

能源互联网中储能系统发展趋势分析

访中国电力科学研究院电工与新材料研究所储能研究室主任李建林

■ 崔 岩/本刊记者



李建林 教授级高工

中国电力科学研究院电工与新材料研究所储能研究室主任

储能从根本上解决了能源生产和消费的不同时性问题，将能源从时间和空间上进行平移，有效实现了能源的互联。

先进储能技术、电力电子技术、新能源发电技术、智能能量管理技术、智能故障管理技术、可靠安全通信技术和系统规划分析技术等被认为是能源互联网的关键技术，储能技术作为其中的重要元素之一，发挥重要作用。储能从根本上解决了能源生产和消费的不同时性问题，将能源从时间和空间上进行平移，有效实现了能源的互联。智能电网体系下，储能在大规模集中式与分布式新能源发电并网和高效方面，是关键支撑技术；在能源互联网体系下，储能技术所发生的作用、运行模式将发生变革，其应用功能将得到进一步深化，应用层次将进一步细化，新的储能技术类型将获得发展机遇。由于现有工作大多未能突破储能在现有电网运营模式和商业模式的范畴，储能在能源互联网中的应用研究和示范缺乏指导。为此，本刊特别采访了中国电力科学研究院电工与新能源研究所储能研究室主任李建林，请他就能源互联网背景下储能的作用及其关键技术和发展趋势予以介绍。

能源互联网中储能作用

电气应用：请您介绍一下，储能在未来能源互联网的建设中将发挥怎么样的作用？

李建林：能源互联网中不同的应用模式对储能技术有不同的需求，储能在能源互联网中所起到的作用可归纳如下：①推动新能源发电的发展；②提高能源互联网的灵活性和稳定性；③为多元能源系统能量管理和路径优化提供支持；④提高电网运行经济性和推动能源交易模式变革。

在推动新能源发电的发展方面，储能技术与可再生能源发电的联合，能够平滑可再生能源发电功率输出波动，减少随机性，提高可调度性，从而降低可再生能源

正泰 昆仑系列 万能式断路器

实时温度传感器 持续提示运行状态 洞悉风险更可靠

发电对电力系统的冲击力度，提高跟踪计划出力的能力。通过电网级的储能应用可增强电网对可再生能源发电的适应性，提高可再生能源的接入能力。此外，对于高比例新能源发电的电网，为提高综合能源利用效率，储氢、储热等单向的大规模储能技术为冗余的新能源发电提供了其他能源形式转移的途径，同时在长时间尺度，为广域能源互联网的运行提供支持。

在提高能源互联网灵活性和稳定性方面，储能技术有利于电网调峰调频，能够改善供电质量和可靠性，提高社会应急能力。

在提高能源互联网灵活性和稳定性方面，储能技术主要通过以下几个方面提高多元能源系统的灵活性和稳定性。第一，储能技术有利于电网调峰调频。根据电源和负荷的动态变化情况，储能系统可以及时、可靠地响应调度指令，并根据指令改变其出力水平；在提高电网调频能力方面，可以减小因频繁切换而造成传统调频电源的损耗。目前，电网领域迫切需要低成本、大容量储能技术解决调峰调频的问题，以提高其供电可靠性及电能质量。第二，储能技术能够改善供电质量和可靠性。当电网出现故障时，储能系统可以作为备用电源持续为用户供电，以提高电网的供电可靠性；储能系统还可作为可控电源对电网的电能质量进行治理，消除电压暂降、谐波等问题，同时降低主干网络扩容投入，节约扩容资金。例如电池储能、飞轮储能、超级电容器储能以及氢储能均可广泛应用于电网领域。第三，储能技术

可以提高社会应急能力。储能技术的应用能够对电网的电能质量做出快速的判断和处理，美国作为应急服务项目的储能技术中多采用电池储能来实现。作为应急电源储能系统的装机容量一般为10 kW ~ 1 MW，充放电时间为3~5 h，对抗灾性能和环境适应能力有很高要求。电池储能技术非常适合应用于应急电源领域。随着能源互联网的发展，可以考虑为可能遭受灾害袭击的区域和重要用电场所配置应急电源，减少次生灾害发生，提高社会的整体应急能力。例如，在美国东西海岸、尤其是东海岸地区，电网公司正在积极投资建设储能设施。因为这些地区容易受到飓风影响，储能设施可以让电网更有弹性，在对抗飓风时更稳定。

对于多元能源互联网系统，储能的功率流方向和大小是系统潮流优化的重要控制变量，可使系统获得最优的能量流路径。储能系统的安装布局、容量规划和充放电过程的优化对局域能源系统的经济高效运行发挥重要作用，要求储能系统具有动态响应系统运行状态的能力、较高的能量转换效率以及适宜的安装条件。

