

高海拔地区风电项目施工组织设计与安全风险管理的

刘安国

中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司 云南 昆明 650000

摘要: 高海拔地区风电项目施工环境独特,有“三低两强一复杂”特征,带来诸多技术难点与安全风险。施工组织设计要点包括合理布局分区、优化资源配置、弹性安排进度。安全风险需精准识别分类、科学评估分级,采取“预防-控制-应急”三级管控。此外,还应注重施工组织设计与安全风险协同优化,实现资源配置与风险防控衔接、进度计划与风险缓冲融合、管理体系与技术手段协同,保障项目安全推进。

关键词: 高海拔地区;风电项目;施工组织设计;安全风险

引言:高海拔地区风电项目施工面临着自然环境复杂、施工技术难度大、安全风险高等诸多挑战,其独特的“三低两强一复杂”自然环境特征,对施工组织与安全风险提出了严苛要求。施工组织设计需在总体布局、资源配置、进度计划等方面精心谋划,以适应特殊环境;安全风险则需精准识别、科学评估并有效控制各类风险。而施工组织设计与安全风险并非孤立存在,二者需协同优化,通过资源配置与风险防控衔接、进度计划与风险缓冲融合、管理体系与技术手段协同,实现项目安全、高效推进,保障高海拔风电项目顺利建设。

1 高海拔地区风电项目施工环境特点

1.1 自然环境特征

高海拔地区呈现出独特且极具挑战性的自然环境特征,可概括为“三低两强一复杂”。低气压是显著特征之一,气压随海拔升高而递减,这不仅会影响人体呼吸系统,导致人体出现缺氧不适,还会对设备的正常运行产生干扰,影响其性能稳定性。低氧环境同样突出,氧气含量仅为平原地区的60%~80%,人员在此易引发高原病。低温状况也不容忽视,年均温低且昼夜温差大,极端低温可达-30℃以下,严重影响混凝土凝结质量和设备性能。此外,该地区强紫外线辐射强度是平原的2~3倍,会损害人员皮肤和设备涂层;强风常年肆虐,瞬时阵风易使施工设备倾覆,再加上复杂地形,进一步加大了交通运输与场地布置的难度。

1.2 施工技术难点

高海拔地区的特殊环境给施工技术带来了诸多棘手挑战。在混凝土施工方面,低温环境严重干扰其凝结硬化过程,极易引发冻害,导致混凝土强度达不到设计要求,出现疏松、裂缝等缺陷,影响工程结构安全。吊装作业也困难重重,强风频繁侵袭且地形复杂崎岖,使得

大型风机组件,像叶片、塔筒等的运输和安装精度难以保障,稍有不慎就可能造成组件损坏或安装偏差。设备运行效率大幅降低,内燃机因缺氧功率下降超30%,起重、装载机设备的起重能力和稳定性也大打折扣。同时,人员作业效率因高原环境降低,体力劳动强度受限,高原反应还可能致使操作失误风险显著增加。

1.3 安全风险特殊性

高海拔环境犹如一个“风险放大器”,显著加剧了传统施工风险的危害。人员健康层面,面临严峻挑战,急性高原病成为重大威胁,像高原肺水肿、脑水肿等疾病,病情发展迅速,若未能及时救治,极有可能危及生命,对施工人员生命安全构成直接威胁。设备安全方面,风险同样陡增,低温环境使液压系统密封件收缩,易出现漏油现象,同时低温还可能引发电路短路,影响设备正常运行;而强风持续作用,大大增加了设备倾覆的可能性,导致设备损坏甚至人员伤亡。作业环境风险也极为复杂,山地边坡稳定性欠佳,易引发滑坡、滚石等灾害,冬季冰雪覆盖又使路面湿滑,严重威胁运输与施工安全^[1]。

2 高海拔地区风电项目施工组织设计要点

2.1 施工总体布局与分区规划

施工总体布局应严格遵循“适应性、集约化”的核心原则,充分考虑现场地形条件与风电场整体布置情况,科学合理划分功能分区。(1)施工营地宜选址于海拔相对较低、避风条件良好且水源充足的区域,如此可有效减少施工人员在高原环境下的暴露时间,保障其身体健康与工作效率。材料堆放区要挑选地势平缓、排水顺畅的场地,同时搭建防风挡墙与防雨棚,防止材料遭受低温、强风等恶劣气候的侵蚀。风机安装区需依据单机位的地形状况,精心规划吊装场地,预留充足的设备周转空间,并且要巧妙避开强风通道与地质不稳定区

