

# 我国乡村电气化发展现状与工作建议

胡永朋<sup>1</sup>,陈俊章<sup>1</sup>,高玉明<sup>2</sup>,尹明立<sup>2</sup>,王建宾<sup>2</sup>,黄泽涛<sup>3</sup>,苏娟<sup>3</sup>

(1. 国家电网有限公司,北京 100031;2. 国网山东省电力公司,济南 250001;3. 中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083)

## Development status and working suggestions of rural electrification in China

HU Yongpeng<sup>1</sup>, CHEN Junzhang<sup>1</sup>, GAO Yuming<sup>2</sup>, YIN Mingli<sup>2</sup>, WANG Jianbin<sup>2</sup>, HUANG Zetao<sup>3</sup>, SU Juan<sup>3</sup>

(1. State Grid Corporation of China, Beijing 100031, China;2. State Grid Shandong Electric Power Company, Jinan 250001, China;3. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**摘要:**随着乡村振兴战略的全面实施,农业现代化产业化的加速发展,中国能源逐步推动绿色低碳转型,能源革命提上议程,以农村能源革命为引领的乡村电气化进入发展新阶段。分析了我国乡村电气化的发展现状,剖析了其在双碳目标、低碳清洁转型和乡村振兴战略等多元背景下存在的问题,并结合高比例新能源,在农村电网建设、工作推动机制、电力普遍服务、投资创新内驱力等方面提出了工作建议。

**关键词:**乡村电气化;新型农村电网;乡村振兴战略;工作建议

**Abstract:** With full implementation of the rural revitalization strategy and the accelerated development of agricultural modernization industrialization, China's energy has gradually promoted the green and low-carbon transformation, the energy revolution has been put on the agenda, and the rural electrification led by the rural energy revolution has entered a new stage of development. The development status of rural electrification in China, and its problems under the background of dual carbon objectives, low-carbon clean transformation and rural revitalization strategy is analyzed. Combined with high proportion of new energy, some suggestions are put forward on rural power grid construction, work promotion mechanism, power universal service, investment innovation drive and so on.

**Key words:** rura electrification; new rural power grid; rural revitalization strategy;work recommendations

## 0 引言

党的二十大报告指出,全面推进乡村振兴,坚持农业农村优先发展,坚持城乡融合发展,畅通城乡要素流动。农村能源供应作为农村基础设施和公共服务的重要环节,是实现农业强、农村美、农民富从而助力乡村振兴战略实施的重要动力和支撑,也是实现“双碳”目标的重要手段<sup>[1]</sup>。

乡村电气化是实现能源清洁供给的重要手段,实现农业农村现代化的重要组成部分。乡村振兴战略实施以来,国家出台多项政策举措,加快推进乡村电气化,如《国家乡村振兴战略规划(2018年—2022年)》明确提出,构建农村现代能源体系,推进农村能源消费升级,大幅提高电能在农村能源消费中的比重。立足农村自身资源禀赋,推进农村能源革命,为老百姓脱贫致富提供能源动力,是能源企业服务脱贫攻坚和乡村振兴战略的重要落脚点。

乡村振兴战略全面实施、农业现代化产业化加速等多元背景下,农村能源消费结构转型、农业规模化经营、农民生活水平等方面的提升对乡村电气化提出了更高的要求。因此,本文对我国乡村电气化发展现状进行分析,深入剖析目前存在问题及其发展趋势,并提出新需求下乡村电气化的发展建议。

## 1 我国乡村电气化相关政策

实施乡村振兴战略以来,我国围绕加强农村电网建设、现代农业科技和物质装备支撑,推进农业绿色发展、设施农业发展等方面出台了多项政策安排。国家能源局、中共中央、国务院等国家有关部门下发的《关于实施乡村振兴战略的意见》、《关于做好2022年全面推进乡村振兴重点工作意见》等乡村振兴文件对乡村电气化主要提出了以下要求:一是加快新一轮农村电网改造升级,为乡村振兴保驾护航;二是加强乡村清洁能源建设,提高电能在农村能源消费中的比重;三是以电气化推动乡村智慧能源建设应用与能源消费低碳转型。

收稿日期:2023-05-15;修回日期:2023-07-11

基金项目:国家电网有限公司科技项目(22GC12345)

