

# 配电系统的重大变革需全社会共同努力

——访中国工程院院士、天津大学教授王成山

■本报记者 苏南



王成山

在构建新型电力系统的背景下,配电系统被赋予新的角色和使命,不仅要完成为用户提供优质电能供应的基本任务,还将承担起大量分布式风光可再生能源接入平台、多元海量信息数据关键集成平台,以及多利益主体参与的能源电力交易平台等重要职责。

未来如何高质量发展配电系统?配电系统发展特点是什么?我国配电系统还需完善哪些内容?围绕上述诸多问题,《中国能源报》记者专访了中国工程院院士、天津大学电气自动化与信息工程学院教授王成山。

## ■重要性前所未有

近年来,我国电力系统的改革与发展受到了高度关注。2021年,国家正式提出“构建以新能源为主体的新型电力系统”的发展目标。2022年,我国进一步提出了“发展分布式智能电网”的重要方针。2023年,国家再次强调“加快构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统”的紧迫性。今年2月,又提出“推进电网基础设施智能化改造和智能微电网建设”的关键任务。这些都标志着电力系统发展的重要性被提升至新高度。

这一系列举措的背后,是我国实现“双碳”目标和能源转型的坚定追求。对于电力系统而言,主要体现在电源侧和负荷侧的变化。近年来,我国风光发电快速发展。三年前,我国提出到2030年风光装机达12亿千瓦的目标,今年7月底已提前实现。展望2030年,风光装机有望达到25亿至30亿千瓦,变化和发展速度远超预期,为电力系统发展带来了新的挑战和机遇。

电力系统由发电、输电、配电等环节构

成。其中,配电系统作为将电能安全高效地分配至千家万户的关键基础设施,涵盖了特大型城市电网、农村电网、微电网等多种形态。据统计,80%以上的停电事故源于配电系统故障。这使得配电系统的可靠性成为影响用户体验的重要因素,因此受到了广泛关注。

王成山认为,“展望未来,无论是分布式可再生能源的发展,还是交通电气化速度的加快,都离不开配电系统的支撑。同时,人工智能、大数据等新技术在配电系统领域的应用前景广阔。”

王成山表示,我国配电系统配备了数亿只智能电表,具备分钟级的数据上传能力。这些智能电表所采集的数据,与配电系统中各种采集终端数据相融合,构成了庞大的数据集。深度挖掘与分析这些数据,可为政府决策、配电系统规划、建设、运行和维护提供极具参考价值的信息。

## ■发展呈现四大特征

谈及未来配电系统发展特点,王成山

认为,配电系统将呈现四大特征:低碳化、分布化、去中心化和数字化。低碳化意味着大量可再生能源接入配电系统,同时,配电系统将支撑高电气化比例的终端用能,服务全社会能效的提升和用能低碳化。这不仅包括电能替代,如电动汽车的发展,也涉及配电系统在全社会综合能效提升中的使命与担当。分布化和去中心化强调了配电系统结构、运行方式、市场机制的改变,而数字化则是提升配电系统智能化水平和效率的重要手段,也是与配电系统相关的各种新业态发展的关键。

王成山表示,在一些省份,分布式光伏系统数量动辄达到数十万甚至上百万,这与传统的火电厂单体容量大、数量少形成鲜明对比。由于电源的分布化特性,相应的控制措施也需分布化,储能配置同样需要考虑分布化特点,而配电系统网架结构也需与之相适应。未来,配电系统的运行管理不可能完全依赖将所有信息上传并下发指令来解决运行控制问题,这种做法效率低也难以实现,必须依靠就地化处理和分布式解决方案应对挑战。

去中心化将是配电系统形态和机制的一项重大变革。传统的配电系统由于无源或少源,电力从高压到低压单向流动,需要依赖上级电网统一管理和运行。然而,未来的配电系统内部将有大量分布式电源存在,同时还存在大量新型储能系统,一个区域或一个片区完全可以构成自治力较强的局部配电系统,或者形成微电网。这意味着,这些局域网或微电网不必完全依赖于上级的统一管理和调控,从而实现去中心化,其目的就是尽可能实现分布式能源的就地消纳,避免功率大量反送上级电网。随着分布式电源数量和整体规模日益加大,这将成为解决相关问题的重要手段。

“在网络结构和运行方式上去中心化是必要的,同时在运营方式和市场机制上亦是如此。”王成山认为,目前配电系统市场机制尚处于起步阶段,隔墙售电和点对点交易问题还处于讨论阶段。未来,随着电力能源就近生产、就近交易和就地利用场景的增加,去中心化的市场模式有望能够实现。

