

风电场建设施工关键技术与质量控制研究

冉启飞

四川二滩国际工程咨询有限责任公司，四川 成都 611130

[摘要]随着风电产业不断发展，风电场建设规模逐渐扩大，然而在施工期间，依旧存在着诸多问题，像是土建基础情况复杂、风机安装高空作业风险较高以及电气及机电系统施工对精度的要求颇高等情况。传统的施工方法依靠经验来做出判断，缺少系统化的质量控制以及信息化管理，所以很容易出现基础沉降、设备安装出现偏差等质量问题。并且，其在安全管理以及环境保护方面的措施还不够完善，很难达成全过程的监测与追踪。所以说，风电场施工迫切需要引入先进的施工技术、信息化管理以及完善的质量控制体系，以此提升施工效率、确保工程质量并保证安全运行。

[关键词]风电场建设施工；关键技术；质量控制

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18310

中图分类号: TM315

文献标识码: A

Research on Key Technology and Quality Control in Wind Farm Construction

RAN Qifei

Sichuan Ertan International Engineering Consulting Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611130, China

Abstract: With the continuous development of the wind power industry, the scale of wind farm construction is gradually expanding. However, there are still many problems during the construction period, such as complex civil foundation conditions, high risks of high-altitude wind turbine installation, and high precision requirements for electrical and electromechanical system construction. The traditional construction method relies on experience to make judgments, lacking systematic quality control and information management, so it is easy to encounter quality problems such as foundation settlement and equipment installation deviation. Moreover, its measures in safety management and environmental protection are not yet perfect, making it difficult to achieve full process monitoring and tracking. Therefore, the construction of wind farms urgently needs to introduce advanced construction technology, information management, and a sound quality control system to improve construction efficiency, ensure project quality, and ensure safe operation.

Keywords: wind farm construction; key technology; quality control

引言

全球能源结构正经历转型，且可再生能源的需求持续增长，在此情形下，风能作为一种清洁且高效的可再生能源，于全世界范围内获得了广泛的应用。风电场的建设属于风能开发当中的一个关键环节，其施工的质量以及效率，和风电机组能否安全运行、发电效率的高低以及项目经济效益的好坏都有着直接的关联。不过，风电场在施工的时候，往往会面临不少的挑战，像是大型风机设备的运输以及安装存在很大难度，施工环境比较复杂，土建与机电系统交叉施工，还有施工安全以及环境保护的要求极为严格等问题。这些因素促使在施工过程里的任何一个环节，其质量控制和技术管理都显得格外重要。近些年来，随着施工技术、信息化管理以及智能化设备不断发展，风电场建

设逐步从依靠传统经验来驱动转变为由科学数据来驱动，土建施工、风机安装、电气及机电安装还有信息化施工技术的应用变得越来越普遍。与此构建起系统的质量控制体系以及安全环保管理机制，保证施工全程都能符合设计规范以及行业标准，这已然成为确保风电场工程可以顺利完成的一个重要前提条件。本研究着重对风电场施工当中涉及的关键技术以及质量控制措施展开系统分析，结合实际施工情况来深入探讨施工管理策略与优化办法，从而给风电场建设给予相应的技术支撑以及理论方面的参考，进而推动风电项目实现高质量、高效率以及可持续的发展目标。

1 风电场建设施工的特点

风电场建设具有多方面显著特点，首先在自然环境适

应性方面,风电场通常选址于高海拔山地、近海潮间带或风频稳定的草原地区,施工易受地形、风速及季节性气候影响,偏远地形和交通不便增加了设备运输和吊装难度;其次,工程技术复杂且专业化程度高,基础施工涉及大体积混凝土浇筑或海上钢管桩加固,吊装作业需依赖大型起重设备并严格控制叶片间距,同时对操作人员资质有较高要求;此外,项目管理协调难度大,需要应对设备供应、天气变化和多队伍协作等因素,借助系统化管理工具和数字化手段实时跟踪进度、管理设计变更及成本控制;最后,施工过程中安全与环保风险突出,高处作业、机械倾覆和山区运输安全风险显著,同时需采取植被保护、噪声控制及电磁环境评估等措施,确保施工安全、环境保护和社会影响得到有效管理。

