



坚持规划引领 服务能源绿色低碳转型发展

□ 余华华

当前，我国正处于能源绿色低碳转型发展的关键时期，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需要，是支撑电力系统安全稳定运行、服务可再生能源大规模发展的重要保障。抽水蓄能电站主要为电力系统提供灵活调节服务，电站开发建设高度依赖区域内站址资源条件和源网荷发展规划，并体现系统经济原则，需要通过科学和系统规划予以支撑。近期，国家能源局印发《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035年）》（以下简称《中长期规划》），明确了2021年~2035年抽水蓄能发展规划，对推进我国抽水蓄能高质量发展具有重要意义。

《中长期规划》有效引领抽水蓄能未来发展

抽水蓄能中长期规划的编制，坚持把服务碳达峰、碳中和目标贯穿始终，紧紧围绕能源绿色低碳转型发展，聚焦资源储备与发展需求矛盾，注重项目开发建设与生态环境保护协调。规划成果明确了我国抽水蓄能2035年发展目标，提出了储备项目布局、重点实施项目和规划执行要求，为加快抽水蓄能发展提供了规划基础，具有很强的指导性和前瞻性，集中体现在“两个明确”“两个支撑”和“两个机制”。

突出了抽水蓄能产业“两个明确”。一是明确了抽水蓄能产业定

位。《中长期规划》明确，抽水蓄能是当前电力系统内技术最成熟、全生命周期碳排放效益最显著、经济性最优且最具大规模开发条件的灵活调节电源，抽水蓄能电站是建设现代智能电网的重要支撑，是构建清洁低碳、安全稳定、经济高效的现代电力系统重要组成，是生态环境友好型工程，国家层面首次明确了抽水蓄能的产业定位。二是明确了抽水蓄能发展原则。《中长期规划》明确，结合我国能源资源禀赋条件，当前及未来一段时期满足电力系统调节需求的主要为抽水蓄能电站，要坚持生态优先、区域协调、超前储备和创新发展的原则，加快建设一批生态友好、条件成熟、指标优越的电站，发展抽水蓄能现代化产业，为构建以新能源为主体的新型电力系统提供坚强保障。

提供了抽水蓄能发展“两个支撑”。一是项目开发的规划支撑。到2020年底，全国纳入抽水蓄能选点规划（推荐站点）有效资源不足2500万千瓦，远远不能满足开发需要，规划储备严重制约产业发展。综合考虑未来需求和建设条件，《中长期规划》提出了全国储备项目超过500个，总规模超过6亿千瓦，同时明确了各规划期重点实施项目，做到了站址资源应规尽规，彻底解决了抽水蓄能发展规划资源约束障碍。二是布局优化的资源支撑。纳入《中长期规划》“十四五”重点实施项目总规模超过1.5亿千瓦，特别是需求突出的“三北”地区规划资源大幅度增加，为更好地发挥区域

资源优化配置能力，统筹系统需求与资源条件，实现区域抽水蓄能站址资源共享和协调发展，为合理布局奠定了基础。

建立了抽水蓄能规划“两个机制”。一是建立规划滚动修编机制。为确保规划储备规模和质量，要求省（区、市）滚动开展站点资源普查、站点储备和项目研究论证，综合考虑地形地质等建设条件和环境保护要求，协调与生态红线的衔接期避让，建立规划重点实施项目滚动调整机制，及时调整和优化项目布局，为优质资源开发创造规划条件。二是建立规划实施评估机制。强调规划对抽水蓄能发展的指导作用，要求各省（区、市）能源主管部门制定本地区中长期规划实施方案，细化分解各规划期发展目标，提出每一年度开工规模、项目核准开工时序等建设安排，严格执行基本建设程序，建立行业监测体系，通过有效监管和实施评估保障规划落实。

本次是国家层面首次编制抽水蓄能中长期规划，规划编制工作从启动到成果发布，先后持续8个多月时间，规划成果对于保障我国抽水蓄能科学、有序、高质量发展至关重要，是指导中长期抽水蓄能发展的纲领性文件。

