



农房节能改造和清 洁采暖的商业模式 第一部分： 国内外商业模式梳理

2023 年

switchasia
GRANTS PROGRAMME



编写:

中国建筑节能协会 杜博轩, 姜慧, 付宇
德国伍珀塔尔气候能源环境研究所 夏纯

声明:

本报告是欧盟资助的 SWITCH-Asia RurEnergy 的内容。文中所列信息仅为作者观点, 不代表欧盟或 SWITCH-Asia 意见。

© 欧盟 2023 版权所有。

目录

1.中国农村建筑节能和清洁采暖的重要性.....	4
2.农村建筑节能和清洁采暖现状.....	5
2.1 推进农村建筑节能和清洁采暖的经济挑战.....	5
2.2 河南和甘肃农村建筑节能和清洁采暖推进情况.....	6
3.国内农村节能改造和清洁采暖商业模式梳理.....	9
3.1 生物质燃料一村一厂模式.....	9
3.2 建设-运营-转让（BOT）模式.....	9
3.3“零碳乡村”整村投资模式.....	10
3.4 太阳能光伏租赁模式.....	11
3.5 农宅围护节能改造+太阳能光伏租赁模式.....	12
3.6 光储直柔建筑模式.....	12
3.7 能源合同管理模式.....	13
3.8 光伏+空气源热泵商业模式.....	14
4.欧洲和全球建筑节能和分布式可再生能源应用商业模式.....	15
4.1 建筑深度改造商业模式：能源飞跃.....	15
4.2 账单分期偿还融资机制.....	15
4.3 光伏租赁模式.....	17
5.结语.....	18

1. 中国农村建筑节能和清洁采暖的重要性

2020 年，中国建筑行业占全国能源消耗总量约 45.5%（其中建材生产阶段能源消耗占比 22.3%，建筑施工阶段能源消耗占比 1.9%，建筑运行阶段能源消耗占比 21.3%），占全国碳排放总量约 50.9%（其中建材生产阶段占比 28.2%，建筑施工阶段占比 1%，建筑运行阶段占比 21.7%）。此外，中国农村房屋总建筑面积为 233 亿平方米，占中国民用建筑的 34%。农村住宅能源消耗量为 2.3 亿吨煤当量，占民用建筑总能耗的 22%，CO₂ 排放 4.27 亿吨，占民用建筑物总排放量的 20%¹。采取切实可行的措施来减少建筑物（包括农村房屋）的能源消耗和二氧化碳排放至关重要。

2020 年 9 月，中国宣布力争在 2030 年达到二氧化碳排放峰值，并在 2060 年实现碳中和的目标。中国发布了一系列关键政策文件，将农村地区作为城乡建设业的重要组成部分。2021 年 10 月，国务院发布了行动计划推动农村建设和能源使用的低碳转型。2021 年 10 月，国务院发布了行动计划推动农村建设和能源使用的低碳转型，提出推进绿色农房建设，加快农房节能改造，持续推进农村地区清洁取暖，因地制宜选择适宜取暖方式，加快生物质能、太阳能等可再生能源在农业生产和农村生活中的应用，加强农村电网建设，提升农村用能电气化水平。2022 年 3 月，住房和城乡建设部发布《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》，提出要推动农房和农村公共建筑执行有关标准，推广适宜节能技术，建成一批超低能耗农房试点示范项目，提升农村建筑能源利用效率，改善室内热舒适环境。

随着中国全面建成小康社会和乡村振兴的实施，农村生活环境得到改善，农村居民生活水平显著提高，导致农村地区能源消耗量和碳排放量增大。因此，中国农村建筑节能和碳排放工作面临重大挑战。第一，绿色低碳农村住宅建设缺乏科学的规划体系和设计支撑。农宅均为自建自用自管理模式，在农村基础设施和农宅总体规划布局方面缺乏相关的管理。第二，农村清洁取暖工作推进过程中，缺乏政策要求和相关标准，无法明

确农房改造和能源侧改造需同时进行。第三，需要完善适用于农村建筑的绿色低碳技术的可行性分析。住房和城乡建设部持续推进农宅的安全改造和围护结构节能改造，亟须对农宅的围护结构改造和能源侧改造进行匹配的技术性和经济性分析。第四，调整农村能源结构，推动可再生能源和生物质能的发展。随着农村电力普及率提高、农民收入水平提高和清洁取暖煤改电、煤改气工作的推进，农村地区用电量和用气量大幅增长，也导致了农村用电负荷激增。随着时间的推移，能源结构的调整将彻底改变农村地区当前的用能方式，可再生能源和生物质能的发展利用将在减少农宅碳排放方面发挥巨大作用。第五，缺乏健全的体制机制。与城市建筑节能工作相比，农村地区绿色低碳建筑的发展仍处于初级阶段，没有形成系统的政策体系和体制机制。

欧盟 Switch Asia RurEnergy 项目中将重点关注河南省和甘肃省，通过多项措施推动两省农村建筑节能改造和清洁采暖，可复制的商业模式是重要抓手之一。

¹ 中国建筑节能协会建筑能耗与碳排放数据，《2022 中国建筑能耗与碳排放研究报告[R]》，重庆，2022。

2. 农村建筑节能和清洁采暖现状

2.1 推进农村建筑节能和清洁采暖的经济挑战

农房节能改造和清洁热源改造是农村清洁取暖工程的两大主要环节。自 2017 年开始推动的北方地区冬季清洁取暖工作开展以来，取得了很好的成效。共有 88 个城市进入国家清洁取暖试点行动计划，据不完全统计，截至 2021 年底，北方地区清洁供热面积为 158 亿平方米，实现了清洁取暖率 70% 的目标。²截至 2021 年底，我国北方地区供热面积为 225 亿平方米，其中农村供热面积 71 亿平方米。整体来说城镇供热面积增长高于农村供热面积的增长，但农村地区清洁供热依旧是清洁供热工作的重难点，而经济因素是推进农村地区清洁供热工作面临的主要挑战之一：

农户对农房改造的经济承担能力有限。

农户可以通过农房节能改造和清洁采暖提高舒适性、便捷性、安全性。然而，农户承担节能改造和清洁采暖的投资和运行成本能力有限。

从热源侧看，运行成本高是主要问题之一。以河南郑州地区“煤改气”项目为例，据 2022 年 3 月 4 日，华润燃气股份有限公司官网数据来看，居民用气每月用气量 50 立方米及以下部分价格为 2.58 元/立方米，以上部分为 3.35 元/立方米；而通常 100 平方米的农村住房每日需燃气 20 立方米至 30 立方米，若取中位数 25 立方米，则每月需缴燃气费约 2474 元，假定用暖时间为 3 个月，则该户当年采暖费用将高达 7422 元。据国家统计局公布，2021 年农村居民人均可支配收入 18931 元，可见若仅靠农村居民承担清洁采暖的后期运营费用，现实并不可行³。

从农房改造来看，节能改造的户均费用远高于热源侧，不同地区差别较大，但低的也在三四千元，高的则达一两万元。以山东商河为例，每户的建筑改造费用大约为 3000 ~ 6000 元。而抽样调查显示，有超过一半的农民只能接受低于 2000 元的改造费用，约 30% 的农民可接受 2000 ~ 5000 元的改造费用。河北定州庞村镇西坂村在 2020 年做