域,确保施工安全。(2)各功能分区之间通过临时道路实现紧密连接,道路设计不仅要满足抗冻、防滑的基本要求,还要严格控制坡度,确保其处于设备爬坡能力范围之内,保障施工车辆与设备的顺畅通行。

2.2 资源配置与适应性调整

在高海拔环境下开展施工,资源配置必须进行全面且专项的优化,以适应特殊的气候与地理条件。(1)人员配置方面,推行“高原适应+轮班制”模式。新进场人员先在低海拔区域进行1-2周的适应性训练,待身体逐步适应后再进入高海拔施工区。同时,严格控制每班作业时间,不超过6小时,防止人员因连续高强度作业而出现高原反应等健康问题。(2)设备选型上,优先挑选高原型设备。例如,为内燃机加装涡轮增压装置,使用低温液压油与防冻液,增强设备在低温环境下的性能。对起重机、风机等关键设备,开展功率校准与稳定性改造,确保其在高海拔地区能正常运行。(3)材料选择注重抗冻性与耐久性。混凝土采用早强型水泥,并掺加防冻剂、引气剂,提升其抗冻能力。钢筋、钢结构件增加防腐涂层,有效抵抗强紫外线与低温腐蚀,延长材料使用寿命。

2.3 施工进度计划与动态控制

施工进度计划制定必须充分考虑高海拔环境对施工效率的显著影响,采用“弹性周期”设计理念。在编制里程碑计划时,要将高原施工效率系数,一般取平原地区的60%-70%,科学合理地将工期计算范畴,同时预留20%-30%的缓冲时间,以此有效应对可能出现的极端天气等突发状况,保障工程按计划推进。(1)在进度安排上,采取分阶段制定目标的方式。优先集中力量完成营地、道路等基础工程,为后续大型设备的顺利进场和安装创造良好条件。(2)建立一套完善的动态调整机制至关重要。通过实时精准监测风速、气温等关键气象数据,当环境参数超出施工允许范围,例如风速达到或超过10m/s时,立即暂停吊装等室外作业,灵活将作业内容在室内与室外之间进行切换,最大程度降低环境因素对施工进度的干扰。

3 高海拔地区风电项目安全风险管理体系

3.1 风险识别与分类

在高海拔风电项目施工中,精准的风险识别与科学分类是保障工程安全顺利推进的关键。本项目基于“环境-作业-设备”三维框架开展全面风险识别工作。

(1)环境风险方面,涵盖多种复杂且严峻的情况。高原病风险因高海拔地区氧气稀薄而产生,威胁人员健康;极端天气风险包括强风、暴雪、低温等,严重影响施工

进度与安全;地质灾害风险如滑坡、滚石、冻土融沉等,可能破坏施工设施与场地。作业风险中,高处坠落常见于风机安装平台作业;物体打击易在吊装作业时因构件坠落而发生;机械伤害则多由设备操作失误引发。设备风险包含动力系统失效、结构稳定性不足以及电气系统故障等,可能导致设备停机甚至引发安全事故。

(2)通过组织专家访谈、细致梳理历史数据,建立高海拔风电项目风险清单,清晰明确各类风险的触发条件与影响范围,为后续风险管控提供有力依据^[2]。

3.2 风险评估与分级

在高海拔风电项目风险管理中,科学准确的风险评估与合理分级是有效防控风险的重要前提。本项目采用“可能性-影响程度”矩阵法开展风险评估工作。(1)具体而言,针对每项风险,对其发生可能性进行量化分析,例如统计强风天气每月发生的次数;同时,对影响程度予以量化打分,涵盖人员伤亡、经济损失、工期延误等多个关键维度。基于量化结果,将风险等级精准划分为“极高、高、中、低”四级。(2)以高原肺水肿风险为例,由于其在低氧环境下发生可能性较高,且一旦发生后果极为严重,可能导致人员致命,所以被列为极高风险;而强风导致吊装设备倾覆风险,综合考量风速出现的频率以及设备的抗风能力等因素,评估为高风险。对于高等级风险,需制定专项且细致的管控措施;低等级风险则纳入常规管理范畴,确保风险管控的针对性与有效性。

