

电能替代行业现状分析与建议

于海波¹,陈景琪²,刘 强³,王 毅⁴,窦真兰⁵,苏 娟¹,杜松怀¹

(1. 中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083;2. 国网上海市电力公司,上海 200122;3. 国网浙江省电力有限公司,杭州 310007;4. 国网吉林综合能源服务有限公司,长春 130033;5. 国网上海综合能源服务有限公司,上海 200235)

Analysis and suggestions on the current situation of electrical energy substitution industry

YU Haibo¹, CHEN Jingqi², LIU Qiang³, WANG Yi⁴, DOU Zhenlan⁵, SU Juan¹, DU Songhuai¹

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2. State Grid Shanghai Electric Power Company, Shanghai 200122, China; 3. State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou 310007, China; 4. State Grid Jilin Comprehensive Energy Service Co., Ltd., Changchun 130033, China; 5. State Grid Shanghai Comprehensive Energy Service Co., Ltd., Shanghai 200235, China)

摘要:我国正处于经济快速发展的关键时期,源源不断的能源生产和消费必不可少。积极推进电能替代,对于促进工业现代化发展、提高能源利用率、减少环境污染、缓解能源安全问题具有重要的意义。各地区实施电能替代主要集中在电动汽车、电采暖、电锅炉、港口岸电等领域。首先梳理了一系列推进电能替代的政策,分析整理了电能替代在各地区的消费供应,以及在交通领域、工农业生产领域、居民采暖与其他五大领域的发展状况。据此分析电能替代各技术的占比情况以及各地区电能替代的完成情况,挖掘电能替代潜力,并根据目前存在的问题提出建议。

关键词:能源战略;节能减排;电能替代;潜力分析

Abstract: China is in a critical period of rapid economic development, and continuous energy production and consumption are essential. Actively promoting electrical energy substitution is of great significance to promote the modernization of domestic industry, improve energy efficiency, reduce environmental pollution, and alleviate energy security issues. The implementation of electrical energy substitution in various regions is mainly concentrated in the fields of electric vehicles, electric heating, electric boilers, port and shore power. A series of policies to promote electrical energy substitution are sorted out. The consumption and supply of electrical energy substitution in various regions and the development in the fields of transportation, industrial and agricultural production, residential heating and other five major areas are analyzed. Based on this situation, the proportion of each technology of electrical energy substitution and the completion of electrical energy substitution in each region are refined, the potential of electrical energy substitution is tapped, and suggestions are proposed based on the existing problems.

Key words: energy strategy; energy conservation and emissions reduction; electrical energy substitution; potential analysis

0 引言

当前我国燃煤污染严重,雾霾频发,严重影响了民众的生产生活。电能替代的推广,对于缓解大气污染,推动交通业,工业与农业的持续发展起到了重要作用^[1]。随着能源替代技术的成熟,环境问题的突出,越来越多学者开始研究能源替代对于经济增长^[2-3]及碳排放^[4-6]之间的影响关系。其研究结果表明,电能替代对于经济增长、碳减排均有正

向的积极作用。电能与其他能源相比的优势毋庸置疑,技术上也是可行的,关键是经济效益尚需论证。电能替代是指在能源消费上以电能代替煤、石油、天然气等化石能源的直接消费^[7]。马驰等^[8]从经济学角度对可再生能源必将替代常规能源的原因进行分析,还对能源技术、社会环境认识、能源政策等一些影响可再生能源替代进程的影响因素进行了论述。朱庚富、刘思涓^[9]论述了电能替代煤、油、气等化石燃料的优越性、技术可行性和经济性,并认为,在1970年到1995年的26年严重缺电时期,低谷电和季节性电能仍然是有富余的,所以在电能供需缓和的今天,推广使用低谷电和季节性电能代替煤、代油是不会造成缺电的。为实现终端能源消费

收稿日期:2019-12-11;修回日期:2020-03-25

基金项目:国家电网公司科技项目(5211DS18000B)

This work is supported by Science and Technology Project of State Grid Electric Power Co., Ltd. (No. 5211DS18000B)