了全村的煤改气工程，但是建筑节能改造却属于农户自发行为。少数住户自费一万元搭建阳光房、改装了门窗，完成了节能改造⁴。据本项目河南省及甘肃省住房节能调查问卷显示，分别有 85% 和 68% 的农村居民可接受住房节能改造投资为 1000-5000 元，大部分农村居民可接受的改造成本则远低于实际费用。因此，在政府补贴不到位的情况下，农户对建筑节能改造的积极性不高。

高度依赖政府补贴。目前，财政补贴是推行农房节能改造和清洁采暖的主要推动力。一方面中央财政支持政策在促进农村清洁采暖与农房节能改造发展方面发挥着基础性的作用。2017-2021 年，中央财政累计投入 620.8 亿元支持清洁取暖工作，试点城市范围也不断扩大⁵。另一方面，获得中央财政支持后，地方财政也配套资金提供补贴。然而，根据 2020 年的统计报告，每年省、市、县三级财政补贴负担较重，个别地区市、县财政补贴已经达到极限，未来难以持续补贴。目前国家在清洁取暖试点城市的补贴期限是三年，由于未来补贴的政策尚未清晰，一些试点城市和想要申报试点城市的地区存在一些对长期补贴政策的疑虑。一些北方城市，为了减小政府补贴压力，实行了补贴逐年递减政策。例如河北省的补贴政策从 1-3 年内的 100% 补贴，到第四年的 50%、25%，最终到取消补贴⁶。

总结近几年的农房节能改造工作，可以看出中央财政补贴中热源侧改造的投入占比较大。房屋节能改造累计投入的资金，仅为热源清洁改造投入的 12.4%。⁷由于农村自建房屋差异巨大，房屋节能改造的费用没有标准，对于这部分的费用也没有分配标准。政府的补贴和农户自费比例/数额也没法像热源侧改造（例如每家固定购买多少供热设备）一

² 周宏春编（2022），《中国清洁供热产业发展报告 2022》，北京：中国经济出版社。

³ 国家统计局，中国统计年鉴[J]，北京：中国统计出版社，2021

⁴ 朱妍，《中国能源报》（2021 年 3 月 29 日）：《农房节能改造不容忽视》。

⁵ 生态环境部环境规划院（2022）：《清洁取暖多元化投融资渠道激励政策及实际应用案例研究报告》。

⁶ 河北省气代煤电代煤工作领导小组办公室（2018）：《河北省 2018 年冬季清洁取暖工作方案》。

⁷ 全国能源信息平台（2021 年 3 月 31 日）：农房节能改造不容忽视，获取自 <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1695734070636429645&wfr=spider&for=pc>

样进行落实。这些问题在很多地区都长期缺乏明确说法。未来，随着改造范围的扩大、中央地方财政补贴的退坡，如果没有补贴或补贴较少，对于经济条件欠佳的农村居民来说，能否配合建筑节能改造，也将是未知数。

从热源侧看，由于取暖费用上涨或其他原因，居民返煤现象开始出现，这种情况尤其发生在收入有限且煤炭易获取的农村地区。根据《中国散煤综合治理研究报告 2021》中的数据，北方地区按村统计平均复燃率达到 14%，某市更是高达 36%。一项专门针对清洁取暖返煤的分析显示，当前潜在返煤用户超过 500 万户，如各地运行补贴逐步退坡，这一数据或将达到 800 万户⁸。由此可见，除去老百姓保留煤炉是出于生活习惯的原因外，农户自行承担运行成本的能力直接决定了清洁取暖的可持续性，各地运行补贴逐步退坡成为农户返煤行为的潜在原因。

另一方面，一些地方政府在财政资金有限的情况下，为完成任务目标，往往采取低价招标策略。部分以低价中标的企业，为获取利润，只能在原材料采购、生产制造等方面压缩成本，以牺牲产品质量来弥补亏损，导致大量劣质产品进入市场厂家会减少在工程、产品本身的投入，最终导致产品质量受到影响。这对农民消费者而言，具有投资和安全性风险。

2.2 河南和甘肃农村建筑节能和清洁采暖推进情况

2.2.1 河南省

2017 年以来国家四部委分两批启动北方地区冬季清洁取暖试点工作，要求“大气污染传输通道城市”积极推进清洁取暖工作。2017 年，河南省郑州市、开封市、鹤壁市、新乡市 4 市获批国家第一批中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点城市（全国第一批共计 12 个城市）⁹。2018 年，河南省洛阳市、安阳市、焦作市、濮阳市 4 市获批国家第二批中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点

城市（全国第二批共计 23 个城市）¹⁰。2019 年，河南省三门峡市、济源市 2 市获批国家第三批中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点城市（全国第三批共计 8 个城市）。2021 年，河南省许昌市获批国家第四批中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点城市（全国第四批共计 20 个城市）。2022 年，河南省周口市、商丘市 2 市获批国家第五批中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点城市（全国第五批共计 25 个城市）。截至 2022 年底，北方地区冬季清洁取暖试点城市的总数量共计 88 个，河南省共 13 个城市入围试点城市名单¹¹。

以鹤壁市为例，试点工作开展以来，该市在推进农村清洁取暖工作中做了积极地探索，通过调整农村能源结构，减少煤炭散烧直排和扬尘污染，提高农房建筑能效，节约能源消耗，取得了较好成效。鹤壁市把清洁取暖作为一项重要民生工程来抓，充分尊重群众意愿，结合农户经济承受能力和生活习惯，分级分类，因地制宜，按照“企业为主、政府推动、居民可承受、运行可持续”的原则，探索“补初装不补运行”这一财政补贴机制，实施“热源侧”和“用户侧”两端发力，深化“六个一”建设推广标准，探索形成“清洁供、节约用、投资优、可持续”的建管模式¹²。截至目前，已实现农村“电代煤”2.3 万户，整村推广低温空气源热风机技术，完成安装低温空气源热风机 1849 户、3035 台，安装数字智能化生物质取暖炉 100 户；铺设农村燃气管道 112 公里，建设燃气瓶组站 4 座，新接通天然气行政村 98 个，发展农村用户 1.43 万户，初步形成“气做饭、电取暖”的清洁用能结构；完成农房能效提升改造约 23 万平方米，1666 户；城镇能效提升改造完成 10 万平方米，正在改造 43 万平方米；累计改造

⁸ 北京大学能源研究院（2021）：《中国散煤综合治理研究报告 2021》，北京：北京大学能源研究院

⁹ 中华人民共和国财政部（2017 年 6 月 5 日）：关于对 2017 年北方地区冬季清洁取暖试点城市名单进行公示的通知，获取自 http://jjs.mof.gov.cn/zhengcefagui/201706/t20170607_2617565.htm

¹⁰ 中华人民共和国财政部（2018 年 8 月 27 日）：关于对第二批中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点城市名单进行公示的通知，获取自 http://jjs.mof.gov.cn/tongzhigonggao/201808/t20180827_2998451.htm

¹¹ 中华人民共和国财政部（2022 年 12 月 16 日）：财政部、住房和城乡建设部、生态环境部、国家能源局召开财政支持北方地区冬季清洁取暖工作推进会，获取自 http://yn.mof.gov.cn/tongzhitonggao/202212/t20221216_3858566.htm

¹² 鹤壁：“六个一”打造清洁取暖示范城[J]，环境经济，2018(17): 55.

