陆架的延伸部分。

舟山海域隶属宁波舟山港区,地处长江经济带与沿海运输国际航道交汇点,江海联运业务繁忙,水文条件复杂。沿岸水域流速大,流态多样,局部存在涡流和切变流。

综合纬度关系、地形地势、季风以及洋流等多重因素影响,舟山全年呈现北亚热带南缘季风海洋型气候特征,温暖湿润,冬暖夏凉,光照充足,但在夏季较易受台风和雷电天气侵袭,并时常伴有伏旱,冬季多浓雾和寒潮大风^[1]。

1.1 海岛电网概况与通信特点

舟山电网是浙江省十一个地市电网中唯一的海岛电网,通过4回220 kV交流线路、3回110 kV交流线路和±50 kV直流线路与大陆电网相联,共拥有220 kV变电站5座,±200 kV柔性直流输电工程换流站5座,110 kV变电站28座,35 kV变电站26座,用户变26个^[2]。

截止目前,电力通信光缆已覆盖至以上各站点,电网直属单位及直调厂站光纤覆盖率达到100%。舟山共拥有电力通信光缆2 148.7 km,其中OPGW光缆963.7 km,ADSS光缆76.5 km,普通光缆493.3 km,海底光缆615.2 km。舟山电网的变电站多分散在各海岛之上,站间联络通信线路由于地理环境等原因较易受到损害,考虑到其目前尚无备用路由作为容灾通道储备,故而多采用与移动联通信等运营商置换光缆或2 M电路方式接入系统,进而达到补强网络的目的。

2 海岛电力通信光缆工况分析

2.1 OPGW 光缆

光纤复合架空地线(即OPGW光缆)不但能通过其内部的光纤传输数据信息,还可以作为避雷线

起到输电线路防雷功能。OPGW光缆一般与新建线路工程同步架设,检修和改造时必须停电作业。近年来,舟山的OPGW光缆运行总体安全稳定,但也存在若干隐患和缺陷。

随着电网规模增大,原有线路的开口T接日渐增多,随意的开口T接给OPGW光缆带来一定危害,引起其抗机械强度、接续盒防腐水平和密封性能的下降。个别光缆线路的接续盒安装不正确,未固定在输电铁塔主材上。若遭遇台风或寒潮,安装不合格,容易引起震动,导致接续盒内纤芯散落光缆损耗增加甚至造成断纤事故^[3]。在输电工程前期设计阶段,应增大对路径的严格审查,尽量避免随意开口和T接的产生。在日常巡视阶段,需加强对接续盒的安全检查,掌握最新资料,发现问题,及时更换补强,以提高OPGW光缆的使用寿命和保护能力。

在变电站中,OPGW光缆在每一熔接点铁塔处使用引下线夹固定光缆,通常每隔2 m左右设置1个,确保OPGW光缆引下线无摆动。这样处理虽然不会对OPGW光缆造成机械损伤,但是由于OPGW光缆与法兰处之间相距太近,容易造成与门型架接触放电,损伤光缆,如图1所示。此类问题较为普遍,不止舟山,在浙江全省各地均有所存在。技术改造工程需关联修试、变电和输电等多个专业,应纳入年度计划,对输电线路逐条停电后方可实施。



图1 光缆与法兰距离过于靠近

Fig. 1 The short distance between the cable and the flange

当前,舟山电网的35 kV和110 kV变电站,在站内柱型门架上普遍采用余缆架安装固定OPGW光缆,220 kV变电站则多使用不锈钢余缆箱并且有可靠接地。OPGW光缆与变电站内金属门架通过接地线直接相连接,无绝缘子隔离。站内门架有镀锌

扁铁可靠接地,并标有国网规范的接地标示^[4-5]。然而,部分变电站内的个别 OPGW 光缆和余缆架存在未接地现象。

虽然 OPGW 光缆引下线尚无发现烧伤痕迹,但是为防范于未然,建议将变电站内无金属引入光缆通过镀锌钢管接至变电所电缆沟,全程加套保护子管敷放至主控室通信屏柜^[6]。

