

# 发展绿色抽水蓄能, 构建清洁电力系统

■ 张力小 庞明月

1882年瑞士建成世界第一座抽水蓄能电站, 此后, 随着技术的不断进步, 抽水蓄能电站成为世界各国保障电力系统安全稳定运行的重要方式, 在电力系统中承担着调峰、填谷、储能、调频、备用和黑启动等多种功能。尽管近年来新型储能技术如锂离子电池、压缩空气储能、飞轮储能等取得明显进步, 但相比之下, 抽水蓄能具有响应速度快、成本低、寿命长等优点。经过140余年的发展, 抽水蓄能已经成为当前技术最成熟、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。

我国于1968年在河北省平山县建成第一座抽水蓄能电站——岗南水电站。改革开放以后, 随着经济快速发展和电力需求增长, 电网负荷峰谷差逐渐增大。因此, 为保障电网安全稳定运行, 抽水蓄能经历了第一个快速增长期, 装机规模显著增长, 主要分布在华东、华北、华中和广东等以火电为主、经济相对发达的地区。2017年, 我国抽水蓄能电站总装机容量达到2849万千瓦, 超过日本, 成为全球抽水蓄能规模最大的国家。但相对来说, 我国抽水蓄能在电力总装机中的占比仍然偏低, 2020年仅为1.4%, 低于日本、意大利、法国、德国等发达国家, 也未达到《电力发展“十三五”规划(2016—2020年)》中规划的4000万千瓦的发展目标, 尚不能有效满足我国电力系统的安全稳定运行和新能源大规模快速发展的需求。

“十四五”以来, 我国电力供需形势发生显著变化, 供电侧以风、光为主的新能源

发电装机和发电量比例大幅提升, 用电侧负荷峰谷差进一步增大; 与此同时, ±500千伏柔性直流电网、±1100千伏直流输电等特高压输电技术陆续投入运行。新型电力系统对灵活调节电源的需求更加迫切。为更好地适应新能源、特高压电网的快速发展, 国家和地方政府出台了一系列政策推动抽水蓄能行业发展。其中, 2021年8月, 国家能源局发布的《抽水蓄能中长期发展规划(2021—2035年)》明确提出, 到2025年, 抽水蓄能投产总规模6200万千瓦以上; 到2030年, 投产总规模1.2亿千瓦左右, 以保障电力系统安全稳定运行和可再生能源大规模发展; 到2035年, 形成满足新能源高比例大规模发展需求的, 技术先进、管理优质、国际竞争力强的抽水蓄能现代化产业, 培育形成一批抽水蓄能大型骨干企业。可以看出, 我国抽水蓄能发展将迎来新的高峰。近年来, 已有山东沂蒙、河北丰宁、辽宁清原等大型抽水蓄能电站相继投产运行。其中, 河北丰宁抽水蓄能电站装机容量达360万千瓦, 是目前世界上规模最大的抽水蓄能电站, 可有效缓解“三北”地区弃风、弃光问题, 更好地消纳跨区清洁能源, 同时对于华北电网的安全稳定运行也具有重要意义。

未来, 我国将在西南、西北、东北等地区布局更多的抽水蓄能电站, 以更好地匹配当地风、光、水等大型可再生能源开发基地建设, 促进可再生能源电力消纳。尤其是在西北地区, 中长期发展规划的抽水蓄能电站项目规模最大, 占全国规划抽水蓄能电站项目总装机容量的20.7%, 这主要是由于西北地区新能源资源十分丰富。



《“十四五”可再生能源发展规划》提出要加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电太阳能发电基地, 这些地区对抽水蓄能电站有极大需求。同时, 西北地区是“西电东送”的输出地, 远距离的特高压输电通道电源配置中也需要一定容量的抽水蓄能电站来保证其安全、稳定运行, 以缓解新能源对输电系统无功电压和系统频率稳定性的影响。此外, 西南地区的水风光综合基地一体化开发也需要大量抽水蓄能电站来促进可再生能源电力消纳。

