

基于5G无线专网 的海上风电场智慧运维方案探讨

Discussion on Smart Operation and Maintenance Solution of Offshore Wind Farm Based on 5G Private Network

李丕范,刘中国,曹童杰(中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048)

Li Pifan,Liu Zhongguo,Cao Tongjie(China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd.,Beijing 100048,China)

摘要:

海上风电场远离陆地,运维工作存在难到达、长作业、高危险等问题,因此,开展智慧运维技术探索对提高海上风电场运维工作效率很有必要。基于5G混合专网从无人风场巡检和离岸现场维护2个维度研究智慧运维方案,具体包括4K视频和传感器监测、无人机风场巡检、特种作业机器人、无人艇水下监测、VR运维实现、船舶安全驾驶辅助、北斗落水人员救援、智能穿戴设备等内容。

关键词:

海上风电场;运维;5G;人工智能;机器人

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.07.013

文章编号:1007-3043(2021)07-0051-04

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

Offshore wind farms are far away from the land, and there are difficulties in operation and maintenance such as hard to reach, long operation and high risk. Therefore, it is necessary to explore intelligent operation and maintenance technology to improve the operation and maintenance efficiency of offshore wind farms. Based on the 5G hybrid private network, the intelligent operation and maintenance scheme is studied from two dimensions of unmanned wind farm inspection and offshore field maintenance, including 4K video and sensor monitoring, UAV wind field inspection, special operation robot, unmanned underwater vehicle monitoring, VR operation and maintenance implementation, ship safe driving assistance, Beidou drowning personnel rescue, intelligent wearable equipment, etc.

Keywords:

Offshore wind farm; Operation and maintenance; 5G; AI; Robot

引用格式:李丕范,刘中国,曹童杰. 基于5G无线专网的海上风电场智慧运维方案探讨[J]. 邮电设计技术,2021(7):51-54.

1 概述

过去10年,我国风电市场迅速扩容,催生了越来越多的风电运维需求。相较本就不易运维的陆上风电场,海上风电场的运维工作还存在难到达、长作业、高危险等难点。同时,由于过分暴露在盐雾、潮湿等环境中,海上风电场的故障率也要高于陆上风电场。在这种背景下,我国华南沿海的某海上风电场提出进行智慧运维技术探索,该风电场位于某海岛南部海域,距离大陆大约25 km,其运维工作依赖人工现场进

行,运维方式较为传统。当前5G、北斗、人工智能等技术日趋成熟,本文结合该电场在日常巡检、人员培训、运维船安全辅助、现场作业辅助等多方面需求,研究海上风电场的智慧运维方案。

2 风场专网

所谓专网是为特定用户提供网络通信服务的专用网络,而专网是海上风电场实践智慧运维的基础。和其他行业应用类似,海上风电场的智慧运维对专网的覆盖场景多样化、网络部署局域化、网元资源定制化、网络性能可配置、网络运维可管可控等方面的支持能力都有要求,而5G专网可以给企业定制化提供一

收稿日期:2021-05-10

定的自由度,可以根据使用场所、工作类型提供不同的配置,在隐私和安全方面都有明显优势,因此组建以5G网络为主、4G网络为辅的专网可满足海上风电场智慧运维的相关要求。

本次预规划7个站点,其中规划部署1个站点用于运维航道覆盖,6个站点用于海上风场覆盖,为海上风电场智慧运维提供高效可靠的网络保障。

3 智慧运维

本文依托规划建设5G+4G混合专网,按无人风场巡检、离岸现场维护2个维度对海上风电场的智慧运维应用进行探讨。

3.1 无人风场巡检

海上风电场由于环境特殊,运维人员无法长期驻守,需借助视频和传感器实现日常的远程运行监控;

海上风电场的风机分布较为离散不易达到、且水下情况难以监测,也需要无人机和无人艇来辅助巡检;加之风机内部构造复杂,一些区域人工到达不易甚至难以到达,这时可以通过特种作业机器人代替人工完成相关作业任务。

3.1.1 风电机组及升压站智慧监控

风电机组及升压站智慧监控是基于4K视频监控设备、传感器数据采集等手段实现的,是最基础的海上风场智慧运维手段,主要满足风电场远程巡检场景下“能看”“可感”的直接需求。具体实现上,4K摄像头可部署在风电机组及升压站等区域,通过导轨移动,实现对部署区域的全面监控,视频数据通过5G网络实时回传;同时数据采集主机收集回传风机的相关运行数据,具体如图1所示。

