



# 基于碳达峰碳中和战略目标 低碳村庄示范及评价指标体系研究 结题报告

Final report of the Study project on the Demonstration and  
Evaluation Index System on Low-carbon Villages Based on  
China's Strategic Goal of Carbon Peak and Carbon Neutrality

农业农村部农业生态与资源保护总站

2023.11.7

Rural Energy and Environment Agency, Ministry of Agriculture and Rural Affairs

November 7, 2021

# 目录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 引言 .....                 | 1  |
| 一、研究背景.....              | 1  |
| （一）国家层面.....             | 1  |
| （二）社会层面.....             | 3  |
| （三）个人、企业层面.....          | 4  |
| 二、研究的主要内容、方法和技术路线.....   | 4  |
| （一）研究内容.....             | 4  |
| （二）研究方法.....             | 5  |
| （三）技术路线.....             | 6  |
| 三、我国低碳村庄的定义与基线情况.....    | 6  |
| （一）低碳村庄的定义.....          | 6  |
| （二）基线情况.....             | 7  |
| 四、低碳村庄指标体系的构建.....       | 10 |
| （一）指标体系的构建原则.....        | 10 |
| （二）国内外相关评价指标体系的比较分析..... | 11 |
| （三）指标体系的构建与含义.....       | 12 |
| （四）权重分值设置.....           | 15 |
| 五、评价方法说明.....            | 17 |
| （一）评价的对象与边界.....         | 17 |
| （二）评分细则说明.....           | 17 |
| （三）评价结果与等级划分.....        | 28 |
| 六、低碳村庄试点示范评估及模式总结.....   | 28 |
| （一）东北地区.....             | 29 |
| 1. 示范村建设情况 .....         | 29 |
| 2. 示范村低碳建设水平评估 .....     | 31 |
| 3. 低碳路径与技术模式总结凝练.....    | 32 |
| （二）华北地区.....             | 35 |
| 1. 示范村建设情况 .....         | 35 |
| 2. 示范村低碳建设水平评估 .....     | 36 |
| 3. 低碳路径与技术模式总结凝练.....    | 37 |
| （三）西北地区.....             | 39 |
| 1. 示范村建设情况 .....         | 39 |
| 2. 示范村低碳建设水平评估 .....     | 40 |
| 3. 低碳路径与技术模式总结凝练.....    | 41 |
| （四）东南及长江中下游地区.....       | 43 |
| 1. 示范村建设情况 .....         | 43 |
| 2. 示范村低碳建设水平评估 .....     | 44 |
| 3. 低碳路径与技术模式总结凝练.....    | 45 |
| 七、低碳村庄发展意见建议.....        | 47 |
| （一）加强顶层设计，合理规划布局.....    | 48 |
| （二）加强合作沟通，构建协调机制.....    | 48 |
| （三）开展试点示范，打造一批典型.....    | 48 |
| （四）加强技术支撑，完善保障措施.....    | 49 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| （五）加强宣传报道，营造良好氛围..... | 49 |
| 附录一： .....            | 50 |
| 附录二： .....            | 53 |
| 附录三： .....            | 58 |

## 引言

当前，全球正面临以变暖为主要特征的气候变化，这已是世界各国共同面临的危机和挑战。在全球气候变化的背景下，低污染、低能耗的低碳经济转型已经成为世界经济发展的趋势。2020 年 9 月，第 75 届联合国大会的召开，各国领导人在共同应对全球气候变化愈发严峻的情况下形成了统一战线。国家主席习近平在大会上也做出明确的阐述，中国作为最大的发展中国家，将会极力推动绿色低碳产业的大力发展，以提高国家的自主贡献率，争取 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和的长远战略发展目标。目前各国将低碳行动集中在城市，忽视了乡村的减排。相比于城市，乡村拥有更为广阔的增加碳汇、减少碳排放的空间。因此，从乡村入手，使其走上低碳发展之路，不仅是应对气候变化的一种行之有效的方案，更是构建低碳社会的战略举措。考虑到不同地区的资源禀赋、农村用能方式、经济发展水平、可再生能源推广基础等影响因素，本项目围绕农村能源消费，根据我国气候地理条件，从全国不同地区选取具有代表性的十个村庄进行调查研究，研究提出低碳村庄指标体系，并利用该体系对村庄试点建设效果展开评价并进行分析总结。关注新型能源的引入给村庄带来的变化，结合当下社会各界对低碳生活方式的呼吁，对乡村适宜的低碳化路径进行思考和总结，提出经验模式，这将对推进我国低碳村庄的发展具有极大的现实意义。

## 一、研究背景

### （一）国家层面

2021 年，国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》，提出推进农村建设和用能低碳转型，要求推进绿色农房建设、农村地区清洁取

暖，推广节能环保灶具、电动农用车辆、节能环保农机和渔船，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。2022 年，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《乡村建设行动实施方案》，提出实施乡村清洁能源建设工程，发展太阳能、风能、水能、地热能、生物质能等清洁能源，在条件适宜地区探索建设多能互补的分布式低碳综合能源网络。国家能源局、农业农村部、乡村振兴局联合印发的《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》提出，到 2025 年，建成一批农村能源绿色低碳试点，风电、太阳能、生物质能、地热能等占农村能源的比重持续提升；新能源产业成为农村经济的重要补充和农民增收的重要渠道。

按照我国城镇化发展与“3060”目标规划，到 2030 年我国城镇化率将达到 70%，农村人口预计为 4.31 亿，到 2060 年我国城镇化率预计达到 80%，农村人口预计为 2.72 亿，但我国农村地区能源基础设施薄弱，技术开发资金投入欠缺，普遍存在电气化水平低、燃煤比例高的问题，人均生活能源消费和碳排放高于城市。同时，随着居民生活水平的提高，我国农村人均生活用能还将进一步增长。据测算，2030 年我国农村人均生活用能年消费量预计达 518kg，2060 年人均消费预计达 561kg。当前，我国农村可再生能源发展和低碳村庄建设仍存在技术相对薄弱、相关利益方参与不够、低碳发展理念认识不到位、低碳村庄评价指标体系缺乏等问题，与先进国家相比存在较大差距，实践也相对较少，规划建设多针对某一个村庄特定的条件，规划实践缺少对共性村庄的低碳核心影响因素的认知，缺乏不同类型化的凝练，导致技术模式难以复制和推广，低碳建设的内容与脉络缺乏明晰的指导和标准，低碳村庄理念尚未得到最有效的示范实践。我国农

村丰富的生物质资源和广阔的区域空间，可大力发展畜禽粪污农作物秸秆为主的生物质能、太阳能光伏和风力发电，实现传统能源替代，为低碳村庄建设奠定了基础。因此，结合我国农村发展情况，通过系统规划和有效探索，开展低碳村庄试点示范建设，提出和完善低碳村庄评价指标体系，有助于促进生态宜居，推动能源转型发展，促进农村低碳发展。

## **（二）社会层面**

低碳村庄试点建设对推进乡村振兴和农业农村现代化具有重要意义。**一是促进农村产业结构升级。**《农业部关于大力实施乡村振兴战略加快推进农业转型升级的意见》提出要大力推广绿色农业农村产业，建设资源节约型、环境友好型的新型农村产业结构。在农业生产上降低化肥和农药的使用量，扩大高效缓释肥料、水溶肥料、低毒低残留农药的生产、推广和使用；对农业废弃物进行资源化利用，积极倡导沼气发电上网、生物天然气并网政策，加快沼渣沼液有机肥利用，打通种养循环通道；加大农业资源的保护，对全国农业污染源进行普查，对污染企业进行惩罚。**二是促进农村能源结构调整。**《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》提出能源绿色将成为乡村发展的主要要求和动力，乡村振兴必须贯彻新发展理念，构建清洁低碳的现代化农村能源体系，并且保证农民用得起、用得上、用得好。大力推广太阳能、风能、生物质能、地质能的开发利用，在政策实施过程中需要因地制宜，充分利用各地资源禀赋，提高农村资源的利用率，为农民提供低成本的能源产业，倡导绿色低碳的生产生活方式。**三是促进生态宜居美丽乡村建设。**《关于推动城乡建设绿色发展的意见》提出在未来发展上要坚持人与自然和谐共生、坚持整体与局部相协调、

坚持公平与包容相融合、坚持保护与发展相统一等，着力打造绿色生态宜居的和美乡村。

### **（三）个人、企业层面**

低碳村庄建设能够促进农村居民低碳意识的增强。低碳化发展意味着社会、经济和环境的持续性、和谐性发展，作为社会和经济主体的人也会受益于低碳化的发展成果，其思想意识会认同低碳化发展，低碳意识也会随之提高；低碳村庄建设能促进农村企业绿色科技进步。科技是农业发展的重要动力，倡导绿色科技在农业农村上的应用，既要注重经济效益又要兼顾绿色发展。要充分认识到科技对传统农业向现代化农业转变、对实现农村可持续发展、对保障国家粮食安全、对培养社会主义新型农民以及科技对改善农村人居环境提高生活质量的重要性等。加强农村企业科技进步与创新，为乡村低碳建设提供有力支持。

## **二、研究的主要内容、方法和技术路线**

### **（一）研究内容**

首先，梳理我国农村生活能源消费现状，以化石能源，特别是煤炭消费为重点分析主要碳排放源。根据我国不同地区农村可再生能源资源特点、能源需求特征，在全国不同地区选择 10 个典型村庄开展试点示范，并调研生活用能情况，统计生活用能数据，开展碳排放核算。其次，针对我国农业农村低碳发展及低碳村庄建设，充分参考我国低碳城市及低碳城镇建设评价相关标准及内容，开展适合我国农村地区发展水平的低碳村庄评价方法及评价指标体系研究和构建。在此基础上，结合我国农村地区能源供需矛盾，以及长期以来大量使用散煤，或低效使用生物质资源等问题，根据我国区域清洁可再生能源资

源特点、能源需求特征，开展可再生能源技术推广，进行低碳村庄试点示范建设，形成可复制、可推广的低碳村庄建设技术模式。最后，结合以上内容，借鉴国内外先进经验和理论，研究提出推进低碳村庄建设的保障措施和政策建议，开展相关宣传工作。

## **（二）研究方法**

本项目在实施过程中主要运用研究方法有文献分析法、层次分析法、德尔菲法、问卷调查法、对比分析法。

**（1）文献分析法。**从县城或小城镇低碳建设和建设水平评价指标体系两个角度出发，对国内外已有的研究成果进行收集和整理，综合分析与研究国家标准和相关规范，充实与研究课题相关的科学理论知识，总结已有的优秀经验并在课题中灵活运用。

**（2）层次分析法。**层次分析法是在借助群体知识、经验和价值的层面上来进行判断和分析的一种鉴别方式，通过层次的逐步和深入推理来建立循序渐进的逻辑分析关系。本项目基于层次分析法得到了低碳村庄评价指标体系，围绕该指标体系，确定单一指标的权重，设置评分标准，对乡村低碳建设进行评价分析，总结发展现状，找寻不足并提出建议。

**（3）德尔菲法。**即专家咨询法，是一种采用通讯方式分别将所需解决的问题单独发送到各个专家手中，征询意见，然后回收汇总全部专家的意见同时整理出综合意见，最后通过多次反复操作从而逐步取得比较一致预测结果的决策方法。在对村屯居民和政府人员调查之后，仍然无法拿定的评价指标可咨询相关领域的专家。

**（4）问卷调查法。**根据研究内容列出需要获得的系列信息，选取目标群体作为研究对象和信息来源渠道，设计调查问卷发放至目标



群体，统计并分析有效问卷数据信息获得相关结论。此方法在数据获取环节中可以帮助我们调查人员快速、准确掌握该村关于低碳村庄建设的各种数据。

(5) 对比分析法。本项目通过对不同地区的低碳村庄评价指标体系的计算，得出低碳村庄发展水平。同时对比每个地区的得分，分析低碳村庄发展的问题和经验，结合发展现状，从而可以提出对其未来发展更加有针对性的意见建议。

(三) 技术路线

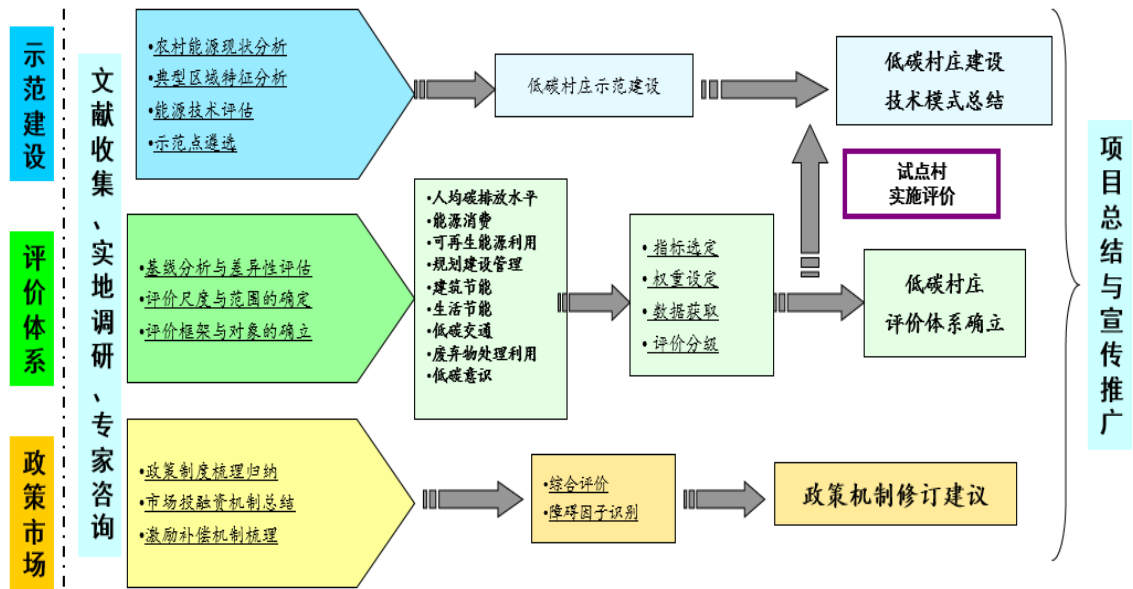


图 2-1 基于碳达峰碳中和目标的低碳村庄示范及评价指标体系研究的技术路线图

三、我国低碳村庄的定义与基线情况

(一) 低碳村庄的定义

发展低碳生态农业是农业强国建设的五大特征之一，坚持绿色低碳发展理念，在保证农业生产不断发展、农村生活不断改善的前提下，通过实施可再生能源替代、废弃物资源化利用、生态循环农业建设、农村人居环境整治等措施，推进农业农村绿色低碳转型，最大限度减

少温室气体排放，实现农业生产、农村建设、乡村生活生态良性循环是我国乡村建设的发展方向。低碳村庄即是基于农村地区可再生能源资源开发利用，采用先进的节能和储能技术，以及能源综合管理方式，进一步完善农村能源基础设施建设，提高农村能源利用效率，加快农村能源转型，在满足农村地区能源需求得基础上，实现能源消费层面的低碳。

