

复杂环境条件下电力工程施工要点与技术优化策略

隋江涛

济南时祺安全技术咨询服务有限公司 山东 济南 250000

摘要: 电力工程施工常面临山地、高海拔、沼泽、城区受限空间等复杂工况,恶劣环境与场地限制大幅增加施工难度,易引发质量缺陷与安全隐患。本文结合各类复杂施工环境的特征,梳理勘测勘察、基础施工、杆塔架设、设备调试及现场安全管控的核心施工要点,分析当前施工工艺适配性不足、装配技术滞后、防护措施薄弱、数字化程度偏低等现存问题,针对性提出工艺改良、技术升级、设备优化及绿色施工等优化策略,可为复杂环境电力工程提质增效、安全施工提供实践参考。

关键词: 复杂环境; 电力工程; 施工要点; 施工问题; 技术优化

引言: 随着电力电网建设范围持续拓展,特殊地形与恶劣气候条件,对电力基础施工、线路架设、设备安装等工序造成诸多制约,传统标准化施工工艺已难以适配特殊工况需求,易出现施工精度不足、安全风险偏高、生态扰动较大等问题。为解决复杂环境电力施工痛点,规范现场施工流程、提升施工技术适配性,本文结合现场施工实际,系统梳理施工核心要点,剖析现存技术短板并制定针对性优化策略。

1 复杂环境的主要划分类型

电力工程建设覆盖范围广、地域跨度大,施工环境差异显著,多数野外及城区施工场景均属于复杂施工环境,主要可分为四类典型工况。(1) 山地丘陵环境,地形起伏大、沟壑陡坡多,岩体土质分布不均,通行与作业条件极差。(2) 高海拔环境,气压偏低、昼夜温差大、紫外线强烈,极端气候频发,对人员作业和设备运行限制明显。(3) 临水沼泽及软土环境,土体含水率高、承载力弱、地下水位浅,极易发生地基变形和土体沉降。(4) 城区受限空间环境,施工区域狭窄,周边建筑密集、地下管线错综复杂,人流车流量大,外部干扰因素多。此外,沿海盐雾、台风及雨雪冰冻等特殊气象区域,也是电力工程常见的复杂施工场景^[1]。

2 复杂环境条件下电力工程核心施工要点

2.1 勘测选址与前期勘察作业要点

复杂环境下电力工程施工,前期勘测选址是保障后续施工合规、安全、高效的核心前提,需结合地形、地质、气象及周边环境开展精细化勘察作业,具体施工要点如下:(1) 地形地质精细化勘测。针对山地、沼泽、高海拔等复杂场地,摒弃常规粗放勘测方式,采用定点钻探、地形测绘相结合的方式,精准掌握施工区域岩土性质、土层厚度、地基承载力及地下水分布情况,重点

排查滑坡、塌陷、地基沉降等不良地质隐患,为选址和施工方案编制提供精准数据支撑。(2) 选址合规性与实用性把控。选址需规避地质灾害高发区、河道行洪区、管线密集重叠区等危险区域。山地选址优先选择地势平缓、岩土稳定地块;城区受限区域需结合既有管线、建筑物布局选址,预留充足施工及运维空间,兼顾工程建设安全与后期检修便利性。(3) 现场环境全方位排查。提前摸排施工区域气象条件、生态保护红线、交通条件及周边人居环境,记录极端天气高发时段、场地通行限制等关键信息。

2.2 基础工程施工控制要点

电力基础工程承载杆塔、线路及设备全部荷载,复杂环境下地基稳定性极易受外界条件干扰,施工过程需严格把控工艺细节,核心控制要点如下:(1) 因地制宜选择基础形式。山地陡坡区域优先采用掏挖式、岩石锚桩基础,减少土方开挖与山体破坏;沼泽、软土区域采用换填垫层、桩基础加固工艺,提升地基整体承载力;城区狭小场地选用小型模块化基础,适配受限施工空间。(2) 严控基础施工工艺精度。基坑开挖严格把控深度、尺寸、坡度,复杂地质区域开挖后及时做好边坡支护,防止坍塌。混凝土浇筑需把控配比、振捣密实,高低温环境下做好保温、保湿养护,杜绝出现蜂窝、裂缝、空鼓等质量缺陷,保障基础结构强度达标。(3) 做好基础防水与防腐处理。临水、潮湿环境的基础工程,需增设防水垫层、防渗涂层,阻断地下水渗透路径;裸露金属预埋件、基础钢筋做好防腐防锈处理,延缓环境侵蚀,保障基础长期稳定运行^[2]。

