

海上风电事故案例分析及应急管理对策研究

Research on the Case Analysis and Emergency Management Countermeasures of Offshore Wind Power Accidents

滕明钧

Mingjun Teng

揭阳前詹风电有限公司 中国·广东 揭阳 515225

Jieyang Qianzhan Wind Power Co., Ltd., Jieyang, Guangdong, 515225, China

摘要: 随着全球对可再生能源的重视和海上风电技术的不断发展,海上风电项目在全球范围内得到广泛应用。然而,海上风电事故也时有发生,给人们的生命、财产和环境带来严重威胁。论文通过案例分析,探讨海上风电事故的原因、后果及应急管理对策,以期预防和减少类似事故的发生提供参考。

Abstract: With the global attention to renewable energy and the continuous development of offshore wind power technology, offshore wind power projects have been widely used around the world. However, offshore wind accidents also occur from time to time, posing a serious threat to safety, property and the environment. The paper explores the causes, consequences, and emergency management strategies of offshore wind power accidents through case analysis, in order to provide reference for preventing and reducing similar accidents.

关键词: 应急管理; 海上风电事故; 案例分析

Keywords: emergency management; offshore wind power accident; case analysis

DOI: 10.12346/etr.v5i9.8542

1 引言

海上风电作为一种清洁、可再生的能源,逐渐成为各国减缓碳排放压力的重要手段。海上风力发电是利用海洋风能转化为电能的过程。在海上建立风电场,具有资源丰富、风速稳定、发电量大等优势。与陆上风力发电相比,海上风力发电的单机容量更大,能够满足大规模电力需求,同时对风能的利用也更加充分。

近年来,海上风电事故屡见不鲜,仅 2022 年,全球范围内就发生了多起海上风电事故。海上风电事故的频发,引发了人们对该行业安全性的关注和争议。论文将对海上风电事故案例进行分析,为海上风电项目的安全管理和风险控制提供参考。海上风电事故的原因非常复杂,涉及设备、环境、人为等多个方面。从设备角度来看,海上风电设备的复杂性和精密性较高,一旦设备出现故障或者损坏,往往会导致严重的后果。从环境角度来看,海上风电项目面临着复杂的气候和水文条件,例如

风暴、浪涌、海水温度变化等,这些都可能对设备的运行造成影响。从人为角度来看,海上风电项目的建设和管理涉及大量的人员和设备,任何一个环节的疏忽都可能导致事故的发生。论文将选取几个典型的海上风电事故案例进行分析,包括事故发生的背景、原因、影响等方面。通过这些案例的分析,我们可以更好地了解海上风电事故的特点和规律,为海上风电项目的安全管理和风险控制提供参考。同时,我们也可以看到,海上风电事故的预防和控制需要从多个方面入手,包括设备、环境、人为等多个方面。只有通过全社会的共同努力,才能保障海上风电项目的安全运行。

2 研究内容及思路

本研究旨在通过对事故案例分析、海上风电系统现状、未来海上风电发展趋势研究,提出相关的应急管理的建议。主要的研究内容及思路如下。

【作者简介】滕明钧(1988-),男,土家族,中国湖南张家界人,本科,工程师,从事海上风力发电安全管理研究。

2.1 事故案例分析

对事故案例进行分析统计,归纳整理导致各类事故的主要原因、后果影响,以及应急过程中存在失误和教训。

2.2 海上风电系统现状分析

通过分析目前海上风电系统的特点,了解中国海上风力系统的现状,并分析海上风电的必要性。

2.3 应急系统建议

对于海上风电的必要性,结合相关事故案例分析提出有针对性的建议及分析。

3 事故案例分析

3.1 莆田“10.1”海上风电伤亡事故

3.1.1 事故简介

2022年10月1日13时左右,江苏盐城某公司在福建莆田平海湾海上风电场三期进行叶片检查作业时,发生一起1人轻微伤、1人死亡事故,直接经济损失255万元。

3.1.2 事故的发生经过

2022年10月1日13时左右,王某、孙某在进行海上风电场三期进行叶片检查作业中,由于安全意识淡薄未使用准确的安全防护用品,导致吊篮发生碰撞,造成王某头部重创致死。