## **（二）基线情况**

自 2006 年《可再生能源法》实施以来，我国进入了可再生能源快速发展时期，市场规模不断壮大。可再生能源开发利用取得明显成效，水电、风电、光伏发电等能源种类累计装机规模均居世界首位。可再生能源在能源结构中占比不断提升，能源结构朝着清洁化、优质化方向发展，为我国经济快速发展提供了重要保障。目前，全国主要可再生能源发电装机容量约 8 亿千瓦，占全部电力装机的 40%左右；全国沼气用户近 1600 万户，沼气工程 9 万余处；太阳能热水器推广面积近 8000 万平方米、太阳房近 1400 万平方米，太阳灶 80 余万台；开展了秸秆打捆直燃清洁供暖、秸秆沼气集中供气、秸秆气化和秸秆固化成型示范，其中，集中供热面积 1400 余万平方米，固化成型燃料年产 1400 余万吨。通过这些技术的推广，有效改善了农村居民用能结构，为低碳村庄的建设发展奠定了基础，并提供了丰富的实践经验。据估算，农村能源的开发利用年节能 8300 多万吨标准煤当量，具有可减排二氧化碳 2 亿多吨的潜力。通过积极开展低碳村庄建设，探索实现节约能源、发展低碳能源、增加碳汇等方式，积极应对气候变化，是促进我国经济社会发展的重大战略。

综合考虑我国不同区域的自然条件、资源禀赋、经济社会发展水平、农民生活习惯和农村低碳村庄建设面临的主要问题，将全国划分为东北地区、西北地区、华北地区、华东地区和西南地区 5 大类型区域，分析各区域气候地理环境和农村能源消费特点，提出低碳村庄试点示范技术方向。

**(1) 东北地区：**该地区属中温带和寒温带气候，冬季寒冷漫长， $\geq 0^{\circ}\text{C}$  积温小于  $3600^{\circ}\text{C}$ ，无霜期小于 160d，全年太阳辐射总量  $46 \times 10^8 \sim 58.6 \times 10^8 \text{J}/\text{m}^2$ 。全年平均气温小于  $10^{\circ}\text{C}$ ， $0^{\circ}\text{C}$  以下的天数为 130~190d，一月平均气温  $< -10^{\circ}\text{C}$ ，冬季有 5~6 个月需要取暖。农村生活能源包括秸秆、薪柴、煤炭、电力、太阳能等多种类型，由于冬季采暖期长，该地区农村人均生活用能水平高，冬季取暖用能占日常生活用能比例超过 50%，以秸秆、薪柴、煤炭为主。该地区是我国粮食主产区，秸秆等农业生物质资源非常丰富，开发利用潜力巨大，建设低碳村庄宜采用生物质清洁采暖为主的多能互补模式，主要通过秸秆打捆直燃供暖、生物质成型燃料、大中型沼气工程、太阳能光热利用等技术替代煤炭等化石能源，实现用能清洁低碳。

**(2) 西北地区：**该地区属于干旱半干旱气候区，冬季寒冷漫长，最热月平均气温多在  $20^{\circ}\text{C}$  以上，最冷月平均气温  $-6^{\circ}\text{C} \sim -25^{\circ}\text{C}$ ，全年  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  积温由  $5700^{\circ}\text{C}$  至  $2100^{\circ}\text{C}$  以下， $0^{\circ}\text{C}$  以下的天数为 120~160d，冬季有 4~5 个月需要取暖。太阳辐射强，日照时间长，全年总辐射量在  $50 \times 10^8 \sim 67.0 \times 10^8 \text{J}/\text{m}^2$ ，全年日照时数在 2800~3200h 之间。风力资源丰富，其中内蒙古、新疆、甘肃等风能资源分别达到  $6178 \times 10^4 \text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 、 $3433 \times 10^4 \text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 、 $1143 \times 10^4 \text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。该地区农村生活能源利用以煤炭、秸秆和薪柴为主，高品位可再生清洁能源利用

比例较低。低碳村庄建设可充分利用该地区丰富的太阳能、风力、生物质等资源，通过太阳能光伏、风力发电、大型沼气工程等技术解决清洁用能问题。

**(3) 华北地区：**该地区属于暖温带半湿润半干旱季风气候，夏季高温多雨，冬季寒冷干燥，春、秋短促。全年无霜期 180~200 天，冬季有 3~4 月需要取暖。该地区城镇化水平高，农村生活用能与城市基本相同，主要以电力、天然气等为主。太阳能资源丰富，农业生物质资源相对匮乏。低碳村庄建设主要从节能、储能的角度来考虑，通过超低能耗建筑、太阳能光伏和储能设施来实现低碳。

**(4) 东南及长江中下游地区：**该地区属于南温带气候， $\geq 0^{\circ}\text{C}$  积温  $3900^{\circ}\text{C}\sim 5300^{\circ}\text{C}$ ，无霜期 150~220d，全年太阳辐射总量  $46\times 108\sim 59\times 108\text{J}/\text{m}^2$ ，冬季温度低， $0^{\circ}\text{C}$  以下的天数为 50~130d，1 月平均气温在  $0^{\circ}\text{C}$  以下，年极端最低气温在  $-10^{\circ}\text{C}$  以下，部分区域冬季有 2~4 月需要取暖。农村生活能源包括煤炭、电力、薪柴、秸秆、太阳能等多种类型，其中，煤炭、电力等商品能源为其主要利用品种。该地区农村经济水平高，属于大气污染防治重点区域，低碳村庄建设以发展清洁高效能源为主，主要通过大中型沼气生物天然气工程、秸秆固化成型、太阳能光伏等技术解决清洁用能问题。

**(5) 西南地区：**该地区属北亚热带和中亚热带气候，最冷月平均气温在  $0\sim 11^{\circ}\text{C}$  之间，年极端最低气温在  $-10\sim 0^{\circ}\text{C}$  之间，大于  $0^{\circ}\text{C}$  积温  $5500\sim 7000^{\circ}\text{C}$ 。冬季较为阴冷，一般无供暖，夏季炎热，有制冷需求。太阳辐射强，日照时间长，全年总辐射量在  $50\times 108\sim 67.0\times 108\text{J}/\text{m}^2$ ，全年日照时数在 2800~3200h 之间。该地区农村生活能源较为多样，电力、薪柴、秸秆、沼气、太阳能等能源使用较为广泛，

其中电力消费占比大，沼气利用比较普遍。低碳村庄建设以提高传统生物质能如秸秆、畜禽粪污的高值高效利用为主，以太阳能光伏利用为辅，适合发展沼气集中供气和发电上网、太阳能光热利用等。

## **四、低碳村庄指标体系的构建**

当前，低碳村庄多以定性研究为主，量化指标研究较为匮乏，且存在着明显的趋同现象。低碳村庄评价指标能够通过量化低碳发展水平，通过评价村庄低碳建设效果，针对需要提高的项目提出指导性意见。通过构建指标体系，实现低碳村庄试点建设的评价和研究。

### **（一）指标体系的构建原则**

评价指标体系的构建往往不能一蹴而就，而是需要一个反复斟酌调试，积累经验，逐步推广应用的过程。对于关键指标的识别，需要关注国内外碳排放的重要领域、结合中国国内的政策规划，按照一定原则进行选取，具体如下：

**科学性与操作性相结合：**指标概念明确，能够度量和反应村庄主体现状及发展趋势，考虑理论上的完备性、科学性和正确性，尽可能利用现有统计指标，结合村庄实际特点，考虑指标评定的可操作性，设置易于统计整理，具有可测性、操作性强的指标。

**系统性与特色性相结合：**能够较全面、简洁地反应和测量村庄能源、生态环境系统和人居环境系统的主要问题和特征，选择具有代表性的综合指标和主要指标，辅以一些特色化的辅助性指标，避免指标的重叠和简单罗列。

**主观性和客观性相结合：**村庄建设评价受主观和客观因子的制约。因此，指标的筛选和设定过程中应综合考虑主观因子和客观因子，全面综合地反应乡村低碳发展状况与建设水平。

**定性和定量评价相结合：**评价体系中，将通过定量分析的方式对定性问题进行因子权重赋值，以及在综合评价中将专家定性评估和碳排放定量测算相结合，综合分析评价村庄低碳建设成果和表现。

## **（二）国内外相关评价指标体系的比较分析**

目前，国外相关评价体系发展较早，其中比较有代表性的例如，英国 BREEAM-Communities 指标体系，包括了气候和能源、资源、交通、生态、商业、社区、场地塑造、建筑等 8 个层面，40 余项具体指标；美国 LEED-ND 体系，包括了节约土地、环境保持、紧凑完善和谐社区、资源节约、创新设计和措施等 5 个层面必要项和优选项指标；欧洲低碳社区评价指标体系，主要包括了二氧化碳排放、能源、建筑、运输、水、废弃物及土地利用、空气质量、环境管理等 8 个层次，30 余项评价指标。我国也颁布和建立了一系列的相关评价指标体系。针对城镇社区方面的《可持续发展评估指标体系》（中国科学院，1998 年）；《低碳试点城市评价指标体系》（国家气候战略中心，2015 年）；《绿色低碳发展指数》（IGDP，2016 年）；《城市可持续发展》（UCI，2013 年）；《人类绿色发展指数》（北京师范大学）；《中国低碳生态城市指标体系》（城市科学研究会，2012 年）；《京津冀低碳发展指数》（北京市科学技术研究院，2017 年）等。部分地方政府部门也颁布过相关评价指标体系，例如《北京市低碳社区评价指标体系》、《重庆市绿色低碳生态城区评价指标体系（试行）》、《江西省生态文明建设目标评价考核办法》等。在农村建设方面，我国仅颁布过了《国家级生态村创建标准》（环保部，2013 年）；《美丽乡村创建目标体系》（农业部，2013 年）；《绿色低碳重点小城镇建设评价指标》（住建部，2011 年）；《低碳社区试点建设指南》（国家发改委，2015

年)等相关评价指标体系。通过相关评价指标体系的比较分析,不难发现:

低碳村庄评价方面,我国政府还未出台官方用于指导的相关指标体系,只能在一些相关文件中涉及的内容作为借鉴或参照。

(1) 大多数的评价指标体系,评价对象为城市或社区。与国外相比,我国经济社会发展差异性较大,加之我国城乡二元结构的发展矛盾突出等问题,现有城镇社区相关评价体系尚无法有效指导我国低碳村庄建设;

(2) 许多指标体系内容过于庞大,部分城镇社区评价指标内容多达 30、40 余项,涉及工业、商业等多方面,针对低碳村庄建设可操作性不强;

(3) 近年来,我国评价指标体系是不断发展的,带有明显的时代特征,虽然均包含了生态、绿色、可持续发展等主题,但每个历史发展阶段的侧重点有所差异。目前,针对农业农村低碳建设发展,需要进一步突出低碳减排的指标体系内容框架和评价方向。

### **(三) 指标体系的构建与含义**

基于指标体系的构建原则,参阅国家标准及国内外相关文献,构建低碳村庄的评价指标体系,围绕村庄低碳用能、生活节能、废弃物处理利用、低碳发展理念,共设置 4 类一级指标和 15 个二级指标(见表 4-1),并征询专家意见,确定指标体系及权重,为研究开展提供依据。其中 15 个二级指标的含义如下:

(1) **人均生活用能消费量:** 重点围绕村庄居民生活用能消费类型、消费量进行核算,包括村庄居民人口数量统计,根据电力、煤炭、燃气、生物质燃料、沼气、太阳能光热等能源消费方式类别、消耗量

及主要用途，计算居民人均生活用能消费量，评价生活用能消费强度。

**（2）人均碳排放水平：**重点核算居民人均生活取暖、炊事、制冷、照明等生活用能产生的用能碳排放量。

**（3）可再生能源替代率：**调研低碳村庄建设发展中，生物质能清洁转化、太阳能、地热能、风能等可再生能源开发利用方式，评价可再生能源消费量占村庄居民生活及公共设施用能消费量的占比。

**（4）节能建筑覆盖率：**村庄住宅与公共设施建筑采用了建筑节能措施，并达到国家相关标准的建筑面积占村庄区域建筑设施总面积的百分比。

**（5）电气化普及率：**居民在炊事、采暖、洗浴等用能设备中，电器设备数占用能设备数的百分比。

**（6）绿色交通出行率：**对包含村庄道路交通及绿色出行两方面内容，进行综合评价。道路交通方面，评价主要包括村庄内道路是否为硬化路面；村庄区域内道路设置规划是否便捷合理；道路两侧是否有亮化设施；道路两侧是否设置了井盖、雨箅等设施；村庄内或附近是否有通往周边乡镇、县市的公共交通站点，共 5 项指标内容。绿色出行方面，主要为采用公共交通工具、新能源（非化石能源机动车）机动车、非机动车辆及步行等绿色出行方式占居民出行的比率。

**（7）生活垃圾处理：**低碳村庄生活垃圾是否有分类收集设施并做到分类收集，以及生活垃圾无害化处理占低碳村庄生活垃圾产生量的百分比。

**（8）生活污水处理：**低碳村庄生活污水收集处理方式，核算生活污水无害化处理占村庄生活污水产生量的百分比。

**（9）卫生厕所覆盖率：**调研低碳村庄居民及公共建筑对人粪尿



的处理技术方式，核算卫生厕所数量所占比率。

（10）**低碳农业生产：**废物资源化是构建低碳村庄的重要手段，农村存在大量荒置秸秆及家畜禽粪等废物，通过计算秸秆和畜禽粪污的处理利用率来评价农业低碳生产情况。

（11）**村庄绿化覆盖率：**村庄区域内（包括湿地、森林、草地、景观公园，建筑设施周边及道路两旁的绿化）等生态资源面积占村庄建成区面积的百分比。

（12）**低碳村庄建设方案：**村庄是否编制了低碳村庄建设实施方案，方案中是否能够体现具有可操作性的低碳发展理念或目标。

（13）**低碳宣传与居民参与认知度：**村庄居民对低碳发展的认识理解，尤其是在生产生活中低碳用能的积极态度与参与程度。

（14）**低碳村庄长效管理机制：**针对低碳村庄管理制度、政策机制、运行策略方面，评价相关长效管理机制的配套性、适宜性及有效性。

（15）**低碳可持续发展：**针对可再生能源开发建设的区域资源获得的便宜性，与区域产业融合发展情况进行评估。核算可再生能源技术开发应用项目净现值（NPV），评价低碳村庄建设的可持续发展。

