



涪陵页岩气田钻井“井工厂”施工平台 向阳摄

页岩气累产创纪录背后的科技“秘诀”

◎本报记者 雍黎

位于重庆的我国首个商业开发大型页岩气田——中国石化江汉油田涪陵页岩气田，最近颇受关注，因为它累计生产页岩气达400亿立方米，创造了中国页岩气田累产新纪录。目前，涪陵页岩气田日产气量近2000万立方米，可满足4000万户家庭日常用气需求。

“从0到100亿方我们走了4年，从100亿方

到400亿方，我们也走了4年，这4年走的并不容易。”面对这一成绩，中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司（以下简称江汉油田）首席专家、中石化重庆涪陵页岩气勘探开发有限公司（以下简称涪陵页岩气公司）党委书记刘尧文感慨万分。

页岩气井具有初期产量高、产量递减快的特点，涪陵页岩气田却不断刷新中国页岩气开发新纪录，是什么支撑着该气田持续保持高产，成为全球页岩气开发的“中国样本”？

坚持科技创新，开发技术实现完全国产化

页岩气，是储存于富含有机质泥页岩及其夹层的非常规天然气，成分以甲烷为主，是一种清洁、高效的能源资源。2009年，在攻克技术和成本障碍后，美国不仅发起了页岩气革命，而且从天然气进口国变成出口国，实现了“能源独立”。而页岩气田的开发，对加快我国天然气开发和能源结构优化也起着重要的作用。

页岩气藏为典型的“原地”成藏模式，开发页岩气不仅技术要求高，成本更高。2007年，我国与美国合作，开展页岩气勘探开发。

我国海相页岩气资源非常丰富，但与北美页岩气相比，地质条件更为复杂，生态环境更为敏感，勘探开发技术难度更大。而这也常让国外页岩气技术在中国页岩气勘探开发中“水土不服”，照搬国外技术存在很多问题，而且这样的“跨国联姻”还面临着高昂的成本——国外关键装备只租不卖，就连每次设备售后维护都要付出昂贵的服务费。

涪陵页岩气田分布于重庆市涪陵、南川、武

隆、忠县、梁平、丰都等区县境内，现有焦石坝、东平桥3个产区。自2012年12月开发建设以来，2017年涪陵页岩气田如期建成百万方产能生产基地，现为我国第六大天然气田，是我国“川气东送”的重要气源之一。

“如果说涪陵页岩气田保持高产的背后有什么秘诀，那这秘诀就是技术创新！”刘尧文表示，涪陵页岩气田从零起步到跨越发展，立足自主研发，打破了国外技术垄断。公司所有关键页岩气开发技术均100%实现国产化，仅国产桥塞与多级射孔、油基钻井液、牵引器测井、地质导向等4项国产化技术的应用，就降低施工成本70%，降低工程造价数亿元。

目前，涪陵页岩气田已形成具有自身特色、可复制推广的气藏综合评价、水平井优快钻井、长水平井分段压裂、试采开发配套及绿色开发配套五大技术体系。得益于这些自主创新技术，中国也成了继美国、加拿大之后第三个完全掌握页岩气开发成套技术和实现页岩气商业开发的国家。

涪陵页岩气田累计探明储量7926.41亿立方米，生产页岩气突破400亿立方米，日产气量近2000万立方米，每天为我国长江经济带沿线6省2市，70多个大中型城市、上千家企业、2亿多居民送去源源不断的洁净能源。

破解并网消纳困局，宁夏新能源获新生

◎本报记者 王迎霞 通讯员 马万琪

近年来，宁夏始终身陷一个困局。

自2012年成为全国首个新能源综合示范区以来，风电、光伏等新能源在宁夏迅速发展，但并网消纳矛盾日渐突出。最严重时，宁夏被国家能源局列为风电开发建设红色预警区域，不得核准建设新的风电项目。

这张“红牌”一出，科研人员加紧攻关步伐，以丁茂生为负责人的国网宁夏电力有限公司团队，率先破局，完成了高效消纳综合技术创新与实践项目（以下简称创新与实践项目）。项目成果整体应用于宁夏电网后，新能源利用率由不到90%跃升至97%以上。

