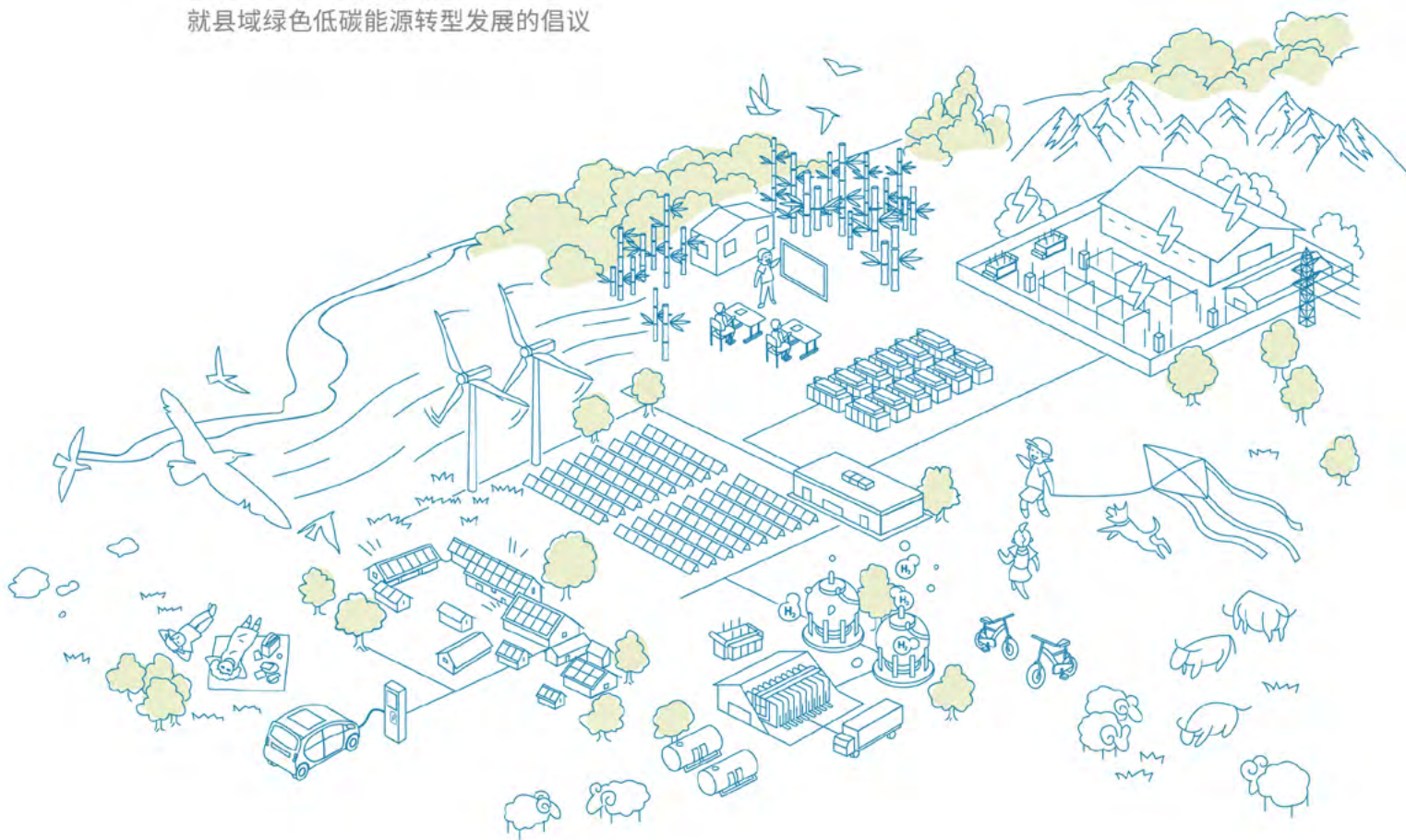


2022 中国县域 绿色低碳能源转型 发展报告

—— 国家电投与西门子能源
就县域绿色低碳能源转型发展的倡议



《中国县域绿色低碳能源转型发展报告》 编委会

编委会主席：

陈海斌 姚振国

编审委员会：

陈 燕 王 斌 李 强 李启钊 陈晓满 段 伟
戴 然 祝文伟 李向阳 张 治

编写组：

国家电力投资集团有限公司

朱 晔 余国君 刘 芳 王国栋 李运坚 李凡叶
石 芳 任小超 司新林 赵惠琴

西门子能源有限公司

徐如清 李萍萍 孙 磊 于竞阳

国家电力投资集团有限公司浙江分公司

王文清 李晓民 许 慧 姚天豪

国家电投集团绿能科技发展有限公司（国核电力规划设计研究院有限公司）

张栋顺 王长山 高丰顺 赵 艺 孔一惠 李丽群
吴卓然 滕宛邑 陈 光 张志谦 张福征 盖兆军
张 健 杜晓茜 李 真 王 静 赵骄杨 牛 一
朱艺芊

编写单位：

国家电力投资集团有限公司

西门子能源有限公司

国家电力投资集团有限公司浙江分公司

国家电投集团绿能科技发展有限公司（国核电力规划设计研究院有限公司）

特别鸣谢

《中国县域绿色低碳能源转型发展报告》致力于通过深入研究分析中国县域低碳能源发展现状，剖析县域绿色低碳能源发展典型案例，借鉴德国乡村型地区绿色低碳能源发展经验，探索"3060"目标下中国县域绿色低碳能源转型发展路线。期待报告的发布能够为县域低碳能源转型发展提供参考价值与借鉴意义。诚挚感谢各相关部门、研究机构、行业学会、企业、国际机构及众多专家的大力支持和帮助。

感谢国务院发展研究中心和德国弗劳恩霍夫研究所（Fraunhofer）对报告的特别贡献；感谢国务院发展研究中心资源与环境政策研究所副所长郭焦锋、能源政策研究室主任洪涛和弗劳恩霍夫研究所（Fraunhofer）沃夫冈·艾希哈默教授（Prof. Wolfgang Eichhammer）等中外智库的专家对报告编写提供的大力支持。

感谢国家电力投资集团有限公司法人治理部专职董事王海民、战略规划部副主任李鹏、发展部重大项目副总经理丁义军，浙江分公司总经理助理兼规划发展部主任蔡征亮、副总工程师张伟康，中国国际工程咨询有限公司能源业务部处长梁双及西门子能源有限公司深圳创新中心主任周业涛等专家学者对报告提出的宝贵建议。

序言

气候问题是全球所有国家都需要认真应对的重大挑战。作为负责任的大国，中国高度重视气候问题，积极有效应对气候变化。习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣布，“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。”沿着这一路线，中国提出并实施了一系列应对气候变化的战略、措施和行动，主动参与全球气候治理，彰显了大国担当。

当前，能源碳排放占全球碳排放总量的 43%，而在中国这一数字达到 80% 左右，能源转型成为世界和中国应对气候问题的首选答案。中国政府紧扣能源转型，做出了一系列重大安排部署，提出了“四个革命、一个合作”能源安全新战略，大力发展大型风电光伏基地，积极构建以新能源为主体的新型电力系统，从能源生产、消费、技术、体制、国际合作等多方面推动能源高质量创新发展。中国共产党的二十大报告更是鲜明指出，要“深入实施新型城镇化战略，加快规划建设新型能源体系，积极参与应对气候变化全球治理”。县域作为国家发展中承上启下的关键环节，其能源转型是推动气候变革和国家绿色可持续发展的重要支撑和重点环节。中国政府先后作出了加快县域和农村能源转型发展、助力乡村振兴的多项战略性部署，在构建县域绿色低碳能源体系，推广分散式风电、分布式光伏、智能光伏等清洁能源应用方面成效显著。

在能源百年大变局的大背景下，国家电投作为全球最大的光伏发电企业、新能源企业和清洁能源企业，以做全球绿色智慧能源引领者为使命，在中国中央企业中率先提出 2023 年实现碳达峰的目标，大力倡导“创新、绿色、融合为世界创造美好未来”的能源创新转型发展理念，创新推动由用户侧向消费侧转型，走出了能源企业范式革命、转型发展的一条新路。我们积极推进产业创新转型和跨界融合发展，先后在行业内超前布局并成功引领了智慧能源、能源网政务网社群网“三网融合”、综合智慧零碳电厂、绿能零碳交通、绿电转化、生态治理、水风光互补等新兴产业，落地形成了大量具体应用场景，开拓了能源发展的崭新格局，为全球能源转型发展提供了国家电投解决方案和实践样本。我们把能源转型融合发展落实到县域、推广到千家万户作为重要选择，将全国 2000 多个县域作为能源转型攻坚重点，在推动县域生产、生活、生态向绿色转型的同时，促进构建区域内政府、企业、民众各主体多方参与、共同获益的县域能源发展新生态。

同时，我们也注意到，欧盟议会于 2022 年 9 月 13 日通过了可再生能源发展法案（Renewable Energy Directive, REDII），将 2030 年可再生能源在终端能源消费的占比提升至 45%，而在德国，100% 使用可再生能源电力的目标有望由 2050 年提前至 2035 年。以德国为代表的欧洲国家既是绿色低碳能源的拥护者，也是先行者，积累了诸多不同类型特色、切实可行的发展模式和经验，为我国县域绿色低碳能源的健康发展提供了有益的借鉴与启示。西门子能源作为全球领先的可持续能源技术公司，凭借创新的综合能源解决方案，也正在为中国实现低碳与绿色发展贡献力量。

国家电投非常高兴与西门子能源合作，在中德智库的参与下，编写《中国县域绿色低碳能源转型发展报告》，着眼国际视角，总结国内外经验，共同为县域绿色低碳能源转型提供实践参考，分享转型思路及技术路径。希望《报告》发布后，能为推动中国县域绿色低碳经济可持续发展、推进中国美丽乡村建设、构筑共同富裕的和谐社会、促进中德能源转型合作发展做出积极贡献。

国家电投愿与各方携手共进，为用户提供可负担、可靠、可持续的现代能源，凝聚能源低碳转型和生态文明建设的国际合力，共同守护地球家园，造福中德两国和世界各国人民。

钱智民
国家电投董事长

序言

今天，我们正在面临着一个历史重任。气候变化和持续增长的能源需求给我们的地球带来了巨大挑战。值此报告发布之际，我们刚刚经历了一场高温“烤”验：全球平均气温在今年六月创下了自1979年以来的最高纪录。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）发出警告：按照当前的速度，全球升温幅度将在2030至2052年间达到1.5摄氏度，这将导致更多史无前例的极端天气事件。

刻不容缓，我们必须立即采取行动。能源行业是避免气候灾难的关键领域。如果统筹合理、实施到位，能源转型将促进联合国17个可持续发展目标的实现，提高大多数国家的能源自主能力，促进经济繁荣，创造就业机会，并提高可持续性和公平性。

德国的能源转型（“Energiewende”）或许是全球能源转型领域规模最大和最富雄心的尝试。从本世纪初发轫以来的二十年间，德国的能源转型经历过挫折，针对能源转型也存在着各种不同的声音，但可再生能源在德国能源结构中的占比已逐步增长至40%以上，最终目标是到2035年争取实现100%可再生能源供电。在能源转型的进程中，县域地区的角色往往被人忽视，针对县域能源转型的研究也较为鲜见，但县域地区恰恰能够发挥关键和独特的作用。

为此，西门子能源和国家电力投资集团有限公司（“国家电投”）携手对中国县域绿色低碳能源转型开展了一系列的研究。我们认为，县域是能源转型的关键要素，县域的经济增长和气候保护两者是相辅相成的。中国近2000个的县域经济体总共涵盖了超过7亿人口，贡献了2/5的国内生产总值。县域地区将为中国实现“3060”双碳目标做出不可或缺贡献。

今天，中德两国大部分人口都居住在城市；但县域地区往往拥有巨大潜力，可以利用可再生能源实现高度的能源自给自足，并且具备充足的条件灵活布局能源系统、采用多样化的商业模式。《中国县域绿色低碳能源转型发展报告》首次全面概述了中国广大县域地区能源转型的现状，从政策、社会和经济角度深入研究了在县域地区推进可持续发展的不同模式，并与德国县域地区的实践进行了比较分析。

德国县域地区的气候保护工作确实取得了诸多成就。德国制定了宏伟的整体目标，争取在2045年前实现气候中和。但正如本报告所述，一些县域地区走在了其他地区的前面，甚至有些县域已经或将在2030年前实现气候中和。他们先行试点的解决方案，将在未来二十年在德国得到全面推广，也因此被视为德国能源转型的“实验室”。

借本次报告的发布，我希望这个“实验室”的成果能够跨越国界，为中国县域地区的能源转型提供切实的参考。能源转型是个复杂的课题，中德两国的发展速度不同。在农村地区，由于两国在土地所有权和农村治理结构等基本体制方面的差异，情况更为迥异。因此，没有适用一切情况的“一键式”解决方案。尽管如此，中德两国都有着深厚的农耕文化传统，在城镇化进程中高度重视县域发展。我衷心希望，本报告就德国县域低碳转型的研究成果，不论是最佳实践还是经验教训，能够有助于中国在县域层面推进碳中和工作，并为中国建设“美丽乡村”的宏伟事业做出贡献。

在我看来，广泛的公众参与是德国县域能源转型最为突出的特点，也可能是德国能源转型成功的关键。通过“能源社区”，公众能够集体参与并成为能源体系的组成部分，自主决策能源消费，与能源转型休戚相关，共同为实现气候中和奠定良好的基础。这也是西门子能源和国家电投的共同信念：在实现可持续发展的道路上，政府、社会和工商企业界必须携手并肩，紧密合作。

我十分钦佩国家电投钱智民董事长和他所领导的团队。他们富有远见卓识，致力于通过智慧、绿色、创新和共享发展为世界创造更美好的未来。西门子能源与国家电投都将可持续发展作为公司的战略核心，自 2019 年起建立全面战略合作伙伴关系。这份联合研究报告将开启双方合作的新领域，以切实行动丰富中欧绿色伙伴关系的内涵。我们希望将此报告呈现给两国政策制定部门、研究机构和能源行业，并共同倡议建立一个定期对话交流平台，支持中德两国绿色低碳能源转型发展。

我也向来自中国国务院发展研究中心和德国弗劳恩霍夫协会两家智库的学者、专家小组以及国家电投和西门子能源的联合编辑团队致敬，感谢他们辛勤工作，将我们的想法付诸实践。

这份报告的发布再次印证了我们的信念：在实现可持续发展的道路上，没有人可以独自完成。

让我们携手并进，赋能社会！

克里斯蒂安·布鲁赫
西门子能源股份公司总裁兼首席执行官

目录

CONTENTS

第1章

中国县域绿色低碳能源 发展背景

- 01 中国县域能源发展政策形势
- 03 县域绿色低碳能源转型发展现状
- 06 推动县域绿色低碳能源发展的重要意义

第3章

德国乡村型地区绿色低碳能源 转型实践

- 33 德国能源发展概述
- 41 德国建设绿色乡村型地区的规划和政策
- 45 德国绿色乡村型地区案例研究
- 55 可供中国参考借鉴的实践经验

-
- 65 结语
 - 66 参考文献

第2章

中国县域绿色低碳能源转型 发展实践

- 09 中国绿色县域案例研究
- 29 小结

第4章

中国县域绿色低碳能源转型 发展建议

- 58 搭建县域绿色低碳能源体制机制
- 59 完善县域绿色低碳能源基础设施
- 60 探索县域绿色低碳能源商业模式
- 61 优化县域绿色低碳能源产业体系
- 62 创新县域绿色低碳能源技术路线
- 64 推动县域绿色低碳发展国际合作

-
- 67 附录一：中国县域绿色低碳能源发展相关政策要点
 - 70 附录二：可再生能源社区和公民能源社区
 - 73 附录三：德国案例研究补充材料

第 1 章 | 中国县域绿色低碳能源发展背景

党的十八大以来，习近平总书记高度重视县域发展和县域治理，强调“县一级处在承上启下的关键环节，是发展经济、保障民生、维护稳定、促进国家长治久安的重要基础”、“要准确把握县域治理的特点和规律，把强县和富民统一起来，把改革和发展结合起来，把城镇和乡村贯通起来”。这些重要论述，为新时代县域绿色低碳能源转型发展提供了根本遵循，注入了强大动力。

本章第一节，主要梳理了中国县域能源发展的政策形势。

本章第二节，立足中国县域能源发展现状，分析了中国县域能源绿色低碳转型面临的问题。

本章第三节，提出了推动县域绿色低碳能源发展的重要意义。

第一节 | 中国县域能源发展政策形势

习近平总书记在多次重要会议中提到“乡村振兴”、“共同富裕”、“推动能源清洁低碳安全高效利用”，国务院及国家各部委相继发布系列政策推动县域绿色低碳能源发展。

2021年1月22日，习近平在十九届中央纪委五次全会上的讲话，要紧盯党中央惠民富民、促进共同富裕政策落实，持续纠治教育医疗、养老社保、扶贫环保等领域腐败和不正之风，解决好群众的“急难愁盼”问题，让人民群众感受到公平正义。

2021年2月25日，习近平在全国脱贫攻坚总结表彰大会上指出，“治国之道，富民为始。”我们始终坚定人民立场，强调消除贫困、改善民生、实现共同富裕是社会主义的本质要求，是我们党坚持全心全意为人民服务根本宗旨的重要体现，是党和政府的重大责任。并强调，全面实施乡村振兴战略的深度、广度、难度都不亚于脱贫攻坚，要完善政策体系、工作体系、制度体系，以更有力的举措、汇聚更强大的力量，加快农业农村现代化步伐，促进农业高质高效、乡村宜居宜业、农民富裕富足。

2021年4月30日，习近平在中共中央政治局第二十九次集体学习时强调，推动能源清洁低碳安全高效利用，持续降低碳排放强度。要支持绿色低碳技术创新成果转化，支持绿色技术创新。

2021年9月22日，习近平在第四个“中国农民丰收节”到来之际强调，进入实现第二个百年奋斗目标新征程，“三农”工作重心已历史性转向全面推进乡村振兴。各级党委和政府要贯彻党中央关于“三农”工作的大政方针和决策部署，坚持农业农村优先发展，加快农业农村现代化，让广大农民生活芝麻开花节节高。

2021年12月8日至10日，习近平在中央经济工作会议上指出，要正确认识和把握碳达峰碳中和，立足以煤为主的基本国情，科学考核，确保能源供应，深入推动能源革命，加快建设能源强国；要推进资源全面节约、集约、循环利用，增强国内资源生产保障能力。

2022年1月26日，习近平在山西汾西县僧念镇段村考察时强调，下一步，我们要走的路还很长，第一个百年奋斗目标实现了，第二个百年的新征程已经开启，我们要全面建设社会主义现代化国家。现代化离不开农业农村现代化，要把巩固脱贫攻坚成果和乡村振兴衔接好，使农村的生活奔向现代化，越走越有奔头。

近年来国家对县域市场开发具有重要指导意义的政策如下，具体内容见附录一。

表 1-1：国家县域绿色低碳能源发展相关政策

政策名称	发布单位	发布时间
《能源技术革命创新行动计划》	国家发展改革委、国家能源局	2016年4月
《关于县域创新驱动发展的若干意见》	国务院	2017年5月
《关于促进乡村产业振兴的指导意见》	国务院	2019年6月
《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	国务院	2021年2月
《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	十三届全国人大四次会议	2021年3月
《关于加强县城绿色低碳建设的意见》	住房和城乡建设部等15部门	2021年5月
《关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》	国家能源局	2021年6月
《“十四五”推进农业农村现代化规划》	国务院	2021年11月
《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》	国家能源局、农业农村部、国家乡村振兴局	2021年12月
《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》	国家发展改革委、国家能源局	2022年2月
《中共中央 国务院关于做好2022年全面推进乡村振兴重点工作的意见》	国务院	2022年2月
《“十四五”现代能源体系规划》	国家发展改革委、国家能源局	2022年3月

第二节 | 县域绿色低碳能源转型发展现状

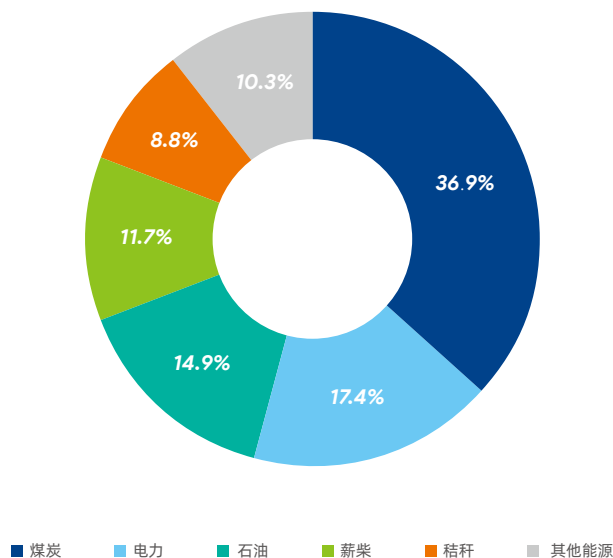
一、中国县域能源发展现状

(一) 能源供应保障能力增强，但消费结构不合理问题仍然明显

据《中国建筑节能年度发展研究报告 2020》^[1]，我国 30 个省（自治区、直辖市）每年农村生活用能总量约 3.11 亿吨标准煤，其中包括用于取暖、炊事（含生活热水）、空调、生活用电（包括照明和各类家电）的能耗，统计能源种类包括煤炭、液化石油气、电力、天然气等商品能，及以木柴和秸秆为主的非商品能。商品能和非商品能分别占 69.6% 和 30.4%^[2]。

以 2018 年为例，煤炭、电力、石油、薪柴、秸秆分别占 36.9%、17.4%、14.9%、11.7%、8.8%。可再生能源及商品能源占比仍有很大提升空间，能源消费结构亟待优化^[3]。

图 1-1：2018 年我国农村能源消费情况



（二）能源资源丰富，但利用率较低

农村地区能源资源丰富，每年可能源化利用的生物质资源总量约折合标准煤 4.6 亿吨标准煤¹，分布式光伏技术可开发潜力达 1000GW 以上，分散式风电技术可开发潜力达 250GW²，除岩热型资源外，地热资源年可开采资源量折合标准煤 26 亿吨³，但总体看，上述能源资源利用率较低，不利于农村地区清洁能源供应，不利于农村地区能源的有效供给⁴。

¹ 来源：

《3060 零碳生物质能发展潜力蓝皮书》

^{2、4} 根据国网能源研究院测算

³ 根据中国地调局全国地热资源量初步评价结果

（三）能源服务体系发展缓慢，统计体系有待完善

我国农村能源管理机构及从业人员数量不足，截至 2018 年底，全国农村能源管理推广机构为 10467 个，人员 28254 人；由政府财政支持、具有公共服务的农村能源服务站点只覆盖了 2842 万户，若按平均每户人口 4 人计算，仅占农民总数的 21%。我国农村能源生产消费品种多，县域能源数据管理分散⁴。

我国农村能源消费构成包含电力、液化气、天然气等多种优质能源，但非商品能源占比仍较高，能源商品化水平及供应质量明显低于城市。我国农村生活用能中非商品能源占比仍达 1/3 左右，一些农业大省仍有大部分农户以秸秆、薪柴为燃料。我国目前的能源统计主要基于商品能源，对非商品能源的统计体系和方法尚不完善，一定程度上限制了我国农村能源转型发展。

二、中国县域能源绿色低碳转型面临的问题

立足我国县域能源发展的基本情况，要实现县域能源的绿色低碳转型仍任重道远，总结起来，主要面临以下几个方面的问题。

我国县域乡村基础设施建设仍较为薄弱。我国县域乡村与城镇地区在基础设施建设与能源服务水平方面仍存在着发展不均衡的现象。县域地区能源基础设施薄弱，技术开发资金投入欠缺，燃气、液化气和天然气供应尚未能普及到所有乡镇，部分偏远地区农网设备陈旧落后，农村商品能源总体供给不足，部分地区能源贫困问题依然存在，能源消费需求难以得到有效满足。在清洁能源利用方面，县域地区秸秆、薪柴等非商品能源在农村生活用能仍占比较高，清洁能源利用水平较低。受限于供能基础设施建设，县域乡村地区风电及光伏开发装机占可开发规模的比例小，县域清洁能源开发潜能仍需大力挖掘。在信息基础设施与数字化建设方面，发展不平衡不充分问题依然突出，信息技术在县域产业的应用仍处于较低水平，信息基础设施财政投入力度明显不足，影响了县域乡村治理数字化能力提升的实施进度，能源数字化与乡村治理数字化融合潜能巨大。

电网接入条件受限，清洁能源就地消纳存在阻碍。当前县域清洁能源开发容量的接入，基本是在“消费”原有电网系统的接入裕量，当裕量被用完以后，县域开发工作将彻底陷入被动。随着分布式光伏等新能源接入，以农村电网为典型代表的县域配电系统将从放射状无源网变为具有大量分布式电源的有源网，电网的物理特性将发生根本变化，传统县域电网已经无法适应大规模、间歇性的分布式电源广泛接入，制约了县域能源开发的正常推进，迫切需要对现有电网系统再次升级改造。电力市场改革相关政策仍面临落地困局，由于“隔墙售电”等政策推进受限，本地清洁能源无法直接售电给本地工商企业，县域开发与本地企业之间难以形成利益共享，一定程度上影响了地方政府对整县开发的科学认识和支持力度。目前农村和县域电网系统进行升级改造工作有待加强，深化电力体制改革，推进能源领域公平竞争，打通能源清洁生产消费的政策堵点已经迫在眉睫。

技术条件与商业模式尚不能满足县域开发需求。县域环境资源禀赋差距较大、开发条件错综复杂，现有技术方案与开发模式无法满足多样化的开发需求。在技术应用层面，县域开发仍沿用传统能源开发技术标准体系，技术标准、施工标准、运维标准等尚未形成县域通用标准，对全国县域开发的指导作用不强。能源企业对水泥、建材等高耗能产业的生产工艺流程不熟悉，缺少推动高耗能产业转型的针对性方案，绿色能源就地消纳对县域能源消费结构转型的支撑能力未能充分发挥。在商业模式层面，先进信息技术、先进能源技术还应更进一步下沉进入我国县域乡村，目前的县域能源数据价值并未得到有效发掘，能源网与政务网、社群网之间并未建立有效融合，无法有效推动县域和乡村治理水平提升。

第三节 | 推动县域绿色低碳能源发展的重要意义

推动县域绿色低碳能源发展是践行绿色发展理念、促进生态文明建设的重要举措。全面推动绿色发展是习近平生态文明思想的重要内容，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标》中，对“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”进行了专篇论述。县域作为我国进行生态文明建设的基层单位，承担着促进区域和国家持续健康发展的重要战略使命。在新常态下，县域经济发展不仅蕴含着巨大变革和创新活力，更面临着提质增效升级的战略任务。因此，有必要重新梳理县域经济发展的现状，进一步明确当前县域产业绿色发展面临的主要困境，推进生产、生活、生态“三生融合”，以期为适应引领新常态，谋划绿色发展指明道路。

推动县域绿色低碳能源发展是实现县域高质量发展、解决“三农”问题的良好基石。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标》中提出，优先发展农业农村，全面推进乡村振兴；强化县城综合服务能力，统筹县域城镇和村庄规划建设；到2035年，城乡区域发展差距和居民生活水平差距显著缩小，人民生活更加美好，人的全面发展、全体人民共同富裕取得更为明显的实质性进展。县域承载着新的功能，它既是乡村振兴的依托，也是缓解“大城市病”、实现城乡协调发展的重要节点。发展县域绿色低碳能源，能够提高能源利用效率，促进农产品升级，提高产业增加值。因此，通过能源的绿色低碳转型发展解决当地资源的高损耗问题，最大限度利用好当地的清洁能源，实现就地消纳成为县域高质量发展，促进农业高质高效、乡村宜居宜业、农民富裕富足的必经之路。

推动县域绿色低碳能源发展是助力乡村振兴、实现共同富裕的有效途径。“十四五”时期我国开启第二个百年奋斗新征程，明确了实现共同富裕的终极目标。围绕该目标，自2017年以来，国家在乡村振兴工作上持续着力、详尽部署，近一两年就“县城绿色低碳建设”“农村能源转型发展”“能源绿色低碳转型体制机制”等方面更是密集发文指导。县域作为政治、经济、社会目标的基本执行单元，是生态文明、乡村振兴、共同富裕、国家能源安全的主战场，在推动我国实现高质量发展中将发挥至关重要的作用。发展绿色低碳能源，在提升公共服务质量供给、推动县域数字转型、完善灾情预警处理系统等方面将大有可为，能够切实破除贫困的生成机制，巩固脱贫成果，实现共同富裕。所以，立足于新发展阶段，开发县域绿色能源市场将成为赢得先机 and 优势的重要途径。

我国正处于从脱贫攻坚战略转向乡村振兴战略的关键期和能源安全战略的发展机遇期，同时也是碳达峰目标实现的攻坚期，推动县域绿色低碳能源发展，是在习近平新时代中国特色社会主义思想的指导下，助力国家及地方重大战略和决策部署落实，赋能新型城镇化建设，促进城乡融合发展，推动乡村振兴战略，实现共同富裕及“双碳”目标的必经之路^[5]。

第 2 章 | 中国县域绿色低碳能源转型发展实践

在国家及地方系列政策的引导下，中国绿色低碳县域试点成效显著。我国疆域辽阔，全国县域资源禀赋、区域分布与气候条件差异性较大，社会经济发展情况及能源需求情况不同，地方生态基础、文化特点、政策导向也存在较大区别：从资源禀赋看，西北地区光资源最为丰富，风能主要分布在东南沿海、“三北”以及高原地区，这些地区可再生能源规模化发展及分布式装机潜力较大；从区域分布看，地形、纬度、季度温差等是地区供热需求的主要影响因素；从发展需求看，县域规模、主导产业、经济发展及相应能耗指标、碳排放指标要求，影响着当地县域绿色低碳转型决策的积极性及产业配套方向；此外，地方生态治理需求和国家试点示范政策导向等，也对县域能源转型发展有着多方面影响。县域绿色低碳转型路径既应充分借鉴现有良好实践，也要具体问题具体分析，立足本地情况科学规划、系统实施。