表 4-1 低碳村庄评价指标框架

| 目标层        | 一级指标     | 二级指标         |
|------------|----------|--------------|
| 低碳村庄评价指标体系 | 1、乡村低碳用能 | 1) 人均生活用能消费量 |
|            |          | 2) 人均碳排放水平   |
|            |          | 3) 可再生能源替代率  |
|            | 2、生活节能   | 4) 节能建筑覆盖率   |
|            |          | 5) 电气化普及率    |
|            |          | 6) 绿色交通出行率   |
|            |          | 7) 生活垃圾处理    |

|  |            |                  |
|--|------------|------------------|
|  | 3、废弃物处理利用  | 8) 生活污水处理        |
|  |            | 9) 卫生厕所覆盖率       |
|  |            | 10) 低碳农业生产       |
|  | 4、乡村低碳发展理念 | 11) 村庄绿化覆盖率      |
|  |            | 12) 低碳村庄建设方案     |
|  |            | 13) 低碳宣传与居民参与认知度 |
|  |            | 14) 低碳村庄长效管理机制   |
|  |            | 15) 低碳可持续发展      |

#### (四) 权重分值设置

权重是某项指标在所有评价指标中所占的比重,由于低碳村庄各项评价指标对村庄低碳发展的影响不同,因此对评价指标应赋予不同的权重,一方面能够反映各指标间相对重要程度,同时,合理给予评价指标赋权,还能够提高评价的精度、灵敏度。

权重设定方法的确立与比较中,回归分析法需要基于大量的调查问卷;德尔菲法的测评难度相对较大,很难客观把握指标间的关系;排序法一般仅用于统计结果易控制,打分客观性和可信性易控制的情况下使用。因此,低碳村庄评价指标体系,主要采用多层次综合评价法建立评价模型,对各指标分别赋予权重和分值,对定量指标和定性指标进行标准化处理,按评价得分对村庄的“低碳程度”进行评定。参考 AHP 定权方法,根据衡量尺度将评价各项指标划分为 6 个等级,包括极端不重要、不太重要、一般重要、比较重要、重要、十分重要。在设计相关专家调查问卷后,邀请到了低碳村庄建设领域的专家、以及相关研究者对 4 个一级指标和 15 个二级指标的重要程度通过问卷调查进行评判。有效收回 20 份专家调查问卷,附录一为发放的低碳村庄评价指标体系专家调查问卷。

通过专家评判,对乡村低碳用能、生活节能、废弃物处理利用、乡村低碳发展理念 4 个一级指标的重要性进行排序,构造指标的判断

矩阵。经检验， $CR < 0.1$ ，判断矩阵具有完全一致性。各指标权重结果见表 4-2。根据专家咨询、结合实际，对各准则层权重进行适当的修正，修正结果如表 4-3 所示。

表 4-2 各准则层的权重

| 指标 | 乡村低碳用能 | 生活节能 | 废弃物处理利用 | 乡村低碳发展理念 |
|----|--------|------|---------|----------|
| 权重 | 0.28   | 0.25 | 0.24    | 0.23     |

表 4-3 修正后各准则层的权重

| 指标 | 乡村低碳用能 | 生活节能 | 废弃物处理利用 | 乡村低碳发展理念 |
|----|--------|------|---------|----------|
| 权重 | 0.30   | 0.22 | 0.24    | 0.24     |

低碳村庄评价体系评分结果为 100 分制，每个评价指标根据评估及核算方法进行独立打分。结合上述指标权重设定，同样方法再对 15 个二级指标权重进行计算，最终各评价指标权重及分值见表 4-4 所示。

表 4-4 低碳村庄评价体系权重计算结果及评价分值

| 一级指标（权重）         | 二级指标（权重）              | 评价分值 |
|------------------|-----------------------|------|
| 1、乡村低碳用能（0.30）   | 1）人均生活用能消费量（0.10）     | 10   |
|                  | 2）人均碳排放水平（0.10）       | 10   |
|                  | 3）可再生能源替代率（0.10）      | 10   |
| 2、生活节能（0.22）     | 4）节能建筑覆盖率（0.08）       | 8    |
|                  | 5）电气化普及率（0.06）        | 6    |
|                  | 6）绿色交通出行率（0.08）       | 8    |
| 3、废弃物处理利用（0.24）  | 7）生活垃圾处理（0.06）        | 6    |
|                  | 8）生活污水处理（0.06）        | 6    |
|                  | 9）卫生厕所覆盖率（0.06）       | 6    |
|                  | 10）低碳农业生产（0.06）       | 6    |
| 4、乡村低碳发展理念（0.24） | 11）村庄绿化覆盖率（0.04）      | 4    |
|                  | 12）低碳村庄建设方案（0.02）     | 2    |
|                  | 13）低碳宣传与居民参与认知度（0.06） | 6    |
|                  | 14）低碳村庄长效管理机制（0.08）   | 8    |
|                  | 15）低碳可持续发展（0.04）      | 4    |

**\*注：**由于我国国土面积广阔，区域气候差异性较大，所以针对一级指标中的乡村低碳用能根据区域划分边界，分别制定评价基准值（详见下文评分标准说明）。因此，此评价指标体系可用于全国乡村低碳发展效果评价。

## 五、评价方法说明

### （一）评价的对象与边界

省、市、县、乡（镇）、村是中国五大行政区划等级，通常在村一级行政区划内，根据生产生活条件需求，自然形成了若干个人类固定聚落地，一般称为村庄或村屯，根据居住形式，可分为常见的定居聚落和游牧性质的季节性聚落等，根据平面形态，可分为团聚型和散落型。低碳村庄评价方法及指标体系应用对象为中国广大农村地区的村庄，主要适用于定居群落及团聚型村庄类型，该区域人口居住相对集中，由成片的居民房屋构成建筑群，村庄房屋建筑密度相对较大。

低碳村庄评价方法及指标体系应用边界范围，主要针对村庄居住住宅区、村庄公共设施、农业生产和居民日常休闲活动区域，不包括村庄区划内的工业生产等区域。

### （二）评分细则说明

#### 1、生活用能消费量：

**计算方法：**根据相关部门数据，结合现场调研和抽样调查结果，进行定性定量分析。根据 2015 年制定颁布的《全国农村可再生能源统计报表制度》中折标煤系数计算方法，折标准煤测算计量。人均生活用能消费量（kgce）=（居民电力消费量（MWh）×0.3090+居民煤炭消费量（t）×0.7143+居民液化石油气消费量（t）×1.7143+……）×1000÷村庄居民人口数量。其中，村庄区域内部分农户可能存在的家庭式手工作坊、农户庭院内的种养殖、小型商业经营等形式，所产生的生产活动能源消费暂不纳入核算范围内。

表 5-1 主要能源资源标煤折算表

| 类型 | 单位  | 折标准煤系数/tce |
|----|-----|------------|
| 电力 | MWh | 0.3090     |

|       |                     |                       |
|-------|---------------------|-----------------------|
| 煤炭    | t                   | 0.7143                |
| 液化石油气 | t                   | 1.7143                |
| 生物天然气 | m <sup>3</sup>      | 1.33×10 <sup>-3</sup> |
| 太阳能光热 | 集热面积/m <sup>2</sup> | 0.1200                |
| 薪柴/秸秆 | t                   | 0.5290                |

此外，根据区域划分的边界，科学制定人均生活用能消费量评价基准值，进而分别评价人均生活用能消费强度的等级。根据低碳村庄人均生活用能消费量，以低碳村庄评价年度的我国不同区域划分省份的农村居民人均生活用能消费量平均值作为基准值，如该数据较难获取，可参考 2014 年我国不同区域省份人均生活用能消费量平均值的调研数据作为基准值（见表 5-2），将村庄人均生活用能消费量按照所在区域边界的划分，分别设定基准值，分层次并结合差额递减方式，进行评分。

表 5-2 不同区域划分农村人均生活用能消费量参考值

| 区域划分       | 参考基准值 (kgce) |
|------------|--------------|
| 东北地区       | 802.3        |
| 西北地区       | 453.7        |
| 华北地区       | 566.0        |
| 东南和长江中下游地区 | 360.4        |
| 西南地区       | 298.8        |

### 评分方法（共 10 分）：

人均生活用能消费量（kgce/人/年）：≤村庄所在区域参考值，10 分；>村庄所在区域参考值，超过参考值每增加 20kgce/人，梯次递减 1 分，直至扣完此项得分。

### 2) 人均碳排放水平：

**计算方法：**采用现场调研和抽样调查方法，结合 1) 生活用能消费量中，居民生活照明、炊事、采暖、制冷等主要用能消费方式、消费量等数据结果，通过能源碳排放因子，进行碳排放水平核算。其中，农村生产用能，及村庄区域内部分农户存在的家庭式手工作坊、农户

庭院内的种养殖、小型商业经营等形式，所产生的生产活动碳排放暂不在核算范围内。化石燃料燃烧 CO<sub>2</sub> 排放因子可通过基于燃料特性的计算方法获得，碳排放因子=单位热值含碳量×碳氧化率（%）×44÷12，如无法获得各类型燃料热值含碳量、碳氧化率、能源设备具体参数等数据或实际测量结果，可参考相关能源碳排放系数（详情见表 5-3 中所示）进行核算，人均碳排放水平（tCO<sub>2</sub>）=（居民化石能源电力消费量（MWh）×1.0826+居民煤炭消费量（t）×2.6400+居民液化石油气消费量（t）×3.1200+… …）÷村庄居民人口数量。

表 5-3 主要能源二氧化碳排放系数表

| 类型        | 单位                               | 排放系数          |
|-----------|----------------------------------|---------------|
| 煤炭        | tCO <sub>2</sub> /t              | 2.6400        |
| 火力发电*     | tCO <sub>2</sub> /MWh            | 0.5271-0.8843 |
| 燃煤集中供热    | tCO <sub>2</sub> /GJ             | 0.110         |
| 液化石油气     | tCO <sub>2</sub> /t              | 3.1200        |
| 秸秆/薪柴低值利用 | tCO <sub>2</sub> /t              | 1.9551        |
| 太阳能热水器    | tCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | 0.2880        |
| 生物质发电     | tCO <sub>2</sub> /MWh            | 0.017         |
| 风电        | tCO <sub>2</sub> /MWh            | 0.012         |
| 太阳能光伏发电   | tCO <sub>2</sub> /MWh            | 0.048         |
| 水电        | tCO <sub>2</sub> /MWh            | 0.004         |

注：根据 2012 年中国不同区域电网平均 CO<sub>2</sub> 排放因子情况，可选定相应区域排放因子进行核算。其中，华北地区 0.8843；东北地区 0.7769；东南和长江中下游地区 0.5257；西北地区 0.6671；西南地区 0.5271。

此外，我国国土面积广阔，区域气候差异性较大，低碳村庄人均碳排放水平应根据区域划分的边界，分别制定评价基准值。可根据低碳村庄人均碳排放水平，同时结合评价年度的《中国能源统计年鉴》等资料，将村庄所在省份的农村居民人均碳排放水平作为评价基准值。如该数据较难获取，可参考 2014 年我国不同区域省份人均碳排放水平平均值的调研数据作为基准值（见表 5-4），将村庄人均碳排放量按照所在区域边界的划分，分别设定基准值，分层次并结合差额递减方式，进行评分。

表 5-4 不同区域划分农村人均碳排放量参考值

| 区域划分       | 参考基准值 (tCO <sub>2</sub> ) |
|------------|---------------------------|
| 华北地区       | 0.30                      |
| 东北地区       | 0.21                      |
| 东南和长江中下游地区 | 0.50                      |
| 西北地区       | 0.15                      |
| 西南地区       | 0.34                      |

### 评分方法（共 10 分）：

人均碳排放量 (tCO<sub>2</sub>/年)：≤村庄所在区域参考值，10 分；>村庄所在区域参考值，每超过参考值 0.02tCO<sub>2</sub>/年，梯次递减 1 分，直至扣完此项得分。

### 3) 可再生能源替代率：

**计算方法：**基于“1) 生活用能消费量”的相关调研统计的数据及核算结果，梳理村庄居民住宅及公共设施可再生能源开发利用和年消费量。可再生能源替代率 (%) = 可再生能源消费量 (tce) ÷ (生活用能消费量 (tce) + 公共设施用能消费量 (tce)) × 100%。其中，能源资源标煤折算参考国家农业农村部 2015 年制定颁布的《全国农村可再生能源统计报表制度》中折标煤系数计算方法，进行测算计量；可再生能源资源开发利用的确认划分中，生物质清洁燃料、生物天然气、太阳能热水器等资源的消费量，以及太阳能、风能、水能、生物质能等可再生能源电力的直接开发利用，可根据生活用能消费调研获取的数据直接进行统计；薪柴秸秆在传统炉灶中直燃低效利用，不纳入可再生能源消费量部分的计算中；可再生能源电力消费量中，如可再生能源电力为非直接开发利用，而是开发并网后由国家电网系统接入进行消费，该部分电力应归入国家电网电力消费进行统计，按照《全国可再生能源电力发展检测评估报告》中本省可再生能源电力消纳比重，进行核算。最终，根据低碳村庄可再生能源替代率，分 7

个层次进行考核评分。

**评分方法（共 10 分）：**

可再生能源替代率（%）：≥80%，10 分；80%—60%，8 分；60%—40%，6 分；40%—20%，4 分；20%—10%，2 分；<10%，0 分。

**4）节能建筑覆盖率**

**计算方法：**根据住建部门、村委会等相关部门数据，结合现场调研和抽样调查结果，通过专家评定，确定村庄住宅设施所采用的建筑节能主要方式，包括围护保温改造、吊顶、门斗、暖廊、节能门窗、节能砖等措施（不包括太阳能、热泵、空调等建筑设备节能技术措施），进行定性定量分析，核算评估低碳村庄居民住宅建筑节能效率提升百分比，对达到国家节能建筑改造标准的，其相应建筑面积给予认定。  
 $\text{节能建筑覆盖率（\%）} = \text{达到节能建筑标准的建筑面积（平方米）} \div \text{建筑设施总面积（平方米）} \times 100\%$ 。

其中，节能建筑认定可参考《农村居住建筑节能设计标准》GB/T50824-2013、《严寒和寒冷地区农村居住建筑节能改造技术规程》T/CECS741-2020 等现行国家标准中的有关要求，作为评估认定依据。如村庄该数据获取或认定难度较大，可参考不同措施建筑节能方式节能效率（见表 5-5）数值范围，通过评审专家评估赋值，农村房屋能效提升率达到 30%以上，或住宅单位面积采暖能耗热负荷满足 35W/m<sup>2</sup> 以下，即可认定为节能建筑。根据低碳村庄区域节能建筑覆盖率，分五个层次进行评分。

表 5-5 主要建筑节能方式节能效率表

| 类型 | 北方采暖地区  | 南方不采暖地区 |
|----|---------|---------|
| 门窗 | 8%-15%  | 8%-15%  |
| 屋面 | 10%-25% | 10%-20% |
| 外墙 | 15%-25% | 10%-20% |



此外,进一步确定村庄区域内,结构已严重损坏或承重构件已属危险构件,随时有倒塌可能,丧失结构稳定和承载能力,不能保证居住和使用安全的房屋。危房比例(%)=危房建筑面积(平方米)÷建筑设施总面积(万平方米)×100%。根据危房比例,超过相应数值,采用一票否决,追加评分标准。

