

基于农村能源革命的生态文明建设典型范式和实施路径研究

刘晓龙^{1,2}, 葛琴², 姜玲玲², 呼和涛力³, 崔磊磊⁴, 李彬¹, 杜祥琬⁴

(1. 清华大学社会科学学院, 北京 100084; 2. 中国工程院战略咨询中心, 北京 100088; 3. 常州大学, 江苏常州 213164; 4. 中国工程物理研究院, 北京 100083)

摘要: 我国生态文明建设的薄弱环节在农村, 农村能源革命是促进农村生态文明建设、实施乡村振兴战略的重要内容。本文在分析我国农村能源消费和生产现状以及面临主要问题的基础上, 综合考虑不同地区农村经济发展水平、资源禀赋与能源消费等特征, 按照经济发达的城郊型农村、经济中等发达的传统型农村、经济欠发达的偏远型农村 3 种农村地区类型划分, 总结了基于农村能源革命的生态文明建设典型范式和实施路径。研究表明, 经济发达的城郊型农村宜采用“统筹规划、完善设施, 城乡互动、能源互联”的能源革命典型范式, 经济中等发达的传统型农村宜采用“因地制宜、多能互补, 节能优先、效能为本”的能源革命典型范式, 经济欠发达的偏远型农村宜采用“集中开发、外送为主, 电能消费、需求保障”的能源革命典型范式。相关研究可为我国农村能源革命和生态文明建设实践提供参考。

关键词: 农村能源革命; 生态文明建设; 因地制宜; 城乡融合

中图分类号: X24 **文献标识码:** A

Typical Paradigms and Implementation Paths for Ecological Civilization Construction Based on Rural Energy Revolution

Liu Xiaolong^{1,2}, Ge Qin², Jiang Lingling², Huhetaoli³, Cui Leilei⁴,
Li Bin¹, Du Xiangwan⁴

(1. School of Social Sciences, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Center for Strategic Studies, Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China; 3. Changzhou University, Changzhou 213164, Jiangsu, China; 4. Chinese Academy of Engineering Physics, Beijing 100083, China)

Abstract: The weak link of ecological civilization construction in China lies in rural areas. Rural energy revolution plays an important role in promoting ecological civilization construction in rural areas and implementing the strategy of rural revitalization. In this paper, the current situation of energy consumption and production in rural areas in China and the main problems facing it are summarized, and the vast rural areas in China are categorized into developed suburban rural areas, underdeveloped traditional rural areas, and remote rural areas, according to economic development levels, resource endowment, and energy consumption. Furthermore, typical paradigms and implementation paths for ecological construction based on rural energy revolution are proposed. Developed suburban rural areas

收稿日期: 2019-08-10; 修回日期: 2019-09-25

通讯作者: 杜祥琬, 中国工程物理研究院高级科学顾问, 中国工程院院士, 主要研究方向为应用物理学和能源战略; E-mail: duxw@cae.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“生态文明建设若干战略问题研究(三期)”(2017-ZD-09)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

is recommended to conduct overall planning, improve their facilities, and interact with urban areas to realize energy interconnecting. The underdeveloped traditional rural areas is recommended to take measures according to local conditions, employ multiple energies, and prioritize energy conservation while focusing on efficiency. The remote rural areas is recommended to exploit energy resources in a concentrated manner and focus on external delivery, thus to satisfy energy consumption and demand. This study is hoped to provide references for energy revolution and ecological civilization construction in the rural areas in China

Keywords: rural energy revolution; ecological civilization construction; take measures according to local conditions; urban-rural integration