本章综合考虑县域特点、规模、区域分布、资源禀赋及经济发展等因素，分别选取厚植生态优势、区域功能整合、新能源+农业、清洁能源基地、碳汇+绿能+扶贫、新能源+三网融合+商业模式实践六个具有差异化特点的县域能源转型发展案例，供参考借鉴。

表 2-1：案例基本信息汇总表

县域	面积 /km ²	人口 /万人	人均 GDP/万元	案例特色
安吉县	1886	58.64	9.70	县域竹林碳汇收储交易全链式服务体系
崇明岛	1269.1	63.90	6.41	全市“碳中和”示范区，整合区域功能，实现城乡耦合一体化
兰考县	1116	76.46	5.30	土地入股分红，新能源+生物质颗粒工厂模式
共和县	17209	13.30	7.26	新型清洁能源“千万千瓦级”示范基地和“西电东输”基地
围场县	9219	53.10	3.61	双碳能力建设+双碳科技成果转化+生态环境交易+风光储氢清洁能源产业
朝阳县	3758	53.90	2.00	集中式清洁能源+屋顶光伏+美丽乡村+三网融合



图 例

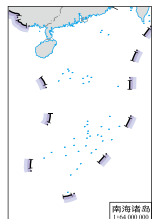
—— 国界

—— 省、自治区、
直辖市界

—— 特别行政区界

1 : 32 000 000

审图号: GS(2016)1579号
自然资源部 监制



第一节 | 中国绿色县域案例研究

一、浙江省安吉县

图 2-1：浙江省安吉县区位图及基本信息



(一) 县域发展特点

安吉建县于公元 185 年，县名取自《诗经》"安且吉兮"，是艺术大师吴昌硕的故乡。2005 年 8 月 15 日，习近平总书记在安吉余村首次提出了"绿水青山就是金山银山"的科学论断。多年来，安吉全县上下始终牢记习近平总书记的谆谆教诲，忠实践行"两山"理念，聚焦聚力改革创新，探索出了一条生态美、产业兴、百姓富的绿色发展之路。

(1) 资源禀赋

安吉县生态基础较好，拥有 673km² 竹林，总面积 12.44km² 的安吉小鲵国家级自然保护区及亚洲第一、世界第二的天荒坪抽水蓄能电站坐落于此。多年来，全县空气质量优良率保持在 85% 以上，地表水、饮用水、出境水达标率均为 100%，森林覆盖率、林木绿化率达到 70% 以上，林地面积 1354km²。获评全国首个生态县、联合国人居奖首个获得县。安吉县目前已形成"2+5"现代产业体系，全面提升绿色家居、生态旅居两大传统优势产业，加快发展生命健康、高端装备、电子信息、新材料、通用航空五大战略性新兴产业。

(2) 绿色能源转型发展诉求

美丽乡村建设要素需求扩张与资源供给受限的矛盾。虽然安吉县的经济发展保持较好的增速，但是由于基数小，与周边县区之间的总量差距仍比较明显。长期以来，受多种因素影响，全县农地非农化倾向突出，耕地不断被占用，质量也在下降，农业发展空间受到了很大挤压。如何处理好加快经济发展和生态环境保护的和谐统一关系，成为新时期美丽乡村建设的重要挑战。

美丽乡村经营业态单一。人们多样化的消费需求给经营美丽乡村提供了更多可能性，安吉乡村单一的业态形式已稍显落后，加快新型业态培育成为打造美丽乡村升级版的又一重要内容。安吉需要走出一条既能与城市产业差异互补，又能实现生态绿色的产业发展新路子。

(二) 低碳能源转型发展路径

近年来，全县上下致力于建设中国最美县域，全面推动“美丽乡村、美丽城镇、美丽县城”三美共建，“四好农村路”成为全国样板，《美丽乡村建设指南》成为国家标准，新时代浙江（安吉）县域践行“两山”理念综合改革创新试验区落地实施。

政策引领，科学部署。安吉出台多项政策推行绿色转型发展。2010年7月，安吉县委出台了《关于深入推进生态文明建设的决定》，明确提出“美丽乡村、转型经济、低碳行动”等八大行动计划，探索“低能耗、低污染、低排放”的生活方式。2017年8月，制定《安吉美丽乡村升级版战略规划》，提出了提升美丽乡村建设、经营、共享水平的主要任务。2019年7月，发布《2019年安吉县生态文明先行示范区建设工作要点》，将湖州市绿色发展指标2019年目标进行系统的责任分解，并提出六大重点任务推动落地。2020年5月7日，安吉县人民政府发布《中共安吉县委安吉县人民政府关于高质量推进乡村振兴确保高水平全面建成小康社会的意见》，其中对低碳能源转型发展作出了要求：提高农业绿色发展水平、提高农业科技应用水平；优化产业布局；打造新时代美丽乡村、提升全域美丽环境等，并做出详细部署。

企业响应，节能降碳。安吉县企业积极响应，结合自身发展实际制定碳达峰及降碳实施方案，促进节能降碳。天子湖热电公司和谢菲尔考克公司联合开展了CO₂矿化制备、高附加值碳酸盐研究，天子湖热电将自身产生的烟气进行处理，捕集其中的CO₂供应给谢菲尔考克公司作为生产原料，并回收废碳酸钙浆液作为生产原料，减排效果明显，实现经济效益和社会效益双丰收；祖名豆制品19.08MW分布式光伏发电项目加快推进，建成后预计每年可发电1.82×10⁶kWh，每年节约标准煤557.57吨；南方水泥余热发电技改后，每小时增加发电量4000kWh，能效利用率提高50%以上，每年可节约标煤3000吨，预热器改造后，单位产品综合煤耗下降1.5%。彩虹绿化工程公司对废弃农作物秸秆进行深度开发利用，将生产过程中产生的粉尘、边角料收集后加工成有机基质，实现零排放⁵。

⁵ 来源：

相关数据出自地区政府网站

林业固碳，碳汇先行。作为浙江省林业固碳增汇试点县，安吉县于2021年成立两山竹林碳汇收储交易中心，先试先行推动竹林碳汇“可度量、可抵押、可交易”，实现“竹林里的新鲜空气能变现”。通过该交易模式，村集体将农户的林权统一到合作社，按照竹林经营碳汇项目方法学标准开展集中经营，持续产生碳汇。碳汇交易中心的成立与运行，意味着安吉基本建成了县域竹林碳汇收储交易全链式服务体系，进一步深化了生态产品价值实现机制。截至目前，全县已完成竹林碳汇收储（含预收储）竹林规模95km²，合同金额达7230.8万元⁶。2022年3月，为了加速实现“双碳”目标，以“绿色”作为燃料进一步推动实现共同富裕，全国首个负责森林碳汇管理的县级行政机构——安吉县林业局、安吉县森林碳汇管理局挂牌成立。

深入群众，全民参与。2022年初，安吉县机管中心联合政府各部门倡议“低碳办会”，提醒与会人员示范带头“带走半瓶水，节约不浪费”。此外，安吉县机管中心还推出了“低碳办公”、“低碳用餐”、“低碳用车”等一系列低碳行动。目前县域内的星级酒店、品质饭店、特色文化主题酒店、等级民宿等参与率100%，均已实现“六小件”取消全覆盖。截至目前，累计减少“六小件”使用32.5万套。

优化能源结构。截止目前，安吉县建成分布式光伏项目4417户，总容量265MW，预计年发电量 2.65×10^8 KWh。充分利用当地优势资源，积极推进秸秆、垃圾、沼气等多品种能源梯级利用。2015年，安吉县启动全国绿色交通试点县创建工作，围绕新能源、慢行系统、公共交通、绿色枢纽、绿色港口、绿色运输、交通管理和交通服务八大方面，以38个子项目为载体，着力构建便捷畅通的综合运输网络、建设绿色低碳的交通基础设施、推广节能环保的绿色运输装备、发展集约高效的运输组织模式、提升绿色交通科技与管理能力。截至2018年，安吉县近五年累计投入15.6亿元专项资金，用于“四好农村路”建设，成为全国唯一绿色交通试点县和全国“四好农村路”建设示范县。全县新能源公交车数量达到了77辆，从柴油车逐渐“升级”为天然气公交车、纯电动“铛铛车”等。

⁶来源：

相关数据出自地区政府网站

二、上海市崇明区崇明岛

图 2-2：上海市崇明岛区位图及基本信息



(一) 县域发展特点

崇明岛是上海的战略储备地，具有良好的生态资源和环境条件。在“十一五”期间，崇明岛科技项目超过 100 项，投资接近 6 亿元，科技基础扎实。崇明岛作为世界级生态岛，提出要率先在全市范围内打造成为“碳中和”示范区。

(1) 资源禀赋

丰富的风能、太阳能、生物质能、潮汐能等可再生的清洁能源也是崇明岛的优势。总体而言，地理位置相对封闭、大小适中、电网相对独立的崇明岛是建设智能电网综合集成示范的理想场所，高比例的可再生能源是其特色。

▸ 风能

崇明岛年均风速为 6.7m/s，能量密度为 329W/m²。东滩地区是上海年均风速最大的地区之一，每年东滩风力发电的最大小时数为 2300h，北部沿岸、横沙岛北部沿岸及东部滩涂都具备建设 100MW 级沿岸大型风电场的条件，崇明岛近海还具备 50-150MW 的近海风电场条件。

▸ 太阳能

崇明岛空气透明度高，日照比较充足，每年日照时数为 2104h，8 月份日照时数最多，2 月份最少，年太阳辐射总量为 4.2-5.0GJ/(m²a)，潜在的有效能量相当于每年 2×10⁵ 吨标煤。

▶ 生物质能

农作物秸秆。崇明岛是上海市重要的农业生产区，有丰富的农作物秸秆资源，每年预计有 3.69×10^5 吨秸秆，农作物秸秆能源利用潜力总计相当于每年 1.64×10^5 吨标煤。

牲畜粪便。崇明的牲畜包括了牛、羊和家禽等，每年粪便产量分别为 767617 吨、6071 吨、56228 吨，能源利用潜力总计相当于每年 3.96×10^5 吨标煤。

林木废弃物。崇明三岛现有森林面积 352km^2 ，崇明岛按比例取其中 316.7km^2 ，以假定每平方千米林木每年产出 45-70 吨的林木废弃物，则可以估算出总的林木废弃物产量在 13200-19000 吨 / 年，如果取中间值，则能源利用潜力大约相当于标煤 11099 吨 / 年^[6-7]。

(2) 绿色能源转型建设成效

上海市政府工作报告显示，上海 2021 年单位生产总值能耗进一步下降，PM2.5 年均浓度为 $27\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、下降 15.6%。上海生态环境的改善，少不了崇明的重要贡献。

▶ 低碳社会、生活与文化

崇明形成了以有机绿色农业、环保型工业、生态化服务业为特征的生态化产业体系；建立以高科技和可再生能源为依托的集约化城乡建设体系；建成了以海岛“低碳建筑导则”和建筑节能环保评估检测制度为基础的绿色建筑体系；同时充分挖掘文化底蕴，与其生态优势相呼应，形成了独具特色的崇明标签。

▶ 固体废弃物管理

崇明岛已经制定了多项措施和规划来加强岛内的固体废弃物的源头减量、收集、中转、运输、处理和处置，在固体废物综合管理中遵循“减量化、无害化、资源化”的原则。过去五年，崇明生活垃圾回收利用率由 26.7% 提高至 41.8%，获评全市首批生活垃圾分类示范区，已形成了以资源化利用为导向的框架。

▶ 低碳经济及能效提升

崇明岛的低碳发展战略和模式已初步建立，打造了以可再生能源和智能电网协同发展为辅助的低碳能源基底。截至 2021 年底，崇明全区可再生能源装机容量达到 564MW，可再生能源发电量比重达到 26.4%。

▶ 可持续交通

崇明岛促进私人机动车向非机动车和公共交通的转变是低碳交通系统的一部分，崇明在上海全市率先实现新能源公交车、出租车区域全覆盖，为实现建设方便崇明三岛联接以及崇明岛和上海市连接的生态型现代化综合交通体系奠定了良好的基础。

截至 2021 年底，崇明岛自产“绿电”占比位居全市各区榜首，崇明区可再生能源中一半以上为风电项目。未来崇明还将适度开发陆上风电，并积极探索生物智能开发利用。

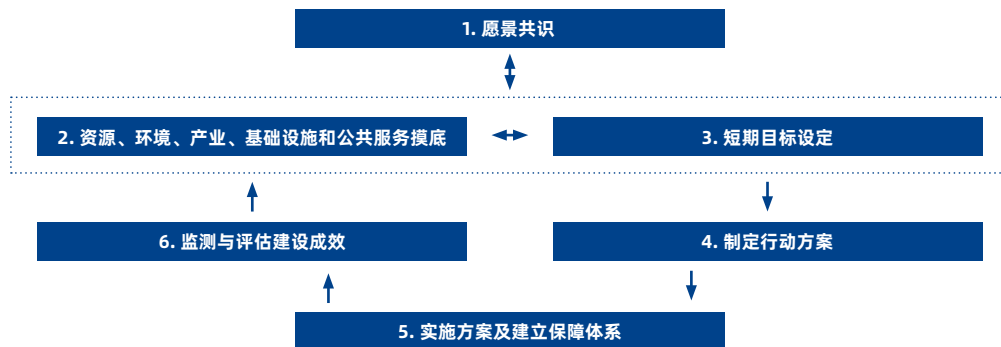
（二）低碳转型发展路径——生态优势向低碳发展优势转化

近年来，基于“生态+”战略，崇明岛保持厚植生态优势，打造世界级生态岛，积极探索生态优势向低碳发展优势转化的路径和模式。

通过大力发展以生态休闲旅游业为重点的现代服务业，提高生态旅游产品供给质量，促进全社会共同参与和关联产业深度融合，成为长三角地区生态旅游示范引领区^[9]。倡导人地和谐的低碳消费方式，通过倡导步行、骑自行车、乘坐燃料电池公交车等方式来实现居民低碳生活体验。将保护生态环境与促进经济社会低碳发展完美结合，进一步推动了区域低碳发展转型。

在核心价值理念上，崇明生态岛建设与联合国环境规划署的绿色经济理念高度契合。其建设经验表明，崇明生态岛建设是个循序渐进的过程，依次经历了世界级生态岛愿景共识目标的形成→资源、环境、产业、基础设施和公共服务摸底→设定愿景共识目标的各子目标→制定切实可行的行动方案→实施方案及建立保障体系→监测与评估建设成效等阶段，形成了崇明生态旅游岛建设的循环模式。

图 2-3：崇明生态旅游岛建设的循环模式图



崇明生态岛相继形成了绿色有机、环保、生态服务等生态化产业体系和以生态高效农业与轻型服务业为主要支撑的低碳产业格局，建成了绿色建筑体系和依托新能源汽车技术的低碳交通设施体系，生成了以林地和滩涂湿地为主的自然碳汇系统，打造了以“天人合一”为核心理念的低碳人居环境。面对低碳转型与产城融合发展的趋势，未来的崇明生态岛建设发展模式将在积极整合区域功能和实现城乡耦合一体化中完成“高端跨越”。

（三）经验总结

（1）立足资源本底，明确高位目标，推进更高站位的世界级生态岛建设

把握原有资源优势，以生态岛建设为出发点，积极发展低碳绿色转型建设。强化其优势，彰显其巨大的土地、湿地、森林、鸟类、空气和农田资源方面的自然资本价值与生态服务功能。

(2) 建立与其自身相适应的指标体系，积极评估改进发展路径

构建一套具有崇明特色的世界级生态岛建设指标体系，维护自然生态系统的结构与功能。在明确建设的核心指标后，对指标完成情况开展阶段性评估，客观评估规划进展和成效，提出进一步改进规划实施的措施建议，把评估成果转化为推动区域经济社会发展的具体思路和举措，持续推动崇明世界级生态岛建设。

(3) 找准自身定位，正确推进适用性强的建设模式

崇明依靠上海大都市周边的优势区位，积累了大都市城郊融合型的生态岛建设模式经验。为大都市提供生态保障功能的同时，也借力生态产业发展，实现经济发展和生态保护的双赢。为了给大都市提供生态保障功能，生态空间实行最严格的管控措施，严禁一切不符合主体功能定位的开发活动。

(4) 凝聚各方智慧，形成“政府+企业+智库”的多方参与机制

上海市政府、崇明区政府高度重视崇明生态岛建设，将崇明世界级生态岛建设纳入市政府目标考核系统，专门成立崇明生态岛建设协调小组、崇明生态岛建设推进工作领导小组。同时，中国中车股份有限公司、上海电气集团股份有限公司等企业积极担负企业责任，深度参与生态岛建设。市内各高校和科研机构在人才、资源、技术等各方面也给予崇明大力支持，如华东师范大学牵头沪上高校专门成立了崇明生态研究院。

(5) 实行区域合作，实现环境共治共享

在长三角一体化发展国家战略指导下，崇明积极推进“东平—海永—启隆”跨行政区城镇圈协同规划，与海门、启东合作成立长江口生态环境保护检察协作机制，形成全链条式的司法制度创新。同时，与南通地区在水系治理、垃圾分类、环境整治、防汛抗台、交通互联等方面也加强了交流合作。

(6) 着力进行绿色产业优化，加强固废资源化再利用，实现循环经济

崇明布局了农业、海洋装备、智慧岛数据产业、固体废物处置、风力发电等特定产业。崇明通过生态建设助力乡村振兴，将种植、畜养相结合，基本形成了新农村循环经济体系。中南部工业发展区通过工业结构的调整和布局，重点建设绿色工业园区，企业按照生态学功能分为生产制造者、物质消费者和废料处理分解者三大功能类别，有效的降低工业产区的碳排放量。崇明的循环经济还体现在绿色能源利用、出行方式变革、低碳生活观念推广等多个方面，大力助推城乡一体化绿色发展。

三、河南省兰考县

图 2-4：河南省兰考县区位图及基本信息



（一）县域发展特点

兰考县为国家级农村能源革命试点县，是习近平总书记在第二批群众路线教育实践活动中的联系点，是首批国家级生态保护与建设示范区，也是焦裕禄精神发源地。

（1）资源禀赋

兰考县是传统农区，化石能源资源匮乏，风、光、地热等可再生资源以及农林废弃物、畜禽粪污等农村能源资源较为丰富。根据相关企业调研数据：兰考县年平均风速介于 5.8-5.9m/s，风力发电经济可开发量约 1200MW；太阳能资源 III 类，年总辐射量 4.8-5GJ/m²，县域内光伏年均等效发电小时数 1105h，光伏发电经济可开发量约 2000MW；有机废弃物秸秆年产量近 8.5×10⁵ 吨，畜禽粪便年产生量达 1.44×10⁶ 吨；年可开采地热资源量约为 6.8×10¹³kJ，出水温度可达 72℃。

（2）绿色能源转型发展诉求

能源管理体系待完善。农村能源数据体系缺失，县域能源数据管理分散，不利于准确掌握农村能源发展现状。

能源消费水平低。清洁能源消费占比较低，集中供热覆盖率低，农村能源消费品质相对低下。

传统新能源开发模式待突破。采用传统的新能源开发模式，很难实现能源开发带给百姓“革命红利”。现有模式——引入新能源企业投资对当地资源进行开发，增加财政收入的同时，农民获得一定的土地补偿金。企业通过运行项目获得国家补贴收益，但并没有真正带给农民可持续的收益。

互联网运营待进步。能源互联网平台是新生事物，目前商业模式正处于探索阶段，缺乏成熟运营模式借鉴。

（二）低碳转型发展路径

《兰考县城市总体规划（2013-2030）》于2013年6月9日编制完成，并于2014年10月20日经河南省人民政府批准实施。规划中的城市建设目标提到，到2020年，城市燃气普及率达到40%以上，城市污水处理率达到95%以上，城市垃圾无害化处理率达到90%以上；到2030年，城市燃气普及率达到80%以上，城市污水处理率达到100%以上，城市垃圾无害化处理率达到95%以上。为低碳转型发展路径指引了方向。

政府与各开发商合作，从以下几方面推进兰考县绿色发展转型：充分挖掘农村原始形态生物质资源潜力，深化生活垃圾固体废弃物资源化利用，开发分布式可再生能源就地解决用能问题，持续加强能源基础设施建设，保障清洁能源输入，推进清洁替代和节能改造并举。

截止2020年底，兰考县新能源并网共776MW（无火电），其中：风电474MW；光伏：290MW；垃圾和生物质：39MW。2020年兰考可再生能源发电 1.12×10^9 kWh，占全社会用电量比例为67.8%；清洁取暖率达到97%，已基本形成以清洁能源为主的能源供应消费体系。

（三）经验总结

（1）利用先进的数智化技术

在兰考县域“三网融合”平台中，社群网的主体是农户，能源网的主体是发电企业，政务网的主体是县政府。“三网融合”的主要特点是建立长期的利益关系。农户与开发商进行户用光伏分成合作周期为30年，开发商可在政府委托下承担县域双碳发展规划等的顶层设计，建设示范工程。兰考县户用光伏项目针对户用光伏电站建设多地分散的情况，采用了数字化工具“电能光e链”将村庄报备、开工申请、开工报备、项目验收、发电竣工、申请结算等施工关键环节在线化，有效地解决了信息录入和及时审批确认的问题，规范化户用电站的施工过程管理，提升建设效率。

(2) 建设零碳综合智慧能源示范园

开发商与兰考地方城投合作，打造以新能源为主体的零碳综合智慧能源示范园。双方合作共建园区运营公司，保障各方长效利益。兰考县政府出台政策、地方城投承担园区基建 + 运营服务 + 引导基金、开发商参与联合运营 + 综合智慧能源开发，利用产业链招商优势，引入 N 家产业公司，形成 "1+1+1+N" 联合共建模式。

(3) 建设增量配电网

河南省确定将兰考县纳入郑开同城化规划，建设郑开同城特别合作区，建设增量配网，以园区负荷为核心实现新能源就地消纳。

(4) 发展新能源 + 现代农业

以新农村建设、乡村振兴为着力点，结合户用光伏项目创新营收模式，让老百姓受益的同时，增加村集体收入。落实中央农村工作会议提出的 " 要实打实地调整结构，扩种大豆和油料，见到可考核的成效 " 精神，在兰考仪封园艺场建设农光互补项目，通过村集体或村民土地入股分红的方式，实现村集体或村民增收，增加就业。

(5) 新能源 + 生物质供暖

建设清洁能源运营中心，提供光伏发电、轻资产运营服务，通过新能源 + 生物质颗粒工厂模式，促进新能源电力消纳，提升秸秆能源化利用率，为农村能源革命试点建设提供新模式。

(6) 绿电交通

绿电交通储能一体化有两种模式。

- ① 光伏 + 车棚 / 智慧插座 + 储能 + 充电桩，并实施共享充电服务。
- ② 光伏 + 智慧车库 + 储能 + V2G 充电桩，探索零碳园区 " 顺风车运电消纳 " 模式。

兰考 " 顺风车运电消纳 " 模式有三种应用场景。

① 光储充车棚：农户各类电车使用光伏车棚发电充电，降低用电成本，通过余电上网与村集体分享部分收益。

② V2G 电车储能：通过电动车和电网之间的互动，削峰填谷。低成本吸纳电能，在电网负荷高时，按政策支持释放电能，赚取差价收益。

③ 分时租赁车：开展 V2G 共享电动车租赁业务，并获得租赁收益。

四、青海共和县

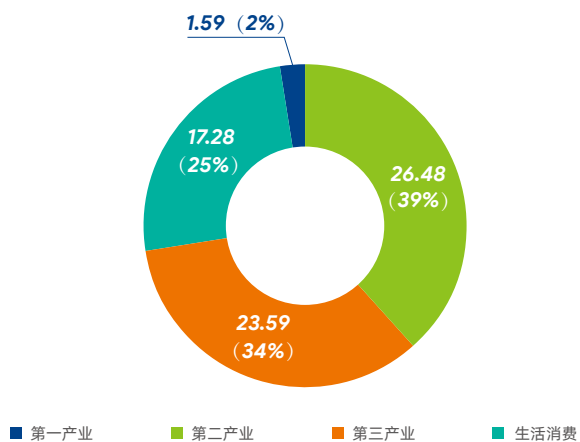
图 2-5：青海省共和县区位图及基本信息



(一) 县域发展特点

共和县民族较多，少数民族人口占比较大，县域面积广阔，风光资源及其他各类资源丰富，传统农牧业占比较低，经济发展主要依靠第二产业，且新能源产业占主导地位，新能源电力消纳与外送条件较好，2020 年共和县送出电力折合标煤 5.86×10^6 吨。

图 2-6：共和县 2020 年分产业终端能源消费结构（单位：10⁴ 吨标煤）⁷



⁷ 来源：
海南藏族自治州 2020 年统计年鉴

(1) 资源禀赋

共和县太阳辐射较强，全年平均气温在 4℃左右，年平均太阳辐射量为 6564.26MJ/m²，年有效利用小时数 1695.5h，风能可用时间频率在 60% 以上，全年时数超过 5000h，是青海省可用风能的主要地

区之一，县域总面积的三分之一地区（倒淌河、塔拉滩、切吉滩等地）均可开发太阳能和风能资源⁸。

⁸ 来源：

数据出自地区政府网站

（2）绿色能源转型发展诉求

共和县存在大量荒漠化土地，沙尘天气频发，荒漠化土地治理、人工造林种草、退化林修复工作压力较大，黄河流域生态环境整治和水生态保护工作受到各级高度重视，矿场矿山和龙羊峡库区生态环境也需进行修复治理。受自然环境和双控政策的影响，传统工业发展受到限制，禁牧政策对畜牧业也有较大的影响。“十三五”时期，共和县有 40 个贫困村、4488 户、14547 名贫困人口亟需脱贫，存在 19100 名非贫低收入户和非高标准脱贫户临贫、易贫重点人群，村民就业需求逐渐扩大。随着新能源的快速发展，区域电力消纳空间逐渐缩小，外送能力仍然有待提高。

（二）低碳转型发展路径

为实现县域经济高速发展，持续改善生态环境，助力脱贫攻坚工作，共和县加快推进产业转型升级，加大能源结构调整力度，促进重点领域低碳发展，切实推进风、光、水、热等新能源项目建设，做好切吉风电、塔拉滩光伏、龙羊峡水电站抽水蓄能等新型清洁能源建设项目，打造国家首批水风光清洁能源互补集成优化示范工程，建设新型清洁能源“千万千瓦级”示范基地和“西电东输”基地。

2021 年 9 月，共和县入选整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点，全县屋顶分布式光伏开发规模约 243.54MW。共和县全力推进全县屋顶分布式光伏项目实施，提高清洁能源就地消纳比重。积极推动新能源装备制造产业落地，大力发展光伏风电设备制造、清洁保养、维护维修等装备制造业，实现光伏风电设施设备制造本地化，延长新能源产业链条。

新能源已成为共和县工业经济的主要增长点，近几年来，生态发电园销售收入与上缴税收分别占全州工业产值和税收的 50% 以上，年涨幅均在 20% 左右。2018 年，共和县新能源总产值同比增长 22.09%，拉动全县工业增长 13.89 个百分点，占全县工业增加值的比重为 69.9%。2021 年，共和县光伏、水力及风力发电企业工业增加值同比增长 19.91%，占全县工业增加值的比重为 94.18%⁹。

⁹ 来源：

数据出自共和县人民政府网站

(三) 经验总结

(1) 光伏治沙与牧光互补

塔拉滩光伏产业园所在地曾经沙化土地占比高达 98.5%，现已被光伏板和草地覆盖。截至 2021 年 10 月，光伏园区内风速降低 50%，空气温度日均减温 0.5℃，土壤水分蒸发量减少 30%，空气湿度日均增湿 2.8%，土壤养分显著增加，20cm 深度土壤增湿 43%，植被覆盖率恢复到 80%。园区比非项目区植株高度增加 14cm，频度和盖度分别提高 20% 和 17%，植被生物每亩增加 20.25kg¹⁰。

治理土地荒漠化的同时，也为牧民提供了大面积的优质牧场。2015 年底，光伏园区投入了 600 只羊，有效解决了园区锄草问题。之后，共和县积极与开发商沟通，提供了 3333 公顷草场，全力打造“光伏羊”品牌，共 4000 只村集体藏系羊陆续进入光伏产业园区草场¹¹。

^{10、11} 来源：

相关数据出自地区政府网站

(2) 大型新能源基地（塔拉滩生态光伏产业园）

共和县塔拉滩是全国首个千万千瓦级太阳能生态发电园，也是一个集光伏、风力发电和光热发电于一体的综合性园区。目前园区分为新能源发电区（光伏发电园、风力发电园）和工业加工制造区，规划总面积为 3028.5km²，光伏发电园 609.6km²。截至 2018 年年底，以塔拉滩为主的园区入驻光伏及风能企业达 57 家，总装机容量达 12219MW，占全省比重的 51.2%，实现并网发电 4958MW¹²，园区现已成为全国最大集中连片建设的光伏发电园区、全球技术领先的百兆瓦国家级太阳能发电实证基地。2021 年 3 月，已建成的以光伏为主新能源发电站占地超过 240km²。

¹² 来源：

相关数据出自地区政府网站

(3) 光伏扶贫

2018 年，开展 40 个贫困村光伏扶贫项目，2020 年，续建光伏扶贫项目，带动贫困村村民建档立卡户，实现增收。40 个原建档立卡贫困村，依靠千万千瓦级清洁能源基地建设的重大机遇和塔拉滩光伏产业集群发展的有利条件，实现年收益 120 万元以上，惠及 1381 户原建档立卡贫困户。光伏产业的快速发展提供了更多的

