

# 走进海岛上的核电站

■本报记者 姚金楠

“这一片就是塘兴村的回迁安置房，都是二层小楼，现在这个村的小伙子娶媳妇都比以前容易多了。”

“这是棋子湾新建的酒店，提‘海核’，能打折。”

“这是县里的中学，我们老书记前几天去浙江出差，就是想把嘉兴一个退休的老校长请到这个中学来。”

从海口驱车近200公里，一进入昌江县，同行的海南核电有限公司（以下简称“海南核电”）工作人员就打开了话匣子。

海南昌江黎族自治县是海南核电的“大本营”，我国最南端的核电工程——海南昌江核电站正坐落于此。一座核电站能换一个乡镇、一个城市、一个海岛带来什么改变？在保障能源供应、创新技术、核能综合利用方面，海南核电又会给出哪些与众不同的答案？

## 不一样的担当： 有能力供应全岛30%用电

2007年3月20日出版的《海南日报》刊发了一篇题为《海南省政府向实施限电居民和企业表示谢意和歉意》的报道。2007年3月17日，海南全省电力缺口达到39万千瓦，海南省开始对居民实施错峰用电，全省约100万人受到影响。两天后，海南省政府通过新闻媒体向实施限电的居民和企业表示谢意和歉意。

“那时候，海南的大企业几乎家家都有自己的备用柴油发电机。”海南核电有限公司党委书记魏国良告诉记者，2007年，海南省因电源性电导致全年错峰超10次，共计约230天。电力短缺，成为制约海南经济社会发展的重要因素。正是在这一年，海南省开始筹划建设核电站。

昌江核电项目2010年开工，1、2号机组2015年、2016年相继并网发电。“最直观的感受是海南真的不缺电了，电变稳定了。”魏国良表示，2017年全年，两台65万千瓦机组共实现发电量74亿千瓦时，从根本上解决了海南省的电源性电问题。“海南省地理位置独特，随着战略地位不断提升，能源安全更加成为海南省高质量发展

的基础保障。1、2号机组的建成投运为海南提供了一个有能力供应全岛30%用电的电源点。”

也正是这一占比，让海南一跃成为全国核电占比最高的省份。

2010年，海南国际旅游岛建设规划正式获批；2019年，国家提出将海南建设成为清洁能源优先发展示范区，建设海南清洁能源岛；2020年，《海南自由贸易港建设总体方案》印发，海南省作为全面深化改革开放试验区、国家生态文明试验区、国际旅游消费中心和国家重大战略服务保障区的战略定位日益明晰。“海南核电开启了海南能源供应的新格局，大大提高了清洁能源占比。目前，海南核电3、4号机组正处于建设中，待后续项目建成，海南省的核电占比将进一步大幅提升。有了稳定的核电‘压舱’，海南的发展底气也更足了。”

## 不一样的突破： “双龙”共建，打造多堆型基地样板

予人“底气”，源自海南核电1、2号机组的安全稳定运行。

换好全套安全防护装备，在厂区内的办证中心办理好临时出入证，经过两轮安检，记者跟随工作人员进入海南核电一期生产区域。来到2号机组汽轮机发电厂房，墙面的显示屏吸引了记者的注意。

在这块屏幕上记录着昌江核电2号机组安全运行的天数，3月24日，这个数字显示为第1540天。截至3月9日，昌江核电1、2号机组已经连续安全运行1500天。不仅仅是安全运行，海南核电有限公司总经理魏智刚表示，在1、2号机组优异表现下，昌江核电基地也成为中国核电唯一一个所有机组连续三个年度保持WANO综合指数满分的核电基地。

“那边正在施工就是3、4号机组，半圆穹顶的是‘华龙一号’。这边建的是‘玲龙一号’，全球第一个小堆。”离开汽轮机厂房，工作人员又介绍起正在施工的机组情况，“都是自主知识产权的堆型，我们称其为‘双龙齐飞、三堆共建’，在别的核电基地看不到这样的组合。”



