

电网环保设备替代策略模型构建及应用研究

彭伟¹, 郑健², 金明雨², 李永³, 陈音朦³

¹国网上海市电力公司电力科学研究院, 上海

²国网上海市电力公司, 上海

³上海久隆企业管理咨询有限公司, 上海

收稿日期: 2022年8月8日; 录用日期: 2022年9月19日; 发布日期: 2022年9月26日

摘要

2020年, 习近平总书记在第七十五届联合国大会上宣布, 中国要力争实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。随着国家“30·60”双碳战略的推进, 国内能源结构的调整随之加速, 国网公司制定发布了“碳达峰、碳中和”行动方案, 强调要加强电网规划建设运维各环节绿色低碳技术研发, 实现全过程环境保护。电网企业作为能源行业的中坚力量, 推进环保设备替代是落实双碳战略、履行社会责任的重要举措。

关键词

双碳战略, 环保设备, 替代策略

Study on Building and Application of Electric Eco-Equipment Substitution Strategy Model

Wei Peng¹, Jian Zheng², Mingyu Jin², Yong Li³, Yinmeng Chen³

¹State Grid Shanghai Electric Power Research Institute, Shanghai

²State Grid Shanghai Municipal Electric Power Company, Shanghai

³Shanghai Jiulong Enterprise Management Consulting Co. Ltd., Shanghai

Received: Aug. 8th, 2022; accepted: Sep. 19th, 2022; published: Sep. 26th, 2022

Abstract

In a speech to the 75th UN General Assembly, President Xi Jinping committed to have CO₂ emissions peak before 2030 and achieve carbon neutrality before 2060. To achieve carbon strategy goals, China implements a series measures to optimize the energy structure. State Grid launched a Project of Carbon Peaking and Carbon Neutrality to encourage the innovation of green and

low-carbon technology in electric planning, construction, operation and maintenance. As the essential force of energy industry, electric power companies must accelerate the eco-equipment substitution to achieve carbon strategy goals and fulfil the social responsibility.

Keywords

Carbon Strategy, Eco-Equipment, Substitution Strategy

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

习近平总书记在第七十五届联合国大会做出“碳达峰、碳中和”郑重承诺，之后在中央财经委员会第九次会议上针对“碳达峰、碳中和”这一目标，对电力行业提出要构建以新能源为主体的新型电力系统。上海市在 2035 城市总体规划中明确提出 2025 年前要努力实现碳达峰。国网公司也制定了“碳达峰、碳中和”行动方案，强调要加强电网规划建设运维各环节绿色低碳技术研发，实现全过程环境保护。对于电网企业，推进环保设备的替代应用是落实双碳战略的具体实践，也是履行社会责任的重要举措。

2. 相关理论方法

2.1. 技术成熟度

技术成熟度指技术相对于某个具体系统或项目而言所处的发展状态，反映了技术对于项目预期目标的满足程度。技术成熟度评价，是确定装备研制关键技术，并对其成熟程度进行量化评价的一套系统化标准、方法和工具。20 世纪 70 年代中期，NASA 先引入了技术就绪水平(Technology Readiness Level, TRL)评估新技术的成熟度。20 世纪 70 年代末，NASA 产生了最早度量技术成熟度的标准——技术就绪水平(TRLs)。至 20 世纪 90 年代，技术成熟度评估逐步趋于成熟。国内的朱毅麟院士对技术成熟度评价因素也有相关论述，他认为广义的技术成熟度除考虑技术在开发过程中所达到的一般性可用程度(完善程度)外，还应该考虑该项技术对特定需求的满足程度、技术跨度、技术难度(风险)、技术可获得性以及技术成本等多种评价因素[1]。

2.2. 因果矩阵

因果矩阵是六西格玛的分析工具之一，是在鱼骨图的基础上，利用矩阵的形式处理一些鱼骨图不方便处理的复杂问题的分析工具。当预期解决的问题比较复杂，有多种缺陷形式，且它们的影响互相关联，无法将它们分开来考察和解决时，可以帮助管理团队选择重点关注的过程输入或影响因素，以便于有针对性地收集数据进行分析的一种有效地分析工具。

2.3. 雷达图

雷达图法是日本企业界为综合实力进行评估而采用的一种财务状况综合评价方法。按这种方法所绘制的财务比率综合图状似雷达，故得此名。雷达图是一种能够表现多维数据的强弱的图表形式。它将多个维度的数据量映射到坐标轴上，这些坐标轴起始于同一个圆心点，通常结束于圆周边缘，将同一组的点使用线连接起来就形成了雷达图。

3. 环保设备替代策略模型构建及应用

3.1. 模型框架

雷达图具有简洁、方便、精确、直观的特点，能够体现较多的数据信息并将多维数据投影到平面上。因此，雷达图的可视化方式适用于企业进行多目标决策，决策者可以直观了解各决策对象的优劣势，以选定最优对象。

根据雷达图的结构及特点，全面考量电网企业战略发展、降碳需求、常用设备特征、电网运维检修方式等实际情况，构建电网企业环保设备替代策略模型(见图 1)，从环保效益、技术成熟度、应用风险、经济性、适配性等五个方面[2]，分析评价环保设备替代应用的可行性及其优劣势。