高效化、低碳化和减少煤炭、燃油等使用过程中的污染物排放,推广电能替代技术是一项主要手段^[10]。

随着国家对于能源战略的逐步重视,一系列支持电能替代的文件下发,各省市地方积极响应,经统计,2018年全年累计完成替代电量1 557.65亿kWh,其中国网1 353.02亿kWh,南网204.63亿kWh,同比增长21.12%,相当于减少燃煤6 292.90万t,减少二氧化碳排放1.56亿t,减少二氧化硫、氮氧化物以及粉尘排放582.78万t,具有较好的节能减排效益。

1 电能替代发展的持续推动力

目前,中国已成为世界能源消费第一大国,环境保护问题加剧,建设低碳社会的压力也逐渐增大。调整能源结构和提升电能占总能源消费中的比重,是实现节能减排的重要方法^[11]。国网公司提出的电能替代战略,对于优化能源布局、保障能源安全、促进节能减排、保护生态环境具有重要意义。

发展电能替代对于提高人民生活质量,具有相当大的推动作用。近来我国在电能转化科技方面有了不错的进展,具体体现在农村蓄热式电采暖、港口岸电等多个领域。新型电动自行车、新型蓄电汽车以及电窑锅炉等,大大丰富了群众的消费选择,甚至降低了不少消费成本。

为有效解决环境问题和构建绿色消费模式,国家出台了一系列政策以促进电能替代快速发展。随之国家电网公司提出了多领域实施电能替代,将“以电代煤、以电代油、电从远方来”体现在能源生产、输送、消费等各个环节。

2 2018年国网电能替代行业进展分析

2.1 电能替代在重要领域的发展

电能替代工作的开展体现在国家经济发展的多个领域。尤其在交通、工农业制造、采暖技术等领域发展迅速。据中国电科院数据统计,2018年全国在交通领域的电能替代量为96.3亿kWh,在工农业制造领域的电能替代量为957.6亿kWh,在采暖技术领域的电能替代量为117.1亿kWh。下面就以电力消费供应、交通领域、工农业生产领域、居民采暖与其他五大领域分析2018年电能替代增长情况。电能替代相关政策如图1所示。

各领域电能替代占比从图2可以清楚的看出,电能替代在工农业生产领域应用最多,在其他领域相对较少,原因是显而易见的。我国是制造大国,同时是农业大国,每年用于制造业与农业生产而消费