就业机会，包括园区安保、园区绿化管护等工作，每人每年可增收 3.5 万元左右，实现了 " 一人就业，全家脱贫 "。

(4) 强化输电能力（特高压直流输变电工程）

截至 2019 年 1 月，共和县全面完成了 17 条 110kV 输电线路、4 座 330kV 升压站及 2 座 750kV 变电站建设任务。能源大通道 ±800kV 青海—河南特高压直流输电工程额定容量为 8000MW，年满负荷输送电量达 40000GWh，通过 " 大用户直购电实现就地消纳 " 和 " 利用对口支援优势扩大能源外送 " 双管齐下，累计实现清洁能源省内就地消纳 5400GWh、向江苏外送 2200GWh。截至 2022 年 2 月 15 日，特高压直流输电工程调相机群累计增发新能源电量 785GWh，21 台分布式调相机全部投产，可直接提升外送能力 3500MW，预计年均增发新能源电量 7020GWh，相当于减少燃煤 318.9×10^4 吨，减排二氧化碳 574.2×10^4 吨¹³。

¹³ 来源：

相关数据出自地区政府网站

(5) 发展高新零碳产业（大数据产业园）

2017 年 11 月 30 日，海南藏族自治州大数据产业园在共和县启动，打造中国首个 100% 利用绿色能源建设和发展的大数据产业示范基地。2020 年 5 月 7 日，一期项目投运，主要建设华为一——海南州大数据中心、海南州智慧城市功能中心和能源中心，其中数据中心共 527 个机柜，分为 4 个机房模块，可部署 6800 台标准服务器。预计产业园三期全部建成后，园区大数据中心的机架总规模将达到 10 万架，可容纳 133 万台标准服务器，一年的耗电量为 5700GWh¹⁴。

¹⁴ 来源：

相关数据出自地区政府网站

(6) 能源综合利用（龙羊峡抽水蓄能项目）

抽水蓄能。龙羊峡抽水蓄能项目利用黄河干流梯级电站水能资源与新能源弃电，通过泵站从拉西瓦水电站水库抽水至龙羊峡水电站水库储能，创新性地解决了新能源弃电问题，是全球首个梯级电站之间水能循环利用的储能示范项目。2021 年，龙羊峡等抽水蓄能电站项目已经列入国家 " 十四五 " 计划。

干热岩与地热。统筹衔接能耗强度和碳排放强度降低目标，配合做好干热岩开发科技攻坚，加快地热资源开发利用规划编制，探索 " 地热 + " 发展模式，积极创建省内首个 " 零排放 " 供暖示范城市。

五、河北省围场满族蒙古族自治县

图 2-7：河北省围场县区位图及基本信息



（一）县域发展特点

围场县为农业大县，经济发展水平较低，风光资源丰富，生态环境较好；围场县为革命老区县，同时也是民族自治县、国家首批绿色能源示范县，县域政府积极实施“赛罕碳谷”战略。

（1）资源禀赋

围场县风光资源丰富，年日照平均小时数为 3000h，年太阳平均辐射量 5598MJ/m²，年有效日照小时数为 1200-1400h，坝上地区可达 1500h；年平均风速 1.4-4.6m/s，平均风功能密度 98.7W/m²-885.3W/m²，年有效风时 5475h，适宜建设风力发电场面积达 2400km²¹⁵。

¹⁵ 来源：
数据出自围场满族蒙古族自治县人民政府网站

（2）绿色能源转型发展诉求

县域生态优势明显，绿色有机农业、清洁能源产业等发展潜力巨大。但随着新能源的不断接入，围场地区新能源外送消纳现状问题较为突出。

（二）低碳转型发展路径

围场县政府大力实施“双碳+”行动，与清华大学签订“碳中和”研究战略合作协议，与生态环境部、塞罕坝机械林场合作共建“塞罕碳谷”。通过“双碳能力建设+双碳科技成果转化+生态环境交易+风光储氢清洁能源产业”路径，建设了一批涵盖清洁能源、新型制造、垃圾处理、农业发展、基础建设等绿色低碳示范项目以实现县域碳中和。

通过打造全国绿色能源生产基地，推动风光储氢清洁能源产业高质量发展，目前全县清洁能源总装机容量已超 4000MW。同时，积极探索光伏产业扶贫新路，采取“多户联建+扶贫补贴+贫困户自筹+扶贫贷款”模式，实施户用分布式光伏电站项目 257 个，实现并网 1866KW，带动 1789 户贫困户稳定增收。建成村级光伏电站 22 座，带动 1320 户贫困户年均增收 3000 元；推进总投资 3.14 亿元的 133 座村级光伏电站，可带动 6560 余户贫困户受益。建成总投资 7.7 亿元的集中光伏扶贫电站 5 个，装机 100MW，带动 3400 户贫困户每年增收 3000 元，将稳定增收 20 年¹⁶。

围场神源 300MW 牧光互补光伏发电项目作为北京冬奥会配套能源项目之一，入选保障性并网项目计划，该项目建成后，年平均上网电量 595.3GWh，节约标煤 1.875×10^5 吨，减排二氧化碳 4.674×10^5 吨，通过牧光互补技术路线、商业模式探索，改善当地能源供应结构，促进经济社会发展。县政府积极推进网架结构建设，御道口 500kV 输变电站等工程相继建成并投入使用，解决了新能源输出瓶颈制约，大大提高了围场坝上新能源输出能力。

围场县全力打造双碳展示区、体验区和产业园，启动塞罕坝双碳展示区、县城双碳体验区和兰旗卡伦双碳产业园区建设，实施低碳营区改造、碳中和小镇等示范项目，整体打造“塞罕碳谷”，实施“生态+”战略，加快推动产业、能源、交通、用地等结构调整，打造基于生态产品价值实现的围场样板。谋划实施零碳酒店改造、碳中和共享工厂等“双碳”项目，统筹推进工业、能源、交通、建筑等领域减排，加速碳达峰进程。

探索区域碳汇交易机制，加强双碳能力建设、双碳科技成果转化、区域环境要素交易，探索建立推广碳汇价值、品牌溢价、经营收益、分红收入相统一的“一碳生四金”发展模式，推动国有滦河林场纳入全市首批碳汇交易行列，实现双碳与乡村振兴协同、减污与降碳协同。同时，大力推进生态治理，深入开展河湖“清四乱”、矿山综合整治、大规模国土绿化、推进清洁取暖、推广生物质炉具的使用。全面提升生态系统质量和生态固碳能力。

¹⁶ 来源：

数据出自围场满族蒙古族自治县人民政府网站

(三) 经验总结

围场县为农业大县，经济发展水平较低，风光资源丰富，生态环境较好；围场县为革命老区县，同时也是民族自治县、国家首批绿色能源示范县，县域政府积极实施“赛罕碳谷”战略。

(1) 充分挖掘“新能源+”应用场景

将清洁能源开发与农作物种养深度结合，包括农光互补、渔光互补、牧光互补、林光互补、光伏生态治理、土地综合利用、土壤改良、水肥一体化和光合作用碳汇等。充分挖掘“新能源+”应用场景，兼顾种植、畜牧、林业和渔业养殖，实现一地多用。

(2) 分布式清洁能源关注绿色商场、绿色饭店等流通主体

随着围场县通过弘扬塞罕坝精神，强化生态文明建设，林场由建场初期的 160km² 增加到 766.7km²，建成 53.3km² 绿化苗木基地，近几年平均每年接待游客约 60 万人次，生态旅游带动周边区域每年实现社会总收入超过 6 亿元。随着当地旅游业的发展，通过分布式清洁能源为商场、酒店提供清洁化、智能化的解决方案。

(3) 加大绿色消费宣传力度

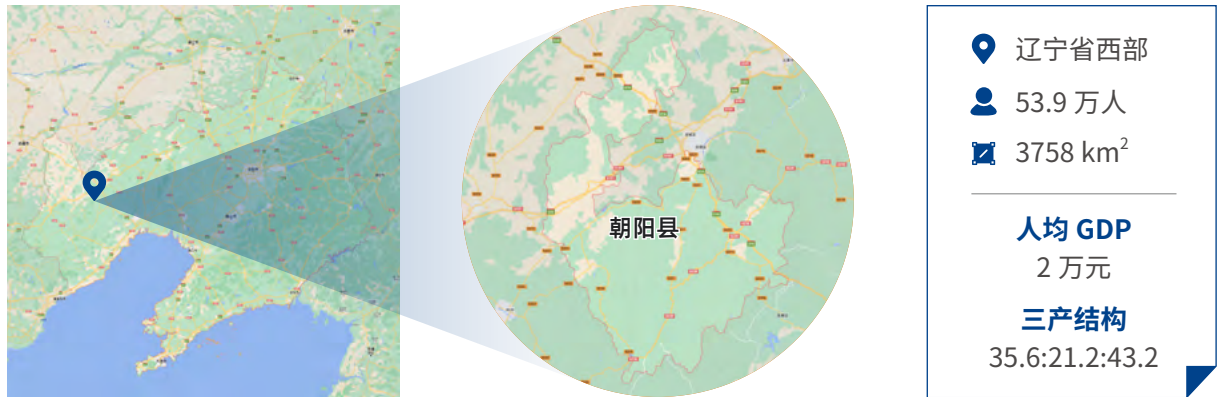
采用合适的技术路线和商业模式，避免并解决好屋顶漏雨、风电噪音、后期维护、居民矛盾等问题，提高政府和民众对新技术、新模式的认知程度。以图册、讲解、视频、实地参观、走村串户、逐个摸排等形式，加强与县、镇、村各级政府以及所在地民众的沟通宣传，详细解释村民关注的重点问题。

(4) 将发展清洁能源同助力实现“双碳目标”、推进乡村振兴、振兴革命老区等结合起来

政府侧推进“光伏+扶贫”战略，采取“政府全额出资”模式进行建设，在发展新能源产业的同时稳固脱贫攻坚成果。

六、辽宁省朝阳县

图 2-8: 辽宁省朝阳县区位图及基本信息



(一) 县域发展特点

朝阳县为农业大县，经济发展水平较低；光资源丰富，开发基础较好；耗能产业居多，消纳潜力较大。

图 2-9: 2020 年电力装机总量及占比

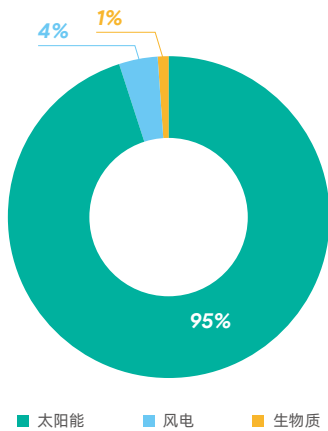
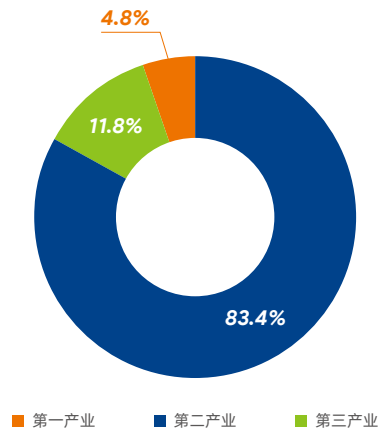


图 2-10: 2020 年分产业能源消费情况



(1) 资源禀赋

根据朝阳县气象站数据，30年平均日照时数为2583.3h，光伏年均等效发电小时数1400h，风电年均等效发电小时数2800h。

(2) 绿色能源转型发展诉求

朝阳县锰矿、钒钛等矿产资源储量丰富，现已形成采矿、冶金、新能源、汽车及零部件、农产品加工、新型建材、医药化工等7大支柱产业，高耗能企业较多。另外，朝阳县成功晋级为全国供销电子商务示范县，现有电商企业51家、物流企业74家。据统计，朝阳县2020年电力缺口1309MW，电量缺口5140GWh。综合来看，朝阳具有较好的消纳条件。

(二) 低碳转型发展路径

结合朝阳县政府引投资、增税收、促增长的需求，挖掘风光资源开发潜力，推进能源开发与产业发展、城镇建设深度融合，落实一批集中式新能源、屋顶分布式光伏、公共建筑综合智慧能源（零碳校园、零碳楼宇）和美丽乡村综合智慧能源示范项目，实施“县域屋顶光伏+美丽乡村+设施农业+三网融合+千家万户”模式，实现自发自用、余电就近380V及10kV低压上网。其中，朝阳能环生物质热电联产项目占地0.2km²，建设了除尘、脱硫、脱硝等环保设施。一期建成后，年发电量174.5GWh，年供电158.8GWh，年供工业用热5×10⁵吨，年采暖供热量3×10⁵m²，年利用农林废弃物3×10⁵吨，年节标煤量约8.25×10⁴吨。

(三) 经验总结

(1) 因地制宜系统加强标准化、模块化

以分布式光伏、BIPV、微风风机、智能充电桩、光伏停车场、电采暖、地热能供热、氢能技术、储能技术、换电重卡等一系列综合智慧能源元素为技术支撑，建立标准化模块化方案，并建设典型“样板房”工程，为政府提出“套餐式”施工方案。

(2) 整县屋顶光伏推进应注意明确权责问题

屋顶租用协议可与乡镇政府、房屋所有者签订三方协议，增加合同可信程度及可靠性；与居民签订合同时，在合同中明确房屋目前情况、房屋漏水后责任方等相关事项。

(3) 应结合具体场景及相关方利益诉求，优选合理的商业模式

医院、学校、政府机关等综合智慧能源项目，宜采用合同能源管理模式。可选择自发自用、余电上网的运作模式，收益分成采用电价打折或者屋顶租金模式。

(4) 充分借助金融赋能，长效、高质量推动县域绿色低碳能源转型发展

建设单位、村委会与地方城投公司成立乡村振兴建设基金。公益性项目，如生活改善、生态保护等项目，基金应积极争取政府资金支持，项目建好之后由基金无偿整体移交村委会。商业项目，由基金与建设单位合资成立项目公司，商业项目利润除股东股权收益外，其余部分为基金收益与农民土地入股收益。

(5) 在条件允许的情况下，积极布局智慧管控系统

配置“天枢一号”智慧运维管理系统，优化创新运维模式，减少运维人工成本，实现远程集中监控、区域运维检修、无人机巡检诊断、可穿戴智能巡检、移动智能运维。

第二节 | 小结

一、案例特点分析

上述案例均基于县域自身发展诉求及资源优势，形成了差异化的绿色转型发展路径：

（一）浙江省安吉县

安吉县生态基础好，传统绿色家居及生态旅居产业、战略性新兴产业已形成体系，是当地深入推进绿色转型的优势。转型措施在政府引领、企业响应、全民参与三个维度做出了优良示范。政府陆续出台系列规划、工作要点，重视目标制定及任务分解，带动企业根据自身情况开展工艺及原料合作研究、分布式新能源建设、余热发电技术改造及废弃农作物秸秆深度开发利用。“低碳办会”“低碳办公”“低碳用餐”“低碳用车”等系列行动形成社会效益及宣传示范效应。基本建成了县域竹林碳汇收储交易全链式服务体系，进一步优化能源结构的同时，探索能耗及碳排放双重目标要求下的生态经济发展模式。

（二）上海市崇明区崇明岛

崇明岛是上海的战略储备地，地理位置相对封闭、大小适中，具有良好的生态资源和环境条件，科技基础扎实，风能、太阳能、生物质能、潮汐能等资源丰富，电网相对独立。基于“生态+”战略，崇明岛厚植生态优势，打造世界级生态岛，积极推进整合区域功能和实现城乡耦合一体化的建设发展模式。倡导低碳社会、生活与文化，完善固体废弃物管理；打造以可再生能源和智能电网的协同发展为辅助的低碳能源基底，发展可持续交通；“东平-海永-启隆”跨行政区城镇圈协同规划、长江口生态环境保护检察协作机制等，形成全链条式司法制度创新。依靠上海大都市周边的优势区位，积累了大都市城郊融合型的生态岛建设模式经验，形成“政府+企业+智库”的多方参与机制。

（三）河南省兰考县

兰考县是国家级农村能源革命试点县、首批国家级生态保护与建设示范区、焦裕禄精神发源地，化石能源资源匮乏，风、光、地热、农林废弃物、畜禽粪污等资源较为丰富。基于《兰考县城市总体规划（2013-2030）》制定的目标，地方政府制定并发布系列方案推进县域绿色转型。建设清洁能源运营中心，提供光伏发电、轻资产运营服务，通过新能源+生物质颗粒工厂模式，促进新能源电力消纳，深化固体

废弃物资源化利用；建设增量配网，以园区负荷为核心实现新能源就地消纳；搭建“三网融合”平台，户用光伏项目针对户用光伏电站建设多地分散的情况，采用数字化工具“电能光e链”优化施工关键环节；在兰考仪封园艺场建设农光互补项目，通过村集体或村民土地入股分红的方式，实现村集体或村民增收，增加就业。已基本形成以清洁能源为主的能源供应消费体系。

（四）青海共和县

共和县民族较多，少数民族人口占比较大；县域面积广阔，风光资源及其他各类资源丰富；传统农牧业占比较低，经济发展主要依靠第二产业；新能源产业占主导地位，新能源电力消纳与外送条件较好。共和县生态治理需求迫切；双控压力及禁牧政策下，传统工业及畜牧业受限，村民就业需求逐渐扩大；随着新能源的快速发展，区域电力消纳空间逐渐缩小，外送能力仍然有待提高。立足发展诉求及资源优势，共和县积极实践差异化的绿色发展模式：建设新型清洁能源“千万千瓦级”示范基地和“西电东输”基地；推进全县屋顶分布式光伏项目实施；发展光伏治沙与牧光互补；合理开发抽水蓄能、干热岩及地热项目；推动新能源装备制造产业落地，延长新能源产业链条；发展大数据产业园等高新零碳产业；建设特高压直流输变电工程，强化输电能力；同时开展40个贫困村光伏扶贫项目。

（五）河北省围场满族蒙古族自治县

围场县是农业大县，经济发展水平较低，风光资源丰富，生态环境较好；是革命老区县、民族自治县、国家首批绿色能源示范县；绿色有机农业、清洁能源产业等发展潜力巨大，新能源外送消纳现状问题突出。县域政府积极实施“赛罕碳谷”战略，打造全国绿色能源生产基地，探索区域碳汇交易机制，推进生态治理。采取“多户联建+扶贫补贴+贫困户自筹+扶贫贷款”模式，建设户用分布式、村级、集中光伏电站，实现贫困户稳定增收。打造双碳展示区、体验区和产业园。积极推进网架结构建设，御道口500kV输变电站等工程相继建成并投入使用，解决了新能源输出瓶颈制约。

（六）辽宁省朝阳县

朝阳县为农业大县，经济发展水平较低；风光资源丰富，清洁能源开发基础较好，耗能产业多，消纳潜力较大。朝阳县确定“集中式清洁能源+县域屋顶光伏+美丽乡村+三网融合+千家万户”的县域开发模式，建设集中式新能源、屋顶分布式光伏项目，保障了能源供应能力，并实现二氧化碳减排；建设零碳校园、零碳楼宇等示范项目，同时发挥宣传作用，增加绿色生产生活理念的社会认同；探索共赢商业开发模式，采用自发自用、余电上网的运作模式，收益分成采用电价打折或屋顶租金模式；通过建设美丽乡村、三网融合，推动小产业落地，提高农民收入，增加就业。

二、经验与不足

我国县域的绿色发展整体上以规划政策为引领，以开发商为主体，以清洁能源项目建设为主要途径，以产业配套为辅助，在推进过程中逐渐提高全民对绿色发展的认同，使农民能够共享转型发展红利，助力“乡村振兴”和“共同富裕”政策落地，为县域绿色发展提供了可借鉴的优良实践：

(1) 平衡电力生产与消纳

西北地区风光资源丰富的典型县域，可借助“西电东送”工程和“东数西算”工程等机遇发展新能源，利用调相机群提升外送能力，建设高耗电的大数据中心，同时优化电网结构，以“大用户直购电实现就地消纳”和“利用对口支援优势扩大能源外送”等方式探索解决新能源电力跨区域外送与区域消纳问题。

(2) 新能源发展与生态治理相结合

“新能源+”生态治理模式充分体现了生态优先的原则，在荒漠化土地面积大、具有废弃矿山或采煤沉陷区、风光资源丰富、区域消纳或外送能力强的县域，可发展光伏治沙和牧光互补，形成生态治理与经济发展齐头并进的局面。

(3) 光伏扶贫模式用于巩固脱贫攻坚成果与乡村振兴

脱贫攻坚工作已经全面完成，依然可以利用光伏电站为村民分红或提供就业岗位，实现增收。借助整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点工作和相关政策，大力推广乡村屋顶光伏项目建设，助力乡村振兴。

(4) 强化能源资源综合利用

充分发挥地区能源资源优势，大力发展多能互补的能源利用模式，因地制宜建设风光水互补、抽水蓄能、干热岩、地热供暖、光热熔盐储能和电化学储能等项目，减少弃电，稳定新能源出力，提高能源资源综合利用率。

(5) 创新产业融合发展模式

临近大都市周边的县域可发挥区位优势，积极发展集体体验、休闲、科普等功能于一体的“开心农场”新型农旅；推进都市后花园建设，聚焦都市休闲旅游特点，打造全域田园综合体的特色小镇；吸引周边及国内外赛事，打造体育特色小镇；推动“生态惠民保险”等业务，提升居民幸福感和获得感，建立绿色发展全民共识。

综合分析前述案例，我国县域绿色转型发展仍有很多不足：尚需加强对规划政策的细分和系统推进、目标考核及经验反馈等精细化管理；需充分发挥政府主导作用，引导形成全民参与的绿色生产、生活社会共识；需持续优化能源结构及产业布局，平衡区域电力生产与消纳；需完善各项技术及业务的标准，形成科学规范的监管体系；需大力发展数字化、智能化技术，提升县域能源管控、统计能力，实现社会生产生活全方位的能效提高和碳排放降低；需创新适应县域绿色发展需要的市场机制、商业模式和金融环境，以经济效益保障县域绿色低碳能源转型可持续、高质量实施。

第 3 章 | 德国乡村型地区绿色低碳能源转型实践

德国是联邦制国家，实行州、地区、乡镇三级公共行政管理层级。联邦下辖 16 个具有较高自治权的联邦州（Länder），州的下一级行政层级为地区（Kreise）。地区又分为“乡村型地区”（Landkreis）和“城市型地区”（Kreisfreie Städte）。地区以下是乡镇（Gemeinden）。德国全境共有 294 个乡村型地区和 107 个城市型地区。本报告研究范围针对德国的乡村型地区，与中国的县域在行政规模和设置上相近。

本章集中介绍和分析了德国乡村型地区在碳中和转型过程中的具体实践情况。德国政府提出在 2045 年前实现碳中和。在实现这一目标的过程中，乡村型地区扮演了非常重要的角色。部分乡村型地区将提前先实现气候中和，这为德国和其他国家寻找适应各自国情的解决方案提供了现实参考，发挥了能源转型“实验室”的作用。

本章概述了德国能源体系现状和能源转型路径，并对中德两国能源结构和碳排放强度进行了简单对比；深入探讨了德国乡村型地区绿色发展的有关规划、指导原则和扶持政策，选取了四个乡村型地区的实践案例进行了分析研究，以期为中国县域绿色低碳能源转型发展提供借鉴及参考。

第一节 | 德国能源发展概述

中德两国在能源体系上既有相似之处，也有显著差异。

一方面，两国都设定了气候中和或碳中和目标：德国提出在 2045 年之前实现气候中和，中国表示力争在 2060 年之前实现碳中和。两国天然气和石油资源都十分匮乏，高度依赖进口。两国都拥有丰富的煤炭资源，然而煤炭消费正是温室气体排放的主要来源。

另一方面，伴随着经济发展，中国的能源消费总量仍呈上升趋势，而德国的一次能源消费总量在过去三十年间已逐步下降。两国均鼓励发展可再生能源，其中，德国可再生能源发电占比已经达到较高水平。在中国，煤电和核能仍然是能源体系的组成部分，而德国则已经明确提出在 2022 年底前逐步淘汰核能以及 2030 年底前淘汰煤电的计划。

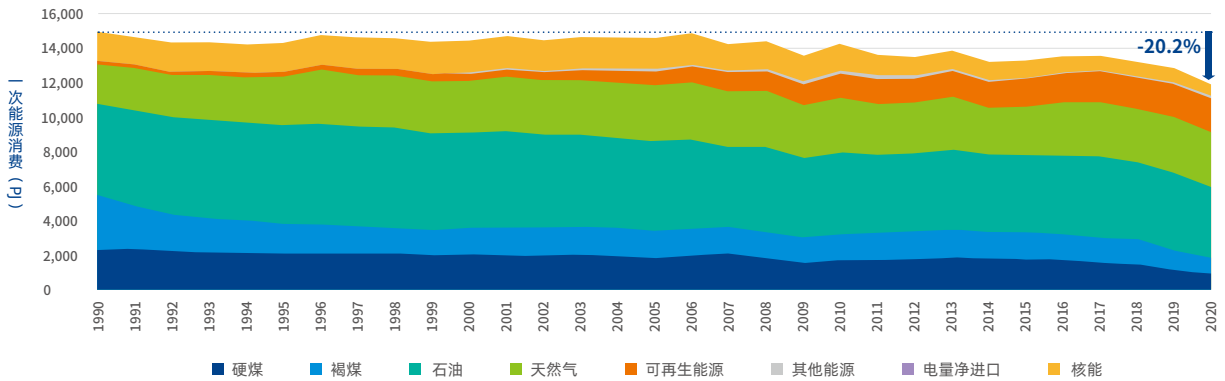
一、德国能源体系现状

(一) 一次能源消费

1990年至2020年间，德国一次能源消费下降约20%（图3-1）。

截至2019年，一次能源消费下降14%。2020年，受新冠肺炎疫情影响，下降更为显著。随着可再生能源的兴起以及煤炭、核能和石油消费量的减少，德国能源结构发生了很大的变化。天然气在一次能源消费中的比重在前十五年不断增加，但在后十五年则趋于稳定。

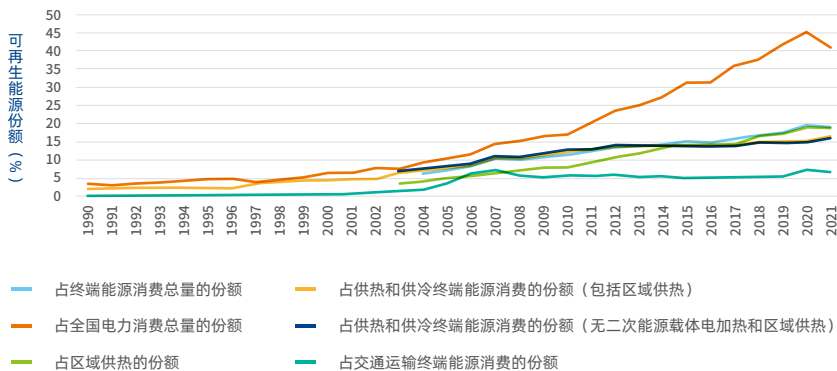
图3-1：1990—2020年德国一次能源消费水平和结构变化¹⁷



(二) 可再生能源

2021年，德国可再生能源（图3-2）占终端能源消费总量的19.2%，占终端电力消费总量的41.1%（2021年是“小风年”），占区域供热的18.8%，占供热和供冷的16.5%（包括区域供热），占终端交通运输消费总量的6.8%。

图3-2：1990—2021年德国可再生能源的发展变化（%）¹⁸

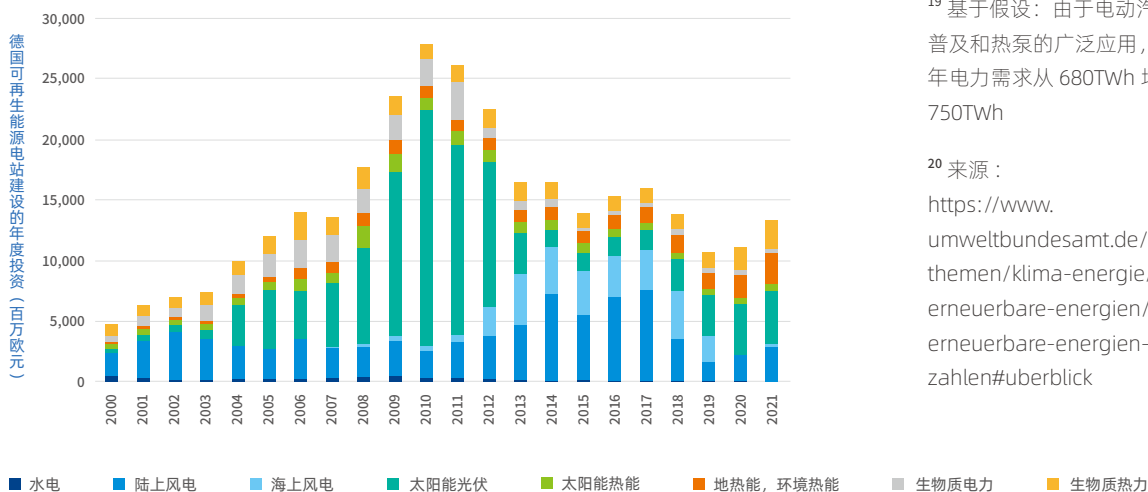


¹⁷ 来源：能源平衡评估表，<https://ag-energiebilanzen.de/en/data-and-facts/evaluation-tables-on-the-energy-balance/>

¹⁸ 来源：
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>

2021 年底，德国政府各党派达成一致：在 2030 年之前实现可再生能源供给满足 80% 的电力需求和 50% 的热力需求¹⁹。从德国在可再生能源的投资统计（图 3-3）中可以看出，过去二十年间，可再生能源装机容量持续增加，其成本也大幅下降，其中光伏发电尤为显著。德国可再生能源投资在 2010—2011 年左右达到高峰，而此后十年几乎减半，成本的降低为可再生能源在德国未来进一步发展奠定了良好基础。