3.1.2 风场无人机巡检

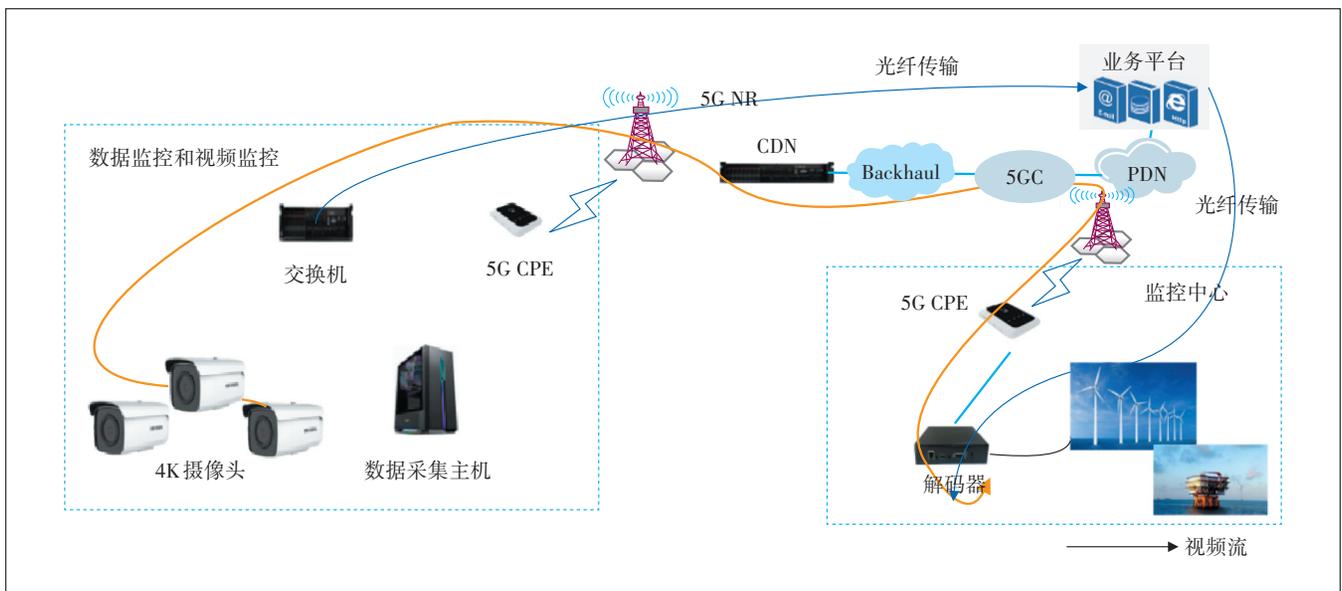


图1 风电机组及升压站智慧监控方案

风场巡检无人机系统是一套软硬件结合的全自动飞行系统,利用该系统用户可以在海上风电场的升压站部署自动机库和无人机,连接风电场专网即可远程控制无人机全自动起降、自动更换电池、连续执行任务,实现全自动化和真正“无人化”。

风场无人机巡检流程主要包括3个步骤:一是无人机任务路径规划,二是无人机巡检任务执行,三是巡检任务报表生成。整体方案如图2所示。

3.1.3 海上风电场特种作业机器人

3.1.3.1 风机叶片检测机器人

风机叶片是风机的重要组成部分,也是风机巡检的盲点之一,风机叶片巡检包括叶片内腔和表面检测2个方面。依靠人员爬进内腔观察、判断,是叶片内腔检测的传统方式,这种方式既存在高空作业风险,又因叶腔内部空间有限导致部分区域难以到达;风机叶片表面的检测虽然已经出现了无人机检测的方式,但大部分仍以人工为主,在海上环境中存在更大的高空作业安全隐患。

针对风机叶片内腔检测已经有专用的内窥检测机器人出现。机器人采用双电机、六轮驱动,搭载200

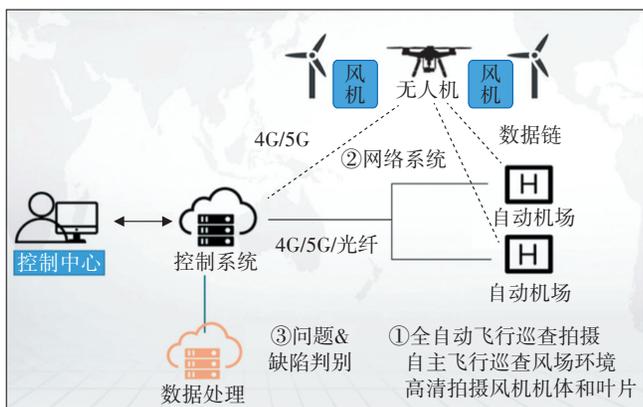


图2 无人机风场巡检方案组成

万像素高清摄像头,工作时由爬行器携带摄像头进入风电叶片内部,在叶片的前缘、后缘、大梁腹板之间的空间内行进,可深入叶片内腔达叶片长度的85%以上,对前梁、后梁与壳体之间的粘接胶及腹板内补强胶的空胶、裂纹、开裂,腹板内侧蒙皮及中间主梁帽的裂纹、泛白、褶皱等缺陷进行检测。

