



国内外抽水蓄能发展历程

□ 唐修波

全球第一座抽水蓄能电站1882年诞生于瑞士苏黎世,已经130余年。抽水蓄能电站从最初的四机式(水轮机、发电机、水泵、电动机)过渡到三机式(水轮机、发电-电动机、水泵),最后发展到两机可逆式水泵水轮机组;从配合常规水电的丰枯季调节到配合火电、核电运行、逐渐转变为配合新能源运行,从定速机组发展到交流励磁变速机组和全功率变频机组,技术在不断更新,在电网中承担调峰填谷、调频调相、配合新能源储能、事故备用、黑启动等功能,为电网安全稳定运行起到了重要作用。未来在全球绿色低碳转型的大潮下,风电、光伏发电大规模建设,特高压输电广泛应用,抽水蓄能电站将起到至关重要的作用。(全球抽水蓄能电站规模统计见图1)

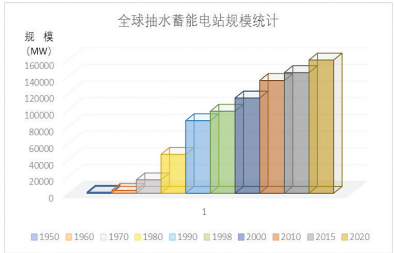


图1 全球抽水蓄能电站规模统计图



构建新型电力系统的“强心剂”

□ 张娜

新型电力系统,从电源结构组成来说,“新”在以新能源为主体。未来将逐步经历化石能源电源为主导、化石能源与新能源在功能主体上各半壁江山、以新能源主体的转化过程。而风电、太阳能等新能源因其随机性、波动性、间歇性的特点,随着规模占比的逐渐增大,对新型电力系统的安全稳定运行会带来比较大的冲击,因此迫切需要建设抽水蓄能电站以提高电力系统调节能力和促进大规模新能源发展。

众所周知,抽水蓄能电站是利用低谷时其他电源(包括火电、核电、水电),特别是即将成为电力系统主角的风电、光伏的多余电能,抽水到上水库存储起来,待尖峰负荷时发电。也就是说,抽水蓄能抽水时相当于一个用电大户,其作用是把日负荷曲线的低谷填平,即实现抽水蓄能电站独一无二的“填谷”作用。通过“填谷”,使火电出力平衡,降低了煤耗,实现了碳减排;通过“填谷”,将“弃风弃电”变废为宝,实现了“绿色抽水”,提高了风电光伏资源的利用率;通过“填谷”,平抑了新能源发电出力的波动性,维护了电网的安全稳定运行。

可以说,抽水蓄能电站是优化当地电源结构的“平衡器”、提高清洁能源消纳的“调节器”和电力系统安全可靠

全世界抽水蓄能发展历程

抽水蓄能电站发展起步阶段：瑞士苏黎世奈特拉电站是第一座抽水蓄能电站,装机容量515kW,利用落差153米,汛期将河流多余水量(下库)抽蓄到山上的湖泊(上库),供枯水期发电用,是一座季调节型抽水蓄能电站。

截至1950年底,全世界建成抽水蓄能电站31座,总装机容量约1300MW(部分混合式电站按泵工况最大人力统计),主要分布在瑞士、意大利、德国、奥地利、捷克、法国、西班牙、美国、巴西、智利和日本。其中,最早采用可逆式机组的是西班牙于1929年建成的乌尔迪赛电站,装机容量7.2MW。

20世纪50年代~60年代：从第二次世界大战后经济复苏期结束到1973年世界石油危机前,美欧日等发达国家经历了长达20余年的经济高速增长期,随着工业化时代的来临,电力负荷迅速增长;家用电器普及化,电力负荷的峰谷差也迅速增加,具有良好调峰填谷性能的抽水蓄能电站得以迅速发展。

20世纪50年代是抽水蓄能电站开始迅速发展的起步阶段,年均增加装机容量200MW,到1960年全世界抽水蓄能电站装机容量3420MW。西欧国家始终引领着世界抽水蓄能电站建设的潮流。

