

沼气发电项目的全生命周期环境效益与经济效益综合评价

杨云峰

浙江思锐电力科技有限公司 浙江杭州 310000

【摘要】基于能源转型与环保需求的大背景，建立沼气发电项目全生命周期环境及经济效益的综合评价体系，挖掘现有评价所存在的局限，构建包含环境与经济效益的指标体系结构，界定适用评价方法筛选的标准及应用流程安排，凭借规划设计的优化、运营管理及技术创新的强化、政策市场机制的改进，可实现项目综合效益的提升，实现生态经济的协同共赢，为沼气发电行业的进步提供决策依据。

【关键词】沼气发电；全生命周期；环境效益；经济效益；综合评价

Comprehensive evaluation of environmental and economic benefits of biogas power generation project in the whole life cycle

Yang Yunfeng

Zhejiang Sirui Electric Power Technology Co., LTD. Hangzhou, Zhejiang 310000

【Abstract】In the context of energy transition and environmental protection, a comprehensive evaluation system for the environmental and economic benefits of biogas power generation projects throughout their lifecycle is established. This system identifies the limitations of existing evaluations, constructs an indicator framework that encompasses both environmental and economic benefits, defines the criteria and procedures for selecting appropriate evaluation methods, and enhances the project's overall benefits through optimized planning and design, enhanced operational management, and technological innovation, as well as improved policy and market mechanisms. This approach aims to achieve a synergistic win-win in ecological and economic terms and provides decision-making support for the advancement of the biogas power generation industry.

【Key words】biogas power generation; life cycle; environmental benefit; economic benefit; comprehensive evaluation

引言

世界范围内能源短缺与环境污染问题升级，推动清洁能源发展刻不容缓，作为有机废弃物实现资源化利用的重要办法，在能源结构转型过程里扮演关键角色。项目于全生命周期里牵扯到复杂的环境和经济要素，迫切需要一套科学且系统的综合评价体系，精准衡量其在环境及经济领域的效益，不仅与项目自身实现可持续发展相关，还对达成绿色能源转型、实现“双碳”目标意义十分重大。

一、沼气发电项目全生命周期环境与经济效益评价现状剖析

（一）现有评价体系存在的局限性

现今针对沼气发电项目的环境及经济效益评估架构，指标覆盖及方法应用存在明显的不足，环境效益评价多是聚焦

于温室气体减排量的单一维度，对项目建设运营阶段产生的水体污染、土壤生态变化等环境影响未进行量化考量，未完整呈现项目全生命周期内的环境负荷状态。经济效益评估过度倚重静态财务指标，未顾及技术迭代、政策波动等动态因素在项目收益方面的影响，致使成本核算及收益预测与实际运营情形偏差较大，多数评价把环境和经济维度分割开来分析，未具备系统性整合框架，不易展现二者间协同与制约的关系，不能为项目决策供应全面且合乎科学的依据。

（二）行业发展对综合评价的新需求

伴随沼气发电行业规模化演进与技术革新趋势，传统评价模式难以契合行业升级的实际需求，由“双碳”目标驱动前行，行业对项目环境效益评价的要求进一步提高，需搭建包含资源循环利用率、生态系统服务价值等多维度的评价指标体系，精准评定项目的绿色贡献量。项目投资主体走向多元化，融资渠道变得复杂化，使得经济效益评价要把全生命周期成本分析、风险评估等要素增添进去，为投资者给予动

态化、精细化的决策参照，面对能源市场及环保政策的不断调整，行业迫切需搭建环境、经济双维度联动的综合评定体系，从而实现项目经济效益跟环境效益的动态化平衡。

（三）评价研究的紧迫性与必要性

在能源结构转型及生态文明建设的双重情形下，开展沼气发电项目全生命周期环境及经济效益的综合评价迫在眉睫，科学评价不足易造成项目规划与投资决策盲目，造成资源的浪费及环境潜在风险，对行业可持续发展形成阻碍，现有评价体系存在的局限性对行业技术创新与商业模式优化形成了制约，不足以充分挖掘沼气发电项目的综合价值潜力^[1]。依靠系统性综合评估探究，能精准识别出项目关键效益的各影响因素，为政策的制定、技术的改进以及运营管理给予数据支撑，扶持沼气发电行业跨越发展壁垒，实现经济效益与环境效益同步上扬，在绿色能源转型阶段发挥更突出功效。

