

以“变”应“变” 向“新”而行

——我国大型变速抽水蓄能机组研制加快迈向工程应用

■ 黄昉

7月7日,粤港澳大湾区首个变速抽水蓄能工程——肇庆浪江300兆瓦级大型抽水蓄能电站地下厂房开挖完毕,全面进入机电安装的新阶段。这是我国大型变速抽水蓄能机组研制的又一里程碑节点,标志着我国加快向首台(套)装备实现工程应用的目标迈进。

■ 以“变”应“变”,抽水蓄能助力能源转型的“接力长跑”

2023年6月12日,南方电网肇庆浪江、惠州中洞两座抽水蓄能电站机组及辅助设备采购合同在南方电网股份有限公司(以下简称“南方电网”)办公大楼内签订。这次合同签订因采购设备包含“首台国产300兆瓦、400兆瓦变速抽水蓄能机组”引起广泛关注,标志着国产大型变速抽水蓄能机组正式进入了工程应用阶段。

截至2024年5月底,我国风电、光伏装机总量达11.5亿千瓦,已占发电装机总量的37.8%,预计年内新能源发电累计装机规模将首次超过煤电装机规模。抽水蓄能电站具有上下两个水库,电力系统负荷低谷时用电抽水,负荷高峰时放水发电,是目前技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的电力系统绿色低碳清洁灵活调节电源。在我国大力建设新型电力系统驱动下,抽水蓄能产业发展同步进入“快车道”,在运及在建抽水蓄能电站规模稳居世界第一。与此同时,我国聚焦抽水蓄能机组这一电站核心装备,积极推动机组装备制造核心技术从“跟跑”“并跑”到“领跑”的跨越式发展。

安装变速抽水蓄能机组能够通过改变机组转速实现功率的灵活调节,更好地适应风电、光伏等间歇性、波动性新能源稳定接入电网。针对新能源“变”的特性带给电网稳定的挑战,我国持续加快了国产大型变速抽水蓄能机组技术攻关步伐。2017年7月,国家重点研发计划“海水抽水蓄能电站前瞻技术研究”项目启动,将“可变速抽水蓄能机组全景物理模拟技术”列为重要内容;2022年5月,我国自主研发的5兆瓦小型变速抽水蓄能机组在春厂坝抽水蓄能电站投运;同年,我国公布了年度能源领域首台(套)重大技术装备项目清单,“300兆瓦级变速抽水蓄能机组成套设备”列75个项目之首,明确南方电网肇庆浪江抽水蓄能电站等工程为其依托工程;2022年6月,中国科协发布年度10个产业技术问题,“如何研制大型可变速抽水蓄



6月5日,“肇庆一号”硬岩隧道掘进机(TBM)在昆明成功下线。南方电网公司/供图

能机组”位列其中;2022年11月,300兆瓦级大容量变速抽水蓄能机组国产化依托工程全部开工建设;2022年12月,我国首个超大容量变速抽水蓄能工程南方电网惠州中洞抽水蓄能电站全面开工,将安装1台400兆瓦国产大型变速抽水蓄能机组;2023年5月,“海水抽水蓄能电站前瞻技术研究”科技成果通过鉴定,南方电网牵头研制了国内首套10兆瓦可变速机组主机及变频器工程样机,与武汉大学联合搭建了我国首座可变速抽水蓄能机组实证平台……

“国产大型变速抽水蓄能机组研制是产学研用多方同向发力、持续攻关的一场‘接力长跑’,尽管各方有着不同的职责任务,但终点共通,就是要以变速前沿技术催生抽水蓄能产业的新动能。”南方电网战略级技术专家彭煜民表示。

■ 向“新”而行,工程建设推进与新质生产力发展的“双向奔赴”

穿过1600余米的交通洞,来到“300兆瓦级变速抽水蓄能机组成套设备”依托工程肇庆浪江抽水蓄能电站工程的“心脏”——地下厂房。这个外观如同“巨型地宫”的新厂房长179米、宽26米、高59米,总体积超过27万立方米,相当于108个标准游泳池大小。“厂房开挖历时近19个月,从上至下分7层施工完成,我们通过对爆破、支护、混凝土浇筑等关键流程的技术参数和作业指标进行严格管控,施工优良率高达96%,达到国内领先水平。”南方电网公司肇庆浪江抽蓄项目部工程管理部专责张轩指着头顶上方开挖作业入口介绍。

据了解,对于一座总建设周期约7年半的抽水蓄能电站而言,挖好厂房仅仅是工程进入机电安装阶段的起始。每台抽水蓄能机组安装要经过5节尾水管组装、125吨重的蜗壳座环安装、基坑基础安装、

导水机构安装、350吨重的机组定子安装、410吨重的机组转子安装等施工工序,历时24个月。要让抽水蓄能机组的抽水和发电两大功能得以发挥,还得开挖总容积近2000万立方米、接近一个半西湖大小的上下水库,总长超过20公里的35个地下隧洞,埋藏大山数百米处的2.8公里长的输水水道、500余米深的引水竖井。“目前,近2000名建设者正同步推进机电设备安装、上下水库及竖井开挖等40余个施工面的工作任务,整个工地本质上是新质生产力锻造的‘大熔炉’,提高劳动生产率的施工新模式处处可见。”南方电网公司肇庆浪江抽蓄项目部总经理郑智谈到。

