

欧盟乡村绿色低碳能源系统研发应用的经验与启示

霍宏伟

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 研究和建设适合乡村特点的低碳能源系统是实现乡村振兴进程中发挥着重要作用。近年来, 面对农村地区人口减少、交通和能源基础设施相对薄弱等挑战, 欧盟主动调整政策导向, 不断完善其绿色转型战略布局, 大力支持乡村低碳技术研发, 从绿色供能、多元储能、科技节能、高效用能等方面加速乡村低碳能源系统建设发展, 取得了较好的效果。有关经验和做法对我国完善相关领域研发布局、探索科技支撑乡村绿色低碳发展具有借鉴意义。

关键词: 欧盟; 乡村振兴; 低碳发展; 能源系统; 科技创新

中图分类号: F204; F206 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2022.10.007

加快绿色低碳转型发展是实现乡村振兴的内在动力和主要目标之一。研究和建设适合乡村特点的低碳能源系统受到各方的高度重视。和全球许多地区一样, 欧盟农村地区也面临着人口减少、交通设施老化、能源基础设施日趋薄弱等一系列困难和问题。对此, 欧盟在绿色转型和数字转型总体布局下, 不断调整完善政策布局, 大力支持乡村低碳技术研究开发, 从供能、储能、节能、用能四个方面综合施策, 通过投资引导和平台建设, 加快乡村低碳能源系统建设, 在通过科技支撑乡村转型方面取得了较为显著的效果。学习借鉴欧盟的有关经验和做法, 将对我国完善能源和绿色发展领域科技创新活动和研发布局, 探索具有中国特点的科技支撑乡村低碳发展新模式提供重要参考。

1 欧盟乡村低碳发展的政策框架

乡村地区^① (Rural Areas) 覆盖了欧洲 83% 的领土面积, 居住着 30% 的欧洲人口, 具有丰富的可再生资源, 提供粮食和原材料, 创造了丰富的休

闲旅游场所。推动这些区域的可持续和低碳发展, 对于实现欧盟绿色新政将起到至关重要的作用^[1]。为此, 欧盟委员会在《欧洲绿色协议》(European Green Deal) 框架下, 推出了一系列政策举措, 促进乡村低碳转型。

1.1 将乡村低碳发展作为欧盟共同农业政策 (Common Agricultural Policy, CAP) 的重要内容

欧盟共同农业政策创立于 1962 年, 是欧盟建设的重要基石之一^[2]。历史上, 欧盟共同农业政策经历多次改革^②, 当前的目标包括提高农业生产能力, 支持欧洲实现粮食安全, 提高农民生活水平, 提升农业部门应对气候变化和实现可持续资源管理的能力, 维护欧洲乡村风貌, 促进就业以保持乡村经济的活力等。虽然共同农业政策的主要作用在于通过相关项目工具对欧盟成员国农民和土地所有者生产粮食和饲料等给予支持与补贴, 强化对先进农业机械、精准农业技术和数字解决方案的投资以保持欧盟农业竞争力, 但推动农村低碳发展仍然是共同农业政策的重

作者简介: 霍宏伟 (1982—), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为国际科技创新合作战略与政策、社会网络理论及其应用等。

收稿日期: 2022-07-15

① 欧盟的乡村地区概念中一般也包含偏远地区 (Remote Area), 即远离城市中心的区域。

② 目前生效的是 2021—2027 年共同农业政策。

要组成部分。现行共同农业政策通过一系列实施工具，安排近四分之一的预算^①加强农村地区的社会、环境和经济可持续性，更好地支持绿色低碳转型。

1.2 针对乡村地区发展新动向及时完善有关政策措施

针对新冠肺炎疫情大流行的影响和欧盟乡村地区人口老龄化加速、交通互联互通薄弱、能源基础设施欠发达、就业机会和社会服务受限、对人才的工作居住吸引力下降等问题，欧盟委员会于2021年6月提出《欧洲乡村地区长期愿景》（Long-term Vision for Rural Areas）及配套的《乡村协议》（Rural Pact）和《乡村行动计划》（Rural Action Plan）系列措施，将推动乡村低碳绿色发展作为增强欧洲乡村地区发展韧性的重要手段^②。《乡村协议》将为欧盟、成员国、地方主管部门和利益相关方之间开展乡村发展合作搭建交流互动的框架，确定规范化的交流互动流程。而《乡村行动计划》则明确了欧盟层面支持乡村振兴的主要措施，包括加强对研究和创新的投入，推进可持续的交通多式联运，促进能源转型和减缓气候变化方面的最佳实践交流，支持建立农业碳汇，支持乡村创业以激活乡村地区社会经济发展活力等。

