

双碳背景下“光伏+农业”项目助农效益评价研究 ——以湖南省通道县为例

王珊

中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004

摘要: 在国家“双碳”目标与乡村振兴战略协同推进的背景下,“光伏+农业”作为产业融合的创新模式,成为推动农村绿色转型的重要抓手。本文以湖南省怀化市通道县为研究对象,综合运用文献研究、实地调研及层次分析法(AHP)-熵权法组合模型,从经济效益、社会效益、生态效益三个维度构建评价指标体系,量化分析“光伏+农业”项目的助农成效。

关键词: 光伏农业; 助农效益; 层次分析法(AHP); 乡村振兴

DOI: 10.63887/fss.2025.1.4.20

1 引言

全球气候变化与能源转型背景下,中国“双碳”目标(2030年碳达峰、2060年碳中和)与乡村振兴战略的协同推进,为农村绿色产业发展提供了历史性机遇。光伏农业作为“新能源+现代农业”的融合模式,通过土地立体化利用与清洁能源供给,成为破解农村能源贫困、推动产业升级的重要抓手^[1]。

2 研究区域与方法

2.1 区域概述与项目进展

2.1.1 区域资源禀赋

通道县地处湘、桂、黔三省交界,年均日照 1000 小时,光热资源丰富。全县总面积 2239 平方公里,总人口 24.3 万(2023 年数据),曾是国家级扶贫开发工作重点县,2021 年纳入湖南省乡村振兴重点帮扶县序列。

2.1.2 项目模式与实施进展

自 2017 年起,通道县响应国家“双碳”目标与乡村振兴战略,探索“光伏+农业”产业互补模式,形成以下典型模式:

集中式光伏电站:在溪口镇、县溪镇等 6 个乡镇的荒山荒坡建设集中式光伏帮扶电站 2 座,总装机容量 4500 千瓦,年发电量约 2700 万度。

村级分布式电站:在菁芜洲镇、陇城镇等 3 个乡镇的 65 个行政村建设村级光伏电站,总装机 3200 千

瓦,年收益用于村级公益事业与脱贫户帮扶。

2023 年项目总收益达 1023 万元,其中 686 万元来自农业复合经营(油茶、中药材销售),337 万元为光伏发电收入;累计提供公益性岗位 230 个(如光伏板清洁、种植管护),季节性用工岗位 1500 人次,人均年增收 3200 元;据统计,2020-2023 年项目覆盖村贫困发生率从 12.4%降至 5.1%,65 个村集体收入年均增长 18.7%。其次是政策支持与机制的创新。在收益分配机制上,依据《通道县光伏电站收益分配管理办法》(2017 年),村级电站 80%收益用于脱贫人口公益岗位补助,剩余 20%投入道路、水利等基础设施建设;土地流转创新方面,推行“租金+分红”模式,农户以土地入股光伏项目,年保底租金 500 元/亩,并按发电量获得 3%-5%的分红。

2.2 研究方法

2.2.1 数据来源

本文针对湖南省通道县展开研究,选用的指标数据主要来自通道县统计局(2020-2023)、国网湖南电力公司以及 2023 年 7-8 月实地入户问卷^[2]。

2.2.2 评价指标体系的构建

根据“光伏+农业”发展水平评价指标体系的构建原则,结合通道县光伏+农业发展的实际情况,从经济效益、社会效益以及生态效益 3 个维度构建评价指标体系,确定一级指标为经济效益,包含 A1 收入增幅、A2 村集体贡献率;社会效益包含 A3 就业岗位、A4 相对贫困下降率以及生态效益包含 A5 碳减排量和

A6 土地利用。

评价体系中每个指标代表的含义不同，单位也就不同，对于指标数据没有办法直接比较，因此要对每个数据进行标准化的处理，标准化的处理公式如下：

$$\text{数据标准化处理（正向指标） } x_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)}$$