农村电网 60 个村，总计 13207 户，总投资 1.03 亿元，农村电网供电能力进一步提升，冬季清洁取暖试点建设初见成效。在“六个一”鹤壁标准建设管理模式中，热源侧和用户侧能效提升户改造费用分别控制在 10000 元，而居民承担费用小于 1/4，成本控制在政府和居民可承受范围内；通过实施低温空气源热风机或生物质供热两种模式。模式中还实现了设备操作一键化，主要考虑到农村老人和孩子在家，便于操作；管理平台一体化，热风机按照数字化管理，简化运维¹³。

河南的节能改造和清洁取暖工作通过试点取得了一定的成果，然而工作推进仍高度依赖财政资金，目前相关的商业模式依然不成熟。财政部河南监管局 2021 年 12 月对郑州、开封、鹤壁、新乡等清洁取暖试点城市的调研披露清洁取暖工程累计投入资金为 461.4 亿元，其中财政资金 142.3 亿元¹⁴。

2.2.2 甘肃省

甘肃省只有兰州市被纳入清洁取暖试点项目。但是在农房改造和能源改造方面仍然开展了相关工作。

在甘肃省，农村住房节能改造方面的工作相对比较滞后，还在小规模试点推进阶段。集中新建的农村住宅基本进行了外墙保温措施，以墙体自保温为主，但是既有农村住房建筑的节能改造目前还未大规模开展。甘肃省农村清洁能源应用较为广泛的有太阳灶、太阳能热水、沼气、秸秆气化炉（新生代）、

太阳能异聚态热水热炕系统等、太阳能+空气源供暖系统，其中沼气用于照明、炊事在 20 年前就已经大规模推广应用了。目前随着煤炭价格上涨、节能减排的大力推进，农村的节能采暖也逐步被重视起来。除了太阳灶、太阳能热水系统在甘肃地区大面积应用外，以上技术在甘肃应用具有鲜明的地域特点，例如，沼气主要在甘肃的中西部地区、秸秆气化炉（新生代）主要在兰州、张掖、武威地区；太阳能异聚态热水热炕系统主要在甘南地区。此种现象主要与当地的扶持政策有着密切关系¹⁵。

甘肃地区农村实施清洁采暖的推广目前主要依赖于政府的推动，市场化的力量还不足，创新型的商业模式较少。由于现在甘肃地区经济与其他省市相比相对较弱，取暖成本较过去大幅上升，与农民的消费能力不匹配，目前必须借助财政补贴推动。根据本省清洁能源应用示范城市的确定情况，选择经济相对较强的市（州），推广相适宜的清洁能源采暖技术。

综上所述，在政府的工作目标和相关政策的支持下，减少对政府补贴依赖度的可持续商业模式将会是农村低碳可持续发展的加速器。RurEnergy 项目将助力河南省和甘肃省农村清洁供暖推向市场化，针对不同的技术开发一系列可持续商业模式。

表 1 总结了 RurEnergy 项目在两省农村示范推广项目中将应用的建筑节能和清洁采暖技术。下一章梳理的商业模式基于这些技术展开。

¹³ 河南省鹤壁市全面实现热源端清洁化[J], 供热制冷, 2018(04):20.

¹⁴ 财政部河南监管局（2021 年 12 月 14 日）：因地制宜 积极创新 河南省清洁取暖工作取得实效

¹⁵ 李继承（2017）：甘肃中部农村太阳能利用及发展探索:以定西市安定区农村为例,《太阳能》, 2017.01, 75-78.

表 1 应用的农村建筑节能和清洁采暖技术

技术名称	技术优点
既有农宅节能改造	提高农村地区围护结构的保温隔热性能可以极大地减少冬季室内热损失，一定程度降低夏季室内温度，降低建筑能耗。相关改造标准体系较完善，可操作性强，可通过分析找准建筑围护结构薄弱环节，造价相对较低。
生物质利用技术	燃烧充分，供热时间长，升温速度快，自动化程度高，清灰方便，节能环保，安装使用方便。
空气源热泵技术	适用范围广（温度范围可在-7—40℃），且可一年四季全天候使用，可连续加热；清洁环保，无任何污染和燃烧外排物；运行成本低，高效节能，投资回收期短；舒适安全、操作简单，外形类似空调室外机，占地空间小。
太阳能光伏技术	太阳能资源丰富，能源可持续性强；安全环保，无污染排放；无需消耗燃料；建设周期较短，维护成本较低。
光储直柔技术	与常规光伏建筑相比，光伏直流建筑具备电能利用率高（提高6%—8%）、节能优势明显、设备投资少，投资回收期短（省去逆变、变压等设备，节省设备初投资约10%）等优势；建筑上应用直流配电，可获得显著改善系统性能，安全性显著提高，电源品质提高。
光热光伏热泵技术	空气式太阳能与热泵空气直联耦合，串联供热，系统简单且高效；集热系统无水、无隐患、长寿命，售后维修率低；可在严寒地区使用，可在环境温度-35℃以上，供水温度65℃以上高效工作；安装调试简单，室内无需改造，最快1天完工。
垃圾焚烧炉采暖技术	热解气化工艺，焚烧时能达到850度高温，基本能满足绝大多数城市的生活垃圾处理；一二燃室设计，连垃圾焚烧时产生的黑烟恶臭都能彻底焚烧、净化，排放指标更是符合相关部门规定；自动化操作，上手极为简单，人工成本非常低，在设备焚烧控制上更是简易，能达到一目了然的效果。焚烧余热可以用来供暖或者用于污水系统中的污泥处理。

3.国内农村节能改造和清洁采暖商业模式梳理

3.1 生物质燃料一村一厂模式

在此商业模式中，政府在前期投资中推动村内建设固体生物质燃料加工厂，并租赁给承包户来管理运营。农户将收集的原料送至加工厂，支付少量费用获得加工成生物质成型燃料。另外，政府通过清洁采暖补贴为农户购买生物质采暖炉以实现清洁用能。

四川省北川县作为地震重灾区，面临着民居重建及农户生活条件改善的艰巨任务。该项目探索实现南方地区低碳生态与民居建设相结合、切实改善村镇居民生活环境的目标出发，北川县石椅村率先采用了基于“一村一厂”生物质颗粒燃料加工和清洁利用的方案，服务约 200 户农户，在项目中政府扮演了至关重要的角色。政府作为“投资人”，在村里建设了占地约 300 m² 的加工厂房来满足农户的用能需求。同时进行了约 20 万元的设备投资，用于购买生物质颗粒燃料加工设备。厂房建成后，由村委会承包给个人管理。厂房单日生产生物质颗粒燃料的能力为 3~4t，单月总产量约为 100t，代加工收费标准约为 300 元 / t，其中工人工资约占 50%、设备电费约占 30%，维护维修费约占 20%。其次，政府通过清洁采暖的补贴，全额为农户购买安装可以与传统柴灶相结合的生物质颗粒燃料炊事燃烧器或独立型炊事炉，不仅确保不改变农户的原有炊事习惯，而且使炊事热效率可达 40% 以上，另烟气余热回收余热效率达 10% 以上，用于给农户提供洗手、洗菜等生活热水，大大提高了便利性。农户每天一日三餐所需的生物质颗粒燃料消耗总量不超过 1kg，单户全年炊事总用量不超过 0.5t，与之前传统柴灶的燃料消耗量相比节省了 80% 以上，这意味着可以为农户节省大量上山捡柴的时间¹⁶。