图 3-3：2000—2021 年期间德国对可再生能源设施的年度投资²⁰

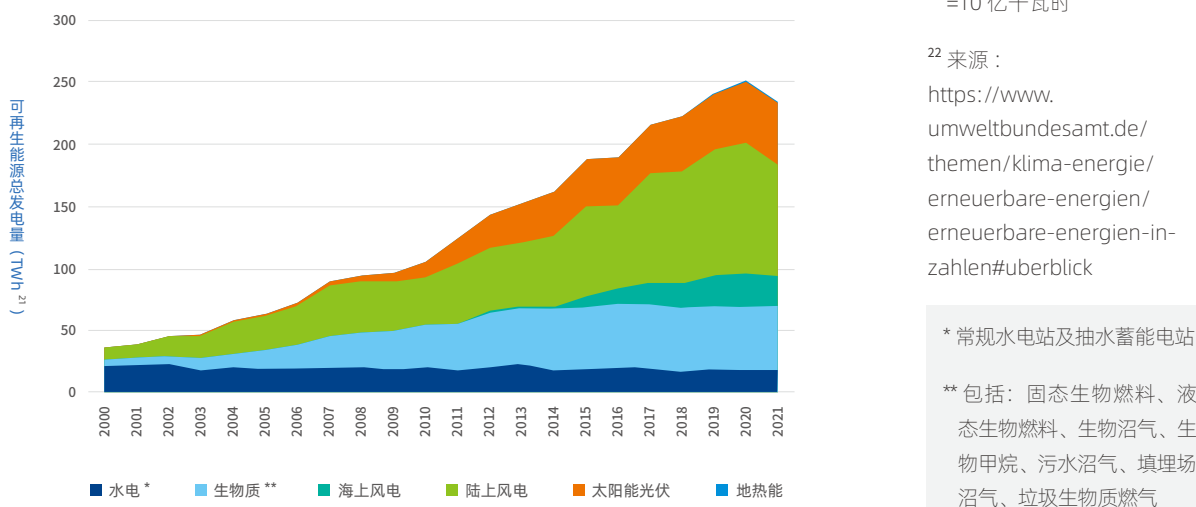


¹⁹ 基于假设：由于电动汽车的普及和热泵的广泛应用，2030 年电力需求从 680TWh 增至 750TWh

²⁰ 来源：
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>

德国在可再生能源发电领域中的发展进程是一个极为成功的典范（图 3-4）。

图 3-4：2000—2021 年德国可再生能源发电量的发展变化²²



²¹ =10 亿千瓦时

²² 来源：
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>

* 常规水电站及抽水蓄能电站

** 包括：固态生物燃料、液态生物燃料、生物沼气、生物甲烷、污水沼气、填埋场沼气、垃圾生物质燃气

具有波动性的可再生能源在德国的电力体系中占据了极高比例。在某些时段，可再生能源提供的电力几乎可以 100% 满足这些时段的全部负荷需求（图 3-5 中的红色曲线为负荷曲线）。

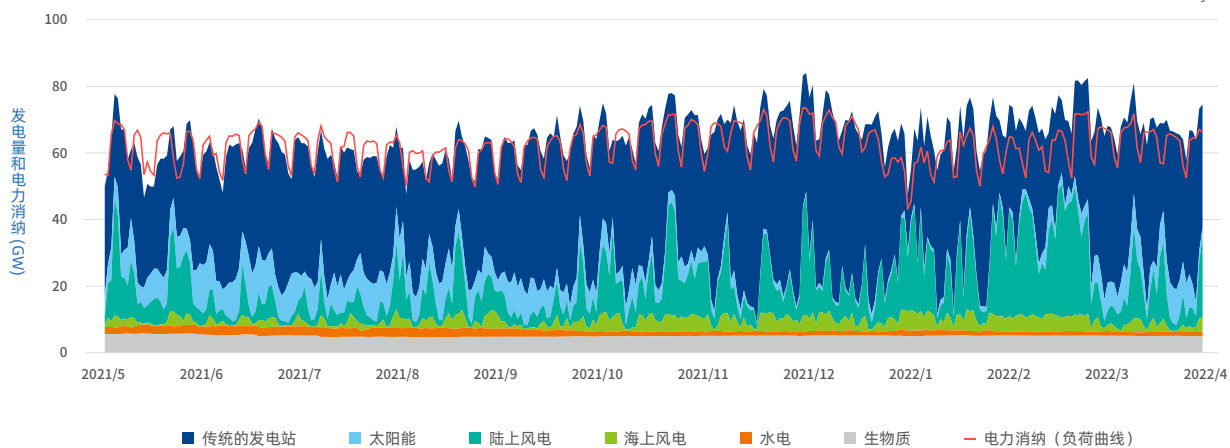
陆上和海上风电、光伏发电以及各种形式的生物质能源构成了德国可再生能源发电的主要组成部分。德国水力发电占比相对较小，但由于其他可再生能源波动性较高，水力发电在德国的能源体系中仍然发挥着重要的稳定性作用。

在核电领域，从图 3-5 (b) 中可以看到 2021 年末关闭三座核电站带来的影响。德国最后三个核电站目前仍在运行，但将在 2022 年年底关闭（由于俄乌战争可能推后）。如图 3-5 (b) 所示，天然气和硬煤发电的年度运行小时数已处于相对低位。

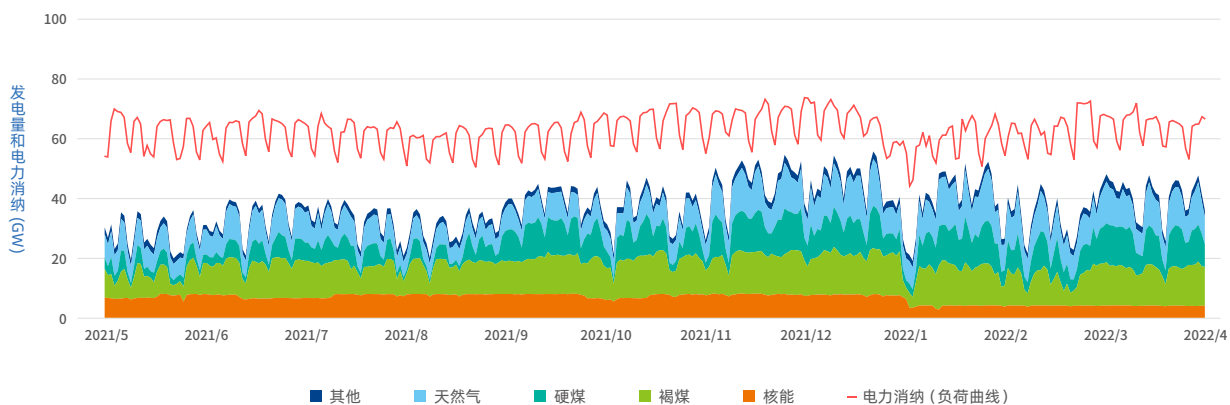
图 3-5：德国可再生能源电力的日波动曲线图²³

2021 年 5 月至 2022 年 4 月，

(a) 可再生能源供电量与用电负荷曲线（红色曲线）对比



(b) 传统能源供电量与用电负荷曲线（红色曲线）对比



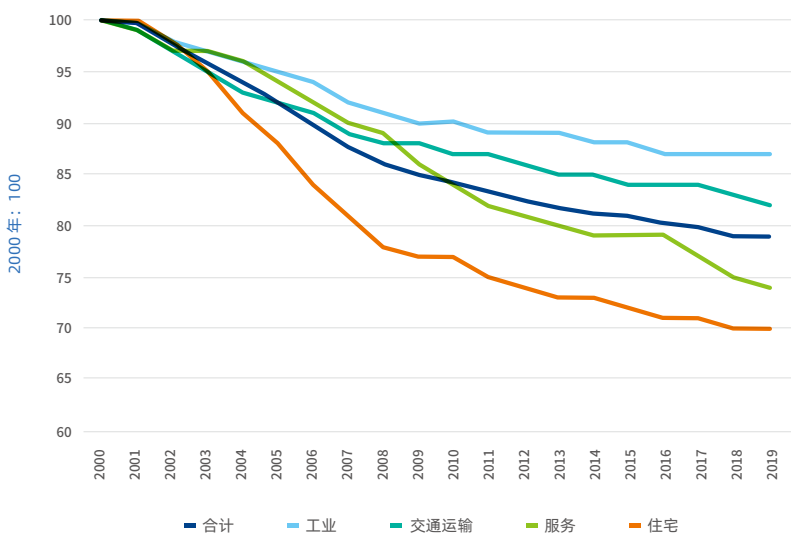
²³ 来源：

https://www.agora-energiemende.de/en/service/recent-electricity-data/chart/power_generation/26.03.2021/26.03.2022/today/

（三）各行业的能源效率

按 "ODEX²⁴" 技术指标衡量，德国终端消费者的能效自 2000 年以来每年提升约 1.4%。其中，家庭用能方面的能效提升较大，年增幅为 2.2%，而交通运输行业为 1.0%，服务行业为 1.6%；工业领域能效提升较为缓慢，年增幅为 0.77%。最近十年，能效提升的步伐放缓，这在工业领域尤为显著。

图 3-6：2000—2019 年德国各行业能源效率变化趋势²⁵



²⁴ ODEX 是在 ODYSSEE-MURE 项目中的指标，用于衡量各主要行业（工业、交通运输、家庭、服务）和整体经济（全体终端消费者）的能源效率改进情况。来源：www.odyssee-mure.eu

²⁵ 来源：

ODEX Germany

<https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-trends-policies-profiles/germany.html>

（四）近期能源政策

2022 年 4 月，德国联邦政府正式通过了 "复活节一揽子计划"。作为一项综合性法案，其内容具体体现在《可再生能源法》《海上风能法》《能源产业法》《联邦需求计划法》《加速电网建设法》以及其他能源相关的法律和条例中。该综合性法案的及时出台将推动以下变革：

- ▶ "复活节一揽子计划" 的核心原则是将可再生能源的使用定义为至关重要的公共利益，并服务于公共安全。到 2030 年，德国可再生能源发电量在电力消费总量中占比至少达到 80%。
- ▶ 采取全面综合措施推进可再生能源发展。例如，为太阳能光伏的发展提供新的用地，扩大市政在陆上风电和光伏项目中的参与度，发展更多的低风速风场，以及为扩大屋顶光伏建设优化政策环境。

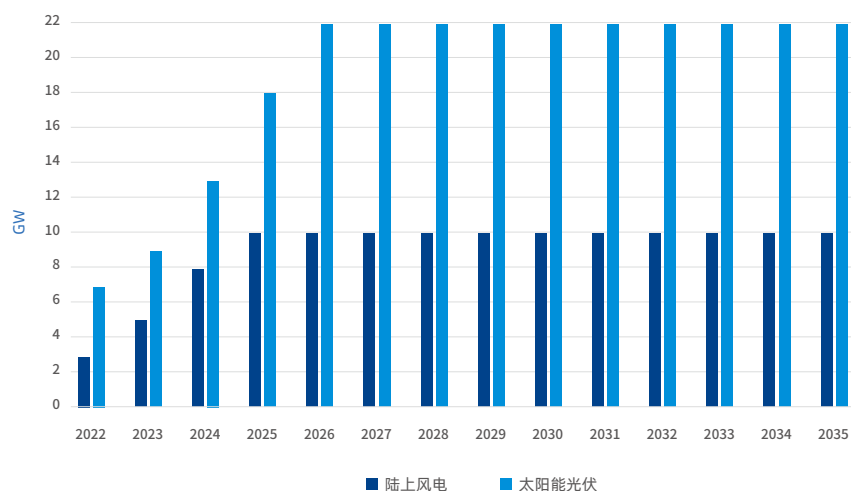
- ▶ 加速推进海上风电发展。对已完成场址评估的项目可以招标，未来，对尚未完成场址初步评估的项目也可以进行招标。
- ▶ 通过精简规划审批程序加速可再生能源和电网建设。
- ▶ 更新《联邦需求计划法》，进一步扩建现有输电系统并启动新的项目，以保证电网建设与可再生能源的发展保持同步。
- ▶ 对消费者取消可再生能源使用税（通过调节电价对可再生能源进行补贴），有助于大幅简化能源法规中关于电力自发自用的相关规则。
- ▶ 加强保障终端用户的权利，强化德国联邦网络管理局对能源供应商的监管，为电力和天然气用户提供更好的保护。

按照“复活节一揽子计划”，德国制定了积极的可再生能源目标：到2030年陆上风电总装机容量达到115GW，光伏总装机容量达到215GW；针对海上风电总装机容量：2030年至少达到30GW，2035年至少40GW，到2045年不低于70GW。

据此推算，到2025年，陆上风电每年新增装机须至少10GW；到2026年，光伏每年新增装机须达22GW，其中很大一部分将在乡村型地区进行开发²⁶。

此外，政府还希望通过增加项目数量来促进生物质甲烷的生产和使用。相对于发电领域，生物质将更多地应用于交通运输和工业领域。

图 3-7: 根据 2022 年 4 月“复活节一揽子计划”可再生能源新增装机总量预期（风能和太阳能）²⁷



²⁶ 来源:

<https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2022/02/Meldung/topthema.html>

²⁷ 来源:

https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Downloads/Energy/0406_ueberblickspapier_osterpaket_en.pdf?__blob=publicationFile&v=5

二、德国迈向气候中和的能源转型之路——德国未来能源结构

能源体系优化模型 Enertile²⁸ 分析预测了德国未来能源结构，并针对各种不同脱碳途径为能源体系带来的“技术—经济效益”进行了推测和研究。总体而言，德国未来能源体系呈现下述特点：

- ▶ 高度依赖可再生能源；
- ▶ 电网必须更具灵活性，以适应未来可再生能源的高比例并网。在未来能源体系中，所有最先进的技术都将用于电力调峰，包括提升能源效率和需求响应速度的“灵活性措施”、电解水制氢、不同形式的短期和长期储能、行业耦合（特别是与电动汽车和热泵）等。

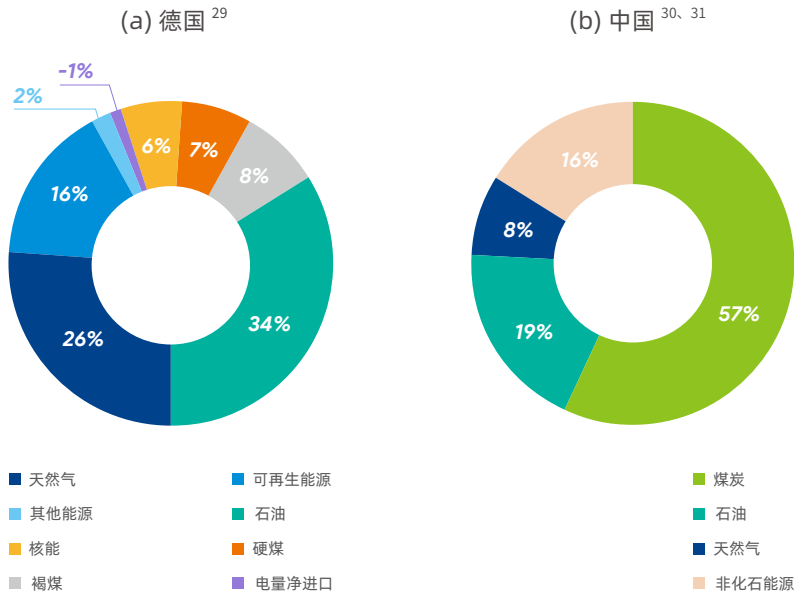
未来三十年，德国将迈向气候中和。新型的微电网系统和分布式电力系统不但可以极大地促进区域电网和热网平衡，同时也将有助于验证未来气候中和时代的能源体系。

²⁸ Enertile 是 Fraunhofer 系统与 创新研究所 (ISI) 开发的能源体系优化模型。该模型专注于电力行业，但也考察与其他行业之间的相互依存关系，特别是供热供冷和交通运输。它主要用于长周期情景研究，描述可再生能源占比的不断增长所带来的挑战和机遇。在技术和时间维度上的高解析度是该模型的一个主要优势。来源：<https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/index.php>

三、中德能源消费对比

中德能源消费结构最显著的区别是中国严重依赖煤炭：煤炭在能源消费结构中的占比，中国为 57%（图 3-8b），德国只有 15%（图 3-8a）。德国已计划逐步淘汰煤电，并力求在钢铁和水泥等大型工业领域使用可再生能源生产的氢气以取代煤炭，因此德国煤炭占比将进一步减少。另一方面，石油和天然气在德国一次能源消费中占比近三分之二，而在中国则不到三分之一。非化石能源消费（可再生能源和核能）占比在德国为 22%，在中国为 16%。

图 3-8：2020 年中德一次能源消费结构比较



²⁹ 来源：

能源平衡评估表 <https://ag-energiebilanzen.de/en/data-and-facts/evaluation-tables-on-the-energy-balance/>

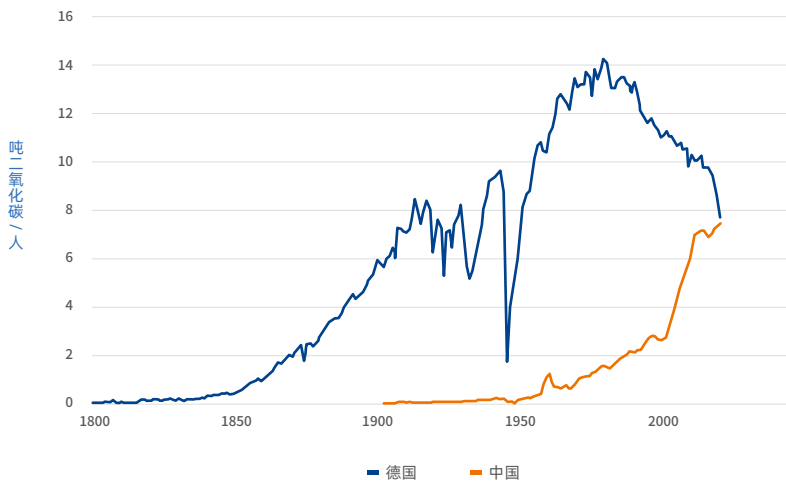
³⁰ 非化石能源：

一次电力及其他能源占能源总量的比重

³¹ 来源：

中国国家统计局，<https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>

目前，中国和德国的碳排放强度（人均二氧化碳排放量）水平相当，大致为人均 7.5 吨（图 3-9）。而四十年前，两国人均排放量大约相差十倍。德国的人均排放量在 1980 年左右达到峰值 14 吨，此后下降到现在的人均约 7.5 吨。根据碳中和的目标，人均排放量须小于 1 吨。

图 3-9：2020 年中德碳排放强度对比（人均二氧化碳排放量）^{32、33}

³² 用于能源和水泥生产的化石燃料燃烧所产生的二氧化碳 (CO₂)。不包括用地性质变化。

³³ 来源：

Our World in Data <https://ourworldindata.org/co2/country/germany?country=DEU~CHN>

第二节 | 德国建设绿色乡村型地区的规划和政策

"能源社区"作为绿色乡村型地区最为突出的表现形态,其构想是建设一个以分布式和灵活性为特点的能源体系,并成为碳中和体系的重要组成部分。特别值得一提的是,在欧盟层面,《可再生能源指令》和《电力指令》中还制定了关于促进"能源社区"蓬勃发展的相关规则。

在国家层面,德国政府的扶持计划打造了乡村型地区能源转型的众多示范项目,其中最为突出的是"智慧能源—能源转型数字化"(SINTEG)。该示范项目将在莱茵-洪斯吕克地区的案例中着重介绍。

一、建设绿色乡村型地区的指导原则

通过"欧洲清洁能源一揽子计划"³⁴,欧盟已从立法角度引入了"能源社区"概念,特别是"公民能源社区"和"可再生能源社区"。这些社区的设立既是公民共同参与能源体系的集体行为,也体现了他们对自身能源消费负责的态度。

在德国,对能源社区没有统一的定义。"能源社区"或"公民能源(Bürgerenergie)"等名称的使用最为广泛³⁵。二十多年来,公民通过各种形式进行合作,建设并运营可再生能源设施。截至2016年末,共计1747个能源社区在德国注册登记³⁶。在初期阶段,注册的能源社区专注于太阳能,之后风能则逐渐成为重点。大多数的社区能源项目被称作"能源合作社(Energiegenossenschaften)",采用有限责任公司的法律形式。这些项目的供电量虽然不到可再生能源供电总量的百分之一,但由于其广泛的公众参与度,因此对争取公众对可再生能源发展的支持至关重要³⁷。德国现有1000多个能源合作社,平均每家有296名成员。除了上述业务模式,还另有约100个合作社独立运营自己的电网,例如生物能源村(Bioenergiedörfer)。其中,云德(Jühnde)是第一个生物能源村。自2005年以来,云德的全部电力和大部分热力都由一家用当地农作物发电的生物沼气电厂提供。此外,村民还共同出资建立了一个区域热网并替换了他们现有的供热系统³⁸。

³⁴ 来源:

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en

³⁵ 来源:

https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/3591.89_Renews_Spezial_Community_energy_LECo.pdf

³⁶ 来源:

https://www.buendnis-buergerenergie.de/fileadmin/user_upload/wpbl27_BEG-Stand-Entwicklungen.pdf

³⁷ 来源:

https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/3591.89_Renews_Spezial_Community_energy_LECo.pdf

³⁸ 来源:

https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/3591.89_Renews_Spezial_Community_energy_LECo.pdf

能源社区可以是任何形式的法律实体，例如：协会、合作社、合伙、非营利组织或中小型企业。这更有利于社区公民与其他市场参与者开展合作，共同投资能源资产。同时，能源社区可以作为一个实体与其他市场参与者开展公平竞争，进入所有适合的能源市场，从而有助于建设一个脱碳程度更高、更加灵活的能源体系。

能源社区让公民站在了能源转型的最前沿，通过组织开展各种集体能源活动，为清洁能源转型创造有利条件。这些行动措施也有助于提高公众对可再生能源项目的接受度，吸引更多私人投资进入到清洁能源转型领域。同时，通过提高能源效率减少公民的电费支出，从而给公民带来直接收益。此外，能源社区支持公民参与，利用需求响应及储能等方式使电力系统更加灵活。

对于可再生能源社区，具有生产、消纳、存储和销售可再生能源的权力，可以提升家庭层面的能源效率，支持可再生能源的使用，同时，通过减少能源消费和降低电费，还有助于消除贫困。基于气候中和这一更为广泛的目标，能源社区提供了一种方式，即通过全面的能源治理并允许公民积极参与能源转型，重新构建能源体系以从中更多获益。具体而言，根据《内部电力市场共同规则指令》(EU2019/944)³⁹ 制定的新规则，消费者能够以个人身份或者通过公民能源社区积极参与发电、用电、共享或者售电等所有市场活动，或者通过需求响应和储能等方式打造服务模式更加灵活的电力市场。该指令目的在于提高能源社区的参与度，使公民更有效地融入能源系统，并成为积极的参与者。此外，通过对《可再生能源指令》(2018/2001/EU)⁴⁰ 进行修订，强调可再生能源自发自用者和可再生能源社区的作用，确保与大型参与者一起平等地加入现有的扶持计划。

二、支持性的政策与规划

(一) 《可再生能源指令》(2018/2001)^{41、42}

自 2021 年起，欧盟重新修订《可再生能源指令》(REDII)，纳入更多支持性措施，以提高欧盟内可再生能源的占比。其中包括，采用适用法律保障可再生能源自发自用者和“可再生能源社区”在发电、储电和售电以及并网后能够获得公平报酬。

³⁹ 来源：

https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/electricity-market-design_en

⁴⁰ 来源：

https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/electricity-market-design_en

⁴¹ 来源：

https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/amendment-renewable-energy-directive-2030-climate-target-with-annexes_en.pdf

⁴² 来源：

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&rom=EN>

根据这一指令，欧盟成员国应确保“可再生能源社区”可以与大型参与者一样，平等参与现有的扶持计划。为此，各成员国可以采取相应措施，如提供信息、技术和财政支持，简化行政许可包括针对社区投标资格的审查，为“可再生能源社区”开设专门的投标窗口、允许“可再生能源社区”按照要求安装小型设备后直接获得财政支持。

（二）《电力指令》（2019/943）⁴³

通过使用分布式能源技术和对消费者赋权，“能源社区”成为了一种有效且经济的模式，满足了公民对能源、服务和地方参与等方面的需求和期待。“能源社区”为所有消费者提供多种选择，可以直接参与生产、消费或共享能源，并从中获益。与传统电力企业优先考虑盈利有所不同，“能源社区”的建设主要着眼于为社区成员或股东提供经济的能源，如可再生能源。能源消费群体的深度参与使“能源社区”在推广新技术和消费模式方面展现出巨大潜力，包括综合利用智能电网和需求响应层面。此外，“能源社区”还能够提高家庭能源使用效率，通过降低能耗和电费，减少能源成本支出。不仅如此，社区还为家庭客户群体提供机会参与电力市场。“能源社区”的成功运营，不仅仅为社区提供了能源服务，还为经济、社会和环境带来了更多效益。

⁴³ 来源：

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2019:158:FULL&from=EN>

（三）“智慧能源—能源转型的数字化”扶持计划（SINTEG）

作为一项重大举措，“智慧能源—能源转型的数字化”（SINTEG）扶持计划旨在支持地区性、自成体系的能源转型，并选择了具有代表性的先行示范地区进行实施。在这些地区，参与者着眼于实际应用，共同合作，利用广泛的资源进行试验性开发，目的是在既定的技术、监管和市场条件下，在系统层面开发和展示可复制的创新性解决方案，并使其为更多的潜在用户所了解。

2016年至2020年间，德国有五个示范区开展了能源转型试验。该项目获得2亿欧元的资金支持，并带动了高达4亿欧元的投资。来自商业界和科学界约300名项目合作者开展了示范试验，展示了在能源供应100%来自于可再生能源的情况下，德国的能源供应体系将如何运作。通过这一实践过程，从示范区的实际工作中发现了问题所在，并据此制定了可行的解决方案，帮助德国的能源转型取得成功。案例展示的结果将于2022年公布。

例如：案例展示之一 Designetz，项目总金额 6600 万欧元，范围覆盖北莱茵—威斯特伐利亚州、莱茵兰—普法尔茨州和萨尔州。案例特点如下：

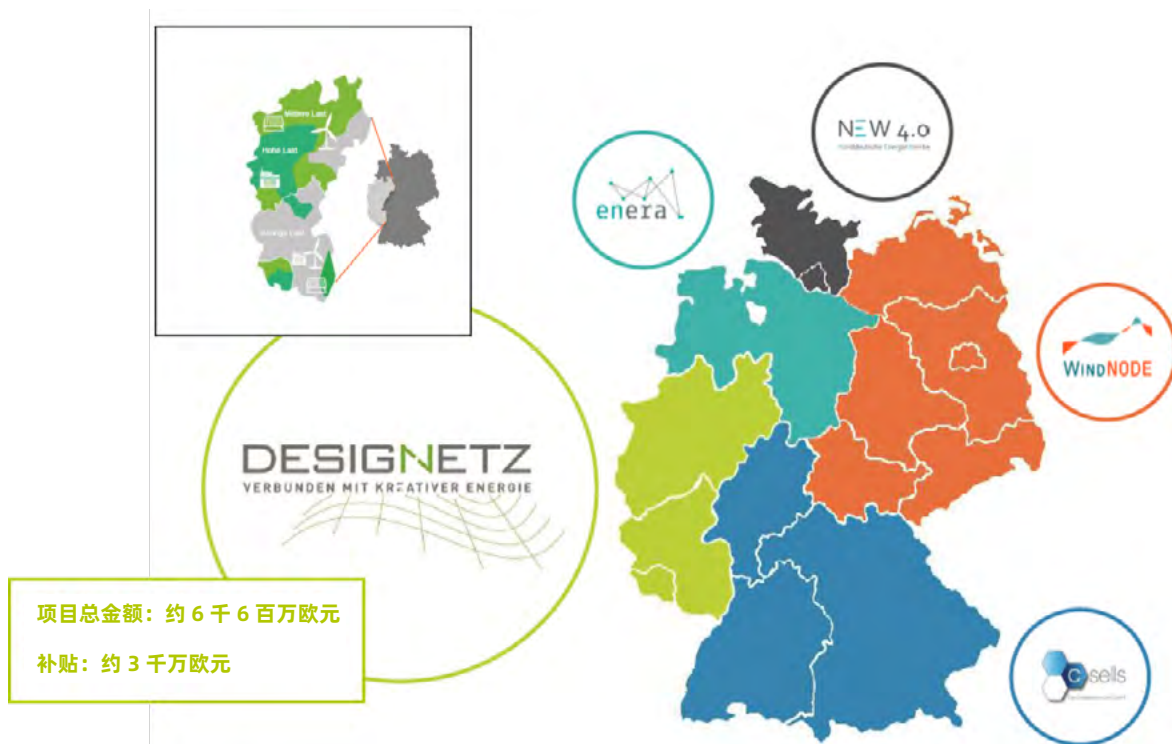
- ▶ 合作伙伴来自于公用事业、商业界、科学界和研究领域，经验丰富。
- ▶ 该地区具备光伏和风能资源，部分地区可再生能源大量盈余，附近有负荷中心，属于复合区域，对其他许多地区具有很强的示范作用。
- ▶ 针对 20 个新的示范项目以及 10 个现有项目多样化的解决方案。
- ▶ 众多独立解决方案整合形成一个综合系统。

后文 " 案例四 " 将对 Designetz 展示项目提供更加详细的介绍。

图 3-10: " 智慧能源—能源转型的数字化 " 五个案例展示地区⁴⁴

⁴⁴ 来源:

<https://www.sinteg.de/en/>



（四）欧盟：2030 年 100 个气候中和城市计划

针对推动城市气候中和制订的各项方案，是对促进乡村型地区气候中和的补充，特别是在使用广义的“城市”定义时更是如此。许多乡村型地区邻近中大型城市，这促使乡村型地区和城市的碳中和计划逐步形成协同效应。在这一领域，欧盟已制定了“2030 年 100 个气候中和城市计划”。围绕这一目标的核心任务是支持、促进和展示 100 个欧洲城市在 2030 年实现气候中和的系统性转型，并使这些城市成为实验和创新中心。城市的能源、交通运输、建筑楼宇甚至工业和农业等领域的脱碳战略共生交叠。解决城市所面临的气候危机必须有公民的参与，不仅包括治理体系中的政府官员，还包括用户、生产者、消费者和所有者。通过“气候城市契约”正式形成多层次共创式流程，再根据每个城市的实际情况加以调整，该项目已全部纳入欧洲绿色协议，助力欧洲在 2050 年之前实现气候中和。

