

新能源升压站电缆敷设施工工艺优化研究

谢俊佳

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 浙江 杭州 310000

摘要:为解决新能源升压站传统电缆敷设施工布线杂乱、操作不规范、防护接地不到位、施工效率低、耗材损耗大等问题,本文系统分析传统施工工艺流程及现存问题与成因。依托BIM技术、自动化施工设备,从前期规划、核心工序、防护接地、收尾验收四大维度优化施工工艺。通过工程实践验证,优化工艺可有效提升施工质量与效率,降低耗材成本与运维故障概率,可为新能源升压站电缆标准化、精细化施工提供参考。

关键词: 新能源; 升压站; 电缆敷设; 施工工艺优化

引言: 新能源电力产业快速发展,升压站作为电能汇集、输送的核心枢纽,其电缆敷设施工质量直接关乎电站运行稳定性与安全性。当前多数升压站沿用传统变电站施工工艺,适配性不足,普遍存在布线混乱、信号干扰、防护薄弱、施工管控缺失等问题,易引发电气故障与安全隐患。为适配新能源电站复杂工况,解决传统施工短板,本文开展电缆敷设施工工艺优化研究,旨在完善施工体系,提升施工质量与经济效益,保障电站长期稳定运行。

1 新能源升压站电缆敷设施工基础理论与现状分析

1.1 新能源升压站电缆敷设施工基础概述

(1) 升压站电缆分类及功能: 依据电压等级可将升压站电缆划分为高压动力电缆、低压控制电缆、通信电缆三类,各司其职。高压动力电缆主要承担电站电能输送任务,是电力传输的核心载体;低压控制电缆负责各类电气设备的启停、调控操作;通信电缆专注于电站运行信号、数据的传输,三类电缆技术标准不同,对应施工技术要求存在明显差异。(2) 电缆敷设施工核心原则: 施工全过程需严格遵循五大核心原则,即安全可靠、布局规整、节约耗材、便于运维、适配电站工况。全方位保障电缆敷设质量,规避运行隐患,确保电缆可长期稳定、高效运行,同时兼顾施工经济性与后期运维便捷性。(3) 施工质量核心指标: 施工质量由多项关键指标把控,主要包含电缆敷设平整度、弯曲半径合格率、保护层完整度、接地可靠性、线路损耗控制精度等,各项指标直接决定升压站电气系统的运行稳定性与使用寿命。

1.2 传统电缆敷设施工工艺流程

(1) 施工前期准备: 正式施工前需完成现场勘测、电缆参数核对、施工机具筹备工作,结合电站实际工况编制专项施工方案,并落实全员技术交底,明确施工标

准与安全规范。(2) 核心施工工序: 核心工序涵盖电缆桥架安装、电缆放线牵引、分层敷设、固定绑扎、端头处理、接地安装及现场清理,各工序环环相扣,需按标准流程有序推进。(3) 后期验收工序: 施工完成后开展验收工作,依次进行外观检查、绝缘测试、线路核验,排查施工隐患,完成质量验收并整理资料归档^[1]。

1.3 现阶段施工工艺现存主要问题

(1) 布线工艺问题: 敷设路径规划缺乏科学性,易出现电缆交叉、缠绕、挤压问题,高低压电缆混敷现象普遍,极易引发信号干扰,同时留存电气安全隐患。(2) 施工操作问题: 人工放线力度把控不均,易造成电缆拉伸、扭曲、外皮破损,且普遍存在弯曲半径不达标、绑扎间距不规范等问题,大幅缩减电缆使用寿命。(3) 防护与接地问题: 电缆穿墙、穿楼板封堵不严,户外电缆防水、防晒、防腐蚀防护措施不足;接地施工不规范,接地电阻不达标,电站防雷防静电性能薄弱。(4) 成本与效率问题: 缺乏标准化施工管控,电缆余量把控不合理,耗材损耗严重;人工操作随机性强,施工返工率高,整体施工效率偏低。

1.4 工艺问题成因分析

(1) 技术层面: 目前暂无适配新能源升压站的专项施工工艺标准,施工多沿用常规变电站工艺,与新能源电站特殊工况适配性不足。(2) 人员层面: 施工人员专业水平参差不齐,对新能源电缆专项施工规范掌握不扎实,精细化施工与标准化作业意识薄弱。(3) 管控层面: 施工质量管控体系不完善,各工序监督检查不到位,缺乏全覆盖、全过程的动态施工管控机制。