此外，该炊事炉可以显著减少污染排放，燃烧单位质量燃料的 CO 和 PM_{2.5} 排放量与传统柴灶相比优势明显，可以使燃烧所产生的污染物排放量减少 90% 以上。农户在使用传统柴灶时厨房内 48h 平均浓度为 31μg / m³（最高浓度可接近 200μg / m³），而使用

新型炊事炉时厨房内 48h 平均浓度仅为 7.5μg / m³（最高浓度仅为 80μg / m³），改善效果明显。由于采用这种“一村一厂”的代加工模式，农户全年用于炊事的生物质颗粒燃料花费不超过 200 元，节省大量的燃料费支出，具有显著地节能、减排、环境污染降低和人体健康改善等多重效益，对未来推广该模式提供了重要借鉴。

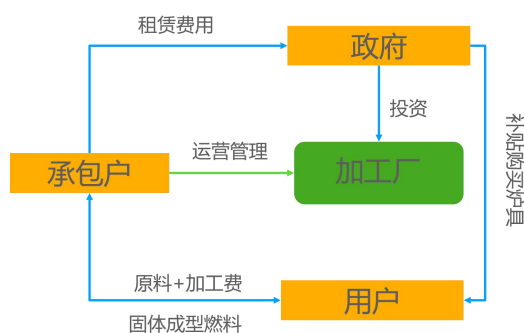


图 1 生物质一村一厂模式结构图

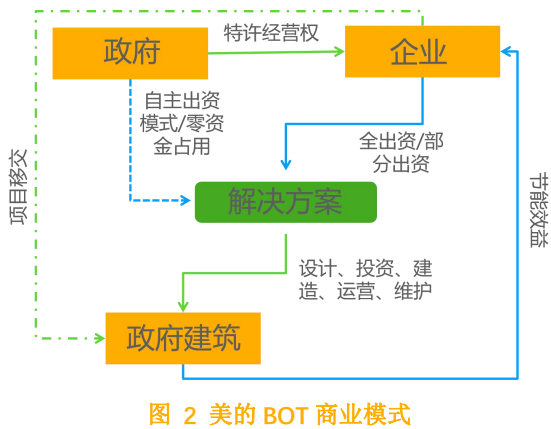
目前除了四川省，在吉林、黑龙江、内蒙古、河北省等地，村级的示范项目也在逐步开展。

3.2 建设 - 运营 - 转让 (BOT) 模式

BOT 是 Build - Operate - Transfer 的缩写，通常直译为“建设 - 运营 - 转让”。在节能领域应用于公共机构、公立学校、公立医院等节能改造的投资、建设和经营，以政府和私营企业之间达成协议为前提，由政府向私营企业颁布特许经营权。在特许期内，相应产品与服务的收益一般由私营企业全部收取。特许期后，企业将相关设备资产移交给业主。

美的暖通与楼宇借助 BOT 模式在西宁提供了清洁供暖的综合解决方案。美的承担新建/改造项目设计、投资、建造、运营、维护和用户服务职责，合同期满后项目资产及相关权力移交给政府。BOT 模式下，美的负责新建项目的建设费用，合同期内，按照约定的标准收取项目使用费。

¹⁶ 单明、张双奇、邓梦思、杨旭东（2018）：生物质成型燃料用于北方村镇清洁取暖的技术与模式，《区域供热》，192 卷，第 01 期，9-13 页。



美的案例

美的的 BOT 商业模式可以实现用户和美的的双赢。首先，美的负责前期调研和需求分析，优化项目方案，完成用能系统的新建/改造，可以减轻用户的财务负担。其次，美的负责整个项目的建设、改造、运营，可以降低用户的投资风险。然后，美的专业运营管理服务团队会接管运营阶段的监督和调试运维，确保项目的使用效果。最后，当合同期满后，用户无偿获得项目资产所有权，使用户能省心、放心、安心。

在美的的 BOT 模式下，还根据不同情况衍生出了两种不同的与政府的合作方式，即自主出资模式和零资金占用模式。自主出资模式中，政府和美的约定出资比例，美的提供前期的节能方案设计、中期的项目施工和后期调试。项目期内，当产生节能效益时，美的和政府按照约定的比例分成。在达到美的创造节能效益的约定基线后，再将项目再移交回用户。在零资金占用模式中，美的负责能源的全投资，在产生节能效果后，美的获得 100% 的分成，当达到美的创造节能效益的约定基线后，再将项目移交回用户¹⁷。

虽然目前现阶段该商业模式聚焦于北方居住建筑采暖和区域供暖，还未涉及农村的采暖工程，但是未来这种 BOT 商业模式值得在农村地区的政府建筑（如学校、医院等）探索推广。

3.3“零碳乡村”整村投资模式

米易县龙华村是攀枝花市两个零碳村试点项目中的另外一个示范村。龙华村零碳村庄试点以生态环境为本底，大力实施人居环境提升行动，植入绿色低碳元素，以“光伏应用+资源循环+有机农资”为立体架构，实现

绿色低碳乡村构想。该村引入社会资本参与农户屋顶光伏改造，农户使用积蓄或贷款方式自筹资金，社会资本提供贷款担保，并负责建设及后期运维。通过上述措施，消除农户思想顾虑，充分调动村民积极性。



图 3 龙华村风貌图

在前期项目调研中发现当地变压器容量满足不了并网要求。因此，政府首先投入 400 万元（电力公司代付），用于村中 4 台变压器的建设，变压器容量由原来的 600 千瓦提升为 1600 千瓦。此外龙华村通过小型储能系统“光伏树”的建设增加了储能容量。政府投资 140 万元建设了 10 棵“光伏树”，每个“光伏树”的容量为 7 千瓦，共计 70 千瓦。除 2 棵储能供应龙华村游客中心外，其余全部上网，8 棵“光伏树”每年能为该村集体经济贡献收益约 8 万元¹⁸。电力公司参与整村光伏建设并负责后期运维，变压器以及“光伏树”等公共部分由政府出资（电力公司代付），企业获取部分收益。

经调研数据反馈，龙华村共约 975 户，安装光伏的农户为 48 户，占比 4.9%。农户的光伏设备由农户自己自愿出资建设，安装成本 3500 元/kW¹⁹（占用约 80-100 m² 屋顶面积），每年光伏发电的收益约为 600 元/kW。农户安装光伏设备的投资回报率约 17%，初投资回收周期约 6~7 年²⁰，可以形成长期效

¹⁸ FM910 攀枝花汽车电台（2022 年 9 月 25 日）：赚“阳光收入”！攀枝花这里种下“光伏树”，获取自 https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MjM5NDM3NTE5NQ==&mid=2654364828&idx=3&sn=5da96d2edaf05636a07df9a09c50c539&chksm=bd4a77e88a3dfefe8e9e73c0f88a8e2678afa2238fab1c085eb341996d059fbceaab6b256cf3&scene=27

¹⁹ 1kW 屋顶光伏安装容量，需要约 8-10 个平方的光伏面积，安装成本价格大概 3500 元每千瓦（kW）。

²⁰ 当地条件下，屋顶光伏板 1 天的有效光电转换时间平均 4-5 小时，1 千瓦装机容量在 1 年的有效光电转换时间平均约 1500 小时，上网电价 0.4 元，1 年收入为