各个地方政府出台的乡村电气化的一系列政策则根据当地情况对乡村电气化提出了具体的要求。鉴于山东和江苏等省份的农业发达、当地电网建设情况较好,提出了数字化、低碳化等要求;针对广西、湖北、河南等的农村电网,提出了进一步加强基础建设以及城乡一体化协调发展的扎实策略;鉴于海南的丰富旅游资源,提出了乡村数字化、清洁能源旅游基地等要求;鉴于沿海城市暴雨和洪涝频发,提出了以助力供水、供电、供气以及消防消灾为目标的乡村电气化基础建设要求。

在国家和地方政府的政策推动下,我国乡村电气化投资约达城网投资的两倍,农村电网的快速发展有效支撑农业农村现代化发展。

## 2 我国乡村电气化发展现状

乡村电气化水平反映了我国农业生产、乡村企业和农民生活中使用电力商品能的程度,同时也折射出能源行业服务农村经济社会发展的能力和水平。根据国家能源局统计数据,2011年至2021年我国的乡村用电总量(2020年起,农村用电量口径改为“农林牧渔业用电量+乡村居民生活用电量”,数据来源于中国电力企业联合会)变化如图1所示,2019年,我国乡村用电总量为9 482.9亿kWh,较2011年的7 139.6亿kWh增长了32.8%,我国乡村用电总量稳步提升。



图1 我国乡村用电量变化(2011—2021年)

Fig. 1 Changes of rural electricity consumption in China (2011—2021)

### 2.1 我国农村电网发展有效满足乡村电气化需要

与城市电网相比,我国的农村电网具有独特的经济技术特征。就供电区域而言,县及县以下区域的供电体系构成了农电系统。我国农村电网已逐步形成了以110 kV或220 kV为主网架,35 kV、10 kV链式和放射式配电网结构为主要配电网结构的农村电网网络体系<sup>[2]</sup>。

截至2022年,我国农村综合电压合格率从2015年的94.960%提升到99.808%,供电可靠率达

99.856%<sup>[3]</sup>。农村户均停电时间从2015年的50多h降低到15 h左右,户均配电容量从1.84 kVA提高到2.70 kVA<sup>[4]</sup>。实现了大电网延伸覆盖至全部县城,完成了“机井通电”和“村村通动力电”的目标。

同时,电网企业积极赋能服务乡村振兴,截止2022年7月,南方电网5省区乡镇充电桩覆盖率达到60%,乡镇覆盖点达2 754个<sup>[5]</sup>。截至2022年8月,海南电网公司共投资250亿元农网助力“美丽海南百镇千村”、50个特色小镇建设;2022年,广西电网公司完成85亿元农村电网巩固提升专项投资和近6 000万元的顶带能帮扶项目建设<sup>[6]</sup>。而在国家电网公司经营区内实现了160 kW及以下小微企业“三零”服务全覆盖,并在27家省级电力公司全面实现企业“一证办电”、居民“刷脸办电”,进一步优化了农村电力营商环境。

### 2.2 我国农业电气化水平稳步提升

电气化生产清洁高效、机动灵活、稳定可靠,既是农业机械化、自动化的技术基础,也是实现乡村产业低碳发展的重要途径。

农业生产因农网改造升级普遍受益。2019年国家电网公司实施完成机井通电、村村通动力电、小城镇(中心村)电网建设工程,惠及农村居民1.6亿人,仅机井通动力电一项就涉及农田1.5亿亩,每年可为农民节省灌溉成本100多亿元。

随着农村电网供电能力的提升,农村工业,农产品加工业,供水、排灌、制冷、通风等农业固定作业已普遍实现高度电气化。2020年我国农业机械总动力达到105 622.1万kW,全国实际机耕面积、机播面积、机械植保面积和机械收获面积分别占总耕地面积的85.49%、58.98%、67.28%和64.56%。据《中国电力年鉴》统计,我国农、林、牧、渔业电气化水平不断攀升<sup>[7]</sup>。2016年至2021年我国农、林、牧、渔业用电量变化如图2所示。2021年我国农、林、牧、渔业用电量合计为1 487亿kW,比2016年增长36.18%;

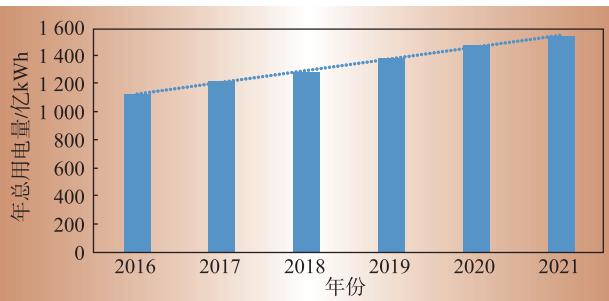


图2 中国农、林、牧、渔业用电量变化(2016—2021年)

