

海上风电智能本质安全系统

Intelligent Intrinsicly Safe System for Offshore Wind Power

曾涛 刘捷 宋武 颜福裕

Tao Zeng Jie Liu Wu Song Fuyu Yan

广东能源青洲海上风电有限公司 中国·广东 阳江 529500

Guangdong Energy Qingzhou Offshore Wind Power Co., Ltd., Yangjiang, Guangdong, 529500, China

摘要: 随着未来广东省海上风电迅猛发展,海上风电不断向深海、远海拓展,海上风电建设安全管控也面临着巨大挑战。如何实现海上风电本质安全,是所有设计单位和开发单位共同关心的课题。在粤电阳江青洲一、二海上风电场项目施工中,以本质安全为主线,安全管理为出发点,以智慧安全管理系统为手段,结合信息化技术将地理信息技术、通信技术、物联网技术、人工智能技术、BIM技术、大数据分析技术为一体,实现多学科融合开展海上风电智慧安全管控技术研究和实践。

Abstract: With the rapid development of offshore wind power in Guangdong Province in the future, offshore wind power will continue to expand to the deep sea and open sea, and the safety management and control of offshore wind power construction will also face enormous challenges. How to achieve the intrinsic safety of offshore wind power is a topic of common concern to all design and development units. In the construction of Guangdong Power Yangjiang Qingzhou No.1 and No.2 Offshore Wind Farm Projects, with intrinsic safety as the main line, safety management as the starting point, and intelligent safety management system as the means, combined with information technology, geographic information technology, communication technology, Internet of Things technology, artificial intelligence technology, BIM technology, and big data analysis technology are integrated to achieve multi-disciplinary integration and carry out research and practice on intelligent safety management and control technology for offshore wind power.

关键词: 海上风电; 综合通信网络; 数字孪生; 安全管理; 一级标准化

Keywords: offshore wind power; integrated communication network; digital twins; safety management; level-1 standardization

DOI: 10.12346/peti.v5i1.7537

1 引言

海上风电智慧安全管控技术主要包括海上人员多维动态管控、船舶动态管理、远距离海上风电建设综合通信网络建设、海上风电建设电力企业安全生产一级标准化管理、海上风电建设过程数字孪生指挥调度系统等,目的是创建一个本质安全性高的海上风电项目。

2 数字化管理平台整体设计理念与方案

采用GIS技术、多传感技术、物联网技术、AI分析技术、三维引擎技术、大数据技术为一体的高技术信息系统,通过对海上风电工程施工安全进行“智能化”监控,建立以数据

驱动为基础的安全监管体系,及时掌握工程建设期间的安全生产情况,更好地为工程安全顺利推进提供系统保障。

结合海上风电建设过程中的特点,利用智慧管控系统对现场安全、人员、机械等状况实施监督管理,系统由传感器层、数据层、网络层、服务层、应用层、软件层和表现层等组成,系统拥有完善的标准规范体系和安全保障体系为支撑^[1]。

3 海上人员多维动态管控

3.1 登离船一体机

通过登离船签到终端,在人员出海、返航、前往作业船

【作者简介】曾涛(1981-),男,中国广东罗定人,本科,高级工程师,从事电力行业安全管理研究。

或作业平台时,进行人员登记和安全确认,以针对登离船的详细人员信息进行统计分析,了解具体人员登离船状态和去向。

3.2 智慧安全帽

采用智慧安全帽的形式结合智慧管控系统后台确认人员的实时位置和行走轨迹路径,方便管理人员实时查看作业过程中人员是否站立到位,定位精度达分米级。

智慧安全帽其主要实现功能如下:

① GNSS 定位:分米级定位,支持差分,考虑自架基站, GPS+BDS 双模单频。终端实时发送三维地理位置到服务器。

② 指令播报/报警:主要用于限制施工人员进入特定区域。终端与后台服务器事先约定特定指令和相应的识别码,终端本地存储指令集,终端根据接收到的指令识别码,播报相应的指令。判断由后台服务器进行,终端仅执行指令。

③ 一键呼救:人员结合智慧安全帽上的互动按钮发出 SOS 信号请求,并实时同步至后台,后台管理人员结合呼叫信息采取相应的应对措施。

3.3 AIS 人员落水示位标

个人示位标是一款专门为船员救生衣设计的便携式 AIS 个人紧急示位标。内置高精度 GPS,具有 AIS 发射功能,通过甚高频波段将的 GPS 位置信息传输给周围的任何 AIS 设备接收并显示,为营救活动争取每一秒钟,确保营救活动及时、高效,是海上作业、公务船执法、海上紧急搜救及各种航海活动的安全伴侣。结合 AIS 人员落水示位标实现人员落水信息的及时信息发出和呼救,结合船载网络微波信号转发,实现落水人员安全应急指挥和调度管理^[2]。