王成山表示,数字化是当前电力行业的重要发展趋势。过去,配电系统技术水平较低,主要原因是信息无法有效上传,导致一些先进技术手段无法运用。如今,随着通信问题的经济性解决和大量智能电表等的部署,情况已有所不同。“我们可以在原有配电系统的基础上,通过改造提升,构建一个新型的配电系统架构,并在此基础上覆盖一层信息网络,实现数据的及时上传。这一变革涉及诸多技术问题,如新型传感器技术、先进通信技术、边缘计算技术,以及物联网技术、大数据技术、人工智能技术的应用等。”这些技术有望真正实现用户侧资源的充分利用,真正做到供需互动、车网互动,为虚拟电厂等新业态的发展创造条件。

## ■配电资产利用率需要提升

在王成山看来,未来配电系统的网架结构将发生重大变化。其演变过程反映了配电系统服务社会目标的发展过程。最初,只要能供电即可,对停电的容忍度较高。随后,社会对供电的可靠性、高效性和优质性提出了更高要求。未来将强调智能、绿色以及定制化的供电服务,用户可根据自身需求选择高可靠性的电力供应或绿色能源。

“考虑未来负荷增长时,面临一个重要

问题:是加大投资,按传统方式通过变压器或线路扩容等手段提升配电系统供电能力,还是加大力度挖掘现有配电系统的供电潜力。”王成山分析,实际上,现有配电系统的资产利用效率尚未得到充分发挥。主要原因有两个:一是按照当前的网架设计原则,必须为可能的故障留出备用,对于两条10kV馈线手拉手联络方式,正常情况下每条馈线只能带50%的负荷,以便一条馈线故障时能够将其所带负荷转移到另一条馈线上,而承接负荷的馈线不会过负荷;二是配电系统在建设时,无论是结构、导线截面还是变电站容量选择,都是基于全年最大负荷来考虑的。然而,最大负荷占全年的时间可能不到5%,大部分时间的负荷远低于最大负荷值,这就造成平时配电资产的闲置。前者需要配电系统结构的变革,重点加强馈线间的互联互通。后者需要通过供需互动等手段,有效降低最大负荷,这一点可通过电价机制引导等方式来实现。“如果能将30%的资产利用率提升到60%,配电系统的供电能力相当于实现了翻番。”

配电系统是重资产型重大基础设施,过去二十余年,我国每年投入配电系统建设的资金数以千亿元计,这使得我国配电系统的设备水平和供电可靠性都有了大幅提升。但相较于输电系统,由于配电系统设备类型多、数量大,涉及千家万户,技术水平尚有很大提升空间。特别是在我国能源转型的大背景下,按照传统的投资方式建设配电系统很难达到预期目标,必须通过技术创新,从建设、运行到市场机制等实行重大变革,才能构建起新型配电系统,满足实现我国“双碳”目标的需要。必须指出的是,配电系统的重大变革需要一个长时间的过程,需全社会共同努力才能达成目标。

近日,新疆2024年全区独立新型储能项目清单发布,总规模7.35GW/30.86GWh。项目技术类型广泛,其中混合储能规模最大,为3.002GW/12.96GWh。

近年来,我国新型储能规模快速增长,各类技术多元发展,其中锂电池占据显著优势。然而,随着储能应用场景的不断拓展,系统需求不断细化,单一类型的储能已难以满足市场要求,混合储能应运而生。在业内人士看来,混合储能通过组合不同的储能技术路线,弥补单一储能技术缺陷,提升系统效率和可靠性,是未来储能存储领域的重要发展方向。

## ■项目建设加速

混合储能发展备受业内关注。2022年,国家发改委、国家能源局印发的《“十四五”新型储能发展实施方案》提到,结合系统需求推动多种储能技术联合应用,开展复合型储能试点示范。

政策引导下,混合储能项目建设也在持续推进,多个项目并网投运。今年6月,中国安能二局上海分公司参建的江苏华电灌云20万/40万千瓦时储能项目顺利并网成功。该项目采用磷酸铁锂电池与全钒液流储能相结合的混合储能模式。

2月,国家能源局发布56个项目的新型储能试点示范项目名单,包括山东省利津县795MW/1600MWh、山西省朔州市平鲁区100MW/200MWh、新疆维吾尔自治区哈密市伊州区256.5MW/1000MWh在内的8个混合储能项目入选,规模超7GWh。

去年8月,我国首个由铁铬液流、飞轮、锂电三种形式组成的混合储能项目在内蒙古霍林郭勒正式投运。该项目通过不同形式储能的应用,可以获得功率型和能量型混合式储能运行经验及并网策略。