Fig. 2 Changes in electricity consumption of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery in China (2016—2021)

2021年我国各行业用电装接容量为64.77亿kW,其中农、林、牧、渔业用电装接容量为2.69亿kW,占各行业用电装接容量的4.51%;2021年我国农、林、牧、渔业用电用户个数为14 870 370户,比2016年增加了46.11%。

2022年世界农林渔业电气化率62.08%(根据2022年IEA世界能源统计平衡简表测算),2022年我国农业与乡村居民生活电气化率达35.20%,长三角乡村居民生活用电基数大、粤港澳大湾区农业用电量全国领先,两个区域的农村电气化已经接近世界先进水平,但总体尤其是我国西北地区乡村再电气化潜力巨大。随着智慧农业的推进,农业信息技术与农机农艺融合应用将进一步提高,我国农业生产电气化水平将稳步提升。

### 2.3 我国农民生活电气化全面普及

改善农民群众生活水平、提升生活质量是乡村生活电气化的重要内容。近年来,随着农村电网发展和“家电下乡”等政策实施的普及,农村用电需求得到极大释放。以“三区三州”为例,2018年国家电网启动“三区三州”电网攻坚行动以来,改造区域新增冰箱7.2万台、洗衣机12.7万台、电视机21.1万台、电炊具26.6万台、电加工设备14.3万台,农用电动三轮车快速普及。中国汽车工业协会统计数据显示<sup>[8]</sup>,2021年新能源汽车下乡车型共销售106.8万辆,同比增长169.2%,比整体市场增速高约10%,贡献率逼近30%。

2016年至2021年我国乡村居民用电量变化如图3所示,2021年,我国农村低压居民生活用电量为5 140亿kWh,较2016年同期增长37.41%。2020年电力在农村居民终端商品能源消费占比达到39%,较2015年同期增长11.5%。我国乡村居民生活电气化全面普及,农村居民生活质量大幅提高。

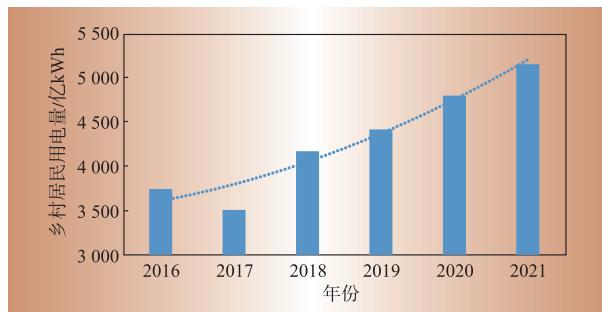


图3 我国乡村居民用电量变化(2016—2021年)

Fig. 3 Changes in electricity consumption of rural residents in China(2016—2021)

### 2.4 电网基础建设支撑能源转型和电能替代

2013年,国家电网公司印发电能替代实施方案,在公司经营区域全面启动电能替代工作。2014年,国家能源局、国务院扶贫办联合印发《关于实施光伏扶贫工作方案》,并随后启动光伏扶贫试

点工作。2016年,南方电网公司印发《南方电网电能替代工作指导意见》,正式启动电能替代工作。

2018年,国家电网有限公司和南方电网公司经营区域共推广完成电能替代电量1 353亿kWh<sup>[9]</sup>。2021年,国家电网有限公司推动实施电能替代项目8.98万个,完成替代电量1 532亿kWh,南方电网公司完成替代电量359亿kWh,农业生产与加工领域完成替代电量13.5亿kWh。电能替代为促进大气污染治理,推进能源生产和消费革命等各方面做出积极贡献。

根据农村统计年鉴,我国乡村主要用能端(农、林、牧、渔业以及农副食品加工业)2012年至2020年能源消耗统计情况如图4所示。我国农业生产和乡村产业的能源消费构成中以柴油和煤炭为代表的化石能源正逐渐被电能等清洁能源所取代。2019年,全国主要流域水电利用率达到96%,风电利用率达到96%,光伏利用率达到98%<sup>[10]</sup>,均已经达到国际领先水平,农村地区用能方式深刻改变。



图4 我国乡村主要用能端能源消耗统计(2012—2020年)

Fig. 4 Statistics of energy consumption in rural areas of China(2012—2020)

