

# 能源转型加速 全球热捧小堆

■本报记者 杨晓冉

近日,记者在国际原子能机构小型模块堆技术发展和应用跨地区研讨会上了解到,由于更安全、更灵活、更多元、更靠近用户等特性,小型堆已成为公认的未来核能应用新赛道,多个国家已开始部署相关项目。

近年来,我国小型堆研发成果丰硕,已高质量推进多个小型模块堆技术与产业发展,工业耦合方案日益成熟,为小型模块堆发展贡献了“中国智慧”和“中国方案”。

## ◆◆ 转型期小堆发展方兴未艾

与会专家指出,小型模块堆将在推动全球能源转型和应对气候变化中起到重要作用。

“当前,全球范围内气候变化挑战严峻,能源安全风险加剧,越来越多的国家将核能作为应对气候变化、实现能源低碳转型和降低排放的重要选项。”国家原子能机构副主任刘敬指出,小型模块堆因初始投入少、建设周期短、安全性高、灵活性好、应用多元等优势,受到许多国家高度关注,正成为新一轮核能技术变革和产业发展的重点方向之一。

近年来,除我国外,美国、俄罗斯、阿根廷、韩国、法国等国均积极部署小型堆建设。国际原子能机构2022年发布的报告显示,全球范围内正在开发的小型堆技术超过80种。《中国能源报》记者从研讨会上了解到,目前,国际上主要发展的小型堆分为轻水堆、高温气冷堆、熔盐堆等,广泛应用于零碳发电、海水淡化、船舶运输、产氢及供热等多个领域。

全世界的小型堆也早已从“纸上谈兵”阶段发展到实施阶段:如韩国海上SMR BANDI项目、丹麦紧凑型熔盐反应堆动力

驳船项目、法国MUWARD小型堆项目、阿根廷CAREM项目,以及我国的“玲龙一号”、燕龙低温供热堆等。

除了这些主要发展核能的大国,国际原子能机构SMR平台协调员Dohee Hahn表示,当前,世界范围内还有27个国家加入小型堆行列,其中包括埃及、波兰、土耳其等10个已部署基础建设或已签署相关项目合同的国家,还有17个正在考虑是否使用核能的国家。

## ◆◆ 我国小堆探索成果丰硕

烈日炎炎,在海南昌江核电基地,工人们正繁忙施工,机器在轰鸣声中运转,刚刚完成吊装的“玲龙一号”机组反应堆拔地而起。据了解,“玲龙一号”是全球首个通过国际原子能机构通用安全审查的小型模块化压水反应堆,最突出的技术特点就是一体化设计、模块化建造。

中国核动力研究设计院小型模块化堆总设计师宋丹戎介绍,在“一体化”设计下,以往需要在现场进行大量安装工作,如今都能在工厂内完成。如此一来,不仅核电设备质量得到进一步提高,造价进一步降低,工期也大幅缩短。“目前其一体化压力容器已吊装就位,预计2026年建成投运。”宋丹戎说。

除了“玲龙一号”,2022年12月,我国具有完全自主知识产权的全球首座球床模块式高温气冷堆核电站示范工程已实现并网发电,发电效率达44%,燃料循环灵活,并具有化工、海水淡化、制氢等多商业用途;早在2017年11月,我国低温供热堆已成功实现区域供暖。

多年来,我国重视并积极有序发展核电。2021年国务院发布的《2030年前碳达峰



海南昌江核电基地。杨晓冉/摄

行动方案》明确,积极安全有序发展核电,积极推动高温气冷堆等先进堆型示范工程,开展核能综合利用示范。历经60余年的发展,我国已建立完整的核能产业链,在建装机容量居世界第一。中核集团总经理顾军表示,一直以来,中国积极参与国际原子能机构“核能发展协同和标准化倡议”,加速先进反应堆尤其是小型模块化先进反应堆的安全部署,助力全球实现“零碳”排放。

## ◆◆ 国际市场前景广阔

据了解,作为核能创新的典型代表,由于小型模块堆的用途多元和部署灵活,多个国家表现出强烈的兴趣,认为其具有良好发展预期和市场前景。

加纳原子能委员会核能研究所副所长Archibold Buah-Kwofie指出,小型堆的成

本、尺寸和安全性为加纳带来很多机会,非洲国家将探索以核能作为可能的基荷电源来拓宽市场前景和复兴经济发展的可能性。约旦作为内陆国家,其用于供水和废水处理的一半能量来自于电力,而小型堆功率较小、对冷却水的需求低,适合约旦能源禀赋特点。