2 欧盟乡村低碳能源系统研发应用支持体系

在实施工具方面，欧盟主要通过三个资助工具和一个平台来具体促进欧盟低碳绿色发展。这些工具和平台均把建设乡村低碳能源系统作为重要的支持方向。

2.1 欧洲农业农村发展基金（European Agricultural Fund for Rural Development, EAFRD）

该基金与欧盟成员国的农业农村发展计划项目（RDP）共同实施，作为成员国国家预算的补充，投入到具体项目之中。每个农业农村发展计划项目要有30%以上的资金用于促进环境和气候变化的有关工作^③。至少5%的农业农村发展计

划项目需要通过欧洲农村地区发展行动联合项目（LEADER）的方式实施^④。欧洲农业农村发展基金共设置6个优先领域，每个农业农村发展计划项目至少包含6个领域中的4个。6个优先领域又细分为18个优先重点方向。其中优先领域1“知识转移和创新”中的“促进农村地区创新、合作和知识开发”以及优先领域5“资源节约型、气候适应性经济”中的“促进可再生能源的供应和使用”两个重点方向直接支持乡村低碳能源系统的创新研究与应用示范项目建设。

2.2 欧洲区域发展基金（European Regional Development Fund, ERDF）和社会凝聚基金（Cohesion Fund, CF）

欧洲区域发展基金主要通过项目投资改善欧盟境内不同区域之间的发展不平衡，以加强欧盟经济、社会和成员国的聚合力^⑤。社会凝聚基金的目标与区域发展基金类似，但项目主要面向人均国民总收入（GNI）低于欧盟平均水平90%的国家^⑥开展^⑦，资助领域主要为运输和环境改善等。这两个基金资助的项目均以成员国为主确定，并由成员国负责日常管理，经费由欧盟委员会与成员国分担。在2021—2027年，基金将促进实现更智能、更环保、更互联、更社会化的欧洲作为主要投资目标，支持包括促进低碳转型和保护环境资源等方向的诸多项目。

2.3 “地平线欧洲”研发框架计划

作为欧盟第9期研发框架计划，“地平线欧洲”比以往任何时候都更加侧重于应对气候危机和支持向低碳经济的过渡，以及创造新的可持续就业机会和促进经济增长^⑧。其卓越科学（主要支持基础研究和促进经济增长^⑨）、全球挑战和工业竞争力（主要面向应用研究和创新欧洲（主要加强创新支撑）三大支柱中的资助重点，都与低碳转型有关。其中，第4项目集群“数字、工业和空间技术”提出支持低碳和清洁技术作为重要使能技术；第5项目集群“气候、能源和交通”进一步聚焦欧洲低碳发展所需的科研

① 2020年12月，欧盟通过了2021—2027多年期金融框架（MFF），确定了欧盟共同农业政策各项预算比例。2023年开始，欧盟共同农业政策将执行新的战略规划，届时用于气候行动相关措施和项目的经费比例将不低于40%。

② LEADER是法语“Liaison Entre Actions De Développement Rural”的首字母缩写，按照多方参与原则，汇集欧盟财政支持、成员国政府补贴、私人投资等多种融资渠道，支持建立新型组织或社群，鼓励其在促进乡村文化建设、自然环境保护、乡村建筑保护和更新、推动乡村旅游、增强农业生产者和消费者之间的联系等方面开展工作。

③ 涉及保加利亚、捷克、爱沙尼亚、希腊、克罗地亚、塞浦路斯、拉脱维亚、立陶宛、匈牙利、马耳他、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、斯洛伐克和斯洛文尼亚。

