

海上风电运行维护策略分析

楼凌旭

(浙江浙能嘉兴海上风力发电有限公司, 浙江 嘉兴 314201)

摘要:现阶段新能源开发领域中,海上风电是一大重要方向。由于海上环境恶劣,且通达性差,机组安全稳定运行挑战性大,风机故障率高,相应的运行维护困难,如何有效提高海上风电运行维护效率与风机可靠性,并合理控制相应的维护成本,是当前需研究的重点问题。本文首先分析我国海上风电发展情况,探讨海上风电运行维护的一些特征,最后围绕海上风电运行维护策略展开具体探讨,以期可供参考。

关键词:海上风电;发展情况;运行维护;特征;策略

中图分类号: TM614

文献标识码: A

文章编号: 1004-7344(2021)36-0047-03

0 引言

随着我国风电技术的发展,海上风电逐渐发展起来,装机容量逐步增加。与陆上风电工程相比,海上风电的优势在于平均风速高、发电利用小时数高,然而海上环境恶劣,海上风电机组运行可靠性处于较低水平,运维成本在海上风电场发电成本中占比达到 20%~35%,且由于天气原因所致的设备不可检修时间在整个海上风电维修总时间中占比约 50%,因此极大地限制了海上风电的发展。基于此,海上风电发展中运行维护是一大研究重点,制定合理的维护策略,可有效提高机组可用率、降低运维成本,本文主要围绕此展开详细分析。

1 我国海上风电发展情况

我国海上风能资源丰富,且具有诸多陆上风电不可比拟的诸多优势,如湍流强度小、视觉与噪音污染少、风电接入条件好等,近年来已经成为全球新能源开发的热点。根据 GWEC 发布的《2020 全球海上风电报告》显示,2019 年全球新增海上风电装机 6.1GW,创历史新高,其中我国新增装机量达到 2.4GW,连续第二年位居世界第一。同时,此报告预测 2030 年全球海上风电装机量将由 2019 年底的 29.1GW 增至 234GW,且中国将成为海上风电累计装机容量最大的国家。然而通过对比我国海上风电与陆上风电开发情况可以发现,前者占比依旧较低,据行业统计,截止 2020 年底,全国风电累计装机 2.81 亿 kW,其中陆上 2.71 亿 kW、海上 900 万 kW,2016—2020 年全国风电装机容量统计如图 1 所示。

从图 1 数据可知,2016—2020 年间海上风电新增装机容量与风电行业整体新增装机容量相比(2016 年占比 8.44%,2017 年占比 18.56%,2018 年占比 21.56%,2019 年占比 22.99%,2020 年占比 12.55%),明显偏少。海上风电新增装机容量与风电总装机容量相比(2016 年占比 1.09%,2017 年占比 1.7%,2018 年占比 2.41%,2019 年占比 2.82%,2020 年占比 3.19%),也明显偏少。究其原因,除了海上风电开发难度大、建设成本高、技术不够成熟之外,海上风电运行维护困难、运维费用高,也是限制海上风电



图 1 2016—2020 年全国风电装机容量统计情况

发展的一大重要原因。海洋恶劣的环境条件,给海上风机的稳定运行带来巨大挑战,且海上风机的可及性较差,难以实现风机的快速、经济维护。此外,自 2008 年起,全球各方开始大规模开发海上风电,至今也就十多年的时间,相关运行数据与经验偏少,导致海上风电运行维护面临诸多困难。为稳步推进海上风电的发展,加强海上风电运维研究具有现实意义,也是本文分析的重点。

2 海上风电运行维护特征

2.1 海上风电运行维护标准不够完善

与陆上风电工程相比,海上风电对技术的依赖性更强,对设备的要求也更加严苛,对运维所依据的标准规范要求也更高,但目前的运行维护标准不够完善,海上风电的运行维护标准部分内容以陆上风电或电气行业的已有标准为蓝本进行修编,某些内容不适用。此外,各风机厂家的设备选型、耗材使用等各不相同,造成风机油脂更换、冷却液更换、各零部件保养时间等工作都没有统一的标准。