#### **评分方法(共8分):**

节能建筑覆盖率: ≥50%, 8分; 50%—30%, 6分; 30%—10%, 4分; 10%—0%, 2分; 无节能建筑, 0分。

危房建筑比例: ≥15%, 一票否决, 0分。

#### **5) 电气化普及率**

**计算方法:** 根据村委会提供的相关数据, 结合现场调研和抽样调查结果, 进行定性定量统计。电气化普及率(%)=村域内炊事、采暖、洗浴用电设备数量÷炊事、采暖、洗浴用能设备总数量×100%。根据电气化普及率, 分四个层次进行评分。

#### **评分方法(共6分):**

电气化普及率(%): ≥90%, 6分; 90%—60%, 4分; 60%—40%, 2分; <40%, 0分。

#### **6) 绿色交通出行率**

**计算方法:** 通过现场考核评判, 采用主观评价法, 对村庄道路交通系统及便捷性进行评价, 主要包括5项评价内容, 按照评价指标内容的达标数量, 划分为优秀、良好、一般、较差4个层次, 进行评分。

此外, 通过现场调研和抽样调查结果, 统计居民出行情况, 结合村庄内街道最远直线距离, 以及村庄至中心村镇、县城、地市的直线距离, 对抽样农户居民出行次数、所到地点、出行方式进行定性定量

分析核算，包括公共汽车、火车、飞机等公共交通，私家新能源车辆，燃油汽车、摩托车等私家化石能源车辆，步行及非机动车辆等，绿色出行覆盖率（%）=（公共交通出行次数×里程数/次+新能源交通工具出行次数×里程数/次+步行及非机动车出行次数×里程数/次）（户<sub>1</sub>+户<sub>2</sub>+户<sub>3</sub>+……）÷（公共交通里程数/年+新能源交通工具里程数/年+化石能源交通工具里程数/年+步行及非机动车出行里程数/年）（户<sub>1</sub>+户<sub>2</sub>+户<sub>3</sub>+……）。针对低碳村庄居民绿色出行覆盖率，分4个层次进行评分。

#### 评分方法（共8分）：

道路交通系统及便捷性：优秀，5项全部采用，4分；良好，3-4项采用，3分；一般，1-2项采用，2分；较差，全部未采用，0分。

绿色出行率：≥60%，4分；60%—40%，2分；40%—20%，2分；<20%，0分。

### 7) 生活垃圾处理

**计算方法：**根据环卫部门、村委会等相关部门的数据，结合现场抽查与调研，分析评价村庄生活垃圾收集转运体系建立情况，并核算生活垃圾无害化处理情况，生活垃圾无害化处理率（%）=生活垃圾无害化处理量（吨）/生活垃圾产生总量（吨）×100%。根据生活垃圾分类收集与转运处理情况，生活垃圾无害化处理率，分为两个水平，统一进行评价。此外，根据有无生活垃圾在村庄区域内随意丢弃，并造成区域生态环境污染现象的，采用一票否决，追加评分标准。

#### 评分方法（共6分）：

垃圾分类收集与处理情况：良好，有垃圾分类收集设施并使用，具有有效的无害化处理或转运措施，2分；一般，生活垃圾未能做到分类收集，但具有有效的无害化处理或转运措施，1分；较差，无垃

圾分类收集设施，未能做到全程的垃圾无害化收集处理，0分。

生活垃圾无害化处理率(%)：≥80%，4分；80%—60%，2分；60%—40%，1分；<40%，0分。

如存在生活垃圾随意丢弃，并造成区域生态环境污染的，一票否决，0分。

## 8) 生活污水处理

**计算方法：**根据自来水、环境、卫生、村委会等相关部门的数据，结合现场抽查及调研情况，确定村庄生活污水收集方式，有无污水管网、污水分户/集中收集设施，有无污水无序排放的现象，以及采用的生活污水无害化处理技术，包括化粪池、生态塘、人工湿地、地下渗滤、活性污泥等。通过定量定性分析，核算生活污水无害化处理覆盖率，生活污水处理覆盖率(%)=生活污水无害化处理量(吨)/居民生活污水产生总量(吨)×100%。根据生活污水处理覆盖率，分5个层次，进行评价。此外，根据有无生活污水在村庄区域内随意排放，甚至造成饮用水水源或区域生态环境污染现象的，采用一票否决，追加评分标准。

### 评分方法（共6分）：

生活污水处理覆盖率(%)：≥80%，6分；80%—60%，4分；60%—40%，2分；40%—20%，1分；<20%，0分。

如存在生活污水直接排放或丢弃，并造成区域饮用水水源或生态环境污染的，一票否决，0分。

## 9) 卫生厕所覆盖率

**计算方法：**根据农业、卫生、村委会等相关部门的数据，结合现场抽查及调研情况，确定村庄厕所数量、达到卫生厕所标准的设施数

量及收集处理方式，包括双瓮漏斗式、三格化粪池式、沼气池式、粪尿收集式、无水堆肥式、双坑交替式等，核算卫生厕所覆盖率。卫生厕所覆盖率(%)=(农户家庭卫生厕所数量+公共建筑卫生厕所数量+室外公共卫生厕所数量)÷村庄厕所总数量×100%。根据卫生厕所覆盖率，分5个层次，进行评价。此外，对有粪尿直接排放丢弃，并造成区域人居环境及生态环境污染影响的，采用一票否决。

#### **评分方法（共6分）：**

卫生厕所覆盖率(%)：≥90%，6分；90%—70%，4分；70%—50%，2分；50%—30%，1分；<30%，0分。

如存在粪污直接排放或丢弃，并造成区域人居环境和或生态环境污染影响的，一票否决，0分。

### **10) 低碳农业生产**

**评价方法：**采用查阅资料，结合现场抽查与调研。通过定量定性分析，核算村庄的秸秆和污粪的综合利用率。农作物秸秆综合利用率(%)=秸秆利用量÷秸秆产生总量×100%。畜禽粪污的处理率(%)=粪污处理量÷粪污排放量×100%，分别划分5层次，进行评分。

#### **评分方法（共6分）：**

农作物秸秆综合利用率(%)：≥80%，3分；80%—60%，2分；60%—40%，1分；<40%，0分。

粪污处理率(%)：≥80%，3分；80%—60%，2分；60%—40%，1分；<40%，0分

### **11) 村庄绿化覆盖率**

**计算方法：**根据园林、生态资源、村委会等相关部门数据，村庄绿化覆盖率(%)=生态资源及园林绿化覆盖面积(万平方米)÷建成区

总面积(万平方米) $\times 100\%$ 。其中,覆盖率是指例如乔木、灌木、草坪等所有资源或植被的垂直投影面积,乔木树冠下重叠的灌木和草本植物不做重复计算。根据村庄绿化覆盖率,分3个层次,进行评分。

**评分方法(共4分):**

村庄绿化覆盖率(%):  $\geq 40\%$ , 4分;  $40\% - 20\%$ , 2分;  $< 20\%$ , 1分。

**12) 低碳村庄建设方案**

**评价方法:**采用查阅资料与现场评判的主观评价方法,对低碳村庄相关建设实施方案进行分析评价,可划分为较好、一般、较差3个层次,进行评分。

**评分方法(共2分):**

良好(有实施方案,符合低碳发展理念并具备可操作性), 2分;  
一般(有实施方案,但相关低碳发展理念的体现或方案的可操作性相对一般或较差), 1分; 较差(无实施方案), 0分。

**13) 低碳宣传与居民参与认知度**

**评价方法:**采用查阅资料与现场评判的主观评价方法,可划分为良好、一般、较差3个层次,进行评分。

**评分方法(共6分):**

良好(居民对低碳发展认知较深、积极参与和配合低碳建设) 6分;  
一般(对低碳发展具有一定认识,参与低碳建设相对被动) 3分;  
较差(对低碳发展与建设无兴趣,甚至有一定抵触情绪) 0分。

**14) 低碳村庄长效管理机制**

**评价方法:**采用查阅资料与现场评判的主观评价方法。重点关注和评价低碳村庄是否建立了相关的设施维护、技术服务、村容秩序、

绿化亮化、环境卫生等方面的相关管理制度；是否配套建立了相关支持政策、补贴政策、金融政策等方面的相关政策机制；是否针对市场主体与市场化运营发展提出了相关的原料保供、企业支持、市场培育等方面的运行策略。对相关长效管理机制，分 3 个水平，分别划分评价层次，进行评分。

#### **评分方法（共 8 分）：**

管理制度：优秀（制度完备，长效适宜性强），3 分；良好（制度较完备，长效适宜性较强），2 分；一般（制度较完备，长效适宜性不强），1 分；较差（缺乏管理制度），0 分。

政策机制：优秀（配套机制完备，有效性强），3 分；良好（配套机制较完备，有效性较强），2 分；一般（配套机制较完备，有效性不强），1 分；较差（缺乏配套机制），0 分。

运行策略：良好（策略完善，能够促进企业及市场发展），2 分；一般（较完善，能够一定程度促进企业及市场发展），1 分；较差（缺乏长效策略，企业及市场无序运行发展），0 分。

#### **15) 低碳可持续发展**

**计算方法：**采用查阅资料与现场评判的主观评价方法，结合现场调研情况，分析研判低碳村庄可再生能源利用项目与区域能源资源禀赋的契合度，以及能源资源获得的便宜性，确立可再生能源利用开发与区域产业发展的融合程度，例如太阳能开发与棚室蔬菜种植产业的协同应用、沼气生物天然气开发与沼渣沼液肥料还田利用、生物质发电/供暖与生物质灰基还田利用等。同时，对可再生能源项目开发主体项目进行调研（优先选择电力、采暖或炊事的分布式可再生能源开发供能项目工程），综合考虑项目投资成本、项目周期、主要设备

设施生命周期、能源年供应生产成本、能源销售收益等情况，净现值：

$$NPV = \sum_{i=1}^{n(\text{生命周期})} \frac{\text{第}t\text{年净现金流量}}{(1 + \text{基准收益率}\%)^t} - \text{初始投资额}$$

其中某年净现金流量限制一般为去除项目能源供应生产成本的能源供应消费纯利润。根据能源资源获得便宜性、产业融合情况、净现值 NPV 值，分三个水平，分别进行评分。

**评分方法（共 4 分）：**

资源获得便宜性：是，1 分；否，0 分；

产业融合：是，1 分；否，0 分；

项目净现值 NPV：正值，2 分；值为零，1 分；负值，0 分。

**（三）评价结果与等级划分**

参考北京市低碳社区评价指标体系等级划分标准，评价结果与等级划分按评分总和分为 4 个等级（见表 5-6），其中总分 100—80（含 80）分为优秀、80—70（含 70）分为良好、70—60（含 60）分为一般，总分低于 60 分，认定不符合低碳村庄标准或要求。

表 5-6 低碳村庄评价结果

| 等级 | 优秀     | 良好    | 一般    | 不符合  |
|----|--------|-------|-------|------|
| 分数 | 100—80 | 80—70 | 70—60 | 60—0 |

**六、低碳村庄试点示范评估及模式总结**

本项目选择东北、华北、西北和东南及长江中下游等地区 10 个典型村庄，开展以沼气、秸秆能源化、太阳能等可再生能源为主的低碳村庄试点示范，并采用现场调研与问卷调查相结合方法，对示范村常驻人口、乡村生活能源消费特征、废弃物处理利用、低碳发展理念等数据资料进行采集。根据前期构建的低碳村庄评价指标，对示范村低碳发展水平进行评价。同时根据评价的结果，结合示范村采取的可

再生能源利用技术模式，总结形成了适宜不同地区的低碳村庄建设路径与技术模式。

## （一）东北地区

### 1. 示范村建设情况

在东北地区选取具有代表性的 4 个村屯作为示范点，分别为黑龙江省肇东市五站镇东安村、黑龙江省海伦市海北村、辽宁省朝阳市贾家店农场（一分场）和吉林省敦化市雁鸣湖镇小山嘴子村，开展低碳村庄示范效果评估。

贾家店农场一分场，总面积 7110 亩，其中居住及公共服务设施面积 110 亩，耕地面积 5100 亩，林地面积 1900 亩。下辖 9 个村民组，户籍人口数 2696 人。建成分布式太阳能光伏总装机容量 518.7 千瓦，实现年发电量 76.9 万千瓦时，年上网电量 38.9 万千瓦时；推广太阳能-生物质能生光互补采暖项目 24 户，生物质炊事采暖炉具及智能控温颗粒燃烧热风炉 494 户，提升高效节能炕连灶 400 户；改造提升贾家店农场一分场现有生物质成型燃料厂，实现年产生物质成型燃料 2000t~3000t；新增安装太阳能灯 350 盏，太阳能庭院灯 10 盏，草坪灯 30 盏；拟新增安装 155 台真空管式家用太阳能热水器。

肇东市五站镇东安村南距省城哈尔滨 23 公里，北距肇东市区 25 公里，全村共有 14 个自然屯，常住户数 1742 户，常住人口 6992 人。其中五站镇东安村对王屯共有 104 户，317 口人。全村现有耕地 32400 亩，2020 年村集体收入 159.96 万元，人均可支配收入达 1.8 万元，自来水入户率达 100%，砖瓦化率达 98%，道路硬化率达 96%。近年来，东安村先后被省委、省政府确定为全省首批新农村建设重点示范村。东安村地处哈尔滨近郊，土地面积大，玉米秸秆资源丰富，大量秸秆



无法得到利用，因此秸秆的利用问题亟待解决。2018 年开始利用秸秆直燃锅炉供暖替代原有的煤炭锅炉，实现 90%以上的秸秆得到资源化利用目标，秸秆焚烧问题得到充分解决，降低了秸秆直燃排放不达标的风险，燃煤使用量降低 100%，硫化物、氮氧化物的排放量大幅降低，使村内空气环境得到显著提升，农村生活环境得到明显改善。

海北村共 2720 户，总人口 5935 人，下辖两个自然屯，17 个村民小组，现有土地面积 31278 亩，林地面积 1237 亩，机动地面积 1292 亩，主要以玉米及大豆作物种植为主，其中玉米种植面积 9678 亩、水稻 2400 亩、大豆 19200 亩，年产秸秆量约 18800 吨。农户日常生活能源及其他项目开销主要包括电、液化气、采暖费及垃圾污水处理等费用支出，户均生活用电约 1150 度，液化气 45 公斤，采暖费用为 36.2 元/平方米，户均冬季采暖费约 2700 元，占用能总支出的 74%。通过项目实施，海北村针对集中供暖锅炉进行全面改造，采用秸秆整捆破碎直燃技术，新上一台 14MW 直燃生物质锅炉，替代了 10 吨老式燃煤锅炉热源，同时，增设秸秆生物质收储场地 1 处，改造秸秆破包设备，锅炉温控监测，电机、风机、除尘器等配套设施一套，项目实施后，全村清洁采暖面积增至 23.5 万平方米，并将全镇公共设施纳入集中清洁供暖，其中户用住宅采暖面积约为 16.5 万平米，商服及其他公共设施采暖面积达近 7 万平米。一个采暖期，可消耗区域作物秸秆 1.48 万吨，占全村秸秆总量的 78.8%，全村秸秆综合利用量已达到 95%以上。