针对风机叶片表面的检测,日前在苏格兰某海上风电场的一台7兆瓦海上风机叶片上,一只专门为维护和检查海上风机叶片而设计的智慧运维六足履带式爬行机器人,完成了全球首次行走测试。研发人员将真空粘合装置安装在机器人的每只足末端,用于完成在风机叶片表面的吸附和灵活爬行;同时通过搭载的传感器对表面的裂缝和变形进行扫描,地面技术人员通过现场专网接收扫描数据和实时视频流,从而完成海上风机的全自动检查和维修。

3.1.3.2 风机塔筒清洗机器人

塔筒是风机的主要支撑部件,表面会粘附灰尘和酸腐物质,严重时甚至会威胁风机整体结构的稳定性,因此经多年运行后需要清洗维护。而目前的运维作业仍然采用传统的人工方式清洗和维护塔筒,隐患大、强度高、周期长、成本高,亟需进行改造提升。

塔筒清洗机器人由左右履带和中间连接结构组成。履带由多个强磁铁排列而成,通过强磁吸附在金属塔筒表面。通过网络控制遥控器操作人员可控制左右履带进行上下移动或是拐弯,配合机器清洗工具,完成塔筒表面的清洗作业。

3.1.3.3 海上升压站巡检机器人

作为海上风电场的电能汇集中心,海上升压站是其输变电的关键设施。海上升压站电气设备如果出现问题,小则一条回路上的风力机停运,严重时整个风电场将面临瘫痪。由于运维人员到达升压站现场

的次数有限,因此通过视频和传感器对升压站进行监测被认为是一种有效的手段,但是由于这些终端都是固定安装或者只能通过导轨覆盖升压站的小范围场所,存在监测盲区。而活动的巡检机器人则可以有效增大巡检覆盖范围,进一步降低海上升压站发生故障的风险。

海上升压站的巡检机器人主要有轮式和四足式2种。轮式巡检机器人可实现升压站内全自动智能巡检,支持搭载智能图像云处理系统精准识别各类仪表,支持异常情况自动预警、历史数据分析、远程视频联动等。而四足式巡检机器人,又称“机器狗”绞轮式巡检机器人则具备更出色的运动能力和环境适应能力,可在陡坡、阶梯、狭小管道等轮式巡检机器人无法进入的区域完成巡检任务,进一步扩大机器人在海上升压站的巡检范围。

3.1.4 风场水下无人艇监测

位于海洋环境中的海上风电场,其水下环境的监测是运维工作的重要内容。传统的水下环境监测一般只包括海底线缆排查,而且需要依靠人工探摸,风险高、周期长。搭载高精度实时三维声呐和浅地层剖面仪等仪器的无人艇能够避开人工巡检的弊端,自动对风电机组周边水下区域进行探测,检测风电机组桩基冲刷情况、风电机组周边水下地形地貌、风电海底电缆冲刷与掩埋状况、海上升压站基础冲刷情况等,根据调查结果评估桩基与线缆安全性和可靠性,为海上风电后续的检测作业和维护性施工提供依据,为海上风电日常运维提供可靠支撑。

作业时,无人艇可从码头出航或随母船(运维船)作业,可通过公网、5G专网、卫通或借助升压站与陆地部分通信链路实现实时数据传输,工作人员在岸端或母船上即能实现海上风电检测运维工作。流程如图3所示。

3.2 离岸现场维护

海上风电场智慧运维的最终目标是要实现风电场“无人化”运行,但是在目前技术条件下,仍然需要人工离岸到达风电场进行现场维护。这就需要对整个人工维护作业流程进行全链条的智慧运维技术赋能,包括离岸前的人员培训和作业模拟、航行中的安全保障和作业中的智能辅助等。

3.2.1 风电VR实训系统

运维作业前的培训质量会直接影响海上风电场运维的成效。目前,风电行业的人才培训及教育,主

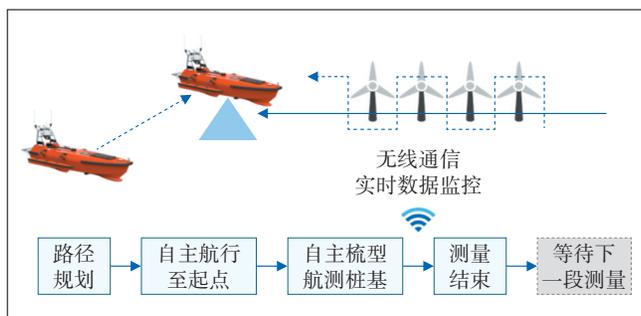


图3 海上风电场无人艇水下监测作业流程

要采取图文、视频、参观、实训等方式,图文视频略为枯燥,参观只是走马观花,很多场所无法进入,而实训又无法在正常运行的设备上进行操作,限制众多,培训效果大打折扣。VR虚拟现实技术可以还原现实场景,模拟实际操作,体验者可以置身虚拟环境中,进行高仿真的虚拟培训,运维人员不离岸即可模拟海上风电场环境,从而提高每次现场运维的效果。