有关本节政策的更多详细信息，请见附录二补充材料。

第三节 | 德国绿色乡村型地区案例研究

本节针对德国四个绿色乡村型地区进行了案例研究，并分析了它们如何为德国的气候中和做出贡献。这四个乡村型地区设立了宏伟的气候中和目标，表现明显优于德国平均水平。因此，它们被认为是德国气候中和的“实验室”。这四个案例分别是吉森地区、慕尼黑地区、科赫姆 - 采尔地区和莱茵 - 洪斯吕克地区。

表 3-1：四个案例的占地面积、人口及 GDP（2020 年统计数据）⁴⁵

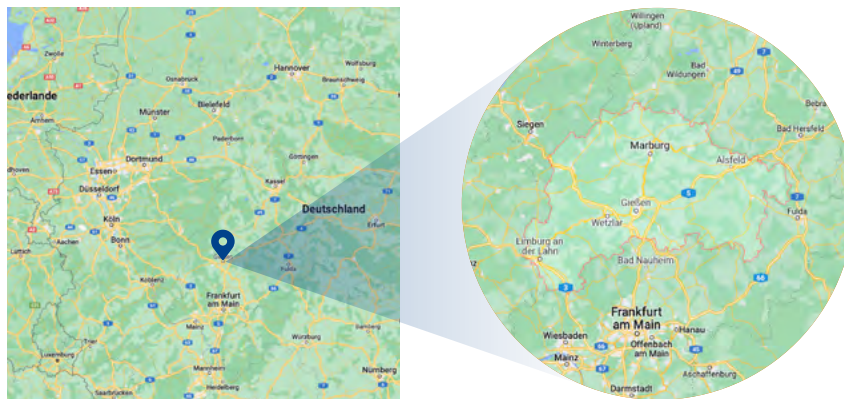
乡村型地区	占地面积（平方公里）	人口	GDP 总量（亿欧元）
吉森地区	854.56	271667	109
慕尼黑地区	664.25	349685	140
科赫姆 - 采尔地区	692.43	61578	25
莱茵 - 洪斯吕克地区	991.06	103401	41

⁴⁵ 来源：
德国联邦统计局 (DESTATIS)

一、乡村型地区案例研究之一：吉森地区 (Klimaschutzplan Gießen)

吉森地区位于德国西部黑森州，邻近法兰克福城区，包括数个中型乡镇，属于规模较大的乡村型地区。在德国联邦政府资助下，吉森地区制定针对本地区的气候保护总体规划，让各行业的专家和公民广泛参与，组建专门的团队并在不同行业开展有效的具体措施，成为了德国乡村型地区绿色低碳能源转型的良好示范。

图 3-11：吉森地区地理位置⁴⁶



Map data © 2022 GeoBasis-DE/BKG(©2009),Google Global

作为“国家气候保护倡议”的行动之一，德国联邦经济环境保护部针对 22 个地区制订了气候保护总体规划，并为这些地区的实施工作提供资助，四年累计提供资金支持 1200 万欧元。这些“总体规划地区”的共同目标是：2050 年前实现温室气体排放量减少 95%、终端能源消费量较 1990 年减少 50%。这一宏伟目标为地方的气候保护工作指明了方向，产生了重大影响。

在各行业专家、机构和众多公民的积极参与下，吉森地区气候保护总体规划历时一年编制完成。规划文件针对 2050 年前尽可能实现对化石燃料的完全替代描述了可能的发展路径，规划目标与《巴黎气候协定》商定的发展目标一致。减少购买化石燃料将有助于引导资本留在当地，从而增加该地区的投资价值。

吉森地区通过对能源各个领域的现状进行分析，在气候友好型消费与生产、跨地区合作、可持续出行方式、气候中和型楼宇建筑、土壤保护 / 农业、材料循环利用等重点领域开展科学研究，建设示范项目，探

⁴⁶ 来源：

1. <https://www.klimaschutz-lkgi.de/ecm-politik/lkgi/de/home/info/id/17>
2. https://www.klimaschutz-lkgi.de/ecm-politik/lkgi/de/home/file/fileId/99/name/Masterplan_100%25_Klimaschutz
3. <https://www.lkgi.de/der-landkreis/oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/3578-co2-emissionen-im-landkreis-giessen-sinken-um-ueber-zehn-prozent>
4. <https://www.klimaschutz-lkgi.de/lkgi/de/home/info/id/60>
5. <https://www.klimaschutz-lkgi.de/lkgi/de/home>
6. https://www.lkgi.de/images/formulare_downloads/Wirtschaft_Arbeit-Bildung/Klimaschutzkonzept.pdf

讨并传播低碳理念、技术，制定涵盖电力、交通、建筑、企业运营、资源管理、农业和林业等各个行业的具体措施，为推动地方能源体系向气候中和转型提供全面支持。

吉森地区在地区管理层中新增了两个全职岗位负责气候保护，并在全地区形成了一个由不同成员组成的联合团队，促进各行业相互学习、支持和合作。2018年11月，吉森地区还与来自中国的国际合作伙伴开展了交流。

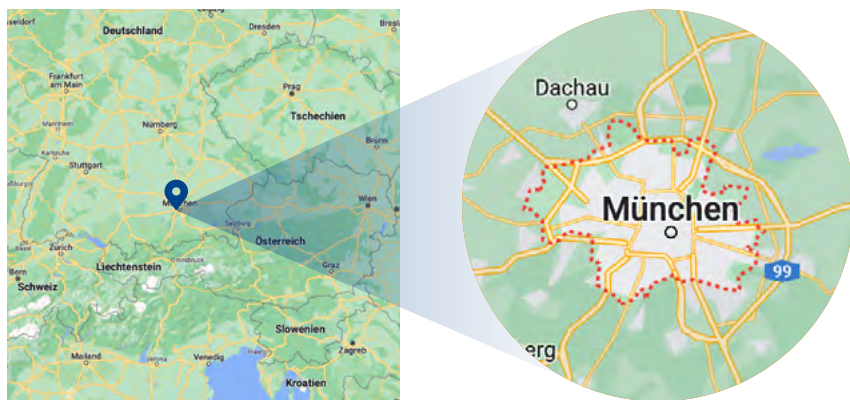
根据吉森地区首次公布的温室气体统计报告，2010年至2018年，该地区温室气体排放量下降了10.4%。私人住宅领域实现了最大幅度的减排（-18.9%），而工业和商业领域也达到了减排目标（-14.5%）。该地区居民能耗比全国平均水平低19%，人均温室气体排放量也比全国平均水平低1.8吨。2010年至2018年期间，吉森地区内可再生能源发电量增长了144.5%。

有关本案例的更多信息数据，请见附录三案例补充材料。

二、乡村型地区案例研究之二：慕尼黑地区 (Klimaschutzplan Landkreis München)

慕尼黑地区位于德国东南部巴伐利亚，为大都市慕尼黑周边的乡村型地区。该地区在绿色低碳转型中，让所属的所有乡镇参与其中，并建立“能源治理机制”，通过科学统计各行业的温室气体排放，定期评估和优化气候保护措施，确保整个地区实现气候目标。该地区还非常重视对儿童和青年的气候保护教育，意义深远。

图 3-12：慕尼黑地区地理位置⁴⁷



Map data © 2022 GeoBasis-DE/BKG(©2009),Google Global

⁴⁷ 来源：

<https://www.landkreis-muenchen.de/themen/energie-und-klimaschutz/29-klima-energie-initiative/>

慕尼黑地区开展气候保护工作较早。根据2006年正式发布的一项能源愿景，慕尼黑地区的目标是在2050年之前能源需求下降60%。然而，事与愿违，2006—2016年期间该地区能源消费绝对总量反而增长了25%。

因此，从 2016 年起，慕尼黑地区所属的 29 个乡镇全面综合评估了该地区能源和气候保护行动情况以及面临的机遇，并在年底重新修订了气候保护目标，以 "29++ 气候·能源·倡议" 取代了此前的能源愿景，并开始在该倡议的框架内展开协作。倡议文件提出，全体居民和地方企业应紧密协作，共同努力，在本地区组织多样化的活动，积极促进气候保护，为实现 "2015 年巴黎全球气候变化协定" 中规定的国家气候目标而努力，直到达到 "+++" 的最高能效等级。

从倡议的名称和标识可以清楚地看到，整个地区内所有 29 个乡镇都已涵盖到此项倡议中。

作为该倡议文件的核心内容，该地区各乡镇正式通过了一项气候保护联合声明。在慕尼黑地区政府办公室就气候保护工作增设了三个工作岗位，与埃伯斯贝格地区 (Ebersberg) 共同成立了联合能源机构，与慕尼黑市青少年宫合作开展面向儿童和青年的气候教育，并针对后化石燃料时代的交通和气候保护领域制订了宏伟的计划。

为了对以上措施进行定期评估和适时调整，当地还决定建立 "能源治理机制"。2020 年 3 月，地区政府在 29 个乡镇的配合下，严格依照城市温室气体核算体系 (BISKO⁴⁸) 提交了慕尼黑地区第一份温室气体统计报告，该报告为评估当地气候和能源倡议的实施进展情况奠定了基础。

根据目前掌握的最新 (2018 年) 数据，慕尼黑地区气候保护进展情况评估如下：

- ▶ 2016 年，慕尼黑地区人均温室气体排放量为 10.4 吨，2018 年为 9.7 吨，比两年前降低了 6.1%。自 2010 年以来，人均温室气体排放量已下降了约 16%。为了实现 2030 年人均排放 6 吨的目标，还需进一步减少 32%。
- ▶ 在光伏领域，自 2016 年以来，系统数量增加了 21%，装机容量增长了约 28%。这表明一系列有针对性的工作初见成效，其中包括对本地区潜在太阳能资源情况进行登记，与埃伯斯贝格地区的能源机构在光伏领域联合协作等。
- ▶ 在私人住宅领域，自 2016 年以来，温室气体排放量减少了 0.2 吨，降至 1.7 吨。商业、市政和交通运输行业的温室气体排放量分别为 4.1 吨、0.2 吨和 3.7 吨。
- ▶ 铁路以外的运输行业仍然几乎完全依赖化石燃料，这可能会成为当地能源转型的障碍。2016 年到 2018 年期间，全部机动车中采用电动驱动的比例仅增加了百分之一，占全部机动车总量的 2.1%。

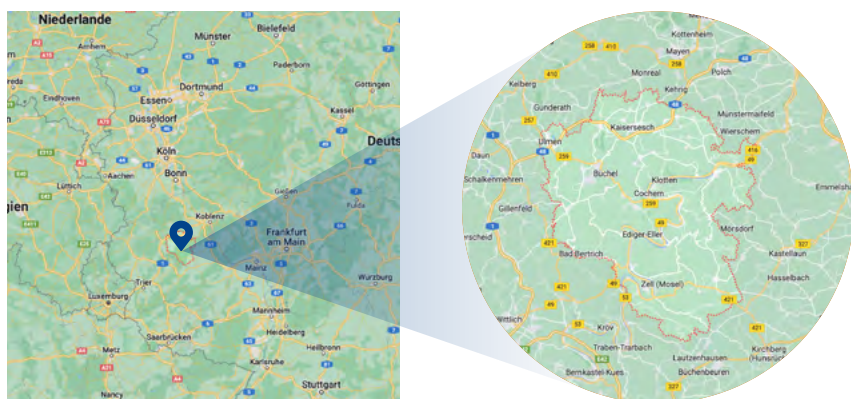
有关本案例的更多信息数据，请见附录三案例补充材料。

⁴⁸ 城市温室气体核算体系 (BISKO)：是在德国联邦环境部的支持下制定，目的是确保所有乡镇采用统一的会计方法和避免重复计算。根据核算方法人均温室气体排放量根据城市、乡镇或地区中所有行为者的最终能源消费量计算，即所谓的属地原则。

三、乡村型地区案例研究之三：科赫姆 - 采尔地区 (Cochem-Zell)

科赫姆 - 采尔地区位于德国西部的莱茵兰普法尔茨州，面积相对较小。该地区具有丰富的可再生能源，通过制定气候保护整体规划、倡导公民全面参与，并采用各种新技术不断提升电力生产和消费的灵活性，以在当地消纳更多绿色电力。

图 3-13：科赫姆 - 采尔地区地理位置⁴⁹



Map data © 2022 GeoBasis-DE/BKG(©2009), Google Global

⁴⁹ 来源：

https://www.unser-klima-cochem-zell.de/kv_cochem_zell_bioenergie/Masterplan/
https://www.unser-klima-cochem-zell.de/kv_cochem_zell_bioenergie/Aktuelles/2021/Cochem-Zell%20startet%20Virtuelles%20Kraftwerk/

⁵⁰ 以《京都议定书》确定的 1990 年作为基准年。

科赫姆 - 采尔地区属于德国 22 个制定了气候保护目标的城市和地区之一。该地区气候保护的目標是到 2050 年有害气体排放量减少 95%，能源消费总量下降 50%⁵⁰。为了实现这一目标，科赫姆 - 采尔地区制订了 "100% 气候保护总体规划" 并提出了解决方案。

总体规划不仅是一个技术概念，也为实施气候保护的具体项目、开展具体措施提供了基础。基于这一认识，与公民和专家开展全方位对话成为联合工作的既定目标，公民可以通过三个总体规划论坛和一个青年论坛广泛参与。通过总体规划论坛，人们有机会加入项目案例分析、研讨会、展会和讨论会等活动，提出项目想法，落实细节并投入实施筹备工作。此外，"100% 气候保护公民奖" 的设置也为促进公民驱动的气候保护项目提供了具体的激励措施。

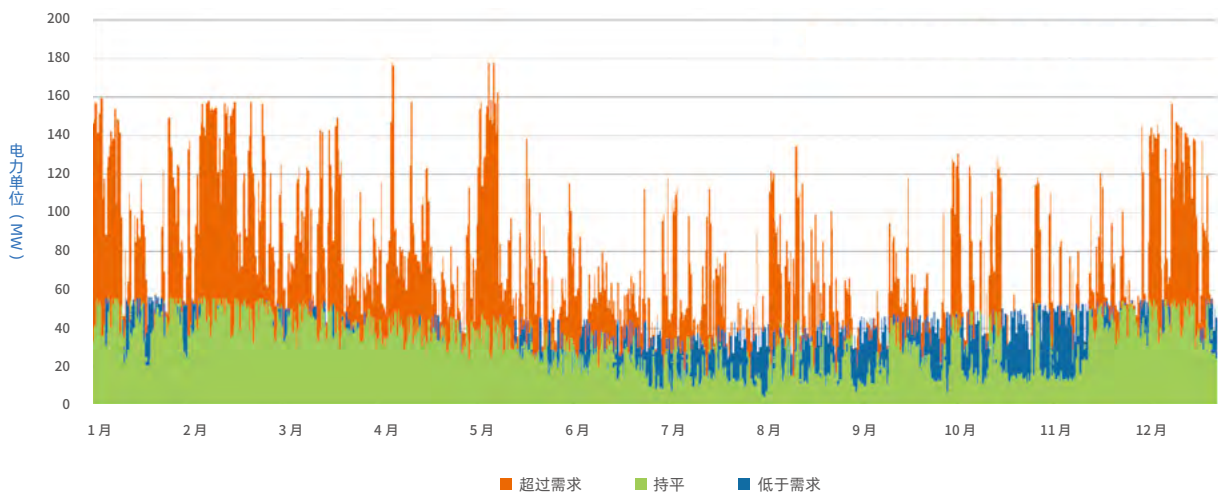
该地区拥有丰富的水力和风光资源。目前，这一地区 66% 的电力需求可以由当地的绿色电力自给自足，但由于绿色电力生产和需求在时间上不完全同步，仍有潜在绿色电量未被使用。如在 2015 年，当地电力生产总量为 489GWh，电力消纳仅 295GWh。当地发电主要来自三个水电站以及已投运的多个风电场和光伏电站。主体电源的波动性需要适配足够的灵活性措施才能满足地方和经济活动不断增长的电力需求。针对 2050 年的前景预测表明，可再生能源的绝对增长不会增加它在电量消费里的相对占比，需要有灵活的措施来使电力生产和电力消费齐头并进。因此，电力短缺期间必须找到办法进行电力储备（发电和储能方面），或者在消费侧改变消费者行为，以适应发电的波动变化。

一方面，科赫姆 - 采尔地区通过电池储能存储盈余电力，削峰填谷；另一方面，依靠互联互通实现

行业耦合。其中，电力行业与化工行业的耦合是减少电力过剩的一个重要方式；例如，将风力发电与基于电解水制氢的多元电力转换技术相耦合，在可再生能源制氢装置下游设置甲烷化装置等。

区域内已有的生物沼气电厂通过储气设施与热电联产电厂结合，可以对其他波动性电源对电网稳定性的影响进行调节。

图 3-14：2015 年科赫姆 - 采尔全地区电力供需情况⁵¹



⁵¹来源：

Transferstelle Bingen TSB
(2018)

- ▶ 提高电力就地消纳的关键是使发电和用电更具灵活性。灵活性意味着存储更多能量并实现负荷的灵活切换，提高供热及交通运输部门的用电比例，例如家用热泵或电动汽车。“分布式储能”和“虚拟电厂”的目的在于消纳更多本地生产的电力。“虚拟电厂”通过对电力生产端和电力消费端的管理，使更多的绿色电力在当地得以消纳，工商行业在此过程中可以节省大量资金。在为期二十年的可再生能源补贴政策结束后，风电和太阳能电站仍可以继续“虚拟电厂”中保持经济性运行。除了提高个别行业的灵活性，如何在电力供应过程中通过行业耦合实现供求平衡也变得日趋重要。就科赫姆 - 采尔地区而言，未来的行业耦合意味着将电力、天然气（特别是天然气供热）和交通运输（电动汽车和燃气动力车）结合起来。未来，为了成功实现可再生能源 100% 的负荷响应以及各环节的耦合，有必要利用和扩大现有的灵活性，例如将热电联产电厂以及电转热设施引入供热网络（例如：热泵和储热）。随着能源转型的推进，更多的智能电站将加入能源系统，为可控运行做好准备。
- ▶ 配备蓄热网络的热电联产电站和集成电转热设施（例如：蓄热式电热棒或连续流加热器）、纯电动热泵和双模式热泵，家庭、企业和公共设施中的固定式电池存储，以及具有可控装、卸载的备用交通工具，都将得以快速发展。

图 3-15: 未来发展路线图 (灵活性, 行业耦合)⁵²

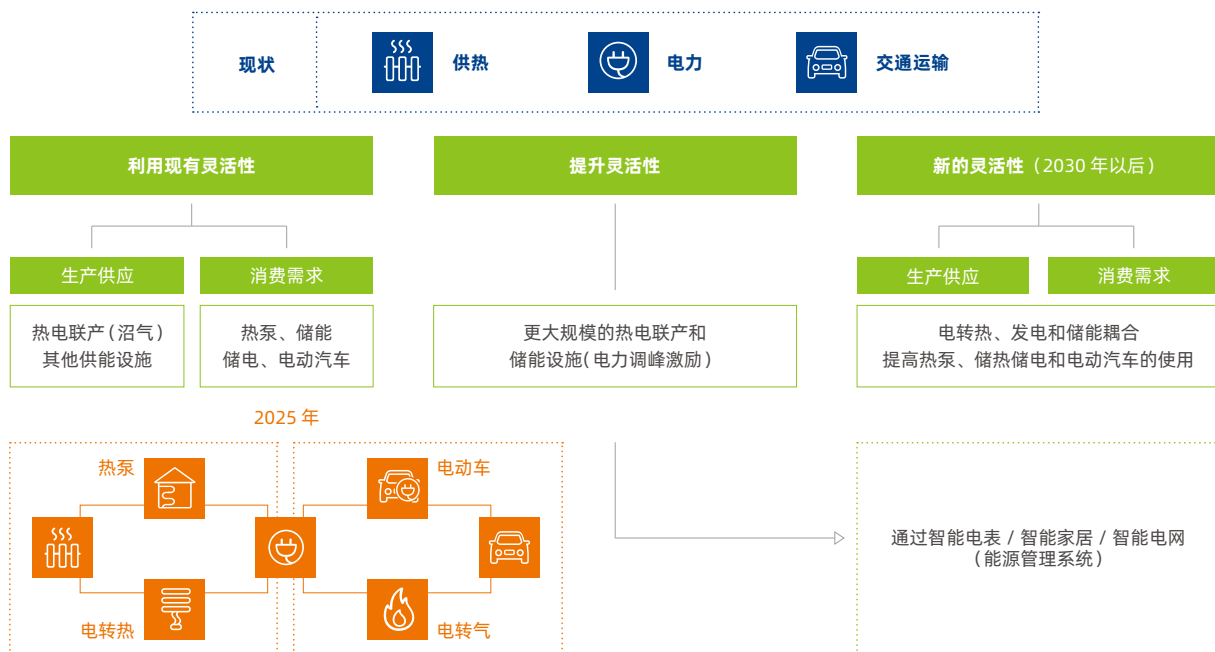
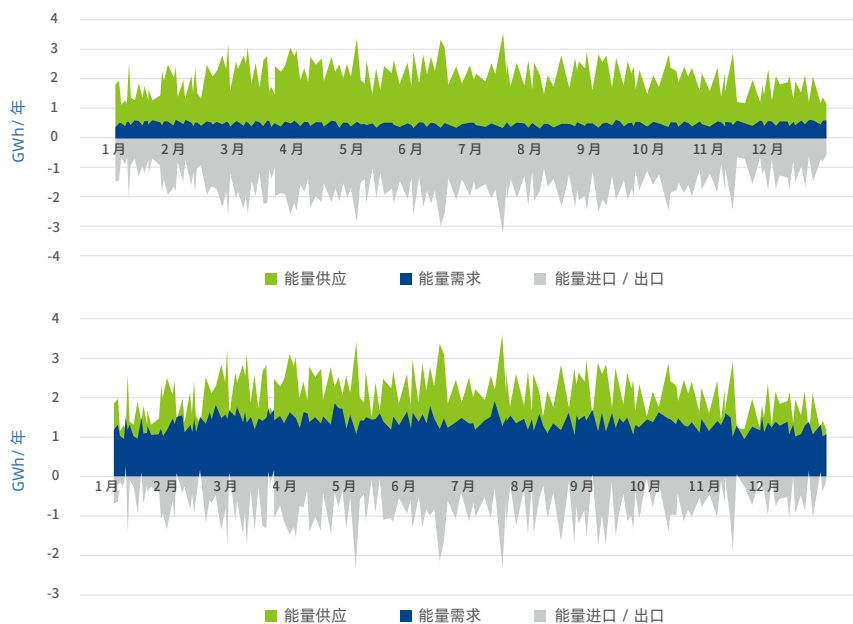


图 3-16: 2050 年针对电力盈余的能源体系 (有无灵活措施的对比)⁵³



注：下方的图在能源体系中引入电转热、电能多元化转化以及电动车量这些灵活技术措施。

有关本案例的更多信息数据，请见附录三案例补充材料。

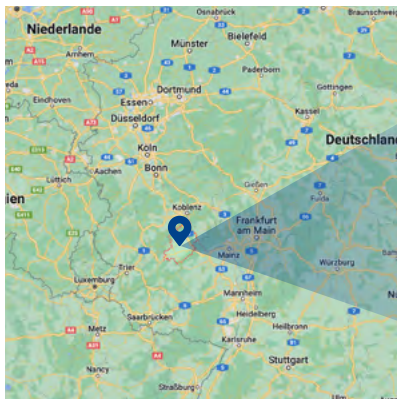
⁵² 来源：
Fraunhofer IWES
(2015), https://www.iee.fraunhofer.de/content/dam/iee/energiesystemtechnik/de/Dokumente/Studien-Reports/2015_Studie_Finanzierbarkeit_der_Energiewende_2204_WEB_druckdatei.pdf

⁵³ 来源：
Transferstelle Bingen TSB
(2018)

四、乡村型地区案例研究之四：莱茵 - 洪斯吕克地区 (Rhein-Hunsrück)

莱茵 - 洪斯吕克地区位于德国西部莱茵兰普法尔茨州，属于中小型乡村型地区。该地区是德国气候中和领域最先进的地区之一，被德国和其他国家视为可以借鉴的“能源转型先行示范基地”。该地区在自身实现气候中和以后，正着力于通过能源互联网示范项目，助力跨地区的能源管理和协作。

图 3-17：莱茵 - 洪斯吕克地区地理位置⁵⁴



Map data © 2022 GeoBasis-DE/BKG(©2009), Google Global

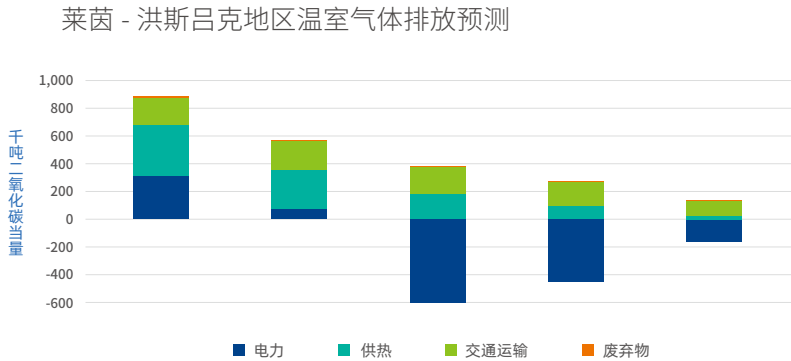
莱茵 - 洪斯吕克地区议会早在 2011 年 12 月就正式通过气候保护方案，具体包括 2050 年前在当地持续挖掘生物质、太阳能和风能等现有可再生能源的潜力和减排空间，以实现下列目标：

- ▶ 能源消费总量 (包括供热、交通运输和电力) 减少 40%。
- ▶ 现有建筑楼宇能源需求减半。
- ▶ 每年替代相当于 2.1 亿升供暖用油的化石能源。
- ▶ 在 2050 年之前，每年投入 2.5 亿欧元用于能源转型，以不断降低能源采购开支。

⁵⁴ 来源：

1. <https://www.energieagentur.rlp.de/service-info/die-energieagentur-informiert/aktuelle-meldungen/aktuelles-detail/die-energiekommune-des-jahrzehnts-setzt-immer-noch-eins-drauf>
2. <https://www.kreis-sim.de/Klimaschutz/Ziele-Motto-und-Konzept/index.php?object=tx,2052.91.1&NavID=2052.85&La=1>
3. <https://www.kreis-sim.de/Klimaschutz/Projekte-und-Kampagnen/>
4. https://www.kreis-sim.de/media/custom/2554_1385_1.PDF?1541408401B%C3%BCrgernahm%C3%A4rmenetze/Umsetzungsformen/
5. <https://www.edoweb-rlp.de/resource/edoweb:7039984/data>
6. <https://www.wochenspiegellive.de/bad-kreuznach/artikel/zdf-doku-portraetiert-die-rhein-hunsruecker-energiegewende>

图 3-18: 莱茵 - 洪斯吕克地区 2020 年气候中和量化目标⁵⁵



⁵⁵ 来源：
莱茵 - 洪斯吕克气候中和顶层设计（2011 年）
https://www.kreis-sim.de/media/custom/2052_142_1.PDF?1360058295

⁵⁶ 来源：
由当地气候保护机构提供

	1990 年参考年排放量	2010 年排放量	2020 年排放量	2030 年排放量	2050 年排放量
废弃物	1.07	0.31	0.31	0.31	0.31
交通	203.01	212.05	195.22	174.27	115.63
供热	362.73	288.69	184.01	99.59	16.46
电力	316.26	72.02	-607.05	-455.01	-164.61

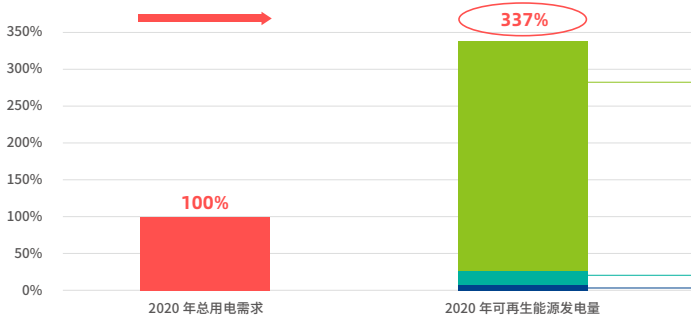
从碳排放平衡表上看，自 2015 年以来，莱茵 - 洪斯吕克地区已经实现了气候中和（注：不包括交通运输产生的排放）。25 年前，该地区电力需求还必须全部依赖外来输入，而现在当地 276 台风机生产的电力就足以满足 30 万户家庭的用电需求。2020 年，当地生物质、光伏和风能所生产的电力相当于总需求的 337%。根据专家估计，这使莱茵 - 洪斯吕克成为德国首个在供热、电力和垃圾发电领域实现碳中和的内陆地区。目前，18 个公共集体供热网利用森林残留物向家庭住宅供热，在马斯克豪森正在建设一个最大规模的供热网。

图 3-19: 截至 2020 年莱茵 - 洪斯吕克地区所取得的成就⁵⁶

莱茵 - 洪斯吕克政府

2020 年可再生能源发电量与用电量的比值约为 337%

2020 年总用电需求 :4.66 亿千瓦时
2020 年可再生能源发电量 :15.7 亿千瓦时



水电 从 2010 年起：在莱茵河畔的圣戈阿尔镇开展多个水轮机试点项目
德国 3.3%

风电 308.88% 278 套设备
德国 18.2% 712 MW

光伏 21.03% 5161 套设备
德国 8.9% 109 MW

生物质能 7.2% 19 套设备
德国 8.9% 6.6 MW

可再生能源发电量与用电量比值：337% 德国平均：45%

此外莱茵 - 洪斯吕克正在建设跨地区虚拟电厂 "Designetz" 能源互联网示范项目。通过构建串联能源管理系统对地区内的虚拟电厂进行管理，优化就地使用可再生能源生产的盈余电力。示范项目还将实现跨地区协作，将农村的可再生能源连接到城市负荷，并实现可再生能源与分布式电网的优化集成。