一、前言

党的“十八大”提出建设生态文明,并将其融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程,既是着眼于从根本上解决我国面临的资源、环境、生态等问题,更是把推动能源生产和消费革命作为生态文明建设的重要杠杆和抓手,有利于促进我国发展方式、增长质量、生态环境水平实现根本性改善。能源革命在生态文明建设中居于核心地位 [1]。2015年5月,中共中央、国务院发布《加快推进生态文明建设的意见》,从能源生产、消费和保障等方面进一步明确了对能源革命的要求。2016年12月,习近平总书记在中央财经领导小组第十四次会议上指出,推进北方地区冬季清洁取暖,关系北方地区广大群众温暖过冬,关系雾霾天能不能减少,是能源生产和消费革命、农村生活方式革命的重要内容;加快推进畜禽养殖废弃物处理和资源化利用,关系6亿多农村居民生产生活环境,关系农村能源革命。这是国家首次提出“农村能源革命”概念。2017年10月,党的“十九大”报告明确指出要实施乡村振兴战略、区域协调发展战略。2018年9月,中共中央、国务院印发《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》,指出当前我国发展不平衡不充分问题在乡村最为突出,农村基础设施和民生领域欠账较多,农村环境和生态问题比较突出,乡村发展整体水平亟待提升,在加强农村基础设施建设过程中要构建农村现代能源体系。

农村生态文明建设既是我国生态文明建设的关键环节,也是薄弱环节,亟需加快推动;而实施农村能源革命是农村生态文明建设的内在要求,也是乡村振兴战略的重要内容。本文梳理分析我国农村能源消费和生产现状以及面临的主要问题,综合考虑经济发展水平、资源禀赋与能源消费等特征,将我国广大农村地区进行科学分类,据此探索基于农

村能源革命的生态建设典型范式和实施路径。

二、农村能源的现状和问题

(一) 农村能源的现状

2016年我国农村能源消费量为 6.5×10^8 tce,占全国能源消费总量的15%,较2014年下降14%。其中,农村生活用能为 3.5×10^8 tce,煤炭、电力、薪柴、秸秆消费量的占比分别为36.9%、11.7%、19.5%和11.7%;农村生产用能为 3.5×10^8 tce,煤炭、成品油、电力、薪柴消费量的占比分别为46.6%、24.1%、15.8%和6.2% [2]。

农村的能源生产分为:生物质能(含生物质直燃、沼气、生物质成型、生物质燃料乙醇、生物柴油),小型电源(含离网型太阳能光伏发电、离网型风力发电、微水电),太阳能热利用(含太阳能热水器、热泵、采暖、制冷空调、太阳房、太阳灶)。近年来,以沼气、太阳能、生物质发电、生物质成型燃料为代表的农村能源产业保持了良好的发展态势,产品类型增多、质量提升,综合效益凸显(见表1)。

(二) 农村能源存在的问题

整体而言,当前我国农村能源发展面临如下严峻问题:①农村能源消费结构不合理,部分地区能源供给不足 [3];②农村能源建设规模小、利用分散,专业化、商业化能源服务体系缺乏 [4];③农村生活用能中的非商品能源消费比例较大,且薪柴、秸秆等非商品能源用能方式原始、效率低下;④农村煤炭消费比例较高,散烧煤消费问题突出,2016年我国散煤消费量约为 7.5×10^8 t,其中农村采暖用煤约占散煤消费总量的27% [5];⑤农村基础设施建设薄弱,农村电力、天然气和可再生能源消费比例低下,用能品质较低。此外,农村原始生物质和

表 1 2016 年农村可再生能源生产情况

可再生能源种类	生产量
生物质能源	生物质发电总装机容量约为 1.03×10^7 kW；户用沼气约为 4.38×10^7 户，年产量约为 1.18×10^{10} m ³ ；规模化沼气工程约为 1.1×10^5 处，年产气量约为 2.7×10^9 m ³ ；生物质成型燃料年利用量约为 8×10^6 t；生物质液体燃料方面，燃料乙醇年产量约为 2.1×10^6 t，生物柴油年产量约为 8×10^5 t
太阳能	太阳能热水器约为 4.77×10^7 台，集热面积约为 8.62×10^7 m ² ；太阳灶约为 2.28×10^6 台；太阳房约为 2.93×10^5 处，集热面积约为 2.56×10^7 m ² ；小型光伏发电约为 3.68×10^4 处，装机容量约为 9.5×10^4 kW
小风电	小型风力发电（大于 1 kW、小于 50 kW）累计装机约为 1.07×10^5 台，装机容量约为 3.57×10^4 kW
小微水电	小微型水力发电（小于 500 kW）累计装机约为 2.57×10^4 台，装机容量约为 8.68×10^4 kW

