

# 新型电力系统构建需要全新的底层逻辑

■李伟阳

2020年,我国二氧化碳排放总量约110亿吨,其中能源行业约占80%,电力行业碳排放占能源行业的比重超过40%。这使得“能源行业是我国实现碳达峰碳中和目标的主战场,电力行业是实现碳达峰碳中和目标的主力军”的说法深入人心,在一定程度上导致了地方政府将实现碳达峰碳中和目标的责任主体锁定在能源电力行业上,将发展重点聚焦于超常规大规模发展新能源上。同时,多数发电企业也提出了宏伟的新能源发展目标,对风光等新能源资源新一轮跑马圈地成为有关各方的首要任务,致使能源电力企业主动或被动承担了实际上可能无法承受的发展责任。

需要注意的是,我国碳达峰碳中和目标具有鲜明的国家基础战略特征,这既是我国积极应对全球气候变化挑战,构建人类命运共同体的大国担当和实际行动,更是我国在新发展阶段构建“以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进”的新发展格局,推进经济社会高质量发展、人民生活品质持续提升与社会全面转型发展,积极适应全球市场竞争规则的重大变化,以及全面提升国家竞争力的战略决策部署。因此,绝不能因为能源电力行业担任碳减排的主要角色,就将碳达峰碳中和目标单一或主要理解为能源革命。因此,笔者认为,在当前的实际工作中,应坚持系统观念,透彻研究碳达峰碳中和目标与我国经济高质量发展的底层逻辑,科学推进并不断迭代优化。同时,也将碳达峰碳中和目标下的新型电力系统演进的底层逻辑研究提上日程。

## 产业系统与能源系统的关系 由“保障供能型”变为“互驱发展型”

碳达峰碳中和目标是推动我国经济高质量发展的基础逻辑,是通过推动各行业加速从高碳排放的技术路线转换到低碳、零碳排放的技术路线,实现技术与产业的跨越式进步。这将推动各行业生产用能方式发生根本性转变,由主要消耗化石能源变为全面使用可再生能源,由较低的能效水平变为更高的能效水平,产业系统与能源系统的关系也将由“保障供能型”变为“互驱发展型”。同时,用能方式的转变将推动我国能源结构根本性调整。

也就是说,包括能源电力在内的各行业跨越式、压缩型的产业升级,会经由生产用能方式的根本性变化传导到能源电力行业,通过用能方式和能源资源配置方式的根本性变化,自然形成“能源行业是我国实现碳达峰碳中和目标的主战场,电力行业是实现碳达峰碳中和目标的主力军”的能源发展新格局。

需要强调的是,碳达峰碳中和目标推

动经济高质量发展是“源”“目标”和“产出”,经济高质量发展引导和推动能源高质量发展是“流”“手段”和“成本”。

我国碳达峰碳中和目标的核心和使命是推动包括能源电力行业在内的产业升级和经济高质量发展,而不能单一理解为推动能源电力行业加快构建清洁低碳安全高效的能源体系和以新能源为主体的新型电力系统。

事实上,构建清洁低碳安全高效的能源体系和新型电力系统不仅是能源电力产业升级和高质量发展的具体内容,也是我国产业升级和经济高质量发展的有机组成。同时,只有深刻理解各产业升级的经济和技术规律、产业和能源的新型互动关系,才能真正找到构建清洁低碳安全高效的能源体系和新型电力系统的有效路径。

## 能源结构调整 需最大限度通过“电为载体”实现

碳达峰碳中和目标推动的经济高质量发展,呼唤构建以新能源为主体的新型电力系统。

碳达峰碳中和目标将推动我国各产业的核心技术路线从高碳排放转换到低碳、零碳排放,这就要求必须实现能源消费结构的根本性转变,即由主要消耗化石能源转变为全面使用可再生能源,这种能源结构调整需要最大限度通过“电为载体”实现。

同时,要实现综合能效水平的持续提升,需要最大限度通过“电为载体”实现;产业系统与能源系统的关系由“保障供能型”转变为“互驱发展型”,也需要最大限度通过“电为载体”实现。

技术进步的低碳化、零碳化,必然导致全社会生产用能方式高水平、高质量的广泛电气化。同样,可再生能源的大规模、高比例开发与高水平、高质量使用,以及不同能源的多元发展、协调互济和源网荷储的协同发展、优势互补,都离不开高水平、高质量的广泛电气化。如此构建以新能源为主体的新型电力系统势在必行。

## 离不开全新的技术创新、 政策安排和激励机制

与现有的以化石能源为主体的电力系

统相比,构建以新能源为主体的新型电力系统的目的是电能生产和消费系统实现零碳(近零碳)排放,技术、经济约束将发生根本性变化。

从生产用能特性来看,因为各产业都需要广泛使用可再生能源、持续提升能效,同时能源电力行业需要大规模开发可再生能源,这使得能源开发与利用必然是分布式与集中式并重,“电从节约来、电从远方来、电从身边来”三者并举。相比之下,分布式更为基础和广泛,集中式则更能保证数量贡献。因此,从提升综合能效与系统能效入手实现节约能源、控制能源消费总量,将成为政策研究的重点、亟待解决的问题。