4 远距离海上风电建设综合通信网络建设

4.1 船载微波通信技术

船载微波通信技术通过在岸基监控站制高点搭设多台高增益微波定向跟踪天线,用于分别接收海上移动的每艘船舶回传的监控数据。同时,每艘运维船上搭设一台同样的高增益微波定向跟踪天线进行数据的发射,与岸基监控站对应的定向跟踪天线进行点对点通信,确保每条监控数据传输通道的稳定可靠。使得岸基项目监控中心能实时获取船舶 AIS 数据并能够实时查看船载高清监控视频图像。

4.2 融合 AIS 系统

4.2.1 船载 AIS

船载 AIS 设备从 GPS 和其他多种传感器获取轮船航行的动态、静态信息,并周期性地向外广播。一方面,确保航行船舶之间“互见”,以实现船舶避险、保障航海人员和船舶安全。另一方面,针对海上施工过程中,重点施工作业船只,需要实时接入其 AIS 信号信息并传输至指挥调度中心,方便管理人员融合其他天气和视频信号进行综合判断。

4.2.2 人员落水示位标

救生衣 AIS MOB 设备(个人示位标),落水后 AIS 基

站系统收到求救信号,系统平台在电子海图中自动标记落水人员位置,并通过通信系统自动播发报警。

4.2.3 AIS 数据平台服务

船只的 AIS 数据可以通过开放的 AIS 数据平台的数据服务,通过实时推送的方式进行数据接入,再结合本系统,实现多源 AIS 数据的融合展示和综合利用。

4.3 VHF 海事电台

充分结合船载微波技术作为基线通讯链路,将海事电台进行 IP 网络化链路改装,结合稳定的网络传输,使得信号范围不受 VHF 自身频率限制,从而使实现项目管理部与海域船舶的联网通信。同时,配备个人手持终端,可以实现陆地、海上人员之间的对讲,并通过 IP 链路转发实现建设期远距离海事电台通讯^[3]。

5 海上风电建设安全生产标准化数字管理

5.1 安全生产目标管理的融合

① 人员和资源数据:智慧安全管控系统收录了施工人员和资格数据以及参与项目过程的安全教育、参与工作、违规等的历史记录,有助后续横向项目中对施工人员辅助识别和管理。

② 施工技术方案:基于海事施工管理体系的审核流程,积累单项施工方案(包括危险作业、危大工程等),可进行进一步数字化抽象,后续进行利用。

③ 安全管理知识库:现场安全检查对隐患和风险的识别记录以及整改措施,不断丰富企业安全管理知识库,进一步通过智慧安全系统的推广使用,强化项目现场管理能力。

④ 设备及维护数据:对建设施工的船、机设备的基本信息和维护保养、参与作业内容及安全管理数据进行采集,通过采集数据对建设施工单位能力和适用性提供参考。

⑤ 环境和气候数据:通过数据挖掘,对气象预报、现场采集气象数据,与工程内容关联,分析环境条件对施工内容的影响,提供施工项目辅助决策能力。

⑥ 实现责任制的督导和落实。结合岗位责任制,将项目整体的安全生产目标通过智慧安全管理系统,将安全生产目标实现输入分解至各岗位,利用智慧安全管理系统的提醒功能,定期督促各岗位完成对应的安全生产保障工作,实现岗位责任制的落实和安全生产目标指标的量化输入。

⑦ 实现安全生产目标和指标的输出量化分析。通过智慧安全管理系统的数字量化统计和分析功能,对安全生产管理要素的量化信息输入进行统计和查漏补缺,对安全生产指标和实际量化输出进行差距分析,从而实现安全生产目标的实时跟踪。

5.2 安全生产标准及数字化管理方案

① 将风电场建设安全生产标准化管理信息汇集于一个平台,把多个办公场所或人员整合在一个工作平台上,极大的缩短了空间距离,用信息流实现了扁平化管理。

②管控平台：工作页面保存当年资料，数据库保存历史资料，可以提高资料保存数量和质量。工作人员可根据权限进行资料的查询。

③模块化运行。将风电场建设安全生产标准化各项要求固化为信息平台的各个模块，每个模块都有各自的流程、数据、表单，真正把安全生产标准化融入日常管理的实际业务之中。

5.3 过程管理

①人员管理：实现单位、部门、岗位、工种、班组人员入场信息化报审，做到“一人一档”。并且可实时查看人闸、移动设备、登离船设备打卡数据记录及数据统计，实现人员数据统计大屏可视化功能。

