

# 我国大型引水式水电站首次生态放流改造完成

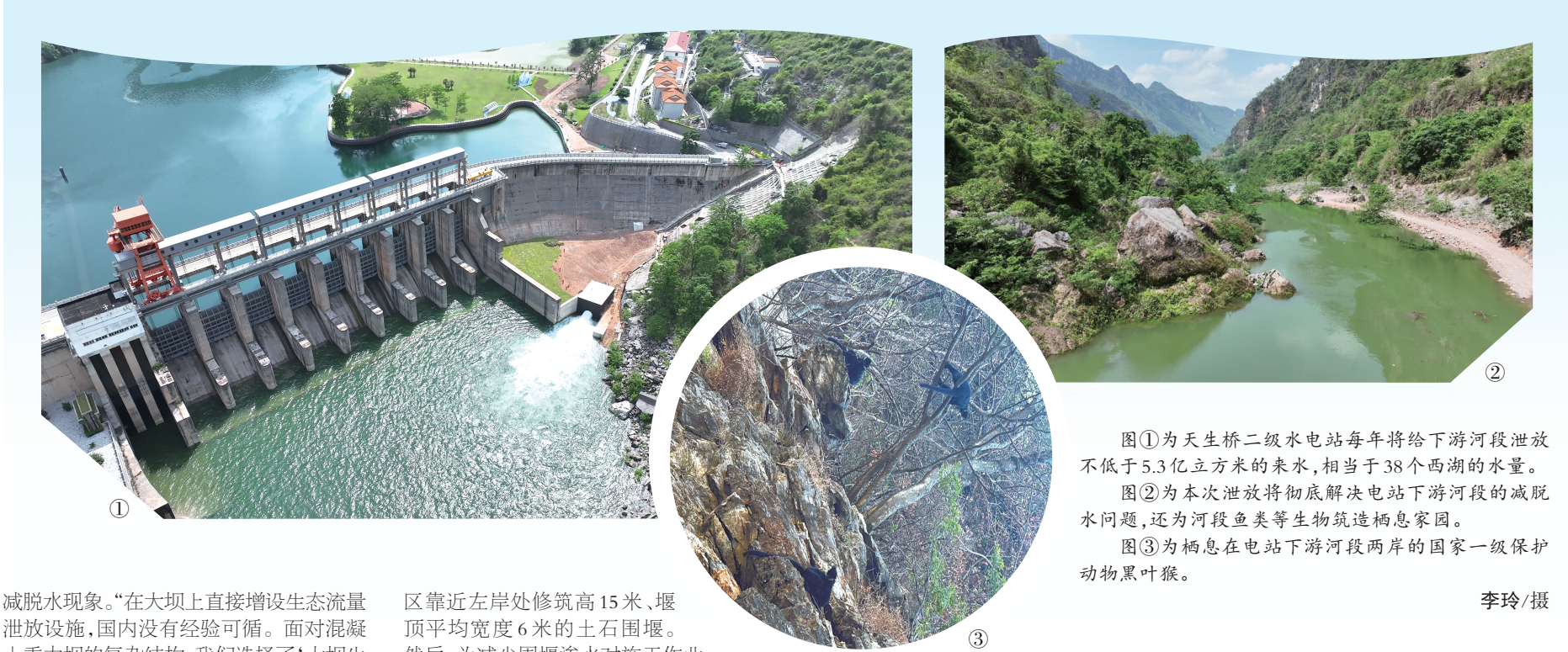
■黄昉

5月20日,位于南盘江广西隆林县和贵州安龙县交界处的南方电网天生桥二级水电站正式启动生态流量泄放。这标志着我国百万千瓦级引水式水电站的首次生态放流改造圆满完成,成功打造重大水电工程生态治理新范式。

随着天生桥二级水电站生态放流孔的阀门开启,清澈的江水从大坝底部奔流而下,源源不断地涌入河道。从此,电站每年将给下游河段泄放不低于5.3亿立方米的来水,相当于38个西湖的水量。这不仅彻底解决了电站下游河段的减脱水问题,还为河段鱼类等生物筑造栖息家园,守护广西大峒山自治区级自然保护区内的国家一级保护动物黑叶猴的水源与基因交流通道,为生物多样性的丰富创造良好环境。