注：数据来源于农业部统计数据。

散烧煤利用对大气造成不同程度的污染，还存在禽畜粪便无法有效处理、农林废弃物随意处置等现象，直接影响了国家生态文明建设和美丽乡村建设 [6]。

推进农村能源革命既是生态文明建设的内在要求，又是我国能源革命的重要组成部分，还是解决“三农”问题的重要举措，对于推进美丽乡村建设、实施乡村振兴战略、全面建设小康社会具有重要意义。农村能源革命的发展战略研究，具有鲜明的现实意义和重要的学术价值。罗国亮等 [7] 提出，宜建立以电力为中心的清洁、低碳、安全、高效的农村能源供应体系。宫昊等 [8] 建议以冬季清洁取暖为突破口，加速推进农村能源革命。李鹏等 [9] 以河南农村能源利用为案例，探讨了以电为中心、以农民为中心、健全能源发展支撑体系的农村能源革命落地实践方向。严晓辉等 [3] 重点研究了京津冀农村能源的体制机制问题。

也要注意，现有研究仅注重农村能源生产和消费的情况分析，以及部分区域农村能源的实践；在全国范围视角下对不同类型的农村能源革命研究仍有待开展，从农村能源革命的角度阐述生态文明建设的可能范式和实施路径也属空白。针对于此，本文着重在上述待研究的内容范畴内开展分析探索。

三、基于能源视角的农村类型划分

我国幅员辽阔，地形地貌复杂，气候类型多样，各地生活方式差异较大。从人口变迁来看，农村人口不断涌入城市，新生代农民工把在城市安家、融入城市生活作为外出务工的基本目标，使得农村居民家庭人口规模出现了持续下降的趋势；长远来看，未来农村能源整体需求有逐渐减少的演变趋势。

从经济上看，农村地区居民收入呈现东高西低、南高北低的特征。从空间分布来看，农村能源消费强度具有差异性，人均用能呈现北多南少、东多西少的分布特征 [2]。

能源消费还与气候条件、区域资源禀赋等因素有关。资源的可获得性是影响各地区能源消费类型的主要因素，如山西、内蒙古、河北、贵州等由于具有丰富的煤炭资源而使得煤炭消费比重较高；与我国的生物质资源分布相契合，东北和西南地区的生物质能源使用比例高于其他地区。

参考农村地区的人口、经济、地理位置、资源禀赋和能源消费等因素，依据农村能源的供给侧和消费侧特征，并结合我国自然地理分区及经济分区，将我国农村划分为 3 种类型。

1. 经济发达的城郊型农村

集中分布在城市周围，邻近城市、交通便利。产业结构以第二产业为主，农业生产占比很低。经济基础较好，农民受教育程度较高。能源基础设施与公共服务相对完善，服务体系、消费能力较好。外部能源输入便利，周边城市的发展对农村的辐射带动作用较明显，具备城市反哺农村的有利条件。这类农村主要以华东、华南地区的农村为代表，尤其是上海、苏州、杭州、深圳等大城市圈范围内的农村，基本实现了农村现代化，可依托周边城市的带动率先实现城乡融合发展。

2. 经济中等发达的传统型农村

属于当前传统农村类型，通常远离城市和重要交通线。人口以从事农业生产活动为主，经济水平一般。有一定的能源基础设施建设，以传统能源供给为主，可再生能源资源相对丰富。这类农村是我国最典型的农村类型，涵盖区域较广，包括华北、华中及东北等地区。其中，华北地区农村散煤利用