2 风电场施工关键技术

2.1 土建施工关键技术

在风电场建设期间,土建施工属于整个工程当中的基础环节,其施工质量同风机设备的安全运行以及风电场的整体性能紧密相关。土建施工所包含的内容主要有风机基础方面的施工、道路施工、土方相关施工以及场地平整等相关工作,这其中风机基础施工显得格外重要。因为风机自身的体量是比较大的,其塔筒的高度也很高,并且还会受到风荷载较为明显的影响,所以基础必须要拥有足够的承载力以及稳定性。所以在施工的过程当中,得严格把控混凝土的配比情况、浇筑的具体工艺、养护的相关措施还有钢筋的布置状况,从而保证基础能够和地质条件实现充分的匹配^[1]。与此道路施工以及场地施工同样是土建环节里十分重要的部分,它一方面能够确保施工设备以及风机运输可以顺利地开展,另一方面还会影响到后期运维工作的便捷程度。在施工的过程当中,应当依据地形地质的具体条件来合理地去设计道路的排水方式以及防护举措,运用高标准的压实技术、平整操作以及路基加固方法,以此来提升道路的承载能力并且增加其耐久性。

2.2 风机安装施工技术

风机安装施工属于风电场建设当中的极为关键的环节,并且其对于技术的要求颇高,该环节的施工质量会直接对风电机组的运行效率以及安全性能产生影响。风机安装所涉及的主要内容包含塔筒、机舱、叶片以及风机辅助设备的运输工作、吊装操作以及组装事宜。在开展施工活动的过程中,一开始便要科学且细致地去制定运输方案以及吊装方案,同时还要合理地挑选起重设备以及确定作业顺序,唯有如此才能够保障那些大型构件可以安全且顺利地抵达施工现场并且精准就位。就塔筒的吊装来讲,得严

格把控其垂直度以及拼接精度;而在进行机舱安装的时候,则需要注意做到精确定位以及妥善紧固,进而保证转子与发电机轴线能够实现对中;至于叶片吊装,那就得充分考量风速、风向还有吊装角度等诸多因素,切忌因为操作不当而导致出现变形或者损伤的情况。除此之外,在实施高空吊装以及装配相关工作的过程当中,务必要严格遵照安全管理制度来执行各项事宜,另外还需配备齐备的防护设施,以此来防范高空作业所带来的各类风险。

2.3 电气及机电安装技术

电气及机电安装技术于风电场建设而言,乃是保障风机能够正常运转以及实现电能高效传输的关键环节所在。其施工质量的好坏,会对风电场的发电效率以及设备安全产生直接的影响。在施工的具体进程当中,电气安装所涉及的主要内容包含了风机内部的电气系统、场内低压以及高压电缆的敷设工作、变电站设备的安装事宜,还有与电网进行接入的相关工作。在施工之时,务必要依据设计图纸以及技术规范来严格地开展电缆敷设以及连接方面的操作,从而确保导线的绝缘性能、接头的质量以及布线的路径都能够契合安全标准的要求,并且要采取相应的防护举措,以此来防止出现因机械损伤或者环境因素而对相关设施造成不利影响的情况^[2]。就机电安装这一方面来讲,其涵盖了风机传动系统、发电机、液压系统以及辅助设备的安装调试工作,必须要保证各个机械部件的对中精度以及动力传递效率都能够达到应有的水准,与此同时还要实施细致的扭矩控制以及润滑管理,进而确保设备可以实现长期且稳定的运行状态。