作为水电站三种典型布置形式之一,引水式水电站是通过修建拦水坝,将水流利用引水管道引到与下游河道有较大落差的位置,基于水流落差修建电站发电。这种形式的电站在充分挖掘河流坡降较陡、落差比较集中发电潜能的同时,也会因拦水导致下游河段一定范围出现不同程度脱水情况,需要专门配备生态流量泄放设施,常规做法是设置生态放流洞、装设生态机纽。

地处珠江水系主河道的引水式水电站——天生桥二级水电站是我国西电东送南路工程的首个电源点,始建于20世纪80年代,1992年首台机组投产发电。受修建较早等历史条件限制,工程原设计没有设置生态流量泄放设施,大坝下游河段出现了



减脱水现象。“在大坝上直接增设生态流量泄放设施,国内没有经验可循。面对混凝土重力坝的复杂结构,我们选择了‘大坝生态穿孔’这一全新方案。经过专家反复论证、作业工序优化、施工工艺创新、关键技术攻关,历时半年的改造工程如期达标。”南网储能公司天生桥二级水电站水工中心副总经理魏俊杰介绍。

据了解,天生桥二级水电站生态放流改造工程采用“四步法”,相当于给大坝做了一场历时半年的“生态手术”。

首先,为确保电站水库日常运行与本次改造施工任务互不影响,改造者们在库

区靠近左岸处修筑高15米、堰顶平均宽度6米的土石围堰。然后,为减少围堰渗水对施工作业带来的安全风险,在围堰中轴线区域每隔2米设置帷幕灌浆孔,给平均孔深23米的26个深孔灌入超710吨的水泥和163吨促进凝固、达到阻水目的的水玻璃,给改造工程修筑起一道“隔水坝”。紧接着,在水库水位以下约14米处开凿直径3.4米、长约17米的深孔穿过大坝,铺埋直径2.2米、总长度约70米的钢管水道并修筑闸室,安装可精准控制流量的锥形阀以及具备远程指令功能的控制阀系统。最后,在

具备通水条件后将围堰拆除。

“这种创新方式,能够在确保安全高效增设生态流量泄放设施的同时,把改造工程对电站运行的影响降到最低,对同类水电站的生态放流改造提供了新的选项,具有重要参考借鉴价值。”南网储能公司天生桥二级水电站生产技术部总经理万双民指着改造工程施工图说。

截至2024年底,天生桥二级水电站累

计输送清洁能源超1800亿千瓦时,相应减少二氧化碳排放近1.8亿吨,为我国经济社会绿色转型作出积极贡献。“我们将以生态放流为新起点,一方面加强流量泄放的科学管理和监测评估,持续做好河段生境修复,一方面做好电站运维,保障绿电可靠供应,以绿色运营新方式激发绿色能源新活力。”南网储能公司天生桥二级水电站总经理李乐义表示。

李玲/摄

## 先进电池技术加速迭代升级

■本报记者 林水静

中国作为全球最大新能源汽车市场,正以“双碳”目标为引领加速新能源产业变革。中国化学与物理电源行业协会理事长郑宏宇在近日举办的CIBF2025先进电池前沿技术研讨会上指出,从锂离子电池的性能攀升到固态电池的产业化曙光,从钠离子电池的成本和安全优势到氢燃料电池的多场景应用,新能源技术迭代正以前所未有的速度重塑着产业格局。“2025年将成为电池快充技术、固态电池技术和钠电技术从实验室走向生产线,从技术试水迈向规模化落地的关键节点。”

### ●电动化趋势推动技术进步

“我国已形成覆盖材料、工艺、设备、电芯、模组、电池包、电池回收拆解和材料循环再生的电池全产业链体系。”郑宏宇表示,2024年,我国新能源汽车产销量突破1280万辆,连续10年全球第一,市场占有率达40%;电动汽车、锂电池、光伏产品出口突破万亿元,政策引导与技术攻关双轮驱动产业升级。

中国汽车工程学会秘书长助理、国汽战略院副院长郑亚莉指出,汽车电动化已成为全球不可逆趋势。“未来,汽车前沿技术

聚焦低碳、电动、智能化,其中低碳化以燃料体系多元化和零碳燃料应用为重点,零碳燃料内燃机、纯电机、燃料电池将长期共存,氢内燃机及氢基合成燃料与插电混动耦合是主要路径,但零碳内燃机面临系统可靠性和动力安全性等攻关难题。”