随着能源转型的不断推进,“光伏+产业”持续较快发展,农光互补、畜光互补等新模式广泛推广,增加了贫困村和贫困户的收入。截至2020年10月,我国光伏扶贫项目建设任务全面完成,全国累计建成2 636万kW光伏扶贫电站。光伏扶贫项目惠及近6万个贫困村、415万贫困户,每年可产生发电收益约180亿元,相应安置公益岗位125万个。

综上所述,我国的乡村电气化水平发展迅速,农村电网建设稳步推进,具体发展情况可总结如下:

(1) 我国2022年农业与乡村居民生活电气化率达35.2%,长三角地区和粤港澳大湾区的乡村电气化水平已达世界先进水平,但我国总体尤其是西

北地区乡村再电气化潜力巨大。

(2) 在我国农村电网基础设施建设和电能替代项目实施下,我国乡村居民生活电气化全面普及、农业生产电气化水平稳步提高,农村新能源利用率已达到国际领先水平,已经初步满足农业生产与农民生活需要。但仍需以电气化推动乡村智慧能源建设应用与能源消费低碳转型,助力乡村振兴战略。

### 3 我国乡村电气化发展存在问题

近年来,我国的乡村电气化在电气化深度和广度方面取得了巨大成就,并始终安全可靠地保障着农村地区的电力能源供给和普遍服务。随着双碳目标、低碳清洁转型和乡村振兴战略的提出,在“十四五”及今后较长一段时期内,乡村电气化事业将同时面临重大机遇和挑战,主要表现在农村电网建设需与新技术发展相匹配、农村电网建设需满足区域差异化发展需求、乡村电气化投资与创新的内驱力不足、偏远地区电力普遍服务存在短板4个方面。

#### 3.1 农村电网建设需与新技术发展相匹配

我国农村地区可再生资源禀赋丰富,农村每年可能能源化利用的生物质资源总量约相当于4.6亿tce,分布式光伏技术可开发潜力达10亿kW以上,分散式风电技术可开发潜力达2.5亿kW,地热资源年可开采资源量折合标准煤约26亿t。同时农村地区具有用能分散、能源消费需求各异<sup>[11]</sup>等用能特点,是分布式能源发展的重要场景。

在新型电力系统建设背景下,大量分布式光伏和多种新能源电源的接入将使农村电网的物理特性由单向潮流的放射状无源网络变成具有大量分布式电源的多向潮流的有源网络,将会带来以下两方面的突出问题。

一是可再生能源发电与消纳能力的差异问题。当本地用电量较低、无法完全消纳分布式电源发电量时,产生大量返送电量的现象,从而出现变压器倒送电、设备和线路过载、以及配电网安全和运行稳定问题。2021年浙江衢州全社会最高负荷为342万kW,光伏装机165万kW,不但存在白天局部区域光伏发电倒送电网,而且存在部分时段整个市域光伏发电难以消纳的问题<sup>[12]</sup>。

二是技术发展水平与电网承载能力的差异问题。未来的农村电网中将出现很多电力产消者:以大量智能设备和先进信息与通信技术为基础,未来配电网中供给和需求双方互动成为可能,任何一个个体都可以同时是电能的生产者和消费者,即产消者。产消者即可以向电网注入电能,也可以消耗电能,因此会导致电能的双向电流。而传统单端辐射

型结构所配置的无方向过流电流保护将无法满足双向潮流的要求。

#### 3.2 农村电网建设需满足区域差异化发展需求

我国地域辽阔,东西部之间人口和经济发展水平不平衡。在区域协调发展战略城乡一体化发展、乡村振兴等多重因素影响下,2021年我国的农村人口如图5所示,农村人口主要集中在东部地区。2021年我国农村居民人均可支配收入如图6所示,农村居民人均可支配收入呈现出东部沿海地区高于中西部地区的趋势,具有区域发展差异化特点。