2.4 信息化与智能化施工技术

信息化与智能化施工技术于风电场建设当中所发挥的作用日益凸显,其既提升了施工效率,也增强了施工精度,并且强化了安全管理以及质量控制。借助信息化施工技术,能够达成施工过程的数据化管理,囊括风机基础、塔筒、机舱以及叶片安装的各项参数的实时采集与分析,像位置、倾角、应力还有振动等方面,进而能够及时察觉到异常情况并做出相应调整,以此来保障施工精度以及工程质量。而智能化施工技术则是凭借无人机巡检、自动化吊装系统、GPS 定位、传感器网络以及施工管理软件,实现施工环节的自动化、可视化以及智能化调度。举例来讲,运用无人机以及三维建模技术针对施工场地展开精确测量与方案模拟,可对道路布局、吊装路径以及施工顺序加以优化,降低人为失误以及施工风险;并且智能吊装系统以及远程监控平台能够实时反馈塔筒、机舱以及叶片的安装状态,保证构件安装的垂直度、对中精度以及安全性。

3 风电场施工质量控制

3.1 质量控制体系与标准

风电场施工质量控制关键在于构建完备的质量控制体系并严格依照相关标准执行,以此保证工程建设各个环节都契合设计要求以及安全规范。质量控制体系一般涵盖组织管理、施工流程控制、技术标准制定、监督检查以及验收管理等方面,借助制度化且规范化的管理方式达成对施工全过程的有效把控。在实际施行阶段,得参照国家与行业相关规范,像《风电场工程施工及验收规范》《电气设备安装工程施工及验收规范》等,清晰界定施工质量标准、工序要求以及验收指标,与此同时要结合项目自身特性制定施工技术规程和操作规程,保障各环节具备可操作性以及可追溯性。体系当中还需设置质量监督机构,针对施工单位、施工工序以及施工材料展开全程监控与抽检,对于发现的问题要及时予以分析处理,采取相应的整改举措。

3.2 土建施工质量控制措施

土建施工质量控制在风电场建设里属于保障工程安全以及稳定的基石环节,其相关举措应当贯穿基础工程、道路施工、土方以及场地平整等整个过程。在风机基础施工方面,要严格把控混凝土配比、浇筑工艺、振捣密实程度以及养护管理工作,务必要让基础承载力和整体稳定性都能契合设计方面的规定,而且对于钢筋布置、锚栓安装还有施工缝处理都得展开精细化的管理操作,如此一来便能避免基础结构出现裂缝或者发生沉降异常的情况。接着,道路以及场地施工得依据地形还有土质的具体情况去开展科学的设计与施工工作,运用分层压实的方式,采取合理的排水办法以及加固处理手段,以此提升道路的承载力以及耐久性,进而保障风机能够顺利地完成运输任务,施工设备也能够畅通无阻地通行。在施工实施的过程当中,需要结合信息化监测以及测量技术,针对基础沉降、水平位移以及路基平整度展开实时的监控活动,要及时察觉施工偏差并且加以修正,由此来切实保障施工的精度以及安全状况。与之施工单位应当严格按照施工规范以及质量检验制度来执行相关事宜,对每一个工序都要做好验收以及记录工作,构建起完整的质量档案体系,进而达成全过程可追溯的管理目标。

3.3 风机安装质量控制措施

风机安装质量控制在风电场建设里属于极为关键的环节,它对于机组安全运行以及发电效率有着决定性的影响。其相应的控制措施会贯穿整个从运输、吊装到组装直至调试的全过程。一开始,在对塔筒、机舱还有叶片展开

运输以及吊装工作的这个过程当中,得去制定出既科学又合理的作业方案,要合理地挑选吊装设备以及确定作业顺序,而且要严格把控吊装的速度、角度以及受力的情况,以此来保障这些构件在搬运以及吊装期间不会出现变形或者遭受损伤的情形^[3]。接着,在进行塔筒安装的时候,需要十分严格地控制其垂直度以及拼接精度,而在开展机舱安装工作时,则要保证转子轴和发电机轴能够精准地实现对中操作,并且在叶片吊装环节当中,还得充分考虑到风速、风向以及安装角度等方面的情况,从而确保能够达成旋转平衡并且保障结构的安全性。与此应当联合运用高精度的测量仪器以及信息化的监控系统,针对那些关键的安装参数实施实时的监测以及记录工作,要是发现了偏差,就要及时采取相应的调整举措,以此来确保安装精度能够完全符合设计方面的要求。