②目标管理：根据电力建设项目安全生产标准化体系，对各参建单位管理安全生产目标进行分解。通过会议记录管理功能，形成线上会议纪要、信息公开、权限管理、归档、在线监管及评论、输出打印等流程。通过线上安全考核功能，针对安全生产存在不符合现象进行专项经济考核。

③人员培训：员工可通过扫描二维码或点开手机 APP 按需进行培训和考试。系统自动生成安全教育和培训考试情况报表，结合人员信息进行联动式管理，安全培训学时不满足要求，考试成绩不合格，将会触发警告信息。

④设备管理：设备设施管理模块主要包括登离船设备、智慧安全帽设备、设备安装/拆除、设备基础管理、相关设备管理和制度管理 6 个模块。设备安装/拆除管理模块后台支持对施工机械设备安装/拆除过程的旁站记录登记、提交、审核流程管理。设备基础管理主要包括档案管理控制、设备到货验收单管理；档案管理控制支持对施工、特种、船舶设备登记信息的记录汇总以及设备检查和设备维护记录的表单审核、查看、统计等；设备到货验收单支持线上完成设备到货一验收无纸化审批流程。相关设备管理模块支持后台提交记录设备进场、退场、投用时间等表单信息。

⑤作业安全管理：流程化管理施工过程中的高风险作业环境的安全检查登记、文件记录、电子作业票等单据在线审批工作。

⑥隐患整改模块：员工可通过网页端、手机端进行隐患填报，实现自下而上的隐患管理。帮助用户如何发现隐患、判断隐患。完整闭环的流程管理，支持隐患多维度统计分析。

6 海上风电建设过程指挥调度系统

搭建基于 B/S+M/S 的海上风电建设过程数字孪生指挥调度系统建设，立足地理信息技术、通信技术、物联网技术、人工智能技术、BIM 技术、大数据分析技术，实现电场厂址范围内的气象及海底地质三维可视化，真实还原风电场厂址范围内的气象及海底地质情况实现利用 AIS 通信进行船

舶状态监控，综合人员动态管控、船舶管理、综合通信网络，并集成海上风电建设安全生产标准化管理流程，为海上风电建设过程应急指挥、调度和船舶、人员安全提供可靠保障。

建立船舶动态跟踪系统：引入船讯网船舶动态信息结合项目船机清单，实现实时船舶信息实时跟踪功能，利用智慧系统的通信功能建立船舶实时对讲机制，从而建立船舶动态的信息传输和通信指挥功能，可实现风场和岸基的实时船舶调度和应急情况时的船机资源调动。

海上天气大场景可视化：通过选择合适的符号渲染技术、快速的数据自动更新与发布机制，并通过动态服务的形式发布形成大场景下的海洋气象动态服务发布；同时接入气象局 7 天和 24 小时天气数据，根据近期及当天气象海况信息为施工作业决策提供辅助。

建立海上电子围栏机制：将项目法定风场使用海域范围纳入系统，分别建立 2km、1km 和 500m 三道警戒线，对误入或闯入风场的社会船舶进行驱离，以避免产生船舶交通安全风险。

海底地质三维模型可视化：在施工作业前，结合三维建模技术，将海底钻孔数据通过三维可视化手段反演整个测区内的地质岩层分布情况，为海上桩基施工等重大危大工作地提供可视化支撑。

综合智慧调度中心：除了接入外部气象数据、海底地质三维模型数据外，数字孪生指挥调度系统建设还融入了视频监控、AIS 船台数据、VHF 海事电台数据等船载信息，同时融合了基于移动端的人员登离船考勤信息、人员安全帽定位信息、AIS 落水示位标落水信息，将海上施工环境、船舶数据、人员管理数据进行重新整合和梳理，并将风电场施工进度信息进行动态融入，结合大数据可视化手段，建立施工过程中的数字孪生。

7 结语

通过数字化信息管理平台的建立，提升了海上风电工程建设管理的科学性，明确了各级管理者和作业人员的职责，确保了工程建设全过程原始资料归档的及时性和资料的安全性，各级管理者可根据权限随时查看并调取相关资料，管理者通过信息平台，掌握管理工作各个环节的执行情况。

参考文献

- [1] 杨源,阳熹,汪少勇,等.海上风电场智能船舶调度及人员管理系统[J].南方能源建设,2020,7(1):47-52.
- [2] 阳熹,杨源.智慧型海上风电场一体化监控系统方案设计[J].南方能源建设,2019,6(1):42-48.
- [3] 周冰.海上风电机组智能故障预警系统研究[J].南方能源建设,2018,5(2):133-137.