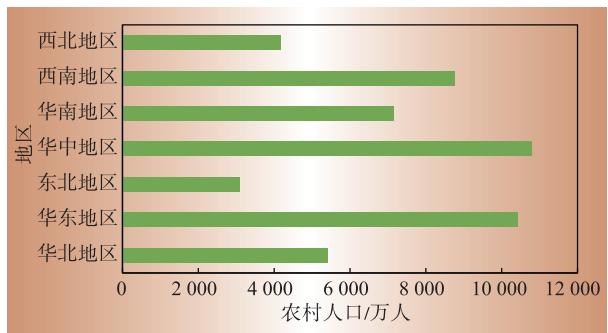


图5 2021年我国农村人口分布

Fig. 5 Distribution of rural population of China in 2021



图6 2021年我国农村居民人均可支配收入

Fig. 6 Rural per capita disposable income of China in 2021

根据《中国电力年鉴》统计数据,我国农村2021年用电量地图如图7所示,上海、江苏、浙江以及广州等东部沿海地区的乡村用电量明显高于中西部地区。

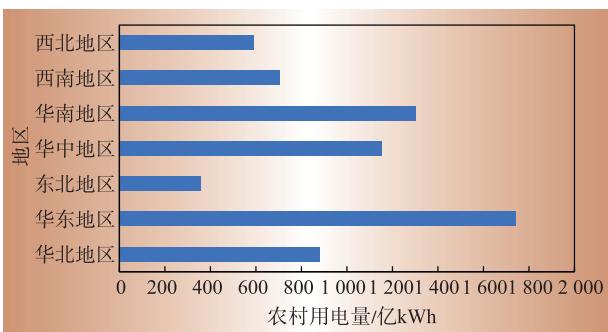


图7 2021年我国农村用电量

Fig. 7 Rural electricity consumption of China in 2021

综图5、图6、图7数据所述,人口分布和人均收入水平是农村用电量的关键影响因素。我国农村人口主要集中于东部沿海地区,且该地区人均可支配收入较高,因此东部地区需要更多的电力供应和电力设施建设来满足用电需求。相比之下,我国中西部地区人口相对较少且人均收入相对较低,居民电力需求较为有限。

在农村用电量、人口分布与经济水平存在差异性的区域发展背景下,我国东中部将保持电力负荷中心的地位。在东部地区,随着人口和用电设备的不断增长,如何有效满足日益增长的用电需求是一个迫切需要面对和解决的重要课题。同时,地处经济欠发达地区的县级电网企业,如何利用有限的电网建设资金获得良好的综合效益,以满足地方经济社会发展和人民生活对电力的需求,也是一个亟待解决的挑战。

### 3.3 乡村电气化投资与创新的内驱力不足

农业生产对种子、化肥、机械等生产要素成本十分敏感,而且生产周期长、回报慢,易受价格波动影响。以智能温室项目为例,智能温室建设成本在3 000元/m<sup>2</sup>以上<sup>[13]</sup>,建设一个标准大棚(120 m×15 m)平均投入50余万元,3到4年左右才能收回建设成本,增加物联网等智慧农业设施需要额外投资约15万元,导致投资回收期延长1年左右。

我国农村生产经营方式存在显著的地域性差异,乡村电气化技术研发需基于大田种植、丘陵农业、特色种养殖等应用场景进行细分,存在着研发创新成本高、投入产出比低、难以吸引社会资本投资的问题。同时叠加市场主体对乡村电气化技术持保守态度,导致相关主体缺乏乡村电气化创新与投资的内驱力。

### 3.4 乡村电力普遍服务仍存在短板

电力普遍服务是实施乡村电气化的必要条件,也是维护经济社会平稳运行的重要基础。目前我国偏远地区的离网型独立微电网建设快速发展,但由于历史原因和地理环境因素影响,偏远地区普遍电力服务仍存在短板。

在东北等粮食主产区,农村地区普遍服务面积广,粮食生产用电完全靠本省工商业用电承担交叉补贴,既推高了省内工商业电价,也导致电力普遍服务投入跟不上。在四川、西藏、青海等省(区)内,仍有1 261个行政村通过离网光伏或小水电供电。该方式易受太阳辐照时间或河流枯水期等因素影响,供电负荷小、稳定性差,制约了当地产业发展、群众生活改善和经济社会发展。若采取大电网延伸供电方式,则电网建设资金投入巨大,运维成本高。

湘西地区因其电力普遍服务的供应成本很高,成为脱贫攻坚时期的重点关注区域,具有一定的典型性

和代表性。文献[14]利用评价指标体系对湘西地区进行了乡村电力普遍服务指标分析,算例证明乡村普遍供电服务有待于进一步提升执行力和服务水平。

## 4 我国乡村电气化工作建议

乡村电气化始终是农业农村发展的主流方向,在我国农业现代化进程中发挥关键性作用。推动乡村电气化将有效提高我国农民生活质量、农业生产效益,对加快农村能源生产消费转型、巩固拓展脱贫攻坚成果、促进乡村低碳发展具有重要意义。