和创新支持，致力于推动能源和运输部门实现气候和环境友好转型。乡村低碳能源系统研发可作为其中的重要方向实施。

2.4 欧洲农村发展网络平台（European Network for Rural Development, ENRD）

为了加强欧盟在乡村发展方面的知识共享，欧盟委员会建设了欧洲农村发展网络平台作为欧盟农业农村发展政策、方案、创新方法、项目和成果的展示中心^[8]，并通过促进知识分享以及加强欧洲乡村建设项目信息交互等，支撑欧洲农业农村发展基金等项目的有效实施。这一平台的具体功能还包括：

汇集欧盟乡村发展项目数据，发布欧盟乡村区域和重点领域发展情况统计数据，为乡村发展相关专家工作组的运行、交流培训等活动提供支持和保障，汇集和展示相关出版物等。

3 欧盟乡村低碳能源系统研发应用布局

在农村低碳能源系统研发布局方面，欧盟着眼于农业生产和乡村生活的特点，从供能、储能、用能、节能等环节一体化安排部署相关研发任务和应用示范，推进乡村生产生活方式向低碳绿色演进，具体研究内容如表 1 所示。

表 1 欧盟支持乡村低碳绿色转型方面部署的研究和应用任务列表

a.	
农业生产	
方向	分类
促进乡村循环经济	供能
增加可再生能源的使用（农业机械 / 运输工具）	用能
加大植树造林力度（包括增加树种混合以减少病虫害），退耕还草、退耕还林，减少对湿地的破坏	储能
提高农机能源使用效率	节能
减少温室气体排放（包括通过创新饲料添加剂减少能源支持的发酵过程；加强畜群管理和保持动物健康），保持土壤覆盖以强化土壤中的碳保存 实施轮作、间作，应用精准农业以减少化肥的使用和用水量 加强作物、林木良种选育，利用农林业增加生物多样性并改善土壤和植物 / 树木健康，促进农作物多样化 减少作物 / 木材残留物燃烧	其他
b.	
乡村生活	
方向	分类
独立式光伏发电箱 分布式风光互补发电技术 污水污泥燃料化改进	供能
低成本小型风机及配套技术 生物能发电、制热装备 改善粪便等农业和乡村废弃物管理（包括使用精准农业和通过厌氧消化生产沼气）	供能、储能
增加可再生能源的使用（供暖）	供能、用能
获取可靠的气象变量观测数据及提高天气预报准确程度 促进农村电动交通工具使用	用能
优化农村交通体系	节能
提高乡村家庭能源使用效率	用能、节能
支持发展乡村循环经济	其他

资料来源：ENRD, Climate Action in Rural Areas, Apr.2021；Interreg Europe, A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Low-carbon economy Apr.2022；<https://cordis.europa.eu/>（检索关键词：“low carbon energy system” AND “rural”，检索时间：2022 年 5 月 22 日）

3.1 因地制宜推动新能源研究和利用，努力实现乡村能源供给绿色化

针对乡村地区可再生能源丰富、设备安装部署场地空间充裕的特点，2012年至今，欧盟通过欧洲农业农村发展基金、欧洲区域发展基金和“地平线 2020”研发框架等，采取“低强度、广布局”的方式，支持了涉及农村地区绿色转型与低碳能源系统发展的研究、应用示范和公众交流等项目 610 余项^[9]。大部分项目资助金额不超过 100 万欧元，但项目遍及欧盟 27 个成员国和英国乡村地区。项目支持领域涵盖分布式电网架构和负荷平衡技术、风能发电装备、太阳能光伏发电与制热系统、农业和有机废弃物生物质能转换技术、生物质能热电联产系统、水电和地热能发电装置等多个方面。欧盟还积极促进这些研究成果的推广和应用，在上述任务中，包含应用示范内容或交流推广内容的项目超过总数的 70%。