2.2 设备受环境干扰明显

海上风电工程可利用的空间极大,但要经受恶劣的海洋环境条件考验。一方面,海上盐雾浓度高且湿度大,如果风机密封不

严或设备抗腐蚀能力不到位,有可能造成风机设备提早报废;另一方面,台风、雷电、海冰、巨浪等灾害经常出现,对机械与电气设备长期运行十分不利;海上风电机组基础受到海面、海底各种风、涌、浪、流的影响,与陆上风电相比其运行环境具有显著的复杂多变特征,受到非正常载荷影响极大,这对其基础要求非常高,如出现基础掏空现象非常容易导致倒塔,这对塔筒水下检查也提出了很高的要求,有运行经验表明,每2~3年就要对海上风机及升压站水下设施进行一次检查。

2.3 运行维护成本高耗时久

海上风电机组是属于高度自动化和高材料要求的设备,核心部件如PLC、IGBT、驱动模块、叶片原材料等很多物资需要进口,严重受制于国外企业,核心零部件维护维修或更换的周期很长,并且这些零部件费用及其售后工程人员服务费昂贵。疫情期间,桨叶驱动模块从国外出厂到更换完成需要3个月时间,而叶片材料巴沙木甚至出现半年无货的情况。

此外,海上风电工程为降低度电成本提高收益,机组容量、机身体型不断增大。1983年,海上风电主流风机直径只有16m,1993年约为65m,2003年增加到116m,2013年达到164m,而如今,GE正在研发的12MW海上风机直径将达到220m。有经验表明,巨大的叶片以及配套的发电机轴承齿轮箱等部件,一旦发生故障,维修时船机费就高达几百万元。

此外,基于海上风电所处位置的特殊性,一旦发生设备异常是经常难以及时进行维护管理的,并且单次出海作业的人力成本、船舶成本非常高,若天气原因造成中途返航成本更高。以长三角某离岸30km风场为例,单次运维船舶出海费用高达2万元。

3 维护策略的分类与具体内容

基于上述分析可知,海上风电运行维护要求高、难度大、费用高,耗时久,合理选择海上风电运行维护策略十分重要。海上风电运行维护策略主要可分为基本维护策略与复杂维护策略(见图2),具体需根据情况进行选用,具体分析如下。

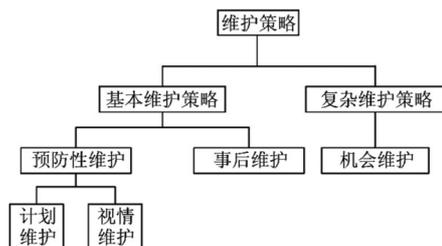


图2 运行维护策略分类

3.1 预防性维护策略

预防性维护,指的是在部件发生故障前开展维护工作,维持机组正常运行状态,主要维护措施包括调整、润滑、检查、擦拭、定期拆修更换等。预防性维护可进一步分为以下两种维护策略:

3.1.1 基于时间的维护——计划维护策略

计划维护策略的应用前提是对故障规律有一定的认知,按计划维护周期进行设备维护,如半年、1年、2年或5年。此种维护策略的关键在于优化计划维护周期,确保设备可靠性与维护成本,防止出现过度维护或维护不足的情况。

考虑完全维护情况,制定、优化计划维护周期时,需构建风电机组可靠性模型,绘制包含风电机组老化过程、老化故障、随机

故障、计划维护的网络结构图,以可用度为评价指标对计划维护间隔进行优化;考虑不完全维护情况,可引入役龄回退因子修正维护后故障率,以总成本为评价指标,对非等周期预防维护次数、间隔进行优化。

3.1.2 基于状态的维护——视情维护策略(状态检修)

视情维护需在设备内安装数据采集装置,根据实际运行情况安排维护工作的开展。计划维护主要是基于理论设备故障规律进行维护,实际中难免面临一些偏差,尤其是海上风电机组运行环境恶劣,如台风、闪电、雷暴以及结冰等加速设备的恶化,单纯采用计划维护策略存在诸多不足。