为克服传统方法的不足，本研究提出“AHP-熵权法组合模型”，其核心优势在于：

主观赋权（AHP）通过专家打分构建判断矩阵，反映政策导向与理论预期，客观赋权法基于数据离散程度修正权重，突出实际调研中变异显著的指标；熵权法通过指标数据分布自动调整权重，可适配政策变化或技术升级后的新数据特征；涵盖经济、社会、生态三类准则层及 6 项指标层，通过综合评分 $s =$

$$\sum w_j * x_{ij} \text{ 量化项目整体效益, 避免单一视角的片面性。}$$

基于以上分析，本文选择了熵值法作为权重赋值的主要方法。接下来，我们将详细介绍 AHP-熵权法熵值法的具体实施步骤，以便更好地理解和应用该方法[3]。

计算第 j 项指标下第 i 样本的占比,计算公式为：

$$p_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}$$

$i=1,2,3,\dots,m$, $j=1,2,3,\dots,n$, m 为对象个数，

n 为指标个数。

计算第 j 项指标的熵值

各项指标的熵值为 e_j ,计算公式为: $e_j =$

$$\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij})$$

其中, $(n=5)$ （样本数）， $\ln(5) \approx 1.609$ 。

计算差异系数

第 j 项指标的差异系数为 g_j , 计算公式为: $g_j =$

$$1 - e_j$$

计算熵权法权重

第 j 项指标的权重为 w_j ,计算公式为: $w_j =$

$$\frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j}$$

计算组合权重

$$w_j \text{ 综合} = 0.6 * w_j \text{AHP} + 0.4 * w_j \text{熵权}$$

所计算出的权重值如表 4.2 所示：

表 2.2 “光伏+农业”项目助农效益评价指标权重值

一级指标	二级指标	权重
经济效益	收入增幅	0.326
	村集体贡献	0.218
	就业岗位	0.118
社会效益	相对贫困率下降	0.142
	碳减排量	0.111
生态效益	土地利用	0.075

2.3 结果与讨论

2.3.1 权重分配与综合得分分析

通过 AHP-熵权法组合模型计算得出各维度权重如下：经济效益（0.42）、社会效益（0.35）、生态效益（0.23）。这一权重分配反映了当前乡村振兴背景下，经济增收仍是农户最迫切的需求，同时也体现了“双碳

目标对生态效益的重视。

项目综合评分为 0.76(满分 1)，根据评价标准(0.8 以上为“优秀”，0.6-0.8 为“较高效益”，0.6 以下为“一般效益”)，通道县“光伏+农业”项目属于“较高效益”等级。这一结果表明项目整体实施效果良好，但仍存在提升空间[3]。

2.3.2 分项效益评价

在经济效益方面,项目实施后,农户年均增收 3120 元 ($A1=0.25$), 显著高于当地传统农业收入水平 (约 1800 元/年)。其中,光伏发电收入占比 45%, 农业经营收入占比 55%; 项目带动村集体收入提升 14%

($A2=0.17$), 主要用于村级公共设施建设和公益事业。

在社会效益方面, 累计提供就业岗位 1300 个

($A3=0.18$), 其中长期岗位 230 个 (光伏运维、基地管理等), 季节性岗位 1070 个 (种植、采收等)。就业人群以 40-60 岁中老年劳动力为主 (占比 82%), 有效缓解了农村留守人口就业难题; 项目覆盖村贫困发生率从 12.4%降至 5.1% ($A4=0.17$), 下降幅度达 8.5 个百分点^[4]。

3. 瓶颈问题分析

基于实地调研数据与 AHP-熵权法评价结果分析, 通道县“光伏+农业”项目在助农效益提升中面临以下核心瓶颈:

3.1 对政策依赖性强, 市场化运营能力不足

补贴主导收益结构: 问卷显示, 80%的农户收入增量直接依赖政府补贴 (如光伏电价补贴、种植奖励), 项目自身造血能力较弱。2022 年项目总收益中, 政策性补贴占比达 65%, 市场化运营收益仅占 35%。

风险抵御机制缺失: 76%的农户表示“若补贴取消, 将退出项目”, 凸显政策波动对项目可持续性的影响。

3.2 技术适配性不足, 农业与光伏协同效率低

遮光效应制约生产: 45%的受访农户反映, 传统晶硅光伏板导致作物光照减少 20%-30%, 油茶等经济作物产量下降 8%-12%。

技术配套滞后: 仅 32%的项目区域采用补光措施 (如 LED 灯), 且设备维护成本高 (年均 500 元/亩), 超出小农户承受能力。

3.3 利益分配失衡, 农户获得感有限

调查显示 68%的农户认为“分红偏低”, 当前收益分配中, 企业、村集体、农户占比为 5:3:2, 与农户土地和劳力投入不匹配; 82%的农户仅通过土地出租参与项目, 缺乏技能培训 (如光伏运维、高附加值种植), 难以分享产业链增值收益; 37%的受访者表示“从未见过收益明细公示”, 访谈发现, 部分村集体