图 3-20: 莱茵 - 洪斯吕克 " 能源蜂巢 " 智能分布式电网示范项目⁵⁷

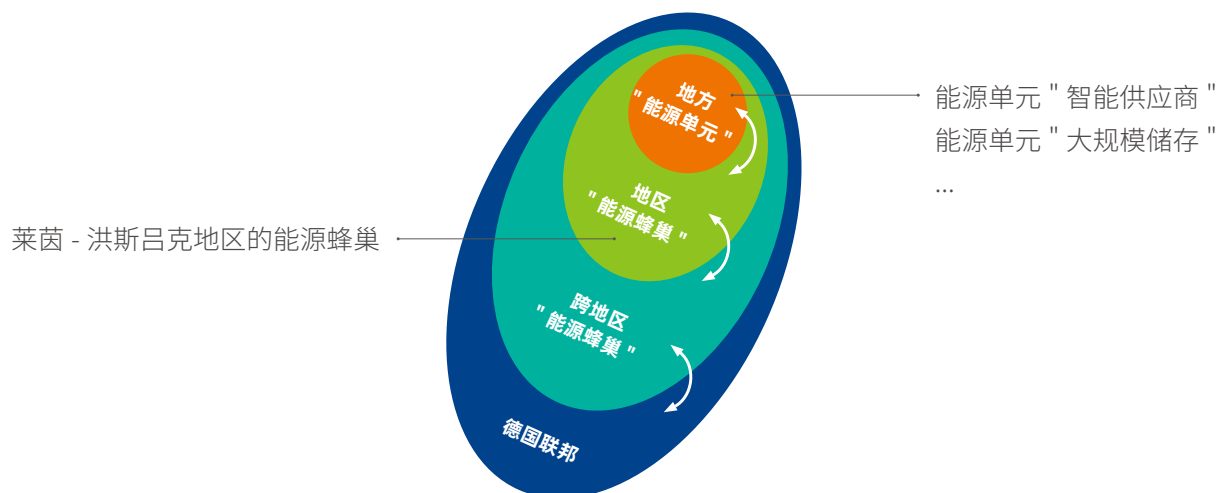


⁵⁷ 来源:

https://www.kreis-sim.de/media/custom/2554_710_1.PDF?14818134651

莱茵 - 洪斯吕克通过 " 能源蜂巢 " 智能分布式电网，将当地能源转型纳入到从地方到地区、跨地区，乃至全国范围内气候中和 " 金字塔 " 的组成部分。

图 3-21: 从地方到地区、跨地区、全国的嵌入式 " 能源蜂巢 " 结构



有关本案例的更多信息数据，请见附录三案例补充材料。

第四节 | 可供中国参考借鉴的实践经验

本报告介绍的四个德国乡村型地区被称为“气候中和顶层设计的试验基地”。总体而言，德国已经设定了在 2045 年实现气候中和的目标（欧盟的总体目标是在 2050 年实现气候中和），其中一些乡村型地区的表现相对而言非常突出，部分地区已经接近实现气候中和，或最迟于 2030 年可以实现气候中和。从这个角度来说，这些乡村型地区先行示范的解决方案将在未来二十年陆续推广到德国全境。

本节总结了四个可复制性案例的研究成果。尽管中德两国的具体情况存在很大差异，但是这些研究和实践成果可以为中国在县域推进碳中和工作提供参考，从而为中国 2060 年全面实现碳中和奠定良好基础。

一、德国乡村型地区案例研究小结

德国乡村型地区气候保护工作无疑是成功的。针对气候中和制订了宏伟的温室气体减排目标文件，肯定了地区的工作；各地气候保护工作成功开展更是最好的证明。

通过对德国四个绿色乡村型地区案例的研究，将德国实现气候中和在地区层面所做出的努力总结如下：

- ▶ 德国乡村型地区担任“实验室”角色，在实践中获取气候中和的经验，部分地区几乎已经实现气候中和目标。
- ▶ 来自国家和欧洲层面的扶持计划和政策架构增强了各乡村型地区实现气候中和的决心。
- ▶ 倡导公民参与，重视交流与教育。公民为自己的能源消费负责，也有机会直接参与能源生产、消费和共享，并从中获益。
- ▶ 实现气候中和的系统性转型，需要地区内各行业和各乡镇的全面参与。
- ▶ 提高供给侧及消费侧的能源效率，推动各乡村型地区达成气候中和目标。
- ▶ 作为一个从地方到地区，到跨地区，乃至全国自上而下全面体系的一部分，各乡村型地区已经从改革中受益。（参考上文图3-21）
- ▶ 供热是绿色低碳转型难度较大的行业，提高能源使用效率和增加可再生能源供热的比例是供热行业深度脱碳的主要手段，采用热泵、电转热、地热技术等行业耦合的方式，进一步支持对可再生能源电力的整合。
- ▶ 交通运输行业通常也是脱碳工作的难点。随着电动汽车、电力转换燃料（PtG/PtL）、燃料电池的普及和电力部门脱碳工作的推进，在一定程度上这个难点可以得到改善。
- ▶ 温室气体数据的统计与分析对于气候中和工作非常重要。在过去的十年里，这领域工作已经明显改善。

二、就乡村型地区（县域）气候中和工作的建议

以下建议均源自德国乡村型地区的实践，但对中国县域推进气候中和工作同样具有现实意义。

（一）通过国家环境政策实现驱动与拉动。

为此，建议在国家环境政策层面采取四个步骤：

首先，建议将气候保护纳入中国县域法定工作计划，建立机制，落实配套资金，并由各级政府制定法律框架，对逃避气候保护工作的行为进行约束。

其次，通过适当调整支持政策等措施，使气候保护管理人员更加重视可持续能源消费转型，并为气候保护管理人员开展培训或建立交流平台，以便互相分享成功案例。

第三步，遏止在制定温室气体统计规则的工作中片面强调地域性原则的做法，把针对能源消费的相关措施纳入到整体体系中，并优先考虑实施简单易行、经济有效、前景良好的措施。

第四步，鼓励推广实践经验，例如组织开展相关活动，从中遴选典范，现身说法，编制成功的实践案例。

（二）明确气候中和目标在可持续能源消费中的作用。

德国的乡村型地区把可持续能源消费目标与气候保护概念进行了结合。沿袭这一做法，国家层面在编制“国家可持续能源消费计划”时，也应纳入气候中和目标。

（三）乡村型地区（县域）是推动气候保护的中坚力量。

在乡村型地区（县域）层面开展的活动和措施可以进一步推动国家环境政策的实施，并帮助发挥区域气候保护措施与可持续能源消费之间的协同效应。为此，在乡村型地区（县域）治理工作中将气候保护制度化就显得尤其重要。从这点出发，需要开展四个方面的工作：

首先，自上而下的政策部署，确保气候保护成为政策的长期主流方向。

其次，设立气候保护中心，并作为常设机制纳入到乡村型地区（县域）政府行政管理体系中，从而确保气候保护机构在实现长远目标的过程中能够有机会表达意见。为保证这一机制下各项工作的顺利进行，还应配备充足的人力。

第三，明确分工与责任，坚持提高乡村型地区（县域）政府对所有与能源消费相关的需求领域的认识。

第四，必须建立跨部门合作和沟通机制。中央气候保护中心负责协调跨部门交流工作，以多种方式开展跨乡村型地区（县域）合作，积极投入、推广和传播与气候有关的能源消费话题。

（四）气候保护管理机构扮演关键角色。

气候保护管理机构是气候保护工作的推动力量，可以现有的工作为基础，通过能源消费战略，进一步拓展其工作范围。为此，需要对相关各方有全面的了解，包括其架构、兴趣点、彼此之间的关系以及部分利益相关者的整合等。在这一工作中，对利益相关者进行分析是关键所在。

能源和气候保护机构在信息传播、促进可持续能源消费的工作中发挥关键的核心作用。气候保护管理机构的职责还包括制订和完善气候保护总体纲领，其中要与民间社会就能源消费共同起草一系列初步措施。

热衷气候保护话题的公民和民间社会组织的参与也将有助于产生更广泛的影响力。跨地区之间应就乡村型地区（县域）气候保护行动开展知识和经验交流，从而共同提升能源消费领域的责任感。

第4章

中国县域绿色低碳能源转型发展建议

中德两国均鼓励发展可再生能源，德国可再生能源发展已经达到较高水平，其乡村型地区在绿色低碳能源转型中涌现出了领先的技术、模式及推进方法，如：电力供需灵活性提升技术、系统的温室气体排放统计方法、定期评估和动态优化的管理模式、跨地区的能源管理和协作等，为当前中国县域深化绿色低碳发展提供了有价值的参考。从中德案例中也可以看出，政府引导、企业响应、全民参与是推进县域绿色转型的重要途径；以能源的绿色低碳转型带动地区经济发展、使民众受益是推进县域绿色转型的内在动力；加强跨地区协同、促进城乡耦合一体化、统筹生态治理及环境保护是推进县域绿色转型的有效支撑。中德两国可以立足共同的低碳能源转型目标，加强在重点领域、重点项目、重点企业间的交流合作，高质量开展宣贯及培训，共同推动实现全球治理向绿色低碳能源转型的广阔前景。

本章基于前述案例及实践，提出了搭建县域绿色低碳能源体制机制、完善县域绿色低碳能源基础设施、探索县域绿色低碳能源商业模式、优化县域绿色低碳能源产业体系、创新县域绿色低碳能源技术路线、推动县域绿色低碳发展国际合作六个方面中国县域绿色低碳转型发展建议。

第一节 | 搭建县域绿色低碳能源体制机制

将县域能源建设纳入地方经济社会发展规划。应坚持中央统筹、省负总责、市县抓落实的工作机制，把能源问题“要素化”，加强县域能源与城乡一体化、乡村振兴战略等规划的统筹协调，将县域能源消费需求及供应保障作为地区经济社会发展规划的重要内容。

系统推进县域能源体制机制改革。围绕碳达峰碳中和目标，加强县域绿色能源转型、电力体制机制改革等方面政策的支持力度。国家层面积极研究出台相关法律法规、政策措施，对地方落实提出具体目标要求，健全考核及推进机制；县域层面统筹多部门任务部署，制定实施方案，建立推进机制，落实资金支持，引导全民参与。例如，出台推进电能替代的指导意见，扩大电能替代的深度和广度，简化绿色低碳项目的审批流程，优化土地出让或划拨的条件，稳步推进绿色金融发展等^[9]。

深化县域能源服务体系建设。规范县域能源管理服务机构、岗位、评估标准等，提高能源服务人员的规模、技术水平，满足农村用能服务需求。

促进形成绿色低碳社会共识。重视对儿童、青少年的绿色低碳教育，对重点行业及人员开展系列培训，拓展互联网应用、对话平台、景区、体验馆等宣传方式，将低碳知识融入课堂教育，推动农村绿色低碳生产生活方式的转变。谋划能源与产业的可持续发展，促进能源改革红利惠及大众，从根本上激励全民参与。

完善标准化管理体系。将头部能源企业的县域开发标准升级为行业或地方标准，引领我国县域开发规范发展。加快建立项目管理机制，规范县域绿色低碳能源管理，强化安全风险防范，规范项目建设和运行管理。

健全县域能源数据统计体系。国家主导开展农村能源基础数据摸底调查，建立统一的温室气体核算体系。考虑乡村一二三产业融合发展的需要，既要强化县域全品类能源数据统计，又要细化分行业能源统计。充分发挥地方政府作用，明确县、乡镇、村各个层面的相关责任，采用调查表、入户等多种调查形式，对农村能源生产消费情况（包括非商品能源）进行全面摸底调研，建立并完善农村能源生产消费统计体系。同时将能源统计数据纳入各级政府平台，为政府决策、企业优化运营提供支撑。

第二节 | 完善县域绿色低碳能源基础设施

县域能源资源的有效开发与利用必须依托相应的技术和基础设施，随着可再生能源在电力系统占比不断提高，亟需系统提升电源侧、电网侧、需求侧灵活性。

大力发展多品种分布式能源。因地制宜发展光伏、风电、生物质、天然气、地热等多品种分布式能源，促进各品位能源高效梯级利用，并合理规划农业农村清洁能源开发和就地消纳。完善农光互补、渔光互补、林光互补、风光互补等建设模式，新建住房及农田设施等应采用适合分布式清洁能源的方案及建设标准；促进北方地区清洁取暖、南方地区集中供冷，采用热泵、电转热、地热供暖，电力及供热行业耦合等方式，推进相关改造提升工程；在停车场、旅游景点等地合理配置风光储充一体化设施；支持电动车 V2G（Vehicle to Grid）、共享储能平台发展；完善生物质垃圾收集处理体系，增强污水收集处理能力。

规模化发展县域新型储能。在电源侧，加快推动系统友好型新能源电站建设，以新型储能支撑高比例可再生能源外送、促进本地消纳，提升煤电等常规电源调节能力。在电网侧，在关键节点配置储能提高电网安全稳定运行水平，在电网薄弱区域增强供电保障能力，围绕重要电力用户提升系统应急保障能力。在用户侧，灵活多样配置新型储能，支撑分布式供能系统建设，为用户提供定制化用能服务，提升用户灵活调节能力。同时，推动县域储能多元化创新应用，推进源网荷储一体化、跨领域融合发展，拓展多种储能形式应用。

建设高灵活性新型县域电网。继续实施农村电网巩固提升工程，提高农网供电保障水平。通过新型的微电网系统和分布式电力系统，促进区域电网和热网平衡，同时也可以借此验证碳中和下的新型电网体系。

推广智慧能源管理平台。主动推进电力物联网、智慧能源云平台、能源互联网生态圈等新技术示范落地，充分发挥综合智慧能源、储能、氢能等应用潜力，将县域微能源网建设作为新型电力系统构建的重要平台，着力破解构建新型电力系统面临的技术瓶颈。

积极推进农业农村领域电气化。推广普及农田机井电排灌、高效节能日光温室和集约化育苗，发展生态种植。在种植、粮食存储、农副产品加工等领域，推广电烘干、电加工，提高生产质效。在水果、蔬菜等鲜活农产品主产区和特色农产品优势区，发展田头预冷、贮藏保鲜、冷链物流。在畜牧、水产养殖推进电能替代，提高养殖环境控制、精准饲喂等智能化水平。

加快形成绿色低碳生活方式。大力发展绿色建筑，推广装配式建筑、节能门窗、绿色建材、绿色照明，全面推行绿色施工，开展老社区低能耗改造。推动公共交通工具和物流配送、市政环卫等车辆电动化。推广节能低碳节水用品和环保再生产品，减少一次性消费品和包装用材消耗。

建设热电协同、因地制宜的清洁供暖体系。在北方地区，制造业比例较高并已建成较完善的集中供热管网的县城，通过煤改气把效率低、排放大的燃煤热电厂改造为天然气热电联产，为居民供热，为制造业提供工业蒸汽。在制造业比例较低的消费型县城，热电联产辅助以其它的热源形式，匹配供给侧和需求侧热电比：如安装一定数量的热泵供热，从而增加需求侧的用电量，并减少对热电联产热源热量的需求。在农村建筑密度低的地区，应重点发展分散式清洁供热体系。扶持及推广电转热（空气源、水源热泵等）、生物质供热、地热供热等高效清洁采暖措施^[10]。

第三节 | 探索县域绿色低碳能源商业模式

创新县域能源开发模式。采取“公司+村镇+农户”等模式推动农村分布式能源开发利用，积极推进农光互补、林光互补、牧光互补等“光伏+”模式，因地制宜创新农村生物质能源化利用模式。拓展新型储能商业模式，探索共享储能、云储能、储能聚合等商业模式应用，聚焦系统价值、挖掘商业价值。

创新县域能源融资模式。根据当地财政收入状况、政府债务情况及各项目自身特点，量身定制 PPP（Public-Private Partnership）、收益与融资自求平衡专项债券等投融资模式，顺利实现各项目融资与落地实施。充分发挥基础设施领域不动产投资信托基金（REITs）等基金作用，合理配置优惠贷款和债券额度，促进县域绿色低碳能源转型。探索以能源企业参股，地方耗能大户和用能企业控股的方式，合资组建能源开发公司，将发电项目转变为用能企业的“自发自用”项目。能源企业通过发挥专业优势，合作共享清洁能源开发成果^[11]。

立足场景优化设计盈利模式。户用光伏开发中，农户可以通过自建、入股、合作开发等多种模式参与并获取盈利；在“自发自用，余电上网”场景中，以光伏送家电商业模式，通过激励个人用户提高电能消纳，提升项目收入；以光伏共享电动车电池商业模式，通过丰富项目运营场景，增加收入，提高项目回报率；以“生物质秸秆换颗粒”平台模式，拓展产业链，在项目开发中丰富增值场景，提高项目回报率。

第四节 | 优化县域绿色低碳能源产业体系

优化产业结构，因地制宜布局绿色低碳能源配套产业。我国东部、南部经济发达地区产业配套需求较低，东北、西部地区有强烈的产业配套诉求，中部地区介于两者中间。针对资源丰富的地区，以当地大规模风、光资源开发为基础，可适度配套公益项目开发，提升县域绿色低碳能源转型发展附加价值；同时可整合临近多个县域可开发的能源资源，达到产业引进门槛规模，推动相关县域能源开发和产业配套多方共赢。对于资源匮乏地区，配套产业经济性较低，可采取低产业配套发展路径，也可考虑与周边县域打捆开发。新能源产业将成为农村经济的重要补充和农民增收的重要渠道。

强化产业链协作，加快县域绿色低碳能源关键技术协同攻关。建议能源头部企业主动发挥产业链“链长”企业优势，组织装备企业、信息技术企业和高校院所，统筹研究能源供给侧和消费侧呈现的新特征新需求，加快智慧能源网、能源互联网、虚拟电厂等交叉技术研究和源网荷储协同开发^[12]。

完善创新支撑体系，推动县域绿色低碳能源产业成果转化。围绕新型电力系统、新型储能、氢能和燃料电池、碳捕集利用与封存、能源系统数字化智能化、能源系统安全 6 大重点领域，系统搭建创新平台^[13]。积极承担国家能源科技创新任务，完善依托工程推动能源技术装备创新和示范应用的政策措施。

发挥地缘优势，带动产业融合发展。大都市周边的县域可借助区位优势，积极发展集体验、休闲、科普等功能于一体的“开心农场”新型农旅，推进都市后花园建设，聚焦都市休闲旅游特点，打造全域田园综合体的特色小镇；靠近产业园区的县域，可积极开展相关产业协作，创造更多就业岗位；具有国际交流条件的地区，可打造体育特色小镇等，吸引国际赛事。

第五节 | 创新县域绿色低碳能源技术路线

建议县域在推进绿色低碳能源转型发展进程中，采取“分步走”的战略，逐步实现碳中和目标。

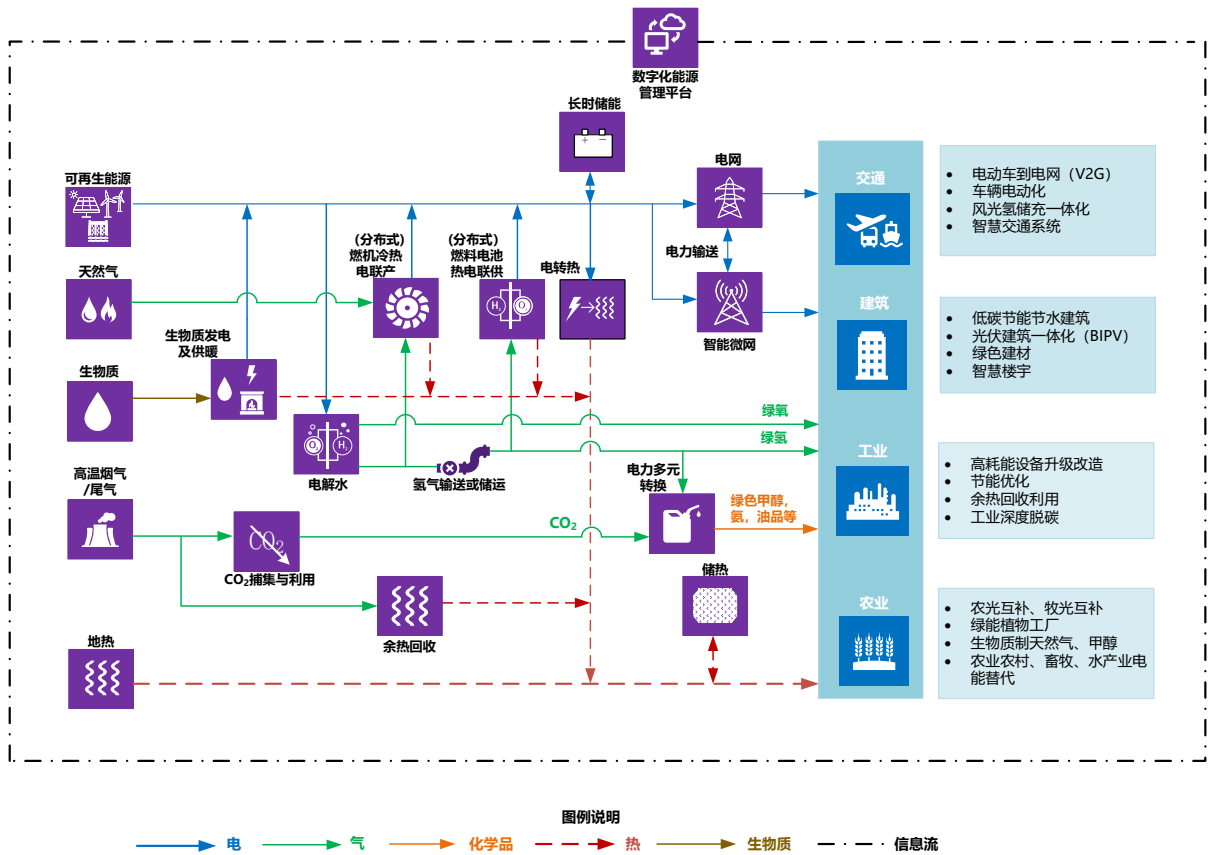
一、中短期：多能互补，构建低碳能源系统

构建多能互补的低碳能源系统，推进能源领域数字化改造进程，提高供能安全。提高能源结构中可再生能源占比，运用天然气在能源转型过程中的重要过渡作用，逐步改变当前中国以煤为主的能源消费结构^[14-15]。天然气发电与可再生能源电力互补，运用天然气-燃气轮机发电系统稳定、响应速度快、发电成本可承受等特点，为存在间歇性、波动性和不稳定性的可再生能源电力提高调峰及调频服务，保障电力系统安全稳定可靠。积极布局氢能技术，如掺氢燃机、氢燃料电池热电联供系统、氢内燃机等，助力能源系统脱碳。

二、远期：深度脱碳，构建零碳能源系统

远期化石能源消费比例进一步降低，光伏、风电、水电、生物质能、地热能等可再生能源在能源结构中占主导地位。发展全氢燃气轮机、燃料电池热电联供系统等零碳分布式发电系统，提高供能灵活性。提倡跨部门耦合，构建电-热-气-交通一体化网络，提高供能效率。应用储热、储氢等高效长时储能技术，平复波动，辅助电网调节。在可再生能源电力充沛的县域应用 Power-to-X（电能多元化转换）技术促进电力就地消纳。工业部门实时碳排放监测，选择合适的 CCUS（Carbon Capture, Utilization and Storage）技术，构建零碳能源系统。

图 4-1：县域绿色低碳能源转型技术路线图



国家电投作为全球最大的清洁能源企业和光伏发电企业，始终坚持绿色发展、创新发展和共享发展，立足自身清洁能源开发经验及技术积累，形成包含分布式能源、清洁供热、电氢替代、“光伏+”、“风电+”、垃圾处理、生态修复、储能、配网实践、虚拟电厂、数字技术、智慧应用、农村现代化、火电综合利用、“三网融合”等十五项绿色能源发展创新工具，涉及 50 余项智慧低碳能源技术。

西门子能源是全球领先的能源技术公司之一，拥有丰富广泛的产品、解决方案和服务，覆盖从能源工业应用、发电、输电到储能的整体能源价值链，业务组合涵盖传统和可再生能源技术，如燃气轮机、蒸汽轮机、以氢气驱动的混合动力发电厂、发电机与变压器等。西门子能源超过 50% 的业务组合已经实现去碳化，并不断致力于推动绿色氢能和 Power-to-X（电能多元化转换）等新型能源技术应用。

基于国家电投与西门子能源两家企业自主研发或集成创新的技术积累，总结全球范围内成功的能源转型实践经验，形成系统化、模块化、差异化的能源转型思路，创新技术路径，助力县域绿色低碳能源转型发展。

第六节 | 推动县域绿色低碳发展国际合作

建立中德县域低碳发展对话平台。响应“中欧绿色伙伴”倡议，围绕县域绿色低碳能源转型，建立中德两国间的长效交流与合作平台。组织两国县域交流实践，实地考察走访，探讨共同面临的发展课题，开展技术和商业研讨，并通过广泛定期的合作交流，遴选、推荐和促进两国县域逐步建立绿色低碳能源转型的“中德姊妹小镇”。

广泛开展县域绿色发展国际合作。依托各县域区位优势、资源优势、互补优势，立足中国县域绿色低碳能源转型发展需要，打造国际合作联盟，开展国际绿色能源转型巡回宣传，提供社会群体专业化培训教育，积极促进国际化产学研合作，推动绿色发展理念普及，为绿色能源技术迭代升级赋能。

结语

本报告聚焦中国县域能源发展，立足中国县域能源发展的政策形势和县域能源绿色低碳转型面临的现实问题，借鉴国内外县域、乡村地区绿色低碳能源转型实践经验，提出中国县域能源转型发展新思路，对于推动中国县域绿色低碳能源发展具有重要意义。

综合考虑县域特点、规模、区域分布、资源禀赋及经济发展等因素，选取了六个国内县域能源转型发展实践。立足国际视角，简述了德国能源体系现状和能源转型路径，并对中德两国能源结构和碳排放强度进行了对比。深入探讨了德国乡村型地区绿色发展的有关规划、指导原则和扶持政策，选取了四个具有典型特点的乡村型地区的实践案例进行了研究。

基于案例及实践分析，总结了搭建县域绿色低碳能源体制机制、完善县域绿色低碳能源基础设施、探索县域绿色低碳能源商业模式、优化县域绿色低碳能源产业体系、创新县域绿色低碳能源技术路线、推动县域绿色低碳发展国际合作六方面的转型发展建议，以期为中国县域绿色低碳能源转型发展提供借鉴。

本报告分析了乡村振兴及绿色发展相关政策及行业报告，结合现场调研、文献查阅、各地方政府网站信息，以数据为基础，遵循问题导向，力图探究中国县域绿色低碳能源转型发展的有效路径，引发社会对县域能源转型的重视和思考。

中国县域众多，在地域特点、资源禀赋、人口分布、发展水平、产业布局、能源结构上差异巨大，县域绿色低碳能源转型挑战与机遇并存。在此，欢迎更多国内外企业及相关机构加入，精诚合作，加强产学研结合促进技术突破，致力于多品种多型式的可再生能源及新型储能等规模化发展，建设高灵活性新型县域电网，建设热电协同、因地施策的清洁供暖体系，提高县域能源低碳化、智慧化水平。也呼吁广大社会民众行动起来，主动加深对绿色低碳生产生活方式的理解和认识，积极支持农业农村领域电气化落地，有条件的建筑房屋使用屋顶光伏、节能门窗、绿色建材、绿色照明，形成清洁低碳的用能习惯，支持公共交通、节能低碳节水用品和环保再生产品，减少一次性消费品和包装用材消耗，积极带动能源绿色低碳转型的新风尚。

让我们共同贯彻落实新发展理念，促进县城高质量发展，推动形成绿色生产方式和生活方式，助力碳达峰、碳中和，以人类命运共同体的战略眼光，实施全球绿色能源转型交流合作，实现人类文明的永续发展。

参考文献:

- [1] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2020: 农村住宅专题 [R]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [2] 刘欣, 张西雅, 张容尔, 等. 农村清洁用能体系助力减污降碳及乡村振兴——中国农村散煤治理综合报告(2022) [R]. 北京: 能源基金会, 清华大学建筑节能研究中心, 2022.
- [3] 田宜水. 中国农村能源政策, 现状评估和发展方向研究 [J]. 中国能源, 2020, 42(5):6.
- [4] 姜美竹, 职菲. 低碳经济下的农村能源消费结构 [J]. 华北电力大学学报: 社会科学版, 2011(52): 4.
- [5] 张述冠, 张雪云. 中国乡村振兴之路白皮书 2021 [R]. 广州: 南方财经全媒体集团乡村振兴研究院, 21 世纪企业公民研究中心, 2021.
- [6] 俞海淼, 周海珠, 忻闻. 崇明岛风力资源分析与评价 [J]. 可再生能源. 2008,26(3): 76-79.
- [7] 余岳峰, 德蒙特·罗迪, 马蕾. 崇明岛可再生能源利用潜力分析与研究 [J]. 上海节能. 2008,(10): 28-33.
- [8] 国务院发展研究中心资源与环境政策研究所. 新发展阶段下中国长三角能源一体化高质量发展研究 [R]. 北京: 冶金工业出版社, 2021.
- [9] 高世楫, 郭焦锋, 等. 能源互联网助推中国能源转型与体制创新 [M]. 北京: 中国发展出版社, 2017.
- [10] 丁历威, 胡建根, 刘强, 吕洪坤, 李磊, 王茂贵. 农村能源消费结构分析及能效提升典型建议 [J]. 节能, 2021 40(463): 0471-74.
- [11] 李抒苒, 谭光瑛, 薛雨军. 中国、欧洲清洁氢冶金: 政策动向与中国启示 [R]. 北京: 落基山研究所, 2022.
- [12] 陈清泉, 周友, 等. 四网四流产业融合发展白皮书 [R]. 北京: 中国电机工程学会, 中国通信学会, 国家电力投资集团, 华为技术有限公司, 2020.
- [13] 国务院发展研究中心资源与环境政策研究所. 中国能源革命进展报告——能源供给革命(2022)[R]. 北京: 冶金工业出版社, 2022.
- [14] 国务院发展研究中心资源与环境政策研究所, 北京大学能源研究院, 清华大学能源互联网创新研究院, 中国石油勘探开发研究院, 中国石油西南油气田分公司天然气经济研究所. 中国天然气高质量发展报告 2020[R]. 北京: 石油工业出版社, 2020.
- [15] 国家能源局石油天然气司, 国务院发展研究中心资源与环境政策研究所, 自然资源部油气资源战略研究中心. 中国天然气发展报告 2022[R]. 北京: 石油工业出版社, 2022.

