

省级零碳园区创建实践与技术创新

——以江苏铜山经济开发区为例

高典

中电建江苏勘测设计研究院有限公司 江苏南京 210000

DOI:10.32629/ems.v8i5.20228

[摘要] 在全球气候治理格局加速重塑、我国“双碳”战略向纵深推进的背景下,工业园区作为工业能源消耗与碳排放的集中承载区,其零碳转型是推动区域绿色高质量发展、提升我国工业全球产业链竞争力的关键。本文以江苏徐州铜山经济开发区为研究样本,阐释省级零碳园区核心内涵,诊断其产业基底、能源结构及碳排放现状,识别产业扩张与减排目标间的核心矛盾。基于2026-2030年能耗与碳排放多情景量化预测,构建涵盖能源系统、绿电供给、循环经济及数智管控的综合技术与实践体系。研究表明,技术创新与机制改革双轮驱动可实现产业扩张与碳排放强度下降的双赢,2030年可达成省级零碳园区核心指标,研究成果为铜山经开区及同类新建工业集聚区零碳转型提供理论支撑与实践范式。

[关键词] 双碳战略; 零碳园区; 源网荷储一体化; 绿电直供; 铜山经开区

一、引言

随着“2030年前碳达峰、2060年前碳中和”的双碳战略深度融入经济社会发展,工业作为碳排放重点领域,其低碳转型是双碳目标落地的核心。工业园区作为工业化核心载体,贡献全国超3成GDP的同时,产生70%左右工业温室气体,是碳排放高度集聚区¹。推动园区零碳转型,既是应对气候变化、深化生态治理的必然要求,也是突破欧盟CBAM碳壁垒、提升产业国际竞争力的关键。

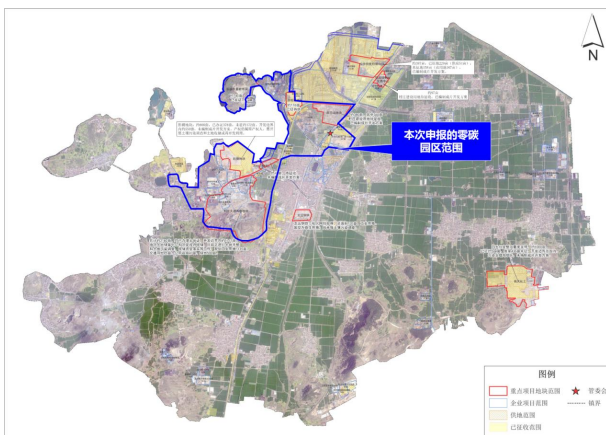


图1 零碳园区创建范围图

江苏省作为工业强省,率先出台《江苏省级零碳园区建设指南》等政策,构建省级零碳园区评价体系。徐州铜山经开区作为淮海经济区先进制造业核心承载区,正处于产业绿色迭代关键期,面临存量能效提升与增量低碳准入双重压力。开展零碳创建,既能推动园区经济与碳排放脱钩,也能为苏北传统工业集聚区提供可复制转型路径,兼具实

践与理论价值。

本文界定的省级零碳园区,并非绝对零排放,而是以江苏省级评价标准为引领,在明确边界内,以能源脱碳为核心,通过技术手段与抵消机制,实现园区温室气体净排放趋近于零的动态管控体系²。本次研究遵循相关核算规范,地理边界为铜山经开区零碳创建核心区(5.36平方公里)如图1所示,碳排放核算覆盖Scope 1、Scope 2直接与间接排放,同步纳入Scope 3隐含排放,保障核算严谨完整。

二、案例概况与建设基础分析

2.1 区域概况

江苏铜山经济开发区位于徐州市北部,2016年获批省级经济开发区,先后获评江苏省绿色园区、江苏省高端装备制造特色产业基地。本文所述零碳创建核心区涵盖高端装备制造产业园存量建成区与规划增量区域,水、电、路、气、讯等基础设施全域覆盖,硬件配套成熟。

区位优势上,园区紧邻京沪高铁、陇海铁路两大干线,距徐州观音国际机场约40公里,物流与产业辐射能力突出;15公里范围内的利国1400MW抽水蓄能电站(在建)可为可再生能源消纳提供天然调峰支撑;铜山区丰富的农林废弃物的为生物质能开发提供充足原料,徐州市完备的光伏、储能产业链,为园区零碳项目落地提供了本地化产业保障。

2.2 产业结构与空间布局

经过多年发展,园区已形成以绿色冶金、高端装备制造、新材料为主导,新能源装备、数字经济、宠物经济为特色的“3+3”现代产业体系,2025年园区工业总产值突破120

亿元。

存量产业方面, 创建范围内现有9家龙头骨干企业, 业务覆盖重型机械加工、压力容器制造等领域, 生产以机械组装、精密金属加工为主, 整体能效达行业先进标准(2家获评江苏省绿色工厂), 9家企业能耗占核心区总能耗的92%以上, 是能碳管控核心主体。增量发展方面, 拟落地重大项目总投资超50亿元, 达产后新增工业产值超200亿元, 此类项目电气化率高、无高污染排放, 可在建设阶段植入零碳理念, 执行严格低碳准入标准。