推动规划实施落地，服务能源转型发展

国网新源公司是国家电网公司管理的直属单位，主要负责抽水蓄能电站开发建设和运营管理。“十三五”期间，抽水蓄能开工规模2853万千瓦，

占全国新开工容量88.82%，抽蓄机组抽水启动11.54万次，发电启动14.06万次，其中应急启动3124次，累计提供电网顶峰和应急电量1151亿千瓦时，消纳系统低谷和新能源电量1440亿千瓦时，在保障大电网安全、促进新能源消纳和提升系统整体性能方面发挥了重要作用。目前，公司运行容量2122万千瓦，在建规模4098万千瓦，储备资源超过8000万千瓦，是国内抽水蓄能开发建设和运营管理的骨干力量。

国网新源公司将按照国家电网公司决策部署，在国家抽水蓄能中长期规划指导下，加快推进项目开发建设，努力当好中长期发展规划实施先行者，全力服务能源绿色低碳转型发展。

加快开发建设，当好规划实施的先行者。一是加强发展研究。围绕能源绿色低碳转型和新型电力系统构建，

推进抽水蓄能功能定位研究，精准评价电站作用效益，推动新形势下抽水蓄能规划理论、投资体制、市场化运营等政策完善。二是加快前期开发。重视站址资源条件论证，统筹电力系统需求和各类调节资源发展，按照国网公司部署，抓紧编制公司“十四五”抽蓄发展规划，加快能进项目前期可研和核准工作，力争早核准多开工。“十四五”期间，国网新源公司投资规模超过1000亿元。三是加快工程建设。推行标准化设计，强化进度过程管控，做好设计、招标、施工、设备制造和供货等环节统筹，发挥电站群建设管理优势，整合内外部建设资源，优化建设工期，确保高质量多投产。初步预计，“十四五”期间，国网新源公司新投产规模超过2000万千瓦，“十五五”期间新投产规模4000万千瓦以上。

加强技术创新，做高质量发展的引领者。一是推动技术突破。联合各



潘家口抽水蓄能电站上水库

国网新源控股有限公司供图

抽水蓄能建设运营的实践与启示

□ 谢勇刚

抽水蓄能是当前技术最成熟、最具大规模开发条件的电力系统灵活调节装置，在保障大电网安全、促进新能源消纳、提升全系统性能中发挥着重要作用。特别是随着“双碳”目标的提出，以新能源为主体的新型电力系统加快建设，抽水蓄能基础性、综合性、公共性特点更为凸显，是构建新型电力系统的关键支撑和重要组成部分。

国家电网公司高度重视抽水蓄能发展，“十三五”以来开工建设了一批重点项目。今年3月，国家电网公司出台构建新型电力系统、加快抽水蓄能开发建设的六项重大举措，对加快抽水蓄能开发建设作出了一系列重大部署。国网新源公司作为国家电网公司集约化、专业化开发建设运营抽水蓄能电站的平台企业，目前，运行抽水蓄能电站21座，容量2122万千瓦；在建抽水蓄能电站30座，容量4218万千瓦；开展可研和预可研抽水蓄能项目超3000万千瓦。荣获国家优质工程金奖、中国建设工程鲁班奖等重要奖项10余项，在抽水蓄能领域积累了丰富的经验，为促进行业持续健康高质量发展作出了创新探索。

强化智慧化管控、机械化施工、标准化建设，工程建设取得了一批重要成果

抽水蓄能电站建设不同于常规水电站和火电厂建设，施工工艺复杂，现场人员多，建设周期长，地下洞室群、斜竖井、高边坡、深基坑等施工作业风险高、难度大，安全优质开展电站建设挑战巨大。新源公司成立之初，我国抽水蓄能处于规模化发展初期，建设标准尚不完善，设计精益化程度不高。施工队伍专业化水平低，施工装备、技术都相对落后。关键机电设备被国外少数公司垄断，大量设备依靠进口。国网新源公司积极应对抽水蓄能建设的复杂艰巨形势，深入研究探索抽水蓄能建设管控特点，主动吸收引进先进技术和管理理念，秉承“安全第一、质量为本”的理念，逐步构建了具有新源特色的建设管控体系，实现了安全、质量、进度、造价、技术和综合