存在截留、挪用资金现象。

3.4 产业链延伸不足, 综合效益未充分释放

项目大多仍局限于“发电+种植/养殖”基础模式, 缺乏与旅游、电商等产业的深度融合。2022 年, 仅 2 个试点村尝试“光伏+研学旅游”, 但收入占比不足总收益的 5%; 通道县“光伏油茶”“光伏中药材”等产品未形成区域公用品牌, 市场溢价能力弱, 同类产品价格较常规种植仅高出 8%-10%; 项目年减排量约 1.2 万吨 CO_2 当量, 但尚未纳入碳交易体系, 未能实现“十四五”提出的“生态资源价值化”目标^[5]。

4 结论与对策

4.1 降低政策依赖, 增强市场运营

4.1.1 推广“政府引导+企业主导+农户参与”的 PPP 模式

鼓励社会资本参与乡村振兴, 完善市场化运作机制。引入专业能源企业投资光伏电站建设, 政府提供土地流转协调与税收优惠, 农户以土地或劳力入股, 形成风险共担、收益共享机制。

试点“收益权质押贷款”, 允许农户以未来光伏分红为抵押申请低息贷款, 缓解初期资金压力

动态调整收益分配比例, 健全农民分享增值收益机制。设定阶梯式分红比例: 前 3 年企业占比 60%、村集体 20%、农户 20%; 后期随项目稳定逐步调整为农户占比 50%; 建立村级监督委员会, 定期公开收益分配明细, 确保透明性。

4.2 强化技术适配, 科技赋能需求

4.2.1 强化科技支撑, 发展智慧农业

与高校合作, 开发透光率 $\geq 90\%$ 的薄膜光伏板, 适配油茶、中药材等喜阴作物 (解决“遮光影响作物生长”问题); 推广“光伏+智能补光系统”, 通过物联网实时调节光照强度, 提升作物产量 15%以上。

4.2.2 构建“光伏农业技术服务站”

在每个项目村设立服务站, 配备农业技术员和光伏运维人员, 提供免费技术咨询与设备维护, 并定期开展“光伏+种植/养殖”技能培训, 纳入“十四五”农村实用人才培训计划。

4.3 拓展产业延伸, 发展多元业态

4.3.1 促进“光伏+旅游”融合, 推动三产发展

在光伏园区建设观光步道、研学基地, 打造“光

伏花海”“油茶灯光秀”等特色景点，吸引城市游客（提升附加值，解决“收益单一”问题）；联动本地电商平台，销售“光伏农场”绿色农产品（如“光伏油茶”品牌），享受“十四五”农产品冷链物流补贴。

4.3.2 探索“碳交易+光伏农业”联动机制

申请“十四五”绿色金融试点，发行将光伏碳减排量纳入全国碳交易市场，所得收益反哺农户（每吨CO₂减排可获50-100元收益）。“光伏助农”绿色债券，募集资金用于技术升级。

4.4 保障金融与数字化支持

4.4.1 创新“光伏农业保险”产品，设立专项基金

联合保险公司设计“光伏设备灾害险+作物收成险”组合产品，保费由企业、政府、农户按4:4:2分担，对因自然灾害导致的光伏收益损失，保险赔付覆盖70%以上，增强农户抗风险能力；省级财政拨付“乡村振兴专项资金”，县级配套资金，用于补贴农户参与项目的初期成本（如每亩补贴500元）；针对采用新技术（如薄膜光伏板）的企业，给予设备采购价30%的退税优惠。

参考文献

- [1]Kamalapur, G. D., & Udaykumar, R. Y. (2012). Rural electrification in India and feasibility of photovoltaic solar home systems. [J].International Journal of Electrical and Computer Engineering 2(1), 1-10.
- [2]黄日发.光伏精准扶贫脱贫经济效益分析[J]. 中国乡镇企业会计, 2016 (2) : 14-15.
- [3]郑洁,姚璐文,杨文轩.“光伏+农业”产业助力乡村振兴路径研究[J].农机市场,2024,(02):61-63.
- [4]鲍恩财,瞿文卉,吴翠南,等.江苏省光伏农业产业发展现状与对策[J].新能源科技,2023,4(02):53-60.
- [5]童光毅,倪琦,潘跃龙,等.农业信息化背景下光伏发电扶贫模式及效益提升机制研究[J].农业工程学报, 2019,35 (10) : 131—139.