2 新能源升压站电缆敷设施工工艺优化方案

2.1 施工前期规划工艺优化

(1) 精细化路径规划: 针对传统施工路径规划随意、线路交叉干扰等问题,优化前期规划模式。结合新

能源升压站设备布局、空间结构及野外复杂工况环境,引入BIM技术开展三维模拟敷设作业,全方位推演电缆敷设全过程。通过模型精准规避高危施工区域、设备密集干扰区域,独立划分高压动力、低压控制、通信电缆专属敷设区域,彻底解决高低压电缆混敷问题,实现敷设路径最短、布局最优、干扰最小的规划目标。(2)电缆参数精准匹配:结合升压站实际电压等级、设备负荷容量、敷设场景差异,精准匹配电缆型号与规格。摒弃传统经验式选材模式,依据工况数据精准核算电缆敷设余量,优化余量设计标准,杜绝余量过大造成的耗材浪费,以及余量不足引发的施工返工、线路紧绷等问题,有效降低施工耗材损耗,提升电缆敷设适配性与经济性^[2]。(3)前置技术与机具优化:完善新能源升压站专项技术交底制度,摒弃通用化交底模式,针对电缆敷设重难点、特殊工况施工要求、规范标准开展专项岗前培训,提升施工人员专业能力。同时优化施工机具配置,替换传统人工放线工具,采用轻量化、自动化放线设备,减少人工操作带来的力度不均、布线偏差等误差,为标准化施工奠定基础。

2.2 核心敷设工序工艺优化

(1)分层分区敷设优化:制定标准化的高低压、强弱电电缆分层分区敷设规范,明确桥架各层级敷设间距、电缆排布顺序与分区边界。严格落实动力电缆、控制电缆、通信电缆分层布设要求,杜绝不同类型电缆混敷、交叉重叠问题,从根源解决信号干扰、线路挤压损伤等隐患,保障整体布线规整、有序、规范。(2)放线与牵引工艺优化:改变传统纯人工放线模式,采用机械匀速牵引搭配人工辅助校正的协同施工方式。在牵引设备上加装张力实时监控装置,动态把控牵引力度,严格控制电缆拉伸幅度,杜绝电缆拉伸变形、芯线受损、外皮破损等问题。同时统一各规格电缆弯曲半径施工标准,全程规范施工操作,保障电缆结构完好,延长设备使用寿命。(3)绑扎与固定工艺优化:统一电缆标准化绑扎间距、固定方式,优先选用绝缘、耐磨、耐腐蚀的专用绑扎材料。针对敷设场景差异制定差异化施工标准,细化水平敷设、垂直敷设、转角敷设、桥架端头敷设等不同场景的固定工艺,有效规避电缆长期运行中出现的松动、移位、下垂等问题,提升线路敷设稳定性与规整度^[3]。

2.3 防护与接地工艺优化

(1)防水防腐防护优化:针对户外露天、地下预埋、穿墙穿楼板等特殊敷设场景,优化孔洞封堵施工工艺,采用新型高分子密封防水材料替代传统封堵材料,

提升封堵严密性,杜绝雨水、潮气渗入。针对荒漠、潮湿、盐碱等特殊地区升压站,在电缆外层增设专用防腐蚀、抗老化防护层,强化电缆环境适配能力,抵御外界环境侵蚀,降低线路故障概率。(2)防雷接地工艺优化:优化电缆屏蔽层、铠装层的接地布设方式,统一接地搭接长度、焊接及固定施工标准,规范全站点接地施工流程。精准检测并控制接地电阻值,确保完全符合新能源电站施工规范,有效提升升压站电缆系统的防雷、防静电及抗电磁干扰能力,保障电站电气系统安全稳定运行^[4]。(3)防火工艺优化:聚焦电缆桥架、竖向竖井、墙体孔洞、设备接口等关键防火部位,升级防火封堵工艺,选用阻燃、耐火性能更强的新型防火封堵材料。严格划分电站电缆防火分区,完善分区封堵、隔断防护工艺,有效阻隔火势蔓延,杜绝电缆火灾连锁事故,全面提升电站消防安全等级。

2.4 施工收尾与验收工艺优化

(1)端头处理工艺优化:制定电缆端头标准化施工流程,严格规范剥切、清洁、压接、绝缘包裹全工序操作。严控端头剥切力度,避免损伤芯线,统一压接工艺标准,做好绝缘密封防护,彻底解决传统施工中芯线外露、压接不实、绝缘失效等隐患,提升电缆接头的密封性、稳定性和安全性。(2)标准化验收流程优化:建立分项、分步、分层的全过程验收机制,摒弃传统整体粗放验收模式。针对电缆敷设规整度、弯曲半径合规性、防护封堵完整性、接地可靠性、线路绝缘性能等核心指标逐项检测核验,细化验收标准、明确验收责任,实现施工质量全方位把控,确保施工完成即达标,减少后期整改返工^[5]。

3 新能源升压站电缆敷设施工优化工艺工程应用与效果分析

3.1 工程应用概况

(1)工程基本信息:本次选取某新能源升压站作为示范应用工程,电站电压等级为110kV,整体建设规模适中,场地处于户外开阔工况,存在昼夜温差大、风沙侵蚀等环境特点。工程涵盖高压动力、低压控制、通信等多类型电缆敷设作业,电缆敷设总长度大、线路节点多、交叉点位密集。施工重难点集中在高低压电缆分区布设、户外电缆防护、接地工艺标准化施工以及精细化放线管控,对施工工艺规范性和环境适配性要求较高。

