

# “四两也可拨千斤” 分布式光伏改造与运营

国网湖南省电力有限公司供电服务中心（计量中心）

## 一、案例概况

分布式光伏迅猛发展，海量分布式光伏接入影响着电网的安全稳定运行，进行改造迫在眉睫。国网湖南省电力有限公司供电服务中心（计量中心）（以下简称“中心”）自主研发全国首款通过计量批准认证的分布式光伏“四可”融合一体装置，有效解决传统改造成本高、效率低、阻力大等问题，实现改造成本降低53%、改造效率提升80%。还能应用于储能、充电桩等领域，支撑分布式资源规模化接入和智能化柔性调控，改善清洁能源并网电能质量、提高利用效率。截至2024年底，该装置已在全省安装应用8万余套，促进消纳光伏206万千瓦时，相当于减少标准煤消耗457万吨、减排二氧化碳1197万吨，创造经济、社会、环境多元价值，形成显著的规模效应和示范效应。

## 二、主要措施

### （一）思路创新



#### 1. 融入外部视野，厘清问题症结

分布式光伏改造过程涉及参与、支持、关注等多类利益相关方，中心转变传统的工作思路，成立分布式光伏改造专项调研小组，积极增强与多利益相关方沟通，从外部视角审视内部工作，结合外部利益相关方的意见与反馈，运用信息披露“多层次”和利益

相关方“三权”管理双维度分析工具，深度解析原有分布式光伏改造工作存在的问题，找准症结，推动分布式光伏从单一技术升级向经济社会综合价值创造的转型。

成本高，改不起。传统光伏改造涉及多类设备，安装费用高。按照传统方案，单户改造均价超过1800元，按分布式光伏用户增长速度推算，国网湖南电力完成全部改造，投入资金将达到4.68亿元，将承担巨大的资金压力。

安装难，改不快。传统光伏改造方案因设备种类繁多、通信协议标准不统一，导致系统集成度低、统一管控难度大，不仅施工流程复杂且存在较高安全风险。此外，各设备间缺乏智能联动机制，发生故障时需人工逐一排查定位，极大影响了运维处理效率，增加了系统不稳定因素。

阻力大，改不动。传统光伏改造方案因涉及墙体打孔、线路穿引等施工问题，容易引发用户抵触情绪。部分用户对设备改造较为敏感，存在私自绕接线路、拆卸设备等行为，这些不规范操作可能影响光伏系统运行稳定性，为后续精准调控工作带来潜在风险隐患。

## 2. 拓宽合作渠道，探寻最优方案

围绕利益相关方核心诉求，联合产业链上下游伙伴、科研机构及地方政府，通过校企合作、联学联创、产学研联盟等方式搭建开放共享的可持续发展平台，积极推动管理创新和技术创新。整合内部各专业的信息优势和技术优势，打通数据和信息壁垒，畅通各方之间的交流与合作，搭建由中心、研究机构、客户、设备厂商、基层单位、地方政府、媒体等共同参与的合作交流平台，通过数据互通、议题共商、联合攻关等机制，共同探索问题解决路径，推动技术创新与社会价值融合。

## 3. 推动成果分享，共享增量价值

以提高湖南本地分布式光伏改造工作质效为切入点，突破仅考虑创造近期经济效益的局限，开创合作创造可持续综合价值的新局面。同时，总结凝练创新经验，推动分布式光伏创新改造的标准化建设，实现技术标准化、安装标准化、管理标准化，有效解决设备未统一、流程未规范、标准未明确等问题，推动分布式资源安全接入与智能调控。

### （二）实施路径

#### 1. 联合创新，协同多方资源

中心通过开展多样化调研，对关键利益相关方的期望、诉求及资源优势等进行梳理，为构建立体化的合作网络、打造长效管理机制提供决策依据及基础。牵头成立项目专项小组，将关键利益相关方纳入其中，明确各方具体的任务职责及相应举措，形成有效的沟通协作机制，保障项目的顺利实施。

表1 利益相关方诉求资源分析表

利益相关方	核心期望	资源优势	意愿
用户	知晓改造进展; 保障用电安全; 降低过程中的损失 (如破墙)	社会舆论覆盖面广	积极推进
供电公司	提升改造工作的效率: 保障“四可”能力建设	技术优势; 平台优势; 与用户对接紧密, 具有协调优势	积极推进
研究机构	参与创新技术、平台的研发	技术优势、经验优势	积极推进
设备厂商	市场占有率; 设备安全运行; 降低投资成本	资金优势; 经验优势; 设备优势	主动配合
基层单位	联合研发; 成果应用; 顺利完成改造任务	试点应用场地优势; 技术经验支持	主动配合
地方媒体	改造工作全面公开透明 成果接受舆论监督	舆论主导、信息传播平台优势	主动配合