量大, 大气污染治理形势严峻, 地热资源、风能、太阳能较为丰富, 部分地区具备煤层气等非常规天然气资源; 华中地区农村生物质资源丰富, 养殖业和畜牧业较为发达, 农业生产规模分散; 东北地区农村冬季供暖需求大, 农林生物质资源丰富, 农业生产规模集中、机械化程度较高。这类农村经济发展程度不及华东、华南地区, 城市带动效应不明显, 属于现阶段农村能源革命的重点攻坚区域。

3. 经济欠发达的偏远型农村

一般地处偏远地区, 规模较小且分散。人口以农业生产活动为主, 生产力不高, 经济条件偏低。能源基础设施落后, 公共服务体系薄弱, 较多使用薪柴等原始能源资源, 能源效率低下。风能、太阳能、水力资源等可再生能源丰富, 但能源消纳能力低下。这类农村主要以西北地区、西南地区的农村为代表。

四、基于农村能源革命的生态文明典型范式和实施路径

农村能源革命的关键在于构建清洁、高效、安全的能源保障体系, 打造具有中国农村特色的多能互补、协调发展的分布式能源格局, 由此提高农村能源消费清洁化水平和能源保障供给水平。具体措施有: 引导和鼓励发展分布式低碳能源网络, 优化配置包括太阳能、风能、生物质、地热能在内的可再生能源组合发展模式; 开展农村天然气管网建设, 培育农村天然气市场需求, 提高天然气的使用比例; 提升农村电网建设水平, 并行建设分布式与集中式电网。

针对性提出“战略引领、生态优先, 清洁低碳、安全高效, 因地制宜、多能互补, 模式创新、全民参与”的农村能源革命发展方针, 结合基于能源视角的农村类型划分, 把握农村能源革命的趋势方向, 面向农村用户多种用能需求, 具体阐述我国不同类型农村地区基于能源革命的生态文明建设典型范式和实施路径。

(一) 经济发达的城郊型农村

对于以华东、华南地区为代表的经济发达的城郊型农村, 其基础设施、服务体系都不是孤立的,

要与城市规划统筹协调, 构建城乡一体化能源网络, 推进农村能源革命和生态文明建设。

1. 统筹规划、完善设施, 以城市反哺农村理念推进农村能源基础设施建设与完善

在国家乡村振兴战略、区域协调发展战略指导下, 发挥城市圈带动效应, 引导规划城市周边农村地区接轨城市。统筹规划城市及周边农村地区的产业布局、能源供给、公共服务和基础设施建设, 把农村能源问题纳入地区能源规划范围; 统筹规划农村电网基础设施改造, 充分考虑新能源、分布式电源、电动汽车充电基础设施等多元化负荷接入需求, 进行农村配电网建设与改造, 提高农村地区电网供电能力及可靠性; 统筹规划城乡供气格局, 以城区天然气主管网为依托, 加快城市燃气管网向农村社区延伸建设, 推动天然气替代民用散煤, 提高该类农村地区天然气居民气化率; 结合该类农村人口密集、生活水平较高、生活垃圾产量较大的特点, 推进城郊农村生活垃圾与城市生活垃圾集中进行资源化综合利用。

2. 城乡互动、能源互联, 以融合发展理念打通城乡能源供给一体化关键环节

以实现城乡融合发展为目标, 充分发挥城乡各自优势, 推动资源互动共享, 实现城乡能源互联互通。利用城市工业余热为城市周边农村地区提供热源, 开发利用农村地区的可再生能源; 利用“互联网+”智慧能源系统构建区域能源互联网平台, 建设以智能电网为基础、与分布式低碳能源网络/天然气管网/热力管网/交通网络等互联互通、电/热/冷多种能源形态互相转化的能源互联网试验示范工程; 形成与大电网结合互动的布局, 打通城乡能源供给一体化关键环节, 引领城乡能源协同发展。