混合储能项目以“磷酸铁锂+”为主,包括“磷酸铁锂+飞轮”“磷酸铁锂+液流电池”“磷酸铁锂+超级电容”等。作为能量型储能,锂电池储能更适合2—4小时调峰场景。如今6—8小时以上长时储能需求提升,以锂电池储能搭配液流电池的混合储能技术优势凸显。

“在储能技术路线中,磷酸铁锂电池表现最为亮眼。但锂电池充放电时长较短,无法满足长时储能的需求,且运行环境要求更高。在现有的技术条件下,依靠单一储能技术手段无法满足电力系统对储能的需求。而混合储能包含多种储能技术类型,可以满足多样化的场景应用需求,比如,全钒液流电池和氢储能技术可解决长时储能的需求。”厦门大学中国能源政策研究院副教授吴微对《中国能源报》记者表示。

弥补单一储能技术缺陷,提升系统效率和可靠性

## 混合储能受青睐

■本报记者 姚美娇 杨梓

## ■运行要求提高

混合储能在电源侧、电网侧与用户侧都拥有广泛应用场景,对于提高电力系统稳定性、经济性和可靠性具有积极作用。“混合储能通过耦合多种不同技术特性的储能设施,可以满足功率型储能、短时能量型储能和长时能量型储能等不同的应用需求。目前来看,混合储能最主要的应用场景应该是电源侧的新能源消纳与辅助服务,以及电网侧的削峰填谷。”吴微表示。

鑫椏资讯高级研究员龙志强告诉《中国能源报》记者:“储能主要承担辅助服务,如调频调峰等,以提高电网接纳风电、光伏等可再生能源的能力。液流电池等部分新型储能成本还比较高,规模小,配合锂电池一起推广,可降低系统成本。”

作为新兴技术模式,混合储能由于结合了多种储能技术,在实际应用中也提出了更高的要求,例如储能技术的协同性、配置比例的优化等。龙志强表示,目前混合储能规模仍较小,处于示范阶段,未达到大规模商业化阶段。且由于混合储能系统中每种技术都有其各自的工作原理和运行特性,需要专业的技术支持团队来确保混合储能系统的稳定运行和高性能。

此外,吴微还提到:“混合储能中,除锂离子电池储能外,其他技术的产业化程度较低。如目前国内只有少数企业能供应全钒液流电池,未形成规模经济。”

## ■加强示范引导

吴微认为,混合储能的商业化进程主要取决于技术进步以及市场需求。短期内,电力系统的平衡需求仍以短时调节的灵活性资源为主。但随着新能源在发电结构中的占比不断提升,对长时储能的需求将不断增加,混合储能将迎来发展机遇。

龙志强表示,混合储能需要国家的推广和支持,需要更多示范项目推动混合储能推广。未来通过规模效应、技术进步、政策支持、产业链协同发展和市场需求等多方面努力,有望进一步推动混合储能系统成本的持续下降,促进其广泛应用和发展。

针对混合储能发展,吴微给出三方面建议:“一是加大对混合储能的支持力度。通过示范项目扩大各类储能的装机规模,加快各类储能技术商业化进程;二是增强对混合储能的研发支撑。锂离子电池的快速发展和,得益于数十年的技术积累。需要增强基础研究投入,加快技术积累进程;三是完善对混合储能的政策引导。可以采取对配置混合储能的新能源发电项目进行优先并网政策,增加应用的激励。”

探访甘肃张掖临泽县天合光储发电项目——

## 安全可靠储能为新型电力系统筑基

■本报记者 李丽雯



站在甘肃省张掖市临泽县天合光储项目现场,记者看到辽阔无垠的荒漠上整齐地排列着光伏板,远处山脊上竖着成排风塔叶片。在新能源“装扮”下,河西走廊展现出全新面貌。拥有潜力巨大的风光资源,甘肃省正在积极推进新能源产业发展,作为应对风光出力波动的有效方式,甘肃省新型储能装机水平快速提高,共享储能项目更是加速落地。“新能源+储能”融合发展大势之下,储能产业迎来发展新机遇,储能设备也在不断推陈出新,为助力电网安全稳定运行、构建新型能源体系打下牢固基础。