2.2 ADSS 光缆

全介质自承式光缆(即 ADSS 光缆)的张力承载元件主要为涤纶纤维,具备造价低、安全性高、易维护等优点,施工和运维与电网关联度小,可在输电线路带电情况下进行操作。

经过巡检排查,发现问题可归结为两类:一是受电腐蚀影响造成断缆;二是悬垂金具处光缆与铁塔摩擦损伤光缆。

ADSS 光缆受电腐蚀影响发生断裂,故障点往往在悬垂预绞丝金具与 ADSS 光缆连接处。海边平时风浪大和盐污重,ADSS 光缆在野外经历长时间运行后容易在其外护套表层堆积产生污垢。当与输电线路水平同杆挂设时,由于电磁场作用,铁塔预绞丝金具与光缆之间出现电势差,光缆表层产生微电流,微电流经金具端流至铁塔接地端,形成放电现象,引起电腐蚀。长期的电腐蚀影响容易造成光缆的外护套老化脱落,光缆加强件涤纶纱外露,抗拉强度大大下降,加之风击振动和弧垂张力作用,最后导致 ADSS 断缆。

除电腐蚀影响造成断缆外,由于工程建设时的安装不到位,在悬垂金具处光缆与铁塔较劲受风偏与张力的影响,光缆与铁塔发生摩擦,造成光缆表层受到损伤,如图 2 所示。建议在设计和安装过程中,合理选择 ADSS 光缆挂点,在可能与光缆发生摩擦的铁塔上采取双悬垂金具挂点方案,并在现场施工时注意细节和要点把握,规范操作,避免磨损出现,提前预防断缆发生。

2.3 普通光缆

普通光缆分为架空光缆和地下光缆,而地下光缆又分为管道光缆和沟道光缆两种。现阶段,舟山地区普通光缆运行压力较大。浙江舟山群岛新区建设推进,大量市政施工上马,普通光缆受外力破坏的事件数量呈上升趋势,且影响较重。个别架空光缆挂钩脱离,光缆连同接续盒下垂,导致安全距离不足,随时存在被过往车辆钩带断裂的危险。管道



图 2 悬垂金具处光缆与铁塔发生摩擦

Fig. 2 Friction between the cable and the tower in the suspension line clamp

光缆的危险点基本集中在施工现场附近。在大型工程车辆轮番碾压下,部分光缆管道已外露或已移位变形、破裂。虽然工程车辆进出场所一般均建有带标石和警告标示的管道路基,但是周围无任何附加的保护措施,舟山春、秋两季多雨,连日降水会引起土质松软,在光缆管道埋深不够情况下,极易出现管道被压扁,路基沉降,光缆因路基沉降后被压扁弯曲受力,管道光缆及其保护子管被迫位移变形而断裂等情况,如图 3 所示。



图 3 光缆错位变形导致断裂

Fig. 3 The dislocation of optical cable leads to fracture

与此同时,普通光缆在户外电缆沟内被老鼠啃咬损坏事故也时有发生。海岛上林木繁茂,气候潮湿,电缆沟内昏暗无光,十分适合鼠类的繁殖生长。鼠害危害多发生在每年春、夏两季,与其换牙周期相吻合。建议对电缆沟周围封堵不严区域进行加装封堵,整理井内预留光缆,并在里面投放鼠药或装设挡鼠板防止小动物磨牙撕咬光缆。

2.4 海底光缆

海底光缆的规模化使用是舟山电力通信的一个特色。海底光缆安全运行始终是海岛电力通信

的关键工作。目前, 海底光缆受损中断事件时有发生, 某些早在投运前基建施工阶段就已损伤继而断纤, 而某些则是在投运后遭受外力破坏引起断纤。

海底通信光缆包括独立海底光缆和海底光纤复合电缆(即光电复合缆)两个类型。近年来, 光电复合缆使用较为广泛, 其暴露的问题也相对较多。光电复合缆将电能输送和信号传输与整合于一体, 充分利用光纤传输信号不受电磁场干扰的特点, 将若干光纤单元放置于电缆电力芯间的空隙中, 传输信息, 实现通信联络和远端控制^[3]。