3.1.3 事故直接原因

王某、孙某在作业过程中安全意识淡薄,习惯性无安装辅助风绳下进行海上吊篮作业,并使用安全衣上的锁扣作为连接手扳葫芦和海锚风绳的连接扣,作业过程中锁扣受力断裂,导致吊篮发生摆动直接撞击风机组平台钢柱,造成王某头部重创致死,是事故发生的直接原因。

3.1.4 事故间接原因

①叶片检查维修现场施工方案违反公司操作规程,缺少吊篮必须安装辅助风绳要求,导致吊篮高空作业缺少安全辅助装置是造成本起事故发生的主要间接原因。

②该公司对从业人员严格执行本单位的安全操作规程督促检查不到位,制定审核海上吊篮作业安全操作规程不完善,未明确其中手扳葫芦的固定方式是造成本起事故发生的间接原因之一。

③该公司对员工教育培训不到位,员工安全意识不强,违反海上吊篮作业安全操作规程长期存在;事故风险辨识评估不到位,未能及时发现消除海上吊篮作业使用存在的安全隐患,是造成本起事故发生的间接原因之一。

3.2 阳江“7.2”“福景001”起重船风灾事故

3.2.1 事故简介

2022年7月2日,福建某公司所属“福景001”起重船在广东阳江No.2大型船舶候潮防台锚地锚泊防台期间,受台风“暹芭”影响,船舶走锚,船体触碰海上风电场风机桩后断裂沉没,船上4人获救,25人死亡,1人失踪。

3.2.2 事故的发生经过

2022年6月30日,“福景001”到达阳江No.2大型船

舶候潮防台锚地,抛锚锚和4号定位锚。

6月30日13:55时,项目部冯某获知“福景001”在船人数35人(实际36人)后,联系吴某要求将最低留守人员9人外的其余人员全部撤离。随后,吴某安排锚艇撤离6人。

7月1日7:09时,“福景001”松出艏锚锚链至10节(275m)。11:24时,“福景001”通过压载调整艏吃水至8.2m、艉吃水至9.4m,此后该轮加固甲板设备,调整定位锚钢丝绳受力。16:00时,阳江港口海事处值班人员通过甚高频无线电话对“福景001”进行呼叫“点名”,“福景001”未应答,随即通过电话与船上取得联系,要求其落实防台措施,加强值班。

7月2日00:05时,“福景001”4号定位锚钢丝绳最大受力超过425吨后,随即从绞车脱出,船舶向西偏南方向走锚。00:17时,“福景001”走锚速度约4.5节。随后抛出船舶2号和3号定位锚。3号定位锚刹车故障,未起作用。03:00时,“南海救113”轮抵达现场,通过甚高频无线电话呼叫“福景001”,“福景001”称情况稳定,无需拖带协助。03:45时,“福景001”2号定位锚钢丝绳脱出,继续走锚,走锚方向约267°,走锚速度约2.9节。随即该轮在甚高频无线电话呼叫“南海救113”轮,请求立即前往救助。随后“福景001”陆续抛出艉部4个定位锚,但未能稳住船位。03:46时,阳江市海上搜救中心发现“福景001”再次走锚,随即通知“南海救113”轮对“福景001”开展救助。04:45时,“南海救113”轮到达“福景001”右舷上风处,准备带拖。此时现场风力约12级。此时暴雨,能见度极差,“南海救113”轮无法看清“福景001”甲板情况。

