

奋斗百年路
启航新征程

建党100周年

践行初心使命 突破关键技术

——华能集团牵头研制国产化大容量海上风电机组

临近七一,中国华能集团盛东如海上风电工程现场异常忙碌。由中国华能、中国海装联合研制的国产化5兆瓦大容量海上风电机组正在紧锣密鼓地开展调试工作。这台海上“巨无霸”实现了机

组一级部件国产化率100%、整机国产化率超95%,代表了目前我国大容量海上风电机组国产化最高水平,以海上风电机组核心关键装备国产化的重大突破,为建党百年华诞献礼。

抢抓创新发展新机遇

“海上风电发展形势喜人,十年快速发展,积累了丰富的经验,也面临着不少挑战,现在要以问题为导向,抓住机遇,走出一条自主创新之路。”华能清洁能源技术研究院党委书记、董事长李卫东说。

我国海上风电增长迅速,海上风电累计装机量2020年底已成为全球第二,预计今年底可达世界第

一。对我国海上风电产业链上的运营单位、科研单位、生产厂家来说,这是难得一见的机遇,驱动着海上风电产业的所有参与者,包括业主、科研院所、主机厂商、部件厂商联合起来,将每一项技术挖掘到极致。同时,对海上风电机组关键技术的掌握越来越得到重视,关键部件国产化尝试也逐渐成为关注焦点。

取得技术攻关新突破

中国华能集团作为中国最大的海上风电开发商之一,持续开展大量工作,发挥产业链“链长”作用,组建创新联合体,站在产业链整体角度思考中国海上风电的未来发展。通过详细的评估与论证,大型海上风电机组国产化将是我国未来海上风电发展的重要抓手之一,也是国家能源安全的重要保障。

为此,华能集团设立了国产化海上风电机组研制项目,集中行业内优势技术力量,发挥组织功能,形成整体效应,集中突破海上风电机组国产化关键技术。依托华能清洁能源技术研究院(以下简称“华能清能院”),联合中国海装等多家技术单位共同开展国产化机组研制生产工作,并在华能江苏盛东如海上风电场应用示范。机组研制过程中得到了华能江苏公司、西安热工研究院的大力支持与华能浙江公司的协助。

国产化海上风电机组正赶上2021年交付高峰期,从上游部件供应商,再到下游的机组总装、海上吊

装,每个环节无一不承受着巨大的压力。“随着交付高峰期的来临,我国海上风电机组的国产化已到了势在必行的地步,必须借此风口迎难而上,才能为海上风电的持续高质量发展注入充沛动力。”项目技术攻关组组长、华能清能院党委委员、副院长郭小江说。

项目组坚持“两手抓、两手硬”,一手抓质量,一手抓进度,确保技术不过关不放行,同时加班加点抢抓时间节点。“从机组整体方案设计到机组成功下线,项目组每周召开督导会,督导项目进展,从未中断。”华能清能院副所长唐巍说。

项目组紧盯既定目标,坚持问题导向,从基础的技术细节抓起,为机组国产化方案细细把脉,排除每一个潜在的隐患。同时紧锣密鼓地推进研制进度,每出现一个问题直接落实至相关技术负责人,迅速制定对策,集中力量解决,将时间成本压至最低。各个参研单位工作人员,以强烈的使命担当,保证了研制进展的顺利推进。

攻关过程中,项目团队攻克了一个又一个的技术难关,突破了大型海上风电机组叶片、主轴承、齿轮箱轴承、主控PLC、变流器IGBT等一系列核心关键部件国产化,应用了华能自主研发的主控系统、机组-塔架-基础一体化设计、数字智能感知检测系统等技术,取得了机组关键核心部件全部国产化的骄人成绩。

——叶片,是风电机组的重要部件,如同风电机组的心脏,是风电机组发电的动力来源。叶片从非国产到国产,对主梁碳纤维进行了完全国产化替代,实属不易。适用于高交变载荷的叶片碳纤维材料国产化技术缺乏借鉴和参考,经历从无到有的过程,已经熟悉的技术路线发生重大变化,科技人员只能从头做起。“国产化机组所配备的WB171叶片长达83.6米,在5兆瓦这个级别上是国内最长,研制难度可想而知。”华能集团科技部专责叶昭良说。

“尤其是第一次采用国产的碳纤维织物材料,碳布的编织方式与国外不同,编织方式不仅影响碳布的性能,还可能影响真空灌注的效果,对我们现有的工艺路线是严峻的考验。”洛阳双瑞风电叶片公司副总经理冯威说。

为此,项目组深入研究方案,全力革新已有的技术路线,大胆采取新型工艺。叶片制造中应用了自动化铺设技术,减少了碳布铺设中的人为操作失误影响,降低了铺层褶皱和灌注缺陷的风险。同时,精确控制编织工艺,针对国产碳纤维的特性,定制化开发工艺手段,降低了纤维磨损,使纤维排布更加均匀,更好保证了材料性能。