## 2. 瞄准痛点，实现技术突破

中心从设备改造入手，研发分布式光伏“四可”融合一体装置，有效解决传统光伏“四可”改造中存在的改造成本高昂、改造难、阻力大等问题。此外，围绕“四可”融合一体装置在不同场景下的应用，设计12套标准化改造方案，提出6项管理流程要求，打通装置采购、到货验收、配送、安装、调试和运行全环节资产管理流程，试点多个应用场景，为加快实现光伏“四可”改造，提供全新解决方案。

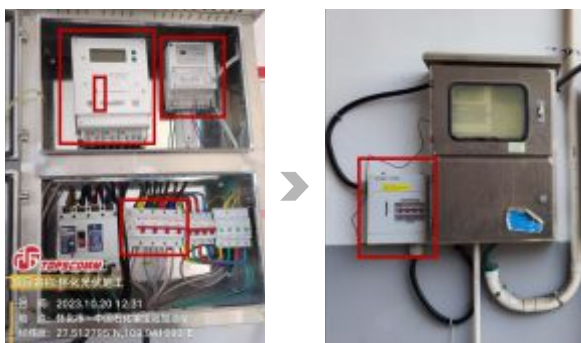


多能合一，研发化繁为简“黑匣子”。“四可”融合一体装置安装在光伏用户非结算计量点，高效替代传统改造路径中的多个设备模块，设备由4个减少至1个，改造效率提升80%，设备成本大幅降低，有效避免设备元件重复、功能重叠等问题，投资成本降低57%，让分布式光伏“改得起”。

表2 传统改造方案和新装置改造费用对比示例

费用	传统改造方案	新装置改造方案	对比
设备费用	1551.59元	678.76元	↓872.83元
施工和辅料费用	308.7元	120.66元	↓188.04元
合计	1860.29元	799.42元	↓1060.86元

技术突破，打造无线技术“信天鸽”。“四可”融合一体装置应用双模双向通信“新技术”，有效解决接线距离长、通信协议不统一等问题。安装过程无需考虑内部接线，现场接线由24根减少至8根、2个端口，接线点数减少80%，施工时间由3小时缩短至0.5小时，操作人员只需连接好接口，即可完成现场改造，极大提升工作效率。



传统改造方案与新装置改造方案接线情况对比图

此外，装置本体和接口转换器之间采用无线通信，有效避免长距离接线、破坏用户房屋等用户抵触的问题，提升用户光伏改造的体验感知。



采用新装置避免打孔和长距离接线

数字赋能，挥动无感调节“如意棒”。“四可”融合一体装置创新应用电能质量自治技术，实现智能化无感调节光伏并网电能质量，有效提升分布式光伏与电力用户之间的友好度。通过实施分布式光伏改造新方案，常德津市典型渔光台区实现台区反向负载率由143%下降至80%以下，电压合格率提升至100%。

依托“i国网”营销现场作业平台，开发上线装置安装调试微应用，实现光伏用户实时数据抄读、接口自动识别、刚柔性控制参数设置等功能的智能化集成。改造人员只需在现场完成接线后，打开手机点击“一键调试”，即可触发系统自动执行全部调试操作，有效减少人工步骤，显著提升调试效率和质量。

模式创新，构建光储充用“粘合剂”。通过应用分布式资源物联技术，该装置完成资源接入功能的创新突破，实现光、储、充节点全类型、全自动接入，成为光储充用的“粘合剂”。依托该装置，中心成功打造国网湖南首个光、储、充协同控制示范点——长沙榔梨智能充电站，实现分布式资源就地平衡、灵活自治。



统一的分布式资源  
“四可”改造物联通信体系



光、储、充协同控制示范点  
——榔梨智能充电站

### 3. 多方参与，减轻改造阻力

为推动分布式光伏改造的顺利进行，一方面，中心依托政策支持，强化对用户光伏改造的监督和约束力量，促请政府部门出台相关政策，促成新增或存量用户积极参与分布式光伏改造工作。另一方面，加强光伏改造及融合一体装置宣传推广，以上门走访宣传、制作宣传视频等方式，增强与存量用户、增量用户相关事宜的有效沟通，增加用户对于推进分布式光伏改造的认识，减少改造阻力。