在电站引水调压井正井作业平台上,约10层楼高的井架映入眼帘,正在紧张进行工程引水深竖井施工作业。走到井边往下看,一个深度超过500米的“长洞”直通山体内部,正在进行正井扩挖。这是“引水深竖井正井法”先进施工法首次应用我国水电工程领域,此前主要应用于矿山开挖领域。这套施工法包括凿岩、排渣、灌浆、排水等13道复杂工序,实现井架支撑、主副提升、稳车悬吊、立井钻爆等16个机械装备系统的协同作业,可直接减少现场人工作业人员约30%,大幅优化工程工期,做到“更少人工、更快施工”。

电站设计长度5050米的自流排水洞,将在两个月后迎来名字响亮的“掘进者”——“肇庆一号”。“肇庆一号”是代表目前隧洞施工技术最先进水平的装备“全断面硬岩隧道掘进机”,简称“TBM”。利用TBM掘进作业,不仅在掘进速度达到传统人工钻爆的4倍,而且能够大大降低作业安全风险,已在南宁抽水蓄能电站高质量地完成掘进作业。肇庆浪江抽水蓄能电站自流排水洞的TBM作业将实现该套装备在粤港澳大湾区抽蓄工程领域的首



肇庆浪江抽水蓄能电站在我国水电领域首次引入“引水深竖井正井法”施工。南方电网公司/供图

次应用。

“我们正充分利用抽水蓄能工程建设的规模优势,加快推进先进施工技术、方法和经验在9个在建抽水蓄能工程的复制应用,积极探索发展新质生产力的科学路径,更高效地为变速抽水蓄能机组等高端技术装备的应用搭好平台。”南方电网公司基建部总经理余建生如是说。

■ 凝心聚力,技术攻关和产业融合的“深度融合”

2023年3月,我国首台自主研发变速抽水蓄能机组的超大直径护环锻件在江苏无锡成功下线。这个直径约5米、外观并无特殊的“圆环”,是东方电机联合派克科技一年多来技术攻关的重大成果,填补了超大直径非磁性金属护环锻件国产化制造空白,吸引了南方电网等近10家设备业主单位、设计研究机构技术代表们远道而来见证。

这种新型护环技术将用于肇庆浪江抽水蓄能电站的300兆瓦变速抽水蓄能机组。“变速机组同定速机组名字只是一字之差,却需要从零开始重塑一个新设备,需要很多像护环锻件这样的国内首创。”前来参与见证的南方电网公司技术专家徐鹏表示。

徐鹏口中的“重塑”源于变速抽水蓄能机组的特殊结构原理。抽水蓄能机组集发电和抽水两大功能于一体,主要包括发电电动机和水泵水轮机。变速机组的水泵水轮机在结构和原理上与定速机组没有差别,差别主要在发电电动机。

根据电机学原理,电机由固定部分的定子和转动部分的转子构成,实现机电能量转换的必要条件是定子和转子的旋转磁场同步运行。对于常规的定速机组,由于电网频率本身恒定,固定的定子的旋转磁场转速也不会变化,当转子采取静态不变的直流磁场旋转时,只要设置固定的转速,就可以实现定转子旋转磁场的同步。变速机组则大不相同,由于转子本身需

要改变速度来实现功率的灵活调节,要与定子的旋转磁场同步,只能选取同样动态的交流磁场,根据转速变化需要同步调节交流磁场的运动频率,以实现两者磁场同步。

机组原理变化了,带给研发团队的是整个研制工作“从无到有”的技术攻关。“我们成立了主机设备、控制保护、仿真研究、网源协调、标准建立等5个技术攻关组,联合高校院所、设备厂商同步推进16项攻关任务,按周管控进度、按月总结进展。”南方电网公司基建部副总经理雷兴春指着电脑里的技术攻关进度表说。

当前,肇庆浪江抽水蓄能电站变速机组的交流励磁设备已完成电压电流设计参数校核、输出电压波形仿真,基本完成整机试验平台设计,正在进行电气化设计以及联调试验方案编制工作。“就变速机组而言,不仅是加持关键技术的交流励磁系统,通风系统、绝缘系统、结构设计、刚度、制造工艺,每个领域都需要重新设计研究!”已经联合各个设备厂商召开数十次专题技术研讨会的南方电网公司建管分公司机电部总经理叶飞感慨道。

技术研究过程允许不断地“探索尝试”,技术成果转化的产品一旦投入工程应用,就必须做到安全“万无一失”,仿真是检验研发功能的有效工具。技术攻关启动以来,彭煜民带领技术团队成员一直致力于变速机组不同运行工况的控制策略研究。“目前,我们已经完成了机组工况转换流程的编制和数模仿真平台的搭建,正持续开展有关功能测试。”彭煜民介绍。