郑亚莉强调,全固态电池是当前行业里面重点关注的技术方向,从在能量密度、安全性、环境适应性方面全面优于当前的液态电池。但从当前调研来看,全固态电池研发进程在2027年前后才可能实现试制并搭载原型车,2030年前后实现小规模量产,因此提升液态电池性能和固液混合电池创新仍是当前产业化重点,全固态电池的基础科学问题和工程化难题还需进一步攻克。

### ●多元技术路径并行驱动产业升级

新能源汽车发展很大程度上依赖动力电池的进步,蜂巢能源科技股份有限公司高级副总裁、技术中心主任张放南指出,当前消费者对末端快充具有迫切需求。

“相较于传统卷绕工艺,叠片技术在快充和能量密度提升中优势显著:具有快充性能的同时突破能量密度,通过减少隔膜、薄材等非活性物质,提升正极活性物质占比等。同时,叠片工艺因极片平整度要求高、界面稳定性强,更适配无负极和固态电池开发。在固态电池工艺创新方面,针对传统固态电池等静压工艺效率低、成本高的问题,蜂巢能源独创热复合叠片技术,提前将电解质膜与极片复合,提升量产效率。目前已开发至第四代高效热复合叠片技术,3.0代效率达0.125秒/片,与卷绕持平。第四代相比3.5代单机效率提升超50%,每吉瓦时设备成本降低30%以上。”张放南说。

孚能科技以软包电池为核心载体,构建“高比能、长寿命、全兼容”的电动化解决方案。孚能科技(赣州)股份有限公司研发副总裁、研发院长姜蔚然介绍:“软包电池没有重的金属壳,在同等电量的情况下,能量密度会高8%至10%。同时,铝塑膜成本较金属壳下降30%至40%,且产线支持三元、铁锂、钠电、固态等全体系柔性生产,可覆盖乘用车、飞机、船舶、火车等多元场景。例如,通过更改电池叠片层数甚至电池厚度,可轻松切换8至20毫米,覆盖轿跑至重卡全车型。”

换电领域,蔚来通过“Pack安全设计+云端智能运营+电芯材料革新”三位一体策略,构建长寿命电池体系。上海蔚来汽车有限公司电池系统部副总裁曾士哲呼吁建立行业规范,将电池寿命与整车生命周期绑定,通过技术创新而非“事后兜底”解决衰减问题,推动电动车向“长寿命、低感知衰减”方向发展。

### ●数字技术成产业创新突破口

面对高性能、快充、安全等核心诉求,AI技术与数字孪生正成为产业创新的关键突破口。赛科检测技术有限公司技术总监袁悦博指出,电池热失控的“隐形推手”是内部缺陷,如极片损伤、析锂,现有的检测手段缺乏对缺陷机理的深入解析。“未来需通过跨学科协同,结合材料化学、电化学与智能制造,建立缺陷生成—演化—检测的全链条理论模型。同时,推动AI与机理研究结合,开发高灵敏度、高特异性的原位检测技术,实现缺陷‘早期预警’。并制定针对内部缺陷的检测标准,将机理分析纳入生产质控流程,从源头降低热失控风险。”

罗克韦尔自动化(中国)有限公司智能制造创新研究院院长李栋表示,数字孪生

技术可全面贯穿电池制备工艺仿真、设备维护、生产数据实时映射、研发周期优化等各个环节。目前已在蜂巢项目中落地36个人工智能场景。“在数据优化方面,尤其是能源侧,技术可助力企业开展碳追踪、碳排查,通过数字孪生实现碳路径优化,应对国际贸易中的碳壁垒,帮助企业实现可持续发展,满足绿电、绿碳生产要求,降低未来碳税成本。”

在电池设计研发方面,海克斯康制造智能技术(青岛)有限公司智能制造高级顾问欧阳杰介绍,传统实验方式难以精准模拟电池性能与空间分辨数据。海克斯康基于数字孪生技术,可将电池实际微观形态学属性(如正极材料孔径、分布、孔隙率等)融入建模单元,通过仿真实验优化材料配比。“以正极材料导电性优化为例,在添加炭黑、石墨提升导电性时,过量添加会影响锂离子运输与电池容量。借助CAT工具济宁材料配比仿真,可大幅缩短研发周期。”

业内人士普遍认为,AI技术与数字孪生的深度融合,正成为破解电池产业发展瓶颈的“金钥匙”。这种创新不仅加速了电池技术迭代速度,更助力中国企业在全球产业链竞争中构筑技术优势,推动新能源产业向智能化、可持续方向迈进。