### 4.1 实施新型农村电网建设与改造

面对新型农村电网带来的可再生能源发电与消纳能力的差异问题以及技术发展水平与电网承载能力的差异问题,应当实施新型农村电网建设与改造。因此,提出以下3点建议。

一是加大农村电网基础设施投入,加快实施农村电网巩固提升工程,聚焦脱贫地区等农村电网薄弱环节,加快消除农村电力基础设施短板,提升农村电网供电可靠性。用中央预算内资金重点支持乡村振兴重点帮扶县、其他脱贫地区、革命老区等农村电网薄弱地区,持续提升农村电网供电保障能力,满足大规模分布式新能源接入和乡村生产生活电气化需求。

二是基于新型电力系统的高比例新能源供给消纳体系和“源-网-荷-储”多向协同特性,围绕分布式新能源并网消纳、边远地区供电保障、工商业园区个性化用能需求等典型场景开展分布式智能电网建设。提高对分布式能源设备、储能设备和用电设备的集中控制和调度水平,实现源网荷储多向协同,提高农村电网的可靠性、灵活性和能源利用效率。

三是农网改造工作应严格执行有关设计、施工、验收等技术规程和规范,注重整体布局和网络结构的优化,建设与现代化农业、美丽宜居乡村、农村产业融合相适应的新型农村电网。

### 4.2 构建政府主导、多重主体协作的工作推进机制

新型农村电网的运营模式应当同时满足新型电力系统建设和电力体制改革的高要求,支持各类市场主体依法平等进入农村电气化建设领域,充分发挥市场在资源配置中的决定性作用,将农村能源建设及其配套电力基础设施建设纳入经济社会发展规划,并从资金、人力、技术、政策等方面给予支持。

在政府层面,应当将乡村电气化纳入乡村振兴整体规划,纳入地方政府年度重点工作,完善政策支持体系。健全完善乡村电气化统计指标体系,以数据驱动乡村电气化政策体系建设。

在电网企业层面,应当不断提升农村电网供电

保障能力和农村供电服务水平,加大农村电能替代技术、电气化新型实用技术、新型用电产品等的推进力度,做好乡村电气化重点项目配套电网建设。

在协作层面,政府应当出台政策推动农业生产、乡村产业领域供给侧结构性改革,鼓励优势企业联合设备供应商、农业科研等机构,打造乡村电气化产业联盟,宣传推介乡村电气化先进技术和建设经验,引导农户、村集体等市场主体主动参与乡村电气化。

#### 4.3 引导社会资本进入乡村电气化领域

面对由于乡村电气化创新与投资内驱力不足的问题,应当引导社会资本进入乡村电气化领域。因此,提出以下3点建议。

一是深化输配电价改革,推动输电价格和配电价格分开核定,完善定价制度、理顺电价结构,创新激发社会资本投资活力,采取“以点带片、由片到面”的辐射推广策略<sup>[15]</sup>,积极培育分布式发电项目售电、增量配电网、储能、综合能源服务等新兴市场主体。

二是建立完善社会资本投资融资对接合作机制,电力营销部门应当构建以客户为中心的业务组织架构<sup>[16]</sup>。为农村生产主体提供政策、融资、技术、产品信息,同时为社会资本提供客户需求、扶持政策、收益测算等信息服务,让市场主体形成准确预期,提升参与积极性。

三是聚焦农业全产业电气化,完善政府、供电企业和社会资本合作模式,引导社会资本进入农产品深加工、设施农业电气化等领域,推动参与各方发挥各自优势,推动构建乡村电气化整体开发模式,激发市场活力,提升总体电气化水平,培育农村经济发展新动能。

#### 4.4 研究建立新时代乡村电力普遍服务机制

基于目前的乡村电气化存在着普遍服务机制仍需完善、投资与创新内驱力不足的问题,从新时代乡村电力普遍服务机制、电力普遍服务投资政策体系、电力普遍服务补偿机制3个层面提出建议。

一是建立如图8所示的乡村新时代电力普遍服务机制。政府公益性电力普遍服务体系发挥组织引导和规范管理的主体作用;市场营利性农技服务组织、科研院所与大专院校、农民合作组织等主体互为补充和供需方,承接电力普遍服务相关责任,充分发挥多元主体各方优势。将电力普遍服务机制与市场、科研组织、农业生产等有机结合,稳步推进电力普遍服务。