小山嘴子村面积 20.1 平方公里，其中耕地面积 1644 公顷，林地面积 138 公顷，水域面积 450 公顷。下辖小山组、董家沟组、老营沟组 3 个自然村屯，户籍人口数 1065 人。建成分布式光伏总装机容量

量 625kW，可实现年发电量 91.25 万千瓦时，采用“自发自用、余电上网”的并网模式，除去自用电后，年上网电量 68.55 万千瓦时；投入生物质智能采暖炉 125 台/套，全面改造现有的燃煤土灶。

## 2. 示范村低碳建设水平评估

主要调查内容包括常驻人口，乡村生活能源消费特征、废弃物处理利用、低碳发展理念等。着重分析研究村域内清洁能源的使用情况，包括生物质成型燃料、沼气、生物质发电、光伏发电、太阳能光热等消费方式类别、消耗量及主要用途。通过对低碳路径和效益的分析，再利用评价指标进行低碳村庄建设水平的核算。涉及的数据主要来自于现场调研，其余补充数据来自于各地区的政府公开文件、文献资料、中国能源统计年鉴等。通过充分的查阅资料，了解镇街相关统计数据、文献资料数据等，选取、分析和引用，为评价提供参考，并根据构建的低碳村庄指标进行综合评价。各村评价得分见下表：

表 6-1 东北地区低碳村庄指标体系计算结果

| 二级指标             | 东安村 | 海北村 | 贾家店农场 | 小山嘴子村 |
|------------------|-----|-----|-------|-------|
| 1) 人均生活用能消费量     | 10  | 5   | 10    | 10    |
| 2) 人均碳排放水平       | 0   | 0   | 0     | 0     |
| 3) 可再生能源替代率      | 8   | 4   | 6     | 8     |
| 4) 节能建筑覆盖率       | 4   | 2   | 2     | 2     |
| 5) 电气化普及率        | 4   | 6   | 6     | 4     |
| 6) 绿色交通出行率       | 6   | 8   | 4     | 8     |
| 7) 生活垃圾处理        | 6   | 6   | 6     | 6     |
| 8) 生活污水处理        | 6   | 6   | 6     | 6     |
| 9) 卫生厕所覆盖率       | 6   | 6   | 6     | 6     |
| 10) 低碳农业生产       | 6   | 6   | 6     | 6     |
| 11) 村庄绿化覆盖率      | 2   | 1   | 4     | 4     |
| 12) 低碳村庄建设方案     | 2   | 2   | 2     | 2     |
| 13) 低碳宣传与居民参与认知度 | 6   | 3   | 6     | 6     |
| 14) 低碳村庄长效管理机制   | 8   | 7   | 6     | 6     |
| 15) 低碳可持续发展      | 4   | 4   | 4     | 4     |
| 总计               | 78  | 66  | 74    | 78    |

根据指标体系计算结果，东北地区的这四个村的低碳建设效果良

好。从指标体系的计算结果可以看出东北地区人均碳排放量超过评价标准，这一原因主要取决于取暖时间长导致，对于东北地区低碳村庄建设，应充分结合区域气候特征、资源禀赋与经济社会发展特点，因地制宜地发展秸秆压块成型燃料、秸秆打捆直燃等秸秆能源化利用技术，辅以建筑节能改造，从而高效解决农村采暖清洁用能需求，提高能源利用效率，降低农村生活用能消费量。同时，有序推广太阳能光伏、风能发电、太阳能热利用等可再生能源技术，挖掘农村能源碳减排潜力，引导并提升农村清洁能源消费比例，构建方便灵活、清洁供应、节约用能、可持续发展的农村生活用能体系。

### 3. 低碳路径与技术模式总结凝练

在贾家店农场、小山嘴子村等以传统独栋单层建筑作为住宅的农户地区，居住密度较小，结合当地农作物秸秆及林业薪柴丰富的特点，形成了成型燃料+清洁炉具分布式清洁取暖为主的技术模式；在海北村等多层住宅楼，或独栋单层平房及多层商住一体等形式的乡镇中心村，形成了秸秆打捆直燃集中供暖供热为主的技术模式。

#### ①模式简介

**秸秆打捆直燃集中供暖供热模式**是将打成捆的秸秆，在新型专用锅炉内直接燃烧，替代燃煤，为社区、乡镇政府、学校、医院、敬老院等提供集中供暖，为工农业生产提供集中供热的清洁能源供应模式。主要通过机械作业，将田间秸秆收集、打成捆后，配送至秸秆供暖站（运输半径一般 20 公里以内），经秸秆打捆直燃锅炉直接燃烧，进行集中供暖，秸秆燃烧后产生的灰分进行还田利用。秸秆打捆直燃锅炉采取持续进料燃烧供暖方式，利用水箱温度自动控制进料量、进风量，从而控制燃烧速度，保证农户室内温度不低于 18℃。

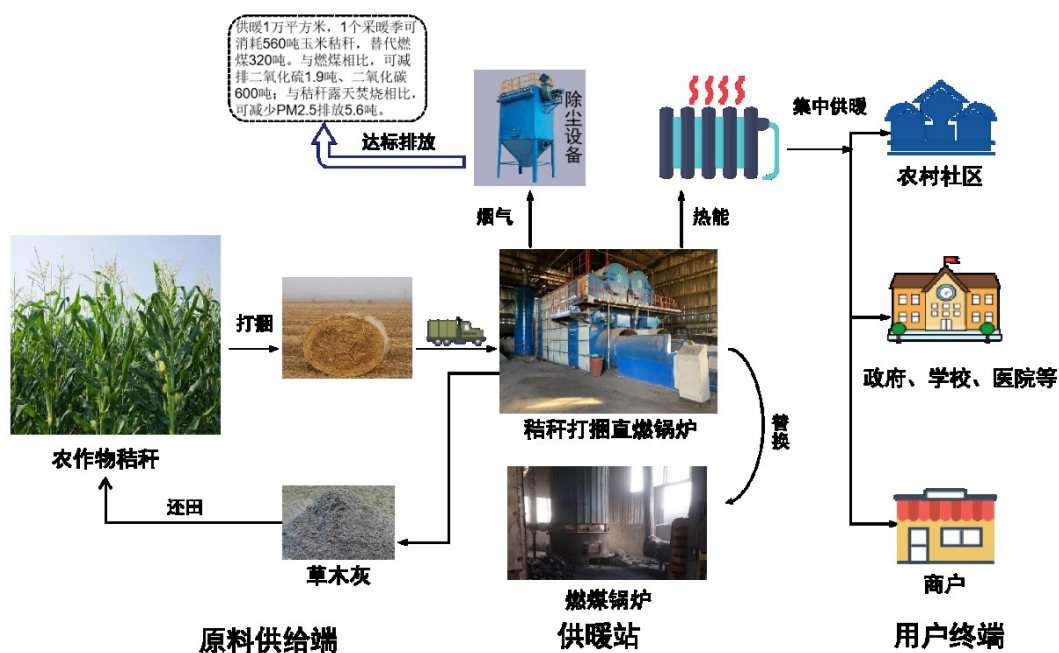


图 6-1 秸秆打捆直燃集中供暖模式示意图

该模式适宜于东北地区和淮海、西北等地粮食主产区推广，这些地区秸秆量大，冬季寒冷，供暖期长。

**成型燃料+清洁炉具分布式清洁取暖技术模式**是将秸秆、玉米芯、稻壳、花生壳等农林废弃物收集、破碎粉碎干燥后，通过成型机物理压缩为颗粒或块（棒）状燃料，替代煤炭，用于户用清洁炉具或供暖锅炉使用，特别适用于“煤改电”“煤改气”难以覆盖的农户分散取暖、分布式集中供热，秸秆燃烧后产生的灰分进行还田利用。



6-2 图成型燃料+清洁炉具或生物质锅炉清洁供暖示意图

该模式适宜于冬季有取暖需求、秸秆资源量大的西北、华北和东北等地区的经济条件较好农户中推广。

此外，以上两种模式还可根据需与建筑节能、分布式太阳能光伏技术相结合。建筑节能是通过建筑围护结构的节能改造，包括住宅房屋北向外墙或山墙增设保温板，增设室内保温窗帘等措施，从而使房屋单位面积采暖能耗降至  $21\sim 35\text{W}/\text{m}^2$ ，符合中国农村居住建筑节能设计标准，降低建筑采暖能耗，预计可提升能效  $25\%\sim 30\%$ ；分布式太阳能光伏技术，是充分利用农村住宅及公共建筑的屋顶设施，实现分布式供能。按农村住宅面  $80\sim 100\text{m}^2$  计算，每户屋顶一般可设计安装  $5\text{kw}$  装机规模的太阳能光伏发电系统，配合储能等技术，可与农业生产、农民生活相结合，满足农户用电需求，还可将剩余电能供应周边公共设施及棚室照明用能等。

## ②效益分析

通过技术模式推广，各村环境社会效益明显，农村节能减排能力

得到有效提升，各村冬季采暖煤炭与秸秆资源消耗量将得到显著降低。以采用秸秆打捆直燃集中供暖供热技术的海北村为例，一个采暖季每平米供热费用由 36.2 元降至 32 元，消耗区域秸秆 1.48 万吨，占示范村秸秆总量约 80%，清洁能源使用率达到 89%，替代约 7500 吨标煤，相当于减排二氧化碳 1.87 万吨，二氧化硫 77.7 吨、氮氧化物 16.8 吨、颗粒物 1134 吨，灰渣作为土壤调理剂或肥料原料还田使用，年产生生物质炭灰 2600 吨，可替代化肥 43 吨，减排 CO<sub>2</sub> 约 300 吨；采用成型燃料+清洁炉具分布式清洁取暖技术模式的小山嘴子村，过生物质成型燃料加工和利用，可有效利用秸秆 2000 吨以上，为农户提供炊事取暖的清洁燃料，直接替代煤炭折合 1000 吨标煤以上，间接节省生活取暖支出约 1000 元/户。

## （二）华北地区

### 1. 示范村建设情况

在华北地区选取具有代表性的 2 个村屯作为示范点，分别为河北省临漳县北孔村、天津市八里台镇西小站村，开展低碳村庄示范效果评估。

北孔村位于河北省邯郸市临漳县狄邱乡，有 7 个村民小组，502 户 2291 人。耕地面积 1517 亩，主要种植小麦、玉米等作物，年产秸秆约 5000 吨。农户生活用能主要为电、液化石油气和洁净煤，采暖时间一般从每年 12 月初至次年 2 月底，共 90 天。为实现清洁供暖和人居环境质量提升，该示范点依托原有的大型沼气工程，改造和延伸原有的沼气供气管网，可以满足 475 户集中供气供暖；新装太阳能路灯 160 盏；改造厕所 150 户；修建排水沟 3000 米；新增垃圾桶 100 个。项目实施后，示范点 475 户农户利用沼气完全替代液化石油气和

煤炭等化石能源，实现了炊事取暖用能的清洁低碳，年利用沼气 51.3 万立方米，替代标准煤 360 多吨，减排二氧化碳 910 多吨。通过安装太阳能路灯、改造旱厕、修建排水沟和增置垃圾箱，实现了全村公共设施的绿色照明，有效解决了村内生活污水和垃圾问题，人居环境质量显著提升，村民满意度达 100%。

西小站村庄面积 1861 亩，其中村民宅基地 211 亩。有村民 616 户，户籍人口 1577 人，外来人口 352 人。清光绪年间成村。现有耕地面积 738 亩，其中水稻种植面积 500 亩。该村是天津市首批启动的 100 个乡村振兴示范村创建村之一。近年来，大力推进美丽乡村建设，村庄面貌一新，基础设施和生活设施不断完善。

2. 示范村低碳建设水平评估

主要调查内容包括常驻人口、乡村生活能源消费特征、废弃物处理利用、低碳发展理念等。重点关注村域内清洁能源的使用情况，包括生物质成型燃料、沼气、生物质发电、光伏发电、太阳能光热等消费方式类别、消耗量及主要用途。涉及的数据主要来自于现场调研，部分数据来自各地区政府公开文件、文献资料、中国能源统计年鉴等。对于数据缺失的年份和地区，本项目采用均值代换法、层次分析法对缺失数据进行补充，通过这些数据为评价提供参考，并根据已构建的低碳村庄指标进行综合评价。评价得分见下表：

表 6-2 华北地区低碳村庄指标体系计算结果

| 二级指标         | 北孔村 | 西小站村 |
|--------------|-----|------|
| 1) 人均生活用能消费量 | 10  | 0    |
| 2) 人均碳排放水平   | 10  | 0    |
| 3) 可再生能源替代率  | 10  | 0    |
| 4) 节能建筑覆盖率   | 8   | 4    |
| 5) 电气化普及率    | 4   | 6    |
| 6) 绿色交通出行率   | 8   | 2    |
| 7) 生活垃圾处理    | 6   | 6    |

|                  |    |    |
|------------------|----|----|
| 8) 生活污水处理        | 6  | 6  |
| 9) 卫生厕所覆盖率       | 6  | 6  |
| 10) 低碳农业生产       | 6  | 6  |
| 11) 村庄绿化覆盖率      | 2  | 4  |
| 12) 低碳村庄建设方案     | 2  | 2  |
| 13) 低碳宣传与居民参与认知度 | 3  | 6  |
| 14) 低碳村庄长效管理机制   | 7  | 8  |
| 15) 低碳可持续发展      | 4  | 4  |
| 总计               | 92 | 60 |

根据指标体系计算结果，华北地区的这两个乡村的低碳建设效果分别为优秀和及格，造成差别的主要原因是沼气能源的使用问题。根据调查，没有使用沼气的农户生活用能主要为电和液化石油气，冬季取暖用电或洁净煤。户均年生活用电 1770 度，液化气 165 公斤，冬季取暖用洁净煤 1.5 吨。而沼气集中供气的农户，年用电量 1330 度，平均每天炊事用气 0.5 方，全年炊事用气约 183 立方，冬季取暖平均每天用气 10 立方，三个月平均 900 立方。

虽然西小站村没有使用沼气这一清洁能源，但该乡村低碳转型发展的试点——电力“低碳”计量示范项目正在紧锣密鼓加快实施，该项目基于低压分布式光伏、居民共享充电和生态种植能源计量“三位一体”，立足促进清洁能源消纳，提高农业生产效率，用示范建设推动形成农村绿色高质量发展的新生态。

### 3. 低碳路径与技术模式总结凝练

华北地区农村生活用能低碳发展，应充分结合区域气候特征、资源禀赋与经济社会发展特点，因地制宜地发展沼气技术、辅以建筑节能改造，提高能源利用效率，降低农村生活用能消费量。同时，有序推广太阳能光伏、风能发电、太阳能热利用等可再生能源技术，挖掘农村能源碳减排潜力，引导并提升农村清洁能源消费比例，构建方便灵活、清洁供应、节约用能、可持续发展的农村生活用能体系。根据