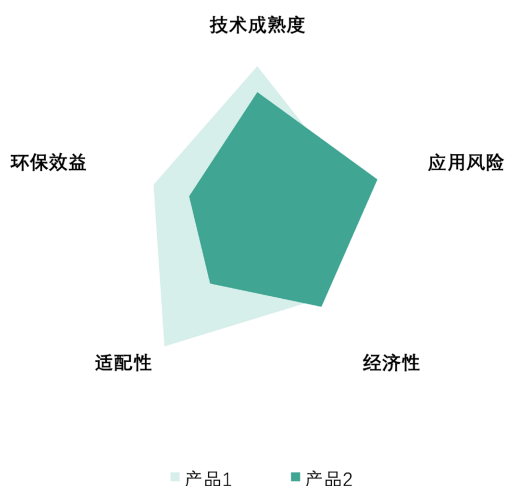


Figure 1. Model of electric eco-equipment substitution strategy
图 1. 电网企业环保设备替代策略模型

3.2. 关键影响因素识别

鱼骨图法又称“因果分析法”，是一种发现问题“根本原因”的方法，由于问题的特性总是受到各种因素的影响，通过鱼骨图法，将找出的各影响要素进行归类、整理，明确其从属关系，形成层次分明、条理清楚的图形，其特点是简捷实用，比较直观。

参考鱼骨图的分析方法，分别对环保效益、技术成熟度、适配性、应用风险、经济性的关键影响因素进行识别。

1) 环保效益

从原材料本身及设备生产、使用、处置全过程角度，综合分析设备环保性，即是否达到更低的碳排放、更少的能耗或更轻的污染[3]。生产环节，重点考量原材料和生产工艺的改进，从使用低碳原材料、压缩碳产生环节等角度，评价生产环节的降碳贡献度。使用环节，重点评价环保设备运行中是否有有害物质泄露，是否对人和环境有不良影响[4]。处置环节，主要评价环保设备处置、回收等的便捷性及安全性(见表 1)。

2) 技术成熟度

美国国防先进研究计划局(DARPA)对技术的定义较广，包括技术的应用性、认证、设计、装配、结构、材料、制造、成本收益成熟度、维修保障、知识产权等角度[1]。参考 DARPA 的定义，结合环保设备应用主体的特点，从电网企业的角度出发，梳理环保设备技术成熟度评估的关键影响因素[5](见表 2)。

Table 1. Key factors and definitions of environment effectiveness
表 1. 环保效益关键影响因素及评价要点

关键影响因素		评价要点
生产环节	原材料的环保性能	比较新旧两类原材料的应用对环保的贡献度
	碳减排贡献度	
	其他污染减排水平	关注生产工艺的改进，对整个生产环节碳减排及其他污染减排、能耗降低的贡献水平
	节能水平	
	生产企业的环保认证	评价生产企业已有的环保认证情况及认证的等级水平
使用环节	绿色安全运行	重点评价产品运行时对周围环境的影响，如：是否会排放有害物质、噪声水平、辐射水平等
	节能水平	评价环保设备在运行中的能耗水平
	产品的环保认证	关注环保设备是否有环保认证及认证的等级水平
处置环节	回收便利性	比较传统设备与环保设备在回收方面的便利程度及回收过程的安全性
	回收安全性	
	可再利用价值	预估并评价环保设备整体及其各零部件在达到退役年限后的可再利用价值
	处置便利性	比较传统设备与环保设备在报废处置过程中的便利性与安全性
	处置安全性	

Table 2. Key factors and definitions of technology maturity
表 2. 技术成熟度关键影响因素及评价要点

关键影响因素		评价要点
理论研究厚度		环保产品所用新材料、新技术等相关的文献数量与质量
专利情况		新材料、新产品、新技术等是否已获得专利
材料成熟度		环保产品所用新材料的可靠性、安全性及应用广度与深度
制造成熟度		环保产品生产工艺的可靠性、效率
维修保障		环保产品的售后保障水平及维修的难易程度

3) 适配性

为确保所选环保设备符合电网企业的实际需求，能够满足电网发展与日常运行、维护、检修等各项需求，需要从公司战略发展方向、电网结构、技术要求、运维检修要求等维度，理清环保设备适配性分析评价的关键影响因素(见表 3)。

Table 3. Key factors and definitions of eco-equipment fitness
表 3. 适配性的关键影响因素及评价要点

关键影响因素		评价要点
目标适配	前瞻性试点	重点从公司发展方向及战略目标角度，分析评价环保设备的适用场景
	大规模推广	

Continued

结构适配	电网结构 技术参数	重点考虑公司电网结构、基建、技改要求等方面，综合评价环保设备是否满足公司要求
运行适配	电网运行方式	重点评价环保设备是否满足公司运行规程的要求，是否符合公司电网的运行方式要求
检修适配	运维检修方式	重点评价当前运维检修方式下，环保设备是否满足要求，其运维检修的便捷程度如何