图为海南昌江核电基地全景。姚金楠/摄

提起自主知识产权，魏智刚自豪不已：“昌江核电基地是国内唯一一个全部机组实现自主知识产权的核电基地。”据了解，目前正在建的3、4号机组是两台120万千瓦三代先进压水堆核电机组，采用中核集团自主知识产权的“华龙一号”三代核电技术，计划于2026年投运。

“玲龙一号”则是全球首个陆上商用小型反应堆，采用中核集团自主知识产权ACP100核电机组，装机容量12.5万千瓦，示范意义更非比寻常。

“玲龙一号”瞄准的是中小电网或者岛礁供电、海水淡化等特殊应用场景。也正是出于这样的考虑，昌江成为最适合小堆示范的地方。”魏智刚告诉记者，与大堆相比，小堆在安全性、经济性、灵活性和特殊厂址适应性上具有先天优势。“全球首个，最主要的是先把项目成功做起来，然后在示范基础上进行优化升级，通过小堆将核能的多用途做到极致。”

采访中，海南核电的员工们都约而同地向记者展示海南核电的与众不同之处。一位在海南核电工作十余年的基层员工跟记者谈起过往：“中国核电卢铁忠书记在海南核电工作的时候一直跟我们讲，海核虽然体量小、环境艰苦，但海核人就是要从别人想不到的地方走出一条路，干一番不一样的事业来。”这种“不一样”成就了海南核电基地在海南的地位，成就了良好的运行业绩，也带来了不一样的发展之路。

## 不一样的“一主多元”： 地企互信，深度合作谋发展

据记者了解，按照相关规划，目前由海

南核电推动的林好核电机组的前期工作也在紧锣密鼓的筹备中。

“你猜猜，林好核电项目的‘收资’工作用了多久？”海南核电前期处处长陈波的话语中满是欣喜，“一天就搞定了。”陈波口中的“收资”，指的是核电机组建设前期的资料收集过程。据海南核电前期工作处副处长侯碧强介绍，林好核电项目的前期“收资”涉及厂址周边的人口数量和分布、道路建设、车辆运行等情况。“这些信息涉及县里十几个部门，通常情况下也要一个多月才能完成，现在一天就拿到了。”

“看似是一天‘收资’，其实是十几年积累的结果。”魏国良感慨，“从选定落户昌江开始，我们的站位就是要带动起地方的发展。昌江县经济基础薄弱，多年来赖以生存的铁矿资源正在枯竭，传统的水泥生产近年来也存在瓶颈。海南核电来了，要给昌江不一样的发展。”

“海南核电带来的不仅仅是一座电站，更是一群科技创新的人才、一种转型发展的机遇和可能。”海南省昌江黎族自治县委书记陈儒茂这样评价海南核电对于昌江的意义。

魏国良告诉记者，依托海南核电，仅有20余万常驻人口的昌江县已经成为海南省的科技创新大县。“核电是高科技含量、多学科交叉的工业门类，利用海南核电的资源，我们在昌江建立起院士工作站，把国内顶尖高校和科研院所的人才和项目带到昌江。”此外，在基础设施建设、就业水平改善乃至医疗、教育提升等领域，昌江这座滨海小城已经打上了海南核电的烙印。“十多年的时间，能真切地感受到我们已经和地方发展融合在一起。”魏国良说。

# 数智赋能，打造超级工厂

——走进风电行业首个“数字元平台”工厂

■本报记者 张子瑞

3月22日，在“数智引领——大兆瓦风机、超长叶片高质量发展论坛”间隙，记者来到位于湖南韶山的三一重能叶片工厂（以下简称“韶山工厂”），近距离感受这座风电行业的首个“数字元平台”工厂。

## ◆◆与传统工厂形成鲜明对比

传统的风电叶片工厂，一直被粉尘和噪音所困扰。生产条件艰苦、作业环境差、质量波动大、自动化程度低，是人们对叶片生产车间的刻板印象。

然而，记者眼前的这座工厂却与传统叶片工厂大不相同。地板洁净如新，噪音实时可控，从铺层、灌注到打磨的每一道工序，感觉不到明显的粉尘。

而这一切改变，源于数字化、智能化技术的应用。

记者看到，智能机器人代替了传统人工作业，实现物料配送、生产诸多环节、成品转运的自动化。三一自主研发的“元平台”控制系统，将叶片生产全过程及工艺参数、技术指标等呈现在平台上。

