

# 超高海拔环境下风力发电施工技术与生态系统修复

王 俊

中国水利水电第十工程局有限公司 四川 成都 610000

**摘 要：**随着全球能源结构的转型，风力发电作为清洁能源的代表，在全球范围内得到了广泛的推广和应用。然而，在超高海拔地区，风力发电项目的建设和运营面临着诸多技术挑战和生态环境问题。本文深入探讨了超高海拔环境下的风力发电施工技术，并针对低温状态下的生态系统修复提出了综合性策略，以期在保障能源供应的同时，最大程度地减少对脆弱生态环境的影响。

**关键词：**超高海拔；风力发电；施工技术；生态修复

## 引言

超高海拔地区，如青藏高原等地，拥有丰富的风能资源，是风力发电的理想场所。但这些地区的极端气候条件、复杂的地形地貌以及脆弱的生态环境，给风力发电项目的建设和运营带来了前所未有的挑战。因此，研究并优化超高海拔环境下的风力发电施工技术，以及探索有效的生态系统修复策略，显得尤为重要。

## 1 超高海拔环境下的风力发电施工技术

### 1.1 设备及安装工程

在超高海拔地区进行风力发电施工，设备及安装工程显得尤为重要，因为这些地区的气候条件往往十分恶劣，设备必须具备超强的耐寒性、无与伦比的稳定性和高度的可靠性。这就对施工团队提出了更高的要求，他们需要确保所选设备能够经受住极端气候的考验。在选择风电机组时，除了考虑其发电效率和风能利用率外，还必须特别关注其在低温和低气压环境下的运行性能。风电机组的各个部件，如叶片、齿轮箱、发电机等，都需要进行特殊的防寒处理，以确保在超低温度下仍能正常运转。此外，机组的控制系统也需要进行相应的优化，以适应超高海拔地区特殊的气候条件。塔筒作为支撑风电机组的重要结构，其稳定性和耐久性同样不容忽视。在超高海拔地区，由于气候多变，塔筒可能会遭受更强的风力和更低的温度，因此需要采用更高强度的材料和更严密的防腐措施。同时，塔筒的设计也需要充分考虑地形的复杂性，确保在各种极端情况下都能保持稳固。箱变作为风力发电系统中的重要组成部分，承担着电能转换和传输的重要任务。在超高海拔地区，箱变需要面对更为严峻的环境挑战。因此，在选择箱变设备时，必须注重其防护等级和散热性能。同时，为了保证电能传输的稳定性和安全性，箱变的内部结构和电气元件也需要进行特殊的设计和选型。除了上述主要设备

外，安装过程中还需要应对超高海拔地区复杂的地形条件。施工团队需要具备丰富的经验和专业的技能，以确保设备的稳固安装和精准对接<sup>[1]</sup>。在安装过程中，还需要密切关注天气变化，合理安排施工进度，以避免极端天气对施工造成的不利影响。

### 1.2 建筑工程

在超高海拔地区进行风力发电场的建筑工程，是一项技术性极强且富有挑战性的任务。这些地区的土壤条件、多变的气候因素，以及施工材料的长途运输等问题，都是施工中必须面对并妥善解决的难题。首先，考虑到超高海拔地区的土壤特性，如冻土、砾石等复杂地质条件，风电机组的基础工程设计变得尤为关键。基础工程不仅需要承受风电机组的巨大重量，还要抵御强风和极端气候的影响。因此，在基础施工前，必须进行详细的地质勘探，以确保地基的稳固性。同时，采用高性能混凝土和先进的浇筑技术，能够显著提升基础的承载能力和耐久性。其次，集电线路工程也是风力发电场建筑工程的重要组成部分。在超高海拔地区，由于地形复杂、气候条件恶劣，集电线路的设计和施工难度显著增加。为了确保电能稳定传输，需要选用高质量的电缆和绝缘材料，并合理规划线路的走向和布局。此外，防雷和接地措施也至关重要，以防止雷电等自然因素对线路造成损害。再者，升压变电站工程在风力发电场中扮演着至关重要的角色。它负责将风电机组发出的电能进行升压处理，以便远距离传输。在超高海拔地区，升压变电站的建设需要特别注意电气设备的选型和布局。一方面，要确保设备能够在低温和低气压环境下正常运行；另一方面，要合理规划设备的安装位置和通风散热系统，以防止设备过热和损坏。此外，施工材料的运输也是超高海拔地区风力发电场建筑工程中不可忽视的一环。由于地理位置偏远、交通不便，施工材料的运输

