

浅谈风电运维人员安全管理

高 杨

宁夏银星能源股份有限公司太阳山风力发电厂 宁夏 银川 751500

摘 要：新能源产业迅猛发展，风电作为清洁能源主力军，装机容量持续攀升，带动风电运维行业兴起。风电运维环境特殊、技术要求严苛，安全管理是运维高效开展的核心前提。本文结合其复杂特性，梳理机械伤害、电气风险等主要安全风险类型，剖析当前人员安全管理在制度、培训、技术装备等方面的现状与不足，从完善制度、强化能力、升级装备等五方面提出优化策略，为提升安全管理水平、降低事故率提供理论与实践指引，助力风电产业安全高质量发展。

关键词：风电运维；人员安全管理；风险防控

引言：“双碳”目标下，我国风电产业跨越发展，陆上风电广泛分布，海上风电加速建设，运维市场规模持续扩大。风电运维关乎风机稳定运行与发电效率，人员安全是运维底线。相较于传统电力运维，风电运维面临高空、极端天气、设备复杂等挑战，安全风险更突出，近年事故频发，威胁人员安全且造成经济损失。行业虽重视安全管理，但实际仍存短板。本文探讨相关问题，提出优化策略，对行业安全规范发展意义重大。

1 风电运维工作特点

1.1 作业环境复杂

风电运维作业环境复杂，体现在地域、高度和天气三方面。地域上，陆上风电多在偏远山区、草原等，交通不便、基础设施差，影响通勤、运输与救援；海上风电面临高湿度、高盐雾的恶劣海洋环境，加速设备腐蚀，影响人员状态，且风浪大、能见度低，作业难度大。作业高度上，风机轮毂超80米，高空作业空间小、有晃动风险，考验人员心理素质与操作稳定性。极端天气也是隐患，陆上常遇暴雨等，海上面临台风等，会中断作业，威胁人员生命安全。

1.2 设备技术密集

风电运维技术密集，涉及大型风机、电气系统及自动化控制等多领域，对运维人员专业技能要求高。大型风机结构复杂，部件检修如叶片检测、油液分析等需专用设备与技能。电气系统涵盖高压配电等，高压作业风险大，要求掌握电气原理与绝缘防护。自动化控制系统广泛应用，运维人员要熟练操作远程监控等系统，精准定位故障。不同厂家、型号风机技术参数和操作规范有差异，增加运维难度，需运维人员有全面技术储备与快速适应能力^[1]。

1.3 运维任务周期长、流动性高

风电运维任务周期长、人员流动性高，影响安全管理。从周期看，它贯穿风机全生命周期，涵盖日常巡检、定期保养、故障维修等。日常巡检每日进行，定期保养按周期推进，故障维修需及时响应并跟进，复杂故障维修周期可能达数天甚至数周。人员流动性方面，风电项目偏远，环境艰苦，离职率高；且运维人员常在不同风电场调配，安全培训与规范传达难衔接。长期户外作业与异地驻守，还会让运维人员疲劳、压力大，影响安全意识与操作规范，增加安全风险。

2 风电运维工作主要安全风险类型

2.1 机械伤害

机械伤害是风电运维常见安全风险，源于风机运动部件威胁及运维操作不规范。风机运行时，叶片、齿轮箱、发电机等高速运转，若运维人员未停机、未锁定就作业，易被卷入、挤压。如叶片检修未锁定，受风力转动会撞击人员；齿轮箱检修未切断动力源，齿轮转动可能卷入肢体。此外，设备搬运、工具使用不当也会引发伤害，像吊装部件绳索断裂致坠落伤人，使用工具操作失误造成划伤、砸伤。机械伤害突发性强、伤害程度高，一旦发生，常给运维人员造成严重身体伤害，甚至危及生命，严重影响运维工作正常开展与人员生命安全。

2.2 电气风险

电气风险是风电运维中极具危险性的类型，涉及触电、电弧灼伤、电气火灾等隐患，源于风电系统复杂的电气结构与高压供电特性。风机发电、输电涉及高压电，运维人员操作电缆连接、变频器检修等工作时，若不遵守电气安全规程，如未停电、验电、接地，易触电。高压电弧危害更严重，操作不当或设备老化会产生电弧，造成电弧灼伤并引发火灾。电气系统绝缘老化、线路破损、接地不良等，会增加漏电、短路风险，诱发