3.2.2 运维船舶安全辅助驾驶系统

运维人员需搭乘运维船舶前往海上风电场进行作业。海上航行环境复杂,运维船舶驾驶员对船舶自身状态、周围航行环境、碰撞风险预警等有天然需求,引入船舶安全辅助驾驶系统可以使驾驶员更好地感知船舶自身状态,了解周围航行态势,消除驾驶员的感知不足,补充驾驶员的判断不足,避免因视野盲区或者能见度较低出现船舶碰撞风机基础的情况。一套船舶安全驾驶辅助系统一般包括监控测距模块、远距离监控声光模块、红外在线测温模块和控制系统,监控测距模块设置在船舶的船身四周,远距离监控声光模块设置在船舶的船顶位置,红外在线测温模块设置在船舶的船舱内部,监控测距模块、远距离监控声光模块和红外在线测温模块均与控制系统连接。

3.2.3 北斗海上人员落水安全救援系统

为进一步保障运维传输人员安全,可通过部署北斗海上人员落水安全救援系统,确保人员落水后能得到及时救援。系统可实时获取船舶位置和落水人员位置,船上人员一旦落水,北斗个人救生示位标立即自动开始向监控中心上报人员位置,保证及时救援。本系统使用快速稳定的5G网络和宽带卫星通信链路,保证数据互联互通的及时性和可靠性。

3.2.4 运维人员智能穿戴设备

海上风电场作业环境较为艰险,许多运维工作需要双手操作,在进行复杂作业时,作业人员无法随时查阅作业手册,影响运维作业效果。智能安全帽、AR

眼镜等智能穿戴可以通过内置语音助手解放作业人员双手,调阅作业手册辅助作业人员按规定流程完成相关运维作业,甚至可以发起远程求助,请求未到达现场的专家协助,有效解决运维过程中的难点。

4 结束语

当前,伴随着5G、人工智能、机器人等技术的逐渐成熟,部分产品已经在海上风电场的日常运维工作中得到应用,使海上风电场日常运维工作实现“少人化”甚至在部分工作中已经能够达到“无人化”。但是要全面实现真正的“无人化”还需要相关领域技术的不断发展,并针对海上风电场的场景进行优化,比如,5G专网组建能否更便捷,能否搭建一个综合位置服务平台对这些智慧运维装置进行统一管理以及各类作业机器人能否再进行针对性的定制等,这些都是后续工作中需要考虑的。笔者相信随着相关技术的不断迭代升级,在不远的将来,一定能够实现海上风电场运维“无人化”。

参考文献:

- [1] 傅质馨,袁越. 海上风电机组状态监控技术研究现状与展望[J]. 电力系统自动化,2012,36(21):121-129.
- [2] 王帅飞,张大勇,王国军,等. 冰致海上风电基础结构稳态振动分析[J]. 船海工程,2019,48(6):91-95.
- [3] 朱宜飞,陶铁铃. 大规模海上风电场输电方式的探讨[J]. 中国工程科学,2010,12(11):89-92,97.
- [4] 孙蔚,姚良忠,李琰,等. 考虑大规模海上风电接入的多电压等级直流电网运行控制策略研究[J]. 中国电机工程学报,2015(4):776-785.
- [5] 黄玲玲,符杨,胡荣,等. 基于运行维护的海上风电机组可用性评估方法[J]. 电力系统自动化,2013,37(16):13-17.
- [6] 王锡凡,王碧阳,王秀丽,等. 面向低碳的海上风电系统优化规划研究[J]. 电力系统自动化,2014(17):4-13,19.
- [7] 李炜,李华军,郑永明,等. 海上风电基础结构疲劳寿命分析[J]. 水利水运工程学报,2011(3):70-76.
- [8] 唐桢,王冰,刘维扬,等. 基于内模原理的海上风电机组群干扰抑制研究[J]. 电力自动化设备,2020,40(3):93-99.
- [9] 符杨,杨凡,刘璐洁,等. 考虑部件相关性的海上风电机组预防性维护策略[J]. 电网技术,2019,43(11):4057-4063.
- [10] 闫健,高长元,于广滨. 基于海上风电功率特性的预测误差对比分析[J]. 计算机集成制造系统,2020,26(3):648-654.

作者简介:

李丕范,毕业于厦门大学,工程师,硕士,主要从事矿山能源领域数字化转型工作;刘中国,毕业于厦门大学,工程师,硕士,主要从事矿山能源领域数字化转型工作;曹童杰,毕业于东华大学,工程师,硕士,主要从事矿山能源领域数字化转型工作。