

新型农光互补综合能源产业模式创新与应用研究

作者：伍泽涌

单位：成都祥和云端节能设备集团有限公司，高级工程师

合作单位：成都祥和云端节能设备集团有限公司、广东诚鸿惠农数字科技有限公司

摘要：

为破解传统农光互补项目收益结构单一、绿电消纳受限、弃光损耗偏高、农业种植风险突出、产业稳定性不足等行业痛点，本文依托新型电力系统建设、绿电就近消纳、土地复合利用、乡村产业振兴四重国家战略导向，构建“光伏发电+SPS 电盾能源站配网+绿电直连直供+高值特色种养+银保金融兜底”五位一体新型农光互补产业体系。

项目创新采用工业园区、产业集聚区高负荷区位布局模式，依托祥和节能集团 SPS 电盾能源站实现电能调压、降损、增效、储能一体化治理，配套广东诚鸿惠农专属中草药《药肥》技术与银行、保险双兜底风控体系，形成“能源收益保底、绿电增值增效、农业稳产增收、金融闭环避险、政策多维赋能”的五层叠加盈利模型与全链条风险防控体系。

研究表明，该模式有效解决了传统光伏远距离输电损耗大、消纳难、农业靠天吃饭、销路不稳、资金短缺等核心难题，实现土地资源、绿电资源、农业产业资源、金融资源的高度耦合，为国内外农光互补项目规模化、标准化、产业化高质量发展提供了可复制、可推广的创新范式与实践路径。

关键词：农光互补；SPS 电盾能源站；绿电直连直供；药肥技术；银保兜底；综合能源产业；新型优质电能

一、引言

在国家“双碳”目标与新型电力系统加速建设背景下，分布式光伏已成为新能源开发利用的主流形态。农光互补模式通过光伏与农业复合用地，实现土地立体化、集约化利用，是兼顾新能源开发与乡村产业振兴的重要落地载体。

现阶段国内多数农光互补项目仍存在明显短板：一是发电收益单一，过度依赖上网电价，远距离并网造成线损高、弃光率高、项目抗风险能力弱；二是农业种植粗放，普通粮油作物附加值低、病虫害多发、受气候与市场波动影响大；三是农业投入成本高、融资难、产销体系不完善，存在减产、滞销、资金断裂三重风险；四是光伏电能质量不稳定，电压波动、谐波干扰、出力波动制约农业精细化、智能化种植发展。

针对以上行业瓶颈，本研究整合祥和节能集团新型优质电盾能技术、绿电市场化消纳机制、道地特色农业、中草药《药肥》科技、金融兜底保障五大创新要素，构建区位优势、技术赋能、产业增值、金融避险的新型农光互补综合能源产业新模式，实现新能源产业与现代农业深度融合、高质量协同发展。

二、项目总体架构与创新机制

本项目构建五层立体、闭环联动的五位一体产业体系，形成“能源稳、用电稳、作物稳、销路稳、资金稳、风险稳”的六稳运营新格局。

2.1 上层高架光伏发电体系

项目全部采用 2.5 米以上抬高式光伏支架，严格限定田间作物株高 1.2 米以内，选用浅根矮秆合规经济作物。在完全符合自然资源部农光互补用地政策前提

下，实现 25 年持续、稳定、合规的清洁电力输出，构建项目底层长效能源收益底盘。

2.2 中层 SPS 电盾能源站调控体系

依托成都祥和云端节能设备集团有限公司自研 SPS 电盾智慧能源站作为项目电能中枢，集成动态稳压、谐波治理、双向阻隔、储能调峰、设备保护五大功能，解决光伏发电间歇性、波动性、不稳定性问题，实现电能提质、降损、增发、保供一体化，为工业直供、农业生产提供高品质、高稳定性标准化绿电。

2.3 绿电直连直供市场化消纳体系

创新搭建对外工业绿电直连、对内农业绿电直供双轨消纳模式，优先布局工业园区、产业集聚区等高用电负荷区域周边，实现绿电就近生产、就近调压、就近自用、就近外销，大幅提升绿电就地消纳率，降低弃光损耗，开辟绿电价差增值新赛道。

2.4 下层南北分区高值农业种养体系

摒弃传统低附加值粮油粗放种植模式，根据南北气候、土壤、光照差异，标准化布局道地中药材、高端食用菌、特色经济作物，形成短周期菌菇快速回款、长周期药材长效增收的长短互补产业结构，大幅提升土地单位产出效益。

2.5 药肥科技+银保双兜底保障体系

引入广东诚鸿惠农数智科技中草药专用定制《药肥》技术，适配光伏板下弱光、阴凉、土壤板结特殊种植环境；叠加农业保险兜底、银行低息授信兜底、药企保底收购兜底，构建技术、资金、风险、产销全方位闭环保障体系。

