

# 超高海拔风电项目管理技术挑战与对策研究

王洪浪<sup>1</sup> 肖兴勇<sup>2</sup>

1. 西藏大唐国际怒江上游水电开发有限公司 西藏 昌都 610074

2. 中国水利水电第十工程局有限公司 四川 成都 611830

**摘要:** 随着全球能源需求的增长和环境保护意识的增强, 风能作为清洁能源的代表, 在高海拔地区的应用日益广泛。然而, 超高海拔风电项目的管理面临着诸多技术挑战。本文旨在探讨高海拔风电项目管理的技术挑战, 并提出相应的对策, 为相关领域的研究和实践提供参考。

**关键词:** 超高海拔风电; 项目管理; 技术挑战; 对策

## 引言

超高海拔地区风能资源丰富, 是风电项目开发的重要区域。然而, 超高海拔风电项目的管理涉及复杂的自然环境、设备运输、选址困难、电力输送线路建设等多方面问题。因此, 研究高海拔风电项目管理的技术挑战与对策具有重要意义。

### 1 超高海拔风电项目管理的技术挑战

#### 1.1 自然气候条件复杂

超高海拔地区, 通常指的是海拔3500米以上的区域, 这些地区的地势险峻, 气候条件极为复杂。由于海拔较高, 气温相对较低, 且昼夜温差极大, 这对风力发电机组的正常运行构成了严峻考验。在低温环境下, 机组的润滑油可能会变得粘稠, 影响机组的运转效率; 而昼夜温差大则可能导致机组部件的热胀冷缩, 加剧部件的磨损和老化。更为严重的是, 超高海拔地区常常伴随着暴雨、雪、雾凇、雷击等极端天气。暴雨和雪天气不仅会增加机组的负载, 还可能导致机组叶片结冰, 影响机组的发电效率, 甚至造成机组停机。雾凇天气则更为棘手, 因为雾凇的形成会导致风机叶片被厚厚的冰层覆盖, 这不仅会增加叶片的重量, 改变机组的平衡状态, 还可能对叶片造成物理损伤, 严重影响机组的运行安全。雷击天气也是超高海拔地区风力发电项目必须面对的一大挑战。由于超高海拔地区空气稀薄, 雷电活动更为频繁, 且雷击的强度和破坏力也更大。机组叶片作为风电机的最高点, 往往容易成为雷击的目标。一旦叶片遭受雷击, 可能会导致叶片结构受损, 甚至引发火灾等严重后果。

#### 1.2 设备运输困难

超高海拔地区往往地处偏远, 交通条件极为恶劣。大部分山区只有乡镇级公路, 路面狭窄、弯道多、坡度大, 且路况极差。有些地区甚至不通公路, 只能通过崎

岖的山路进行徒步运输。而风力发电项目建设过程中, 需要运输包括机组在内的各项设备。这些设备不仅体积庞大, 而且重量惊人, 最重的设备约有120吨, 最大的设备长度可达95米。在这样的交通条件下, 设备的运输变得异常困难。不仅需要投入大量的人力和物力, 还可能因为路况不佳而导致设备在运输过程中受到损坏。此外, 由于运输距离长、难度大, 运输成本也会大幅增加。这不仅给项目建设带来了巨大的经济压力, 还可能因为设备损坏而延误项目进度。

#### 1.3 风力发电项目选址困难

风力发电项目的选址是项目建设的关键环节之一。宏观上, 项目选址需要考虑风能资源是否丰富、当地的交通条件是否便利以及山地地形是否符合建设要求。然而, 在超高海拔地区, 由于地形复杂多变, 很难找到既风能资源丰富又符合建设要求的区域。微观上, 风机的装机位置选择也相对复杂。一方面, 需要最大化地利用风能资源, 提升风机的运行效率; 另一方面, 还要考虑到外界因素对于风机运行的影响。例如, 风机不能建设在容易受到山洪、滑坡等自然灾害影响的地方; 同时, 还要避免风机叶片在运转过程中与附近的障碍物发生碰撞<sup>[1]</sup>。因此, 在超高海拔地区进行风力发电项目选址, 需要综合考虑多种因素, 进行深入的现场勘察和数据分析。这不仅增加了项目选址的难度和成本, 还可能因为选址不当而导致项目运营过程中出现诸多问题。

#### 1.4 电力输送线路建设难度大

在超高海拔风力发电项目建设过程中, 电力输送线路的建设也是一大难点。与平原地区发电厂相比, 超高海拔地区的电力输送线路不仅需要考虑到水平拉力, 还要考虑到由于山地地区海拔落差所造成的纵向拉力。在部分低洼地区, 由于山地与平地的落差较大, 纵向拉力会导致杆塔倾斜甚至脱离地面。这不仅会影响电力输送