2025年，新能源作为宁夏九大重点产业之一，装机预计将突破4000万千瓦，成为宁夏第一大电源，而产业背后，科技支撑显得尤为重要。

解除消纳之痛

“十二五”以来，宁夏光伏发电装机快速增长。但有个体现实不容忽视，那就是系统性的新能源消纳技术尚不完善。

2012年底，宁夏的风电、光伏装机总量不足300万千瓦，而两年后，新能源装机就超过691万千瓦，首次出现“弃风弃光”问题。到了2015年，全区新能源装机规模更是达到1128万千瓦，首次超过平均用电负荷，新能源利用率降至88.16%。

消纳之难，在技术突破。国网宁夏电力有限

公司多角度、多层次进行探索。以宁夏电力调度中心、宁夏电科院为主力的自治区科技创新团队，联合中国电力科学院、清华大学、南瑞集团等知名院校和科研院所所起“硬骨头”。

“整整8年时间，我们通过产学研用联合攻关，最终形成了新能源高效消纳综合技术体系。”创新与实践项目团队骨干蒙金有感慨道。

在优化调度层面，他们提出了高精度功率预测技术，将新能源功率预测精度由86%提升至92%以上；在智能运维层面，以集控式新能源场站智能运维技术，将新能源发电设备可用率提高了5%；在安全控制层面，提出了新能源场站主动频率/电压控制技术，响应时间由分钟级降至秒级；在源网荷互动层面，提出了基于深度学习的多场景新能源消纳能力快速评估方法和多直流联络线联合互动优化方法，将广义弹性负荷占比由10%提升至56.2%。

科技创新摘掉“红牌”

“我们还参与了国际标准的制定，在新能源预测领域形成了我国首个IEC国际报告，让宁夏在新能源调度运行技术方面走在世界前列。”创新与实践项目第二完成人王勃说。

科技创新让宁夏新能源获得新生。创新与实践项目直接经济效益达63亿元，间接经济效益超275亿元，减排二氧化碳756万吨。目前，相关成果已推广到国内1663座新能源场站和20余个省级调度，并应用于葡萄牙。

2018年，宁夏在国内率先实现新能源利用率95%以上的目标。同年3月5日，国家能源局解除了宁夏新能源开发建设红色预警。

2019年3月11日，宁夏电网风光光伏发电

功率达1100万千瓦，占比达到49%，为本地用电负荷的102%，成为我国首个新能源发电功率超过用电负荷的省级电网。

到了2020年底，全区新能源利用率已达97%，装机容量超过2500万千瓦，占比由16%增至42%，装机比例和装机密度均居全国前列。与此同时，弃电率由15%降至3%以下，成果整体应用效果显著。

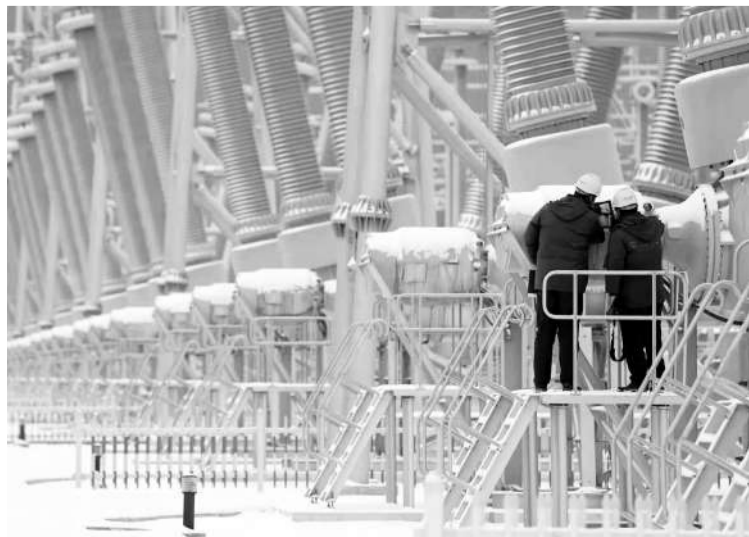
让风光优势更“风光”