二、沼气发电项目全生命周期评价指标体系构建

（一）环境效益评价指标选取依据与内容

环境效益评价指标的选定需以沼气发电项目全生命周期的环境影响特征为基础，遵照科学性及全面性的原则，在项目进行建设的阶段，依据土地资源占用率、施工废弃物产生量等指标量化资源消耗与生态扰动水平；聚焦于温室气体减排数量、废水处理达标比率、噪声污染控制水准等关键参数，精确评估项目在大气、水和声环境方面的改善成效；会把设施拆除产生的固体废物处理率和生态修复完成度列入评价范畴，全面展现项目全生命周期的环境效益，引入生命周期评价（LCA）途径，对原料收集、沼气生产及电力输送全阶段的环境影响予以追溯，保障指标体系可如实现项目对生态系统的综合价值。

（二）经济效益评价指标设定原则与构成

需在构建经济效益评价指标时兼顾项目经济性与可持续性，核心原则聚焦于动态性与可操作性，除了一般的建设投资与设备运维支出，把技术迭代升级成本以及政策变动引发的合规成本等动态因子纳入，完成全生命周期成本的精准核计；收益端涉及电力销售收入、碳交易收益、副产品综合利用价值等多样的收益途径，显示项目的增值潜在空间。采用内部收益率（IRR）、净现值（NPV）等动态财务指标，采用敏感性分析，量化市场价格起伏、政策补贴变动对项目收益造成的影响，形成包括盈利能力、偿债水平、抗风

险能力的综合评价体系，为投资决策做全面的经济可行性深度分析。

（三）综合评价指标体系的系统性整合

打破环境与经济维度的壁垒，以此实现综合评价指标体系整合，搭建起协同互动的评价框架，实施权重分配与归一化举措，将环境效益跟经济效益指标开展量化耦合，借助层次分析法（AHP）、熵权法等客观赋权的方式，科学厘定各指标的权重大小，防止主观因素对结果的干扰。搭建环境 - 经济的交叉分析模型，找出沼气发电项目环境效益与经济效益间的关键关联点，比如碳减排量跟碳交易收益的联动效应、废弃物处理成本与资源回收价值的平衡模式^[2]。基于这一基础，建立由目标层、准则层、指标层组成的三级评价体系，完成对项目全生命周期综合效益的动态化、系统化评价，为项目优化决策供给具备科学性与实用性的量化佐证。

三、沼气发电项目全生命周期效益评价方法选择与应用

（一）适用评价方法的筛选标准

沼气发电项目全生命周期评价方法筛选需遵循多维标准。方法需契合项目复杂性，覆盖建设、运营、退役全阶段，兼容环境与经济双维度评价需求，规避单一视角局限，数据可获取性需着重强调，方法依赖参数应在项目实际运行中有稳定采集渠道，保障评价数据真实与时效。方法动态适应性需纳入考量，要能应对能源价格波动、政策调整等外部变量对评价结果的影响，具备实时更新与修正评价结论的能力，方法可操作性与通用性亦为重要标准，需保证评价过程易于执行，同时符合行业规范，便于不同项目横向对比与经验借鉴。

（二）评价方法的原理与操作流程

沼气发电项目评价常采用层次分析法、模糊综合评价法、生命周期评价法融合模式，层次分析法构建层次结构模型，把复杂环境经济评价指标分成目标层、准则层、指标层，靠专家打分和矩阵运算确定指标权重，量化主观判断；模糊综合评价法用隶属度函数，处理指标模糊不确定，实现定性指标定量；生命周期评价法以物质能量流分析为核心，追溯项目全周期资源消耗和环境排放。操作时，经文献研究与行业调研确定评价指标体系，用层次分析法与熵权法组合赋权，结合模糊综合评价模型算项目综合得分，输出环境经济效益量化结果。