2.3 杆塔组立与线路架设施工要点

杆塔组立与线路架设是电力架空工程的核心工序,复杂环境下作业空间、吊装条件、气象环境受限严重,

施工需遵循标准化、精细化作业要求：（1）杆塔组立标准化作业。山地、高海拔区域大型吊车无法进场，采用分段组立、人力辅助吊装工艺，严格把控杆塔垂直度、组对间隙和螺栓紧固力度。组立完成后及时校验杆塔倾斜度、基础沉降数据，确保杆塔稳固达标，杜绝倾斜、偏移问题。（2）线路架设精准把控参数。架线作业需结合地形高差、气候条件调整导线张力，杜绝过紧、过松现象。跨山林、河道、城区路段架设线路时，严格控制导线对地、对建筑物的安全距离，规避交叉跨越隐患。

（3）特殊环境专项防护。大风、雨雪、霜冻天气暂停高空架线作业；沿海、高海拔区域线路架设完成后，加装防振锤、绝缘防护配件，提升线路抗风、抗低温、抗腐蚀能力。

2.4 电气设备安装调试施工要点

变压器、开关、互感器等电气设备安装调试精度，直接决定电力工程投运质量，复杂环境下需重点把控安装规范与调试标准：（1）设备进场与安装质控。复杂环境施工现场需做好设备防护，避免潮湿、粉尘、低温环境损坏精密设备。设备安装严格遵循轴线对齐、水平校准标准，固定支座、连接构件安装牢固，接线端子压实无松动，杜绝虚接、错接问题。（2）分区精细化调试作业。设备安装完成后，分模块开展绝缘测试、耐压试验、保护定值校验等调试工作，逐一核对设备运行参数，确保各项指标符合电力施工规范。针对高海拔、潮湿环境设备，重点检测绝缘性能，规避漏电、短路隐患。（3）调试后复检整改。调试完成后做好数据记录与台账整理，对不合格参数及时整改复检，确保设备具备安全投运条件，保障后期电网稳定运行。

2.5 复杂环境现场安全管控要点

复杂电力施工现场风险点多、作业难度大，安全管控需贯穿施工全流程，落实常态化、精细化管理：（1）落实岗前安全管控。施工前针对场地环境开展专项安全技术交底，明确高空作业、吊装作业、临电作业的安全规范，对作业人员开展专项培训，考核合格后方可上岗。（2）现场作业风险管控。高空作业必须佩戴防护用具，搭设安全作业平台；受限空间作业提前通风、检测气体，落实专人监护；临时用电严格落实接地、漏电保护措施，杜绝私拉乱接。（3）应急与巡查管控。施工现场配备防汛、防火、防坍塌应急物资，针对极端天气、地质隐患制定专项应急预案。安排专人常态化巡查现场隐患，及时整改违规行为、设备隐患，防范安全事故发生^[3]。

3 复杂环境电力工程现存施工技术问题

复杂环境电力工程施工中，传统技术与特殊工况适

配性不足，工艺、设备配套及技术管控存在主要问题如下有：（1）传统施工工艺适配性较差。多数项目直接套用平地施工标准，没有针对山地、沼泽、高海拔环境优化工艺。软土沼泽地基缺少专业加固，基坑、混凝土浇筑参数匹配度不高，容易产生地基沉降、边坡坍塌、基础强度不足等质量缺陷。（2）装配与转运技术相对滞后。复杂地形大型机械难以进场，物料设备多依靠人工搬运，效率偏低且构件易受损。现场模块化装配水平不高，大量开展现场切割、焊接作业，受野外天气干扰，焊接、螺栓紧固质量波动大，施工精度不易控制。（3）环境保护技术落实不足。高海拔、盐雾、潮湿工况未匹配专用材料与防护工艺，电气绝缘、金属防腐仅做基础处理，焊缝、连接节点防护薄弱，长期环境侵蚀会引发绝缘降低、构件锈蚀。（4）数字化施工应用程度低。野外施工多依靠人工勘测与巡检，数字化测绘、智能监测设备使用较少。基础沉降、边坡稳定依靠人工排查，数据精度有限，隐患发现滞后，施工管控较为粗放。

4 适配复杂环境的电力工程施工技术优化策略

4.1 基础施工工艺改良优化

基础结构是电力工程承载核心，针对不同复杂地质工况，需摒弃统一化施工模式，实行差异化工艺改良，切实解决地基不稳、沉降超标等问题。（1）因地制宜选用定制化基础工艺。山地陡坡、岩石地质区域，优先采用掏挖式基础、岩石锚桩基础，减少大面积土方开挖，依托原状岩土承载力提升基础稳定性。沼泽、软土区域采用换填压实、碎石垫层结合静压桩的施工工艺，置换软弱土层，均匀分散基础荷载，有效控制不均匀沉降。城区狭小场地采用微型桩基础、模块化预制基础，适配受限作业空间，减少现场现浇施工工作量。（2）细化基坑与混凝土施工质控。复杂地质基坑开挖采用分层分段开挖方式，同步做好边坡支护与排水措施，避免雨水浸泡导致边坡失稳。严格把控混凝土配合比，根据高低温、潮湿环境调整外加剂掺量，施工完成后落实分区养护，杜绝裂缝、蜂窝、麻面等质量缺陷。（3）强化基础防腐防渗处理。临水、盐雾、高湿环境的基础工程，对基础钢筋、预埋金属构件采用环氧涂层防腐处理，重点加固焊缝、连接节点等薄弱部位。基坑底部增设防渗垫层，阻断地下水渗透通道，提升基础长期服役稳定性^[4]。