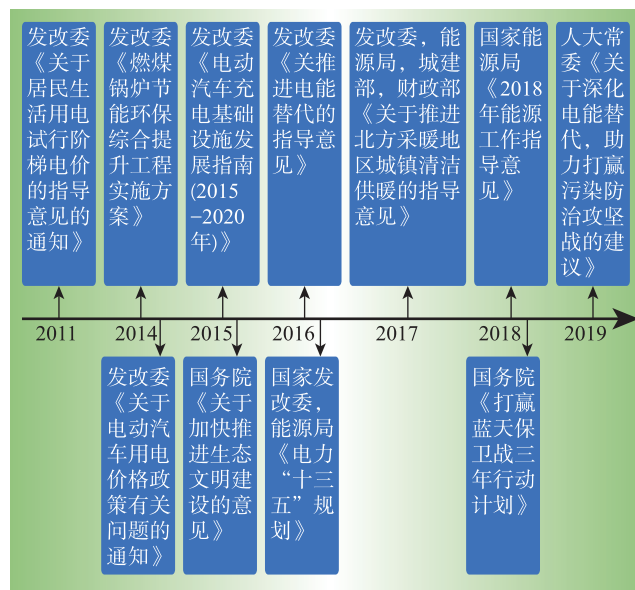


图1 电能替代相关政策

Fig. 1 Relevant policies of electrical energy alternative

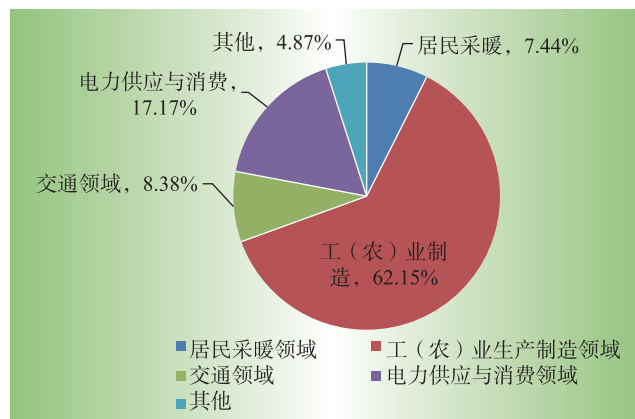


图2 各领域电能替代占比

Fig. 2 Proportion of electrical energy alternative in various fields

的能源数量巨大。在以往生产过程中,所用能源均是以油和煤炭为主。推广电能替代以来,工业电锅炉、建材电窑炉、冶金电炉、农业电排炉等新技术的使用,使得工农业领域电能替代量大幅上升。交通领域,国家大力推广电动汽车的发展,但是碍于蓄电池容量不足和充电站建设不完善,该领域难以在短时间内取得较大发展。农村居民采暖领域,国家大力推广“煤改电”项目,但是由于有些地区政策补贴不足,设备价格相对昂贵,目前还不足以完全替代煤和天然气,因此发展受到一定的限制。但是随着科技的发展,电动汽车的技术问题和“煤改电”设备的价格问题都会被解决,那时两大领域电能替代量会大幅上升,电能替代的发展潜力非常巨大。

图3至图6分别为居民采暖领域、农(工)业生产制造领域、交通领域和电力供应与消费领域的替代电量分布情况。由图3至图6可分析得知,除生

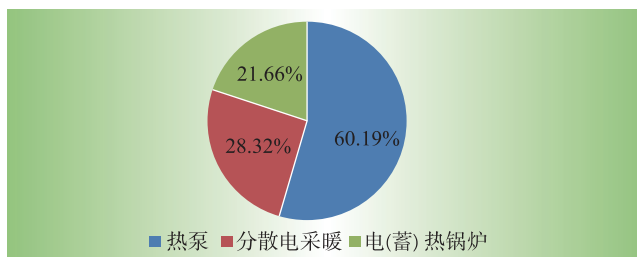


图3 居民采暖领域替代电量分布情况

Fig. 3 Distribution of alternative electricity in the field of residential heating

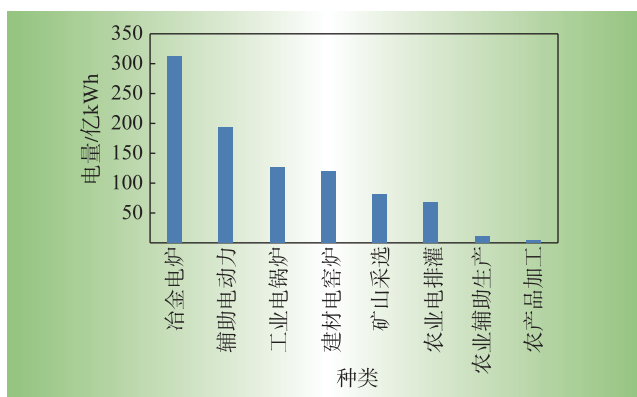


图4 农(工)业生产制造领域替代电量分布情况

Fig. 4 Distribution of alternative electricity in agricultural (industrial) production and manufacturing sector