**第二十九条** 接入公共电网的分布式光伏发电项目，接入系统工程以及因接入引起的公共电网改造部分由电网企业投资建设。接入用户侧的分布式光伏发电项目，用户侧的配套工程由项目投资主体投资建设。因项目接入电网引起的公共电网改造部分由电网企业投资建设。新建的分布式光伏发电项目应当实现“可观、可测、可调、可控”，提升分布式光伏发电接入电网承载力和调控能力。电网企



促成政策要求新建分布式光伏应当实现“四可”功能

制作“四可”融合装置安装调试宣传视频

### 4. 示范推广，拓展责任价值

研制标准，保障项目规范发展。中心基于已有经验开展成果梳理与凝练，建立光伏改造相关业务的多类标准，推动分布式资源安全接入与智能调控。同时，与相关单位协作制定“四可”融合一体装置地方标准，通过标准引导推动“四可”融合一体装置在分布式光伏市场应用。

积极策划开展多样化的项目培训，截至2024年底，开展项目相关线上培训5次，线下培训4次，覆盖人数近1700人次，为分布式光伏“四可”融合一体装置后续的推广应用奠定基础。

试点应用，持续探索设备提升方向。自项目实施以来，陆续选取长沙县江背镇等6家分布式光伏用户开展试点应用，以探索装置的安装应用以及运维等方面的可行性与提升方向。截至2024年底，设备已成功推广到国网陕西等系统内公司以及多家同行企业。

## 三、项目成效

### (一) 经济价值

促进分布式光伏改造降本增效。伴随湖南电网42万户光伏用户改造工作的推进，预计到2025年底，此项工作将为供电公司节省成本约4.2亿元。随着该装置广泛应用于市场，若在湖南地区实现100%占有率，销售额预计将达到3.78亿元，带来可观的经济效益。

促进产业链相关方互利共赢。未来五年，根据低压分布式光伏的并网接入量增长率估算，装置制造商的平均利润总额可达约5亿元，将有效推动半导体、芯片、电子元器件等上游产业的发展。

## (二) 社会价值

提升分布式光伏并网电能质量。基于该装置进行的分布式光伏改造，实现光伏设备的在线监测率提高至100%，台区的反向负载率从143%下降至80%以下，能够有效解决大规模新能源入网对电网的冲击问题，为提升电网的安全稳定性提供保障。

提高分布式光伏改造推进效率。相比传统方案，“四可”融合一体装置能够大幅简化光伏改造的安装流程。设备数量从4个减少至1个，现场接线数量由24根减少至8根，仅需要2个端口，改造效率提高80%。截至2024年底，低压分布式光伏“四可”改造已覆盖湖南省8.18万户、3.8万多个台区。

形成多项创新成果，实现成果转化。截至2024年底，该装置获得10余项核心知识产权，成为国内首款获得国家计量器具型式批准认证的新能源监测调控设备。同时，通过和制造企业签订专利许可协议，按“单台‘四可’融合一体装置收取固定专利授权费”方式开展市场化应用，有效推动项目成果转化。



《配用电物联网双模通信芯片设计装置研制及规模应用》获2023年中国电机工程学会电力科学技术进步奖一等奖

收获各方认可，树立供电服务品牌形象。使用该装置极大缓解了用户对于光伏改造的抵触情绪，由此引发的客户投诉同比降低80%，用户满意度达99.8%。该装置不仅获得国家电网、中国电力科学研究院、各网省公司等领导高度认可，也获得《中央电视台财经频道》《国家电网报》等媒体广泛报道，有力塑造中心供电服务品牌形象。



《中央电视台财经频道》专题报道中心建设分布式光伏“四可”建设

### （三）环境价值

提高清洁能源利用率，贡献“双碳”目标实现。该装置有助于加速推进分布式光伏“四可”改造进程，有助于提高光伏资源利用率，助推清洁能源消耗与能源低碳转型。2024年，该装置已在全省安装应用8万余套，相当于接入湖南省五分之一的分布式光伏，促进消纳光伏206万千瓦时，相当于减少标准煤消耗457万吨、减排二氧化碳1197万吨、种植6.5万多棵树。