对 2 个村评价总结，形成沼气生物天然气集中供气炊事取暖模式。

①模式简介

沼气生物天然气集中供气炊事取暖模式由企业作为建设运营主体，通过发展规模化沼气生物天然气集中供气工程，将畜禽粪污、农作物秸秆等农业废弃物进行资源化利用，产出的沼气提纯成生物天然气供农户炊事取暖，沼渣沼液经深加工制成有机肥，用于粮食果蔬生产。采取公司化运营方式，实行物业化管理，每户安装插卡式燃气计量表收取燃气费用，并开通 24 小时服务热线，定期进行维护检查。沼渣、沼液制取有机肥，或通过田间水肥一体化设施用于农作物种植。

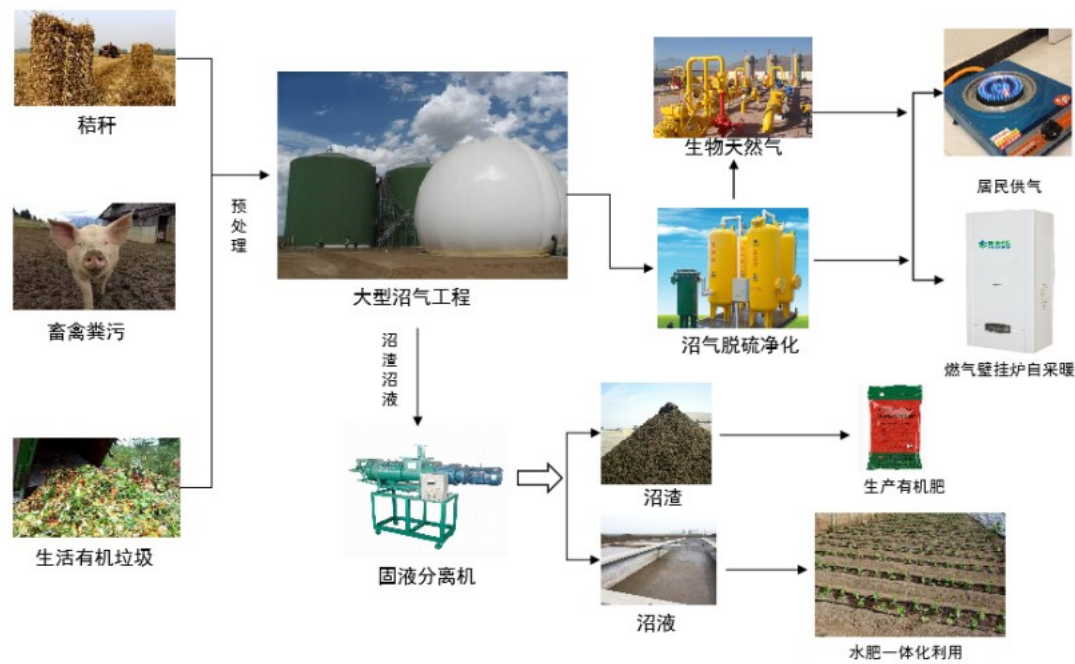


图 6-3 生物天然气集中供气炊事取暖示意图

该模式适宜于农作物秸秆资源丰富、秸秆禁烧压力大、缺少综合利用途径；养殖业发达、畜禽粪污处理难度大；大气污染防治要求高、需替代散煤取暖的地区。

②模式效益分析

模式的生态、社会和经济效益显著。以北孔村为例，该工程年处理农作物秸秆 2 万多吨，畜禽粪污 3000 吨，有效解决了秸秆垃圾乱堆乱放、粪污乱排乱放造成的环境污染问题，提高了农业废弃物的资源化率。以农户取暖为例，据测算，华北地区冬季取暖约三个月，每户每天平均用气 10 立方，三个月共需 900 立方，475 户需要 427500 立方，可替代标煤 305.2 吨，可实现减排二氧化碳 760.86 吨，二氧化硫 3.16 吨，氮氧化物 0.683 吨，颗粒物 1.6 吨。沼气工程投入运行后，农户全年全天候使用管道沼气，供气持续稳定，清洁高效方便，使农民过上了与城市居民一样的现代生活。经入户调查，农户普遍反应，一日三餐全靠使用沼气，一年才用 183 方气，每方沼气 2.2 元，年需要 403 元，比使用液化气一年省 760 多元，经调查农户对项目该技术模式的满意度达到 100%，农民群众生活幸福感明显提升。

### **（三）西北地区**

#### **1. 示范村建设情况**

在西北地区选取具有代表性的 2 个村屯作为示范点，分别为宁夏回族自治区隆德县李士村、甘肃省平凉市静宁县甘沟镇王川村，开展低碳村庄示范效果评估。

李士村在项目实施前，全村太阳能热水器、沼气和太阳灶投放使用全覆盖，但因年久失修，加之以前产品技术问题，53.33%的太阳能热水器无法正常使用，沼气和太阳灶基本失去使用功能；28%的村巷太阳能光伏路灯无法正常使用。2018 年试点采用无烟智能集成暖炕改造 5 户传统土炕，效果明显。通过低碳项目实施，采用电（水）暖炕技术将传统火炕改造为无烟智能集成暖炕，辅助解决了 225 户 675m<sup>2</sup> 的冬季取暖问题；配备 180 间（套）太阳能浴室浴霸等设施，

解决了农户冬天使用太阳能洗澡的难题，提升了太阳能冬季使用率；配备 200 盏太阳能庭院灯，提升太阳能利用率，解决了农户庭院夜间照明问题；维修维护太阳能热水器 120 台（户）和太阳能路灯 13 盏，解决了太阳能热水器和太阳能路灯的正常使用，亮化美化村庄，发挥好示范引领作用。

王川村 2021 年依托甘肃省级财政农村绿色低碳村庄项目。通过财政补助与农户自筹相结合的方式，建成农村居民外墙保温 32 户，户均推广面积达到 75 平方米以上；安装水暖炉 32 户；发放水暖毯 42 铺；安装太阳能路灯 23 盏。外墙保温按设计和标准要求，采取先建后补、以奖代补的方式，由农户自行建设，验收合格后，根据补助面积发放补贴，通过银行帐户兑付到户；水暖炉、水暖毯、太阳能路灯由县能源办统一采购安装。通过项目实施，实现村庄美化亮化净化，村容村貌显著改善；受益户生活舒适化、清洁化、便利化，生产生活条件得到改善，生活质量大幅提升；农村能源设施运营能力和农户清洁用能水平显著提升，形成节能降耗、低碳排放、多元化利用的发展格局。

## 2. 示范村低碳建设水平评估

主要调查内容包括常驻人口、乡村生活能源消费特征、废弃物处理利用、低碳发展理念等。重点关注村域内清洁能源的使用情况，包括生物质成型燃料、沼气、生物质发电、光伏发电、太阳能光热等消费方式类别、消耗量及主要用途。相关数据主要来自于现场调研，部分数据来自各地区的政府公开文件、文献资料、中国能源统计年鉴等。对于数据缺失的年份和地区，本项目采用均值代换法、层次分析法对

缺失数据进行补充，并结合已构建的乡村评价指标进行综合评价。评价得分见下表：

表 6-3 西北地区低碳村庄指标体系计算结果

| 二级指标             | 王川村 | 李士村 |
|------------------|-----|-----|
| 1) 人均生活用能消费量     | 0   | 0   |
| 2) 人均碳排放水平       | 8   | 0   |
| 3) 可再生能源替代率      | 2   | 4   |
| 4) 节能建筑覆盖率       | 2   | 2   |
| 5) 电气化普及率        | 4   | 4   |
| 6) 绿色交通出行率       | 6   | 6   |
| 7) 生活垃圾处理        | 6   | 6   |
| 8) 生活污水处理        | 0   | 6   |
| 9) 卫生厕所覆盖率       | 1   | 6   |
| 10) 低碳农业生产       | 6   | 6   |
| 11) 村庄绿化覆盖率      | 4   | 4   |
| 12) 低碳村庄建设方案     | 2   | 2   |
| 13) 低碳宣传与居民参与认知度 | 3   | 4   |
| 14) 低碳村庄长效管理机制   | 7   | 7   |
| 15) 低碳可持续发展      | 4   | 4   |
| 总计               | 55  | 61  |

根据指标体系计算结果，西北地区的这两个乡村的低碳建设效果处于及格左右。通过指标数据来看，人均能源消费量较大，部分设施需要进一步完善。西北地区纬度高，空气稀薄，结合示范村的运行情况来看，太阳能资源丰富且利用已经比较成熟，当然也面临着一系列挑战，为加快推广应用，国家相关部门还需进一步加大对西北地区发展光伏产业支持力度，大力推进分布式光伏发电、光伏+供暖等适宜西北地区农村用能改善的技术及模式。加快推进屋顶分布式光伏发展，减少碳排放，解决农村冬季清洁供暖问题。

3. 低碳路径与技术模式总结凝练

西北地区农村生活用能低碳发展，应充分结合区域气候特征、资源禀赋与经济社会发展特点，因地制宜地发展太阳能利用技术、辅

建筑节能改造，提高能源利用效率，降低农村生活用能消费量。根据对 2 个村实施效果评价情况，形成太阳能+生物质能清洁炊事取暖技术模式。

①模式简介

**太阳能+生物质能清洁炊事取暖技术模式**是利用太阳能集热器收集太阳热辐射，并集成配套生物质炉具作为辅助热源设备，形成太阳能与生物质能多能契合的炊事取暖模式。同时，引导农户对既有住房墙体进行保温改造和架设太阳能暖廊，实现可再生能源与高效节能取暖设施、住房节能保温一体化清洁取暖。白天太阳能采暖系统通过集热器加热储热水箱中的水，利用循环泵将热水输送到散热器供暖，水温低于 40℃时，智能控制系统自动停止太阳能采暖系统运转，清洁炉具作为辅助热源启动工作，确保农户冬季供热供暖不间断。

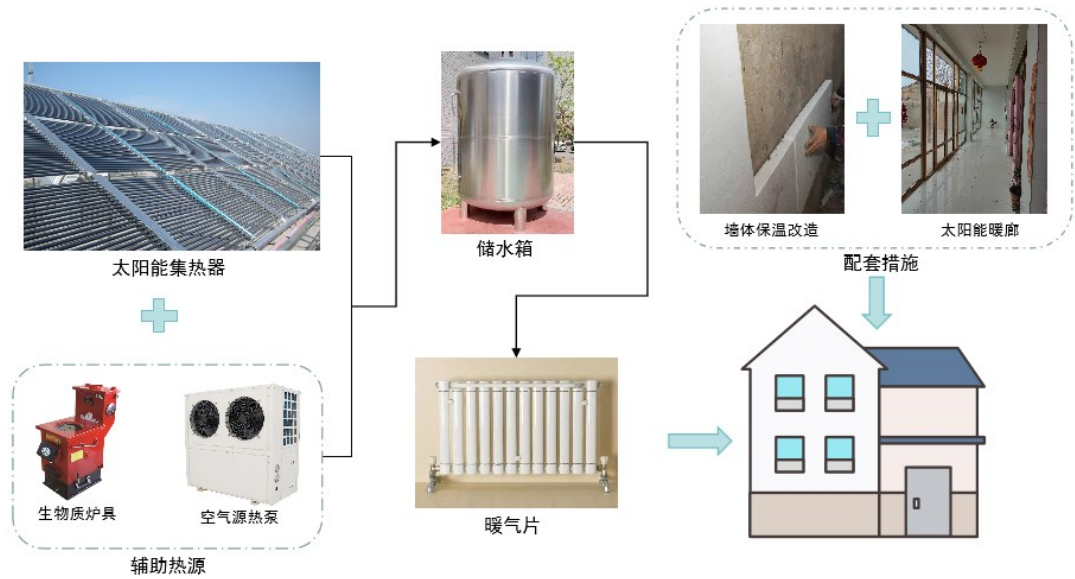


图6-4 太阳能+生物质能清洁炊事取暖技术模式示意图

该模式适用于太阳能资源和生物质资源丰富，农户居住相对分散，以及“煤改电”“煤改气”难以覆盖的地区。

②模式效益分析

模式的生态、社会和经济效益显著。以甘肃省平凉市静宁县甘沟镇王川村为例，项目实施前农户使用燃煤烤火炉取暖，一个取暖季使用煤炭 3 吨，按每吨煤炭 1600 元计算，燃料成本 4800 元。项目建成后，一个取暖季使用生物质成型燃料 1.8 吨，按每吨 1000 元计算，较改造前户均可节约支出 3000 元，同时，减少煤炭等化石能源使用，可减少二氧化碳排放 6.2 吨。通过房屋墙体节能改造，室内温度提升 5-8℃，室内空气质量明显改善，取暖舒适性、安全性、便捷度显著提升。

#### **（四）东南及长江中下游地区**

##### **1. 示范村建设情况**

在东南及长江中下游地区选取具有代表性的 2 个村屯作为样本，分别为浙江省绍兴市枫桥镇永宁村、江西省上饶市横峰县善塘村，开展低碳村庄示范效果评估。

永宁村位于浙江省绍兴市诸暨市枫桥镇南部，由石碓、将军、陈昂、溪东、永联 5 个自然村组成。示范点石碓自然村，共 350 户，1115 人。驻村企业以生猪养殖和农业综合开发为主，拥有万头养殖规模的猪场和千亩蔬菜种植基地，建有 1600 立方米沼气工程 1 处。村内道路照明以太阳能路灯为主，农户洗浴主要靠太阳能热水器，由于年久失修，沼气工程和太阳能利用设施等效率整体不高。为提高可再生能源利用率，改善农村人居环境，示范点以石碓自然村为重点，维修、更换太阳能路灯 24 盏、太阳能热水器 66 台，对沼气工程进行提升改造，铺设完善沼液利用管道 2500 米，改造提升生活污水净化池 3 处。沼气工程产供气能力和太阳能设施利用效率得到明显提升，沼气工程年处理粪污近 4 万吨，产沼气 18.25 万立方米，全年发电约 26 万千

瓦时，为 4000 亩种植基地提供沼液肥 3.78 万吨。

善塘村位于江西省上饶市横峰县港边乡东北部，距离县城 10 公里，全村共有水田 1441 亩、旱地 700 余亩、山林 2000 多亩。主导产业为水稻、红薯和油菜。常年水稻种植面积 800 亩，蔬菜 400 亩，白莲 150 亩；旱地主要种植红薯、油菜，兼顾种植茶树菇、果树等，畜禽养殖主要散养肉鹅、肉鸡。善塘村户用沼气应用起步较早，在上个世纪末就开始推广沼气能源。示范村通过提升改造 220 立方沼气池，建立 60 平方米的发酵原料收集点，收集农作物秸秆、红薯加工后的红薯渣、畜禽粪便和生活有机垃圾，厌氧发酵产生的沼气集中供气给 30 户农户做日常用能。将 1 户有着 40 年历史的户用沼气池进行保护性修复改造，打造沼气历史文化景观。