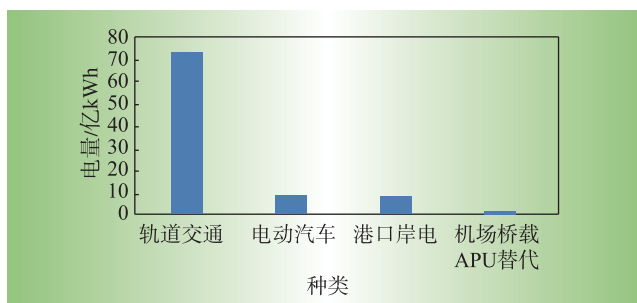


图5 交通领域替代电量分布情况

Fig. 5 Distribution of alternative electricity
in transportation

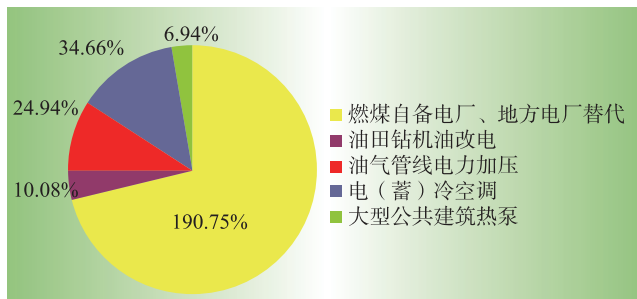


图6 电力供应与消费领域替代电量分布情况

Fig. 6 Distribution of alternative electricity in power supply and consumption

产制造领域占比相对平均外,其他领域均呈现出明显的分布特征。从工业发展的角度看,工业生产制造工序多而繁杂,有较多的流程均可以大量推广电

能替代设备;从农业发展角度看,农业排灌、农业辅助生产和农产品加工都在朝向产业化、机械化的方向发展。这个过程中,以电能作为能源供给核心,对于降低农业生产污染,加快农业产业升级,加快我国农村机械化进程意义重大。其余3个领域,替代差距明显,绝对的数量优势展现出其在该领域的普及与使用程度。无论是轨道交通还是电厂,一旦普及就是巨大的数量,推广速度极快,但继续发展的潜力很小。反观分散电采暖,港口岸电等技术属于新提出、新应用的部分,有较强的地域性、针对性,随着发展成熟,份额会逐渐加大。

四大领域的电能替代发展,离不开各行业的技术支持。下面就以2018年度全年的电能替代各技术占比情况,进行分析。

2.2 电能替代的技术占比情况

2018年电能替代技术占比如图7所示,在整个技术占比面板中,大工业制造行业、辅助电力、燃煤电厂替代所占比重较大,而家庭电气化、电动汽车、油改电、电采暖所占比例比较少。其原因在于:大型的工业、电厂等,更新换代相对集中,而且数量巨大,属于国民经济中的大规模集中式管理,在政策的鼓励与市场的发展情况下,电能替代优势明显,发展迅猛。而反观农村家庭电气化、电采暖、电动汽车等,属于大众的自主选择项目,农村居住非常分散,规模较小,在政策补贴没有非常到位的情况下,很多用户会选择观望,

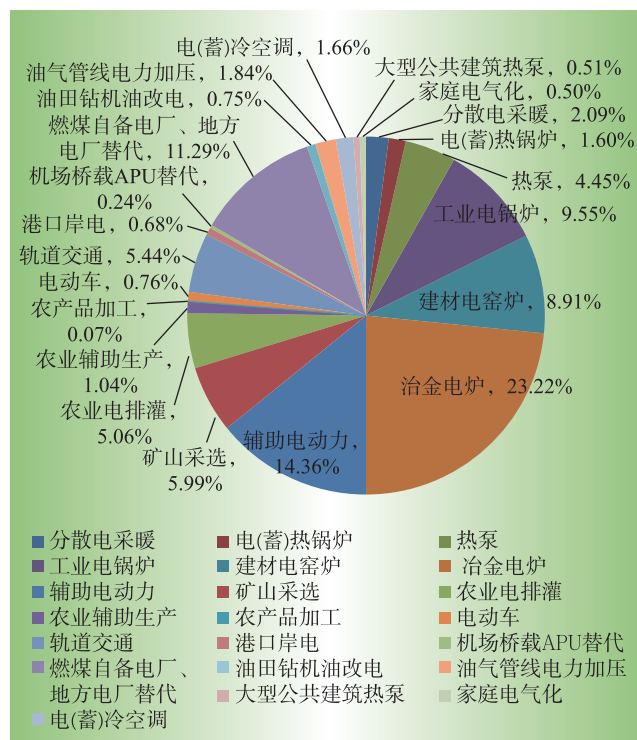


图7 2018年电能替代技术占比

Fig. 7 Proportion of electrical energy alternative technologies in 2018

同时较多农村用户思想相对保守,对于电能替代还没有透彻的了解,很难在短时间内大量接受并支持,因此电能替代发展还需假以时日。总体来看,大规模工厂发展电能替代比较迅速,而居民用户尤其是农业用户潜力巨大,还需要政策的支持与媒体的宣传。