05:30时,“福景001”触碰沙扒风电场8号风机桩。05:40时,“南海救113”轮进入风电场并慢慢靠近“福景001”再次尝试接拖。此时“福景001”走锚速度达5.8节,现场风力13级,接拖未能成功。05:40时,“福景001”触碰沙扒风电场20号风机叶片,“南海救113”轮右舷擦碰20号风机导管架。05:50时,“南海救113”轮驶出风电场区域检查船体受损情况,发现右舷船壳凹陷,救生艇船艉破损,主机中央冷却系统低温冷却水管变形断裂,冷却水大量泄漏。06:22时,“福景001”右舷船艉触碰沙扒风电场96号风机基础桩。随后该轮右舷多次与风机基础桩碰撞,船体中部受碰撞影响破损开裂,风机基础桩卡进船体裂口,船体逐渐右倾并进水下沉。

06:49时,“福景001”船体从64号肋位附近断裂,艏段右倾沉没。11:00时,“福景001”艉段尾倾且右倾,尾甲板没入水中,救助直升机抵达该轮上空。11:20时,“南海救113”轮主机供油单元频繁出现供油不足报警,随后抛锚紧急抢修。11:31时,“福景001”驾驶台上浪,27人被浪打入海中。12:00时,香港政府飞行服务队救助直升机从船上救起3人。随后“福景001”艉段逐渐右倾沉没。7月4日05:14时,海军舰船发现并救起落水人员陈某。

3.2.3 事故直接原因

台风“暹芭”强度强，影响范围覆盖了珠江口至琼州海峡水域。阳江沿海水域实测风力最大达14级。阳江港外防台的21艘船舶中，除2艘插桩状态的平台和3艘在遮蔽水域、1艘离台风路径较远的船舶外，其余15艘船舶全部走锚。“福景001”走锚过程中，船体先后触碰沙扒风电场8号、20号和96号风机，大风浪中船体右舷与96号风机基础桩连续撞击挤压，船体破损并逐渐加剧，风机基础桩卡进船体裂口，船体破口逐渐扩大，最终导致船舶断裂、沉没。

3.2.4 事故间接原因

①“福景001”实际控制人许某、江某岸基和船上管理人员未按要求撤离在船人员，谎报在船人数；船舶第一次走锚后，许某指使船上人员瞒报走锚的实际情况，否定公司管理人员请求外部救援的建议，错失救助时机。

②项目部未按照防台专项预案要求督促人员撤离，也未清点核实人员撤离情况。项目部未按照防台专项预案安排人员到撤离点清点人数；在获知“福景001”未按照建设单位要求撤离全部人员的情况后，未上报上级部门，也未督促纠正。上级部门未按照防台风专项应急预案关于人员撤离的要求有效监督人员撤离情况，不掌握实际在船人数^[1]。

4 海上风电系统分析

4.1 现状与未来分析

随着全球对可再生能源的日益关注，海上风电作为重要的绿色能源，其发展势头在全球范围内不断增强。中国作为世界上最大的陆上风电市场，也在海上风电领域取得了显著的进展。主要体现在以下几个方面：

①政策支持：近年来，中国政府在政策层面上对海上风电给予了大力支持。政府出台了一系列支持海上风电发展的规划，包括《可再生能源法》修订、可再生能源“十四五”发展规划等，这些政策旨在推动海上风电的发展，降低电价，提高补贴退坡力度等。

②技术进步：经过多年的研发和引进，中国在海上风电领域的技术水平已经取得了显著的提升。从风电机组的研发、制造，到海上风电场的施工、运维，中国都具备了一定的技术实力。

③市场规模：中国拥有丰富的海岸线和海域资源，这为海上风电的发展提供了广阔的市场空间。据统计，截至2022年，中国海上风电装机容量已经达到了全球第一。

在未来，随着技术的进步和政策的推动，预计中国海上风电的装机容量将继续扩大。未来几年，预计将有更多的海上风电项目开工建设，这将进一步推动中国在全球海上风电市场的地位。同时绿色产业链将形成，随着海上风电市场的扩大，中国的海上风电产业链将进一步成熟和完善。从风电机组的制造、安装，到海缆的敷设、运维，都将形成完整的产业链。在未来，海上风电是低碳转型的重要组成部分，随

