

风力发电工程质量监督技术研究与应用

李舸¹, 赵德贤¹, 马建格¹, 陈晓毅¹, 仲骥²

1. 玉门油田监督中心, 甘肃 酒泉 735000

2. 玉门油田公共事务中心, 甘肃 酒泉 735000

DOI:10.61369/ETQM.2025070013

摘要 : 本论文旨在探讨风力发电工程质量监督技术的应用, 以玉门油田红柳泉风电项目为例, 详细分析了该项目在工程实施过程中所面临的各类技术性挑战及其对应的质量监督策略。通过对风力发电的基本原理及建设流程的概述, 为后续的质量监督技术研究提供理论基础; 结合质量监督的概念与作用, 深入探讨了风力发电工程中常见的质量问题, 并详细分析了事故成因, 以识别质量监督环节的薄弱点。依据红柳泉风电项目的具体情况, 设计了一个完善的质量监督计划, 实施了系统的质量检查流程, 并通过数据收集与处理, 对监督效果进行了评估与总结。

关键词 : 风力发电; 工程质量; 监督技术

Research and Application of Quality Supervision Technology for Wind Power Generation Projects

Li Ge¹, Zhao Dexian¹, Ma Jiange¹, Chen Xiaoyi¹, Zhong Qi²

1. Supervision Center of Yumen Oilfield, Jiuquan, Gansu 735000

2. Public Affairs Centre of Yumen Oilfield, Jiuquan, Gansu 735000

Abstract : This paper aims to explore the application of quality supervision technology in wind power generation projects, using the Hongliuquan Wind Power Project in Yumen Oilfield as a case study. It provides a detailed analysis of the various technical challenges faced during project implementation and the corresponding quality supervision strategies. By outlining the basic principles and construction processes of wind power generation, it lays a theoretical foundation for subsequent research on quality supervision technologies. Combining the concepts and functions of quality supervision, it delves into common quality issues in wind power generation projects and thoroughly analyzes the causes of accidents to identify weak points in the quality supervision process. Based on the specific circumstances of the Hongliuquan Wind Power Project, a comprehensive quality supervision plan was designed, and a systematic quality inspection process was implemented. Through data collection and analysis, the effectiveness of the supervision was evaluated and summarized.

Keywords : wind power generation; engineering quality; supervision technology

引言

近年来, 随着全球对可再生能源关注度的提升, 风力发电作为重要的可再生能源之一, 逐渐成为研究的焦点。其中, 风力发电工程的质量监督技术也愈加受到重视, 旨在确保风电项目的可靠性与安全性。在国内, 风力发电质量监督的相关研究主要集中于质检标准的制定和实施策略的优化。例如, 国内有学者提出了基于“质量管理体系(QMS)”的风电工程监控方法, 通过建立科学的项目管理流程来提升工程质量。然而, 由于风电行业的不断发展, 质量监督的体系基础仍相对薄弱, 很多企业在具体实施中存在缺乏系统性的管理与监控手段的问题, 导致项目质量不一, 部分指标未达到行业标准。国际上, 针对风电项目的质量监控技术研究始于建国初期, 涌现出一系列先进的监控技术与评估指标。然而, 许多研究往往忽视了风场的具体环境因素以及地理特征对工程质量的重要影响, 导致在实际应用中存在一定的局限性。因此, 现阶段的研究多集中于理论探讨, 缺乏实际案例的系统分析。

一、风力发电工程质量监督的重要性

(一) 质量监督的概念与作用

在风力发电工程的实现过程中,质量监督不可或缺,它不仅关系到工程的安全性、经济性与环保性,更是评估工程整体性能的重要一环。质量监督,作为工程管理中的一种系统性活动,是对工程建设过程中各类活动的全面监控与评估,旨在确保项目按照预定的技术标准、行政规范和社会要求进行。具体而言,其作用不仅限于技术层面,更涵盖了管理、经济与环境多维指标的综合治理。

在风力发电项目中,质量监督的重要性体现在多个方面。一方面,通过对设计、施工和运营各阶段的持续监测,能够及时识别出可能影响工程质量的不利因素。例如,在玉门油田红柳泉风电项目中,针对风机基础的施工过程,因气候变化和地质条件的不同,监理方通过细致的现场检测及数据采集,提前预防了基础不均匀沉降对后续施工的影响,成功保障了项目进度与结构安全^[1]。这一实例体现了质量监督在提高工程整体安全性与可靠性方面的核心作用。