地处三大自然区域交汇过渡地带的宁夏，风光条件得天独厚。“十四五”期间，当地重点考虑的是如何让这一优势更加“风光”。

为了优化能源结构，促进能源清洁低碳转型，2021年初，宁夏制定了《自治区清洁能源产业高质量发展实施方案》。方案提出，力争到2025年，可再生能源装机占电力装机比重超过50%，可再生能源占新增电力装机比重达到80%左右，占新增发电量比重超过50%；非化石能源占一次能源消费比重达到14%（不含水电）；可再生能源电力在区内消纳和外送比重均达到30%以上；光伏制造产业居行业领先水平，风电制造产业能够支持区内及周边资源开发，培育形成氢能、储能产业链，高标准建设国家新能源综合示范区。

“只有很好地解决了并网运行消纳问题，才能支撑产业未来的高质量发展。”丁茂生指出。

王勃并不讳言：“随着装机比例的进一步增长，我们还会遇到新的问题，新能源高效消纳技术仍需持续创新。”不过，枝繁叶茂的东西部科技合作机制和宁夏科技厅印发的《清洁能源产业高质量发展科技支撑行动方案》，让他信心满怀。



国网宁夏电力有限公司工作人员正在进行检修 受访者供图

新看点

南方电网用抽水蓄能“掌控”未来2.5亿千瓦新能源

◎本报记者 叶青 通讯员 宋超 丁卯

10月29日，科技日报记者获悉，中国南方电网有限责任公司（以下简称南方电网公司）正加快推进广东肇庆浪江、惠州中洞、广西南宁等一批抽水蓄能电站建设，有力支撑以新能源为主体的新型电力系统构建，服务国家碳达峰、碳中和目标。

广东肇庆浪江、惠州中洞、广西南宁3个抽水蓄能电站，总装机360万千瓦，总投资约240亿元，年设计发电量共48亿千瓦时，建成投运后可实现与广东、广西区域新能源联合协调运行，有效支撑新能源接入与消纳。加上已建成的广东梅州和阳江两个抽水蓄能电站，到2025年，南方5省区抽水蓄能电站装机容量将达到1400万千瓦。

南方电网公司董事长、党组书记孟振平表示，南方电网公司正在积极推动抽水蓄能发展，未来10年，将建成投产2100万千瓦抽水蓄能系统，同时开工建设“十三五”投产的1500万千瓦抽水蓄能电站，总投资约2000亿元，加上合理规模的新型储能系统，将满足2030年南方5省区约2.5亿千瓦新能源的接入与消纳。

实现碳达峰、碳中和目标，构建以新能源为主体的新型电力系统，是党中央、国务院作出的重大决策部署。“十四五”和“十五五”期间，南方5省区将分别新增新能源装机1亿千瓦以上，大规模新能源接入电网，对电网的消纳能力和调节能力提出了新的更高要求。

南方电网公司战略规划部总经理郑外生介绍，抽水蓄能是当前技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的灵活调节电源。抽水蓄能作为新型电力系统的调节器和稳定器，新能源大规模发展的助推器，可有效提升电力供应保障能力、电网安全运行水平，促进新能源消纳，推动构建清洁低碳安全高效的能源体系。

近年来，我国抽水蓄能装机规模显著增长，已建和在建规模均居世界首位。但目前我国抽水蓄能在电力系统中仅占比1.4%，与欧美发达国家相比仍有较大差距。其中，南方5省区抽水蓄能装机788万千瓦，占比2.1%，高于全国占比。

今年9月，国家能源局发布《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035年）》，提出，加快发展抽水蓄能，是构建以新能源为主体的新型电力系统的迫切要求。