从安全特性和技术约束来看,随着以新能源为主体的进程演进,电力供应安全和运行安全特性将发生质的变化。随着新能源占比提高,供给将出现电量充裕而部分时段电力紧缺的情况,因此,需加快发展有效的电量“搬运”技术。同时,现有电力系统快速扩张发展取得的增加系统惯量、缩短电气距离(提升短路容量)、增加动态无功补偿能力的作用将被新能源大规模接入逐渐“中和”,同样需要发展新技

术去“补偿”。

与现有电力系统相比,新型电力系统的技术体系将由以源、网技术创新为主向源、网、荷、储全链条技术创新全面延伸,由以电磁输变电技术为主向电力电子技术、数字化技术全面延伸,由单一的能源电力技术向跨行业、跨领域的技术协同转变。

从成本特性和经济约束来看,随着以新能源为主体的进程演进,我国经济发展合理的综合用能成本将需要全新的控制策略。虽然光伏、风电的成本显著下降,在发电上网环节可以与化石能源同台竞争,但新能源接入电网的成本并不是终端用户的电能成本。当新能源成为主体时,快速上升的系统平衡成本、安全保障成本等将逐渐成为主要的增量成本。

由此可见,新型电力系统的成本变化将对市场调节和政策调节提出更高要求,要从总量和结构两方面着手,找到经济、安全、清洁三者的平衡点。因此,要保证能源安全约束条件下的社会用能经济性,需要全新的技术创新支撑、政策安排和激励机制。

(作者系国网(苏州)城市能源研究院院长)

## 行业洞察

# 光伏“整县推进”将重构农网

■孔繁钢

在我国碳达峰、碳中和目标指引下,乡村分布式光伏发电将逐年大幅增长。随着国家能源局下发“关于报送整县推进分布式屋顶光伏开发试点方案的意见”,标志着我国将加快发展乡村分布式光伏发电。可以预见的是,随着乡村大量接入新能源,必将对传统的农村电网带来挑战,进而重构乡村电网发展模式。

## 由放射状无源网变为有源网

随着大量分布式光伏等新能源接入,农村配电系统将由原来的放射状无源网变为具有大量分布式电源的有源网,电网物理特性将发生变化,传统意义上的农网必然无法适应大规模、间歇性的分布式电源的广泛接入,主要表现在以下方面:

**农网消纳能力不足。**在局部地区,由于区域负荷特性与光伏、风电等新能源出力特性不匹配,将导致消纳困难,需要改造提升或新增变电容量。

**影响电能质量。**随着分布式光伏接入容量增加,电压偏差呈现先减小后增大的“U型”变化,极端情况下甚至会超过电压要求上限。同时,光伏并网的逆变器增多,在光照强度急剧变化、输出功率过低等情况下,将产生大量谐波。如浙江嘉兴某变电站共接入73个分布式光伏项目,现场监测显示,当分布式光伏出力达30%时,电流总谐波畸变率达14%,超过标准5%的限值规定。

**影响配电网自动化和继电保护动作。**传统农村配电网一般不考虑双侧或多侧电源情况,配置3段电流保护,且大部分为无方向过流保护。随着大量分布式光伏接入,一旦出现故障,电力系统和光伏设备均会向故障点提供短路电流,改变了流经保护装置

的电流,可能导致继电保护装置误动、拒

动等行为。同时,存在各自投、重合闸等保护不正确动作风险,将导致电网事故范围扩大。

**出现谐波污染且危害增大。**随着逆变器质量不高,将导致电网出现谐波污染且严重超标。电网谐波将导致损耗增大、继电保护误动作、仪表测量不准确等问题,降低供电可靠性和电能质量。

**县级电网调峰难度加大。**光伏等间歇性非调峰电源高比例接入县级农网后,将突出调峰资源的不足,且由于传统农网没有储能装置,将导致局部地区白天光伏发电高峰(实际是负荷低谷时段)的调峰难度加大,节假日期间将尤为突出。

## 需提前开展新能源接入研究

针对上述问题,电网企业应重点开展以下工作:

**开展县级配电网对分布式光伏接入能力的调查和评估。**一是开展县域分布式光伏屋顶资源可开发潜力的调查,摸清可利用的屋顶资源及可安装的光伏容量;二是摸清现有中低压配电网和配电变压器的承载能力。经过综合分析、评价,结合配电网发展规划,对所在县近期和中远期可接纳光伏发电能力作出评估,指导各单位协助政府有序开展屋顶光伏建设。

**开展分布式光伏大规模接入对配电网和负荷侧电压影响的研究。**在光伏发电出力、接入位置、线路参数和负荷水平不同的情况下,现场实测单个和多个分布式光伏并网对配电网电压的影响,并提出方案,解决配电网中高渗透率分布式光伏造成的电压越限问题,改善系统节点电压,实现分布式光伏就地自适应的电压控制。