¹⁷ 美的公司 Rurenergy 2022 年会发言

益。农户的光伏没有储能系统，由光伏系统生产的电直接上网。



图 4 龙华村的光伏树

龙华村建筑可再生能源利用改造总计投入约 560 万元，采用晶硅材料对既有居民建筑屋顶和公共空间进行改造，装机容量约 1.42MW，年发电量约 244 万度，光伏设施预计可为全村带来年收益 98 万元，5.7 年收回成本。

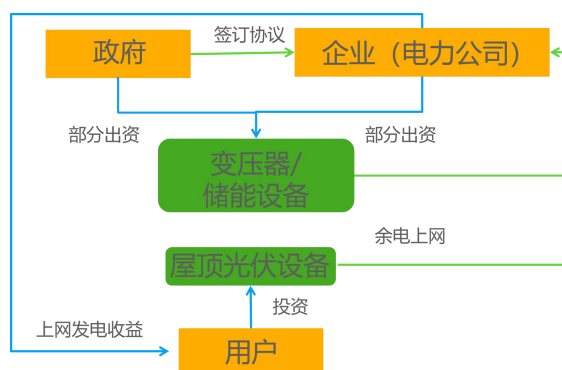


图 5 “零碳乡村”整村投资模式

3.4 太阳能光伏租赁模式

在本模式中，太阳能租赁公司主要负责投资、设计、安装屋顶光伏系统。在合同期内（20 年左右），企业每年支付给农户光伏屋顶租赁费，合同期满后，设备将被移交给产权人。

山东省德州案例

山东省德州市齐河县作为国家和省级整县分布式光伏规模化开发试点之一，目前实施进度处于全省前列，尤其是农村居民屋顶场景，已陆续在 15 个乡镇、街道的 54 个村 2410 户居民屋顶开展光伏板安装、调试。当地通过市场化方式确定项目开发主体，由国家能源投资集团（济南）新能源有限公司与

县属企业齐源集团两家公司进行市场化合作，共同设立山东国华昆城齐源新能源有限公司，按照 8：2 的出资比例投资 14 亿元推进整县分布式光伏规模化开发。



图 6 齐河县风貌图

在项目开始前，政府会积极动员农户参与，并联系企业对有意愿参与的农户进行考察。对于有意愿合作的农户，企业与其签订《村（居）屋顶整县分布式光伏项目委托租赁协议》。协议中规定，企业支付给农户每年每块 35 元的光伏屋顶租赁费²¹。另外在项目大规模开始前，开发企业也会与村委会签订相关合同。合同中规定，企业每年为每块光伏板向村委会支付 3 元的作为协助维修维护费，在合同期内一些简易的维修维护工作由村里协助完成。

在其他地区，还有不同的光伏开发收益模式。在村庄屋顶光伏租金方面，明确房屋产权人可在 2 种方式中自行选择：一是租金+分红。20 年+5 年合同期内，每年按 35 元/年/块收取租金，同时，开发公司根据盈利情况向房屋产权人分红（不同地区不同农房的分红情况有差异，盈利情况有很大不确定性）；二是阶梯租金价格，即第一个五年租金 60 元/年/块，第二个五年租金 40 元/年/块，之后 15 年租金 25 元/年/块（每块光伏板约为 1 米×2 米）。25 年合同期满后，开发公司可以将光伏设施赠予屋顶产权人²²。

²¹ 鲁网（2022 年 4 月 29 日）：山东加快整县分布式光伏开发建设，获取自 https://www.sdnews.com.cn/sd/yw/202204/t20220429_4019829.htm

²² 全国能源信息平台（2022 年 4 月 22 日）：村庄屋顶光伏租金 35 元/年/块！山东平原下发整县屋顶光伏开发明白纸，获取自 <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1730797314037808439&wfr=spider&for=pc>

600 元(1500*0.4)。（基于公共部分的电网改造费用由政府承担的基础的情况下进行的收益测算）

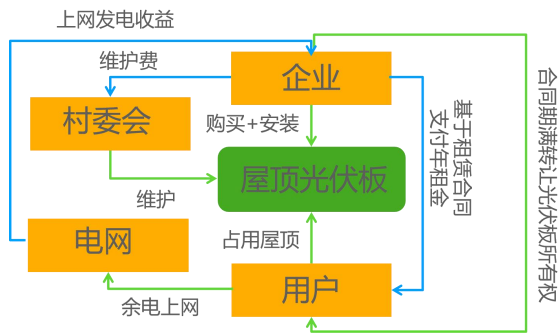


图 7 太阳能光伏租赁模式

我国的租赁模式虽然发展很快，但是目前还缺少农户“自发自用”的环节。对于农户来讲，如果能先得到“自发自用”光电的红利，农户将不会因为补贴退坡或是各地补贴基数不同的问题而积极性下降。未来还需要利益相关方团结协作，使太阳能光伏租赁模式更加可持续化。

3.5 农宅围护节能改造+太阳能光伏租赁模式

在 2023 年 3 月份的项目组调研期间，项目组调研了河南省许昌市禹州市李金寨新村（现场调研案例）。李金寨新村统一规划建设，从 2007 年开始进行老村矿区农房搬迁，2008 年开始大规模搬迁，2009 年完成收尾，村民统一从李金寨村搬至新村。新村建设后村委会积极推动各项民生工作，在 2019 年获得“全国治理优秀乡村”称号，2020 年获得“全国文明村”称号。

在采暖方面，2017 年实行电力和天然气的“双替代”政策。政府统一采购了空气源热泵热风机（每户一台），也有村民自行购置了空调。以村长家为例，村长家常住人口 5 人，自行安装了空调系统，一个采暖季（3~4 个月）的电费为 2000 多元。采暖季费用较为稳定，目前全村没有返煤现象。

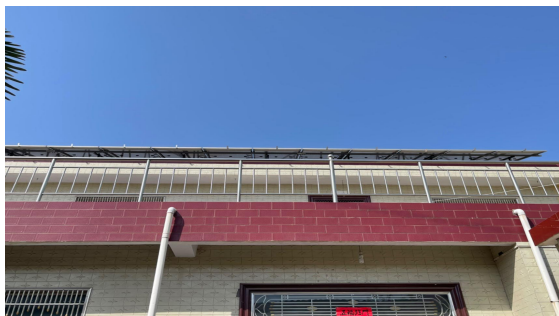


图 8 李金寨新村农房屋顶

政府在农房围护结构改造方面实施了补贴政策。围护结构改造模式为：三面墙体保温改造，并更换双层窗户。改造费用为每平方米 110 元，每平方米政府补贴 100 元，户主只需要缴纳每平方米 10 元即可推动自家的围护结构改造。在首批户主完成改造后，其他户主体会到了围护结构改造的带来的居住环境舒适度的提升，也积极缴纳改造费用配合政府补贴完成改造。

李金寨新村共 500 多户农房，目前有 300 户的屋顶安装了光伏发电系统。光伏板由当地光伏企业负责安装、调试和运维，由光伏产生的电全部上传至国家电网，无法进行自发自用。并网收益 100% 由企业收取，企业同时依据每户光伏板安装面积向户主支付租赁费。

太阳能光伏租赁模式同样在河南省许昌市张庄村推广（现场调研案例）。在张庄村已安装 400 多块光伏板，光伏板可以正反面接受太阳能进行发电，承包企业在光伏发电系统上安装了实时监测系统，实时监控每组光伏板发电产量，平均每块板每天的发电量为 3-5 度，所发的光伏电 100% 上传大电网经计算，承包企业的投资回收期约为 6 年。承包企业会以每块板 45 元/年的价格与户主签署 25 年的光伏租赁合同（光伏板寿命约为 30 年），户主根据自家可以安装光伏板的面积得到相应补贴。后期维护方面，承包企业会全权负责。除规定的定期检查外，如户主遇到其他结构问题，承包企业也会第一时间到达现场协助户主处理问题。