“菲律宾电力成本高昂,且以石油和煤炭为主的能源结构也亟待优化。可持续能源预测情景表明,菲律宾能源结构中需要核能。”菲律宾核研究所助理科学家Alvie Asuncin-Astronomo表示。

“小型堆因为其部署灵活,可用于遥远地区,甚至是没有电网的地区,可满足巴西中小城市和偏远地区的需求,小型堆也恰好可以和巴西的各类清洁能源进行耦合。”巴西ABDAN信托委员会副总裁Orpet Peixoto表示。

在小型堆展现出巨大发展潜力,成为

全球核电发展热点的同时,业内专家指出,由于世界各国在地理环境条件、发展水平、技术创新能力等方面仍存在较大差异,小型堆的商业化、规模化推广仍面临监管、技术、市场经济性等诸多挑战。海南核电副总经理邓晓亮告诉《中国能源报》记者,由于小型堆现存设计技术路线众多,行业规范不尽统一,整个产业链的相关标准及监管体系尚不完善,制约了小型堆的推广。

顾军也指出,当前,小型堆安全标准体系中的厂址选择仍依照大型核电站标准,对小型堆更高安全性、更少放射性排放、更好环境适应性的特点考虑并不充分。“例如,小型堆应急计划区的要求仍然遵循法规标准难以接近居民区或者城市区。因此亟待行业科学评估现行法规,使其能更好反映小型堆特点,积极推动小型堆选址安全标准的制定。”

## 智能巡检线路 增强用电保障



## 图片新闻

9月10日,在河南内乡县牧原现代农业综合体有限公司内,国网内乡县供电公司员工利用无人机对10千伏余条供电线路进行巡检,依托智能巡检为重点企业安全可靠用电保驾护航。

近年来,国网内乡县供电公司积极应用无人机开展智能巡检,通过“人巡+机巡”的方式,实现对复杂地形、重要线路快速巡检,不断增强供电保障能力。

周莹/图文

2023年,工商业光伏的增量市场有多大?根据国家能源局公布的最新统计数据,2023年上半年,我国新增工商业分布式光伏装机约为19.44GW,同比增长超80%。有业内人士预测,2023年内,国内工商业分布式光伏新增装机有望突破40GW。

面对庞大而繁杂的市场,工商业分布式光伏又需要怎样的产品升级?

9月13日,华为智能光伏工商业光伏新品150K逆变器正式发布。“兼具更多发电、主动安全、长久可靠、极简运维、高效建站、行业友好六大特点,我们称它为‘六边形战士’。”发布会现场,华为数字能源工商业智能光伏业务总裁钟明明这样介绍这款华为工商业逆变器的旗舰产品。

## ■ 发电量增加 安全性升级

早在2021年,华为工商业光伏的第三代解决方案就提供了组件级优化和关断技术,同时提出了“更高收益、主动安全”的产品卖点。

在原有解决方案的基础上,此次发布的旗舰产品又有哪些不同之处呢?钟明明介绍,组件级优化是通过在组件端安装优化器实现多装多发,直建尽建,屋顶资源利用率提升高达50%,发电量可提升30%左右。在此基础上,此次发布的SUN2000-150K-MG0-ZH组串式逆变器效率高达98.8%,在全行业处于领先水平。同时,产品内置电势诱导衰减(PID)修复方案,可以有效避免PID效应,最大限度保障光电转换效率,经过欧洲权威第三方检测机构实证验证,内置PID修复方案可在原有基础上提升约3%的发电量。

在“主动安全”方面,随着分布式行业对安全问题日益重视,钟明明表示,此次新品在设备、资产和人身安全方面进行了全方位升级优化。设备安全上,一方面,通过主

## 华为发布工商业光伏 150K 逆变器新品 “大市场” 迎来“新加持”

■本报记者 姚金楠

动分断加强对设备的保护,首创的智能组串分断(SSLD)方案,增加了“智能分断开关+故障识别”算法,在逆变器发生故障时,可以实现毫秒级快速断开直流;另一方面,独有的全过程短路故障保护可以在并网过程中实现15毫秒内切断对地故障,降低75%以上的逆变器失效;此外,通过独创的智能端子温度方案,在交直流端子温度过温情况下实现0.5秒关断停机,避免因直流端子损坏、烧毁导致的逆变器高失效率。资产安全上,新产品提供的智能电弧防护(AFCI)将检测范围提升至200-300米,检测电流达到30-45A,0.5秒即可自动切断电弧。人身安全上,优化器快速关断能够适配高安全性场景需求,30秒即可降低到安全电压范围内,最大限度保障人身安全。