电气事故。电气事故瞬间发生、后果严重，会造成人员伤亡、设备损毁、电力中断，引发连锁反应。

2.3 高空坠落

高空坠落是风电运维高空作业核心风险，与作业环境、防护措施、人员操作等因素相关。风电高空作业场景多，如机舱检修、叶片检测等，作业区域空间狭小无遮挡，坠落后果严重。防护措施不到位易引发坠落，如安全绳未正确佩戴、安全带老化、防护栏损坏等。人员操作规范程度也影响坠落风险，随意站位、违规跨越防护栏、疲劳紧张操作失误等都可能导导致坠落。极端天气下，大风、暴雨、结冰使作业面湿滑、视线受阻，进一步增加高空坠落风险，给高空运维作业安全带来极大挑战^[2]。

2.4 环境风险

环境风险是风电运维不可忽视的重要风险，源于陆上与海上恶劣作业环境，威胁运维人员身体与作业安全。陆上风电环境风险体现在极端天气与恶劣地形，暴雨暴雪影响通勤与救援，强沙尘暴、雷电损坏设备、威胁安全，山地戈壁存在滑坡、迷路风险。海上风电环境风险更突出，高盐雾腐蚀防护装备与皮肤，长期驻守致人员晕船、心理抑郁，台风、风暴潮破坏设备、威胁生命。此外，偏远地区野外作业还面临野生动物侵袭、饮用水短缺等生存环境风险，给运维工作带来诸多困难。

2.5 人为因素

人为因素是诱发风电运维安全事故的关键，体现在安全意识、操作规范、技能及心理状态等方面。部分运维人员不重视安全管理规章制度，心存侥幸，违规操作，如简化安全流程、不戴防护装备，埋下事故隐患。操作不规范是主要表现，设备检修不执行停机锁定程序、电气操作步骤混乱等直接引发事故。技能不足也是重要风险，风电技术升级，部分人员知识储备未更新，对新型设备操作不熟练，误操作引发问题。长期高强度工作易使人员疲劳、焦虑、注意力不集中，影响判断与操作稳定性，增加安全风险。

3 风电运维人员安全管理现状

当前，我国风电运维人员安全管理虽有进展，但结合行业实际与运维特点，仍问题诸多，整体管理水平亟待提升。制度建设上，部分企业虽建立了安全管理制度，但体系不完善，内容滞后、针对性差。多为通用规范，未结合陆上与海上风电、不同机型运维的差异制定专项细则，制度执行难有效落地；人员培训方面，体系不健全，内容单一、方式固化。培训以理论讲解为主，缺乏实操演练与应急处置模拟等实战环节，且内容更新不及时，难以适配新型风机技术与复杂运维场景，运维

人员安全技能与实际需求有差距；技术装备上，部分中小风电企业对安全防护装备投入不足，装备老化、数量短缺，先进安全监控技术与智能防护设备未广泛应用，难以实现运维作业全过程有效监控与风险预警；监管执行方面，监管力度弱、考核机制不完善^[3]。企业安全监管流于形式，对违规操作难及时发现与严肃处理，考核以事故发生率为核心，忽视过程性安全管理，难以形成有效约束；应急管理上，体系不健全，应急预案针对性弱、物资储备不足、演练流于形式，突发安全事故时应急响应不及时、处置不当，难以降低事故损失。

4 风电运维人员安全管理优化策略

4.1 完善安全管理制度体系

完善的安全管理制度体系是提升风电运维人员安全管理水平的基础，需结合运维特点构建全面、精准、可落地的框架。一是健全基础管理制度，明确各岗位安全职责，细化运维作业流程与操作规范，形成“人人有责、层层把关”的责任体系。针对陆上与海上风电差异，制定专项细则，如海上完善极端天气应对、海上救援制度，陆上强化偏远地区作业通勤、地形风险控制度；二是建立制度动态更新机制，关注风电技术发展与行业管理标准，及时修订完善制度，确保时效性与先进性。加强制度宣传解读，通过专题培训、班前会讲解，让运维人员掌握要求，增强执行自觉性；三是建立执行监督机制，定期检查制度执行情况，及时纠正问题，保障制度落地见效。

4.2 强化人员培训与能力建设

强化人员培训与能力建设是提升风电运维人员安全素养的核心，需构建多元化、实战化培训体系。兼顾理论与实操，理论涵盖法规、设备原理、风险识别等，实操聚焦设备检修、防护装备使用、应急处置等技能。针对不同岗位、层级制定差异化方案，新员工重点岗前培训，老员工加强新技术、应急能力培训；突破传统局限，采用“理论+实操+模拟演练”模式，搭建模拟场景开展实战化演练，提升操作与应急能力。建立评估机制，通过考试考核检验成效，与绩效挂钩激发积极性。搭建常态化学习平台，鼓励运维人员线上学习、技术交流，持续提升专业技能与安全素养。