2.3 现阶段国网电能替代完成成果

2018年,国网公司积极响应国家政策,因地制宜地开展电能替代工作,并取得了不错的效果。图8统计了国网各电力公司2018年的电能替代总量。

国网2018年电能替代完成量和国网2018年各省电能替代完成进度统计分别如图8与图9所示,就各地区的电能替代完成情况来看,山东、江苏、河南3省完成情况最好,完成量是有些省市的几倍,蒙东与西藏地区完成量较少,这与其发展电能替代的条件密不可分。总体来看,全国年计划替代电量1300亿kWh,全国共完成1353亿kWh,超额完成任务。

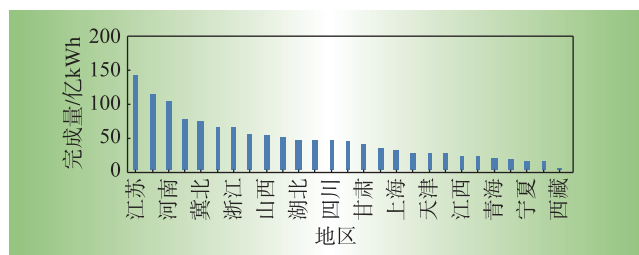


图8 国网2018年电能替代完成量

Fig. 8 Completed amount of electrical energy substitution by State Grid in 2018

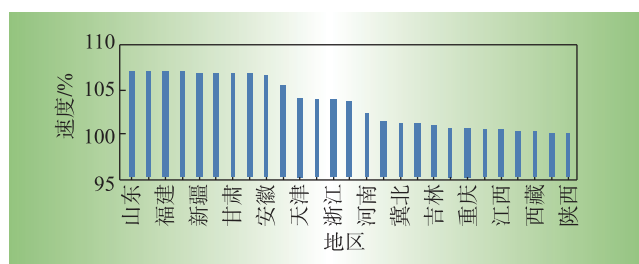


图9 国网2018年各省电能替代完成进度统计

Fig. 9 Provincial progress statistics of electrical energy alternative completion of State Grid in 2018

江苏浙江等沿海省市,电能替代发展迅速,成效显著。其一是因为该地区经济发展程度较高,经济实力雄厚,电动汽车的推广程度、港口岸电的试行情况、以及“煤改电”技术的普及程度都大大领先于其他地区。江苏将电能替代创新试点作为国网现代服务体系建设的重要内容,这为电能替代的创新提供了平台。其二是因为沿海城市多是国内著名的旅游城市、绿色城市,客观上需要减少污染。其中浙江省在开展“全电景区”建设的基础上,继续推行绿色生活方式,助力“全域旅游”先行区和示范区建设工作,推动了电能替代的发展。其三是因为沿海城市多是水稻

及农副产品的重要产区,为推广电能替代技术提供了巨大的平台。如嘉兴、湖州等地,产粮集中,促进了大米电烘干技术的推广;杭州、绍兴等地,养殖业发达,自动补光、恒湿、浇水等电气化设备得以应用;台州、温州等地,海产品丰富,为推动海产品养殖恒温、供氧电驱动技术提供了实践场景。农业生产与制造领域的电能替代需要结合产业特点进行,有条件地区可根据大气污染防治与产业升级需要,在工农业生产中推广电锅炉、农业辅助生产、电灌溉等。政府出台的有利政策,加上沿海省市得天独厚的地理条件与经济实力,为其推广新技术,发展电能替代提供了保障。

四川、湖南、河南等中部省市,相比沿海城市,自然条件并不突出,发展电能替代主要体现出两大方面的共性:一是主要依靠政策的支持。如河南人口较多,允许电能清洁取暖电量纳入电能替代“打包交易”,通过降低度电成本,给予发电奖励等方式促进电能替代发展;二是充分发挥当地的地理条件,因地制宜发展电能替代。如四川、湖南地区,水电发达,丰水期可以实现大幅降低企业到户电价水平,支持当地甚至附近西北地区“煤改电”的发展;且此处省内电火锅餐饮店占比突破40%,积极宣传电能清洁、安全,有助于提升商家品质等优势,以点带面推动省内约8500家火锅店实施“气改电”。而河北部分地区风力资源充沛,在国家政策支持下,大量风机的安装,为当地补充了不少清洁能源,从而为大力推广电能替代提供了能源支持。