附录一：中国县域绿色低碳能源发展相关政策要点

政策名称	发布单位	发布时间	政策要点
《能源技术革命创新行动计划》	国家发展改革委、国家能源局	2016年4月	提出我国能源技术战略需求。围绕“两个一百年”奋斗目标提供能源安全技术支撑；围绕环境质量改善目标提供清洁能源技术支撑；围绕二氧化碳峰值目标提供低碳能源技术支撑；围绕能源效率提升目标提供智慧能源技术支撑；围绕能源技术发展目标提供关键材料装备支撑。
《关于县域创新驱动发展的若干意见》	国务院	2017年5月	强化科技与县域经济社会发展的有效对接，打通从科技强、产业强到经济社会发展强的通道；部署了县域创新驱动发展的八项重点任务；提出了县域创新驱动发展的四方面保障措施。
《关于促进乡村产业振兴的指导意见》	国务院	2019年6月	明确了乡村产业根植于县域，以农业农村资源为依托，以农民为主体，以农村三次产业融合发展为路径，地域特色鲜明、创新创业活跃、业态类型丰富、利益联结紧密，是提升农业、繁荣农村、富裕农民的产业。促进乡村产业振兴，要坚持因地制宜、突出特色，市场导向、政府支持，融合发展、联农带农，绿色引领、创新驱动等原则，把以农业农村资源为依托的二三产业尽量留在农村，把农业产业链的增值收益、就业岗位尽量留给农民。
《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	国务院	2021年2月	重点强调了我国将开始建设绿色低碳循环发展体系和绿色低碳全链条，并对体系中的各个部分进行了任务安排。在生产体系下加快实施重点行业绿色化改造、全面推行清洁生产、发展生态循环农业、推进既有产业园区和产业集群的循环化改造等；在流通体系下推广绿色低碳运输工具、推进垃圾分类回收等；在消费体系下加强绿色产品和服务认证管理等；加快基础设施绿色升级，包括推动能源体系绿色低碳转型、提升交通基础设施绿色发展水平等；在技术创新体系下鼓励绿色低碳技术研发等。

政策名称	发布单位	发布时间	政策要点
《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	全国人大	2021 年 3 月	走中国特色社会主义乡村振兴道路，全面实施乡村振兴战略，强化以工补农、以城带乡，推动形成工农互促、城乡互补、协调发展、共同繁荣的新型工农城乡关系，加快农业农村现代化。
《关于加强县城绿色低碳建设的意见》	住房和城乡建设部等 15 部门	2021 年 5 月	提升县城能源使用效率，大力发展适应当地资源禀赋和需求的可再生能源，因地制宜开发利用地热能、生物质能、空气源和水源热泵等，推动区域清洁供热和北方县城清洁取暖，通过提升新建厂房、公共建筑等屋顶光伏比例和实施光伏建筑一体化开发等方式，降低传统化石能源在建筑用能中的比例。
《关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》	国家能源局	2021 年 6 月	党政机关建筑屋顶总面积可安装光伏发电比例不低于 50%；学校、医院、村委会等公共建筑屋顶总面积可安装光伏发电比例不低于 40%；工商业厂房屋顶总面积可安装光伏发电比例不低于 30%；农村居民屋顶总面积可安装光伏发电比例不低于 20%。
《“十四五”推进农业农村现代化规划》	国务院	2021 年 11 月	明确了“十四五”推进农业农村现代化要聚焦七个方面重点任务，即“三个提升、三个建设、一个衔接”。提升粮食等重要农产品供给保障水平、农业质量效益和竞争力、产业链供应链现代化水平。建设宜居宜业乡村、绿色美丽乡村。巩固拓展脱贫攻坚成果，有效衔接全面推进乡村振兴。
《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》	国家能源局、农业农村部、国家乡村振兴局	2021 年 12 月	将能源绿色低碳发展作为乡村振兴的重要基础和动力，推动构建清洁低碳、多能融合的现代农村能源体系，全面提升农村用能质量。到 2025 年，建成一批农村能源绿色低碳试点，分布式可再生能源发展壮大。推动千村万户电力自发自用，以县域为单元，采取“公司+村镇+农户”等模式，建设分布式风电和光伏发电。明确支持县域清洁能源规模化开发，规划建设集中式风电、光伏基地，为脱贫县打造支柱产业。
《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》	国家发展改革委、国家能源局	2022 年 2 月	从能源供给侧、能源消费侧、生产要素侧、能源市场侧提出了具体的政策措施。主要突出四个方面统筹，即统筹协同推进能源战略规划、统筹能源转型与安全、统筹生产与消费协同转型、统筹各类市场主体协同转型。

政策名称	发布单位	发布时间	政策要点
《中共中央 国务院关于做好 2022 年全面推进乡村振兴重点工作的意见》	国务院	2022 年 2 月	文件中共有 42 次出现 "县" 和 "县域" 的相关表述, 明确将 "县域发展" 纳入乡村振兴的范畴, 强调因地制宜发展县域经济, 分门别类推动县域经济社会发展, 强化责任意识, 抓好任务落实, 推动乡村振兴取得新进展。
《"十四五" 现代能源体系规划》	国家发展改革委、国家能源局	2022 年 3 月	以县域为单位开展绿色低碳发展示范区建设, 探索建设 "零碳村庄" 等示范工程。

附录二：可再生能源社区和公民能源社区

定义：“可再生能源社区”是指一个法律实体

- (a) 该法律实体应符合国家的相关法律，建立在公开、自愿参与的基础上，拥有自主管理权，由该法律实体持有并开发的可再生能源项目所在地附近的股东或成员进行有效控制；
- (b) 其股东或成员为自然人、中小企业或地方管理部门，包含市政管理部门；
- (c) 其主要目的是为股东或成员或其所在的地区创造环境、经济或社区方面的效益，而非经济利益。

第 22 条：可再生能源社区（摘自欧盟《可再生能源指令》）

成员国应确保最终用户，特别是家庭用户，有权参与到可再生能源社区中，同时保持其作为最终用户的权利或义务，免受不合理或歧视性条件或程序的约束。但私营企业不能将参与可再生能源社区活动作为主要的商业或专业活动。

2. 成员国应确保可再生能源社区有权：

- (a) 生产、消费、储存和销售可再生能源，包括通过签署可再生能源电力采购协议开展此类活动；
- (b) 在可再生能源社区内，分享来自该社区生产单位的可再生能源，但须符合本条规定的其他要求，并维持可再生能源社区成员作为用户的权利和义务；
- (c) 以非歧视的方式，直接或通过联合体进入所有合适的能源市场。

3. 对其境内的可再生能源社区，成员国应就现有的发展障碍以及后续的发展潜力进行评估。

4. 成员国应设立一个扶持框架，以促进和推动可再生能源社区的发展。该框架尤其应当确保：

- (a) 消除对可再生能源社区的不合理监管和行政障碍；
- (b) 可再生能源社区在供应能源，或者进行能源集成等商业能源服务时，必须遵守相关的法律法规；
- (c) 配电系统运营商与可再生能源社区开展合作，促进可再生能源社区内部的能源传输；
- (d) 可再生能源社区须实行公平、适当、透明的登记和许可程序，执行可反映成本的网络收费和相关税费政策，确保按照国家主管部门制定的分布式能源透明成本效益分析方法，以适当、公平、均衡的方式分摊系统整体成本；

(e) 可再生能源社区在作为最终消费者、生产商、供应商、配电系统运营商或其他市场活动参与者时，权利和义务方面不受歧视；

(f) 所有消费者，包括低收入家庭或弱势家庭在内，都可以参加可再生能源社区活动；

(g) 提供便于获得资金和信息的工具；

(h) 向政府当局提供监管和能力建设方面的支持，以促成建立可再生能源社区，并协助政府直接参与社区活动；

(i) 制定相应规则，以保障可再生能源社区内消费者享受平等和非歧视性待遇。

5. 成员国在根据（欧盟）条例 2018/1999 更新国家能源和气候综合计划及进展报告时，应将上述第 4 条所提及的扶持框架的主要内容及其实施情况作为报告的一部分。

6. 成员国可规定可再生能源社区向跨境参与者开放。

7. 在不违背《欧盟运作条约》（TFEU）第 107 和第 108 条的情况下，成员国在设计支持性计划时，应当考虑可再生能源社区的特殊性，确保社区与其他市场参与者在平等的基础上通过竞争获得支持。

第 16 条：公民能源社区（摘自《电力指令》）

1. 成员国应向公民能源社区提供有利监管框架，以确保：

(a) 参与公民能源社区是开放和自愿的；

(b) 公民能源社区的成员或股东有权退出社区，此种情形适用第 12 条；

(c) 公民能源社区的成员或股东仍保留其作为家庭消费者或活跃消费者的权利和义务；

(d) 根据监管机构评估的公平补偿额，相关配电系统运营商与公民能源社区合作，促进公民能源社区的内部电力传输；

(e) 公民能源社区须根据（欧盟）条例 2019/943 第 18 条规定，实行非歧视性的、公平、适当、透明的程序和收费政策，包括注册、许可程序和可反映成本的网络收费，确保其以适当、均衡的方式分摊系统整体成本。

2. 成员国可在扶持监管框架中规定，公民能源社区可以：

(a) 向跨境参与者开放；

(b) 有权拥有、建设、购买、或者租赁配电网络，并在符合本条第 4 款规定的条件下自主管理网络；

(c) 享有第 38 条第（2）款规定的豁免。

3. 成员国应确保公民能源社区：

(a) 能够以公平的方式，直接或通过联合体进入所有电力市场；

(b) 在作为最终消费者、生产商、供应商、配电系统运营商或通过联合体进入市场时，在进行活动、享有权利和义务等方面，受到合理公平的对待；

(c) 对其造成的电力系统失衡承担经济责任；公民能源社区应成为电力系统平衡责任方，或者根据（欧盟）条例 2019/943 第 5 条的规定，将责任进行委托；

(d) 在自发自用方面，根据第 15 条第 2 款第 (e) 点的规定，公民能源社区应获得与活跃消费者相同的待遇；

(e) 有权在公民能源社区内部安排分配社区自由设备生产的电力，前提是须符合本条规定的其他要求，且须保障社区成员作为最终消费者的权利和义务。

为了符合第一小段第 (e) 点的要求，在分享电力时，应以国家主管部门制定的分布式能源透明成本效益分析方法为依据，不影响适用的网络费用和税费。

4. 在不违反第四章或其他适用于配电系统运营商的规则、条例的前提下，成员国可决定授予公民能源社区管理其运营区域内的配电网络的权利，并制定相关程序。如果授予这种权利，成员国应确保公民能源社区：

(a) 有权和与其联网的配电系统运营商及输电系统运营商签订网络运营协议；

(b) 根据第 59 条第 7 款的规定，在连接公民能源社区内部配电网络和外部配电网络的连接点上，可以执行适当的网络收费，且该项费用应区分为输入配电网络的电力费用和从公民能源社区外部配电网络消费的电力费用；

(c) 不得歧视或伤害已连接配电系统的现有消费者。

附录三：德国案例研究补充材料

乡村型地区案例研究之一：吉森地区 (Gießen) ¹

作为“国家气候保护倡议”的行动之一，德国联邦经济环境保护部针对 22 个地区制订了气候保护总体规划，并为这些地区的实施工作提供资助，四年间，累计提供资金支持 1200 万欧元。这些“总体规划地区”的共同目标是：在 2050 年之前实现巴黎气候协定中议定的发展目标，即与 1990 年相比，温室气体排放量降低 95%，最终能源消费量减少 50%。这一宏伟目标为地方的气候保护工作指明了方向，产生了重大影响。

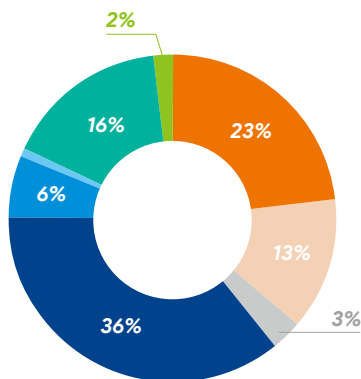
吉森作为上述 22 个地区之一，在各行业专家、机构和众多公民的积极参与下，历时一年编制完成了气候保护总体规划。规划文件针对 2050 年前尽可能实现对化石燃料的完全替代描述了可能的发展路径，规划的目标与《巴黎气候协定》商定的发展目标一致。

随着总体规划的制定，吉森地区正在积极实施各项变革措施，并希望利用由此产生的机会促进地区发展，创造新的就业机会。减少购买化石燃料将有助于引导资本留在当地，从而增加该地区的投资价值。规划具体实施路径如下：

从分析能源现状出发：

吉森地区能源消费以化石能源和电力为主，其中化石能源占最终能源消费的 72%，电力占 16%，且电力主要来自化石燃料发电（附图 3 和附图 4）。2014 年，在居民、商业、交通、行政管理和其它消费领域的能源需求约为 7000GWh。电力的构成为：可再生能源发电占比约 10%，可再生能源供热占比约 5%，其余的电力由其他多种能源形式的发电厂提供（如石油、天然气、核能、水电和生物质）。

附图 1：2014 年吉森地区最终能源构成

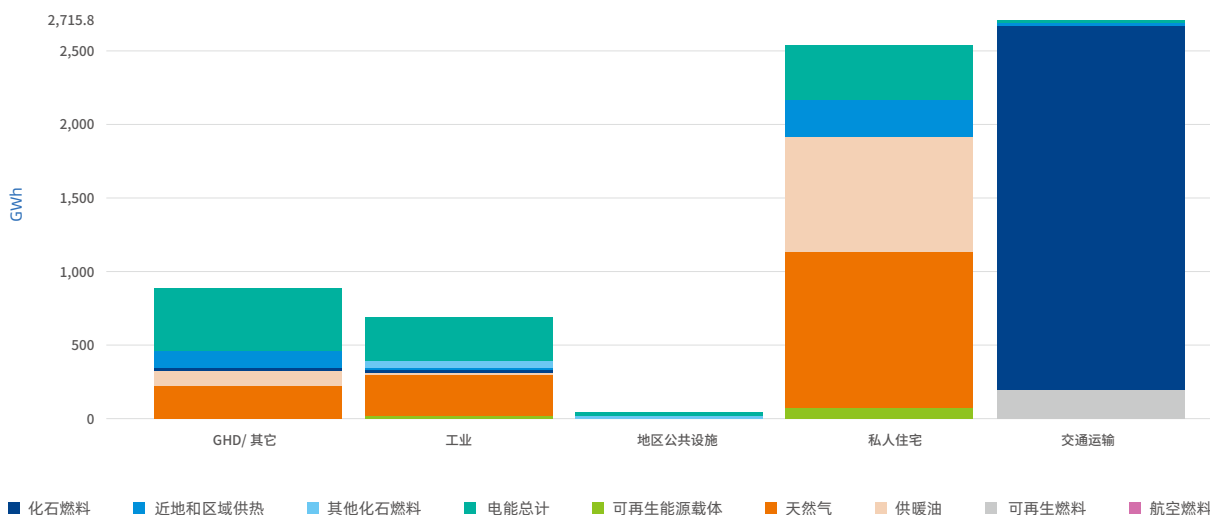


¹ 来源：

https://www.klimaschutz-lkgi.de/ecm-politik/lkgi/de/home/file/fileId/99/name/Masterplan_100%25_Klimaschutz

■ 化石燃料 ■ 近地和区域供热 ■ 其他化石燃料 ■ 电能总计 ■ 可再生能源载体 ■ 天然气 ■ 供暖油 ■ 可再生能源 ■ 航空燃料

附图 2：2014 年按行业和能源载体分类的最终能源消费情况



从能源现状分析可以发现，该地区交通运输和私人住宅的能源需求最高，其次是贸易、商业和服务业，再其次是工业，地区公共设施的能源需求占比相对较小。每年能源消费排放的二氧化碳总量为 231 万吨。

根据地区能源特点，吉森在以下重点领域开展了科学研究：

- ▶ 气候友好型消费
- ▶ 气候友好型生产
- ▶ 跨地区合作
- ▶ 多种可持续的出行方式
- ▶ 气候中和型楼宇建筑
- ▶ 土壤保护 / 农业
- ▶ 材料循环

这些研究详细阐述了为实现 2050 年的气候保护目标需要做出的改变。这些改变不仅仅包括物理变量层面的改变，如能源需求、高效的能源转换、用可再生能源替代化石燃料或优化生物过程等，还包括让更多民众参与并改变固有的行为，这同样对实现气候保护长期目标至关重要。

这是关于气候友好型消费的分报告中所涉及的主题之一。地区气候保护规划倡导公众的广泛参与以及公民的气候友好型消费。所有制定规划的参与者意识到，公民的行为变化对实现气候目标非常重要，因此在规划中明确指明了哪些选择和做法可以提高民众节约使用资源的意识。此外，规划也提及对能源需求有间接影响的行为，例如，为了降低取暖能耗而适当减少人均生活空间，为了方便老年群体进行相关投资而加强专业支持、帮助扫清障碍，为了减少通勤而组织新的生活和工作方式等。

除了通过各个专题领域开展研讨、编制措施目录，许多参与者的实际经验和建议也被纳入到措施的制定中。

通过团队合作实现气候目标：

纵观全局，显然只有当地所有参与者“齐心协力”，才能实现吉森的气候中和目标。随着总体规划管理机制的建立，在未来三年内，吉森地区在政府管理部门新增两个全职岗位，以全力推动已经制定的行动战略和措施，加速变革进程。由于行动项目和措施数量众多（约 200 个），仅有的两个全职岗位并不能满足需求。因此，为实现总体规划目标，规划管理层将全力发挥乘积效应，支持更多人员参与，并建立健全网络体系，加强与民众的沟通和合作。在全地区内组建一个由不同领域行动者组成的联合团队，以便相互学习，相互支持。建立互联网信息交流平台（www.klimaschutz-lkgi.de），以透明、及时地交换信息，并可以与总体规划管理部门直接沟通。

通过示范项目推广关键措施：

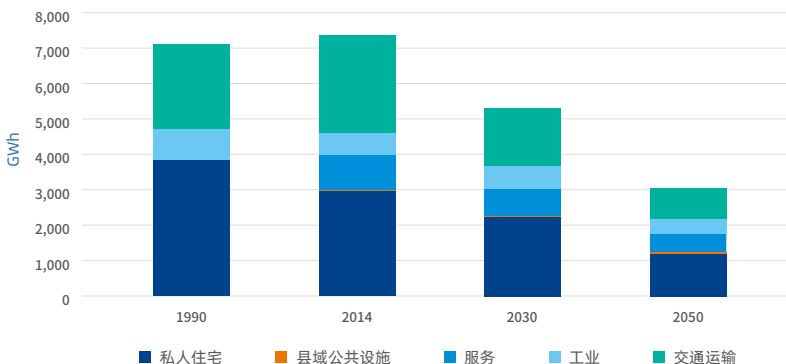
“气候保护规划”管理工作的另一个重点是支持地方行政部门开展气候保护措施。地区通过开展自己的气候保护示范项目扩大影响，鼓励更多的人效仿。如运营电动车辆、使用 LED 节能照明技术、购买可再生能源、按照节能房屋标准进行建筑翻新和建设、在学校开展影响行为的教育项目等，通过这些示范项目可以增强外界对气候保护计划管理团队的信任，并推广关键的措施和技术。

在气候保护方面，地区政府自身可以推动的工作包括为政府员工引入气候保护工作清单，在改造政府房产的过程中实现最低能源标准，或根据地区气候保护不断变化的需求和机会向各个部门提供培训和信息等。只有当所有的参与者，无论是政府行政部门还是企业，无论是房屋拥有者还是租户或者年轻学生，都意识到自身责任并采取相应的行动，才有可能在未来的几十年里在吉森地区为后代打造一个宜居的环境。

根据气候保护计划，吉森地区计划在 2050 年实现气候中和。到 2050 年，各个行业都会发生巨大变化。下图说明了为了实现 2050 年的目标而必须在技术方面取得的进展（在最终能源消费以及二氧化碳排放方面的发展）²

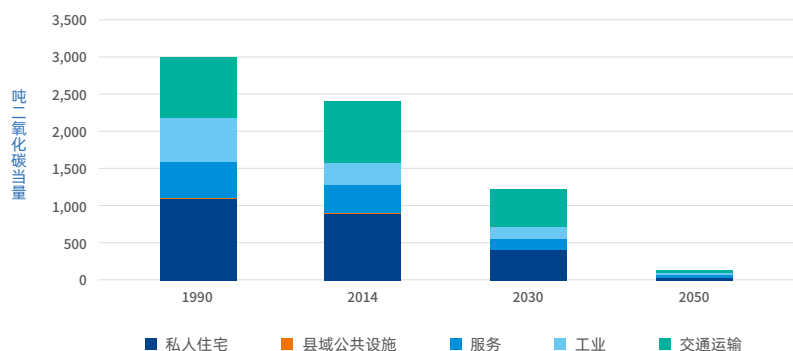
附图 3：吉森地区终端能源需求（上图）和温室气体排放（下图）的预期变化

总体规划中的终端能源需求变化



² 来源：
https://www.klimaschutz-lkgi.de/ecm-politik/lkgi/de/home/file/fileId/99/name/Masterplan_100%25_Klimaschutz

总体规划中的温室气体排放量变化



³ 假设 2050 年全国范围内的电力生产几乎完全来自可再生能源

可以看出，到 2050 年，终端能源需求比 1990 年减少 50% 以上，温室气体排放量仅为 1990 年的 5%³。对于吉森地区，这些数据将意味着以下的变化：

楼宇建筑行业：

超过 70% 的建筑物是现代化建筑，至少能满足 KfW55 的能效标准。郊区主要通过热泵供暖，人口稠密地区主要通过可再生能源集中供暖（生物质和光热能）。出现各种新的居住和生活形式（新旧社区、就近工作居住、交换公寓和房屋），人们根据不同生活阶段的空间需求换住公寓或住房，不仅降低了能耗，也提高了生活质量。建筑结构本身可以通过新的太阳能发电技术为地区和社区供能。太阳能电池的形状和颜色可以自由设计，建筑只需要做很小的外观改造。多功能外墙也能帮助楼宇实现能源自给自足。由于建筑改造的增加及黑森工业大学的参与，产生诸多新的就业领域，相关工艺人员、技术人员和工程师的就业人数显著增长。乡镇和地区中心营造出极具吸引力的居住环境，吸引更多的人来置业投资。

交通运输：

大部分车辆是电动车，内燃机驱动车辆相对较少。电力由太阳能和风能等可再生能源提供。能源存储技术取得新发展，充电时间缩减至几分钟，车辆在每次电池充电后，平均里程能增至 600-700 公里。高速公路实现电气化，在公路上方铺设架空电缆，因此长途卡车也能实现电气化。小汽车、电动自行车和自行车可通过复合交通枢纽综合使用。每个人都可以选择适合自己的交通模式，汽车从身份象征变成消费品。吉森地区周围的乡镇通过自行车道和市中心相连，新一代电动自行车的出现，增加了自行车在地方交通中的占比。

企业运营：

高效的能源网络让很多企业能集中处理能源使用和生产节能问题，这促进了一个新领域的出现：能效服务行业和产品。

资源管理：

高效的网络有助于实现回收循环，既节约成本又节省资源。企业、市政当局和服务商一起开发了物品循环利用的文化。

农业和林业：

在农业领域，实现消费者和生产者之间的通力合作。大幅减少牲畜饲养，实行生态农业和林业管理，促进软性旅游持续发展。更加集中利用可再生能源生产和地区资源，文化景观得到进一步发展。在环境友好型有机农场上举办缤纷假日活动，邀请餐饮业提供当地美食和季节性菜品，联合农场商店和度假公寓加入，打造德国中部假日活动名片。

网络：

市政与地区以及企业和市政之间，已经形成了新的合作网络。黑森工业大学和吉森大学在市政、企业以及公民团体的研究项目中也找到了重要的实践伙伴，在地区发挥了重要作用。当地政府也在必要时进行协调，确保各方开展有益和建设性的交流。“我们在一起是强大的”——多年来，不同层面都已形成了这一共识，让地区更加自信。当地居民对地区资源更加关心，且已形成了资源共享的文化，许多不常用的物品可以相互借用。

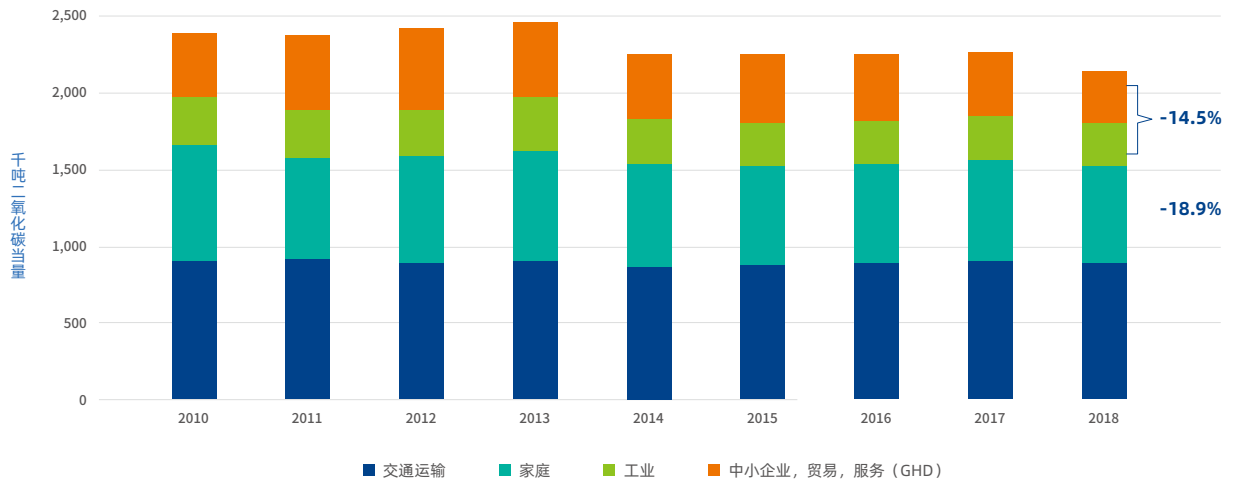
吉森地区气候保护计划⁴实施效果的监测与评估：

该地区的温室气体包括机动车以及其他如电力和天然气消费产生的排放。在吉森地区政府的倡议和参与下，黑森州中部建立了一个数据管理中心，提高了气候监测的有效性和数据的可对比性，例如，电力消费和天然气消费的数据来自电网运营商，燃烧装置的数量数据取自区域中烟囱清扫数量，公共交通数据来自运营公司 RMV、VGO、SWG 和 RNV，轨道交通数据来自德国铁路股份公司，公路交通数据来自联邦环境署。

吉森首次发布的温室气体 (GHG) 监测结果显示：2010 年至 2018 年，该地区温室气体排放量减少了 10.4%。这一结果考虑了本地区排放的所有温室气体，但有些基础数据（如电网运营商提供的数据）约有两年的滞后时间。私人住宅建筑减排量最大（大约减少了 18.9%），工业和商业领域也实现了减排（减少了 14.5%）。地区居民的能源消费量比全国平均水平低 19%。人均温室气体排放量也比全国平均水平低 1.8 吨，约为 8 吨。

⁴ 来源：
<https://www.klimaschutz-lkgi.de/lkgi/de/home/info/id/60>

附图 4：2010 至 2018 年吉森地区温室气体排放分布图（2021 年绘制）



2010 至 2018 年期间，吉森地区的可再生能源发电量增长了 144.5%。

目前，吉森正在社区中开展街区改造项目，通过对住宅建筑进行翻新，以减少能耗、减少驾车出行，并促进社会交往。另外，交通问题作为实现气候中和的决定因素，可以通过加强当地的公共交通，以及重新启用废弃的铁路加以解决。

吉森还积极开展国际合作。2018 年 11 月与中国合作伙伴进行气候保护交流。

乡村型地区案例研究之二：慕尼黑地区 (Klimaschutzplan Landkreis München)



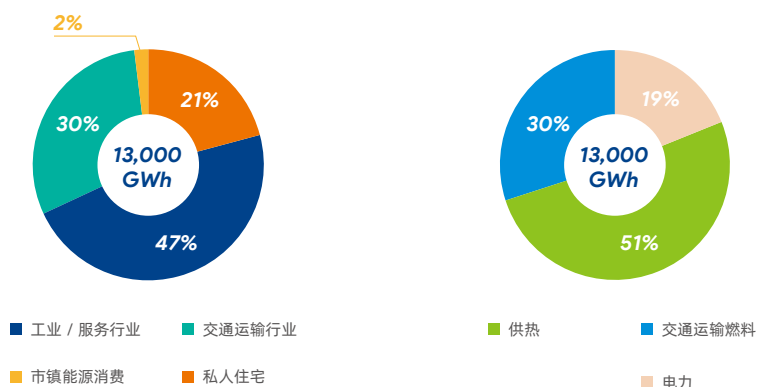
从2016年底开始，德国慕尼黑地区及所辖各乡镇根据“29++气候·能源·倡议”（以下简称“倡议”），制定了气候友好远景规划，开展了多种多样的气候保护活动，效果显著。

从倡议的名称和标识可以清楚地看到，整个地区内所有29个乡镇都已涵盖到此项倡议中。尽管在气候保护领域已取得了很大进展，但当地认为这还远远不够。只有整个地区的所有市镇都能够尽责，为实现“2015年巴黎全球气候变化协定”中规定的国家气候目标而努力，才能最终达到“+++”的最高能效等级目标。

慕尼黑地区开展气候保护工作较早。根据2006年正式发布的一项能源愿景，慕尼黑地区的目标是在2050年之前能源需求下降60%。然而，事与愿违，2006—2016年期间该地区能源消费绝对总量反而增长了25%。因此，从2016年起，慕尼黑地区所属的29个乡镇全面综合评估了该地区能源和气候保护行动情况以及面临的机遇，并在年底重新修订了气候保护目标，以“29++气候·能源·倡议”取代了此前的能源愿景，并开始在该倡议的框架内展开协作。倡议文件提出，全体居民和地方企业应紧密协作，共同努力，在本地区组织多样化的活动，积极促进气候保护。