但需要注意的是, 部分抽水蓄能资源站点规划可能涉及自然保护区、水源保护区、风景名胜区等生态敏感区, 与生态保护红线划定、国土空间规划等方面协调不够。此外, 抽水蓄能电站在建设施工阶段, 尤其是上、下水库的建设, 不可避免地要开挖、淹没大量土地, 除了会造成一定的征地移民之外, 还会破坏地表植被和动物栖息地, 导致一定的生物损失; 在运行期间, 也会因水库频繁蓄水、放水导致水库水质发生变化, 同时改变河流生态系统的自然时空分布, 这些都会对水生生态系统造成一定干扰。同时, 抽水蓄能电站在建设过程中还会因水工建筑材料、机电设备、电力

等资源能源的大量投入在产业链条上造成一定的环境排放污染。因此, 要助力我国构建清洁电力系统及实现“双碳”目标, 推进抽水蓄能电站全生命周期绿色开发十分重要, 这主要体现在以下四个方面。

首先, 科学优化新增抽水蓄能电站布局。现阶段, 在政策助推下, 驶入发展“快车道”的抽水蓄能行业应避免盲目开发, 综合考虑电力系统需求与抽水蓄能站点资源条件, 在更大范围内优化资源配置, 合理布局抽水蓄能电站。同时, 在不涉及自然保护区、生态保护红线等生态保护要求的前提下, 做好前期严谨的勘探规划与可行性分析, 以确定合适的地理位置与装机规模, 做到抽水蓄能开发与生态环境保护协调发展。

其次, 在建设新的抽水蓄能电站时, 应优化工程设计, 并采取必要的生态环境保护措施, 最大限度地减小电站建设和运行过程中对当地陆地和水生生态系统的干扰。例如, 施工过程中加强环境监理以保护野生动物, 施工结束后做好植被恢复, 运行期间及时下泄下游河道生态需水等。在中西部地区, 也可因地制宜利用现有梯级中小型水电站, 将其改造成中小型抽水蓄能电站, 在夏季洪水期利用丰富的来

水发电, 在枯水期发挥抽水蓄能作用, 更好地调节风电和光伏等新能源电力生产, 促进可再生能源消纳, 从而探索抽水蓄能建设新模式。

再次, 相关研究表明, 从全生命周期视角看, 在我国现有电力结构下, 每储存一度电, 抽水蓄能的环境排放都低于锂离子电池和压缩空气储能等新型储能技术, 相对来说, 抽水蓄能是绿色低碳清洁的灵活调节电源。但考虑到抽水蓄能“抽四发三”的运行特征, 其全生命周期的环境排放仍然值得关注。因此, 应加强抽水蓄能电站的系统优化设计, 采用环境友好的工程方案和建筑材料, 以期改善抽水蓄能电站的环境表现。

最后, 在规划抽水蓄能电站时, 应尽量减少小征地和移民安置等社会成本, 探索切实可行的移民与抽水蓄能开发的利益共享机制, 实现抽水蓄能开发与移民发展双赢。例如, 电站投资者可考虑投资地方交通、农业灌溉设施等惠及“三农”的伴随设施, 提高移民后续生产生活水平, 促进经济社会高质量发展。

(张力小系北京师范大学环境学院教授, 水环境模拟国家重点实验室主任; 庞明月系重庆大学环境与生态学院副教授)

## 坚持系统观念, 处理好煤电转型“三个关系”

■ 李忠 闫君 何则

能源是经济系统的动力之源, 是人类社会赖以生存和发展不可或缺的物质基础。自工业革命以来, 人类使用能源特别是化石能源的数量越来越多, 能源对经济环境的制约性也越来越突出, 全球范围内能源资源供需矛盾突出。由化石能源消费引发的全球变暖, 逐渐成为人类经济社会发展面临的共同挑战。同时, 随着经济的持续快速发展、人口的快速增长和人民生活水平的不断提高, 人们对能源的需求也在不断增长。在资源约束趋紧、气候变化加剧背景下, 迫切需要各国加快推动能源绿色低碳转型, 以保障经济社会健康、稳定和可持续发展。

能源系统是一个综合系统, 包括能源生产、转化、传输、消费和管理体系。因此, 能源转型是能源系统的转变或更替过程, 是一个寻求改变、进步以及创新的过程。从能源消费的趋势看, 向着电气化、高效