## 2. 示范村低碳建设水平评估

主要调查内容包括常驻人口、乡村生活能源消费特征、废弃物处理利用、低碳发展理念等。重点关注村域内清洁能源的使用情况，包括生物质成型燃料、沼气、生物质发电、光伏发电、太阳能光热等消费方式类别、消耗量及主要用途。相关数据主要来自于现场调研，部分数据来自各地区的政府公开文件、文献资料、中国能源统计年鉴等。对于数据缺失的年份和地区，本项目采用均值代换法、层次分析法对缺失数据进行补充，并结合已构建的乡村评价指标进行综合评价。评价得分见下表：

表 6-4 华东地区低碳村庄指标体系计算结果

| 二级指标         | 永宁村 | 善塘村 |
|--------------|-----|-----|
| 1) 人均生活用能消费量 | 0   | 10  |
| 2) 人均碳排放水平   | 0   | 10  |
| 3) 可再生能源替代率  | 4   | 2   |
| 4) 节能建筑覆盖率   | 8   | 8   |
| 5) 电气化普及率    | 6   | 4   |

|                  |    |    |
|------------------|----|----|
| 6) 绿色交通出行率       | 8  | 8  |
| 7) 生活垃圾处理        | 6  | 6  |
| 8) 生活污水处理        | 6  | 6  |
| 9) 卫生厕所覆盖率       | 6  | 6  |
| 10) 低碳农业生产       | 6  | 6  |
| 11) 村庄绿化覆盖率      | 4  | 4  |
| 12) 低碳村庄建设方案     | 2  | 2  |
| 13) 低碳宣传与居民参与认知度 | 3  | 3  |
| 14) 低碳村庄长效管理机制   | 7  | 8  |
| 15) 低碳可持续发展      | 4  | 4  |
| 总计               | 70 | 87 |

根据指标体系计算结果，东南及长江中下游地区的这两个乡村的低碳建设效果优良，永宁村人均碳排放水平较高，主要原因是沼气供气不稳定，加上当地百姓富裕，所以人们更愿意使用稳定便捷的液化气，而沼气主要用于驻村企业使用。从东南及长江中下游地区的示范村运行情况看，沼气技术是推进低碳村庄的一项重要手段，特别是以沼气为纽带的生态循环农业技术模式在该地区经过多年实践已经比较成熟，是下一步推进低碳村庄建设的重要支持方向。

### 3. 低碳路径与技术模式总结凝练

东南及长江中下游地区农村生活用能低碳发展，应充分结合区域气候特征、资源禀赋与经济社会发展特点，因地制宜地发展沼气利用技术，降低农村生活用能消费量。通过以沼气工程为纽带，实现种养结合生态循环，既能有效解决畜禽养殖粪污处理难题，又生产了清洁能源沼气和沼渣沼液有机肥，形成“畜禽粪污-沼气-沼液还田”的闭合循环链。根据对 2 个村实施效果评价情况，形成沼气集中供气生态循环技术模式。

#### ①模式简介

**沼气集中供气生态循环技术模式**是以中小型养殖场畜禽粪污、农作物秸秆等农业有机废弃物为原料，通过格栅池除去浮渣后，主要采



用 CSTR 厌氧发酵工艺，配套 PE 专用燃气管埋地敷设等输配管网，经固液分离，生产的沼气供周边农户生产生活用气，生产的沼渣沼液作为有机肥还田，是一种低碳、环保、高效的农村沼气技术模式。既解决了养殖规模 150~500 头的养殖大户畜禽养殖污染问题，又为方圆 2 公里范围内的 50~200 户新村聚居点和新农村综合体提供清洁能源，还为现代绿色农业发展提供优质有机肥。

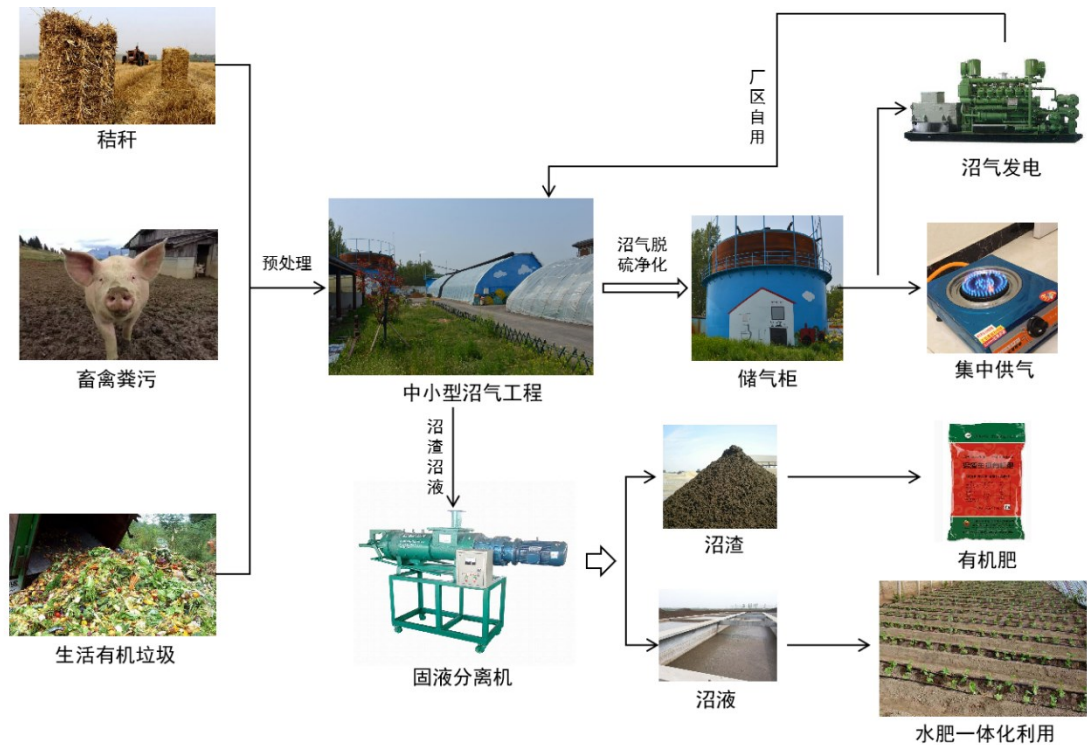


图6-5 沼气集中供气生态循环技术模式示意图

该模式适用于种植业养殖业发达、畜禽粪污处理难，农户居住相对集中的地区。

## ②模式效益分析

模式的生态、社会和经济效益显著。以永宁村为例，以存栏量为 10000 头生猪的养殖场所产生的畜禽粪污为主要原料，以厌氧池容 1600 立方的大型沼气工程为纽带，上联养殖场，下联种植基地，产生的沼气通过沼气发电供养殖场使用，沼液作为优质有机肥供应蔬菜、

水稻及水果种植基地，产出的蔬菜等农产品由企业自营的配送中心直接配送销售，真正实现“养一种一销”生态循环产业链。全年沼气消耗量约 18.25 万立方米，相当于年节省标煤 130.31 吨，实现减排二氧化碳 52.26 吨，二氧化硫 1.34 吨，氮氧化物 0.3 吨，颗粒物 1.95 吨。通过配套建设沼液水肥利用设施，将沼液直接用于 300 亩蔬菜基地、1000 亩水稻基地，其与沼液通过槽罐车运至周边水果或苗木种植基地，年利用沼渣沼液 3.78 万吨，年可节约化肥（以纯氮计）施用量 36 吨，化肥减施效果明显。沼气工程所产沼气主要用于沼气发电，年发电量约 26 万千瓦时，以农业用电价格 0.66 元/千瓦时计算，年可节省电费 17 万元。养殖场内职工全年生活用气量约 7200 立方。如果换成石油液化气，则每年约使用 110 罐，当地石油液化气价格约为 115 元/罐（18 公斤），相当于年节省燃料费用开支 1.3 万元。

## **七、低碳村庄发展意见建议**

近年来，农业农村部实施畜禽粪污资源化利用、果菜茶有机肥替代化肥、东北地区秸秆处理、农膜回收和以长江为重点的水生生物保护等农业绿色发展五大行动，以及农村人居环境整治行动。2021 年，中央办公厅、国务院办公厅印发《农村人居环境整治提升五年行动方案（2021—2025 年）》，提出扎实推进农村厕所革命、加快推进农村生活污水治理、全面提升农村生活垃圾治理水平、推动村容村貌整体提升；国家能源局、农业农村部和国家乡村振兴局印发《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》，提出“十四五”期间建成一批农村能源绿色低碳试点。2022 年，农业农村部会同国家发展改革委印发《农业农村减排固碳实施方案》，提出稻田甲烷减排、化肥减量增效、农田碳汇提升、秸秆综合利用、可再生能源替代等 10 大行动，

推动农业生态低碳转型。从目前与低碳村庄建设相关的政策文件内容来看，现有工作已基本覆盖低碳村庄建设的主要内容，但仍缺少系统的低碳村庄建设标准与路径，涉及低碳村庄项目建设的行动方案多而专项资金少。为推动低碳村庄建设落实落地，结合项目研究成果，提出以下建议。

### **（一）加强顶层设计，合理规划布局**

开展低碳村庄建设，对推进农业农村减排固碳、乡村生态振兴和加快农业农村现代化都具有重要意义。建议国家尽快出台低碳村庄建设的相关指导意见或通知，进一步明确方向路径，重点任务，指导各地因地制宜推广农村可再生能源技术，如东北地区，要发挥秸秆资源优势，重点发展秸秆打捆直燃和成型燃料；西北地区，要注重太阳能与其他清洁能源相结合，发展“太阳能+”的清洁用能工程；华北地区，要围绕清洁燃气供应，重点发展沼气生物天然气和秸秆热解气集中供气。

### **（二）加强合作沟通，构建协调机制**

强化低碳村庄建设统筹协调，构建上下联动、多方协同的工作格局。加强资源整理力度，建立低碳村庄建设的农业农村、发改、生态环境、能源等多部门协作联动机制，深化多部门“链条式”联动协作。通过财政补贴、以奖代补、税收减免等方式加强低碳村庄建设重点领域的优惠支持。充分调动利益相关主体参与低碳村庄建设的积极性，探索各利益主体共同参与的解决方案。

### **（三）开展试点示范，打造一批典型**

结合农业绿色发展、农村人居环境整治、北方地区清洁取暖等重点任务，根据各地资源禀赋，因地制宜推广农村可再生能源技术，开

展多能互补、综合建设。选择群众积极性高、接受能力强和基础设施条件较好的村镇，创建一批低碳村镇（场区），通过实施可再生能源替代、废弃物资源化利用、生态循环农业建设、农村人居环境整治等措施，推进农业农村绿色低碳转型，总结一批可复制、可推广的应用模式，打造一批绿色低碳、环境优美、生态宜居的低碳村庄典型样板，以点带面逐步推开。

#### **（四）加强技术支撑，完善保障措施**

依托现代农业产业技术体系、国家农业科技创新联盟等，组织开展联合攻关，组织产学研企协同创新，突破关键技术瓶颈，熟化集成核心技术，提高农村沼气、清洁炉灶炕、太阳能热水器和太阳房等工程和设施设备科技含量，尽快取得一批突破性成果，加快成熟适用农村可再生能源新技术、新产品的示范、推广和应用。建立健全低碳村庄培育标准体系和评价方法，制修订一批国家标准、行业标准和地方标准。

#### **（五）加强宣传报道，营造良好氛围**

及时总结各地推进低碳村庄建设好的经验做法，利用网络、电视、报纸等媒体，开展多形式、多层次、多途径的宣传活动，营造良好的社会舆论氛围。加强农村可再生能源行业能力建设，开展低碳村庄建设技术培训，通过技术宣讲、入户培训等方式，全面提升农村可再生能源技术应用水平。

附录一：

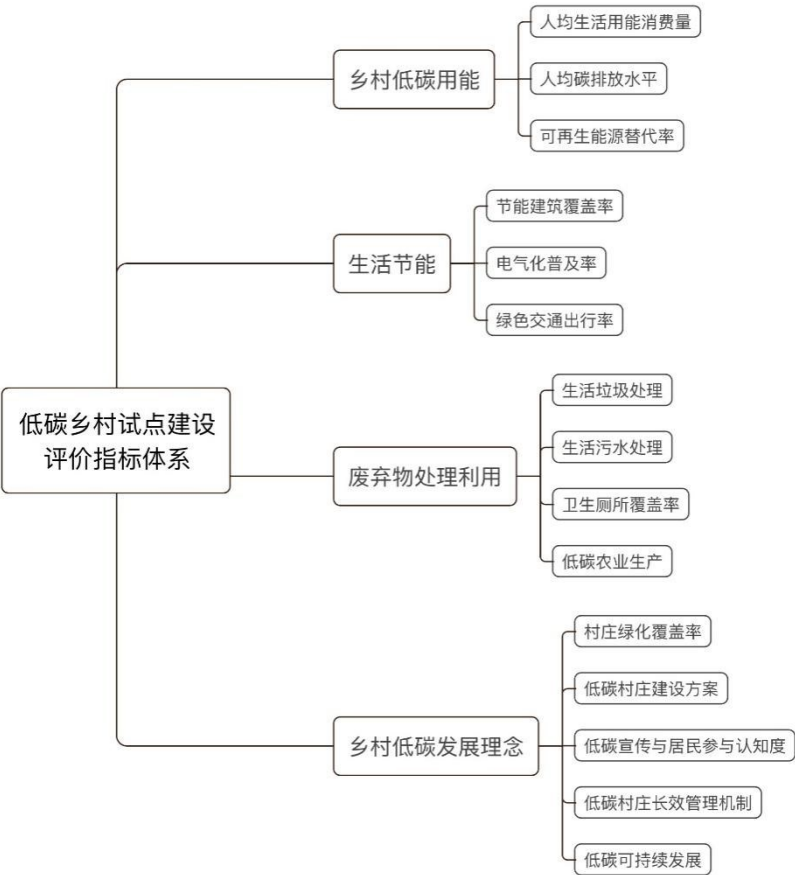
关于低碳村庄指标体系权重的调查问卷

尊敬的专家老师：

您好！

很荣幸邀请您参与本次问卷调查。整个问卷填写大约需要五分钟的时间。请您阅读相关指标含义及评分标准的介绍，针对问卷中的问题给出您的答案，您对此问卷的回答将作保密处理，承诺仅用于科研统计分析。完成此调查没有任何已知风险，您的观点和态度将成为中国低碳村庄试点建设和规划的参考资料。为保证结果的有效性，请您认真填写，感谢您的宝贵时间！