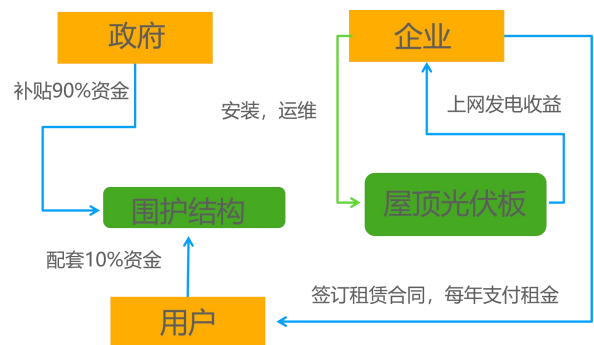


图 9 农宅围护节能改造+太阳能光伏租赁模式

3.6 光储直柔建筑模式

光储直柔建筑是在建筑领域系统应用太阳能光伏、储能、直流配电和柔性交互四项技术的简称。该技术被认为是改变农村电力

系统的技术路径之一，目前已开展了技术示范。

2021年12月31日，由国电投（中电国际）投资、庄上村2MW农村光储直柔系统正式完成并网。该工程是国内外首个商业化落地的农村光储直柔系统，为我国开展农村整县域分布式光伏+储能建设提供了样板工程。该项目位于山西省运城市芮城县陌南镇庄上村，利用百余户村民自建房屋屋顶，企业安装“光伏+储能+直流微网+柔性系统”的综合智慧能源项目，装机容量2MW，投资约为1250万元，是芮城县综合智慧能源首批实施项目²³。

该项目是山西国电建设中的“近零能耗直流建筑与文旅一体化”示范项目，计划一期完成71户农户的直流供配电系统改造，三期达到200户。对于用户配网，基于自主研发的核心技术（包括漏电保护、主动灭弧、无通信自适应调控等），实现了屋顶光伏、户用储能、直流家电、电动汽车等设备的安全、高效、灵活接入。在小区域范围内，局部电网还将改造为直流微电网，各户农宅将通过能量路由器与直流微电网相连。微电网下所接入的农宅、路灯、集中式储能、集中式风光电场以及上级电网可以友好互动，实现可再生能源的充分利用和电力负荷的削峰填谷，解决农村电网增容和调峰等问题。

2022年上半年，庄上村总发电量为1178430.75度，上网电价为每度电0.332元，实现财政收益39万元，减少二氧化碳排放1175吨，减少二氧化硫排放35吨，减少氮氧化物排放17.7吨。每户农户通过屋顶租金半年增收600元，全年增收1200元。由农房屋顶光伏板获得的电力可以先自发自用或进行储存，余电进行上网创收。目前，通过农村建筑设施和农户屋顶，铺设分布式光伏，合理配置储能，带动建筑设施照明、生产、取暖等直流设备，实现分布式光伏就地消纳，为农村生产生活提供清洁能源。农耕设备、交通工具、农户家中的炊事及热水设备也更新成了用电设备²⁴。

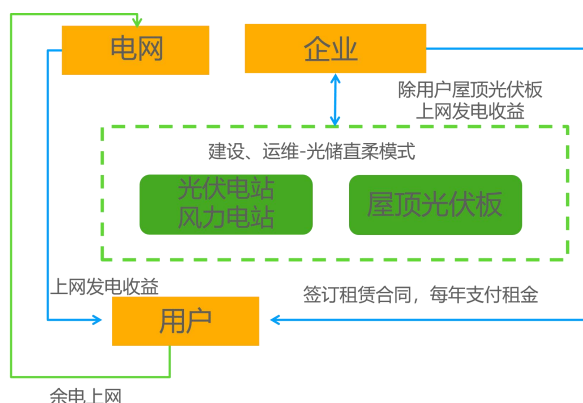


图 10 光储直柔建筑模式

因此，芮城县陌南镇庄上村也成了农业农村部 and 联合国开发计划署授予的“中国零碳村镇项目”试点村，是国内外首个农村“光储直柔”新型电力系统的技术和商业试点。基于在庄上村71户人家成功示范，下一步将在全村范围内实施该项目。项目完成后，将每年降低二氧化碳排放量约2500吨，以平均每亩树林减排1.336吨二氧化碳算，相当于植树1871.3万亩。

3.7 能源合同管理模式

合同能源管理（简称“EMC”）是一种新型的市场化节能机制。其实质就是以减少的能源费用来支付节能项目全部成本的节能业务方式。这种节能投资方式允许客户用未来的节能收益为工厂和设备升级，以降低目前的运行成本；或者节能服务公司以承诺节能项目的节能效益或承包整体能源费用的方式为客户提供节能服务。

青海省海东市化隆回族自治县案例

化隆县位于青海省东部黄土高原与青藏高原过渡地带，县属高原大陆性气候，年平均气温2.2℃，无霜期89天，年平均降水量470毫米，无霜期89天，境内冬季多风，干旱、冰雹自然灾害频繁。冬季采暖效果差难度大。

上海筑能环境科技有限公司（以下简称：公司）采用合同能源管理机制，通过两期清洁供暖规划，完成了76185.77平方米的供暖建筑面积改造（均为政府公共建筑），使用供暖设备74套。公司的主力产品--“太空1号”供暖机创造性的将“空气式PCM太阳能与

²³ 北极星储能网（2022年1月10日）：芮城县庄上村2MW农村光储直柔系统正式完成并网，获取自<https://news.bjx.com.cn/html/20220110/1198314.shtml>

²⁴ 搜狐网：（2022.09.13）“美丽山西生态行（黄河篇）”第十六站芮城（2）黄河崖边建起中国第一个“零碳村镇”，

https://www.sohu.com/a/584696849_121106854?trns_=000019_wzwza

“双级复叠热泵”完美融合，利用太阳能与热泵的“能量直连互通”技术，迸发出“太阳能助力热泵、热泵梯级利用太阳能”的双能组合、高效供热效果。设备运行环境在零下-35℃，设备供热温度高达 65℃以上。产品结构简单、运行可靠、成本低、费用低、电力容量要求小。且适合所有郊区、乡镇、农村等各领域“煤改电”工程。

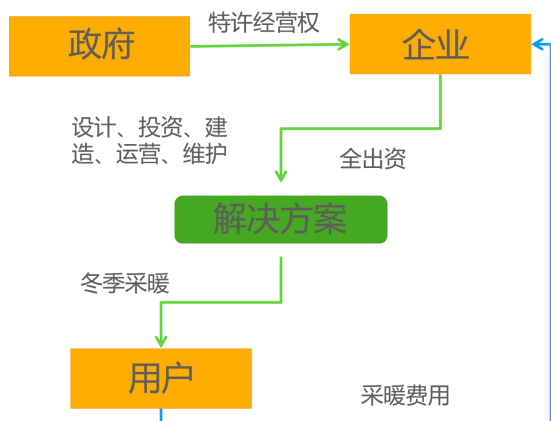


图 11 能源合同管理模式

在此商业模式中，公司通过一次性设备投资，将设备分批安装在用户侧，并在运营期内负责设备的监控、运行、维护。用户无需任何资金投入，只需要在供暖季周期内缴纳比改造前费用低的采暖费。此模式不仅提升了采暖季用户的舒适度、节约了采暖费用，从环境的角度讲，还有效减少了碳排放。