三一重能副总经理、叶片公司总经理廖旭东向记者表示，灌注是叶片生产过程中的一道重要工序。韶山工厂通过规模化使用集中灌注技术，实现树脂材料进、存、用全流程高度自动化，使得灌注效率提高25%，并且有效提升了灌注质量，减轻了员工劳动强度。

一位现场工作人员告诉《中国能源报》记者，随着智能化技术的应用，他们自身的角色定位也发生变化：从传统的操作工人变成了技术人员。

车间环境的变化是肉眼可见的，而产品质量的提升则是肉眼难以察觉的。

风电叶片长期在恶劣环境中不停运转，对叶片的稳定性和可靠性提出了更高要求，这就要求叶片密度轻且具有最佳的疲劳强度和力学性能，能经受暴风等极端条件和随机负载的考验。

在韶山工厂，数字化、智能化技术应用提升叶片质量的案例比比皆是。据介绍，采用AGV+机器人配合激光引导或者视觉相机引导实现末端执行工序完成装配、打磨或喷涂等作业，在提升自动化率的同时，也帮助产品质量提升了30%。

## ◆◆行业对大叶片品质提出高要求

近年来，我国风电技术的大型化趋势日益凸显，机组单机容量加速走向20兆瓦级，叶片



图为三一重能韶山工厂车间内，动臂吊油漆附着，正在进行叶片外表打磨。张子瑞/摄

长度已突破120米，成为风电行业持续推动成本下降、不断拓宽发展空间的关键手段。大型化，对从整机到零部件的设计、制造、安装、运维提出了更高的要求。

中国农业机械工业协会风力机械分会会长柳地在论坛上表示，叶片是风电机组中最重要的大部件之一，叶片的技术创新直接关系到风电机组的性能。叶片生产制造的数字化、智能化也是风电智能制造的重要课题，需要全行业积极研究应对。

业内人士认为，传统以手工作业和经验管理为主的风电叶片制造已无法满足高质量、低成本、敏捷交付的客户需求。需要结合精益管理和智能制造理念，从自动化与标准化、信息化与精益化、智能化与数字化三个层面积极探索叶片制造的创新升级。也正是基于这一行业发展需要，韶山工厂应运而生。

据了解，韶山工厂拥有亚洲地区最大的单体叶片生产车间，预计年产3000支叶片。从设计之初，韶山工厂就秉承智能化、自动化、精益化、低碳化的理念，将数字孪生技术、人机互联技术、自动化技术和5G通信技术相结合，促使工厂管理从“人（工人）、机（设备）、料（原料）、法（工艺）、环（环保）”方面进行革新，以打造全球风电行业首个“数字元平台”工厂。当前陆上最长的104米叶片也是在这家工厂下线的。

“数字元平台”工厂到底有何不同？三一重能副总经理、首席数字官彭旭告诉《中国能源报》记者，叶片生产是劳动密集型产业，需要大量人工完成铺层、灌注、打磨、喷漆等工序，这样不仅生产效率低，而且生产工艺存在差异。在韶山工厂，用智能机器人代替了传统人工作业，并将作业过程中全部工艺参数和数据实时上传到元平台，工厂管理者通过一

台小小的平板电脑就能检测每一个生产工序的每一道工序指标，将整体的生产精细程度提高到一个前所未有的高度，也从根本上提升了叶片的质量。

## ◆◆打造数智化样本

据北京鉴衡认证中心风能事业部副总经理张金峰介绍，伴随风机叶片长度的快速增加，给设计、制造、运输、运维、测试各环节带来诸多挑战。他建议，应搭建全过程质量控制体系，通过对叶片设计、制造、机组适应性的充分评估，避免叶片出现批次性的质量与设计问题。