线路的稳定性和安全性，还可能因为杆塔倒塌而导致电力中断。因此，在超高海拔地区建设电力输送线路时，需要采取特殊的设计和施工措施来增强杆塔的稳定性和抗拉力能力。此外，超高海拔地区的恶劣气候条件也会对电力输送线路的建设和维护造成不利影响。例如，暴雨和雪天气可能导致线路覆冰或受损；雷击天气则可能引发线路跳闸或火灾等安全事故。因此，在电力输送线路的建设和维护过程中，需要加强对线路的监测和维护力度，确保线路的安全稳定运行。

### 1.5 施工难度大

超高海拔地区的施工条件极为恶劣，给风力发电项目的建设带来了极大的挑战。首先，由于气候寒冷且昼夜温差大，风机基础施工过程中的混凝土温控难题难以解决。在低温环境下，混凝土凝固速度会变慢，影响施工进度；而昼夜温差大则可能导致混凝土出现裂缝等质量问题。其次，风机吊装条件也极差。由于超高海拔地区长年大风，风机设备吊装要求风速较小，而现场实际风速往往远超这一要求。因此，需要精准安排吊装计划，选择风速较小的时段进行吊装作业。然而，即使如此，也可能因为风速突变等不可预测因素而导致吊装作业失败或发生安全事故。此外，现场施工环境恶劣也是超高海拔地区风力发电项目建设面临的一大挑战。由于海拔较高，空气稀薄，施工工人容易发生高原反应，出现头痛、乏力、呼吸困难等症状。这不仅影响了工人的工作效率和身体健康，还可能导致人员流动频繁，增加施工管理的难度和成本。

## 2 超高海拔风电项目管理的技术对策

### 2.1 加强自然气候条件监测与应对

超高海拔地区的气候条件复杂多变，对风电项目的施工和运维构成了严峻挑战。为了有效应对这一挑战，首先需要建立全面的气象监测站。在超高海拔风电项目现场，应设立专业的气象监测站，配备先进的气象监测设备，如风速计、风向仪、温度计、湿度计等，实时监测风速、风向、温度、湿度等关键气象参数。这些设备应具备高精度、高稳定性、高耐寒性等特点，以确保在恶劣的气候条件下仍能准确监测。监测数据应实时传输至数据中心，为项目的施工计划、运维策略提供科学依据。除了实时监测，还需要制定详细的应急预案。针对超高海拔地区可能出现的暴雨、暴雪、大风、雾凇、雷击等极端天气情况，应提前制定设备保护措施和人员疏散方案。对于设备保护，应采取以下措施：在暴雨、暴雪天气来临前，对风机设备进行加固，防止设备被风雨损坏；在大风天气，应调整风机的运行策略，减少风机

的负荷，防止设备过载；在雾凇天气，应采取加热或除冰措施，防止风机叶片被冰覆盖，影响风机的正常运行；在雷击天气，应确保机组与雷电保护系统连接良好，同时避免人员在户外作业，防止雷击事故的发生。对于人员疏散，应制定详细的疏散路线和疏散方案，确保在极端天气情况下，人员能够迅速、安全地撤离现场。同时，还应定期组织应急演练，提高人员的应急响应能力和疏散效率。

### 2.2 优化设备运输方案

超高海拔地区的交通条件恶劣，设备运输难度大。为了优化设备运输方案，首先需要改善交通条件。对通往风电项目现场的公路进行改造或新建，提高道路等级和通行能力。在改造或新建过程中，应充分考虑超高海拔地区的特殊地形和气候条件，如陡坡、急弯、冰雪等，确保道路的安全性和可靠性。对于无法改造或新建的道路，可以考虑采用直升机等航空运输方式，将设备直接运送到项目现场。直升机运输具有快速、灵活、不受地形限制等优点，但成本较高，需要综合考虑运输成本和效率<sup>[2]</sup>。除了改善交通条件，还可以采用特殊运输车辆来运输大型风机设备。针对设备重量大、体积庞大的特点，应选用低平板车、超长平板车等特殊运输车辆，并确保车辆具备良好的通过性和稳定性。在运输过程中，应加强对设备的监控和保护，采用专业的固定装置和减震装置，防止因颠簸或碰撞导致设备损坏。此外，还应合理安排运输时间，避免在恶劣天气条件下进行运输。对于必须进行的运输任务，应提前做好充分的准备和防范措施，确保运输过程的安全和顺利。

### 2.3 科学选址与布局

超高海拔地区的风能资源丰富，但选址却是一项复杂而艰巨的任务。为了科学选址和布局，应充分利用现代技术手段。采用GIS（地理信息系统）、遥感等技术手段，对超高海拔地区的风能资源进行详细评估。通过GIS技术，可以对地形、地貌、海拔等地理信息进行精确分析，确定风能资源丰富的区域。通过遥感技术，可以对风速、风向等气象参数进行实时监测和分析，为选址提供科学依据<sup>[3]</sup>。在选址过程中，还需要综合考虑多种因素。除了风能资源外，还应考虑交通条件、地形地质条件、土地利用条件、地区电网接入条件等因素。交通条件直接影响设备的运输和运维的便利性；地形地质条件影响风机的稳定性和安全性；土地利用条件涉及土地使用的合法性和可行性；地区电网接入条件决定风电的并网和消纳能力。在布局方面，应采用专业的风资源评估软件，对风场的风速、风向等参数进行模拟和分析。通