着中国对低碳转型的重视，海上风电将在未来的能源结构中扮演更重要的角色。

中国海上风电的发展前景广阔，但同时也面临着一些挑战，如复杂的海洋环境、设备维护和运维成本高等。此外，与陆上风电相比，海上风电的建设和运营成本较高，需要克服技术、经济和环境等方面的难题。在政策和技术进步的双重推动下，我们有理由相信，中国海上风电的发展将在未来几年内取得更大的突破。

4.2 海上风力发电特点、优势

目前，海上风力发电在全球范围内得到广泛应用。欧洲国家如英国、德国和丹麦等在海上风力发电领域处于领先地位。全球海上风电市场预计在未来几年内将持续增长，其中亚洲和北美地区将成为增长最快的区域。海上风力发电具有以下特点：

①输出功率稳定：海上风力发电受气候条件影响较小，输出功率相对稳定。据统计，海上风力发电的可用风能是陆地上的三倍，这使得海上风力发电具有巨大的潜力。

②发电量大：海上风电场的规模通常较大，单机容量远高于陆地风电场。大规模的海上风电场能够提供大量的清洁能源，满足日益增长的能源需求。

③噪音污染小：海上风力发电设备运行时产生的噪声相对较小，对周围环境的影响较低。此外，海上风电场还可以有效减少噪音污染对鸟类等生态物种的影响。

④海洋生态影响低：相比其他海洋能源利用方式，海上风力发电对海洋生态的影响较小。风力发电设施对水流和海洋生态系统的影响相对较小，这有助于保护海洋生态环境。

海上风力发电能够缓解能源危机，海上风力发电作为一种可再生能源，能够为全球能源供应提供补充，减轻对化石燃料的依赖，从而缓解能源危机。同时改善大气环境，海上风力发电能够减少温室气体排放，有助于改善大气环境。根据研究，风力发电每替代一次火电，每年可减少排放约40万吨二氧化碳。

海上风力发电促进可再生能源发展，促进可再生能源技术的进步和产业体系的完善，推动全球可再生能源的发展。随着科技的不断进步和风电技术的持续优化，海上风电的成本将进一步降低，其发展前景十分广阔。据预测，到2030年，全球海上风电装机容量有望达到240吉瓦（GW），到2040年将增加到600GW^[2]。

5 应急系统建议

案例是过去真实发生的典型性事件，通过案例，可以深入了解事故发生的原因和背后的因素。这有助于揭示事故发生的根本原因，包括人为因素、技术因素、管理因素等。通过了解事故的原因，可以采取相应的措施来预防类似事故再次发生。

通过上文对莆田“10.1”海上风电伤亡事故以及阳江

“7.2”“福景001”起重船风灾事故的描述,安全意识薄弱、环境因素以及企业安全管理制度以及监督缺失,是导致这起事故发生的主要几点原因。

在人员操作方面,项目负责人违章作业,未正确使用扣件连接手扳葫芦,吊篮未安装辅助风绳,实施了不安全行为,导致事故发生,致其死亡。操作人员以及监管人员在培训教育、责任方面的缺失,间接导致了事故的发生。

在应急、安全管理方面,安全生产工作不到位,未能及时消除海上作业吊篮使用中存在的安全隐患;落实安全生产责任制落实不到位,员工安全教育培训效果不明显,组织制定实施安全操作规程不到位;未保证公司安全生产投入的有效实施,同时发生自然灾害事故时,企业未按照相关防台风专项应急预案关于人员撤离的要求有效监督人员撤离情况,疏于对撤离情况的掌控以及了解。针对这几个方面,提出关于应急系统的建议。