## ■共享储能加速落地

地处河西走廊中部,毗邻祁连山脉,临泽县属于我国太阳能辐射量较大的一二类地区,风光可利用资源禀赋丰厚,同时,这也是我国大规模开发利用太阳能重要战略区域。

临泽县板桥北滩20万千瓦光伏发电项目现场工作人员告诉《中国能源报》记者,共有超过34万块单晶硅光伏组件排列在此,配有120台组串式逆变器,项目建成后,预计每年满发电量可达到3.5亿千瓦时,大约可满足19万户家庭一年用电需求。

在光伏电站的不远处,坐落着一座共享储能电站,现场工作人员表示,该共享储能电站装机容量为100MW/400MWh,充放电响应时间小于1秒,为当地电网调峰调频发挥着重要作用。

临泽县光储项目只是河西走廊这一重要新能源基地中的一块拼图。今年上半年,甘肃新增新能源并网装机522万千瓦,累计达到5700万千瓦,占全省发电总装机的62.2%;新能源发电量408亿千瓦时,占比达到37.17%,两项占比均居全国第二。

甘肃储能配套设施也在加速落地,今年上半年,新增新型储能并网装机53万千瓦,累计达到366万千瓦,居全国第四。另据国网甘肃省电力公司数据,截至今年4月中旬,甘肃省在运新型储能项目中,电源侧储能总装机约为303.705万千瓦,电网侧储能总装机约为60.25万千瓦,而电网侧储能80%以上为电网侧共享储能,属于新能源项目通过共建或租赁等方式灵活配置储能。

## ■安全稳定成为关键

去年8月,甘肃省发改委下发《关于甘肃省集中式新能源项目储能配置有关事项的通知》,明确提出,鼓励新能源项目分地区差异化配置新型储能,同时鼓励区域内新能源开发企业自建、合建或由第三方企业建设共享储能电站。

投运不到一年的临泽天合共享储能电站,已成为甘肃共享储能的样板。该电站工作人员告诉记者,该储能区总计5条储能线路,32个储能单元,项目一期2023年9月13

日投运,二期2024年1月15日投运,投运后基本可达到每日一充一放。其中一期天储1线20MW/80MWh由8台2.5MW箱变一体机、16台5MWh风冷电池舱组成,二期液冷储能系统则采用天合自研280Ah磷酸铁锂电芯,单舱容量约3.354MWh。

天合光能中国区MU储能主任工程师卜强表示,各类储能技术得以广泛应用,如何安全、稳定运行成为关键,安全事故频发的背景下,保障储能产品安全成为重中之重。

“要实现储能安全,主要是从三方面入手:一是电芯安全,使用高安全设计的储能电芯对于锂离子电池储能安全至关重要;二是电气安全,通过多级熔断措施,确保极端情况下可快速分级熔断,降低储能系统电气安全风险;三是结构安全,在进行舱体材质选择和结构设计时需充分考虑项目所在地环境条件和吊装、运输需求。”卜强表示,“本项目所采用的是基于天合自研电芯的Elementa产品,大容量方形铝壳磷酸铁锂电芯内置高精度防爆阀设计,确保极端情况下的内压释放,舱体IP55的防护等级和最高C5的防腐等级可适用于强风沙、高盐雾等恶劣环境;该电池舱消防系统采用PACK级全氟己酮+水喷淋消防,安全性能进一步提升。”

## ■为新型电力系统强基

构建以新能源为主体的新型电力系统背景下,储能作为重要的调节资源,对促进新能源高比例消纳、保障电力安全供应和提高电力系统运行效率具有重要作用。

卜强表示,多年来,天合光能通过光伏+储能“双轮驱动”的模式,搭配形成稳定的电源,助力实现新能源发电的平滑输出、计划跟踪、削峰填谷和调频等控制目标,可为电网提供主动同步支撑,主动平抑电网中各类大小扰动,缓解电力系统的暂态电压、频率等稳定问题,有效提升新能源接纳能力。

公开数据显示,截至2024年6月底,甘肃电网并网新型储能电站141座,呈现出“数目多、容量小、分布散”的特征。而从实际效果来看,上半年,电网侧储能在平抑新能源发电波动方面发挥重要作用,累计调频里程达320万千瓦,占全网总调频里程的41.9%。

甘肃省能源规划显示,2025年全省风光装机将达到5000万千瓦以上,将进一步带动储能产业发展。不仅如此,甘肃配储模式也正走向多元,由自建储能逐步向集中共建、租赁等模式拓展,技术路线也呈现多元化发展趋势,除电化学储能外,还包括光热、压缩空气储能、重力储能及氢储能等。

中国国际金融股份有限公司高级经理曲昊源表示,随着电力现货市场改革提速,电力现货市场规则为储能提供日内价差套利空间,新能源配储或迎来更大发展空间。