

新场景、新技术、新方式赋能大国工程建设

——广西南宁抽水蓄能电站全面建成投产纪实

■ 黄昉

岁序更替，华章日新。2025年末，国家“十四五”重大工程——广西省南宁抽水蓄能电站全面投产发电。作为广西首座抽水蓄能电站，南宁抽水蓄能电站的如期投产，正式开启了广西“十五五”以抽水蓄能电站助力新型电力系统构建的新里程。

南宁抽水蓄能电站总投资约80亿元，装机规模120万千瓦，安装4台30万千瓦抽水蓄能机组，2021年11月获得核准，2022年7月主体工程开工，2025年12月全部机组投产，成为我国首个核准、开工、投产均一个五年规划内完成的独立抽水蓄能工程。“电站建成后每年最多可消纳清洁能源25亿千瓦时，相应减少二氧化碳排放220万吨。”南网储能公司南宁抽蓄项目部总经理朱泽宽介绍。

除了建成后促进电网调节能力提升和清洁能源消纳，南宁抽水蓄能电站建设过程中催生了一批新场景、新技术、新方式，有力赋能大国工程建设提质增效，探索实践了抽水蓄能产业智能化、绿色化、融合化发展的新范式。

新场景加快培育 复制推广效益凸显

重约220吨的隧道掘进机以每天进尺超10米的速度向大山深处进发，历时460天完成5公里长地下厂房自流排水洞的贯通任务，效率达到人工钻爆的4倍；20辆电动重卡在上水库区域往返穿梭运输，比起普通卡车，一年累计节省燃油消耗约68万升；55台北斗全球卫星导航系统监测装置在下水库大坝等区域整齐排列，以毫米级精度监控覆盖区域的变形情况，将大幅替代人工巡检……这些都是1000多个日夜夜南宁抽水蓄能电站工地的“新场景”。

场景是连接技术和产业、打通研发和市场的桥梁，对促进新技术新产品规模化商业化应用具有重要牵引作用。抽水蓄能电站建设周期久、投资金额大、产业链条长，应用新场景的平台功能凸显。

2022年11月1日，全长52米的全断面硬岩隧道掘进机(TBM)“南宁一号”正式

在南宁抽水蓄能电站自流排水洞口投入使用，这是代表目前世界最先进隧洞施工技术的高端装备在华南地区抽水蓄能领域的首次应用。与掘进地铁、高速公路不同，这套TBM开挖直径仅3.53米，最小转弯半径30米，属于TBM的“加小定制版”。有了先进掘进设备的“加持”，460天后5099米的自流排水洞精准贯通。“就南宁抽水蓄能电站而言，涉及开挖长短各异的平洞29条，总长超过20000米，规模化应用定制式的隧道掘进机将有力推动隧洞开挖弱爆破、快掘进，作业提效成果明显。”南网储能公司南宁抽蓄项目部工程师史云更介绍。

据了解，“南宁一号”TBM经过部件拆卸、重新组装，摇身一变成了“玉林号”TBM，正在以“新身份”在长超5700米的玉林抽水蓄能工程自流排水洞“服役”。此外，南网储能公司还在肇庆浪江抽水蓄能工程应用了同类TBM。

新场景对抽水蓄能工程的赋能绝不局限于隧道掘进，在土建开挖等领域同样“大有可为”。2024年11月26日，我国首个抽水蓄能重卡换电站在南宁抽蓄工程上水库区域投入使用，配置20辆可3至5分钟快速换电的电动重卡。“南宁抽水蓄能电站土石开挖总量达到1900万立方米，安装专用换电站，以电动重卡替代燃油重卡，不仅实现运输车辆就近方便补能，还能让绿色工程更‘绿’建设。”南网储能公司南宁抽蓄项目部副总经理代雄表示。

2025年11月，我国关于加快场景培育和开放推动新场景大规模应用的实施意见印发实施，支持在重大项目中打造多领域多路线技术交叉融合的应用场景。正处于规模化增长的抽水蓄能工程，有望将自身的场景“矿藏”转化为创新的共享平台。

新技术落地实践 提质增效前景广阔

在南宁市武鸣区地下百米深处的电站厂房里，4台重1600吨的机组以428转的速度飞速旋转，每小时可将100万立方米的水能转化为120万度清洁电能。抽水蓄能电站由上下水库和输水、发电系统组成，除了把工程平台开放给新领域场景应用，