光电复合缆的问题与其设计结构存在直接关系。光电复合缆内的光纤单元通常包裹在其铠装层的外侧, 且未采用高强度光纤, 抵御外力作用能力较差。在光电复合缆敷设过程中, 由于施工船上电缆绞盘尺寸大小所限, 使其被弯曲和拉伸的程度较大, 在下水过程中受到的施工张力和海底洋流运动推力远大于其光纤筛选应力, 造成光纤单元受损, 甚至直接引起断纤。此外, 投运后光电复合缆的温升变化对其使用寿命和传输性能也存在一定影响。

投运后的外力破坏多数源自过往船只在海缆通道两侧禁锚区的违规锚泊钩断。海底洋流涌动, 地貌和水文均较为复杂, 工程实施过程中的路由扫海、炸礁开挖以及埋设保护等处理步骤未必能做得完全到位, 在常年累月的海浪冲刷和基岩磨损下, 某些区域(尤其在海底光缆登陆点)甚至出现通信光缆故障中断而输电电缆仍正常运行的状况。

为防止全岛失电情况发生, 跨海输电线路往往不可能轻易停电, 加之海上作业修复难度大、耗时长弱, 受损海底光缆线路不可能在短时间完整修复, 岛屿间的电力通信只能依靠启用备用光缆或迂回光纤路由来维持支撑。备用设备和路由若在此时也发生故障, 则将会致使该片区电力业务的彻底中断, 触发电网安全生产事故。海底光缆线路施工检修作业如图4所示。

海底光缆的推广使用是未来岛屿间站点通信的必然趋势。舟山电力通信建设管理, 不仅要在运行维护时加强巡查力度, 还应考虑到技术局限, 在线路设计建设过程中, 优先选用独立海底光缆。光电复合缆可不作为通信传输的主要手段, 而只用于对



图4 海底光缆线路施工检修作业

Fig. 4 Construction and maintenance site of submarine cable

海底电缆的监控保护。

同时, 可针对自身特点研发或添置若干新型设备。在联合开发打造先进海缆施工船同时, 鉴于舟山现有普通 OTDR 不能监测海底光缆所受应力变化的实际情况, 建议购置增设若干 B-OTDR 设备以实现对海缆应力变化的动态监测, 确保海底光缆运行的安全稳定^[7-9]。

3 对策措施与意见建议

海岛电力通信光缆的运行维护必须坚持安全第一、预防为主方针, 不断总结得失, 积累经验。首先, 通过全面的线路巡视, 更新完善技术台账, 排查治理潜在隐患, 寻找在设计和施工过程中可能遗留的不足。其次, 对于出现故障的光缆线路, 通过日常维修和应急抢修处理排障, 尽早恢复业务畅通。在具体实施上, 需要特别做好以下四个方面的工作。

1) 结合输电线路停电检修, 对 OPGW 光缆接续盒进行开盒检查。检查光缆接头盒密封良好, 并且无腐蚀、损坏或变形等异常情况, 防止由于引入缆封堵不严或接续盒安装不正确造成盒内进水结冰导致光纤受力引起断纤故障。同时, 做好进站光缆及引下线接地方式的优化设计和技术改造^[4-5]。

2) 加强 ADSS 光缆设计、施工和验收等环节的工程管理。在光缆敷设时不仅要选择适宜悬挂点, 还应对其进行力学校验, 进行必要加固后方可加挂。ADSS 光缆与输电线路同塔(杆)架设, 周围存在高压电场, 受到电腐蚀侵害在所难免, 建议组织技术攻关, 研究优化耐电腐外护套和防腐方案, 在源头上预防断缆事故的发生。

3)根据普通光缆运行工作特点,在事故易发地点和路段增设警示识别标志和加固保护装置。加大日常巡检力度,把握光缆线路沿线工程进度,对施工单位做好电力设施保护和安全知识宣传,告知其在作业时,必须与电力通信光缆设施保持的一定的安全距离。对已威胁光缆安全的施工作业,借助发挥警企联动机制,对其立即予以叫停。