20世纪60年代年均增长1259MW,到1970年,全世界抽水蓄能电站装机容量增至16,010MW,已占总装机容量的1.42%。到60年代后期,美国抽水蓄能装机容量跃居世界第一,并保持20多年。

20世纪70年代~80年代：1973年和1979年的两次石油危机,使燃油电站比重下降,核电站建设开始迅猛发展。同时,常规水电比重下降,电网调峰能力下降,低谷富裕电量大增,急需调峰填谷性能优越的抽水蓄能电站与之配套。

20世纪70年代和80年代为发展黄金时期,年均增长率分别达到11.26%和6.45%。到1990年底,全世界抽水蓄能电站装机容量增至86,879MW,已占总装机容量的3.15%。

20世纪90年代：受到1979年美国三里岛核电站和1986年苏联切尔诺贝利核电站严

重事故的影响,对核电站安全性的担忧大大增加,欧美一些国家民众反核呼声高涨,不仅影响新核电站的建设,甚至使已运行的核电站关闭。核电站的减少、调峰性能良好的燃气电站的大量建设,调峰填谷的需求有所下降,同时水库大坝对局部生态环境影响的争论,必然影响抽水蓄能电站的建设。

进入20世纪90年代后,发达国家经济增长速度有所放慢,抽水蓄能电站建设年均增长率从80年代的6.45%猛降至2.75%,到2000年全世界抽水蓄能电站装机容量达到114,000MW。进入90年代,日本后来居上,超过美国成为抽水蓄能电站装机容量最大的国家。

2000年~2020年：进入21世纪,西方发达国家经济增速放缓,抽水蓄能电站的建设规模有限。随着亚洲国家经济增长速度提升,特别是中国、韩国和印度,电力需求旺盛,对抽水蓄能电站的需求增加迅猛。

2010年全世界抽水蓄能电站装机容量达到135,000MW,年均增长率为1.71%。2020年达到159,490MW,年均增长率为1.68%。2017年中国超越了日本达到28,490MW,成为全世界抽水蓄能电站规模最大的国家。

中国抽水蓄能电站发展历程

我国开展抽水蓄能电站建设已经50余年。从我国抽水蓄能电站的发展趋势来看,在时间上呈现为年代波浪式发展,空间上则呈现为跨区辐射式发展。在这期间,基于大型水电建设所积累的技术和工程经验,加上引进和消化吸收国外先进技术及一批大型抽水蓄能电站的建设实践,已让我国积累了丰富的建设经验,掌握了较先进的机组制造技术,电站的整体设计、制造和安装技术更是达到了国际先进水平。(我国抽水蓄能电站规模统计见图2)

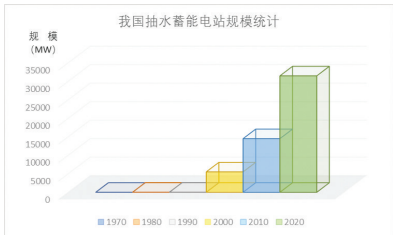


图2 我国抽水蓄能电站规模统计图

20世纪60年代~70年代：1968年,河北岗南水库电站安装了一台容量11MW的进口抽水蓄能机组。1973年和1975年,北京密云水库白河电站安装了两台国产11MW抽水蓄能机组。这两座小型混合式抽水蓄能电站的投运,标志着我国抽水蓄能电站建设拉开序幕。

20世纪80年代~90年代：党的十一届三中全会的召开,我国决定实行改革开放。随着国民经济的快速发展,在电力负荷急剧增长的同时,峰谷差逐渐增大。在严重缺电的形势下,各地加快了电源建设,特别是燃煤火电,水电比重迅速下降,调峰问题日益严重,拉闸限电频繁,影响各项事业快速发展,电网安全受到严重威胁。

20世纪90年代,为配合核电、火电运行及作为重点地区安保电源,在华北、华东、南方等地区相继建成十三陵(800MW)、广蓄(2400MW)、天荒坪(1800MW)等一批大型抽水蓄能电站,到2000年底总容量达到5520MW。该阶段电站单机容量、装机规模已达到较高水平,但机组设计制造严重依赖进口。