“5+1”专业化管控。

在标准化建设方面，首次在国内水电行业提出标准化设计、设备和造价理念，编制出版了抽水蓄能电站10个通用设计分册、7个通用设备分册和5个通用造价分册，率先完成通用标准体系建设，并在公司抽蓄项目建设中广泛应用，工程设计质效和本质安全水平得到有效保证。积极推广标准施工工艺和安全生产文明施工设施标准化建设，编制出版了涵盖4个专业71项标准施工工艺的《施工工艺示范手册》，全面推广清水混凝土、钢制大模板等外观一次成形工艺，工艺质量得到有效提升，充分展现了抽水蓄能电站“工业之美”。

在施工技术方面，积极推进机械化施工工艺，在国内首次引入并成功应用推广TBM施工技术，隧洞掘进速度和开挖质量得到显著提高，作业环境得到显著改善。目前，小断面TBM在文登项目的试点工作取得良好成效，开始在公司抽蓄项目全面推广应用。大断面平洞TBM、斜井TBM、可变速TBM和竖井SBM等系列设备应用试点和TBM施工洞室支护方案、定额编制等配套研究工作正在有序开展。针对抽水蓄能电站输水隧洞布置特点，创新应用高精度定向钻结合反井钻进行陡倾角、长斜井开挖施工，树立了斜井施工新标杆。积极应用无人驾驶振动碾、移动式边坡支护台车等新装备，工程建设效率、效益和安全质量显著提升。

在管控体系方面，以数字化转型为契机，运用“大云物移智”等信息技术，开展基建数字化管控系统建设，打造统一、开放、共享的基建数字化管控平台，目前已完成33个基建数字化模块的研发和两级部署。在项目层面全面推广地质灾害隐患卫星遥感监测、非接触式灌浆监控、施工用电智能监控、工程安全监测、质量验评、试验检测、移动巡检等模块，实现项目建设关键环节的智能管控。在公司本部层面建设“电站群”智慧管控平台，实现项目间交互协作和交流共享，对各个项目进行安全、质量、进度、造价四个维

度的分析、评价和展现，满足公司分级管控要求。

国网新源公司建成投运了14座抽水蓄能电站，其中仙游、洪屏2座电站获得“国家优质工程金奖”，桐柏、琅琊山、白莲河、响水涧4座电站获得“国家优质工程奖”，宜兴、泰山等电站获得“中国建筑工程鲁班奖”，仙居、洪屏电站获得“中国安装之星”称号，宜兴电站被列入“国家改革开放35年百项经典工程”。

强化专业化、精益化、规范化运维管理，服务电网安全运行和清洁能源消纳价值持续彰显

抽水蓄能电站采用的可逆式水泵水轮机组与常规水电机组相比，具有水头高、容量大、转速高、可双向运行、过渡过程多等特点，运行控制十分复杂。电站多采用地下厂房设计，解决机组与厂房结构振动问题更是困难。我国抽水蓄能电站大规模发展的历程还相对较短，主机设备国产化时间不长，设备运行还未接受全面考验，各类家族性缺陷、设计不足等尚未充分暴露。随着能源转型发展不断深化，我国电网结构、电源结构、供需结构和负荷结构发生深刻变化，电网灵活调节需求突出，调用方式更加灵活，对抽水蓄能生产运行提出了新的更高要求。近年来，抽水蓄能机组保持了高强度运行态势，呈现出“两个频繁”（机组启停频繁、负荷调整频繁）“两个增加”（启动次数明显增加、工况转换次数明显增加）特点，短时启停、早高峰抽水、夜间发电、长时间旋转备用等特殊运行工况不断增加，个别电站单日抽发启动甚至达到近40次，机组持续安全稳定运行面临极大考验。国网新源公司积极应对确保机组安全稳定的严峻挑战，准确把握机组运行特点，持续加强精益运维管理，为电网稳定运行、电力可靠供应提供坚强支撑。