**开展不同容量光伏发电接入低压配电网的谐波测试。**以大量分布式光伏并网的农村配电网为例,在不同容量下对负荷侧、配电变压器侧的谐波影响程度进行现场测试并出具分析报告,制定消除谐波的技术措施,以保证电网安全运行和供电质量。

**开展分布式光伏并网对农网继电保护影响的研究。**大规模分布式光伏并网后,对配电网的短路电流和保护定值将产生很大影响,同时,反送电将对保护配合方式产生影响,重合闸的设置原则也需要调整。因此,应研究制定适应大规模分布式光伏接入配电网的继电保护设置原则和标准。

**开展光伏发电就地、就近消纳的调查评估。**对就地(用户侧)、就近(配电台区内)、转移(跨台区)消纳(电量)的能力开展调查和评估。根据变电站负荷情况,按照就地和就近消纳、尽可能减少向上一级电网倒送的原则,确定辖区新能源发展规划。可划分为高速发展、中度发展、限制发展等类别,从源头引导新能源有序接入。

**开展适应分布式光伏消纳的储能研究。**在整县光伏建设区域,探索集中式和分布式相结合的储能配套方案,充分发挥储能对电网的多时空尺度支撑能力,有效解决山区县源荷发展不均衡、不对称的问题。推动出台“配额制”储能建设模式,解决储能建设存在的“发电企业不愿投、电网公司不能投、社会资本不想投”等问题。修订完善乡村电网规划编制导则和设计、建设标准,今后在乡村电网建设中要考虑大量分布式光伏(包括其他新能源)的消纳,以及配备一定数量的储能装置(包括分布式抽水蓄能、有库容的山区小水电抽水蓄能和成熟技术的化学储能等),并作为乡村电网不可分割的组成部分。

## 新型农网建设要因地制宜

与传统农网相比,新型农网应具有消纳大量可再生分布式清洁能源的接入能力,并确保供电质量。因此,新型农网建设应因地制宜,统筹考虑农村经济发展阶段和分布式光伏特点,采取不同模式,不可一刀切。同时,新型农网建设需要科技创新引领,加快电网数字化转型和先进可靠、价格低廉的设备和产品研发,并需要社会各界的支持。

**开展新型农网规划研究,完善农村配电网标准。**要提出农网优化调整方案,在规划引领下实现分布式光伏有序建设和接入。当前要做好前期屋顶潜力的调查工作,尤其是积极配合地方政府开展县域分布式光伏屋顶资源可开发潜力的调查工作,提高测算结果的科学性和准确性;积极协助政府出台分布式光伏开发规模、投资和商业模式等指导意见,全面梳理和完善分布式光伏发电相关制度、标准,规范分布式光伏项目实施,防止一哄而起和运动式推进。

**应发挥电网公司的技术、人才、管理优势,编制适应大规模屋顶分布式光伏接入的新型农村配电网的技术标准、管理规定,完善相关管控流程,引导源、网、荷、储协同发展。**要做好光伏并网配套工程建设,加强对农村配电网的改造升级,确保大量分布式光伏并网后安全稳定运行。

**大力培育农村用电市场,就地、就近消纳光伏发电。**要通过农村电气化、电能替代等工程实施,进一步提高电能占农村终端能源消费的比重;着力推动农业生产生活电气化,努力提升农村地区分布式光伏就地消纳的能力;全面拓展农业领域电气化市场,推动农业生产技术升级。

具体而言,要借助农网改造升级,大力推广电排灌、电动农机具、农业养殖温控、

电动喷淋、电孵化等农业生产电气化示范项目;推广乡村校园电气化、乡村旅游电气化等项目,试点在农村地区推广电炊具、电采暖、电炒茶、电烘干等高效电器设备的应用,不断提高乡村电气化水平,实现分布式光伏就地消纳。

**促进政策和法规建设,完善,推动新型农网(电力系统)发展。**要协助政府出台相关政策法规,在合理的价格下引导投资方、消纳方和电网企业按市场化规则有序运作。制定投资人需承担储能建设和谐波消除责任的原则,配套的储能装置和消谐设备可由投资人自建自管,也可采取市场化认购、统一建设共享资源等办法。

大规模分布式光伏接入农村配电网后形成的新型电网,不仅在技术和管理层面带来变化,也会针对不同电压等级电网的投资、网损和运行成本等产生显著影响。因此,需明确相关政策,实现分类定价,并在各市场成员之间进行公平分摊,确保新型农网建设的资金来源。

**加强领导,进一步提高对建设新型农网的认识。**整县屋顶分布式光伏和新型农网建设离不开党委、政府的领导和推动。因此,要在政府部门层面建立新型农网建设领导小组,制定阶段性建设规划与计划,定期检查、总结建设情况。

整县屋顶分布式光伏和新型农网建设涉及面广、投资金额多、工程规模大、持续时间长,各地供电公司应积极主动汇报,赢得政府和社会各界的支持,将包括农村分布式光伏在内的各类可再生新能源发电和新型农网建设作为落实碳达峰、碳中和目标和“建设美丽乡村、美丽中国”的重要工作,纳入对各级政府的综合考核,营造良好的内外部环境。

(作者系中国电机工程学会农电专委会副主任委员)