三、项目核心创新优势

相较于传统农光互补模式，本项目具备七大体系化创新优势。

第一，区位优势显著，消纳风险清零。项目紧邻工业园区与能源高负荷区域，依托稳定工业用电市场，从源头杜绝弃光、限电问题，保障绿电稳定消纳。

第二，电力技术领先，发电效能提升。SPS 电盾能源站实现滤波调压、降损增发、储能保供，解决传统光伏电能质量差、损耗高、稳定性弱的技术短板。

第三，商业模式创新，双重绿电增值。实现工业直连外销价差收益、基地自用节电收益双向叠加，打破单一电费盈利格局。

第四，种养结构优化，产业附加值高。南北分区标准化种植道地药材与高端食用菌，经济效益远高于常规农作物。

第五，专属药肥赋能，适配光伏种植场景。定制化中草药药肥改良板结土壤、抑制土传病害、提质增产，适配板下弱光寡照特殊生长环境。

第六，产销体系闭环，彻底破解滞销难题。联动大型药企、生鲜供应链签订保底收购协议，实现种得好、卖得出、价稳定。

第七，金融全链兜底，种植风险归零。通过保险保产量、保价格，银行保资金、保周转，实现农业种植低风险、稳收益、可持续。

四、SPS 电盾能源站核心技术功能

SPS 电盾能源站是本项目电能提质增效与稳定供能的核心技术支撑，具备五大核心功能。

一是增效增发功能。通过双向阻隔、抑制、滤除、吸收四大技术机制，优化并网电能质量，降低输配电线损，显著提升光伏电量。

二是储能稳供功能。平抑昼夜、阴晴光伏发电出力波动，实现田间喷淋、恒温菇房、水肥一体化系统、烘干冷链、智能监测设备全天候不间断稳定供电。

三是安全防护功能。具备防雷击、防电网倒灌冲击、防瞬流浪涌过载能力，全方位保护光伏系统与农业机电设备，降低设备故障率与运维成本。

四是绿电品质升级功能。输出电能参数稳定合规、可溯源、可认证，完全满足工业企业绿电交易、能耗双控、碳减排履约使用标准。

五是现代农业适配功能。稳定支撑精细化、智能化农业设备长效运行，为弱光高值农业稳产、提质、增效提供电力保障。

SPS 电盾能源站是本项目电能提质增效与稳定供能的核心技术支撑，具备五大核心功能。

一是增效增发功能。通过双向阻隔、抑制、滤除、吸收四大技术机制，优化并网电能质量，降低输配电线损，显著提升光伏电量。

二是储能稳供功能。平抑昼夜、阴晴光伏发电出力波动，实现田间喷淋、恒

温菇房、水肥一体化系统、烘干冷链、智能监测设备全天候不间断稳定供电。

三是安全防护功能。具备防雷击、防电网倒灌冲击、防瞬流浪涌过载能力，全方位保护光伏系统与农业机电设备，降低设备故障率与运维成本。

四是绿电品质升级功能。输出电能参数稳定合规、可溯源、可认证，完全满足工业企业绿电交易、能耗双控、碳减排履约使用标准。

五是现代农业适配功能。稳定支撑精细化、智能化农业设备长效运行，为弱光高值农业稳产、提质、增效提供电力保障。

五、绿电直连与直供双轨商业模式

5.1 对外绿电直连（工业就近消纳）

依托周边产业园区稳定用电负荷，采用点对点专线直供、组团集群供电合规模式，公共电网仅作备用保障。电量独立计量、全程溯源、合规确权，满足企业绿证申领、碳资产核算、能耗指标达标需求，形成长期稳定的工业绿电价差增值收益。

5.2 场内绿电直供

园区高能耗企业直供、基地灌溉、温控育苗、食用菌生产、农产品烘干、冷链仓储全部优先消纳自产绿电，大幅降低农业生产用电成本。场内富余电量统一通过直连专线外销工业用户，实现绿电资源 100% 高效梯次利用。

六、南北差异化标准化种养体系

本项目依据区域自然禀赋，建立南北两套可复制标准化高值种植体系，全基地统一施用诚鸿惠农中草药专用药肥。

6.1 南方种植体系（川渝、云贵、两广、湘赣闽）

板下弱光区：黄精、高良姜、山香圆等多年生中药材套种羊肚菌、大球盖菇；

板间半光区：生姜、韭菜、药用薄荷、矮化精品草莓；

行间强光区：鲜食花生、迷你紫薯、鲜食毛豆。

6.2 北方种植体系（鲁豫、陕甘宁、东北三省）

板下弱光区：白术、甘草、防风道地药材搭配平菇、双孢菇；

板间半光区：韭黄、芦笋、药食蒲公英、耐寒生菜；

行间强光区：矮化藜麦、小黑豆、矮秆油葵、紫花苜蓿。

针对盐碱荒地、闲置低效土地，全域布局优质饲草产业，联动畜牧产业构建种养一体化产业链。

七、药肥科技与银保双兜底保障体系

7.1 专属中草药药肥技术

针对光伏板下弱光、土壤板结、通风偏弱、病害高发的特殊微环境，定向研发中药萃取+生物菌群复合药肥，实现改良地力、破除板结、抑菌抗病、提质增产多重效果，适配中药材、食用菌高品质生长需求。