——主轴承如同风电机组的关节,将叶片所产生的动力传递至发电机,对风电机组的可靠发电至关重要。此前,大兆瓦风电机组主轴承均为国外厂家所垄断,制约了大兆瓦海上风电机组的快速发展。

“这次制造的主轴承外径达到3200毫米,为国产风电主轴承之最,设计制造难度高。”中国海装工程师肖长远说。“之前从来没有生产过这么大型的风电机组主轴承,这对我们的设计、加工、热处理能力以及材料性能都是极大考验。”洛阳新强联研发部长胡占国说。为此,项目组联合相关单位,共同推进了现有轴承钢材的改进工作,查基础资料、核化学成分、演合成模式,研发人员通过

推进关键部件国产化

不知多少次的反复实验,最终,轴承材料的淬透性及低温性能有明显提升,成为了风电机组主轴承国产化的有力支撑。

——主控,如同风电机组的大脑,直接关系到国产化风电机组的发电能力与运行情况。然而,风电机组主控PLC硬件目前仍受制于国外厂家。本次风电机组突破了国产化PLC技术,关键核心芯片完全采用国产产品,控制系统也由华能新锐公司自主研发。

“实现主控系统国产化说起来简单,做起来难,国产PLC的开发需要从头开展大量的开发和测试工作。”华能新锐公司党支部书记、总经理褚孝国说。“风电机组主控系统国产化,是我国风电发展的关键一环。”中国海装研究院副院长杨微说。项目团队联合相关研制单位,以满足首台国产化海上风电机组的应用为目标,全力推进了主控系统的开发,提升了主控系统的信息安全。同时,项目开发团队设计了多种工程预案以保障达到预定目标。做好冗余保护逻辑设计,最大限度地保障安全。

——设计方法,风机-塔架-基础一体化设计技术,动态反映了海上风电机组在收到风、浪、流、土动态耦合作用时的整体支撑结构受力规律。然而,由于缺少对该技术应用验证,缺乏对厂家和设计院的总体规划协调,一直未能充分发挥其作用。

“由业主制定一体化设计技术标准,主机厂和设计院协同设计的模式在行业内还未真正实施过。此次一体化设计方法采用了华能清洁能源技术研究院自主研发的核心技术,经过主机厂和设计院多轮迭代设计,成功的应用在5兆瓦国产化风电机组上,也将在未来的海上风电项目中进一步推广。”华能清能院海上风电部副总工张波说。

——监测方法,数字智能感知监测技术,为提高海上风电机组发电性能和故障诊断与预警能力提供了坚实的支撑。风电机组作为一个庞杂的机械电气系统,特别是海上风电机组还受到风、浪、流等多重环境特征耦合的影响,其发电能力受到机组内外部因素影响,其故障产生的机理复杂多样,受限于当前对复杂非线性信号处理能力的制约以及对故障预警与识别的准确度较低。

“本次在国产化海上风电机组本体叶



片、变桨、轮毂、主轴、齿轮箱、发电机、塔筒和基础以及机组所处的海上水下环境新增了超过180个测点,采用了激光雷达前馈、结构安全监测等超过10项智能监控与运维系统。”华能清能院业务经理孙财新说,此技术加强了海上风电机组对于本体和环境的主动感知,提升了海上风电机组主动控制优化的能力。

——吊装,海上风电机组吊装工作需要计划周全,安排得当,吊装工序环环相扣。再加上今年5月份如东海域海况、气象复杂,大风、大雾说来就来,让本来就因安装高峰期而异常紧张的时间表更难控制。“国产化5兆瓦机组5月22号落驳后,现场起了大风大浪,让本来都已出港的船不得不回港避风,6月4日才开始吊装塔筒。”华能江苏盛东如东项目部经理助理白亮说,“只差最后一只叶片时现场又起了大风,进度又被耽搁了。”

在现场条件如此恶劣的情况下,华能江苏盛东如东项目部迎难而上,详细制定了吊装专项施工方案,克服了海上环境多变、作业条件艰苦、吊装流程复杂等诸多困难,科学预测,大胆推进,牢牢抓住部件吊装的窗口期,经过历时7天的海上作业,圆满完成此次吊装任务,为国产化机组最终的并网发电打下了坚实基础。

伟大事业都始于梦想,基于创新,成于实干。国产化5兆瓦海上风电机组的成功象征着我国向能源领域自主创新高地冲锋的又一次胜利,对海上风电平价化发展意义重大。可以预见,我国风电技术必将走出一条自立自强的发展之路。同时,我国海上风电产业也必将为碳达峰、碳中和目标持续贡献更大的智慧与力量。(劳文欣)

奋斗百年路 启航新征程

★★★ 践行新发展理念 支撑新能源战略 ★★★

中国海装自2004年成立以来,历经十七年的快速发展,成为风电行业的一支重要力量,帮助集团公司实现30套风电机组设备制造业的发展,逐步形成3000亿风电产业规模。按照国家能源战略部署,深入贯彻实施集团公司高质量发展战略部署的要求,努力实现产业规模、质量、效益协同发展,加快构建国内一流、国际知名的风电装备及智能系统集成功能。

CSSC 中国海装