作为倡议文件的核心内容，该地区各乡镇正式通过了一项气候保护联合声明。在慕尼黑地区政府办公室就气候保护工作增设了三个工作岗位，与埃伯斯贝格地区（Ebersberg）共同成立了联合能源机构，与慕尼黑市青少年宫合作开展面向儿童和青年的气候教育，并针对后化石燃料时代的交通和气候保护领域制订了宏伟的计划。

附图 5：2010 年慕尼黑地区各行业终端能源消费⁵



⁵ 来源：
<https://formulare.landkreis-muenchen.de/cdm/cfs/eject/gen?MANDANTID=72&FORMID=6333>

慕尼黑地区及其所辖乡镇关于 "29++ 气候·能源·倡议" 的联合声明

作为慕尼黑地区及所辖 29 个乡镇的公民，我们对自己的气候政策负责。我们共同制定慕尼黑地区 "29++ 气候·能源·倡议"，坚决推动本地能源转型。

我们期待与本地区所有居民、地方院校和研究机构一起紧密合作，在乡镇和社区中深入实施《巴黎协定》（2015 年联合国气候变化大会）所制定的气候保护措施。

我们希望保护我们的自然生活，促进气候保护并根据实际经济条件实现慕尼黑地区的能源转型，提高区域经济实力，确保本地区的高质量生活。通过这些方式，我们愿意为减轻气候变化的影响做出贡献并创造更多的区域价值。

为此，我们希望为自己设定具体目标，并从 2017 年开始，通过不断的技术改进和每 3 年一次的实施效果评估来具体落实。到 2030 年，我们希望慕尼黑地区年人均二氧化碳排放量能够减少 54%，从 2010 年的 13 吨减少到 6 吨。

慕尼黑地区气候保护措施概况

能源和气候保护总体措施：

- ▶ 政府能源与交通机构的多种措施
- ▶ "学生践行传播" 活动
- ▶ 太阳能推广运动
- ▶ 建筑翻新运动
- ▶ 多层住宅灯塔项目
- ▶ 在社区餐厅业中倡导环境友好型菜品
- ▶ 慕尼黑地区能源利用计划
- ▶ 管理人员培训
- ▶ 商业人员培训
- ▶ 制定建筑法中的气候保护框架和配套的培训课程
- ▶ 加兴 "科学城" 气候友好型能源供应项目
- ▶ 乡镇电网扩展担保方案
- ▶ 定期召开气候保护会议
- ▶ 进一步让 "倡议" 成为本地区的气候保护活动品牌

交通领域：

- ▶ 2030 慕尼黑地区自行车出行倡导活动
- ▶ 通过社区间的战略合作和知识普及推动地区交通方式转型
- ▶ 推广电动交通工具
- ▶ 对于共享充电站的潜在研究
- ▶ 倡导企业交通管理方案
- ▶ 开展优化区域布局和中心商业区的创新竞赛

工业 / 服务行业：

- ▶ 提高气候保护意识和信息宣传
- ▶ 开展学习气候保护和能源效率网络
- ▶ 开展慕尼黑地区综合环境技术生态工程
- ▶ 推广慕尼黑地区气候公约
- ▶ 扩大与慕尼黑市的规划合作
- ▶ 为企业咨询服务提供资金支持
- ▶ 开展可持续工业地产领域的竞赛

地区管理相关措施：

- ▶ 制定地区行政部门内提高自身意识的相关措施
- ▶ 在政府办公室营造气候和环境友好型文化
- ▶ 制定可持续性采购指南
- ▶ 倡导环保车辆和差旅
- ▶ 建立负责能源和气候保护政府部门的交流平台
- ▶ 扩大乡镇服务点

成效⁶：

自 2016 年以来，慕尼黑地区以及所辖的 29 个乡镇一直紧密协作，努力实现地区年人均排放量减至 6 吨的目标。为此还引入一套能源控制系统，对气候保护措施进行定期审核和重新调整。2020 年 3 月，地区政府与 29 个乡镇合作，提交了慕尼黑地区第一份温室气体报告，该报告是评估该区气候和能源倡议的基础。

报告基于最新的 2018 年的数据，全面评估了慕尼黑地区的气候保护状况。并对春季基准报告加以补充，基准报告包括 2010 年、2014 年和 2016 年，也就是 "29++ 倡议" 启动的那一年的数据。

2016 年，慕尼黑地区的人均温室气体排放量为 10.4 吨；到 2018 年，人均温室气体排放量为 9.7 吨，较两年前减少 6.1%。自 2010 年起，温室气体排放量已减少约 16%。但要达到 2030 年人均温室气体排放量为 6 吨的目标，还需进一步减少 32%。

光伏显著增长，个人机动交通领域滞后

自 2016 年以来，光伏系统的装机容量增加了约 28%。这表明一系列有针对性的措施已初见成效，如对潜在太阳能资源情况进行登记，埃伯斯贝格和慕尼黑地区的能源机构的光伏联合协作等。

⁶ 来源：
<https://www.landkreis-muenchen.de/artikel/wo-steht-der-landkreis-auf-dem-weg-zur-erreichung-der-ziele-der-29-klima-energie-initiative/>

私人住宅领域，2016 年以来温室气体排放量减少了 0.2 吨，降至 1.7 吨。商业、市政和交通运输行业的数字分别为 4.1 吨、0.2 吨和 3.7 吨。但影响能源转型的一些问题也暴露出来，如非铁路运输行业仍然几乎完全依赖化石燃料。2016 年到 2018 年期间，机动车采用新型驱动系统的比例仅增加了百分之一，占全部机动车总量的 2.1%。

温室气体核算体系 BSKO

慕尼黑地区温室气体报告的数据是严格根据城市温室气体核算体系（BSKO）收集的，这个体系是在联邦环境部的支持下制定的，目的是为了确保所有乡镇采用统一的核算方法，避免重复计算。

按照这种核算方法，人均温室气体排放量根据城市、乡镇或地区中所有行为者的终端能源消费量计算（所谓的属地原则）。第一份报告和 BSKO 方法稍有偏离，本次更新完全采用 BSKO 进行核算。为了确保与之前年份的可比性，还重新计算了 2010 年和 2016 年的温室气体排放量。

报告计划在 2022 年进行更新。

乡村型地区案例研究之三：科赫姆 - 采尔地区 (Cochem-Zell)

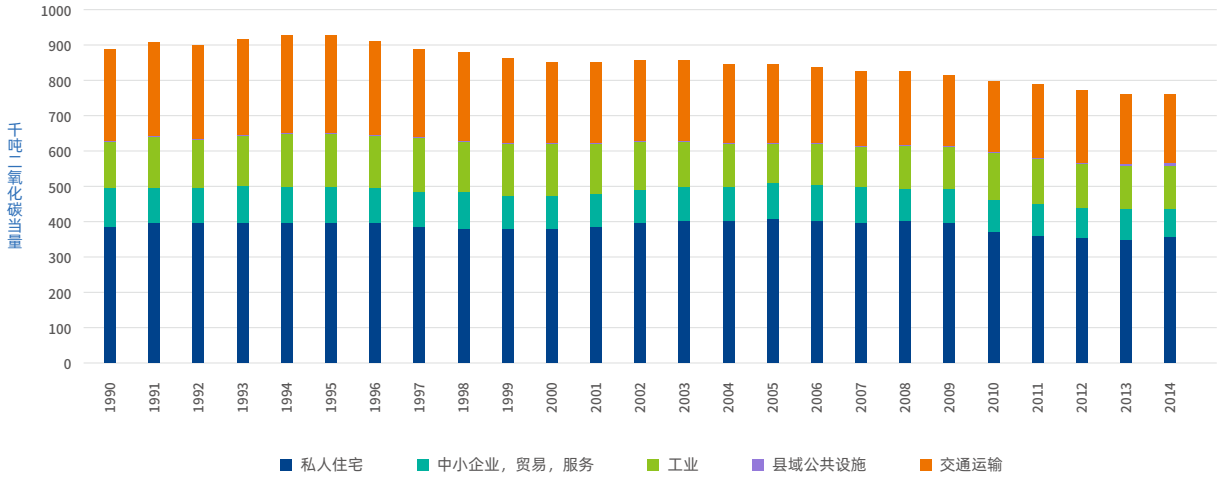
科赫姆 - 采尔地区是德国已制定气候保护计划的 22 个地区之一。目标是到 2050 年，将有害气体排放量减少 95%，能源消费总量下降 50%⁷。针对这一目标，科赫姆 - 采尔制订了 "100% 气候保护总体规划"（以下简称 "规划"）并提出了解决方案。

"规划" 不仅仅停留在技术概念层面，更应落实到开展具体气候保护项目和实施相关措施。这需要各界广泛参与，并根据既定目标联合推进。"规划" 倡导公民和专家开展广泛对话，并为此设立了 3 个总体规划论坛和 1 个青年论坛。论坛上，通过形式多样的项目案例分享、研讨会、展会等，参与者可以贡献项目创意，提出具体方案并付诸实施。"规划" 还设立 "100% 气候保护公民奖" 作为一项激励措施，促进公民参与的气候保护项目。

科赫姆 - 采尔地区的用电量为 295GWh/ 年，总发电量为 489GWh/ 年（2015 年）。当地发电主要来自 3 座水电站和已投运

⁷ 以《京都议定书》确定的 1990 年作为基准年

科赫姆 - 采尔地区按范围的温室气体排放情况



附图 7: 科赫姆 - 采尔地区的可再生能源

电力系统对灵活性的需求: "分布式储能"和"虚拟电厂"

科赫姆 - 采尔地区在可再生能源发展方面基础较好。该地区绿色电力发电量超过能源消费量 40%，但由于可再生能源的生产和电力需求具有波动性，绿色电力有时严重盈余，有时严重匮乏。目前，地区内 66% 的电力需求可以由当地绿色电力自给自足。相对而言，虽然表现尚可，但仍有大量潜力有待开发。



提高电力就地消纳的关键是使发电和用电更具灵活性。提高电力系统的灵活性意味着存储更多能量并实现负荷的灵活切换，提高供热及交通运输用电比例，例如家用热泵或电动汽车等。

"分布式储能"和"虚拟电厂"的目的在于消纳更多本地生产的电力。"虚拟电厂"通过对电力生产端和电力消费端的管理，使更多的绿色电力在当地得以消纳，同时给当地节省大量用电成本。在为期 20 年的可再生能源补贴政策结束后，风电和太阳能电站仍可以继续"虚拟电厂"中保持经济性运行。

从 2050 年能源前景预测来看，可再生能源的绝对增长不会增加其在电力消费里的相对占比，需要有灵活的措施来使电力生产和电力消费齐头并进。因此，针对电力短缺期，必须找到办法进行电力储备（从发电和储能方面），并且在消费侧改变消费者行为，使其适应发电的波动变化。

▶ 除了提高个别行业的灵活性，如何在电力供应过程中通过行业耦合实现供求平衡也变得日趋重要。

▶ 就科赫姆 - 采尔地区而言，未来的行业耦合意味着将电力、天然气（特别是天然气供热）和交通运输（电动汽车和燃气动力车）结合起来。未来，为了成功实现可再生能源 100% 的负荷响应以及各环节的耦合，有必要利用和扩大现有的灵活性，例如将热电联产电厂以及电转热设施引入供热网络（例如：热泵和储热）。随着能源转型的推进，更多的智能电站将加入能源系统，为可调节运行做好准备。

▶ 更多地采用配备蓄热网络的热电联产电站和集成电转热设施（例如：蓄热式电热棒或连续流加热器）、纯电动热泵和双模式热泵，家庭、企业和公共设施中的固定式电池存储，以及具有可控装、卸载的备用交通工具。

▶ 筹建制氢工厂将电能转化为氢气，甚至转化为甲烷，促进电力化工行业耦合，减少电力过剩情况。

乡村型地区案例研究之四：莱茵 - 洪斯吕克地区（Rhein-Hunsrück）

莱茵 - 洪斯吕克地区议会早在 2011 年 12 月就已正式通过气候保护方案。具体措施包括在 2050 年之前在当地持续挖掘生物质、风能等可再生能源的潜力，并不断加强节能减排，以实现下列目标：

- ▶ 将能源消费总量（包括供热、交通运输和电力）减少 40%。
- ▶ 将现有楼宇能源需求减半。
- ▶ 每年替代相当于 2.1 亿升供暖用油的化石能源。
- ▶ 在 2050 年之前，每年在当地投资约 2.5 亿欧元，以减少能源采购开支。

从碳排放平衡表上看，自 2015 年以来，莱茵 - 洪斯吕克地区已实现气候中和（注：不包括交通运输行业的排放量）。近年来，50 多个国家 / 地区专家访问该地区，学习其能源转型经验。当地在地区能源结构转型方面采取了多项有效措施，其中包括：

▶ 在可再生能源方面，25 年前，该地区电力需求还必须全部依赖外来输入，而现在当地 276 台风机生产的电力就足以满足 30 万户家庭的用电需求。2020 年，当地风能、太阳能和生物质的总发电量是用电量的 3.37 倍。据专家评估，这使莱茵 - 洪斯吕克成为德国首个在供热、电力和垃圾发电领域实现碳中和的内陆地区。

▶ 在供热方面，地区内有 18 个公共区域供热网利用森林残留物向家庭住宅供热。目前在马斯克豪森区域正在建设一个新的最大规模的供热网。

▶ 在废弃物处理方面，十多年来，莱茵 - 洪斯吕克垃圾处理公司（RHE）利用树木修剪的绿化废弃物为学校中心供暖，堪称全德国的典范。此外，RHE 投入运行了生物废弃物发酵工厂。通过从该地区家庭住宅收集有机垃圾，并用垃圾产生的甲烷进行发电，每年能增加约 440 万 KWh 电能，垃圾运输不再需要而且能减少垃圾填埋。此外，RHE 已实现本地光伏发电完全进入电力市场。

▶ 在交通运输方面，农村地区从 2019 年开始推广共享电动汽车。在 24 个村庄，居民可以免费驾驶一年电动汽车。同时，当地正努力为 20 多个村庄提供永久性的共享电动汽车服务。

▶ 在经济方面，当地经济结构一直较为薄弱，但能源系统转型带来的收入很大程度帮助乡镇减少了债务。现在各乡镇不但几乎没有债务，而且还有 9900 万欧元的财政储备。

附图 8：莱茵 - 洪斯吕克垃圾处理公司（RHE）有机废物发酵工厂⁹



⁹ 来源：
RHE 公司的图片，由托比亚斯·姆拉德克拍摄

能源转型起点及成果：

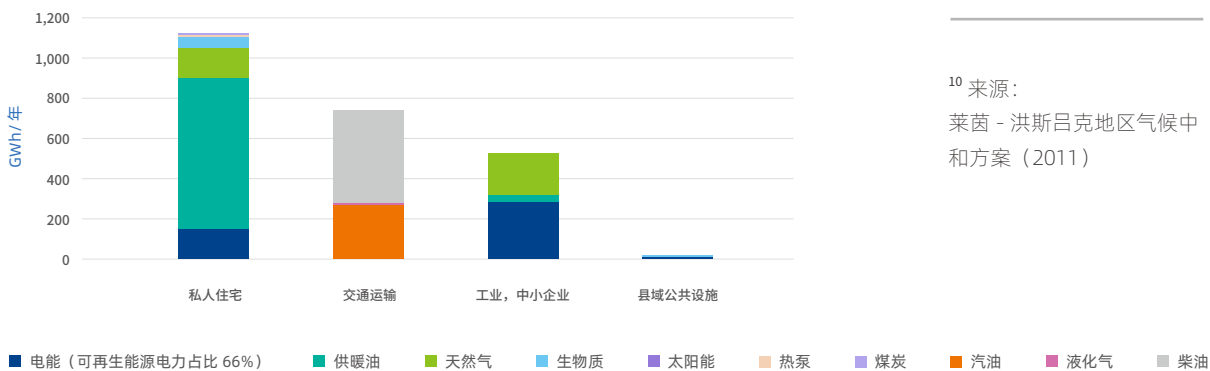
2011 年的能源消费总量约 2500 GWh/ 年：

- ▶ 供热：约 1200 GWh/ 年（49.5%）
- ▶ 电力：约 463.04 GWh/ 年（18.5%）
- ▶ 交通运输：约 799.53 GWh/ 年（32%）

2011 年，可再生能源约占固定能源需求（不包括交通运输业）的 22%。1990 年的排放量约为 883.074 吨二氧化碳 / 年。

附图 9：2011 年（提出气候中和方案的年份）莱茵 - 洪斯吕克地区的能源消费总量，根据消费领域和能源细分¹⁰

莱茵 - 洪斯吕克地区总能源消费（实际状态）（按范围和能源载体）



根据 2011 年莱茵 - 洪斯吕克地区气候保护方案，当地预计 2020 年就可以实现气候中和。实际上，零排放的可再生能源发电量远远超过了当地的电力需求，这对建筑和运输中产生的排放起到了补偿作用。

气候保护方案也对参与人员及其活动管理进行了描述，例如和相关各个行业的从业者和公民开展了专题讨论会和访谈活动：

- ▶ 当地农民（RHK 生物能源网络）
- ▶ 工业、商业、贸易、服务（用能效率与节约潜力）
- ▶ 行政管理（可持续采购指南）
- ▶ 教育机构（儿童气候保护，教学理念）
- ▶ 公民（潜在的太阳能运用和建筑翻新）
- ▶ 社会机构（可持续性理念以及效率潜力）
- ▶ 政府官员（气候保护，生物能乡村，LED 街道照明）

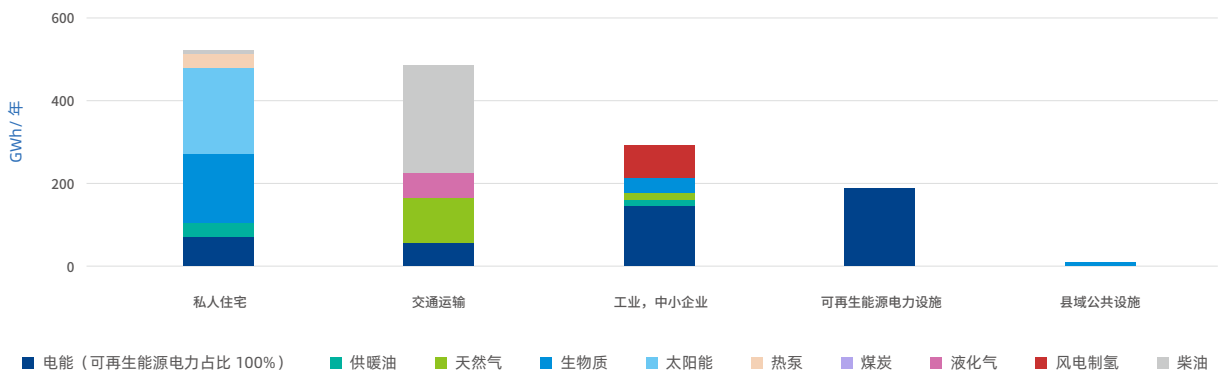
总共制定了 200 多项有效建议和相关措施。

2050 年的能源消耗方面的量化目标如下。

- ▶ 总消费量减少 40%，达到 1500 GWh/ 年
- ▶ 可再生能源的比例比 2050 年的消费量高出约 4 倍
- ▶ 通过节约和替代来取代化石能源，相当于约 2.1 亿升的取暖油

附图 10：2050 年量化的能源需求目标

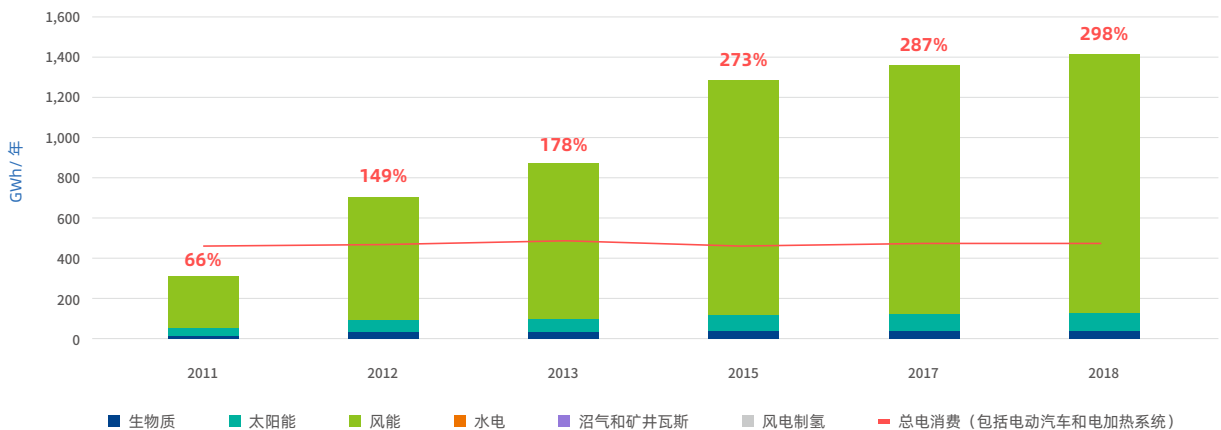
莱茵 - 洪斯吕克地区总能源消费（实际状态）（按范围和能源载体）



最新量化评估报告基于截至 2018 年的数据。到 2018 年，可再生能源发电量超过了电力需求的 3 倍，其中很大一部分来自风电。仅在 2015 年和 2018 年之间，可再生能源供暖就增加了一倍多。

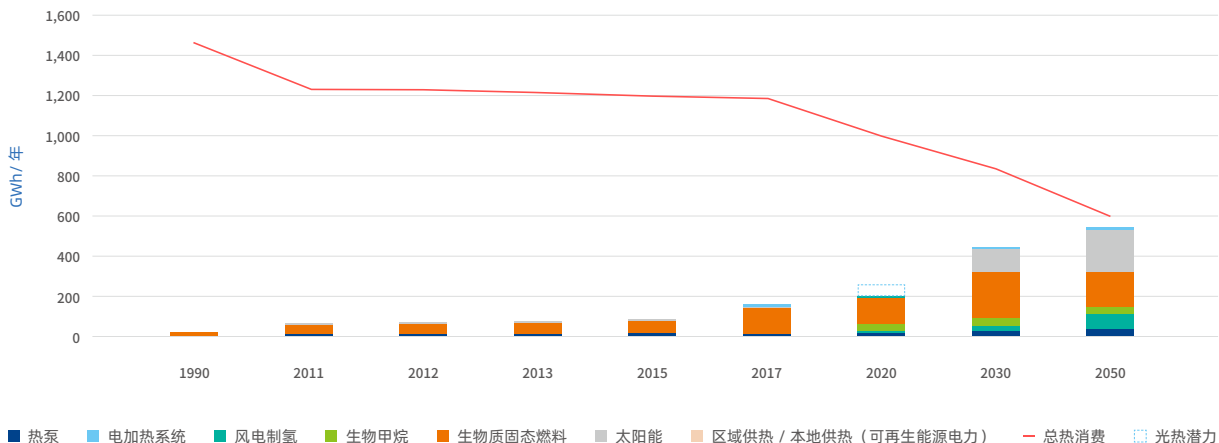
附图 11：该地区可再生能源发电的发展

莱茵 - 洪斯吕克地区中的可再生能源电能潜力（根据能源载体的时间曲线）



附图 12：该地区可再生能源供暖的发展

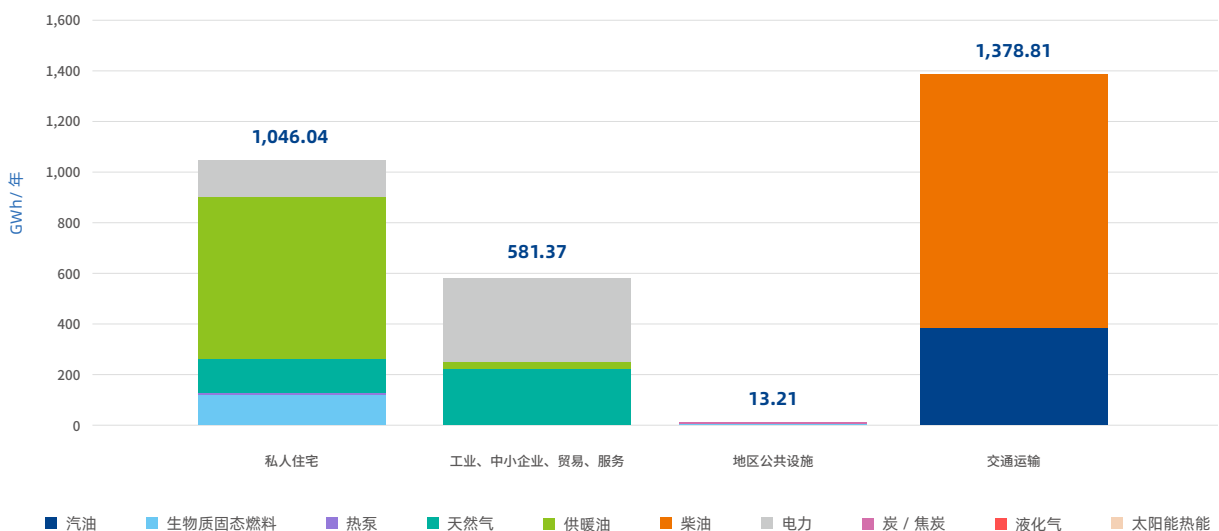
莱茵 - 洪斯吕克地区可再生能源热潜力（根据能源载体的时间曲线）



在能源需求侧，成果非常有限。主要原因是由于交通运输业能源需求的增加，总的能源需求从提出气候中和方案时的 2500 GWh/ 年增加到 2018 年的 3000 GWh/ 年。2015 至 2018 年期间，家庭能源需求略有降低 (-1.5%)，工业 / 服务业的能源需求稍有增加 (+0.8%)。

和 2015 年相比，可再生能源在固定能源消费（不包括交通运输业）中的占比从 82% 增加到了 92%。

附图 13：莱茵 - 洪斯吕克地区 2017/2018 年能源需求



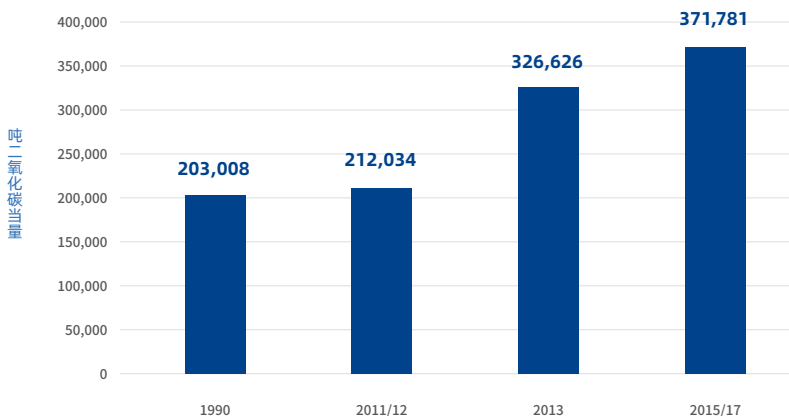
除交通运输外，2018 年莱茵 - 洪斯吕克地区的气候中和程度达到 78%。在只考虑固定能源用途的情况下（不包括交通运输业），该地区基本实现了气候中和（与 1990 年相比，固定排放量减少了 126%）。交通运输仍然是未来发展的主要问题，不过，最近的电动汽车的发展趋势将有助于克服这一难点。

与 1990 年相比，当地每年已减少了 660,871 吨二氧化碳的排放，这相当于每年 50,836 公顷森林的碳储存容量，而莱茵 - 洪斯吕克地区的森林总面积为 45,394 公顷（占 45.8%，莱茵 - 洪斯吕克地区是德国森林最茂密的地区之一）。

自 1990 年以来，莱茵 - 洪斯吕克地区的车辆数量增加了 22%。在同一时期，机动车的年行驶里程也在增加。其结果是与交通有关的温室气体排放增加（与 1990 年相比增加了 88%）。这意味着，该区遵循了德国的总体趋势。

附图 14：莱茵 - 洪斯吕克地区交通排放情况¹¹

交通运输行业温室气体排放 1990-2017



¹¹ 来源:

https://www.kreis-sim.de/media/custom/2554_1385_1.PDF?1541408401

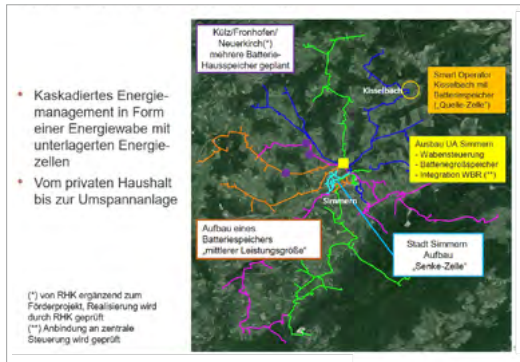
最新结果表明，该地区 2020 年可再生能源的发电量是该地区同年用电需求量的 3.37 倍，需要跨区域的能源合作来消纳过剩的可再生能源。从 2017 年开始，当地政府和 Innogy 公司、Westnetz 公司合作开发莱茵 - 洪斯吕克地区能源蜂巢项目，建立“虚拟电厂”示范区。该示范的目的就是实现跨地区的能源管理与合作：

- ▶ 创建跨区域能源管理系统，优化就地使用可再生能源生产的盈余电力
- ▶ 将农村的可再生能源连接到城市负荷
- ▶ 实现可再生能源与分布式电网的优化集成

莱茵 - 洪斯吕克通过 "能源蜂巢" 智能分布式电网, 将当地能源转型纳入到从地方到地区、跨地区, 乃至全国范围内气候中和 "金字塔" 的组成部分。

附图 15: 从地方到地区、跨地区、全国的嵌入式 "能源蜂巢" 结构

莱茵 - 洪斯吕克地区能源蜂巢一览



莱茵 - 洪斯吕克地区的能源蜂巢

能源单元



"智能控制系统" + "大规模储能"