成本往往较高。因此,在施工前需要进行详细的物流规划,选择合适的运输方式和路线,以降低运输成本并减少对环境的影响。

### 1.3 施工辅助工程

施工辅助工程在风力发电项目的整体施工中占据着举足轻重的地位,它涉及到多个关键环节,对于确保项目的顺利进行至关重要。首先,渣场工程的规划与实施显得尤为关键。在风力发电场的建设过程中,会产生大量的渣土和废弃物。这些渣土的堆放和处理方式,直接关系到环境保护和土地资源的合理利用。因此,渣场工程需要精心规划,确保渣土的堆放有序、安全,并采取减少渣土对周边环境的影响。例如,可以选择合适的地点建设渣场,采用防尘网覆盖渣土堆,防止风吹扬尘;同时,设置排水系统,防止雨水冲刷导致渣土流失。此外,还应考虑渣土的回收利用,如用于填方工程等,以实现资源的循环利用。其次,施工供电工程的稳定性与可靠性对于风力发电项目的顺利进行至关重要。施工现场需要大量的电力供应,以驱动各种施工设备和机械。因此,施工供电工程必须确保电力供应的稳定性和安全性。这包括选择合适的供电方式(如临时发电机组、电网供电等),铺设安全的电缆线路,并设置必要的保护措施(如过载保护、漏电保护等)。同时,还需要定期检查和维护供电系统,确保其处于良好的工作状态<sup>[2]</sup>。最后,风电机组平台安装工程也是施工辅助工程中的关键环节。风电机组作为风力发电项目的核心设备,其安装质量和稳固性直接关系到项目的运行效率和安全性。因此,在风电机组平台安装工程中,需要采用专业的安装技术和设备,确保风电机组的精准安装和稳固支撑。这包括选择合适的安装位置、进行基础施工、吊装风电机组等步骤。同时,还需要对安装过程进行严格的质量控制和安全监督,确保安装工程的顺利进行。

## 2 超高海拔高寒环境下的生态系统修复策略

### 2.1 风机平台、下边坡及渣场的生态修复

在风力发电项目的建设过程中,风机平台、下边坡以及渣场等区域往往会因施工活动而受到一定程度的影响。为了确保这些区域的生态环境得到有效恢复,必须采取综合性的生态修复策略。针对风机平台和下边坡的生态修复,首要任务是改善土壤质量。这通常涉及到剥离表土覆盖和土壤原位改良技术。剥离表土覆盖能够去除因施工而受到污染或压实的表层土壤,暴露出更为健康、肥沃的下层土壤。而土壤原位改良技术则通过添加有机物质、微生物菌剂等手段,提高土壤的肥力、透气性和保水能力,从而为植被的恢复提供更为适宜的生长环

境。在选择植被恢复方案时,考虑到超高海拔和低温环境的特殊性,需要精心挑选能够适应这种极端环境的植物种子。此时,仿地源土壤种子库技术就显得尤为重要。这种技术通过模拟自然环境中种子的分布和萌发条件,筛选出能够在超高海拔低温环境下生长的植物种子。这些种子不仅具有较强的耐寒性和抗逆性,还能有效固土保水,减少水土流失,促进生态系统的稳定<sup>[3]</sup>。对于渣场的生态修复,除了上述的土壤改良和植被恢复措施外,还需要特别注意防止渣土对周边环境造成二次污染。因此,在渣场表面覆盖一层适宜的植被,既能有效固定渣土,防止其被风雨侵蚀而流失,又能通过植物根系的吸收和转化作用,降低渣土中有害物质的含量。

### 2.2 上边坡的生态修复

上边坡的生态修复,作为整个风力发电项目生态恢复中的关键环节,其重要性不言而喻。这一区域的生态恢复不仅关乎到整个项目区域的生态平衡,更对防止水土流失、保护周边环境具有深远意义。为了有效进行上边坡的生态修复,采用了柔性生态水肥仓与抗侵蚀喷播工艺相结合的先进技术方法。柔性生态水肥仓,作为一种创新的生态恢复工具,能够高效地储存和供应养分与水分。其设计理念基于生态可持续性,通过缓慢释放养分和水分,为植被提供稳定而持久的生长支持。这种持续性的供给方式,不仅有助于植被的茁壮成长,更能增强植物对恶劣环境的抵抗力,特别是在超高海拔的低温条件下,这一点显得尤为重要。与此同时,抗侵蚀喷播工艺的采用,进一步增强了上边坡生态修复的效果。这一工艺通过高压喷播的方式,将草籽、肥料、土壤稳定剂等混合物均匀喷播在边坡表面,形成一层既能防止水土流失,又能促进植被生长的覆盖层。这种工艺不仅施工效率高,而且能有效防止因雨水冲刷等自然因素导致的水土流失,从而加速植被覆盖率的提升。通过上述两种技术的结合应用,上边坡的生态功能有望得到迅速而全面的恢复。植被的茂盛生长将进一步加强土壤的固化作用,提高边坡的稳定性,同时也能有效改善周边的微气候环境。随着时间的推移,这些措施将共同促进上边坡从一个人工干扰的区域,逐渐演变成为一个稳定、自然、生态功能完备的景观。