关于东北、西北、华北、华东地区低碳村庄建设的评价指标体系包括4个一级指标和15个二级指标，如下图所示：



注：二级指标解释

- 1、人均生活用能消费量：居民人均对电力、煤炭、燃气、生物质燃料、沼气、太阳能光热等能源消费量。
- 2、人均碳排放水平：居民人均在取暖、炊事、制冷、照明等生活用能产生碳排放量。
- 3、可再生能源替代率：生物质能、太阳能、地热能、风能、水能等可再生能源消费量占村庄居民生活及公共设施用能消费量的占比。
- 4、节能建筑覆盖率在：村庄住宅与公共设施建筑采用了建筑节能措施，并达到国家相关标准的建筑面积占村庄区域建筑设施总面积的百分比。
- 5、电气化普及率：居民在炊事、采暖、洗浴等用能设备中，电器设备数占用能设备数的百分比。
- 6、绿色交通出行率：主要对乡村道路情况及绿色出行两方面内容进行综合评价。
- 7、生活垃圾处理：低碳村庄生活垃圾是否有分类收集设施并做到分类收集，以及生活垃圾无害化处理占低碳村庄生活垃圾产生量的百分比。
- 8、生活污水处理：低碳村庄生活污水收集处理方式，核算生活污水无害化处理占村庄生活污水产生量的百分比。
- 9、卫生厕所覆盖率：村庄居民及公共建筑对人粪尿的处理技术方式，核算卫生厕所数量所占比率。
- 10、低碳农业生产：乡村存在大量的荒置秸秆、畜禽粪便等废弃物，计算其利用率，通过有效的利用会对低碳村庄的建设起到至关重要的作用。
- 11、村庄绿化覆盖率：村庄区域内生态资源面积占村庄建成区面积的百分比。
- 12、低碳村庄建设方案：村庄是否编制了低碳村庄建设实施方案，方案中是否能够体现具有可操作性的低碳发展理念或目标。
- 13、低碳宣传与居民参与认知度：村庄居民对低碳发展的认识理解，尤其是在生产生活中低碳用能的积极态度与参与程度。
- 14、低碳村庄长效管理机制：针对低碳村庄管理制度、政策机制、运行策略方面，评价相关长效管理机制的配套性、适宜性及有效性。
- 15、低碳可持续发展：针对可再生能源开发项目的区域资源获得的便宜性、区域产业融合发展情况、核算可再生能源技术开发应用项目净现值（NPV）的正负，评价低碳村庄建设的可持续发展。

**注：评分标准说明**

相关性分值范围为0-5分，评分准则为：与低碳村庄评估不相关的指标，得0分；与低碳村评估紧密关联的指标，得5分；有一定关联度的指标，根据关联度由弱到强，得分值介于0-5 分之间。各分值代表的重要性如下表所示：

| 相关性 | 非常重要 | 重要 | 比较重要 | 一般重要 | 不太重要 | 不重要 |
|-----|------|----|------|------|------|-----|
| 分值  | 5    | 4  | 3    | 2    | 1    | 0   |

一、根据上述指标相关性评分说明，把您认为的相关性分值填写于下表中：

| 指标层  |                 | 相关性（0-5分） |
|------|-----------------|-----------|
| 一级指标 | 1、乡村低碳用能        |           |
|      | 2、生活节能          |           |
|      | 3、废弃物处理利用       |           |
|      | 4、乡村低碳发展理念      |           |
| 二级指标 | 1、人均生活用能消费量     |           |
|      | 2、人均碳排放水平       |           |
|      | 3、可再生能源替代率      |           |
|      | 4、节能建筑覆盖率       |           |
|      | 5、电气化普及率        |           |
|      | 6、绿色交通出行率       |           |
|      | 7、生活垃圾处理        |           |
|      | 8、生活污水处理        |           |
|      | 9、卫生厕所覆盖率       |           |
|      | 10、低碳农业生产       |           |
|      | 11、村庄绿化覆盖率      |           |
|      | 12、低碳村庄建设方案     |           |
|      | 13、低碳宣传与居民参与认知度 |           |
|      | 14、低碳村庄长效管理机制   |           |
|      | 15、低碳可持续发展      |           |

## 二、指标体系的评价或修改

### 1、您认为本次指标体系的构建是否合理？

☐ 合理      ☐ 一般      ☐ 不合理

### 2、若不合理，请按照您的判断，将上表需要删改或增加的指标条目列于下表中

| 一级指标       | 二级指标 |      |
|------------|------|------|
|            | 删除指标 | 增加指标 |
| 1、乡村低碳用能   |      |      |
| 2、生活节能     |      |      |
| 3、废弃物处理利用  |      |      |
| 4、乡村低碳发展理念 |      |      |

问卷到此结束，感谢您的参与，祝您工作顺利!

附录二：

低碳村庄问卷调查表

尊敬的政府领导：

您好！

因研究需要，特以问卷的形式获取本乡村关于低碳发展的数据，以期成为今后低碳村庄建设和规划的参考资料。所有调查内容仅供学术研究之用。恳请您在百忙之中完整回答我们的问卷，非常感谢您对我们工作的帮助与配合！

调查单位： 农业农村部农业生态与资源保护总站      调查日期： \_\_\_\_\_  
填表人： \_\_\_\_\_      联系电话： \_\_\_\_\_

一、示范村基本信息

|          |                                               |                             |  |
|----------|-----------------------------------------------|-----------------------------|--|
| 示范村      | 省      市      县      乡 镇      村      社<br>(组) |                             |  |
| 总户数      |                                               | 总人口数                        |  |
| 常住人口数    | 16-60 岁__人， 60 岁以上__人                         |                             |  |
| 人均年收入（元） |                                               | 人均住房面积<br>(m <sup>2</sup> ) |  |
| 村内支柱产业   |                                               |                             |  |

注：项目实施范围如果是整个行政村填写内容为行政村的数据，如果是 1 个自然村、社、组填写内容为自然村、社、组的数据（以下同上）。

二、农业生产情况

1. 农作物种植情况

| 作物 | 种植<br>面积<br>(亩) | 产量<br>(吨<br>/<br>年) | 秸秆/<br>薪柴产<br>量<br>(吨) | 利用方式及利用量   |            |            |            |            | 未利用<br>量<br>(吨) |
|----|-----------------|---------------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|
|    |                 |                     |                        | 肥料化<br>(吨) | 饲料化<br>(吨) | 燃料化<br>(吨) | 原料化<br>(吨) | 基料化<br>(吨) |                 |
| 小麦 |                 |                     |                        |            |            |            |            |            |                 |
| 水稻 |                 |                     |                        |            |            |            |            |            |                 |
| 玉米 |                 |                     |                        |            |            |            |            |            |                 |



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## 2. 养殖情况

| 畜禽名称           | 养殖数量 | 粪污排放量<br>(吨/年) | 处理方式 | 处理量 (吨/<br>年) |
|----------------|------|----------------|------|---------------|
| 生猪             |      |                |      |               |
| 奶牛             |      |                |      |               |
| 肉牛             |      |                |      |               |
| 羊              |      |                |      |               |
| 禽类 (鸡、鸭、<br>鹅) |      |                |      |               |
| 其他             |      |                |      |               |

## 三、示范村废弃物处理利用

### 1、废弃物利用情况

| 废弃物种类                     | 资源化利用方式 | 资源化利用量 (吨/<br>年) |
|---------------------------|---------|------------------|
| 畜禽粪污 (吨/年)                |         |                  |
| 农作物秸秆 (吨/年)               |         |                  |
| (也可根据实际按畜禽或农作物<br>种类分别列举) |         |                  |
|                           |         |                  |
|                           |         |                  |

### 2、生态循环农业建设情况

| 模式路径       | 模式内容简述 | 效益数据列列举 |
|------------|--------|---------|
| 以沼气为纽带种养循环 |        |         |
|            |        |         |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

### 3、示范村生活垃圾处理情况

| 垃圾种类     | 数量（公斤/天） | 处理方式 | 处理费用（元/年） |
|----------|----------|------|-----------|
| 厨余垃圾（有机） |          |      |           |
| 生活垃圾（无机） |          |      |           |
| 建筑垃圾     |          |      |           |
| 其他垃圾     |          |      |           |
| 垃圾处理率    |          |      |           |

### 4、示范村生活污水处理情况

|                  |        |                          |          |               |         |
|------------------|--------|--------------------------|----------|---------------|---------|
| 污水产生量（立方/天）      |        |                          |          |               |         |
| 主要来源             |        | 做饭□ 洗衣服□ 洗浴□ 冲厕□ 清扫□ 其他□ |          |               |         |
| 处<br>理<br>方<br>式 | 人工处理   | 排入城镇污水管网                 | 村庄集中处理设施 | 户用沼气池/净化池/化粪池 | 直接排放到户外 |
|                  |        |                          |          |               |         |
|                  | 自然生物处理 | 土地处理系统                   | 稳定塘      | 人工湿地          | 其他      |
|                  |        |                          |          |               |         |
| 处理费用（元/立方）       |        |                          |          |               |         |
| 污水处理率            |        |                          |          |               |         |

### 5、示范村卫生厕所建设使用情况

| 使用的厕所类型 | 厕所面积（m <sup>2</sup> ） | 建设费用（元） | 粪尿收集处理方式 * |
|---------|-----------------------|---------|------------|
| 普通旱厕    |                       |         |            |
| 三格化粪池式  |                       |         |            |
| 双瓮漏斗式   |                       |         |            |
| 三联通式沼气  |                       |         |            |

|         |  |  |  |
|---------|--|--|--|
| 池       |  |  |  |
| 水冲式     |  |  |  |
| 粪尿分集式   |  |  |  |
| 其他      |  |  |  |
| 卫生厕所覆盖率 |  |  |  |

**备注：粪尿收集处理方式：**A 污水处理设施集中处理；B 自建户用沼气池；C 自建稳定塘、人工湿地等生态处理系统；D 简单无害化处理（自然堆放）；E 不处理，直接用作肥料。

**卫生厕所覆盖率：**村庄居民及公共建筑对人粪尿的处理技术方式，核算卫生厕所数量所占比率。

#### 四、示范村低碳发展理念

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1、村庄绿化覆盖率：_____ % ； 节能建筑覆盖率：_____ %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2、道路交通系统及便捷性（包括是否为硬化路面；规划是否便捷合理；是否有亮化设施；道路两侧是否设置了井盖、雨算等设施；是否有通往周边乡镇或县市的公共交通站点）<br>优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 较差 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3、低碳村庄建设方案：<br>有低碳方案且具备可操作性 <input type="checkbox"/> 有低碳方案，但可操作性一般 <input type="checkbox"/> 没有低碳方案 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4、低碳宣传与居民参与认知度：<br>认知度高且积极参与 <input type="checkbox"/> 有一定认识，但参与度低 <input type="checkbox"/> 对低碳建设毫无兴趣 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5、低碳村庄长效管理机制（包括管理制度、政策机制、运行策略三个方面）：<br>(1) 管理制度：    优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 较差 <input type="checkbox"/><br>(2) 政策机制：    优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 较差 <input type="checkbox"/><br>(3) 运行策略：    优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 较差 <input type="checkbox"/> |
| 6、低碳可持续发展（包括资源获得便宜性、产业融合、项目净现值 NPV 三个方面）：<br>(1) 资源获得便宜性：    是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/><br>(2) 产业融合：    是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/><br>(3) 项目净现值 NPV：    正值 <input type="checkbox"/> 值为零 <input type="checkbox"/> 负值 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                  |

**备注：节能建筑覆盖率**=达到节能标准的建筑面积占建筑设施总面积的比值。

**净现值 NPV：**净现值  $NPV = \sum_{t=1}^{n(\text{生命周期})} \frac{\text{第}t\text{年净现金流量}}{(1 + \text{基准收益率}\%)^t} - \text{初始投资额}$  综合考虑清洁

能源项目投资成本、项目周期、主要设备设施生命周期、能源年供应生产成本、能源销售收益等情况。

附录三：

入户问卷调查表

亲爱的居民朋友：

您好！

因学术研究需要，开展本次低碳村庄入户调查活动。本调查以你的居住情况为主要内容，以期成为今后低碳村庄建设和规划的参考资料。问卷采用不记名形式，所有调查仅供学术研究之用。恳请您在百忙之中完整回答我们的问卷，非常感谢您对我们工作的帮助与配合！

一、家庭基本情况

|         |                                                                                                                                             |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 家庭常住人口  | ( ) 人                                                                                                                                       |
| 家庭人均年收入 | <input type="checkbox"/> 4000元以下 <input type="checkbox"/> 4000-8000元 <input type="checkbox"/> 8000元以上                                       |
| 收入来源    | <input type="checkbox"/> 务农 <input type="checkbox"/> 务工 <input type="checkbox"/> 私营 <input type="checkbox"/> 补贴 <input type="checkbox"/> 其他 |

二、家庭用能情况

1、生活用能情况（包括炊事、洗浴、取暖、照明等所有生活用能）

| 用能类型         | 使用量 | 单价（元/度、立方、吨） | 来源/品种                                                        | 主要用途 |
|--------------|-----|--------------|--------------------------------------------------------------|------|
| 电（度/年）       |     |              | 电网购买 <input type="checkbox"/> 光伏发电 <input type="checkbox"/>  |      |
| 液化气（斤/年）     |     |              | -                                                            |      |
| 天然气（立方/年）    |     |              | -                                                            |      |
| 煤炭（吨/年）      |     |              | 洁净型煤 <input type="checkbox"/> 散煤 <input type="checkbox"/>    |      |
| 沼气（立方/年）     |     |              | 自建沼气池 <input type="checkbox"/> 集中供气 <input type="checkbox"/> |      |
| 秸秆（吨/年）      |     |              | -                                                            |      |
| 薪柴（吨/年）      |     |              | -                                                            |      |
| 生物质成型燃料（吨/年） |     |              | 颗粒 <input type="checkbox"/> 压块 <input type="checkbox"/>      |      |
| 太阳能光伏（千瓦/年）  |     |              | 用于发电 <input type="checkbox"/> 用于照明 <input type="checkbox"/>  |      |
| 太阳能热水器（平方米）  |     | -            | 炊事 <input type="checkbox"/> 洗浴 <input type="checkbox"/>      |      |
| 其他           |     |              |                                                              |      |

注：主要用途指的是炊事、取暖、洗浴、照明等生活用能

## 2、取暖方式

| 取暖方式            | 使用量 | 单价 | 用能支出（元/年） |
|-----------------|-----|----|-----------|
| 电取暖（度/年）        |     |    |           |
| 天然气取暖（立方/年）     |     |    |           |
| 秸秆打捆直燃集中供暖（吨/年） |     |    |           |
| 成型燃料集中供暖（吨/年）   |     |    |           |
| 成型燃料分户供暖（吨/年）   |     |    |           |
| 太阳能取暖（户）        |     |    |           |
| 洁净煤取暖（吨/年）      |     |    |           |
| 散煤取暖（吨/年）       |     |    |           |
| 其他              |     |    |           |

## 3、家庭电气化普及情况

| 主要用途 | 设备数量 | 用电设备数量 |
|------|------|--------|
| 炊事   |      |        |

## 4、用户绿色交通出行情况

| 出行方式  | 每月出行次数 | 每次出行距离（千米） |
|-------|--------|------------|
| 公交车   |        |            |
| 新能源汽车 |        |            |
| 电动车   |        |            |
| 自行车   |        |            |
| 步行    |        |            |
| 燃油汽车  |        |            |
| 燃油摩托车 |        |            |
| 货车    |        |            |
| 其他    |        |            |

问卷到此结束！非常感谢您的耐心回答，祝生活愉快！