

热储能技术在能源革命中的重要作用

能源是人类社会赖以生存和发展的物质基础。纵观人类社会文明的发展历史,人类社会文明的每一次重大进步都伴随着能源利用的改进和革命。储能技术在促进能源生产消费、开放共享、灵活交易、协同发展,推动能源革命和能源新业态发展方面发挥着至关重要的作用,是新能源与可再生能源发展的核心支撑,储能技术的创新突破将成为带动全球能源格局革命性、颠覆性调整的重要引领技术。当前,世界主要发达国家纷纷加快储能技术和产业的发展,抢占能源战略突破高点。

在众多储能技术中,热储能是最具应用前景的规模储能技术之一。热储能技术是以储热材料为媒介,将太阳能光热、地热、工业余热、低品位废热等或者将电能转换为热能储存起来,在需要的时候释放,以解决由于时间、空间或强度上的热能供给与需求间不匹配所带来的问题,最大限度地提高整个系统的能源利用率。热储能相比于电化学储能、电气储能等其他储能技术路线,在装机规模、储能密度、技术成本、使用寿命等方面具有明显优势;而与压缩空气储能和抽水蓄能这两种机械储能技术相比,热储能技术具有占地面积小、成本低、储能密度高、对环境影响小、不受地理、环境条件限



何雅玲,中国科学院院士,教授,工程热物理专家,现任第十九届中央委员会候补委员,国务院学位委员会学科评议组召集人(动力工程及工程热物理),教育部高等学校能源动力类专业教指委主任,西安交通大学学术委员会主任。研究方向为工程热物理、能源高效转换与利用、储能科学与工程等

制等诸多优势;热储能技术作为一种能量高密度化、转换高效化、应用成本化的大容量规模化储能方式,将在构建清洁低碳安全高效的能源体系、构建以新能源为主体的新型电力系统、保障电力系统安全稳定运行等方面发挥重要作用。

热储能技术特点优势主要表现在:储能容量大、配置灵活、无特殊环境要求;具有规模化建设及运营成本的优势,具有明显的规模效应;可根据用户需要,实现多种能源品位冷、热、电、汽联供;可对区域电网实现削峰填谷、双向调节、消纳间歇性新能源(风电、光伏等)装机出力,是电网平衡峰谷差

的最佳解决方案;循环次数大、寿命长,且储能电站的双向调节功能不会伴随长时间储热循环而导致效率降低;储放过程无化学反应,技术参数及过程可控,系统安全性高。

热储能技术可应用于电源侧、电网侧、用户侧。对用户侧而言,热储能技术可应用于用户冷、热、电综合能源服务、海水淡化等场合;在热能直接利用中,储热技术拥有比储电技术更高的能量利用效率;储热技术还包括储存和利用低于环境温度的热能,即蓄冷技术在冷链相关领域已有成熟应用,市场规模亦在持续扩大。对电源、电网侧而言,现阶段电力系统呈现高比例可再生能源、高比例电力电子设备的“双高”特征,系统转动惯量持续下降,调频、调压能力不足,对电网安全提出严峻挑战,太阳光热储能发电通过汽轮发电机组的转动惯量可以有效实现调频;在火电厂灵活性改造中,热储能发电技术将机组变负荷运行时出现的过剩蒸汽热量转化为储热介质的热能存储起来,当需要时将热能释放,既能增加机组调峰深度,也能增加峰负荷能力,投资和运行成本较低,具有明显优势。

世界上先进国家对热储能及其发电技术开展了多方面研究和投资。比尔·盖茨领衔的突破能源基金投资了由 Google-X 实验室

孵化的 Malta 熔盐储热技术;英国能源技术研究所与 Joseph Swan 爵士能源研究中心联合研发电网规模热储能系统;西门子歌美飒公司宣布在德国北部的汉堡正式投运了用火山石将过剩的电能转化为热能的新型电热储能(ETES)示范项目,设计储存容量为 130 MW·h,进一步推进储能和新能源发电结合、与电网结合技术的发展。高温热储能及发电技术在欧洲、美洲、非洲、中东地区已经获得较为广泛的商业化应用,2008年西班牙建成了欧洲首座槽式光热电站,熔盐双罐储热时长 7.5 h,电站年运行小时数高达 3600 h;2015年美国投运了当时全球最大的塔式熔盐储热发电项目,装机量达 110 MW,熔盐双罐储热时长 10 h,储热效率达到了 99%。截至 2021 年底,全球光热发电站的装机容量约为 6.6 GW,2021 财年美国能源部资助了 20 余项光热发电研究项目,美国能源部规划预计 2030 年 12 小时储能光热发电成本目标是 5 美分/kW·h,可见光热储能发电技术和产业在发达国家很受重视。

我国经过十几年的发展,截至 2021 年 12 月,太阳能光热储能发电已有 3 座实验电站、9 座商业化电站建成并网发电,总装机容量达 521 MW,中国企业在海外总包建成和在建的光热储能电站装机容量超过 1000 MW。中广核德令哈 50 MW 槽式电站(储热 9 h)是我国首个大型商业化光热示范电站,2021 年 9 月 19 日至 2022 年 1 月 4 日已经连续运行 107 天,刷新了 2020 年最长连续运行 32.2 天的记录;2018 年,首航高科在敦煌建成了国内首座装机容量 100 MW 熔盐塔式电站,配置了 11 h 的熔盐双罐储热系统,可实现 24 h 连续运行;2019 年 12 月 31 日,我国在敦煌建成了世界上第一座以熔盐为吸热、储热工质的商业化线性菲涅尔式光热发电站;2020 年,中船新能在内蒙古乌拉特中旗建成 100 MW 导热油槽式光热电站,配置 10 h 熔盐储热系统,据蒙西电网统计,2021 年 1 月至 11 月,该项目累积上网电量 2.05 亿 kW·h,占全国同时段光热发电总量的 30.48%。我国太阳能光热储能发电核心技术已经成熟,

形成了具有完全自主知识产权的产业链,关键设备部件已全部国产化。

2021 年 10 月国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》指出,积极发展太阳能光热发电,推动建立太阳能光热发电与光伏发电、风电互补调节的风光热综合可再生能源发电基地,推进熔盐储能供热和发电示范应用。这对推进太阳能光热发电产业和熔盐储能供热规模化发展提供了政策指导和保障。现在,风光热储互补国家高度支持,太阳能光热储能发电将开启一个新的时代。

总之,热储能系统在冷、热、电综合能源利用方面效率高,在储热容量、规模化建设及运营成本、运行寿命、安全性、发电功率等方面具有突出优势,特别是对消纳间歇性新能源(风电、光伏等)装机出力,在构建以新能源为主体的新型电力系统、保障电力系统安全稳定运行等方面发挥重要作用,是未来规模储能的中坚力量,具有广阔的发展前景,在能源革命中发挥着重要作用。

何雅玲

(西安交通大学,西安 710049)