4)对于海底光缆频繁受损现状,在加强与海事、港监、边防等政府部门单位联络协调的基础上,利用现有的海缆监测平台增强实时监控能力,对禁锚海域展开全天候巡视,一旦发现情况,立即警告驱离,防止船只锚损事件重复发生。及时修复受损海底光缆,对承载有继电保护、图像监控和视频会议等业务的海底光缆提前做好相关的应急预案。

4 结论

能源安全事关国家经济社会发展全局。建设坚强智能电网,实现全球能源互联既是我国电网发展的目标,又是落实国家整体能源战略的要点。在增加信息业务量和扩大工作范围的同时,智能电网建设的持续推进势必对电力通信系统的安全性、实时性和可靠性提出更高要求。保障通信光缆线路的联络顺畅,防止梗塞和中断出现,不但对于电力通信系统本身,而且对于整个电网系统均具有非常重要的现实意义。

海岛电力通信光缆运维技术,应以增强抗灾防灾能力为主要目的,立足于电网发展建设,既吸收陆地光缆巡视检修的有益经验,又要熟悉沿线海洋水文气象条件,掌握海缆登陆点和周边海域地质地貌特点、路由区经济开发保护进展以及运维队伍人员装备状况,多措并举,实现电力通信资源的优化配置和高效利用。

参考文献:

- [1] 李懿,韦立富,赵勇,等. 海岛地区输电线路防雷工作的分析探讨[J]. 浙江电力, 2017, 36(1): 14-18.
LI Y, WEI L F, ZHAO Y, et al. Analysis and discussion on lightning protection of transmission line in marine area [J]. Zhejiang Electric Power, 2017, 36(1): 14-18.
- [2] 李懿,刘明康,卜建,等. 海岛电网安全稳定性分析和对策研究[J]. 电气应用, 2015, 34(1): 82-87.

LI Y, LIU M K, BU J, et al. Security and stability analysis and countermeasures research of islands power grid [J]. Electro-technical Application, 2015, 34(1): 82-87.

- [3] 刘黎军,马静雅,叶君华,等. 长距离海岛间电力应急无线通信系统研究[J]. 电力信息与通信技术, 2016, 14(7): 29-31.
LIU L J, MA J Y, YE J H, et al. Research on wireless optical communication system for power emergency communication between long distance islands [J]. Electric Power Information and Communication Technology, 2016, 14(7): 29-31.
- [4] 国家电网公司. 电力通信现场标准化作业规范: Q/GDW 721—2012 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
- [5] 国家能源局. 电力应急通信技术规程: DL/T 5505—2015 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [6] 沈远飞. 论通信电源运行维护问题[J]. 通信电源技术, 2014, 31(2): 107-108.
SHEN Y F. Discussion on the problems of the communication power supply operation and maintenance [J]. Telecom Power Technology, 2014, 31(2): 107-108. 0.
- [7] 李利,卓越. 基于通信传输网链路不对称算法改进[J]. 南方能源建设, 2014, 1(1): 62-65.
LI L, ZHUO Y. An Improved algorithm based on the asymmetric of communication transmission links [J]. Southern Energy Construction, 2014, 1(1): 62-65.
- [8] 张维,张浩,鲁丽娟,等. 关于智能交流变电站预制光缆针脚定义应用研究[J]. 南方能源建设, 2016, 3(增刊1): 116-121.
ZHANG W, ZHANG H, LU L J, et al. Research on the application of the pin definition of prefabricated optical cable in smart substation [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3 (Supp. 1): 116-121.
- [9] 王晓晖. 新一代载波通信技术在智能配电网的研究与应用[J]. 南方能源建设, 2015, 2(增刊1): 168-173.
WANG X H. A new generation of carrier communication technology with the research and application in intelligent grid [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(Supp. 1): 168-173.

作者简介:



LI YI

李懿(通信作者)

1983-,男,浙江绍兴人,高级工程师,硕士,主要从事海洋输变电技术与智能电网建设工作(e-mail)498896210@qq.com。

(责任编辑 高春萌)