二是完善新型电力系统建设下的电力普遍服务投资政策体系,建立“政府引导、市场运作、

社会参与”的多元化投资机制,拓展融资渠道,提供多方位融资途径。

三是完善电力普遍服务补偿机制,将电网企业因提供普遍服务产生的投资及成本通过输配电价予以疏导,适当提高东部地区电网企业准许收益率,允许将东部电网援建资产和成本在东部电网输配电价中回收,支持电网内部东西帮扶,增强中西部地区电网发展能力。

### 5 结束语

乡村振兴战略全面实施、农业现代化产业化加速等多元背景下,中国能源发展开始向绿色低碳转型,能源革命提上议事日程,通过农村深度电气化实现以电为主、多能互补协调发展推动农村能源转型对巩固拓展脱贫攻坚成果、促进乡村振兴,实现碳达峰、碳中和目标和农业农村现代化具有重要意义。本文围绕乡村电气化的发展现状、存在问题和工作建议开展调研和分析,主要工作及结论如下:

(1) 分析了我国乡村电气化的发展现状,并针对我国乡村振兴政策的电气化需求进行了深入分析。研究发现,农村电网电力保障水平稳步提升、农业生产与农民生活等“三农”领域电气化水平稳步提升、电网基础设施建设支撑能源转型和电能替代的作用逐步彰显。

(2) 剖析了双碳目标、低碳清洁转型和乡村振兴战略下乡村电气化事业发展存在的问题。研究发现,农村电网建设需与新技术发展相匹配、农村电网建设需满足区域差异化发展需求、乡村电气化投资与创新的内驱力不足、偏远地区电力普遍服务尚存在短板。

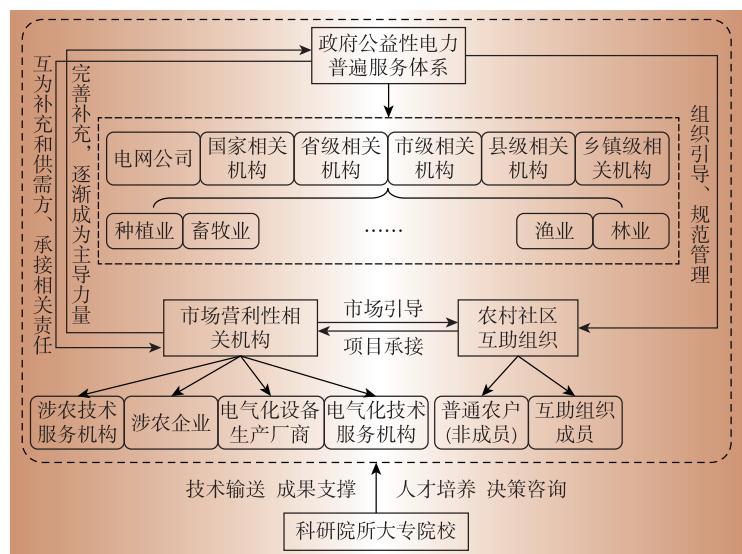


图8 乡村新时代电力普遍服务机制

Fig. 8 Rural new era power universal service mechanism

(3) 提出了乡村电气化发展的工作建议。未来应加大农村电网基础设施投入,构建政府主导、多重主体协作的工作推进机制,引导社会资本进入乡村电气化领域,研究建立新时代乡村电力普遍服务机制。**D**