在设备技术方面，通过在长期运行中的不断总结分析，对抽蓄电站的功

能和关键技术的研究不断深入，在电站厂房振动、水轮机压力脉动、转轮关键性能、发电机磁极结构稳定性技术研究上不断取得突破。通过6+6长短叶片等新型转轮和机组水力设计、发电机磁极连接线结构设计改进等技术实施，大幅降低了水泵水轮机的压力脉动，提高了发电机磁极运行可靠性，成功解决了电站厂房振动过大、低水头并网困难和发电机转动部件整体稳定性不足等问题，对大型抽水蓄能机组整体设计水平、抽蓄电站厂房结构设计和校核的提高起到巨大的推进作用。

在生产管理方面，以HPMS（生产管理信息系统）为平台，打造互联互通的生产管控机制，加强全方位生产业务管控能力。建立本部运检导则—电站运检规程—现场作业文件三级运检作业技术标准体系，确保各电站生产运行工作安全规范开展。强化设备设施综合整治，积极推进重大设备隐患治理，及时解决风险隐患。落实设备主人制，构建从前期设计、制造、安装到生产运行的设备全过程闭环管控机制，从源头提升设备安全健康水平。

2020年，国网新源公司抽蓄机组启动51,594次，机组综合利用小时数达2500小时，台均非停次数0.34，达历史最高水平；抽蓄机组促进新能源消纳电量近200亿千瓦时，占所在区域新能源消纳贡献率的6%。“十三五”期间，国网新源公司抽水蓄能机组启动成功率提升至99.95%以上，年均响应电网需求紧急启动超过5200次，助力新能源消纳超过1400亿千瓦时，圆满完成党的“十九大”、新中国成立70周年等重大保电任务。

完善科技创新体制机制，加大科研投入，科技创新成果丰硕，推动了设备国产化和行业标准建设。

国网新源公司始终将科技创新摆在突出重要位置，深入贯彻国家创新驱动发展战略和国家电网公司科技创新“新跨越行动计划”，取得了一批高质量的创新成果，大幅提升了公司科技软实力和发展竞争力。

甘做抽水蓄能国产化的“试验田”，联合有关高校、科研院所、设计院、制造厂家等单位开展攻关，历时10余年，在抽水蓄能水泵水轮机、发电电动机、计算机监控系统、静止变频系统、调速系统、励磁系统、继电保护系统及调试、运行及其他辅助装备等方面取得全面突破，组织研制了我国首台250MW、300MW、375MW大型抽水蓄能机组成套设备，并分别在安徽响水涧、福建仙游、浙江仙居抽水蓄能电站成功实现工程应用，打破了国外垄断，实现了我国抽水蓄能机组关键技术和成套设备制造业从无到有、从弱到强的根本性跨越，显著提升了中国高端装备制造业的自主创新能力和国际竞争力。今年5月30日，吉林敦化抽水蓄能电站首台机组正式投运，填补了我国自主研发700米以上高水头抽水蓄能运行机组的空白。

持续强化顶层布局，建立了专业技术委员会和可再生能源定额站抽水蓄能分站，成立了中电联抽水蓄能标准化技术委员会，设立公司抽水蓄能技术经济研究院。围绕“卡脖子”问题，加速关键核心技术攻关，累计获得省部级或行业科学技术奖110余项，取得专利授权2101项（其中发明专利270项）。加强技术标准布局，共承担或参与制定、修订国际标准2项，国家标准26项，行业、团体、国网等标准131项，逐步引领国内抽水蓄能行业技术方向。

坚持规划引领，深化改革创新，推动抽水蓄能行业科学有序高质量发展

国家能源局发布的《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035年）》，坚持高标站位，科学谋划，是引领抽水蓄能高质量发展的“及时雨”，对于助推新型电力系统建设和“双碳”目标实现具有重大意义。抽水蓄能项目投资规模大，产业链条长，带动作用强，经济、生态、社会效益显著。随着国家一系列促进抽水蓄能发展的政策、规划陆续出台，抽水蓄能迎来了新一轮快速发展机

