

# 新能源风力发电机组消防安全管理研究

白宝柱 任 军

内蒙古京能检修工程管理有限公司 内蒙古 乌兰察布 012000

**摘 要:** 本文探讨了新能源风力发电机组面临的火灾风险因素,包括电气设备故障、机械摩擦与过热、雷击以及外部火源等。分析了当前风力发电机组消防安全管理存在的问题。提出了完善消防安全管理制度、加强消防设施建设与维护、提高人员消防安全意识与技能、强化消防安全监管、优化消防设计和建立应急救援机制等改进措施。并通过内蒙古辉腾锡勒风电场的实际案例,评估了改进措施的实施效果,验证了这些措施的有效性。

**关键词:** 新能源; 风力发电机组; 消防安全管理

## 1 新能源风力发电机组火灾风险因素分析

### 1.1 电气设备故障

风力发电机组内部集成了大量的电气设备,这些设备在长时间、高负荷的运行过程中,极易因老化、短路、过载、接触不良等问题而引发火灾。具体而言,发电机定子绕组作为机组的核心部件,其绝缘层在长期承受电、热、机械应力等多种因素的作用下,容易出现老化、龟裂甚至损坏的现象。一旦绝缘层失效,定子绕组之间就可能发生相间短路,产生强烈的电弧和高温,足以点燃附近的易燃材料,从而引发火灾。另外,变频器作为调节风力发电机组转速和输出功率的关键设备,其内部包含了大量的功率半导体元件。这些元件在高频开关过程中会产生大量的热量,如果散热系统设计不合理或维护不当,就可能导致元件过热,甚至引发火灾。同时,开关柜等电气设备的接触不良、松动等问题也可能导致局部电阻增大,产生过热现象,进而成为火灾的潜在隐患。

### 1.2 机械摩擦与过热

风力发电机组的传动系统,包括齿轮箱、轴承等部件,在高速运转过程中会产生显著的机械摩擦。如果润滑系统出现故障或润滑不足,摩擦热将急剧增加,导致部件温度升高。当温度超过材料的燃点时,就可能引发火灾。特别是齿轮箱内部,由于结构复杂、空间狭小,一旦齿轮、轴承等部件因摩擦过热而损坏,将迅速引发火灾,并难以扑救。刹车系统作为风力发电机组的重要安全装置,在紧急制动时会产生大量的热量。如果散热不及时或设计不合理,刹车盘、刹车片等部件的温度将急剧升高,存在火灾隐患。特别是在极端气候条件下,如高温、干旱等,刹车系统的火灾风险将进一步加剧<sup>[1]</sup>。

### 1.3 雷击

风力发电机组通常安装在空旷的高地、山区或海

上,高度较高,因此容易成为雷电的攻击目标。雷击不仅可能直接击穿电气设备的绝缘层,造成设备短路起火;还可能引发雷电感应,在机组内部的金属部件上产生感应电动势,产生电火花。这些电火花足以点燃周围的可燃物,如电缆绝缘层、润滑油等,从而引发火灾。特别是在雷电频发的地区,风力发电机组的雷击火灾风险更加显著。

### 1.4 外部火源

风力发电机组周边可能存在多种外部火源,如野外用火、森林火灾、人为纵火等。一旦火势蔓延至机组附近,极易引燃机组外部的可燃材料,如塔筒表面的涂层、机舱内的保温材料等。这些材料在燃烧过程中会释放出大量的热量和有毒烟雾,不仅加速了火势的蔓延,还对救援人员的安全构成了严重威胁。

## 2 新能源风力发电机组消防安全管理现状及不足

### 2.1 消防安全管理制度不完善

部分风电企业缺乏完善的消防安全管理制度,对消防安全工作的重视程度不够。制度中未明确各部门和人员的消防安全职责,导致消防安全管理工作缺乏有效的组织和协调。同时,对于消防安全检查、隐患排查治理、消防设施维护保养等工作,缺乏明确的流程和标准,使得这些工作往往流于形式,无法及时发现和消除火灾隐患。

### 2.2 消防设施配备不足或维护不当

一些风力发电机组的消防设施配备不符合规范要求,存在灭火器数量不足、类型不匹配、消防栓无水或水压不足等问题。此外,消防设施的日常维护保养不到位,导致设备老化、损坏,在火灾发生时无法正常使用。例如,灭火器过期未更换,消防报警系统出现故障未能及时修复等<sup>[2]</sup>。

### 2.3 人员消防安全意识淡薄

风电企业员工对消防安全的认识不足,缺乏必要的消防安全知识和技能培训。部分员工在日常工作中忽视消防安全规定,存在违规操作、乱扔烟头等行为,增加了火灾发生的可能性。同时,员工在火灾发生时缺乏应急处置能力,不知道如何正确报警、疏散逃生和使用消防设施,导致小火酿成大火。