随着技术攻关的各个击破和依托工程的加快建设,我国首台(套)变速抽水蓄能机组实现工程应用正加速临近。“多年来的设备研制,强烈感受到了关键核心技术攻关新型举国体制对高端装备产业链自主化的强大赋能,这也是我们作为技术工作者的底气所在。”雷兴春说。

东平±800千伏特高压换流站首台换流变压器就位



图片新闻

7月14日上午10时19分,东平±800千伏特高压换流站首台换流变压器,经过24天水陆运输,顺利抵达东平特高压换流站。

该台换流变压器是东平特高压换流站首批两台启运的变压器之一,单台容量415兆伏安,重300吨。本次运输采用“江、河、湖、路”联合运输,途经重庆、湖北、湖南、安徽、江苏等6省市,里程达2600余公里,是目前国内运输条件最复杂、难度最高的特高压工程大件运输项目之一。

徐可/图文

南方电网投资1953亿元推进电网设备大规模更新

本报讯 从中国南方电网公司(以下简称“南方电网”)高质量发展大会上了解到,南方电网正全面推进电网设备大规模更新,预计2024年至2027年,大规模设备更新投资规模将达到1953亿元。其中,2024年年中将增加投资40亿元,全年投资规模达到404亿元,力争到2027年实现电网设备更新投资规模较2023年增长52%。

南方电网公司输配电部负责人介绍,设备更新是电网安全可靠运行与高质量发展的重要基础,本轮电网大规模设备更新改造将重点聚焦五个方向:电网本质安全提升、防灾减灾建设、数字电网提升、节能增效提升、绿色环保升级。通过这些措施,公司致力于提升本质安全水平,目标是到2027年综合供电可靠率超过99.95%,综合电压合格率超过99.9%。

在防灾减灾方面,南方电网将加强电网综合改造,完成85个示范地下配电站房“下改上”搬迁改造,

在灾害多发的重点地区配置5G应用、清障、特种作业车、全地形运输、卫星通信、水陆两栖、专业化UPS电源等先进装备,以最大程度降低自然灾害对电网及用户用电的影响。

数字电网建设方面,南方电网计划,到2027年,南方电网全网变电站的数字化、智能化改造比例将达到55%,配电自动化有效覆盖率不低于90%,同时进一步推广应用电物联网操作系统、“大瓦特”模型等先进技术装备。

节能增效提升方面,南方电网将在2025年全面淘汰S7(含S8)型和运行年限超25年且能效达不到准入水平的配电变压器,力争到2027年,设备装备能效水平比2023年提高1倍。同时,推动电网绿色转型,确保公司资源回收利用率、危险废物处置率达到100%。

配电网可靠性提升工程在本轮设备更新改造中占有重要地位,投资比重达到14.66%。南方电网通过提升配电网可靠性及承载力,风险管控与隐患排查双重

治理,达到供电可靠性、设备可靠性等指标的提升。预计到2025年,配电网将达到5000万千瓦分布式光伏、250万台充电桩接入水平,2027年基本实现柔性化、智能化、数字化转型。

农村电网持续巩固提升。2024至2027年,南方电网计划投资超过1000亿元,通过农村电网数字化智能化升级改造,提高农村电网自动化有效覆盖水平,提升分布式可再生能源承载力。在此基础上,南方电网将推进“千乡万村驭风行动”和“千家万户沐光行动”,保障乡村分散式风电和分布式光伏“应并尽并”,促进农村能源绿色低碳转型,服务乡村特色产业发展,为推进乡村全面振兴贡献力量。

通过开展大规模电网设备更新,南方电网不仅将提升电网的安全性和可靠性,还将为推动能源行业的绿色转型和数字化升级提供坚实基础。

(张玲 黄勇华 喇元)

本报讯 乌兹别克斯坦当地时间7月16日,中国南方电网公司(以下简称“南方电网”)完成对乌兹别克斯坦巴什及费尔干纳风电项目和500千伏配套送出工程的部分股权收购。该项目是中亚地区在建规模最大的风电项目,预计2025年建成投运。

乌兹别克斯坦是中亚地区的油气资源大国之一,能源消费以天然气为主,为全面推进“乌兹别克斯坦—2030”战略,计划到2030年可再生能源发电占比提升至40%,2050年实现碳中和目标。上述风电项目建成后预计可实现每年减排160万吨二氧化碳。

南方电网表示,将与沙特合作伙伴共同打造“一带一路”合作高质量典范项目,助力乌兹别克斯坦能源低碳转型,积极服务乌兹别克斯坦经济社会发展。同时,以此项目为契机增进双方友好互信,在抽水蓄能、新能源消纳等领域创造更多项目合作机会。

南方电网运营着世界上最复杂、科技含量最高的大电网,负责中国南方五省区及港澳地区电力供应服务保障,也是国内率先“走出去”的电网企业。

在中乌关系提升为新起点上,南方电网参与乌兹别克斯坦风电项目建设,加强与乌清洁能源合作,这是中资企业推动共建“一带一路”倡议在乌兹别克斯坦走深走实、推动构建中乌命运共同体重要举措。

(包莉婷 冯洁 王娜)

南方电网加强同乌兹别克斯坦绿色能源合作