类创新主体，推进变速机组国产化、40万千瓦以上大容量机组、发电电动机出口断路器等相关技术攻关，加快TBM机械化施工和电站群建设智慧管控平台应用推广，推动电站开发建设数字化、智能化。二是抓好新技术应用。加快数字化智能电站建设，支持状态检修、辅助决策、集中调控等核心运检技术攻关，筑牢电站运维质量基础，开展抽蓄机组服务新能源高比例接入调相功能攻关，拓展机组服务清洁能源发展新价值。三是实现绿色发展。落实国网公司绿色建造20条指导意见和“四节一环保”措施，加强水环保设计质量控制，积极开展环保技术创新和应用，推广施工机械电气化作业，结合电站上下水库和生产办公区域资源，探索低碳生态示范电站建设。

加大开放合作，做规划落地的推动者。一是推进投资开放。坚持规划引领、互利共赢，探索公司层面通过资本市场和项目层面的股权开放，加快吸引各类投资者广泛参与抽蓄开发建设，汇聚社会各方力量，共同推动抽水蓄能规划实施。二是推动协同发展。以抽水蓄能规划资源为基础，统筹未来系统负荷特性、新能源布局、新型储能等调节资源发展，合理安排开发规模和建设时序，通过各类调节电源协同发展，促进社会资源优化配置。三是促进成果共享。做好抽蓄电站通用设计、技术规程、管理标准和典型工艺的总结完善，发挥抽蓄专业人才、技术和管理优势，推进专业技术和管理成果交流和共享。落实国家重大区域发展战略，全力服务乡村振兴战略实施，发挥抽水蓄能电站投资大、辐射范围广、带动能力强、经济社会效益显著优势，确保中长期规划高效落地，全面展现规划执行综合效益。

（作者系国网新源控股有限公司发展部主任）

遇，建设运营规模将持续扩大。

面向未来，需要认真总结抽水蓄能建设运行管理经验，推动抽水蓄能科学有序高质量发展。要进一步深化抽水蓄能功能作用研究，更好地发挥价值作用。要全面把握新型电力系统特点，深入分析抽水蓄能在新型电力系统中的功能作用，充分挖掘抽水蓄能在推动能源转型中的价值，推动抽水蓄能建设运行与电力系统变革科学匹配，与源、网、荷、储发展有效协同，实现抽水蓄能作用和价值最大化。要进一步深化抽水蓄能建设技术创新，提升安全质量水平。围绕安全、质量、工期、造价，强化建设领域技术革新，加大新技术、新设备、新工艺应用，大力推进智慧化管控、机械化施工和绿色建造。要推进先进信息通信技术、控制技术、能源技术与抽水蓄能电站建设相融合，提高电站数字化智能化水平。要进一步深化抽水蓄能技术标准研究，助力新型电力系统建设。在加快开发建设传统抽水蓄能的同时，开展对混合式抽水蓄能、小型抽水蓄能、海水抽水蓄能等技术研究以及新型储能技术研究，科学认识飞轮、压缩空气等新型储能技术在电力系统中的作用，做到抽水蓄能和各类储能和灵活调节技术优势互补、协同发展，助力新型电力系统建设。要进一步深化抽水蓄能行业政策研究，促进行业持续健康发展。在抽水蓄能领域，我国先后出台了一系列政策、规划，促进了抽水蓄能科学有序发展。今年5月7日，国家发改委出台了《关于进一步完善抽水蓄能价格形成机制的意见》，为抽水蓄能加快发展、充分发挥综合效益创造更加有利的条件。面对抽水蓄能加快发展的新形势，要继续加强行业政策研究和完善，为抽水蓄能行业持续健康发展营造有利条件。

国网新源公司将坚决融入能源转型发展大局，充分发挥抽水蓄能建设运营管理优势，落实好国家电网公司加快发展、开放发展各项部署，当好抽水蓄能开发建设的“主力军”，全力构建合作共赢的“生态圈”，为推动抽水蓄能高质量发展，服务新型电力系统建设，实现“双碳”目标作出积极贡献。

（作者系国网新源控股有限公司经济法律部主任）