能源互联网系统通过引入储能环节后，可以有效地实现需求侧管理，消除昼夜间峰谷差，平滑负荷，从而提高电力设备的利用效率，降低供电成本。例如，大规模储热技术在解决风电、光伏等新能源发电的弃风弃光问题中可起到重要作用。此外，储能环节的引入将使传统的单向能源交易模式发生变革，能源的生产者和消费者都将参



CHINT



领先每一步 可靠新高度 欢迎关注正泰微信公众号 [广告]

浙江正泰电器股份有限公司

股票代码：601877 400-817-7777 www.chint.net/kunlun

www.eage.com.cn

与到市场竞争中,且生产者和消费者作为交易主体,其角色可相互转换。

能源互联网中储能技术分析

电气应用:当前,储能技术分为哪几类,请对其中比较重要的进行分析和介绍?

李建林:以不同技术特点为特征的电化学储能、储热、氢储能和电动汽车等储能技术类型将在能源互联网中发挥重要作用,如实现大规模的能量存储、支撑广域能源的调配、实现能源高效灵活应用以及与用能需求相结合实现能源需求实时响应等。

电化学储能。目前,电化学储能电力系统中的应用处于快速增长中。截至2015年底,不考虑抽蓄、压缩空气和储热,全球电力储能的累计装机总量为946.8 MW,其中钠硫电池由于前期优势占比为40%,锂离子电池呈快速增长状态,占比为38%。目前,我国已开展多项兆瓦级的锂离子电池、液流电池、铅酸电池和超级电容等电化学储能技术的示范应用。如国家风光储输示范工程一期工程安装了14 MW/63 MW·h磷酸铁锂电池、2 MW/8 MW·h钒液流电池以及2 MW/12 MW·h的胶体铅酸电池储能系统,用于提高风光发电的可调性、提高并网能力。深圳市宝清储能电站安装了4 MW/16 MW·h的锂离子电池储能系统,用于实现配电网的多种应用功能;辽宁卧牛石风电场安装了5 MW/10 MW·h的全钒液流电池储能系统,用于提高风电的可调度性。电池储能系统在离网或孤岛地区,可以充分利用风能和太阳能等清洁能源,实现稳定可靠的电力供应,如浙江东福山岛风光

储微电网工程,该工程利用100 kW光伏发电、210 kW风力发电以及300 kW铅酸电池储能替代原有的柴油发电机实现岛内的电能供给。在德国、澳大利亚等国家,相关政策的支持使得户用光伏发电模式得到了推广,用户侧安装光伏、配置合适比例的储能系统能实现一定的经济效益。

储热。大规模储热技术在解决冬季供暖期新能源发电的消纳问题中可起到重要作用。冬季供热期间,热电机运行于以热定电模式,为满足供热负荷需求,承担供热机组的电力调峰深度受到限制,尤其是在新能源比例较高的三北地区,带来严重的弃风/光现象。为热电机配置储热装置,可一定程度上解耦机组的热功率和电功率,提高热电机运行灵活性和调峰能力。如丹麦Avedøre电站安装有2台储热水罐,容积为44 000 m³,放热能力为330 MJ/s。在风电出力较大时,降低机组发电功率,采用储热罐维持热力供应。另外,采用蓄热式电锅炉供热,电锅炉利用弃风制热存储在蓄热装置或向用户直供热,也是促进风电消纳的手段之一。大功率蓄热式电锅炉可采用水、蒸汽、固体或者相变材料进行储热。2015年6月,国家能源局发布了《关于开展风电清洁供暖工作的通知》,大力推广风电供热技术。此外,储能技术用户侧,利用低谷期的电力蓄冷转移到高峰期以降低生产和生活中冷量供应成本,成为需求响应的一项重要体现。其中,蓄冷技术采用的介质包括水、冰和优态盐等。冰蓄冷利用水-冰相变来存储释放冷量,能量密度可达335 kJ/kg,为水蓄冷的7~8倍。冰蓄冷技术已十分成熟,得到

了广泛的应用。建设大型的制冷站及冷媒传输网向一定区域提供冷源是该项技术的发展趋势。区域供冷技术的推广对电网低谷负荷调节有着重要的意义。

储氢。近年来,有学者开展了利用新能源发电电解水制氢的示范应用。电解水属于高耗能制氢方法,每立方米氢气的耗电量约为4.5~5.5 kW·h,利用弃风或电网负荷低谷时期的富余电能制氢,可以提高新能源发电的利用率,解决弃风问题。从技术上来看,现有的碱性电解槽和固体聚合物电解水制氢技术能够适应风电的随机波动性。光催化直接裂解水是一种理想的利用新能源制氢方法,其关键在于半导体光催化剂材料的突破,该项技术仍处于研究阶段。氢气通常采用高压或低温液化方式存储,但存在能耗大、安全性差等问题,固态材料储氢(包括物理吸附储氢和化学氢化物储氢)是最具前景的储氢技术,但其储氢容量、热力学、动力学性能和可逆性等方面有待提高。