该类大城市圈范围内的农村地区能源革命实施路径, 可参照临近城市的能源革命实施路径, 目标是率先实现城乡协同发展。

(二) 经济中等发达的传统型农村

对于以华北、华中、东北地区为代表的经济中等发达的传统型农村, 滞后的能源基础设施和服务体系与农民生活生产能源需求快速增长之间存在着突出矛盾, 亟需实施农村能源革命, 促进农村生态文明建设。

1. 因地制宜、多能互补，以清洁消费和绿色供给理念建设分布式低碳能源网络

结合地域资源特色，构建清洁、高效、安全的多元化能源供应体系，促进农村地区能源资源优势转化为经济发展优势。

针对散煤利用现象较突出的现状，加强宣传与监管，引导鼓励清洁能源消费。在散烧煤使用量较大的地区，以约束农村散煤消费和减少污染物排放为重点，控制散煤市场供应渠道，推出经济、洁净的清洁能源来充分替代散烧煤，降低居民对散烧煤的惯性依赖。优先选择经济基础相对较好、可再生资源丰富的农村，试点开展“无煤村”示范建设；推广使用清洁电力、天然气等清洁能源，保持对农村冬季清洁采暖的扶持力度。由此稳步提高农村能源消费清洁化的整体水平，持续保障清洁能源的供给水平，全面提高农村清洁能源服务水平。

伴随着可再生能源的技术进步与政策扶持，农村具有的可再生资源禀赋，其利用优势将更加凸显。突出这类农村地区多种资源能源共存的优势，规模化发展风力发电、光伏发电、生物质、地热等可再生能源，实行农村生活垃圾和农业养殖畜禽粪便资源化能源化处理；建立可再生能源生产基地，构建多能互补的农村清洁能源供应体系，逐步使农村可再生能源由当前的补充地位上升到主力地位，提高农村能源的“自给”能力；同步加强农村能源输配网络和储备设施建设。试点开展电/气/可再生能源多能互补、多轮驱动的综合利用系统示范村建设，创新能源供给、运营和参与模式，保障农村多样化的用能需求并实现农民增收，打牢低碳网络建设的群众基础，为农村能源革命和生态文明建设提供持续动力。

以河北为代表的华北农村地区仍普遍存在散烧煤利用的现象，大气污染治理形势相对严峻。发挥风能、太阳能和地热能在部分地区比较富集的自然优势，逐步建设“地热能-太阳能-生物质能”“风能-太阳能”“太阳能-生物质能”等多能互补的分布式低碳能源网络。

以河南为代表的华中地区是农业生产优势区，蕴藏着丰富的秸秆生物质资源，但秸秆就地焚烧、就地堆放现象较普遍。以系统工程的思路，将单纯的农村能源生产供应拓展到能源生产与解决农村环

境、改善生态问题相统一，逐步建设以农业废物的生物质能利用为主，风能、太阳能、地热能等多种可再生能源协调发展的分布式低碳能源网络。

东北地区冬季严寒带来了较大的供热需求量，生物质低效原始利用问题较为突出。发挥林业和农业生物质资源、太阳能资源丰富的优势，逐步建设以农林废物等生物质规模化利用为主、太阳能利用为辅的分布式低碳能源网络。

2. 节能优先、效能为本，以节约高效理念推进农村节能提效

全面强化农村节能环保，将农村生活生产节能、建筑节能置于突出地位，推动农村能源生产和消费由粗放、低效型向高效、节能和环保型转变，将节能提效贯穿于农村经济社会发展的全过程。

加强农村节能宣传教育，不断增强节能意识，引导农村改变原有粗放型能源消费方式，淘汰散煤、薪柴等劣质低效用能。

推广城镇化和新农村建筑节能模式，从规划、法规、技术、标准、设计等方面保障支持农村绿色建筑和建筑节能。实行农村住宅建筑保温措施推广与示范，推进农村节能门窗幕墙技术及产品的应用。引导新农村屋顶光伏建筑、光热建筑一体化等可再生能源建筑技术应用，鼓励农民开展既有建筑节能改造。