7.2 保险兜底保障

全覆盖投保自然灾害险、病虫害减产险、农产品价格指数险，对极端天气、大面积病害、市场价格暴跌实现全额赔付，锁定种植最低收益底线。

7.3 银行资金兜底保障

种养主体凭农业保单可申请无抵押、低息惠农专项授信，有效解决前期种苗、药肥、人工垫资压力，降低项目财务成本，保障资金链稳定。

7.4 终端保底收购兜底

依托大型药企、生鲜流通龙头企业签订长期最低价购销协议，从产业链终端彻底消除滞销风险。

八、四方协同合作机制

项目构建四方主体权责清晰、优势互补、风险共担、利益共享的协同运营体系。

甲方（成都祥和云端节能设备集团有限公司·能源投资主体）：负责光伏、

SPS 电盾能源站、绿电直连专线全额投资、建设、运维、并网、政策申报与绿电市场化销售。

乙方（土地权属主体）：负责土地合规流转、权属确权、属地协调、手续办理与地方政策对接。

丙方（种养运营主体）：负责标准化种植、田间管护、药肥规范施用、保险贷款落地、采收加工与市场运营。

丁方（广东诚鸿惠农）：负责定制药肥供应、农技指导、保险银行对接、保底收购执行、涉农政策申报。

九、项目多层收益模型

本项目构建五层叠加、抗周期、稳增长的复合型收益体系。

第一，光伏基础收益：25 年稳定电费收益+绿证收益，构成项目刚性保底现金流。

第二，SPS 技术增量收益：通过降损增发实现发电量增值，形成技术驱动型增量收益。

第三，绿电双向增值收益：工业直连价差收益+场内自用节电收益双重赋能。

第四，高值农业种养收益：短平快菌菇回款、长效药材增收，长短产业均衡收益结构。

第五，政策与金融避险收益：涉农、新能源、碳资产补贴叠加保险赔付、低息降本收益。

十、全链条闭环风险防控体系

项目建立六大维度闭环风控体系，实现全周期安全运营。

一是市场风险防控：价格保险+药企保底收购双重兜底，杜绝跌价、滞销风险。

二是自然种植风险防控：专用药肥抗病提质+全域农业保险覆盖，化解天灾、病害减产风险。

三是资金风险防控：保单低息授信解决流动资金短缺压力。

四是用电生产风险防控：SPS 储能系统保障不间断供电，杜绝停电减产、设备损坏。

五是绿电消纳风险防控：紧邻工业园区高负荷用电区，实现稳定就近消纳。

六是用地合规风险防控：统一矮秆浅根标准化种植，完全契合国家农光用地管控政策。

十一、结论与展望

本文构建的新型农光互补综合能源产业模式，突破了传统农光互补产业单一、技术薄弱、风险偏高、收益有限的发展瓶颈。通过 SPS 电盾能源站赋能、绿电市场化机制创新、高值农业标准化种植、中草药《药肥》提质增效、银保金融全链兜底，实现新能源产业、现代农业、绿色金融、乡村振兴多维融合。

该模式依托产业园区就近消纳的区位优势，实现土地复合盘活、绿电高效利用、农业提质增收、项目稳健运营，形成“上产绿电、下出良品、全程兜底、碳汇增值”的新型产业范式。未来可在全国各类闲置低效土地、产业园区周边大规模复制推广，为我国新型电力系统建设与乡村产业振兴融合发展提供重要示范样板。

参考文献

- [1] 国家能源局. 新型电力系统发展蓝皮书[R]. 2023.
- [2] 农业农村部. 乡村特色产业高质量发展专项规划[Z]. 2024.
- [3] GB/T 7713.2-2022, 学术论文编写规则[S].
- [4] 张宇. 农光互补项目商业模式与收益机制研究[J]. 新能源进展, 2024.
- [5] 李建峰. 分布式光伏绿电就近消纳技术与政策路径探析[J]. 电力工程应用, 2025.

Introduction

Against the background of China's dual-carbon goals and the accelerated construction of new power systems, distributed photovoltaic power generation has evolved into a mainstream form of new energy utilization. As an integrated land utilization mode, agro-photovoltaic complementary development realizes three-dimensional and intensive land use, which serves as an important practical carrier to coordinate the development of new energy and rural vitalization.

Nevertheless, most existing domestic agro-PV projects suffer from prominent drawbacks. First, revenue relies excessively on on-grid electricity price, accompanied by high transmission loss and power curtailment caused by long-distance grid connection, resulting in weak anti-risk capacity. Second, extensive agricultural cultivation with conventional grain crops brings low added value, frequent diseases and production fluctuation triggered by climate and market changes. Third, high upfront investment, financing difficulty and imperfect production-marketing chain lead to three major risks including yield reduction, unsalable products and capital chain rupture. Fourth, unstable PV power quality such as voltage fluctuation and harmonic distortion restricts refined and intelligent agricultural planting.

To tackle the above challenges, this research integrates five core elements including intelligent power-saving technology, market-oriented green power consumption mechanism, high-value authentic medicinal agriculture, Medicinal Herb Fertilizer technology and full financial guarantee, and puts forward an innovative industrial model of comprehensive agro-PV energy with optimized site selection, technical empowerment, industrial appreciation and financial risk isolation, so as to promote in-depth integration and high-quality coordinated development between new energy industry and modern agriculture.