南方电网公司印发的《公司关于推动绿色低碳发展转型的意见》提出，将在未来3个五年计划中，加快抽水蓄能系统建设，“十四五”新增装机600万千瓦，“十五五”“十六五”各新增装机1500万千瓦，未来15年增长4.6倍。到2030年，大约相当于新增1个三峡水电站的装机容量，支撑2.5亿千瓦以上新能源接入和消纳。

“抽水蓄能电站在用电低谷时，利用富余的电能把下水库的水抽到上水库储存起来；在用电高峰时，再利用上水库的水进行发电，弥补电网的供电缺口。”南方电网调峰调频发电有限公司副总经理李定林介绍，抽水蓄能电站作为城市电网的重要调节手段，具有运行灵活、反应快速等优点，被誉为大电网的“调节器”“稳压器”和“充电宝”。

面对当前电力供应紧张局面，南方电网公司调峰调频电站充分发挥削峰填谷的作用，全力保障电力生产。据统计，目前已建成投运的5座抽水蓄能电站9月总调峰时间为8541小时，是今年平均水平的125%，比去年同期增长38%。

此次加快推进的3个抽水蓄能电站都是国家“十四五”规划重点建设项目。其中，广东肇庆浪江、惠州中洞抽水蓄能电站建成后，将优化当地电源结构，更好地实现能源清洁低碳转型，有效促进粤港澳大湾区能源安全保障和能源存储体系建设。值得一提的是，这两个抽水蓄能电站是南方5省区抽水蓄能电站中首次应用可变速机组的电站。相对于定速抽水蓄能机组，可变速机组能够提供更为灵活、快速、高效、可靠的调节能力，能更好地适应新能源的波动特性。

南方电网公司目前已在南方区域建设广东梅州和阳江两个抽水蓄能电站，装机容量均为120万千瓦，预计首台机组将提前至今年年底投产，这将大幅提升粤港澳大湾区电网调节能力，缓解高峰时段用电紧张问题。

柔性管控能耗 杭州萧山推出“四盘一码”

科技日报讯（洪恒飞 应昊翰 万燕珍 记者江耘）原先我们要密切关注信息发布，同步调整生产计划，现在这些信息，扫码就能查看。”11月1日，杭州国金纺织有限公司负责人杨国金通过手机扫描“能耗双控码”，自主识别出了公司在全区每日能耗排名的位置，并同步了解到今年企业剩余能耗额度。

他告诉记者，根据扫码显示的本周有序用电和能耗双控计划，安排接下来的生产计划让他心里有底多了。

作为老牌工业强区的浙江萧山，当前面临着实现有效控耗和有序用电的双重压力。“‘能耗双控码’是萧山‘双碳大脑’最新上线的应用之一。”国网浙江杭州市萧山区供电公司营销负责人许金彤介绍，该公司创新推出“四盘一码”有序用电和能耗双控工作机制，通过握紧“基本盘”、筑牢“屏障盘”、挖深“机动盘”、备齐“应急盘”，创新“能耗双控码”，助力各方实现有序用电和能耗双控的精准施策、柔性管控。

许金彤说，以握紧“基本盘”为例，政企双方对列入全区错峰生产方案的269家五大高耗能行业企业和亩产效益评价为C类、D类的企业，每周会进行阶段性评估，结合气温和电力缺口情况，安排评估不达标企业在接下来7天时间内非集中错峰、限产，每天可压减电力负荷约30万千瓦。

许金彤介绍，当“基本盘”无法满足需求时，多方将一道筑牢“屏障盘”，让部分单耗高、亩产效益较低的企业轮流进行负荷响应，如果此时电网负荷仍有缺口，挖深“机动盘”得到的灵活负荷就会以错峰响应的方式省出用电，一旦以上3项工作机制同时启动，负荷缺口仍影响电网安全运行，“应急盘”就会成为最后一道防线。

“原来我们开展有序用电工作，存在通知烦、动员难的困难，应用‘四盘一码’机制后，政府和供电公司相对粗放、刚性的限电方式变得更加精细化、柔性化，最大限度在公平公正的前提下保障社会用能平衡有序。”萧山区发改局局长吴远东表示。