4.2 杆塔及线路架设施工技术升级

针对复杂环境吊装受限、架线精度难控制、线路抗灾能力弱等问题，对杆塔组立与线路架设工艺进行专项技术升级，适配特殊施工工况。（1）优化杆塔组立施工工艺。大型机械无法进场的山地、高海拔区域，采用

分段组立、抱杆吊装的轻量化施工工艺,替代传统整体吊装模式。组立过程实时监测杆塔垂直度与同轴度,逐一对位紧固螺栓,做好扭矩检测,杜绝螺栓松动、杆塔偏移问题。(2)精细化管控架线施工参数。结合地形高差、跨域障碍物、现场气象条件,精准计算导线张力、弧垂参数,杜绝凭经验施工的粗放作业模式。跨河道、公路、建筑密集区域采用张力架线工艺,全程保持导线悬空,避免导线拖地磨损、触碰障碍物,保障架线施工安全与精度。(3)升级线路抗环境干扰技术。高海拔、大风、冰冻区域,加装防振锤、间隔棒、绝缘防护器件,优化导线排布方式,提升线路抗风振、抗覆冰能力。沿海盐雾区域选用耐腐蚀导线及金具,降低环境腐蚀对线路的损耗。

4.3 特殊环境下设备安装调试技术改进

复杂环境温湿度、粉尘、气压等因素会干扰电气设备安装精度与调试效果,需针对性优化安装流程与调试标准,保障设备投运稳定性。(1)优化设备现场安装工艺。野外潮湿、多尘环境施工时,搭设临时防尘、防潮作业棚,对互感器、开关、变压器等精密设备做好封闭防护。设备安装严格校准水平度、垂直度,接线端子压实紧固,杜绝虚接、错接、漏接问题,设备支座、接地装置规范安装,保障接地电阻达标。(2)适配特殊工况调整调试标准。高海拔区域空气绝缘强度降低,需适度提高绝缘试验、耐压试验标准,重点检测设备绝缘性能。潮湿环境施工完成后,增加除湿、烘干工序,规避设备受潮引发的漏电、短路隐患。所有调试数据逐一记录核对,不合格项立即整改复检。(3)落实设备专项防护调试。针对低温、高温、盐雾等特殊工况,提前核验设备选型适配性,完成设备防护配件预装调试,确保设备可适应极端环境长期运行。

4.4 绿色低碳施工技术的应用优化

电力复杂施工区域多临近山林、水域、生态保护区,

需推广低扰动绿色施工技术,在保障工程质量的前提下,降低施工对周边生态环境的破坏。(1)推行轻量化、模块化施工模式。大量采用预制构件、装配式基础,减少现场土方开挖、混凝土现浇作业量,缩减现场施工周期,降低地表植被破坏与土体扰动。(2)优化现场环保施工工艺。山地施工摒弃大面积劈山开挖方式,采用局部定点开挖,施工渣土集中收集、定点清运,避免渣土滑落造成山体植被损毁。临水施工设置防渗围挡、拦污设施,杜绝施工污水、杂物污染水体。(3)落实施工后生态修复。工程完工后及时清理施工废料,平整恢复施工场地,补植植被、修复边坡,最大限度还原原有生态地貌,实现电力工程建设与生态保护协同推进。

结束语:复杂环境电力工程施工受地形、气候、场地等多重因素制约,施工难点多、管控难度大。本文通过梳理不同复杂施工环境特征,明确各施工工序的核心管控要点,总结了传统工艺适配性差、现场装配水平低、环境防护不足、数字化应用薄弱等突出技术问题。通过优化基础工艺、升级架线技术、改良设备调试方案、推行绿色施工技术,可有效适配复杂工况,提升工程施工质量与安全水平,助力复杂区域电力工程高质高效建设。

参考文献

- [1]江芳发,张应泉,陈绍峰,等.市政电力工程中顶管施工技术的应用与优化研究[J].居业,2026,(2):45-47.
- [2]白鹏菲.面向恶劣环境的电力工程施工技术创新与优化[J].中国科技纵横,2026,(10):3-5.
- [3]翟锡佳,曲大勇.复杂环境条件下电力工程施工要点与管理优化策略[J].光源与照明,2026,(4):254-256.
- [4]谢海凤.新型电力工程施工工艺的优化应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026,(6):009-012.