对于新疆、西藏、蒙东等欠发达地区,电能替代发展相对缓慢。这种情况的出现与当地不利的发展条件密不可分。原因有以下3点:一是人员问题突出。电能替代领域涉及各行各业,替代技术不断创新,目前基层电能替代工作人员多为兼职,人员力度不足,且缺乏专业技术支撑,实际工作开展难度较大;二是政策问题。缺乏有效的电价补贴、优惠政策,多数替代项目无经济效益可言,居民电采暖等替代项目推广实施难度大;三是地区经济社会发展较缓慢。该地区多远离城市市场,基础设施不完善,人民生活水平较低,且投资来源单一,发展能力较差,能源与交通建设滞后,公共服务水平偏低,其用电量本身就较少,导致电能替代没有较好的着力点,发展相对缓慢。

2.4 污染减排贡献明显

2.4.1 各类污染物减排计算

在实行电能替代之前,散户使用未经环保处理的散烧煤采暖的情况偏多,这种情况下污染物排放较多。经数据考查可知,散户燃煤采暖所产生的污染物含量远超国家排放标准,属于空气污染物的一项重要来源。在“电能替代”工程后,散烧煤采暖被

替代,降低了相应的污染物排放。同时使用电采暖设备造成的用电量会增加,但正常火电的发电用煤经过环保处理后,污染物排放总量有很大减少。污染物排放因子表如图1所示。由表1可以计算出该地区CO、SO₂、NO_x、烟尘污染物的排放减少量。

计算公式如式(1)所示,其中发电厂每发1 kWh电需用发电用煤300 g,散户每用1 kWh电相当于烧煤320 g。

$$\Delta E_i = C_{Gi} \cdot a - C_{Gi} \cdot b \tag{1}$$

式中: ΔE_i 为第*i*种污染物的减排量; C_{Gi} 为散烧煤第*i*种污染物排放因子; C_{Gi} 为发电用煤第*i*种污染物排放因子; a 为“电能替代”减少的散户烧煤量; b 为用电增量造成的多燃烧发电用煤量。

表1 污染物排放因子表
Table 1 Table of pollution emission factors

	g/kg			
污染物	CO	SO ₂	NO _x	烟尘
散烧煤	65.24	17.12	2.80	6.37
发电用煤	0	0.43	0.85	0.17

2.4.2 环境价值标准

不同类型的污染物对环境污染的严重程度也有所不同,为了将这种影响统一化,可以将其折合成相应的环境价值,污染物环境价值如表2所示。

表2 污染物环境价值
Table 2 Environmental value of pollutants

	元			
污染物	CO	SO ₂	NO _x	烟尘
环境价值	1.00	6.00	8.00	2.20

根据前文计算得出CO、SO₂、NO_x、烟尘的减排量,进而得到总环境价值 E_{Vtotal} 。计算公式如式(2)所示

$$E_{Vtotal} = \sum \Delta E_i \cdot E_{Vi} \tag{2}$$

式中: E_{Vi} 为第*i*种污染物的环境价值。

由中国电科院汇总的各省电能替代数据,即图8所示,可换算出电能替代所导致的用电增量造成的多燃烧发电用煤量。根据表1、表2以及式(2)计算出各省的CO、SO₂、NO_x、烟尘污染物4类大气污染物的减排量,计算得到采用电能替代的环境减排的价值。

最终得出各省的环境减排值之和为 8.5×10^{15} 元。

可见,推广电能替代,有效的减少了散户对于散煤的燃烧,大量用电的结果是:有害气体的大量减少,环境保护成效很大。随着大量的清洁能源转换为电能,有效的降低了不可再生能源的消耗,不仅显著减少了污染物排放,而且改善了生活环境,大大促进了绿色低碳的发展,为我国电力行业发展拓展了更大的市场空间。