3.4 电气及机电施工质量控制

电气以及机电施工质量控制在风电场建设里属于极为关键的环节,它是保障机组能够安全运行并且让发电效率得以提升的重要部分。其控制措施会贯穿整个施工流程,从电气系统安装开始,到机电设备安装以及后续的调试过程都包含在内。在具体施工的时候,要严格参照设计图纸还有施工规范来开展相关工作,像是电缆敷设、导线连接以及接地处理等操作都要一丝不苟地去完成,务必要让绝缘性能、接头质量还有布线路径全都契合安全标准的要求,并且还得采取相应的防护举措,以此来防范出现机械损伤或者受到环境方面的影响等情况。就机电设备安装来讲,这里面涵盖了发电机、传动系统、液压系统还有辅助设备等的安装与调试工作,得保证各个机械部件的对中精度、动力传递效率以及润滑系统的完好无损,千万不能因为存在安装误差又或者是出现了摩擦阻力而致使设备出现异常状况。在整个施工过程当中,应当把信息化监控以及智能检测技术结合起来运用,通过实时监测电气参数、振动状态以及设备运行数据等方式,能够及时察觉到异常情况并马上做出调整,从而促使施工精度得以提高,施工可靠性也能相应增强。

4 风电场施工安全与环境管理

风电场施工安全与环境管理属于保障工程能够顺利推进、人员安全以及生态环境可持续发展的重要环节,其内容包含了施工现场安全管理、高空与重型设备作业安全、环境保护以及绿色施工等诸多方面。在施工期间,需要去建立健全安全管理制度以及操作规程,要明确各个岗位的安全责任,定期开展安全培训以及应急演练,以此提升施工人员的安全意识以及应急处置的能力^[4]。高空作业、重

型吊装以及机械操作这些环节必须严格执行安全防护的相关措施,比如要佩戴防护装备、设置安全围栏、采用可靠的吊装方案以及监测系统,从而防止事故的发生。与此应当结合信息化监控技术针对施工现场的关键风险点展开实时监测,像风速、塔筒倾角、吊装荷载等参数都要监测到,方便及时采取相应的应对措施。在环境管理这块,需要制定施工场地的生态保护以及污染防控措施,包含施工扬尘控制、废水处理、噪声管理以及对植被和土壤的保护,确保施工给周边环境带来的影响能够尽可能地降到最低。还应当推广绿色施工技术,像是优化施工工序、合理安排运输路线以及采用节能设备,进而减少能源的消耗以及环境的负荷。

5 结语

在风电场建设施工期间,土建基础方面、风机安装环节、电气及机电系统施工过程以及信息化智能化技术的应用情况,都会对工程质量以及运行安全产生直接影响。通过构建起较为完善的质量控制体系,强化针对施工的管理工作,运用先进的施工技术以及信息化相关手段,如此一

来,既能提升施工的精度与效率,又能切实有效地保障施工安全,并且对环境保护起到积极作用。在未来,随着风电技术以及智能化管理不断向前发展,风电场施工将会变得更为高效、更为精细,同时也更具可持续性,进而为风电产业的安全运行以及清洁能源的发展给予稳固有力的保障。

[参考文献]

- [1]王亚兰.探讨新能源风电工程建设施工的管理要点[J].红水河,2024,43(4):115-117.
 - [2]徐生明.风电场安全生产标准化建设应用研究[J].中国新技术新产品,2022(16):146-148.
 - [3]马琛.试论风电建设工程项目施工的重点管理[J].科技创新与应用,2020(17):184-185.
 - [4]赵振宙,周彩贵,汪新金.风电场安全生产管理[M].北京:中国水利水电出版社,2021.
- 作者简介:冉启飞(1995.10—),男,毕业院校:西华大学,所学专业:能源与动力工程,当前就职单位:四川二滩国际工程咨询有限责任公司,职称级别:助理工程师。