加强农业生产节能减排，完善农业发展循环经济的长效机制，布局新型的节能环保农业产业，实施农业废弃物集中资源化循环利用。

（三）经济欠发达的偏远型农村

以西北、西南地区为代表的经济欠发达的偏远型农村，一般地处偏远山区、塌陷区、荒漠等自然条件恶劣区域，生产生活水平提升空间较大。亟需以农村能源革命为牵头措施，带动农村生态文明建设。

1. 集中开发、外送为主，以消纳优先理念发挥农村空间和可再生能源丰富的优势

西北地区具有农村人口密度低、人员流动性大的特点，远距离供电投资过大，大多数农村无法享受到大电网建设规划扩大后带来的收益。冬季漫长严寒，农村的能源消费相对集中在冬季取暖方面。西北地区风能和太阳能资源丰富，使用基础良好，适合建设分散式风能和太阳能结合的分布式低碳能

源网络。逐步开展接入低电压配电网、以就地消纳为主的分散式风电和光伏发电项目建设,示范户用太阳能供暖系统与农村建筑相结合,优化利用分散风能和太阳能资源,因地制宜提高西北地区风能和太阳能利用效率,有效解决农村居民的用电和采暖问题。考虑到该类农村地区的本地能源需求总量不大,开展能源外送通道建设,以“就近消纳+跨区域外送”的方式实现新能源供应范围的扩大。统筹规划、引进扎根一批现代高载能工业、农业精深加工、现代装备制造等新兴产业,建设循环产业园区,构建优质用电负荷,促使新能源更多就地消纳。

西南地区具有山区人口密集、经济欠发展的特点,但水利资源、林业生物质资源丰富,适合建设以小水电为主、生物质能和太阳能利用为辅的分布式能源网络。发展小型水电站的就地开发、就近供电模式,将小水电纳入电网应急保障体系。西南农村地区电力规划、建设和运行的各个阶段,突出小水电作为分布式电源的应急供电优势,发挥其保障电网整体安全和抗灾减灾的作用。鉴于小水电系统稳定性偏弱,可在小水电集中区域配套建设农林废物生物质发电和农村屋顶光伏发电,统一纳入该地区微网系统建设。

2. 电能消费、需求保障,以扶贫攻坚理念保障农村基本用能需求

农村地区经济水平较低,公共服务体系薄弱,电网整体水平与全面建成小康社会目标仍有差距,应将保障农村生产生活的基本需求置于首要位置。重点提高电能普遍服务水平,开展农村电网建设攻坚,推进村庄公共照明设施建设和农业生产供电设施改造升级,保障农村居民的基本用电需求。通过宣传引导逐步转变农村用能观念和方式,改变传统能源消费习惯,降低薪柴等低品质能源使用量,尽快发展以电力为主的能源消费方式,逐步实现高品质能源消费转变。

精准实施能源扶贫工程,落实定点扶贫政策,保持并加大对口支持力度,建设微电网和可再生能源局域电网,提高农村电网接纳分布式新能源发电的能力,保障该类贫困农村地区的生产生活用能需求。建立并优化贫困农村地区的能源规划布局,开展“生物质扶贫”“光伏扶贫”等能源扶贫项目建设,配套长期可靠的项目运营机制和扶贫收益分配制度,增强贫困地区自我发展的“造血功能”。

五、对策建议

国家高度重视农村能源发展及农民生活方式改善,提出了加快推进农村能源革命的顶层要求。本文在分类总结我国农村地区能源革命及生态文明建设典型范式和实施路径的基础上提出以下对策建议。

(1) 提升农村能源革命的战略地位,将农村能源发展纳入国家生态文明体系建设、能源革命和乡村振兴战略框架。建议成立国家级的农村能源建设领导协调机构,尽快制定全国农村能源中长期发展战略、全国农村能源五年发展规划。优化考核管理机制,不同类型的农村因地制宜推动电气化率、秸秆综合利用率、散煤替代率、生活垃圾资源化利用率、畜禽粪便资源化利用率等量化指标的广泛应用,将其作为重要战略指标纳入经济社会发展评价和政府绩效考核体系。将农村能源发展纳入各级部门及各级政府的议事日程,引导各级联动来全力改善农村能源发展的面貌,尽快补齐全面奔小康的关键短板。