3 电能替代目前存在的问题与建议

3.1 规模化发展对电网供给保障能力的要求

随着各行业电能替代项目实施,每年将带来超过千亿kWh的电量增长,如此大的电量增长对电网的供给保障能力提出了很高的要求。尤其是在国家大力推进北方地区冬季清洁供暖的现状下,如何确保电网规划、建设及改造计划与其他政府主导的基础设施建设的同步、协调发展,已成为当前应引起各方高度关切的现实问题。

实施电能替代将全方位调整能源消费格局,是解决“弃风、弃光、弃水”等突出问题的重要手段。我国新能源发电持续快速增长,按照非化石能源消费比重达到15%的要求,到2020年,非化石能源发电装机将达到7.7亿kWh左右,占比约39%,发电量占比提高到31%。我国清洁能源资源70%以上集中在三北、西南地区,而用电负荷又多集中在东部、南部地区,供需不协调等矛盾突出,弃能问题严重。构建分层分区、科学合理的坚强网架结构,促进跨省跨区电力交易,提升荷-网-源协调互动能力,是提高清洁能源消纳水平,实现“电从远方来、来的是清洁电”电能替代目标的有力保障。

3.2 政策支持和标准规范的引导

在环境污染和化石能源枯竭的双重压力下,推动电能替代行业合理发展是支撑终端能源消费革命的重要手段。电能替代工作开展涉及到能源生产商、能源服务商、设备厂商、系统集成商、运营服务商、金融机构等众多机构间的协同互动,作为系统工程和国家战略,其发展离不开政府的政策支持和有序引导。由于各地的资源禀赋存在差异,需要在国家政策的统一指导下,广泛开展结合地域特点的政策研究,确保国家能源战略布局的精准落地。

电能替代事关我国环境保护、大气污染治理、清洁能源发展和能源消费革命,是新兴事务,除应落实我国支持实体经济和产业发展的相关支持政策外,还须强化研究财政、税收、金融等配套政策,加大环保资金向电能替代倾斜力度,增加补贴来源,设立电能替代中央预算专项资金。应从国家战略和全产业链角度出发,由追求替代项目的经济性逐步过渡到以能源流全资产效益最大化为目标,实现社会效益与经济效益的最佳结合。

电能替代应用领域广泛,技术种类繁多,但既有标准规范非常分散、系统性不强、权威性不够,这与电能替代产业的发展是脱节的。标准规范的缺失将导致认知偏差,给设备选型和方案优化带来许

多风险,影响了电能替代产业的健康发展,亟需权威的行业协会整合各利益相关方开展沟通协调,凝聚产业共识。

3.3 专业人才的支撑和舆论的引导

目前电能替代从业人员对单一产品与技术具有较好的把握能力,但综合解决方案设计水平偏低,影响了电能替代项目的经济性。开展相关业务交流培训活动,加快电能替代人才队伍建设是事关行业发展的基础性工作。电能替代推广、宣传活动主要集中在大中城市,下沉至县、区(乡镇)、村级的力度还不够,宣传内容吸引力不强。加大宣传力度、提升电能替代认知、促进“电能替代,治理雾霾”理念深入人心,是全面提高社会参与度的重要举措。

3.4 新技术、新产品研发力度的加强

电能替代技术和产品研究,涉及基础材料、核心器件、成套装备、互联网等众多领域。整合社会资源、打破行业壁垒,是实现电能替代产业升级,支撑产业可持续发展,实现多利益相关方共赢的基础性任务。需求多元是电能替代领域的显著特点。就农业而言,各地应提高电能替代在农业领域的新技术研究,将电能替代快速的融入到我国大规模的农业生产中。加大适用替代技术和产品的研究支持力度,响应国家推动创新型农业发展的号召,以创新满足电能替代在农业领域今后的需求。