3.2 采取灵活的乡村地区新能源并网政策，不断促进能源调度和存储多元化

针对乡村可再生能源系统推广和使用中存在的许可和补贴计划复杂、资金支持缺乏、信贷机会有限、商业模式和盈利能力不足等障碍，欧盟在相关基金支持下，采取了大量公私伙伴关系计划，引导社会投资，促进地方当局与成员国能源管理部门合作，对乡村地区可再生能源自我消费地区采取相对灵活并网策略，加强分布式（独立）发电装置与骨干网的连接，以优惠价格提供电力补充或电能外送，帮助提升乡村能源系统的韧性和盈利能力^[10]。目前，欧盟成员国太阳能光伏（PV）设备的折旧和平均发电成本已经接近并网电价，因而得到迅速推广。从在比利时西部西弗兰德省乡村地区的实地观察情况看，目前已经有约 10% 的乡村家庭和约 40% 的乡村企业利用寓所或厂房、仓库屋顶空间安装了太阳能光伏板。图 1 展示了一些当地乡村光伏发电设施的现场照片。

3.3 加强与乡村居民的交流互动，积极倡导绿色节能生产生活方式

欧盟还针对欧洲乡村建筑物特点，大力推进乡村建筑节能改造，在保持乡村历史风貌的前提下，提升房屋的节能效率。欧盟通过相关伙伴关系框架、非政府组织和公民团体等，与乡村地方当局合作，

开展了大量的宣讲、展示、参观和培训等活动，力求在知识、文化和思维方式等方面，加强对欧盟乡村地区居民的引导，推动其更好地认识理解可再生能源系统，并增强他们在节能方面的行为自觉。此外，欧盟还利用开放科学云和门户网站提供专业化检索工具、证据和数据给相关研究人员、企业和乡村发展的从业者使用，帮助他们获取知识，了解最佳（或良好）实践，便利乡村节能和绿色发展等方面创新活动的开展。

3.4 面向农业生产环节综合施策，着力提升农业部门的能源使用效率

在许多欧洲乡村地区，碳密集型农业产业通常是当地经济的重要组成部分，替代就业机会很少；而引入碳消费税等方式将增加农村家庭和企业的运输成本。因此，欧盟认为简单的行业淘汰措施将威胁到农民的生计，进而抵消在其他方面的低碳转型努力。在相关基金和研发框架中，欧盟一直将推动农业生产和运输环节绿色化改造等作为重要创新资助方向，在保护自然资源、促进农业生物多样性、发展绿色基础设施、改进农业生产工具和农业机械、提高农村地区共享电动交通工具的使用比例、加快农村地区智能充电设施建设方面也部署了不少研发和应用示范任务，努力在技术基础层面为促进乡村低碳发展提供相对全面的支撑。

4 启示和建议

从欧盟推进乡村低碳能源系统研发和应用的经验看，其乡村低碳发展路径有以下四个突出特点。一是系统规划，将乡村低碳能源系统建设纳入绿色转型的大框架中推动实施。二是项目引导，鼓励开展各种低碳能源研究并积极推动创新应用。三是凝聚共识，努力动员各方面力量提高对乡村低碳发展重要性的认知，培育乡村低碳能源系统建设应用的社会自觉。四是政策激励，采取市场化手段，通过政府补贴和价格调节等机制，吸引多方投资并努力增强低碳能源系统的可持续盈利能力。当前，我国在推进乡村低碳转型发展上面临着与欧盟相同或相近的问题。为此，可借鉴欧盟的有关经验和做法，结合我国实际，从四个方面加快乡村低碳能源系统研发和建设部署。



图1 比利时西部乡村的太阳能光伏板

(1) 做好乡村低碳能源系统建设布局。推动低碳能源系统发展与乡村振兴战略相融合，与乡村人居环境改善和生态修复相协调。结合乡村地区自然禀赋和区域特点，因地制宜支持风能、光伏、生物质能、地热能和小水电等新能源适用技术研发应用，促进秸秆和畜禽粪污清洁化利用，稳步推进分布式低碳能源系统发展。建立乡村低碳能源系统能效评价机制，鼓励开展建筑节能改造。加强对传统能源系统升级改造的支持，稳妥推进散煤替代，促进煤炭等化石能源的清洁高效利用。