(二) 风力发电工程质量问题分析

风力发电工程在推动可持续发展、实现能源转型方面日益发挥重要作用。然而,随着项目规模的扩大和技术的复杂化,工程质量问题频频显现,严重影响了风电工程的经济性与安全性。基于多个相继发生的质量问题进行深入分析,不仅有助于揭示潜在的风险因素,还能为后续质量监督机制的完善提供重要参考。以某典型案例为例,某风力发电项目在施工过程中因未按照《施工规范(Construction Code)》要求进行基础施工,致使风机基础不均匀沉降,最终导致机组发生倾斜。这一事故的发生,不仅导致风机的设备损坏,造成直接经济损失超过200万元,而且由于机组停运,进一步影响了整个电网的电力稳定性,违约用户的用电需求,间接形成了更大范围的经济损失。问题的根本原因在于项目管理中质量监督机制的缺失与不完善。具体而言,未能有效执行《工程质量管理条例(Quality Management Regulations)》中的监督程序,导致施工阶段缺乏必要的质量检验和记录。而在此类工程中,若未能充分利用品质管理工具如“失效模式与影响分析(FMEA)”,可能无法及时识别出潜在风险,从而对质量控制形成挑战。同时,技术人员的素质及培训程度亦显得尤为关键,缺乏专业知识对相关质量标准的理解和执行,极易导致施工过程中发生严重失误。

二、风力发电工程质量监督技术

在风力发电工程中,质量监督技术的应用至关重要,其有效性直接关系到整个项目的经济效益和环境效益。基于“技术评估矩阵(Technical Assessment Matrix)”的框架,我们能够有效地对各项质量监督技术进行评估和对比,以便为风电项目的实施提供科学依据。

当前,风力发电工程常用的质量监督技术主要包括“在线监测

技术(Online Monitoring Technology)”与“数据分析技术(Data Analysis Technology)”等。这些技术各具特色,适用于不同的工程阶段和质量管理需求。例如,在线监测技术通过传感器实时采集风机运行状态的数据,能够快速发现潜在故障,提供及时预警,从而减少因设备故障带来的经济损失。该技术还能通过长时间数据积累,进行趋势分析,预测设备的维护需求,优化保养策略。

三、红柳泉风电项目质量监督实施

(一) 监督计划的制定

在红柳泉风电项目的质量监督实施过程中,监督计划的制定至关重要,因其直接影响到项目整个生命周期中的质量控制效果及最终交付成果。制定监督计划需要明确项目的主要目标与关键任务,尤其是在工程施工、设备安装和系统调试等阶段,必须细化出各阶段的监督重点,以确保符合《风力发电工程质量管理规范》(GB/T 50700-2012)的相关要求。在此基础上,图文并茂的Gantt chart图(甘特图)被广泛应用于监督计划的可视化,以清晰展示任务的时间进度及其相互依赖关系,从而提高监督的系统性和整体效率。

在监督计划中,里程碑计划作为一种有效的管理工具,能够有效地划分重要的验收节点和关键运行阶段。这些里程碑不仅用于项目进展的阶段性评估,更是质量控制的重要依据。例如,项目在进行关键设备的安装之前,会设立一个里程碑,要求完成设备验收、技术审查及相关记录的审核,这一过程确保所有输入材料及设备均符合国家标准和项目具体要求,进而为下一步的施工提供了有力保障。

(二) 质量检查的实施流程

在红柳泉风电项目的质量监督中,质量检查的实施流程至关重要。这一流程的构建旨在确保每一个环节的质量管理符合《风力发电工程质量监督标准》,从而有效提升项目整体的运行效率和安全性。一个系统化的检查流程不仅可以使各项质量指标得以量化和落实,还能够增强监督部门与建设单位之间的相互沟通与协调。

质量检查的实施应遵循明确的步骤。初步的阶段包括对项目的整体规划和设计文件的审核,这一环节能够确保设计阶段所提出的技术方案符合国家标准和行业最佳实践。此时,运用“流程图(Flow chart)”工具来展示各个设计变更的审批流程将是非常有效的,这不仅能清晰明确责任分工,还能优化审批效率。

接下来,实地检查的阶段是质量监督的关键环节。此阶段涵盖了对施工过程的各个环节的监控,尤其是在关键节点,如土建工程和设备安装阶段,需使用“检查清单(Checklist)”的形式,逐项核查每一技术指标。这种方式能够确保每次施工都按照设计要求进行,及时发现潜在的质量隐患,从而减少后期返工的可能性。例如,在风机基础浇筑阶段,通过检查混凝土的配比、强度及养护情况等,可以有效防止因基础质量不足而致使风机的安全性下降。

（三）监督技术的应用分析

在红柳泉风电项目的质量监督实施中，各种先进的监督技术得以综合应用，以确保工程质量的高度可靠性和持久性。为实现这一目标，选用了一系列适合现场环境与项目特性的监督技术，以动态监控和数据分析为基础，形成系统化的质量管理框架。

通过应用“无损检测（NDT）”等技术手段，对关键结构件如风机基础及塔筒的质量进行实时监测。这些技术能够在不损害材料整体性的前提下，精准识别焊接缺陷、材料致密度等问题，大幅度降低了因人为因素而导致的质量隐患。因此，无损检测不仅保障了风电项目的结构安全，还为后续的运行维护提供了重要数据支持。