4 结束语

电能替代是国家能源发展转型的重要手段,也是社会能源发展的重要趋势。对电能替代行业发展的政策与现状进行深入分析,得出以下结论:① 国家多个部门发布多项政策以促进电能替代的发展,体现出电能替代在未来中国的经济转型与发展中意义重大;② 就电能替代在各领域的应用情况看,农工业应用最为广泛,尤其大型工业更新换代相对集中,数量巨大,管理集中,电能替代优势明显,发展迅猛。而在农业领域与农村电采暖方面,设备数量增加缓慢,仍有较大的发展潜力;③ 就地域而言,沿海地区的电力发展条件完备,推广迅速。而西部地区经济条件落后,专业人员缺乏,电力发展仍需政府的大力支持;④ 就节能环保来看,电能替代的发展,大大减少了污染物的排放,对未来我国能源战略的发展具有积极意义;⑤ 就电能替代未来的发展来看,电能替代后续推广仍需要电网供给更完善的保障,相关部门加大政策支持,各地区引入专业人才以及开发与地域发展相适应的电力新技术。D

参考文献:

- [1] 王志梁,鞠文杰,梁慧媛,等. 电能替代项目商业模式探讨[J]. 电力需求侧管理, 2018, 20(3): 43-45.
WANG Zhiliang, JU Wenjie, LIANG Huiyuan, et al. Discussion on the business model of electric energy replacement projects[J]. Power Demand Side Management, 2018, 20(3): 43-45.
- [2] SIMONE B, RIEEARDO M P, FEDERIEO M P. Non-renewable recourses based on Odum's models of withdrawing renewable and energy system theory and Daly's quasi-sustainability principle [J]. Ecological 2009, 24 (16) : 126-130.
- [3] NGUYEN M H, NGUYEN V P. Modeling, growth and convergence in a model renewable and non-renewable resources: existence, transitional dynamics, with and empirical evidence[C]. LERNA: University of Toulouse, 2011.
- [4] ROBALINO L A, MENA N A, GARCIA J E. System dynamics modeling for renewable energy and CO₂ emissions: a case study of Ecuador[J]. Energy for Sustainable Development, 2014, 20(1): 11-20.
- [5] LONG X, NAMINSE E Y, DU J, et al. Nonrenewable energy, renewable energy, carbon dioxide emissions and economic growth in China from 1952 to 2012[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2015, 52: 680-688.
- [6] JAFORULLAH M, KING A. Does the use of renewable energy sources mitigate CO₂ emissions[J]. Energy Economics, 2015, 49: 711-717.
- [7] 李作锋. 江苏电能替代的研究与实践[J]. 电力需求侧管理, 2016, 18(5): 1-3.
LI Zuofeng. Research and practice of Jiangsu electric energy replacement [J]. Power Demand Side Management, 2016, 18(5): 1-3.
- [8] 马驰, 胡应得. 能源替代性经济分析[J]. 商业研究, 2004, (22): 42-44.
MA Chi, HU Yingde. Energy alternative economic analysis[J]. Business Studies, 2004, (22): 42-44.
- [9] 朱庚富, 刘思泪, 蹇文青. “以电代煤”环境效益分析[J]. 云南环境科学, 2000, 19(21): 57-59.
ZHU Gengfu, LIU Silei, PU Wenqing. “Electric coal instead” environmental benefit analysis [J]. Yunnan Environmental Science, 2000, 19(21): 57-59.
- [10] 全志强. 河北南网实施电能替代相关问题研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2016.
TONG Zhiqiang. Hebei south network implementation of electrical energy substitution related issues [D]. Beijing: North China Electric University, 2016.
- [11] 杨子成, 杜雅飞, 武志宏, 等. 山西电能替代发展现状及营销策略研究[J]. 电力需求侧管理, 2018, 20(1): 39-41.
YANG Zicheng, DU Yafei, WU Zhihong, et al. Research on the status and marketing strategy of Shanxi electric power alternative development [J]. Power Demand Side Management, 2018, 20(1): 39-41.

作者简介:

于海波(1995),男,河北张家口人,硕士研究生,研究方向为电能替代评价方法与商业模式;

苏娟(1980),女,黑龙江哈尔滨人,博士,教授,研究方向为电力节能与需求侧管理。

(责任编辑 陈 可)