2.3 能源供应与消费结构诊断(2023-2025年实测数据)

依据《综合能耗计算通则》(GB/T 2589), 对园区2023-2025年能源消费数据统计及分析后, 明确三大核心特征: 一是能源结构高度电气化, 外购电力占比从2023年的96.15%升至2025年的97.29%, 电力脱碳成为零碳创建核心突破口; 二是综合能耗稳步下降, 三年累计降幅12.75%, 得益于节能技改与高耗能企业退出; 三是供电需求升级, 高端精密制造对供电稳定性要求提高, 出口企业绿电需求增长, 同时用电峰谷差超40%, 为柔性负荷调控与储能应用提供空间。

2.4 碳排放现状核算与减排空间分析

以《温室气体排放核算与报告要求》(GB/T 32151)为标准进行核算³, 该园区2025年碳排放总量4.86万吨CO₂, 其中Scope 1直接排放0.12万吨(占2.47%), Scope 2间接排放4.74万吨(占97.53%), 与能源结构高度电气化特征匹配。

2025年园区单位综合能耗碳排放强度为2.16 tCO₂/tce, 而江苏省级零碳园区核心指标为≤0.3 tCO₂/tce, 需削减86%以上排放强度。经测算, 单纯节能技改最大减排潜力仅15%, 必须以能源结构转型、高比例绿电替代为核心, 辅以循环经济等配套措施。此外, 园区现有碳汇年固碳能力约500吨CO₂, 仅占总排放1%, 增量有限, 进一步印证电力脱碳的核心地位。

三、江苏省级零碳园区创建的可行性论证与指标趋势预测

3.1 建设期(2026-2030年)能耗与碳排放多情景预测

随着重大项目投产, 园区将进入产业扩张期, 预计2027年综合能耗突破10万吨标准煤, 2030年达21万吨(较2025年增长83.5%)。采用情景分析法构建三类预测模型:

基准情景(BAU): 维持现有模式, 2030年碳排放激增至43.07万吨CO₂, 与零碳目标差距巨大;

节能情景: 实施全面节能技改, 2030年能耗降至16.8万吨标准煤, 碳排放34.4万吨CO₂, 仍未达标;

零碳情景: 通过可再生能源开发、绿电替代等综合举措, 2030年绿电消费占比95%以上, 净碳排放控制在6万吨以内, 单位能耗碳排放≤0.3 tCO₂/tce, 2027年提前碳达峰, 实现经济与碳排放脱钩。

3.2 资源禀赋与技术潜力分析

该园区零碳创建可行性具备以下几点: 一是分布式光伏潜力巨大, 可开发屋顶超102万平方米, 总装机潜力122.4MW, 年发电量约1.2亿kWh, 年替代标煤3.7万吨; 二是周边能源协同优势突出, 紧邻利国抽水蓄能电站, 30公里内有大型新能源基地, 农林废弃物充足; 三是核心技术成熟, 分布式光伏、储能等技术已大规模商业化应用, 成本大幅下降; 四是政策保障完善, 江苏省、徐州市均出台专项政策, 给予补贴与支持。

四、零碳园区建设的总体路线与阶段目标

基于前文对现状的梳理、未来用能和碳排放的预测, 论述了该园区建设江苏省级零碳园区的可行性, 由此提出其建设零碳园区的总体线路与阶段目标。

4.1 总体思路

以双碳战略为引领, 以江苏省级零碳园区标准为遵循, 坚持“绿电为核、数智为基、循环为链、技术为翼”核心策略, 以电力脱碳为突破口, 以产业低碳升级为路径, 构建“源网荷储一体化、产业循环协同化、能碳管理数智化、绿色价值市场化”四位一体体系, 破解产业扩张与减排约束的矛盾, 打造苏北传统工业集聚区零碳标杆。

4.2 三步走阶段化目标

第一阶段(2026-2027年, 启动示范期): 搭建零碳创建体系, 完成基础示范项目。核心指标: 单位工业增加值能耗下降18%, 单位能耗碳排放降至1.5 tCO₂/tce以下, 非化石能源消费占比20%以上, 分布式光伏并网装机突破100MW, 智慧能碳管理平台投用。重点任务: 编制总体规划, 推进存量光伏改造, 落实低碳准入, 完成企业节能诊断。

第二阶段(2028-2029年, 全面突破期): 推进核心项目建设, 完善零碳体系。核心指标: 单位能耗碳排放降至0.8 tCO₂/tce以下, 非化石能源消费占比50%以上, 储能规模400MWh, 绿电消费占比60%以上。重点任务: 建成绿电直供通道与智能微电网, 构建循环经济体系, 完善碳足迹追溯系统。

第三阶段(2030年, 达标成型期): 全面达标, 形成可复制模式。核心指标: 单位能耗碳排放≤0.3 tCO₂/tce, 非化石能源消费占比85%以上, 绿电消费占比95%以上, 建成省