## ■ 可靠性提升 极简运维

“可靠性就是华为的DNA,光伏电站稳定运行25年甚至更长时间,一定要选择可靠性高的产品。”钟明明介绍,华为逆变器产品应用的主要器件均满足25年以上使用寿命的要求,即使在极端环境运行,产品可用率依然高达99.999%。“华为的逆变器产品在生产过程中,都严格遵循集成产品开发(IPD)流程,从概念计划、开发、验证到发布,环环相扣,保证产品的可靠性。”

针对诸如此次发布的大功率类逆变器产品,钟明明表示,华为专门进行了专项仿真设计、联合器件定制,产品出厂前进行的

1400项严苛测试远高于业界标准,特别是引雷测试等21项特殊测试更是大大增强了产品的可靠性。

此外,钟明明表示,华为一直在简化后续运维工作上下了功夫。“此次发布的新品依旧秉持极简运维的理念,在运维工作中,可精准定位到某块组件位置的绝缘故障,将天级运维缩短至小时级。”

## ■ 建站更高效 行业更友好

据悉,SUN2000-150K-MG0-ZH产品的额定输出功率达到150KW,最大功率为165KW。以装机容量1MW的工商业分布式电站为例,如使用传统110K产品,则需要安装至少9台逆变器,但若采用150K新

品,则只需安装7台。“减少安装台数就减少了接线数量,提升建站效率的同时,自然提升了投资回报。”钟明明说。

不仅如此,在设计层面,此次新品搭载的SmartDesign设计工具,可以实现卫星定位免上站,一站式自动化设计,同步进行综合分析、多方案对比,实现设计最优。

钟明明强调,随着光伏行业的快速发展,工商业应用场景也更加多样,屋顶更加复杂,商业模式也逐步增加。“150K新品面向千行百业,通过适配工商业一拖二优化器能够做到不挑屋顶,对各种应用场景友好。随着峰谷价差不断拉大,通过适配工商业储能系统,可以满足各行各业对峰谷套利等商业模式的需求。此外,不管是负载还是电网,对于光伏电站输出的电能质量要求更高,新品150K通过智能谐波算法,实现业界工商业逆变器电流谐波小于1%。同时,150K新品标配的智能无功补偿功能能够捕捉到逆变器-电网-负载三者的变化情况,在10秒内做出反应,维持三者能量流的稳定流动,也避免了业主的光伏电站造成破坏电网稳定的力调电费罚款。”



江苏正辉 150K 逆变器创新局点实景。华为/供图

## 能源电力量测技术将迎来新升级

本报讯

近日,由中国电科院牵头申报的“隧穿磁阻电流传感误差机理及其传变特性强化方法研究”项目立项,相关成果将促进电流量测技术升级。

电流传感器位于电力系统的计量关口及关键位置,对流经的电流信号进行监测,为电网的有效控制、可靠保护和准确计量提供基础数据支撑,为高质量供电和高效率办电保驾护航。

随着高比例新能源的接入及大规模电力电子设备的应用,电力系统的电流信号在基波外叠加了直流以及数千赫兹的高频分量,具有宽频域、强随机、快时变等动态特征。当下,主流电流传感器在直流测量能力、测量准确度、可靠性、国产化程度、线性范围等方面存在不足。中国电科院计量所余信成研发团队经调研和测试,发现有一种被称为隧穿磁阻(TMR)的基于量子隧穿效应的新型磁敏元件,具备灵敏度高、频带宽、响应速度快等特性,在复杂电流测量领域具有极大应用潜力,适合用来开发满足新型电力系统电流测量需求的传感器。

据了解,该项目得到国家自然科学基金资助,研发团队正结合电网的复杂现场应用环境,深入研究TMR电流传感器信号传递机理和时频特征,力求尽早研发出具有自主知识产权的宽动态高精度TMR电流传感器,推动现有电流量测技术升级和国产化替代。(余信成)