(2)施工应用方案:本次工程全面落地前述优化施工工艺,严格执行前期BIM路径规划、参数精准匹配、机具前置优化等流程。施工团队配置专业技术人员、现场管控人员及标准化作业班组,配套自动化牵引设备、张力监

测装置、精准检测仪器等新型机具。全过程落实分项工序管控要点,从路径布设、敷设作业、防护接地到收尾验收,实行标准化、流程化、精细化管控,保障优化工艺落地到位。

3.2 优化工艺施工质量效果分析

(1) 外观质量对比:相较于传统施工工艺,优化工艺通过BIM路径规划和分层分区敷设,彻底改善了电缆交叉、缠绕、挤压等问题。电缆整体敷设排布整齐、弧度均匀,弯曲半径统一规范,外皮破损、磨损问题大幅减少,外观规整度显著提升,彻底解决了传统施工布线杂乱、成型质量差的通病。(2) 性能指标对比:对两种工艺施工后的电缆核心性能进行检测,优化工艺施工的电缆绝缘层完整性更好,绝缘电阻数值稳定达标,接地电阻控制精度更高,完全符合电站施工规范。同时,高低压电缆分区敷设有效规避了电磁干扰,设备信号传输连续稳定,相较于传统工艺,电气运行核心指标合格率大幅提升,设备运行基础更可靠。(3) 故障隐患防控效果:工程完工后开展初期隐患排查,优化工艺施工区段封堵严密、防护到位、接地可靠,无松动、漏电、信号异常等隐患。对比传统工艺施工区段,线路机械损伤、接地不规范、防护失效等故障发生率显著降低,有效提升了升压站电缆系统的安全防控能力,从施工源头规避多数常见质量隐患。

3.3 施工效率与经济效益分析

(1) 施工效率分析:优化工艺依托标准化流程和自动化机具,减少了人工操作偏差与现场整改工作量。相较于传统施工模式,工程整体施工工期有效缩短,各工序衔接更加顺畅,施工返工率大幅下降,极大提升了现场整体施工效率,适配新能源电站快速建设的需求。

(2) 耗材成本分析:通过前期精准参数匹配与余量优化设计,有效杜绝了电缆过度预留、随意裁切等问题。电缆主材损耗率明显降低,绑扎材料、封堵材料等辅助耗材使用更加合理,减少了材料浪费,直接降低工程施工耗材成本,提升施工经济性。(3) 长期运维效益分析:优化工艺大幅提升了电缆敷设质量与防护性能,电缆使用寿命得以延长,后期线路老化、故障、破损问题大幅

减少,有效降低了运维检修频次与人工、物料成本。同时稳定的线路工况减少了设备停机、信号异常问题,保障电站持续稳定发电,具备良好的长期运维经济效益。

3.4 工艺应用存在的问题与改进建议

(1) 现场应用现存问题:优化工艺包含BIM建模、张力管控、标准化精细施工等内容,部分工序操作流程相对复杂,对施工人员专业能力要求较高。现场部分一线人员对新型机具、数字化规划工艺掌握不足,实操熟练度偏低,复杂工况下工艺适配性仍有提升空间,短期落地效率受到一定影响。(2) 后续工艺改进建议:针对现存问题,持续优化工艺流程,简化现场复杂操作工序,形成简易化、标准化作业指导书。升级适配现场工况的便携自动化机具,降低人工操作难度。常态化开展专项技能培训,强化人员对优化工艺、新型设备的实操能力,同时完善新能源升压站专属施工标准,进一步提升工艺通用性与适配性。

结束语

本文结合新能源升压站施工特性,针对性优化电缆敷设全流程施工工艺,有效解决了传统施工的各类痛点问题。工程应用表明,优化工艺在施工质量、作业效率、成本管控及安全防控方面均具备显著优势。同时,研究发现新工艺落地存在人员实操不足、工序复杂度较高等问题。后续需简化作业流程、强化人员培训、完善施工标准,持续提升工艺通用性与实操性,助力新能源电力工程高质量建设。

参考文献

- [1]王强,李伟,张磊.电力电缆施工工艺优化研究[J].电力建设,2021,42(3):45-52.
- [2]赵鹏,孙丽.基于BIM技术的电缆敷设路径优化方法[J].建筑科学,2022,38(6):112-118.
- [3]孔德龙.光伏发电工程项目中电缆敷设和接线施工方法分析[J].中华建设,2024,23(8):157-159.
- [4]李辉.基于BIM的大型光伏电站阵列区电缆敷设设计优化研究与应用[J].工程建设与设计,2024,19(10):98-100.
- [5]张立军.水面光伏电站柔性连接电缆敷设方案探讨[J].安徽电气工程职业技术学院学报,2023,28(4):79-86.