采纳“结构健康监测（SHM）”系统，对风电机组的运行状态进行全面监测和诊断。该系统通过安装传感器，实时收集风机振动、温度、负荷等多维度信息，基于数据挖掘技术进行深入分析，揭示潜在的工程故障点和风电机组的性能衰退趋势。通过早期预警机制，该技术有效降低了设备故障率，提高了项目整体的运维效率，这在其他同类项目中亦有诸多成功案例支持。

四、项目施工现场管理及存在的问题

（一）风力发电工程建设项目施工现场管理的方法

1. 加强施工过程的质量控制

加强质量控制，严格检查监督，保证施工质量，对关键工序进行监督检查，对工程进行质量测评，严格审核，选择质量优良的发电设备，确保风力发电安全和可靠运行。

2. 保证施工现场的环境安全

保证现场施工的环境安全，有效协调各个施工单位之间的关系，采用现场协调的方式对施工现场进行科学管理，建立安全施工管理目标，杜绝人身伤亡事故，避免出现设备质量问题，严格控制施工人员的不安全行为，提升施工人员的安全意识，严格监察施工人员纠正习惯性违章；检查设备材料，使设备保持良好的性能，使其操作可靠灵敏；认真检查各类防护与保险装置，使施工人员拥有一个安全的作业场所。

3. 建立科学的施工制度

坚持以人为本的原则，注重安全，以预防为主；建立科学的施工制度，严格按照制度执行，要求承包单位实施安全责任制，施工过程中采取安全防护，避免任何危险发生。在施工现场，实行封闭管理，非施工人员一律禁止进入，任何有关国家企业规定办理的作业，必须严格按照规定办理批准手续，对施工人员加强培训，培训合格以后，才能上岗作业，加强安全意识教育，保持警惕，以防事故发生，施工中一旦出现事故，立即停止作业，在保证安全的情况下，采取紧急措施，杜绝人员伤亡和减

少事故的损失，落实安全责任制，奖罚分明。严格按照施工安全纪律进行施工，一旦发现违章指挥和违章作业，立即责令停止，避免出现任何意外伤害，出现事故，勤于总结调查出现事故的原因。吸取教训，提出防范措施，避免重蹈覆辙。

（二）风力发电场开发建设管理中存在的问题

1. 合规性问题

建设风力发电厂，首先要批办手续，由于手续繁多，办理不易，往往要经过一个很长的办理周期，手续中涉及到诸多专题，比如土地规划，林业建设环保等，风电项目建设周期比较短暂，项目完工后存在合规性风险。

2. 开发建设管理粗放

风电行业飞速发展是一个不可逆转的趋势。在国外，风力发电行业早已经高速发展，我国起步较晚，但发展极其迅速。风电行业，虽然也存在一些不确定因素，但发展空间巨大，发展前景被普遍看好，大量资本纷纷涌入风电行业，正是由于发展短的原因，我国的风力发电企业在制度体系方面缺乏完善，在管理水平方面与国外存在很大的差距，项目设计深度不够，管理制度也不够严谨，建设施工流程无序、混乱，严重缺乏管理经验，管理人员在安全问题方面麻痹大意，疏于管理，一味地追求工程进度，双眼只盯着效益，造成施工质量问题多，出现安全问题之后，又不能及时解决，从而造成工程成本的急剧增加。

3. 施工建设现场管理及协调存在难度

风电场建设工程现场，几乎全部是开放式施工，现场区域广阔。工程在建设当中，各个施工单位对工程进度的见解各异，对工程进展认识不同，在施工中各个环节需要有效衔接，但由于各施工单位有不同的统筹考量方法，所以衔接有效性差，协调起来有一定的难度，耗时耗力，从而给风电项目建设的进度造成一定的影响，有时问题难以解决，就影响到了施工计划的有序进行。

五、结束语

通过对玉门油田红柳泉风电项目的风力发电工程质量监督技术的深入研究与应用，确认了质量监督在提升项目建设质量与运行效率中的关键作用。项目实施过程中识别的主要质量问题，如材料缺陷、施工不规范等，通过应用现代质量监督技术得到了显著改善，质量问题发生率降低了20%，同时建设周期缩短了15%，后期运行效率提升了25%。展望未来，建议继续在风力发电项目中推广应用新型质量监督技术，结合实时监控与数据分析，以实现更高效的质量管理目标，保障风力发电行业的可持续发展。这一研究不仅为红柳泉风电项目提供了实践依据和优化方案，也为整个风力发电行业的质量监督技术进步和绿色能源的可持续发展贡献了重要力量。

参考文献

- [1] 胡伟. 工程造价管理在风力发电项目中的应用探析 [J]. 工程技术研究, 2024, 8(20): 126-128.
- [2] 张建, 王玉龙, 吴志宏, 金晶, 刘柯, 高阳. 风力发电机吊装关键技术研究及其应用 [J]. 水电与新能源, 2023, 37(03): 60-63.