### 2.3 生物多样性保护与恢复

生物多样性的保护和恢复是生态修复工程中的核心任务之一。在超高海拔环境下,由于特殊的地理和气候条件,生物多样性显得尤为珍贵且脆弱。因此,在进行生态修复时,必须高度重视对这一宝贵资源的保护和恢复。为了增加生态系统的多样性,在修复过程中,特别

注重引入多种适应超高海拔环境的植物物种。这些物种不仅具有较强的耐寒性和适应性，还能在不同的生态位中发挥作用，从而丰富生态系统的层次和结构。通过精心选择和培育这些植物，可以有效地增加生态系统的物种丰富度，提高其稳定性和抵抗力。除了植物多样性的增加，动物多样性的保护同样重要。为此，在修复区域内设立生态保护区，为野生动植物提供安全的栖息地。这些保护区不仅严格限制人类活动的干扰，还加强了对野生动植物及其栖息地的监测和管理。通过这些措施，可以确保野生动植物种群的稳定和繁衍，进一步促进生物多样性的恢复和发展。在保护和恢复生物多样性的过程中，还充分利用了生态系统的自我修复能力。通过模拟自然环境的条件，提供必要的支持和辅助，促进受损生态系统的自然恢复。这种基于自然的解决方案不仅具有可持续性，还能最大程度地减少对生态系统的干扰和破坏<sup>[4]</sup>。此外，为了加强生物多样性的长期保护和管理，还建立了完善的监测和评估体系。定期对修复区域内的生物多样性进行监测和评估，及时发现和解决潜在的问题。同时，加强与科研机构的合作与交流，不断引进新的技术和方法，提高生物多样性保护的科学性和有效性。

#### 2.4 后期养护管理工程

后期养护管理是确保生态修复项目长期成功的关键环节。在超高海拔地区进行的生态修复工程，由于地理和气候的特殊性，后期养护显得尤为重要。为确保修复效果的持久性和生态系统的稳定性，必须建立一套科学、完善的后期养护管理制度。这一制度的核心在于定期的巡查与维护。植被的生长状况是反映生态修复效果最直观的指标，因此需要定期巡查各修复区域的植被生长情况。这包括观察植被的覆盖率、生长密度、叶片颜色等，以此来评估植被的健康状况和生态系统的恢复情况。巡查过程中，一旦发现植被退化或受损，应立即进行补种补植工作，确保生态系统的完整性和连续性。除了植被的巡查与维护，病虫害防治也是后期养护管理中

的重要一环。在超高海拔地区，由于生态环境的脆弱性，病虫害的发生往往会对生态系统造成严重影响。因此，需要建立完善的病虫害监测和预警体系，及时发现并控制病虫害的扩散。同时，应采取生物防治、物理防治等多种手段相结合的方法，有效减少病虫害对生态系统的破坏。此外，后期养护管理还包括对土壤、水源等生态因子的持续监测和调控。土壤是生态系统的基础，其肥力和理化性质直接影响到植被的生长和生态系统的稳定。因此，需要定期检测土壤养分和酸碱度等指标，根据检测结果进行必要的土壤改良和施肥工作。同时，水源的保护和管理也是至关重要的，应确保修复区域内的水源清洁、充足，以满足生态系统的需求。

#### 结语

超高海拔环境下的风力发电施工技术与低温状态下的生态系统修复是一项具有挑战性的任务。通过本文的探讨和实践经验的总结，我们认为只有充分考虑当地的自然条件和生态环境特点，制定科学合理的施工方案和生态修复策略，才能实现风力发电项目的可持续发展和生态环境的长期保护。展望未来，我们将继续深入研究相关技术和方法，为推动全球清洁能源发展和生态环境保护做出更大的贡献。

#### 参考文献

- [1]许建军,高寒高海拔地区大型风电场风机基础冬期施工技术.青海省,青海黄河上游水电开发有限责任公司,2021-06-29.
- [2]许建军,基于高寒高海拔生态脆弱区的千兆瓦级风电场快速施工.青海省,青海黄河上游水电开发有限责任公司,2021-06-29.
- [3]许海楠,刘志远.超高海拔风电场风机机组吊装施工技术[J].水电站设计,2022,38(04):47-49.
- [4]普中贵,刘泽敏,宋金涛.高海拔风电场施工环境保护措施[J].云南水力发电,2017,33(02):1-2+9.