2025年12月29日，南网储能南宁抽水蓄能电站全面建成投产。
南网储能公司/供图

各系统建设自身也在主动寻求着工程技术革新。

以南宁抽水蓄能电站的输水系统为例，当水能以每小时百万立方米的流量往返数百米高低落差的上下水库时，水道最大承压能力超过了5兆帕，相当于1平方米面积上要承受叠放250辆汽车的压力，对其材质性能要求极为苛刻。“电站水道成功创新采用钢筋混凝土材质，可较纯钢材质管道节约用钢约1万吨。新材料水道各项性能指标优良，已在公司多个在建抽蓄工程推广应用。”南网储能公司南宁抽蓄项目部工程师陈建华介绍。

而对于水道不同区域连接部位的焊接，南宁抽水蓄能电站在国内首次引入了智能焊接机器人作业，成功研制出性能优越、具有自主知识产权的国产压力钢管全位置无轨智能焊接机器人。“这套机器人实现了首创无轨磁吸行走系统等五个方面的核心创新，成功解决了抽水蓄能工程现场焊接工序繁杂、效率低下、质量波动大、劳动强度高、作业环境差等一系列长期存在的痛点。”南网储能公司建设管理分公司副总经理刘涛表示。基于该套机器人在南宁抽水蓄能工程的良好应用效果，惠州中洞抽水蓄能工程水道焊接再次运用了这种智能化的新技术。

2025年12月，“水电工程压力钢管智能焊接机器人研制及应用”创新成果正式

通过中国水力发电工程学会鉴定，总体技术水平达到国际领先。这标志着南宁抽水蓄能工程孕育的水电工程压力钢管智能焊接装备技术取得重大突破，对行业发展具有里程碑意义。

新方式竞相涌现 局部改进相连成势

从主体工程开工到电站全面建成投产仅用时41个月，这是我国抽水蓄能工程建设的新速度，也是广大建设者的智慧结晶，推进了多个方面没有先例可循的建设方式新实践。

抽水蓄能电站的传统蓄水方式为自然降雨蓄水。南宁抽水蓄能电站下水库于2025年1月下闸蓄水，截至上水库工程完工已积蓄降雨超400万立方米，可满足工程投产的用水需要。为此，工程创新采用了“下水库降雨蓄水”和“上水库抽水蓄水”的优化组合方式。

然而，上水库大坝前方存在一个40米高的天然基坑，特殊的库盆地形给上水库抽水蓄水带来了安全风险。“新完工水库的首次蓄水就像‘第一次吹气球’，需要把控好速度节奏。如果水位上升过快，大坝面板会因内外受压不均而出现裂缝变形。”史云更在电站上水库指着上水库大坝描述。

针对“基坑”难题，建设者们在国内首次采用了“大流量抽水”加“小流量稳压”的

全新蓄水方式。该方式先利用电站已并网调试机组的抽水功能，将下水库的水以每小时约25万立方米的大流量迅速抽至上水库进出口前池，再利用吸水装置将前池积水以每小时2000多立方米的小流量排入大坝基坑。待大坝底部受压稳定后，再直接将从下水库抽上的水大流量灌入整个水库。这种大小流量结合的方式在保障大坝安全稳定的前提下，仅需1个多月就可以完成水库投产前蓄水，效率达到自然降雨蓄水的20倍以上。

一般情况下，抽水蓄能电站机组调试模式为逐台开展，而南宁抽水蓄能电站在国内首次实现了4台机组同时调试，且与上水库蓄水同时进行，导致调试工作复杂程度大幅增加。以单台机组为例，7个调试阶段共需完成56项试验，只有全部合格机组才能投入运行。“通过科学优化机组调试方案、精细安排试验时序，我们实现了47天里4台机组的220多项试验有条不紊开展，调试总体工期大幅缩短。”南网储能公司南宁抽蓄项目部工程师张芳明表示。

目前，我国在运抽水蓄能规模已达6600万千瓦，预计到“十五五”末投产规模将达到1.2亿千瓦左右。以新场景、新技术、新方式推进抽水蓄能工程建设提质增效，具有广阔的推广前景和巨大的效益空间，将加快助力我国能源绿色低碳转型发展。

环境就是民生 青山就是美丽 蓝天也是幸福

践行“两山”理念
实现“双碳”目标