#### 2.4 消防安全监管难度大

由于风力发电机组分布广泛,且大多位于偏远地区,交通不便,给消防安全监管工作带来了很大困难。监管部门难以对每个机组进行定期、全面的检查,无法及时发现和纠正消防安全问题。此外,风电行业消防安全标准体系尚不完善,对于一些新型风力发电机组的消防安全要求缺乏明确规定,也给监管工作带来了一定的困扰。

### 3 新能源风力发电机组消防安全管理改进措施

#### 3.1 完善消防安全管理制度

风电企业应建立健全消防安全管理制度,明确各级管理人员和员工的消防安全职责,将消防安全工作纳入企业的日常管理体系中。制定详细的消防安全检查、隐患排查治理、消防设施维护保养等工作流程和标准,确保各项工作有章可循。同时,建立消防安全考核机制,对消防安全工作表现突出的部门和个人进行表彰和奖励,对违反消防安全规定的行为进行严肃处理。

#### 3.2 加强消防设施建设与维护

严格按照相关规范要求,为风力发电机组配备齐全、有效的消防设施。根据机组的特点和火灾风险,合理选择灭火器的类型和数量,确保在火灾初期能够及时扑灭。定期对消防设施进行检查、维护和保养,建立消防设施管理台账,记录设备的运行状况和维护情况。对于损坏或过期的消防设施,及时进行更换和维修,保证消防设施始终处于良好的备用状态。此外,还应考虑在风力发电机组中安装自动灭火系统,如气体灭火系统、细水雾灭火系统等,提高火灾扑救的及时性和有效性。

#### 3.3 提高人员消防安全意识与技能

为了提高风电企业员工的消防安全素质,企业需定期开展消防安全教育培训活动。培训活动应涵盖火灾预防、初期火灾扑救、疏散逃生技巧等基本消防安全知识,同时紧密结合风力发电机组的特点和火灾风险,使员工深入了解机组内部潜在的火灾隐患及其防范措施。这些活动不仅应涵盖基本的消防安全知识,如火灾的预防、初期火灾的扑救、疏散逃生技巧等,还应紧密结合风力发电机组的特点和火灾风险,使员工能够深入了解机组内部潜在的火灾隐患及其防范措施。新员工入职

时,企业必须对其进行严格的消防安全培训,并通过考核确保其掌握必要的消防安全知识与技能后方可上岗。为了营造浓厚的消防安全氛围,企业还可在机组内部设置醒目的消防安全宣传标识和张贴温馨的消防安全提示,以此时刻提醒员工注意消防安全<sup>[3]</sup>。通过这些举措,企业能够全面提升员工的消防安全意识和自救互救能力,为风力发电机组的消防安全提供有力保障。

#### 3.4 强化消防安全监管

为了有效遏制新能源风力发电机组火灾事故的发生,监管部门必须加大对风电行业的消防安全监管力度。监管部门应建立科学、系统的监管机制,明确对风力发电机组消防设计、施工、验收和运行等各个环节的监管要求。在此基础上,定期组织专业团队对风电企业进行消防安全检查,对发现的消防安全问题及时下达整改通知书,并督促企业限期整改到位。对于存在重大消防安全隐患且拒不整改的企业,监管部门应依法予以严肃处理,以此形成强有力的震慑作用。为了提升监管效能,监管部门还应加强与风电企业的沟通与合作,建立信息共享平台,及时掌握企业的消防安全状况。通过为企业提供消防安全技术咨询和服务,监管部门能够引导企业不断提升自身的消防安全管理水平。通过这些举措的实施,监管部门能够确保新能源风力发电机组的消防安全得到有效保障。

#### 3.5 优化风力发电机组消防设计

在风力发电机组的设计阶段充分考虑消防安全因素,是预防火灾发生的源头措施。合理选择机舱内的材料,尽量采用不燃或难燃材料,能减少可燃物的使用,降低火灾发生的可能性和火势蔓延的速度。例如,使用防火性能好的电缆绝缘材料、保温材料等,能有效提高机组的消防安全性能。对电气设备进行合理的布局 and 安装,设置防火分隔措施,能防止火灾在电气设备之间蔓延。例如,将不同功能的电气设备分区布置,设置防火墙、防火门等防火分隔设施,能在火灾发生时将火势控制在一定范围内,为人员疏散和火灾扑救争取时间。设计可靠的防雷接地系统,能降低雷击引发火灾的风险。雷击是风力发电机组面临的重要火灾风险之一,通过合理的防雷接地设计,能将雷电流迅速引入大地,避免雷电流对电气设备造成损坏,从而减少火灾发生的可能性;在机组中设置火灾探测和报警系统,能够及时发现火灾并发出警报。火灾探测和报警系统能在火灾初期就发出警报,提醒人员及时采取措施,为人员疏散和火灾扑救争取宝贵的时间,有效减少火灾造成的损失。