(2) 立足城乡融合发展视角,统筹考虑城市和农村能源的共性特征,以实现资源均衡配置、城乡经济社会全面协调可持续发展为目标,建立城乡一体化的能源体系,尽快协同推进城市和农村能源革命。

(3) 加强农村能源的宣传教育,提高节能环保意识,宣传先进典型和成功经验,引导农民积极参与新能源建设和应用,加大农村地区人才培养力度。

农村能源革命建设任重道远,需要各方协同,积极探索可复制可推广的基于农村能源革命的生态文明建设典型范式和实施路径,保障我国能源革命和生态文明建设战略的顺利实施。

参考文献

- [1] 杜祥琬. 生态文明建设与能源生产消费革命 [M]. 北京: 科学出版社, 2017.
Du X W. Construction on ecological civilization and revolution on energy production and consumption [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2017.
- [2] 杜祥琬, 刘晓龙, 黄群星, 等. 中国农村能源革命与分布式低碳能源发展战略研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2019.
Du X W, Liu X L, Huang Q X, et al. Research on rural energy revolution and distributed low-carbon energy development strategy in China [M]. Beijing: China Science Publishing & Media

- Ltd., 2019.
- [3] 严晓辉, 李政, 谢克昌. 京津冀农村能源体制机制问题初探 [J]. 中国能源, 2016, 38(1): 32–36.
Yan X H, Li Z, Xie K C. Preliminary study on institutional problems of rural energy in Beijing–Tianjin–Hebei region [J]. Energy of China, 2016, 38(1): 32–36.
- [4] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 可再生能源中长期发展规划 [R]. 北京: 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2007.
National Development and Reform Commission of the PRC. Medium and long-term development plan for renewable energy [R]. Beijing: National Development and Reform Commission of the PRC, 2007.
- [5] 贺克斌, 李雪玉. 中国散煤综合治理调研报告2017 [R/OL]. (2017-11-30)[2019-05-06]. <http://coalcap.nrdc.cn/pdfviewer/web/?15180772751437518672.pdf>.
He K B, Li X Y. Research report on China's bulk coal treatment 2017 [R/OL]. (2017-11-30)[2019-05-06]. <http://coalcap.nrdc.cn/pdfviewer/web/?15180772751437518672.pdf>.
- [6] 柴发合, 薛志钢, 支国瑞, 等. 农村居民散煤燃烧污染综合治理对策 [J]. 环境保护, 2016, 44(6): 15–19.
Chai F H, Xue Z G, Zhi G R, et al. Complex control measures of rural coal combustion pollution [J]. Environmental Protection, 2016, 44(6): 15–19.
- [7] 罗国亮, 周仁重. 推进以电力为中心的农村能源革命 [J]. 中国电业, 2018 (9): 78–79.
Luo G L, Zhou R Z. Promote a rural energy revolution centered on electricity [J]. China Electric Power, 2018 (9): 78–79.
- [8] 宫昊, 罗佐县, 何铮, 等. 推进冬季清洁取暖 加速农村能源革命 [J]. 石油石化绿色低碳, 2017, 2(4): 6–10.
Gong H, Luo Z X, He Z, et al. Promote clean winter heating and speed up rural energy revolution [J]. Energy Conservation and Emission Reduction in Petroleum and Petrochemical Industry, 2017, 2(4): 6–10.
- [9] 李鹏, 王利利, 刘孟晖, 等. 新时代农村能源转型发展研究 [J]. 乡村科技, 2019 (5): 113–115.
Li P, Wang L L, Liu M H, et al. Research on rural energy transformation and development in the new era [J]. Rural Science and Technology, 2019 (5): 113–115.