率、清洁化、低排放的方向转型。从能源供给的类型看, 从简单向着复杂、多元和变革的方向转型。从能源技术看, 向着数字化、大数据、人工智能技术与清洁高效开发利用技术融合创新的方向转型。从能源体制看, 向着法制化、统一开放、竞争有序的方向转型。从国际合作看, 向着全方位、全球治理方向转型。综合来看, 能源转型是从高碳发展向低碳发展转型, 由粗放型发展方式向集约型发展方式转变, 由经济主导型发展方式向环境友好型发展方式转变。

能源转型是一项复杂而系统的工程。立足我国能源资源禀赋, 如何深入理解、扎实做好能源经济研究的前瞻性思考、全局性谋划和具体性工作? 关键在于坚持系统观念, 强化系统思维。党的二十届三中全会强调, 进一步全面深化改革要总结和运用改革开放以来特别是新时代全面深化改革的宝贵经验, 贯彻坚持党的全面领导、坚持以人民为中心、坚持守正创新、坚持以制度建设为主线、坚持全面依法治国、坚持系

统观念等原则。坚持系统观念, 就是要处理好经济和社会、政府和市场、效率和公平、活力和秩序、发展和安全等重大关系, 增强改革的系统性、整体性、协同性。党的二十届三中全会提出, 积极稳妥推进碳达峰碳中和, 立足我国能源资源禀赋, 坚持先立后破, 有计划分步骤实施碳达峰行动, 深入推进能源革命, 加强煤炭清洁高效利用, 加快规划建设新型能源体系, 积极参与应对气候变化全球治理。

以系统观念为指导, 坚持系统思维、底线思维和极限思维, 稳妥有序推进能源转型, 对煤电转型而言, 需要处理好“三个关系”。

一是处理好政府和市场关系, 在壮大优势清洁能源产业过程中实现能源转型。要发挥政府在煤电转型中的目标引导作用, 用好制定煤电发展目标、提高污染物排放标准、提供经济补贴和整合企业资源四大抓手, 保障煤电转型方向不跑偏和目标可落地。同时, 市场化竞争是推动煤电转型的主要手段, 通过各种发电资源与煤电、

不同煤电类型间的充分竞争, 才能保障煤电退出的经济性, 防止资产沉没, 用市场这只“无形的手”确保煤电转型的可持续性。发展壮大优势清洁能源产业是转型的基础, 我国具有丰富的风光资源, 尽管我国风电和光伏的生产、制造、装机和出口能力已经位居全球前列, 但规模化发展仍需破解低成本开发、安全并网与高效利用等瓶颈。

二是处理好安全、发展和减排的关系, 保障新旧能源平稳有序交接。首先, 必须重视煤电在电力系统中的安全兜底作用, 做好电力碳中和中长期规划, 明确各类电源定位, 制定应急储备预案, 加快探索储能、需求响应、电制氢等商业化模式, 为煤电退出提前做好储备。其次, 要提前谋划煤电基础设施融合复用, 不仅要挖掘既有基础设施清洁利用潜力, 推动煤电与供热融合发电, 而且要提前谋划煤电厂向生物质热电联产或电制氢工厂改造升级, 发挥退出煤电厂基础设施的复用价值。再次, 要客观认识煤电碳排放问题, 煤电减排与煤

发电量相关, 增加煤电装机并非等于增加碳排放, 要做好退出煤电的封存和复用方案。

三是处理好短期目标和长远目标的关系, 防止“运动式”减碳和煤电“冲高峰”。放眼全球, 必须坚定且深刻地认识到, 煤电逐步减量是长期不可逆转的趋势。煤电是大多数国家碳排放的主要源头, 碳中和目标下, 煤电减量替代是大多数国家能源转型的必然趋势。虽然经济发展和能源安全形势不断演变, 但不能忽略煤电的兜底和保障作用, 更不能把短期形势误解为长期趋势, 把应急措施当作长期战略。立足我国资源禀赋, 宜高度重视煤电的支撑性调节作用, 把大力推动煤电灵活性改造作为煤电存量机组转型的重要路径, 避免替代能源顶不上而“未立先破”, 把长期战略当作短期任务等走偏的行动和认识。

(李忠系中国宏观经济研究院能源研究所副所长、研究员; 闫君、何则系中国宏观经济研究院能源研究所助理研究员)