级标杆。重点任务: 完成达标验收, 完善长效机制, 总结推广创建经验。

五、关键实践任务与技术创新路径

5.1 能源体系创新: 多能互补的“源网荷储”一体化架构

打破被动用电定位, 构建“分布式光伏为主、多能互补、微网支撑、储调协同”的新型能源系统⁴。源侧: 推进光伏全覆盖, 2027年前完成存量屋顶改造, 新建厂房100%按BIPV标准设计; 建设2MW生物质热电联产机组, 年消纳生物质3万吨, 实现热力100%可再生替代; 对接周边新能源基地, 签订长期绿电协议。网侧: 新建110kV智能变电站, 构建“双环网”配电架构, 建设绿电直供专用通道。荷侧: 改造柔性负荷, 占比达20%以上, 2028年前完成低效设备淘汰, 推进厂房绿色化改造。储侧: 建设200MW/400MWh集中式储能电站, 新建光伏配套用户侧储能, 配置移动储能车, 试点新型储能技术。

5.2 交易模式创新: 绿电直供与虚拟电厂市场化运营

构建“绿电采购-市场化运营-价值转化”体系。创新绿电直供模式, 通过园区集中采购、点对点直供、局域网消纳, 预计至2030年零碳园区申报建设范围内年均购买绿色电力证书数量超过30万张以上用于企业核销, 可覆盖电力消费超30%。建设虚拟电厂, 整合可调资源 $\geq 50\text{MW}$, 接入省级电力辅助服务市场。构建绿色价值转化体系, 建设碳资产管理中心, 建立碳票交易制度, 对接碳市场, 为产品提供碳足迹认证, 规避CBAM碳关税。

5.3 生产模式创新: 产业循环经济与能效阶梯利用

构建产业链协同循环体系。能量阶梯利用: 打造钢化联产-余热回收-机械加工共生链条, 余热回收率提升至50%以上, 年减排 CO_2 约5.2万吨; 利用新材料企业余热实现集中供暖制冷。水资源循环: 建设 $1\text{万 m}^3/\text{d}$ 污水处理回用中心, 2030年工业用水重复利用率达90%以上, 配套雨水收集系统。固废利用: 建设固废资源化中心, 年处理废金属5万吨, 资源化利用率达98%以上。

5.4 管理模式创新: 数智化能碳决策大脑

建设“1+3+N”智慧能碳管理平台, 实现全景感知、智能调控。构建秒级数据采集体系, 打通多方数据接口, 构建统一数据底座。建设能源调度与碳排放管理系统, AI精准预测光伏出力与负荷, 实现协同调度, 完成三级碳排放MRV管理与产品碳足迹追溯。建立亩均碳效评价体系, 实施企业分类管控, 设立低碳准入门槛, 从源头控制碳排放。

六、经济可行性分析

6.1 经济性评估

零碳园区建设是一项兼具综合性、系统性与长期性的系统工程, 涉及能源替代、产业升级、技术创新、管理优化等多维度协同推进, 但其落地实施与长效运营始终离不开坚实的经济支撑。本次铜山零碳园区建设共规划11大重点工程, 总投资15.22亿元, 分年度有序投入, 其中工程建设占90.7%、软件平台占5.3%、其他费用占4%。构建“政府引导+企业主体+社会资本+金融支持”多元投融资体系, 保障资金足额到位。初步以基准收益率6%、运营期25年测算, 项目经济效益良好, 全投资IRR达9.41%, 静态投资回收期8.7年, 年均直接收益与间接收益(碳资产增值、碳关税规避等)显著。

七、结语

本文以江苏徐州铜山经开区为样本, 基于园区能耗与碳排放多情景量化预测, 构建省级零碳园区创建体系, 得出以下结论: 一是电力脱碳是工业园区零碳转型的核心突破口, 单纯节能技改无法满足江苏省级零碳园区的达标要求。二是技术与机制双轮驱动可破解产业扩张与减排的矛盾, 通过构建涵盖“源网荷储”一体化能源系统、市场化绿电直供模式、全链条循环经济体系、数智化能碳管控平台的综合技术创新与实践体系, 可以实现生态、经济、社会效益协同。三是该创建模式适配新建型工业园区, 为同类园区提供可复制范式。

未来, 随着双碳战略推进与低碳技术降本, 零碳园区将从政策示范转向市场自发。铜山经开区将以省级零碳园区创建为契机, 深化改革创新, 打造国家级标杆, 为工业领域双碳目标实现贡献“铜山方案”。

[参考文献]

[1]吴丹舟.零碳园区建设的难点分析与对策研究——以安徽省为例[J].中国工程咨询,2026,(02):25-30.

[2]刘思远,单明,刘彦青,等.“零碳产业园”的内涵界定及建设路径研究[J].环境生态学,2023,5(4):114-118.

[3]晏为谦,陈凯,卢伟业.面向产业园区碳排放核算方法研究[J/OL].节能,2026,(03):113-117[2026-04-08].

[4]夏怡,王振华,叶盛,等.基于多能互补的零碳园区综合能源系统建设方案[J].低碳世界,2025,15(11):114-117.

作者简介: 高典, 1992.08, 男, 汉族, 硕士研究生, 江苏淮安, 中级工程师、注册城乡规划师, 专业方向为碳排放与管理及零碳园区建设。