韶山工厂打造“数字元平台”工厂的初衷，也正是用超级工艺、超级设备、超级自动化最终打造出超级质量。

在参加论坛的诸多业内人士看来，韶山工厂的建设彻底改变了风电行业叶片生产的固有模式，为全行业的高质量发展提供了数智化新样本。

柳地表示，希望韶山工厂打造成风电叶片行业示范工厂、世界级风电叶片数字化“灯塔工厂”与行业智造样板，希望风电行业持续推进数字化转型和智能制造，以技术创新引领行业进步。

中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩预计，2023—2025年我国新增风电装机容量将不低于7000万千瓦，度电成本将会持续下降。到2025年，“三北”一二类风能资源区的度电成本有望降至0.1元/千瓦时。叶片生产制造技术的创新将推动风电不断降低度电成本，使风电从零碳便宜的“价格洼地”转变成工业企业的“价值高地”。

■刘敬源 王守华

胜利油田油气集输总站集贤输油站为提升设备管理水平，使输油设备长周期安全高效运行，今年以来紧密结合胜利油田安全管理强化年活动，紧盯设备管理不放松，深入推进“细、强、+”设备管理思想，助力设备全生命周期安全管理，确保设备时时、长周期安全运行。

细，即细化全面部署，完善设备基础安全健康管理。该单位坚持以目标为导向，以规范完善细化设备基础安全管理为抓手，精简台账、规范流程，以高效务实的精细作风提升设备管理。对各设备台账融合、精简、规范，由原来11本精简至8本；细分设备承包到岗、到人、到点，实施周检、月检，制定检评细则，细化奖惩制度，激励设备周期安全管理积极性。同时对点检部位运行参数细化、量化，并根据点检设备的关键程度进行分级，达到精准掌握设备运行状态的目的。依托智能化终端，为每台设备设置管理二维码，细化设备全生命周期健康管理，保证各设备安全健康高效运转。

强，即强化2级管理组织，深推设备组室、员工自主安全管理。设立站设备管理委员会、组室设备管理小组，强化设备安全管理。坚持在站日常有序管理的基础上，强化以问题为导向，以现场设备运行过程安全管理为落脚点，发现问题、分析问题、解决问题，设备管理关口前移，重心下移，突出组室的精益设备自主管理体系。各组室不断探索推进人性化的人机结合，每日“三问”设备是否健康、是否有恙、需否营养维保的安全健康管理新思路和新方法，探索“化整为零”的维护保养检修新模式，强化组室员工自主安全管理，使设备维护检修高效安全，让设备始终拥有健康的体魄。

+，即多模式培训员工设备管理和维护维修技能。发挥高技能人才作用，依托技能大师课堂、师徒带、利用设备制造厂专业技术人员来站设备维修故障处理时进行现场教授技能、人人上台讲述设备维保心得等多种方式，以现场实践、日常检修和技改为平台，通过文字、视频、PPT等形式开展培训，不断提高维修人员、岗位员工的设备管理和维护维修技能，旨在打造一支技术精湛的全员设备管理队伍，为设备全生命周期安全健康管理夯实坚实的基础。

## 华北油田 冬供期间供气超30亿方

本报讯 3月15日，随着我国华北地区主要城市供暖季结束，华北油田圆满完成去冬今春保供任务，累计供应超30亿立方米天然气。

资源侧深挖潜力。华北油田加快生产组织节奏，精细气田生产动态研究，剖析评价气井产能和提产潜力，并结合下游销售形势，有针对性地调整区块产量。冬供期间，常规天然气日均产气量大幅增加，山西煤层气分公司冬季保供期累计投产新井40余口，产量保持高位运行。

调节侧保障有力。自2022年11月15日采气生产以来，华北油田储气库群50余口采气井齐发力，开井数同比增加27%，通过采取“一库一策”“一井一法”，苏桥储气库、京58储气库累计采气量超19亿立方米，创历史新高。

需求侧积极对接。冬供期间，华北油田负责终端销售的华港燃气公司全力做好资源统筹配置和优化调配，加强需求侧管理，包括全国首座LNG薄膜罐在内的储备库高效运行。目前，华北油田已建立起油田自产气、煤层气、LNG线上挂牌交易购气等为主的多元化资源供应保障体系。（刘天一）

## 胜利油田集贤输油站： 力求设备运行更安全