4.3 升级安全防护技术与装备

升级安全防护技术与装备是降低风电运维安全风险的重要支撑，需加大技术研发与装备投入，提升安全管理的智能化、精细化水平。在安全防护装备方面，要确保运维人员配备齐全、合格的个人防护装备，如符合标准的安全帽、安全带、绝缘手套等，并定期对装备进行

检查、维护与更换，保障装备的防护性能。针对高空作业、海上作业等特殊场景，引入先进的防护装备，如智能安全绳、防坠落缓冲装置、海上作业专用防护服等，提升个性化防护效果。在安全监控技术方面，引入物联网、大数据、人工智能等先进技术，构建风电运维安全监控平台，实现对运维人员作业轨迹、设备运行状态、作业环境参数的实时监测。通过数据分析实现风险预警，及时发现潜在安全隐患并推送至相关人员，为安全管理决策提供数据支撑^[4]。此外，要加大对新型运维设备的投入，如无人机巡检设备、智能故障诊断设备等，减少运维人员直接接触高风险作业场景的频率，降低安全风险。

4.4 加强安全监管与执行力度

加强安全监管与执行力度是保障安全管理工作落到实处的关键，需构建全方位、全过程的监管体系。明确企业安全管理部门、项目负责人、班组安全员等各级监管职责，形成多级联动的监管网络，确保监管无死角。在监管方式上，采用日常巡查、专项检查、随机抽查相结合的方式，加强对运维作业全过程的监管，重点关注高空作业、电气操作、设备检修等高风险环节的操作规范性。引入信息化监管手段，通过安全监控平台实现对作业现场的远程监管，及时发现并纠正违规操作行为。建立科学的安全考核评价体系，考核指标不仅包括事故发生率，还应涵盖安全制度执行情况、风险隐患排查成效、培训参与度等过程性指标。将考核结果与员工薪酬、晋升、评优等直接挂钩，对安全管理成效突出的个人与团队给予表彰奖励，对违规操作、造成安全隐患的给予严肃处理，形成鲜明的安全导向。另外，要畅通安全问题反馈渠道，鼓励运维人员主动上报安全隐患，对上报属实的给予奖励，营造全员参与安全管理的良好氛围。

4.5 健全应急管理体系

健全应急管理体系是提升风电运维安全事故处置能力的重要保障，需从预案制定、物资储备、演练开展等多个方面推进。制定针对性强、可操作的应急预案，结合风电运维常见的安全事故类型，如高空坠落、触电、

机械伤害、极端天气灾害等，明确应急响应流程、处置措施、责任分工等内容。针对陆上与海上风电的不同特点，细化专项应急预案，确保预案能够适配不同场景的应急处置需求。加强应急物资储备，根据应急预案要求，储备充足的急救药品、救援设备、防护装备等应急物资，定期对物资进行检查、维护与更新，确保物资处于良好状态。建立应急物资跨区域调配机制，保障突发事件发生时物资能够及时供应。常态化开展应急演练，结合不同事故场景组织实战化演练，如高空坠落救援演练、电气火灾处置演练等，提升运维人员的应急响应速度与协同处置能力。演练结束后及时进行总结评估，查找应急预案与演练过程中存在的问题，不断优化完善应急预案与处置流程。加强与当地应急管理部门、医疗机构的联动协作，建立应急救援联动机制，提升突发事故的应急救援保障能力。

结束语

风电运维人员安全管理是风电产业健康发展的核心，关乎人员生命与企业长远。通过完善制度、强化培训、升级装备、加强监管、健全应急体系等策略，可提升安全管理水平，降低事故率。未来，随着风电技术发展，运维安全管理需持续创新，结合新趋势、新需求，引入先进技术与管理理念，构建智能化、精细化体系。另外，要强化企业主体责任，提升全员安全意识，营造全员参与、全程管控的氛围，为风电产业高质量发展筑牢安全根基。

参考文献

- [1]孔梓豪,胥勤力.陆上风电运维安全管理[J].电力安全技术, 2020, 22(07): 73-75.
- [2]解涛.海上风电运维人员安全管理难点和相应对策探讨[J].水上安全, 2024, (05):10-12.
- [3]赵宗锋,艾其,刘颖明,等.风电运维人才培养体系与培训基地建设研究[J].中国电力教育,2024,(01):39-40.
- [4]徐凤琴,何大光.海上风电设备运维成本影响因素分析[J].电力系统及其自动化学报,2020,32(4):20-25.