（三）实际项目中的方法应用与验证

沼气发电项目实践里,评价方法得依据项目特性本地化调适。收集建设成本、年发电量、碳减排量等基础数据,放进预构评价模型计算,得出环境、经济效益分项与综合评分。验证方法可靠性要多轮数据验证,拿模型计算结果和项目试运行实际数据对比,分析偏差优化参数,横向对比同类项目评价结果,检验方法在不同规模、区域项目的适用性^[3]。进行敏感性分析,模拟原料价格波动、补贴政策变化等场景,评估关键变量对评价结果的影响,保证评价方法反映项目全周期综合效益,给决策提供可靠依据。

四、提升沼气发电项目全生命周期综合效益的策略路径

（一）优化项目规划设计环节

以江苏睢宁县沼气发电项目做例证,规划设计之际,充分斟酌本地资源条件与能源需求,睢宁县依托当地充裕的农业废弃物资源,认定了建设33个沼气管站的规模,沼气厌氧发酵装置总容积累积达4.9万立方米,在开展发电并网系统设计期间,采用“风光气”多元能源互补体系,采用构建沼气发电运行特性调度模型等相关技术创新,有效增强了供电的可靠性,还改善了能源短缺这一问题,于项目设计阶段,对沼气发电过程及机理进行深入钻研,建立出力、功率及电量的预测模型,以及对区域电力电量优化调度的模型,为项目全生命周期的高效运转筑牢稳固根基,实现自源头保障项目环境和经济效益协同上扬。

（二）强化运营管理与技术创新

苏垦优然牧业的沼气发电项目在运营管理时采用了先进的罐式厌氧发酵工艺,把牧场的粪便污水转化为沼气能源,自2024年6月起,项目进入试运行阶段直至年底,已

成功实现电量405万度的产出,为牧场减少近200万元的电费支出,依靠“自发自用,余电上网”模式达成,完成资源的优化整合。持续实施技术创新,诸如发电系统配备余热利用系统达成生产供热,厌氧发酵进行时无臭气溢出,发酵结束后无二次污染现象,执行粪污的固液分离,把沼渣制成奶牛卧床垫料,或用来生产有机肥料,经过发酵的沼液用以农业喷洒还田,于运营及技术层面整体提升项目综合效益。

（三）完善政策支持与市场机制

国家为沼气发电项目赋予了诸多政策利好,若论及电价补贴方面,沼气发电享受每度0.25元的可再生能源附加津贴;关于税收优惠情形,所得税“三免三减半”优惠给予沼气企业,在市场机制构建这件事上,以河北某沼气项目当作例子,2023年借助CCER交易入账200万元,展现了碳交易市场对项目的经济激励意义^[4]。政策支持使项目运营成本有所下降,提振投资的回报水平;充满生机的市场机制为项目开拓额外收益渠道,引入更多社会资本介入,完备的政策及市场体系为沼气发电项目持续发展打造了不错的外部环境。

结语

构建全面评价指标体系、选用科学评价方法,对沼气发电项目全生命周期环境经济效益开展系统性分析,明确优化项目规划设计、强化运营管理创新、完善政策市场机制等提升综合效益的路径。今后,随着技术不断迭代,沼气发电项目在原料处理效率、能源转化水平方面将取得突破;随着政策支持体系完善与碳交易市场发展,其环境经济价值将进一步释放,在能源绿色转型和生态环境保护中发挥更大作用,推动行业进入高质量可持续发展新阶段。

参考文献

- [1]王永林,孙慧,宋志方,等.徐州市制沼气及发电项目职业病危害控制效果评价[J].职业与健康,2024,40(18):2455-2458+2463.
- [2]罗兵,刘莉萍,王伟,等.某酒厂新污水处理厂沼气发电项目电气设计[J].机电工程技术,2024,53(06):277-281.
- [3]叶伟强,何平,诸宇浩,等.分布式沼气燃烧发电项目实施与经济分析[J].现代建筑电气,2024,15(05):67-70.
- [4]苏伟.理顺沼气发电上网电价机制势在必行[N].中国电力报,2022-11-09(003).

作者简介:杨云峰,男,出生年份:1987年1月,汉族,籍贯:浙江嘉兴,学历:本科,职称:工程师,现研究方向:沼气提纯制生物天然气、沼气发电能新能源方向。