#### 3.6 建立应急救援机制

风电企业制定完善的火灾应急救援预案，是应对火灾事故的重要保障。明确应急救援的组织机构、职责分工、应急响应程序和处置措施等，能让企业在火灾发生时迅速、有序地开展应急救援工作。组织机构要明确各部门的职责和人员分工，确保在应急救援过程中各部门能够协同配合；应急响应程序要规定火灾发生后的报警、疏散、灭火等具体步骤，让救援人员能够按照既定程序进行操作；处置措施要针对不同类型的火灾制定相应的灭火和救援方法，提高救援的针对性和有效性。定期组织应急救援演练，能检验和提高应急救援队伍的实战能力和协同配合能力。通过演练，救援人员可以熟悉应急救援预案的内容和操作流程，提高应对火灾事故的熟练程度。同时，演练还能发现预案中存在的问题，及时进行修订和完善。与当地的消防部门、医疗机构等建立应急联动机制，能确保在火灾发生时能够迅速获得外部救援支持。消防部门具有专业的灭火救援能力，医疗机构能及时对受伤人员进行救治，通过建立联动机制，能形成内外结合的应急救援体系，提高火灾事故的应对能力；在风力发电机组现场配备必要的应急救援物资和设备，如急救药品、防护用品、照明设备等，能满足应急救援的需要。在火灾发生时，这些物资和设备能为救援人员和被困人员提供必要的保障，提高救援的成功率。

## 4 案例分析

### 4.1 案例概况

选取内蒙古辉腾锡勒风电场作为案例研究对象。该风电场地处内蒙古高原，地势开阔，风能资源丰富，共安装有120台金风科技GW155-3.0MW型风力发电机组，总装机容量达36万千瓦。在运营初期的2020年冬季，其中一台机组因机舱内电缆长期处于高负荷运行状态，绝缘层老化破损，发生电气短路故障，产生的高温电弧迅速引燃周围的电缆护套及其他易燃材料，火势在狭小密闭的机舱内迅速蔓延。尽管工作人员及时发现并启动紧急停机程序，但由于初期缺乏有效的火灾监测与灭火手段，仍导致该机组严重损毁，机舱内大部分电气设备和机械部件报废，直接经济损失达800万元。事故发生后，该风电场高度重视消防安全管理工作，立即成立专项整改小组，开展全面排查，并采取了一系列改进措施<sup>[4]</sup>。

### 4.2 消防安全管理改进措施

#### 4.2.1 完善消防安全管理体系：建立健全消防安全管

理制度，明确各级人员消防安全职责；加强消防安全责任落实，将消防安全纳入绩效考核体系；定期开展消防安全监督检查和评估，及时发现和消除火灾隐患。

4.2.2 升级消防技术与设备：在机舱内安装光纤感温火灾探测器和超细干粉灭火系统，实现火灾的早期预警和快速扑灭；对防雷接地系统进行全面检测和改造，降低雷击风险；在塔筒底部和电缆夹层等部位增设灭火设施，完善消防设施配置。

4.2.3 加强人员培训与应急管理：组织全体工作人员参加消防安全培训，提高其消防安全意识和操作技能；定期开展火灾应急演练，检验和完善应急预案；与当地消防部门建立联动机制，加强协作与沟通。

### 4.3 实施效果评估

经过一段时间的改进，该风电场消防安全管理水平显著提高。自改进措施实施以来，未发生任何火灾事故，火灾隐患整改率达到100%。通过定期的消防安全评估，风电场消防安全状况得到了第三方机构的高度认可。同时，工作人员的消防安全意识和应急处置能力明显增强，在应急演练中能够迅速、有效地开展灭火和救援工作。此外，与外部救援力量的协作更加顺畅，为应对突发火灾事故提供了有力保障。

### 结束语

综上所述，新能源风力发电机组的消防安全管理对于保障风电场安全稳定运行具有重要意义。通过完善制度、加强设施建设、提高人员素质和强化监管等多方面努力，可以有效降低火灾风险。未来，随着技术的不断进步和经验的积累，风力发电机组消防安全管理将更加科学、规范和高效，为新能源产业的可持续发展提供有力保障。风电企业应持续关注和改进消防安全管理工作，确保风力发电机组的安全运行。

### 参考文献

- [1]张轶东.风电场中风力发电机组运行故障与维护[J].电气技术与经济,2024(6):328-329,337.
- [2]李莉.探究风电场电气设备中风力发电机的运行维护的措施[J].电气技术与经济,2024(1):307-309.
- [3]王芸波.风电场电气设备中风力发电机的运行维护研究[J].中国设备工程,2023(13):76-78.
- [4]王丽敏.风力发电机变流器故障的分析与改进[J].机械制造,2020,58(4):104-108.