(2) 完善乡村低碳能源系统研发资助体系。继续支持低碳能源领域应用基础研究。梳理短板弱项，组织开展重要基础材料、关键零部件等清洁能源技术供给体系中的重点难点和瓶颈问题协同攻关。完善重点研发计划布局，继续实施绿色低碳发展相关重点专项。加强源网荷储互动、多能协同互补、用能需求智能调控等方面的研究，鼓励探索分布式能源技术创新和商业模式创新。进一步提高农用机具能效水平。推进低碳能源系统创新平台建设，加强相关领域专业技术和应用推广人才培养。充分调动各方积极性，合作促进低碳能源研究成果向乡村转移转化。

(3) 广泛开展乡村绿色低碳发展试验示范。

结合美丽乡村、特色小镇建设，按照区域特点推动建设一批“乡村绿色低碳创新发展试验区”。加强科技创新支撑，普及低碳能源系统，发展减碳增汇农业技术，加强绿色基础设施建设，抓点带面，做好应用示范。加强农村科技特派员队伍建设，将促进乡村绿色低碳技术应用示范和推动相关知识、技能普及等纳入服务行动体系，助力提升乡村清洁供电、清洁取暖、清洁生产水平。

(4) 动员各方力量参与乡村低碳能源系统建设。完善政策措施，健全激励机制，加强乡村分布式电网与骨干网络的连通性和互补性。强化科技金融支持，丰富面向乡村绿色发展的金融产品和服务。健全乡村低碳发展公共服务体系，建立和完善技术支持与咨询服务网络。面向乡村可再生能源替代等主题，通过组织开展创新创业大赛等方式，鼓励大众创新，不断催生乡村低碳能源产业发展新模式、新业态，增强乡村低碳转型的市场吸引力和可持续发展能力。■

参考文献：

- [1] Interreg Europe. A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Low-carbon Economy[R/OL]. [2022-05-27]. <https://www.interregeurope.eu/sites/default/files/2022-04/>

- Policy_Brief_on_approache_for_rural_low-carbon_economy.pdf.
- [2] European Commission. Common agricultural policy[EB/OL]. [2022-05-27]. https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy_en.
- [3] European Commission. A long-term vision for the EU's rural areas, building the future of rural areas together[EB/OL]. [2022-05-27]. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/new-push-european-democracy/long-term-vision-rural-areas_en.
- [4] European Commission. ENRD, priority & focus area summaries[EB/OL]. [2022-05-27]. https://enrd.ec.europa.eu/policy-in-action/rural-development-policy-figures/priority-focus-area-summaries_en.
- [5] European Commission. European regional development fund[EB/OL]. [2022-05-27]. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/erdf/.
- [6] European Commission. Cohesion fund[EB/OL]. [2022-05-27]. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/cohesion-fund/.
- [7] Interreg Europe. The low-carbon economy with Horizon Europe[EB/OL]. [2022-05-27]. <https://www.interregeurope.eu/news-and-events/news/the-low-carbon-economy-with-horizon-europe>.
- [8] European Commission. European network for rural development[EB/OL]. [2022-05-27]. https://enrd.ec.europa.eu/about_en.
- [9] European Commission. ENRD projects & practice[EB/OL]. [2022-05-27]. https://enrd.ec.europa.eu/projects-practice_en.
- [10] Miller D, Nijnik M, Irvine K, et al. Climate Change and Environmental Sustainability[R]. Brussels: SHERPA Discussion Paper, 2021.

Experience and Enlightenment from the Development and Application of the EU Rural Low Carbon Energy Systems

HUO Hong-wei

(Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: The development and construction of low-carbon energy systems suitable for rural characteristics plays an important role in the process of rural revitalization. In recent years, in response to problems such as population decline, and weak transportation and energy infrastructure in rural areas, the EU has actively adjusted its policy-orientation, continuously improved its green transformation strategy, and vigorously supported low-carbon rural development. The EU has also strengthened technological innovation and accelerated the development of rural low-carbon energy systems in terms of green energy supply, diversified energy storage, effective energy conservation and efficient energy use. These measures have achieved good results. The relevant experience and practices can provide reference for China to improve the scientific and technological innovation in related area and explore the new paths for green and low-carbon development of rural areas.

Keywords: the EU; rural revitalization; low carbon development; energy system; scientific and technological innovation