从视情维护策略的运用成本来看,除了风机厂家已安装的风机测量元器件以外,还需要在其他一些部位额外增加测量设备及相应的配套线路、服务器等,增加了设备投入,可利用概率模型评价视情维护对运行维护成本的影响,如叶片、叶轮、齿轮箱、发电机、塔基等,这些部位状态检测设备全部安装完成后,根据相关监测数据进行故障检测与诊断,目前适用于海上风电机组设备故障诊断的方法有传统故障诊断法、数学诊断法、智能诊断法等,并根据诊断结果判断是否需要维护。结合大数据和专家系统的智能诊断与检测将是海上风电的一大重要研究与应用方向。

3.2 机会维护策略

机会维护策略主要是某部件发生故障时,其他部件获得提前预防性维护机会,判断部件是否满足维护条件,并做出相应的维护决策。机会维护的主要特点可归纳为如下两个方面:①多种维护措施同时开展,可分摊高额固定维护费用;②基于“机会”概念将风电场各个机组联系起来,全面优化风电场整体的维护策略。

在实施机会维护策略前,需构建机会维护模型,如:可将计划维护与事后维护结合,以维护费用结余为目标函数,引入役龄递减因子、故障递增因子,采取枚举法列出结汇维护的可能组合,获取最优方案;可将状态监测与计划维护结合,以维护结余一成本比率最大为目标函数,对维护策略进行优化。目前在机会维护策略研究方面,主要局限在经济性方面,维护相关性、随机相关性将是进一步研究的方向。

3.3 事后维护及其他策略

事后维护发生在设备故障后,由于故障发生具有随机特点,往往备件、船只、人员都是准备不够充分的。对于海上风电机组事后维护而言,维护策略能否成功执行,还与气候、备件、船只等诸多因素相关,根据统计数据,事后维护有40%以上是不能在故障发生后立即进行的。基于此情况下,何时对何种设备进行备件,是运行维护中一个必须考虑的问题,备件不及时则会导致维护前等待时间过大,备件过早则导致仓库费用过高,由此基于状态监测构建故障延时概率模型、基于时间序列构建预测模型,可合理确定备件时间,提高运行维护效率。

4 结语

综上所述,恶劣的海上环境、较差的可入性,高昂的维护费用、较久的维护耗时无疑给海上风电机组运行维护带来大的挑战,尤其是随着海上风电规模的扩大,急需打造更完善的运行维护体系,通过使用合理的运维策略,进一步提高风电机组运行可靠性,为我国新能源建设贡献力量。现阶段,海上风电运维管理

中,预防性维护(状态检修)对于提高机组可靠性、提高风机发电利用小时数有极大的意义,需要结合智能检测与诊断系统进行深度开发,机会维护策略则有利于提高运维作业效率,降低单次出海作业成本,事后维护策略则应提前做好各类检修工序、人员调度、船机安排、库存管理的提前规划。以上三种策略在海上风电场统筹安排,合理运用,可以起到提高收益、降低成本的效果。

参考文献

[1] 钟宏宇,齐全,高阳,等.中国海上风电技术的挑战与应对策略分析[J].

东北电力技术,2016,37(1):39-43.

[2] 黄玲玲,曹家麟,张开华,等.海上风电机组运行维护现状研究与展望[J].中国电机工程学报,2016,36(3):729-738.
[3] 杜勉,易俊,郭剑波,等.以可靠性为中心的维修策略综述及其在海上风电场运维中的应用探讨[J].电网技术,2017,41(7):2247-2254.