5.1 加强人员培训

在技术培训方面是为海上风电事故应急管理团队提供全面的技术培训,包括风电设备的操作、维护和故障排除等方面的知识。培训应覆盖从初级到高级的技能水平,确保团队成员具备应对各种情况的能力。同时应当定期组织海上风电事故应急演练,模拟真实的事事故场景,让团队成员在实践中学习和熟悉应急处理流程和操作技能。演练可以帮助团队成员熟悉应急设备的使用,提高应对紧急情况的速度和准确性。另外,定期组织培训和学习活动,使团队成员了解最新的海上风电技术和安全管理标准。通过参加行业会议、研讨会和培训课程等,团队成员可以与同行交流经验,了解最新的安全管理实践,不断提升自身的专业知识和技能。通过事故案例分析,应当加强人员培训不仅仅是技术层面的培训,还需要注重安全文化的建设。通过开展安全意识培训和安全文化教育,提高团队成员对安全的重视和自觉遵守安全规章制度的意识。建立积极的安全文化,可以有效预防事故的发生。

5.2 海上设备维护技术更新

密切关注海上风电设备维护领域的最新技术发展和趋势。了解新的维护方法、工具和设备,以及相关的数据分析和监测技术。通过参加行业会议、研讨会和培训课程等,与同行交流经验,了解最新的维护技术和最佳实践。同时利用先进的数据分析和监测技术,实现海上风电设备的预测性维护。通过实时监测和分析设备的运行数据,可以及时发现潜在的故障和问题,并采取相应的维护措施,避免设备故障和停机时间的增加。

引入智能化维护工具以及利用远程监控技术,如机器学习、人工智能和机器人技术等,提高维护效率和准确性。实现对海上风电设备的远程监测和维护。通过远程监控系统,可以实时监测设备的运行状态和性能指标,及时发现异常情

况并采取相应的维护措施。智能化维护工具以及远程维护技术可以自动化执行一些常规的维护任务,减少人工操作的需求,并提供更准确的故障诊断和预测。

5.3 完善企业应急能力

对于企业本身,制定全面的应急预案,定期组织应急演练,模拟各种事故情景,检验应急预案的可行性和有效性,包括事故应对流程、责任分工、应急资源准备、沟通协调机制等,并明确各级人员的职责和行动方案,同时建立有效的监督机制,对企业的应急能力和监督工作进行定期评估和检查。监督可以包括内部自查和外部第三方评估,以确保企业按照规定和标准履行应急职责,并及时纠正和改进存在的问题。

对于应对自然灾害方面,应当建立完善的监测和预警系统,及时获取海上风力发电设备的运行状态和环境变化信息。通过实时监测和数据分析,预测潜在的风险和事故可能性,并采取相应的措施进行预防和应对^[3]。

6 结论

论文通过对事故案例以及国内目前海上风力发电现状,并取得相应的研究结论以及成果:

①针对文中分析的两例事故,应当加强人员培训不仅仅是技术层面的培训,还需要注重安全文化的建设。通过开展安全意识培训和安全文化教育,提高团队成员对安全的重视和自觉遵守安全规章制度的意识。建立积极的安全文化,可以有效预防事故的发生。发生事故时,企业应当明确各级人员的职责和行动方案,确保按照规定和标准履行应急职责,并及时纠正和改进存在的问题。

②在通过海上风电事故案例分析方面,可以通过收集和分析过去发生的事故案例,总结出事故的原因和影响,以及事故发生后的处理措施和教训。这些案例可以包括设备故障、人为操作失误、自然灾害等各种类型的事故。通过对这些案例的分析,可以发现事故的共性和规律,为制定应急管理对策提供依据。

③通过案例分析,从多个方面了解了中国海上发电应急系统应急能力不足方面,提出相关建议。

④企业本身应当引入现代化技术和设备,提升风电系统在应急情况下的响应能力和应对能力,通过引入智能监测系统、安全保护系统等现代化建设,可以提升海上风电系统的应急能力,提高对突发事件的应对能力和安全性。

参考文献

- [1] 中华人民共和国海事局事故调查组.阳江“7·2”“福景001”起重船风灾事故调查报告[R].中华人民共和国海事局,2023.
- [2] 董晓晨.风力发电设备安全管理与运行维护[J].现代制造技术与装备,2020(1):163-169.
- [3] 张金柱.风力发电场的运行及安全管理分析[J].门窗,2019(24):215.