2001年~2010年：进入21世纪,党的“十六大”提出到2020年GDP再翻两番的宏伟目标,我国经济建设进入新一轮的快速发展期,随之电力负荷也迅速增长,多省市出现缺电现象,调峰需求进一步加大。

从1999年起,又一批共11座抽水蓄能电站陆续开工建设,建设规模达到11,220MW。从惠州、宝泉和白莲河3座电站开始,机组国产化的步伐大大加快。截至2010年底,随着张

河湾、西龙池、桐柏、泰安、宜兴、琅琊山等一批大型抽水蓄能电站相继投产,全国抽水蓄能电站装机容量达到14,510MW。

2011年~2020年：2009年~2013年,国家能源局组织水电总院、国网新源、南网调峰调频公司等单位,开展了新一轮的抽水蓄能选点规划工作。“十二五”“十三五”期间,为适应新能源、特高压电网快速发展,抽水蓄能发展迎来新的高峰,相继开工了吉林敦化、河北丰宁、山东文登、山东沂蒙、安徽绩溪等抽水蓄能电站。目前,通过引进、消化、吸收、创新等,国内在抽水蓄能工程勘察设计施工、成套设备设计制造及电站运行等方面已经达到世界先进水平。

截至2020年底,全国运行抽水蓄能电站32座、31,490MW,在建抽蓄装机45,450MW。

抽水蓄能电站建设展望

国际可再生能源署(IRENA)《电力储存与可再生能源:2030年的成本与市场》提出,到2030年,全球储能装机将在2017年基础上增长42%~68%,抽水蓄能装机增长幅度约为40%~50%。

为实现我国“碳达峰、碳中和”的宏伟目标,国家能源局在《抽水蓄能中长期发展规划(2021~2035年)》提出,到2025年,抽水蓄能投产总规模较“十三五”翻一番,达到6200万千瓦以上;到2030年,抽水蓄能总投产规模较“十四五”再翻一番,达到1.2亿千瓦左右;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。

《巴黎协定》的签订掀起了全球绿色低碳的转型大潮,随着新能源的快速发展,抽水蓄能电站因其灵活调节特性成为保障风电、太阳能等不可控新能源发电的重要手段,抽水蓄能电站的规划建设又一次进入各主要国家决策者视野,抽水蓄能电站将进入新一轮的建设高潮。

(作者系中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司规划发展研究院规划院专总)

是唯一的技术成熟可靠的大规模储能电源,其次为电化学储能。截至2020年底,我国已投运储能项目累计装机规模为3560万千瓦,电化学储能仅占9.2%。虽然储能电池的发展迅速,但其在生产环节,以锂电池为例,据统计平均提取每吨锂大约需要190万升水,对周围的生态系统有一定的影响;同时,在回收利用环节,储能电池中含有汞、铅等重金属物质,回收处理不当,会污染地下水和土壤,面临较大的环境影响和环

境安全问题。且储能电池寿命较短,大规模的推广使用也会面临巨大的回收压力。

抽水蓄能电站通过抽水、发电运行,消纳了不稳定的新能源,发出了优质的高峰电,未产生污染的水。因此,称之为清洁之能,当之无愧。总之,实现“碳达峰、碳中和”目标是党中央的重大决策部署,是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。构建以新能源为主体的新型电力系统,迫切需要通过发展储能等措施提升灵活调节和电能存储能力。作为目前公认的最安全、最稳定、最成熟、最环保、最经济的储能电源,抽水蓄能优势明显。大力发展抽水蓄能,发挥其绿色、低碳、清洁的调节作用,对于更好地服务“双碳”目标和保障新型电力系统安全,具有十分重要和深远的意义。

未来已来,以新能源为主体的新型电力系统正逐步构建,绿色低碳清洁的抽水蓄能电站已做好准备。

(作者系中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司规划发展研究院室主任)