收稿日期:2021-08-01

作者简介:楼凌旭(1982—),男,汉族,浙江东阳人,本科,助理工程师,主要从事海上风电场运行维护技术管理工作。

(上接第38页)

管理目的的基础上,提出了一套需求管理流程和方法,包括需求捕获、需求分析、需求确认、需求分配、需求验证等流程,并明确各过程的目标、方法、手段、收益及其输入输出,同时为有效管理复杂产品的研发流程,提出了基于顶层需求的分层和演变管理方法,保证了客户和相关方的需要得到理解与实现,提升产品研发成功率。

参考文献

[1] 卢栩茵.论需求管理在民航系统研发中的重要性[J].电脑知识与技术,

2017,13(17):203-204.

[2] 张莘艾.基于需求的工程方法在复杂产品系统研发中的应用[J].科技信息,2013(20):416-417.
[3] 胡楠.对基于项目需求工程理论的软件需求管理的研究[J].计算机光盘软件与应用,2012(14):116-118.

收稿日期:2021-08-13

作者简介:孙憬(1975—),男,汉族,江苏南京人,本科,经济师,研究方向为研发管理。

(上接第46页)

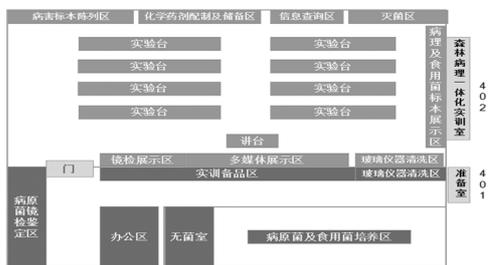


图1 森林病理理实一体化实训室规划设计

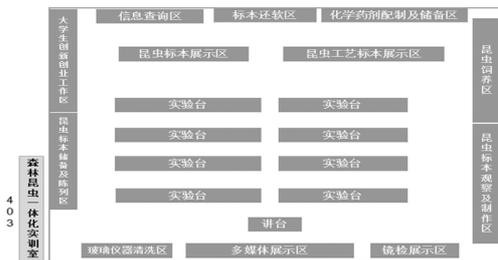


图2 森林昆虫理实一体化实训室规划设计

构建具有创新意识和实践能力的实训室建设与管理团队,吸纳相关实训课程“双师型”教师参与实训室运行与管理的体制与运行机制的构建,围绕实训室六大服务功能,启动“7S”实训室管理方法及应用模式,打造良好是实训环境,严肃实训室管理纪律。

(2) 定期更新优化仪器设备及其相应配套设施,有序开展设备使用培训及维护。

在“双高”建设项目的背景下,森保专业理实一体化实训室相关仪器设备有了进一步的更新和优化,相应配套设施更突显信

息化教学环境和职业能力培养理念,为此,仪器设备的科学使用和维护是实训室运行的基础,定期结合教研活动组织开展设备使用与维护培训,充分利用仪器设备资源,保障设备正常使用运行。

(3) 打造校企合作育人平台,构建理实一体化实训室的开放性运行模式。

产教融合、校企共育是森保专业人才培养的主要路径之一,理实一体实训室的构建进一步优化实践教学环境,其可作为“校中厂”式校企共育的主阵地,为此,应进一步拓展实训室应用功能,规范并完善开放式实训室管理制度,更好地服务于校企合作育人。

参考文献

[1] 王英.运用“7S”管理方法推动理实一体的教学模式研究[J].绿色科技,2021,23(5):272-274.
[2] 阮晓华.高职本科院校物流管理专业理实一体实验室设计与建设探索[J].教育教学论坛,2020(14):86-87.
[3] 夏晓.高职医学影像技术专业校内“理实一体”实训室建设实践与体会[J].金田(励志),2012(10):180.
[4] 蒋永忠,张颖,李红梅.基于理实一体的高职连锁经营管理专业人才培养研究[J].宿州学院学报,2010,25(12):88-91.
[5] 吴承佳,张旻.欲善其事先利其器:谈高职院校摄影摄像理实一体实训室建设[J].现代职业教育,2018(32):160.

收稿日期:2021-08-14

作者简介:刘莹(1984—),女,汉族,辽宁沈阳人,硕士研究生,副教授,研究方向为森林病虫害防治及林业政策法规。