3.8 光伏+空气源热泵商业模式

随着农村地区清洁取暖改造项目由华中、华北地区逐渐向西北、东北及偏远地区开展，通过对多地区人口数量、密度、人均经济能力、农户取暖需求等诸多因素实地考察、深入调研，结合具体地区资源禀赋特点，探索出以光伏+空气源热泵为建设主体的农村地区清洁取暖技术路径，并形成可复制的商业运作模式。

“光伏+空气源热泵”清洁取暖技术路径选取取暖户院内闲置空地，建设 1-2 组光伏发电设备（每组发电量 25kw），占地面积约为 250-500 平方米（0.5 亩-1 亩）；在日照条件好的地区，年日照时间可超过 1800 小时，25kw 光伏发电机组的年发电量在 45000 度以上，结合地方上网电价（0.25-0.35 不等），

一组设备每年全额上网收入约在 11250 元-15750 元之间。现阶段 25kw 光伏发电机组的建设及安装费用大约 8 万元，结合年发电收益，单个项目的投资回收期在 5.1—8.1 年之间，设备使用寿命在 30 年左右。



图 12 “光伏+空气源热泵”案例

光伏建设企业与取暖户签订协议，占用取暖户院内闲置空地投资建设光伏发电机组 1-2 组，并享有设备全额发电上网收益，合同期限为 20 年。合同签订后，企业依据取暖户房屋结构、面积选取匹配的空气源热泵机组作为冬季取暖热源，并负责设备采购及安装的所有费用。在合同期内，企业负责光伏发电设备的日常运维费用，并每年依据取暖户取暖设备计量数据支付最高不高于 3000 元的供暖用电费用（实报实销）。合同期结束后，取暖户将拥有光伏设备每年发电上网的全额收益，自行承担设备运维费用。

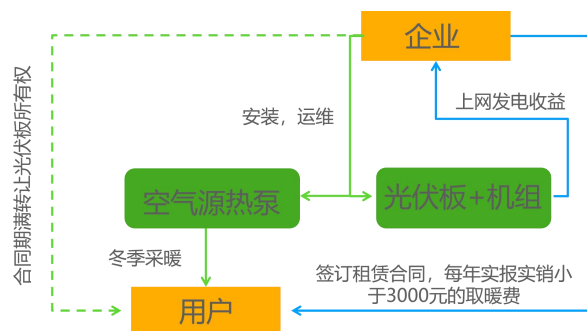


图 13 光伏+空气源热泵商业模式

该商业模式较为成熟，建设可行性高，投资建设方和取暖户均可从中获益，且符合相关政策标准。但由于农村地区电力基础设施薄弱，增容条件有限，电力消纳能力不足，同一区域不适合进行大面积集中改造。

4. 欧洲和全球建筑节能和分布式可再生能源应用商业模式

4.1 建筑深度改造商业模式：能源飞跃

能源飞跃 2013 年起源于荷兰，是一种创新的规模化建筑深度节能改造模式。该模式目前已在其他国家进一步推广，包括德国、法国、英国、加拿大、美国。在德国，示范项目旨在提高居住建筑，尤其是多户出租房的能效。

改造后的建筑达到净零能耗，室内温度保持 21 摄氏度，且隔音效果良好。该模式采用的技术方案包括：

- 预制装配式：基于 3D 激光扫描获得的建筑测绘数据，预制装配式墙体和屋面包裹现有外墙以大幅提升建筑围护结构的热工性能；
- 一体化设备：有些项目也将供暖、制冷、家用热水、热能或能源回收通风机和控制器设备和智能系统集成装配式模块；
- 可再生能源：采用集成式太阳能光伏板的屋顶、热泵。

通过这些技术，项目缩短了施工工期，将对住户的影响降到最低。另外，经济可承受性也是该模式的亮点之一。规模化改造、装配式，以及高效优化的设计施工过程大幅减少了改造成本。对业主而言，虽他们需先承担改造成本，但可以通过租户的租金完全收回这部分投资，比如，租户直接向业主支付供暖费用。对于租户，尽管租金高了，但他们需承担的能源费用减少幅度比租金增加幅度大，至少可以相抵。

除了技术和质量保障之外，该模式成功的关键在于建筑业主和制造商之间起桥梁作用的中立可信的中间机构。该机构支持业主甄选合适的建筑，协调与业主和围护结构和设备系统制造商的沟通与合作，并全程跟进设计和施工过程。另外，他们也将不同业主待改造的建筑组合成项目池来达到规模。从供应商角度考虑，通过中间机构业主，明确了节能改造量和需求，以及业主支付意愿，从而更准确地判定在研发和生产上的投资规模。

对于这个模式的推广，政策也非常重要。政府除了支持建筑节能改造的激励政策，也需对此类模式示范和技术创新和研发提供资金支持。比如起初在荷兰推出时，政府提供 5 千万欧元资金用于研发该模式，其中的 4000 万欧元被用于补贴建筑节能改造。这个

研发政策向市场传递了信号，供应商们积极响应，快速扩大生产规模²⁵。

该模式的成功要素：

- 装配式技术大幅缩短工期；
- 建筑构件与系统的高质量保障；
- 协调供需各方的中立可信的中间机构；
- 政府对商业模式示范和技术创新和研发提供资金支持，向市场释放信号。



© Fabrice Singevin



© Tracey Whitefoot

图 14 能源飞跃项目施工案例

来源：<https://www.co2online.de/>

4.2 账单分期偿还融资机制

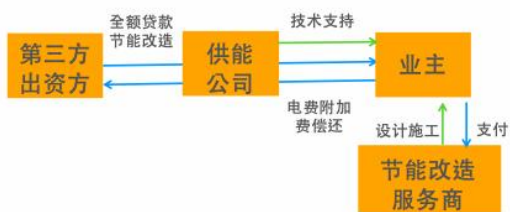
账单分期偿还融资机制中，公用事业公司或私人投资机构向业主提供节能改造和可再生能源安装初始成本，户主则通过每月账单来偿还。

²⁵ Amy Egerter, Martha Campbell (2020): 工业 4.0 背景下既有建筑的零碳改造技术，落基山研究所

²⁶ <https://energiesprong.org>



融资模式 1



融资模式 2

图 15 美国账单分期偿还融资机制

在美国，这个机制已实施了 30 多年。主要有两种模式：第一种模式中，初始成本由公用事业公司承担。第二种模式中，私人贷款/投资机构提供初始成本，公用事业公司则作为还款中介。账单分期偿还融资机制主要针对居住建筑²⁷。在美国，农村电力合作社积极推动了这一机制，因为该机制可以克服农村社区面临的特殊挑战，比如低收入家庭多、建筑保温隔热性能差、使用低能效电器、以及高额的能源支出。例如，南卡罗来纳州的成功案例应用了第一种模式。南卡罗来纳州电力合作公司（CEPC）向其供电地区 20 个农村电力合作社（co-ops）提供电力，其目标是在 10 年内，其供电地区的既有住宅能源能耗降低 10%。然而，尤其在低收入地区，实现这一目标面临严峻挑战。因此，CEPC 和南卡罗来纳州电力合作社商会（ECSC）发起了一项名为“帮助我的房子”的能效计划。该计划首先在 2011—2013 年进行了试点。合作社（co-ops）支付节能改造前期投资，业主则通过每月电费来偿还合作社的投资，偿还款项根据 10 年期 2.5% 的低息贷款计算（当年购房利息为 4%—5%）。合作社（co-ops）的贷款资金池来源于美国农业部的农村经济发展贷款和赠款（REDLG）计划提供的 75 万美元的无息贷款。