过模拟分析,可以确定最佳的风机布局方案,最大化地利用风能资源,提高风机的运行效率。同时,还应考虑风机之间的相互影响和干扰,确保风机的布局合理、有序。此外,还应充分考虑风机与周边环境的相互影响。风机在运行过程中会产生噪音、振动等影响,可能对周边环境造成干扰。因此,在选址和布局时,应尽量避免风机与敏感区域过近,确保风机的运行不会对周边环境造成不良影响。

#### 2.4 创新电力输送线路建设技术

超高海拔地区的电力输送线路建设难度较大,需要创新技术来解决这一难题。首先,应研发新型杆塔结构,提高杆塔的抗纵向拉力能力。针对超高海拔地区海拔落差大的特点,新型杆塔应采用更加稳固的结构设计,如采用多角形或圆形截面、增加杆塔的高度和直径等,确保在纵向拉力作用下能够保持稳定。同时,杆塔的材料选择也应充分考虑超高海拔地区的低温环境,选用耐寒、耐腐蚀的材料,如高强度钢材、铝合金等,提高杆塔的使用寿命。除了研发新型杆塔,还可以采用智能监控技术来加强电力输送线路的管理和维护。在电力输送线路上安装智能监控设备,如传感器、摄像头等,实时监测线路的运行状态,包括电流、电压、温度、风力等关键参数。通过智能监控设备,能够及时发现线路存在的安全隐患和故障点,如线路断裂、绝缘子破损、塔基沉降等,迅速采取措施进行处理,确保线路的安全稳定运行。此外,还可以采用无人机巡检技术来提高线路巡检的效率和准确性。无人机具有飞行速度快、巡检范围广、不受地形限制等优点,可以迅速发现并定位线路的故障点,为线路的维护和检修提供有力支持。

#### 2.5 提高施工管理水平

超高海拔地区的施工条件恶劣,对施工管理提出了更高要求。为了提高施工管理水平,首先需要加强施工队伍的培训。对施工队伍进行专业培训,提高施工人员的专业技能和安全意识。培训内容应包括超高海拔地区的气候特点、施工规范、安全操作规程等。特别是针对超高海拔地区的高原反应问题,应加强对施工人员的高原反应预防和处理知识的培训,确保施工人员在高原

环境下能够保持良好的身体状态和工作效率。除了加强培训,还可以引入先进的施工设备和技术来提高施工效率和质量。例如,采用自动化、智能化的施工设备,如无人机、机器人等,可以减少人工操作带来的误差和安全隐患。无人机可以用于空中作业、物资运输等;机器人可以用于基础施工、设备安装等。同时,先进的施工技术也能提高施工效率,如采用预制构件、模块化施工等,可以缩短工期,降低成本<sup>[4]</sup>。在施工过程中,还应加强对施工过程的监控和管理。建立施工过程监控系统,对施工现场进行实时监控和管理。监控系统应包括视频监控、环境监测、设备监控等多个方面,能够实时了解施工现场的情况,对施工进度、质量、安全等方面进行全面把控。通过监控系统,可以及时发现并处理施工过程中的问题和隐患,确保施工的顺利进行。此外,还应建立完善的施工管理制度和流程,明确各级人员的职责和权限,确保施工过程的规范化和标准化。同时,加强施工现场的安全管理,严格执行安全操作规程,确保施工人员的生命安全和身体健康。

#### 结语

超高海拔风电项目的管理面临着诸多技术挑战,但通过加强自然气候条件监测与应对、优化设备运输方案、科学选址与布局、创新电力输送线路建设技术以及提高施工管理水平等措施,可以有效应对这些挑战。未来,随着技术的不断进步和管理水平的不断提高,超高海拔风电项目的管理将更加科学、高效和可持续。

#### 参考文献

- [1]李彦威,王辉.高海拔山区风电项目风险分析与管理[J].云南水力发电,2023,39(07):270-275.
- [2]赵志远.高海拔山区风电工程电气施工管理策略探讨[J].光源与照明,2022,(11):213-215.
- [3]李慧荣.陆上风电工程项目管理的难点及对策[J].模具制造,2023,23(12):255-257.
- [4]王保华.浅析风电工程项目管理难点及突破途径[C]//香港新世纪文化出版社有限公司.2023年第七届国际科技创新与教育发展学术会议论文集(第二卷).国电河南新能源有限公司,2023:3.