3.3 风险控制与应对措施

对于高等级风险,采取“预防-控制-应急”三级综合管控策略。在人员健康风险预防上,于作业现场配备专业高原医疗站,足量储备氧气、抗高原病特效药物。组织全员参与高原健康知识系统培训,提升自我防护与应急处理能力,并安排专人每日对全体人员进行血氧饱和度与体温监测,建立健康档案,及时发现潜在健康隐患。(1)设备安全控制环节,制定严谨的高原设备维护规程,明确维护周期与标准。每周对液压系统、电气线路等关键部件的低温适应性进行细致检查,吊装作业前严格核查风速、设备支腿稳定性,安装风速预警装置,确保设备运行安全。(2)环境风险应对方面,边坡作业前开展全面地质勘察,设置科学的截排水系统与防护网。遇极端天气,提前停工并迅速将人员撤离至安全区域。同时,构建风险动态监测机制,借助物联网设备实时采集环境参数与设备状态数据,精准评估风险等级并动态更新,保障项目安全推进。

4 施工组织设计与安全风险管理的协同优化

4.1 资源配置与风险防控的衔接

实现资源配置与风险防控的有机衔接,需在资源配置环节精准嵌入风险防控需求。人员配置上,推行科学合理的人员轮班制,此制度既是为了帮助工作人员逐步适应高原特殊环境,降低高原反应对身体的损害,又能有效减少因长时间连续作业产生的疲劳,进而规避疲劳作业可能引发的操作失误风险,保障作业安全与质量。设备选型方面,优先选用高原型设备,从源头上降低设备失效风险。例如,采用耐寒电缆,其特殊材质和设计能够适应高原低温环境,大幅减少电路故障的发生概率,确保设备在恶劣条件下的稳定运行。材料储备上,充分考虑极端天气对物资供应的影响,设置不少于15天的应急储备量,以应对可能出现的供应中断情况。同时,将风险成本纳入资源预算体系,保证安全防护设施,如防风棚、供氧设备等充足投入,防止因资源短缺致使风险管控措施无法有效落实^[3]。

4.2 进度计划与风险缓冲的融合

为有效应对项目实施过程中的各类风险,需将进度计划与风险缓冲进行深度融合,确保缓冲时间的预留与高风险作业时段精准匹配。在作业安排上,对于风机吊装等高空作业,鉴于其受风速影响较大,应将其安排在风速相对较低的夏季,并且在每日作业计划中,刻意避开午后强风时段,降低因大风导致的作业中断或安全事故风险。混凝土浇筑作业对温度要求较高,需选择日均温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的时段进行,同时预留足够的养护期,并安排温度监测与保温措施时间,保证混凝土质量。此外,考虑到可能发生的地质灾害,在进度计划中专门纳入应急抢险工期。一旦风险事件发生,能够迅速启动应急预案,快速恢复施工,最大程度减少损失。通过这种进度与风险的联动调整机制,切实达成“安全优先、效率可控”的项目管理目标。

4.3 管理体系与技术手段的协同

为切实提高高海拔风电项目的风险防控能力,需构

建“制度+技术”深度协同的管理体系。在制度层面,精心制定《高海拔风电项目安全作业规程》,以清晰、明确的规定界定各岗位在风险管控中的具体职责,将安全绩效与员工考核紧密挂钩,强化全员安全责任意识,确保制度的有效执行。技术层面,充分发挥先进技术的作用。运用 BIM 技术对施工过程进行全方位模拟,提前精准识别空间冲突以及吊装作业中的潜在风险,为施工方案优化提供科学依据。借助无人机对边坡和设备状态进行高效巡检,及时发现安全隐患。通过远程监控系统,实时传输高原医疗站的关键数据,实现对人员健康状况的动态监测。此外,定期组织风险交底与应急演练活动,让施工组织方案中的安全措施真正内化为作业人员的自觉行动,从而形成“管理-技术-人员”三位一体、紧密衔接的风险防控闭环。

结束语

高海拔地区风电项目施工,面临自然环境复杂、施工技术难点多、安全风险特殊等诸多挑战。施工组织设计需在总体布局、资源配置、进度计划等方面精心谋划,确保科学合理;安全风险要精准识别、评估、分级风险,并采取有效控制与应对措施。同时,施工组织设计与安全风险需协同优化,实现资源配置与风险防控衔接、进度计划与风险缓冲融合、管理体系与技术手段协同。唯有如此,才能有效应对高海拔环境带来的不利影响,保障项目顺利推进,实现安全、高效、优质的建设目标,为高海拔地区风电事业发展筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]曾铮.基于改进蚁群算法的高山风电项目施工要素均衡分析[J].中国高新科技,2023,(07):27-30.
- [2]黄汉艺.高山风电项目建设管理要点探讨[J].水电与新能源,2022,36(07):5-8.
- [3]刘超,刘帅.关于风电项目分阶段建设移交运行管理工作的探讨[J].水电与新能源,2020,(07):21-22+27.