²⁷ 美国能源局 (n.d.): BETTER BUILDINGS FINANCING NAVIGATOR. <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/financing-navigator/option/bill-financingrepayment>

为了最大限度地实现节能，试点项目采用了整体建筑能源改造方法。合作社（co-ops）首先组织第三方机构对参与家庭建筑进行能源审计。在此基础上，合作社（co-ops）帮助家庭甄选合格承包商，并监督项目实施以确保项目达到预期节能效果。参与家庭平均减少了近 35% 的能耗。甚至在他们偿还贷款的同时，他们每月仍节约 25 美元。由于试点的成功，在 2014 年，美国农业部建立了能源效率和节能贷款项目（EECLP），该项目向农村公用事业公司提供贷款，以支持节能改造项目，包括账单分期偿还融资机制^{28,29}。

这个模式最近在欧洲也开始了试点。由法国皮卡迪地区政府和能源效率公共服务机构（PSEE）发起的名为皮卡迪节能改造 Picardie Pass Renovation（PPR）的试点项目是这种模式在欧洲的最佳实践之一。PSEE 也是法国首个第三方融资机制的公共机构。

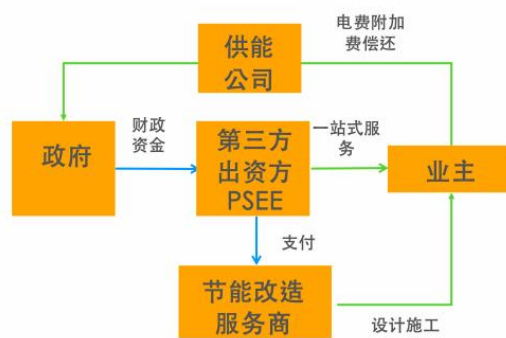


图 16 皮卡迪节能改造模式

该计划旨在加速该地区住宅的能源改造，PPR 全程管理改造项目：

- 为房主提供技术支持能源审计和项目规划；
- 承担节能改造工程的前期费用（平均每户 44000 欧元）；
- 项目管理：包括甄选建筑和设备公司、招标、现场监测，以及支付；
- 改造后 5 年用能跟踪：支持设备的使用和维护、监测和分析用能。

业主通过向市政公司支付能源账单来偿还改造资金。偿还资金相当于利率为 2.5% 的

²⁸ 美国环保署 (n.d.): Help My House Program Profile https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-06/documents/help_my_house_profile_6-1-16_508.pdf

²⁹ EESI(n.d.): The Help My House Model. <https://www.eesi.org/obf/case-study/helpmyhouse>

低息贷款（设备偿还期限为 15 年，建筑围护结构为 25 年），该金额不超过因节能减少的能源费用。如果房屋所有权发生变化，新房主继续还款。

为了提供改造前期投资，皮卡迪政府拨出了 800 万欧元的自有资金，申请了 400 万欧元的 ELENA（欧洲地方能源援助）补贴，并从欧洲投资银行申请了 3550 万欧元的低息贷款³⁰。

本模式优点在于：

- 解决了居民自主节能改造和安装可再生能源前期投资成本高的挑战，也考虑到居民尤其是低收入家庭，从金融机构获得节能改造贷款困难的现实；
- 通过节能改造，室内舒适度和居住质量明显提高；
- 由于户主将用他们因节能改造节省的费用通过账单偿还贷款，出资方风险低；
- 本地经济收益，包括创造就业；
- 帮助供能公司达到政府设立的节能目标。
- 项目管理机构提供一站式服务。

4.3 光伏租赁模式

这一商业模式类似国内模式，不同的是业主可使用光伏自发自用。太阳能租赁公司投资、设计、安装屋顶光伏系统，在合同期内（10—20 年），业主按月支付光伏使用费用。在这个模式中，用户可选择自给自足或光伏上网，通过根据上网电价或净计量机制收益。合同到期之后，业主可以以低价购买系统。这种模式在德国的独立屋业主群体中很受欢迎，在美国也有推广，比如，美国领先供应商 SolarCity³¹。

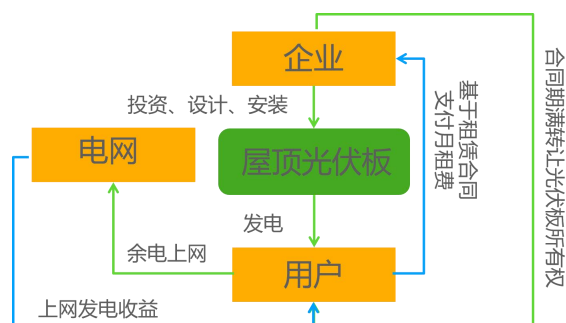


图 17 光伏租赁欧洲模式

德国 Enpal 案例：

Enpal 是德国最大的太阳能解决方案供应商，截至 2021 年，Enpal 有超过 10000 名租赁客户。客户可以租赁光伏板、电池和充电盒。Enpal 提供全方位的服务，从设计、安装、维护、保险、到能源管理和其他配套服务。智能能源管理系统可测量光伏产能、电池充电量和能耗。Enpal 光伏系统前期投资的资金是通过银行贷款。Enpal 也与数家银行建立了战略伙伴关系。通过打包成千上万家光伏屋顶达到的项目规模也使 Enpal 从银行那里得到更优惠的贷款。

这个商业模式克服了用户面临的初期投资和光伏板质量不确定，后续运维困难的挑战。根据光伏系统安装规模，用户支付每月固定的租金。在合同期间，他们可选择自给自足或光伏上网。合同期通常为 20 年，合同期满后以 1 欧元的价格购买光伏系统。消费者的成本效益取决于几个因素：系统的规模、上网电价、自用电量的份额、家庭电价的发展³²。

³⁰ Hauts-de-France Pass Renovation (n.d): <https://www.pass-renovation.hautsdefrance.fr/a-european-project/>

³¹ Roesch,A. (2016): EU-wide solar pv business models.

³² <https://www.enpal.de/>

5. 结语

农村清洁采暖对我国双碳目标的实现起着关键作用，并带来环境、健康、经济、社会等多重收益，推动农村社会高质量发展，实现乡村振兴。农村清洁采暖的两大关键环节是前端清洁热源改造和后端农房的节能改造。

尽管目前我国农村清洁采暖取得了一定的成果，但仍面临严峻挑战，在热源侧，部分地区出现返煤现象；末端的农房节能改造工程整体滞后；农户改造的经济承担能力有限，财政补贴是清洁采暖的主要推动力，导致政府财政压力巨大。因此，可持续商业模式的开发将是下一阶段农村清洁采暖发展的加速器。

本篇报告收集、梳理、并分析了中欧以及全球在热源端（生物质和光伏）和后端节能改造结合热泵的商业模式案例。在这个基础上，项目组将在河南和甘肃进行实地调研，与当地企业和相关方共同探索和开发适合当地的商业模式，并总结其成功要素以推广到其它地区。

农村可持续能源应用综合网络



Funded by
the European Union



项目成员单位