## 参考文献:

- [1] 李鹏,张艺涵,李慧璇,等.加快乡村电气化进程 助力构建农村现代能源体系[J].河南电力,2022(7):16-17.  
LI Peng, ZHANG Yihan, LI Huixuan, et al. Accelerate the process of rural electrification to help build a modern rural energy system[J]. Henan Electric Power, 2022(7):16-17.
- [2] 刘健辰,张淏源,刘傲阳,等.动态无线充电下电气化交通网-配电网运行机理与协同优化[J].电力系统自动化,2022,46(12):107-118.  
LIU Jianchen, ZHANG Haoyuan, LIU Aoyang, et al. Operation mechanism and co- optimization for electrified transportation-distribution networks with dynamic wireless charging[J]. Automation of Electric Power Systems, 2022, 46(12):107-118.
- [3] 程鹏,刘文泉,陈冲,等.面向电气化铁路牵引供电的光伏发电分相电流控制策略[J].电力系统自动化,2022,46(19):145-153.  
CHENG Peng, LIU Wenquan, CHEN Chong, et al. Individual phase current control strategy of photovoltaic power generation for traction power supply of electrified railway[J]. Automation of Electric Power Systems, 2022, 46(19):145-153.
- [4] 章建华.为全力打赢脱贫攻坚战提供坚强能源保障[J].中国电业,2021,(1):4-7.  
ZHANG Jianhua. Providing strong energy security to fully win the battle against poverty[J]. China Electric Power Industry, 2021, (1): 4-7.
- [5] 本刊编辑部.持续赋能服务乡村振兴[J].农电管理,2022,323(10):1.  
The Editorial Department of This Journal. Continuing empowerment to serve rural revitalization[J]. Rural Power Management, 2022, 323(10):1.
- [6] 韦露,黄哲.三组数据看乡村振兴图景[J].广西电业,2023,274(Z1):10-12.  
WEI Lu, HUANG Zhe. Three sets of data to see the picture of rural revitalization [J]. Guangxi Electric Power Industry, 2023, 274(Z1):10-12.
- [7] 编委会中国电力统计年鉴.中国电力统计年鉴[M].中国统计出版社,2021.  
China Electric Power Statistical Yearbook. China electric power statistical yearbook [M]. China Statistical Publishing House, 2021.
- [8] 邱彬,王芳.2023年中国汽车行业发展趋势展望[J].汽车工业研究,2023,(1):2-9.  
QIU Bin, WANG Fang. Prospect of the development trend of China's automobile industry in 2023[J]. Automobile Industry Research, 2023, (1):2-9.

- [9] 于海波,陈景琪,刘强,等.电能替代行业现状分析与建议[J].电力需求侧管理,2020,22(3):2-7.  
YU Haibo, CHEN Jingqi, LIU Qiang, et al. Analysis and suggestions on the current situation of electrical energy substitution industry [J]. Power Demand Side Management, 2020, 22(3):2-7.
- [10] 胡鞍钢.中国实现2030年前碳达峰目标及主要途径[J].北京工业大学学报(社会科学版),2021,21(3):1-15.  
HU Angang. China's goal of achieving carbon peak by 2030 and its main approaches [J]. Journal of Beijing University of Technology (Social Science Edition), 2021, 21(3):1-15.
- [11] 陆佳琳,方舒,杜松怀,等.高比例可再生能源新型农村电网的技术挑战与展望[J].电力需求侧管理,2022,24(6):38-43.  
LU Jialin, FANG Shu, DU Songhuai, et al. Technical challenges and expectation of new rural power grid with high proportion of renewable energy [J]. Power Demand Side Management, 2022, 24(6):38-43.
- [12] 孔繁钢.应对大规模分布式光伏接入,如何打造新型农村电网?[J].中国电业,2021(11):80-81.  
KONG Fangang. In response to large-scale distributed photovoltaic access, how to build a new rural power grid? [J]. China Electric, 2021(11):80-81.
- [13] 陈梦恺,付保川,吴征,等.微电网中博弈问题及其发展动向[J].电器与能效管理技术,2021(1):1-8.  
CHEN Mengkai, FU Baochuan, WU Zheng, et al. Game problems in micro-grid and its development trend[J]. Electrical & Energy Management Technology, 2021(1):1-8.
- [14] 蔡建刚,杨杰.湘西地区农村电力普遍服务评价指标体系的构建[J].吉首大学学报(自然科学版),2019,40(5):63-70.  
CAI Jianguang, YANG Jie. Constructing the evaluation index system of electricity universal service in western hunan [J]. Journal of Jishou University (Natural Science Edition), 2019, 40(5):63-70.
- [15] 沈卫东,路妍,赵哲源,等.电网企业参与分布式发电项目售电竞争环境分析[J].电力需求侧管理,2018,20(3):20-23.  
SHEN Weidong, LU Yan, ZHAO Zheyuan, et al. Situation analysis of state grid company joining in distributed generation power salecompetition [J]. Power Demand Side Management, 2018, 20(3):20-23.
- [16] 王拓,杨建萍,谈康.以市场为导向的电力营销管理探讨[J].电力需求侧管理,2018,20(2):54-56.  
WANG Tuo, YANG Jianping, TAN Kang. Discussion of market- oriented electric marketing management [J]. Power Demand Side Management, 2018, 20(2):54-56.

## 作者简介:

胡永朋(1984),男,山东临沂人,工程师,主要从事农村电气化技术研究;  
苏娟(1980),女,通信作者,天津人,副教授,主要从事电力市场、电力需求侧管理研究。

(责任编辑 张文翰)