电动汽车。纯电动汽车可分为燃料电池电动汽车(FCEV)和电化学电池电动汽车(BEV),其中BEV已进入商业化运营阶段,FCEV也即将步入商业化。电动汽车的大规模并网将为电网带来庞大的储能资源储备,引入激励机制,可以有序引导电动汽车以储能的模式参与电网的运行,与可再生能源发电等不可调度性电源实现有序配合,在未来能源互联网的发展进程中是一项重要应用方向。电动汽车规模化并网与传统储能设施的差异在于电动汽车的分散性和随机性,其电网级的应用需要有效的政策引导,才能发挥正向效益。另外,充电设施的分散分布、用户充电

正泰 昆仑系列

电动机控制与保护

70%-120%

吸合电压 无惧电压起伏 稳定运行更可靠



CHINT



领先每一步 可靠新高度 欢迎关注正泰微信公众号 [广告]

浙江正泰电器股份有限公司

股票代码: 601877 400-817-7777 www.chint.net/kunlun

需求和动力电池容量等条件的约束,使得电动汽车具有分散性强的特点,其有效利用为电网的监测、传感、能量管理和控制提出了极大的挑战。除分散的户用电动汽车外,电动公交也是电动汽车储能能力的重要组成部分,例如青岛薛家岛已建成的兆瓦级公交车队充换电站,可同时为280辆公交车提供充换电服务,最大充放功率为4.32 MW。此外,电动汽车可作为储能单元参与家庭能量管理、微电网协调控制和应急电源等,与风电、光伏发电等分布式电源有序配合,充分利用清洁能源,参与电力市场,实现用户、微电网的效益最大化,是能源互联网中电动汽车储能运行模式的一个重要应用方向。

能源互联网中储能发展趋势

电气应用: 未来,储能技术将重点应用于哪些领域,其研究方向与发展趋势将集中在哪儿方面?

李建林: 随着电力体制改革的推进,电网运营模式和角色将发生改变,电力市场化交易机制、发电和售电企业的多元化发展、分布式电源的大量应用、需求侧管理手段的革新都为储能的应用提供了契机。储能可在可再生能源并网领域、大型工商业用户、微电网以及辅助服务市场中将有望大规模应用。未来的能源互联网中将出现提供综合能源服务提供商的售电公司、分布式能源管理式的虚拟发电厂及基于大数据平台的互动能源交易系统,能源互联网将催生出大量新型的商业模式,这些商业模式对储能的推广应用将起到关键性的作用。

能源互联网中储能发展趋势主要集中在:能源互联网的架构和运行模式;储能在电力辅助服务、微电

网、分布式发电、大规模新能源发电及局域能源网中的作用;能源供应模式和商业运行模式的探索等方面。

1) 智能电网及能源互联网的架构和运行模式,划分能源互联网中储能技术应用领域,研究电化学储能、储热、储氢等各类型储能技术在各领域及应用场景的适用性。

2) 能源互联网中储能在电力辅助服务、微电网、分布式发电以及分布式电源虚拟发电厂中将发挥重要作用,研究电力辅助服务定价和交易机制对储能应用经济性的影响,分析与传统电源、需求侧管理等传统手段的竞争能力,评估电价、补贴等对储能应用经济性的影响。电动汽车大规模推广应用背景下,退役动力电池在能源互联网中梯次利用的经济性和适用场景分析,解决动力电池在能源互联网中的二次利用问题。

3) 智慧城市、社区等局域能源网是能源互联网中的主要部分,研究储能在智慧城市、社区多能源供应等能源互联网场景中,储电、储冷、储热和储氢与热电联供机组、热泵和燃料电池等能源转换设备的匹配方式,探讨储能应用方案,研究储能在局部能源交易系统运行模式。

4) 能源互联网将从根本上解决弃风、弃光等现存问题,采用新能源发电制氢、制热是解决新能源发电消纳作用的重要途径,分析储能在提高大规模新能源利用效率和节能减排效益方面的作用和影响,研究各类储能技术的定量需求与运行模式。

5) 电力体制改革趋势下,研究能源供应模式和商业运行模式可能产生的变革,分析储能市场化应用的影响因素,研究储能技术发展对外界政策和市场环境的影响。EA

www.eage.com.cn