4) 应用风险

在应用风险方面，根据环保设备供应商已有的设备应用经验，综合考虑电力和非电力两类用户，分析环保设备的实际应用情况、识别潜在风险，评价公司推进环保设备应用的风险点，是评估环保设备替代应用可行性的关键(见表 4)。

Table 4. Key factors and definitions of risks of using new eco-equipment
表 4. 应用风险的关键影响因素及评价要点

关键影响因素	评价要点
运行环境	基于环保设备已有运行经验，分析评价该设备是否适合电网企业可能的运行环境
运行时间	综合评价环保设备的总运行时间以及其无故障运行时长
可靠性	评价不同运行环境下，环保设备在稳定性、安全性、可靠性方面的表现

5) 经济性

从资产全生命周期成本(LCC)的角度出发，对环保设备的经济性进行分析[6]，比较环保设备与同类型在运设备的成本差异，判断投资规模，评价其投资可行性。

由于大多数环保设备属于新产品，上市时间短、应用时间有限，在运维成本、检修成本和报废成本方面可用数据较少，因此在分析时，对这三类成本的分析主要根据环保设备维修方式、拆除方式等方面的变化进行预估评价，重点关注环保设备的采购成本与处置成本方面的差异(见表 5)。

Table 5. Key factors and definitions of economical efficiency
表 5. 经济性的关键影响因素及评价要点

关键影响因素	评价要点
采购成本	比较同类型在运设备的历史中标价与环保设备的采购价格，充分评价投资规模和压力
运维成本	基于环保设备在运维方式方面的变化，估算运维成本，作为经济性分析的依据
检修成本	基于环保设备在检修方式上的变化，估算检修成本，作为经济性分析的依据
处置成本	根据环保设备处置方式的变化，评价同类型在运设备与环保设备的处置成本变化
报废成本	基于环保设备在材料、结构等方面的变化，估算报废成本，作为经济性分析的依据

3.3. 模型应用

综合考虑环保设备替代可行性评价的多目标属性及关键影响因素的复杂性，选择因果矩阵的方法评估环保设备替代应用可行性。

环保设备替代可行性评估评分从影响因素关键度和环保设备替代价值度两方面进行评价：

1) 关键度评价。指在多因素环境下如何选择环保设备替代应用的偏好，主要考量各因素在选择结果中所占的重要程度。评分范围从 1 分到 10 分，评分越高，代表相关因素在替代应用选择中重要性越高。

2) 价值度评价。评价多因素环境中，环保设备是否符合该影响因素的标准和要求、或是环保设备在该因素中的表现。为了保证价值评估得分能够体现出环保设备在多因素影响下替代可行性的差距，且避免具体打分时出现过于纠结分数高低的问题，将价值度评分的标准设置为 0 分、1 分、3 分和 9 分，评分越高，代表环保设备在该影响因素中的表现越优秀。

基于环保设备替代可行性评估矩阵评分，分析选择最符合电网企业发展需求和运行要求的环保设备。

3.4. 替代策略研究

根据环保设备替代可行性评估矩阵评分，绘制形成雷达图，综合其五个维度的分项评分和总评分，同时考虑设备类型、电压等级等方面的因素，制定环保设备替代应用策略。

1) 从替代应用的目标出发，根据电网企业战略发展方向，结合环保设备技术成熟度评价情况，制定替代策略。如以“前瞻性试点”为目标，考虑通过先进产品的试点应用获得较高的环保效益，同时能够带动相关技术与研究创新发展，可选择环保效益评价高、技术成熟度评价中等、应用经验较少的环保设备进行试点应用。如以“尽快大规模推广替代”为目标，则需要选择环保效益较好、技术成熟度高、应用经验丰富的环保设备，先进行小范围试点、积累一定运行经验，再逐步扩大范围。

2) 按照不同设备类型，综合考虑电压等级，根据当前各类环保设备的技术成熟度及应用经验情况，制定环保设备替代应用差异化策略。对于同一类环保设备，由于不同电压等级的设备技术参数要求不同，制造工艺也有所不同，存在技术成熟度的差异，因此需要以技术成熟度排序为基础，结合电网运行、电网结构、负荷情况等实际需求，选定环保设备开展试点应用。

4. 总结

随着国家“双碳”战略和新型电力系统建设的深入推进，城市发展对绿色环保电网的要求将越来越高，推进环保设备替代可以降低电网建设和运维中碳基材料的消耗，同时减少运行中的碳相关温室气体排放，有利于生态宜居城市建设。

参考文献

- [1] 郭道劝. 基于 TRL 的技术成熟度模型及评估研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 国防科学技术大学, 2010.
- [2] 张辉东. A 市供电公司电网设备更新决策研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- [3] 冼灿标, 方靖, 李连和, 江虹, 张乐. 某企业电力市场需求与环保效益分析[J]. 市场周刊, 2018(12): 30-31.
- [4] 黄新春. 环保型充气开关柜在配电系统中的技术性能分析[J]. 电工技术, 2022(1): 111-112+116.
- [5] 周涛, 于兰萍, 张勇. 技术成熟度评价方法应用现状及发展[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(5): 1609-1612.
- [6] 苏东, 马仲能, 李成翔, 谢家正, 夏成军. 配网开关柜全生命周期成本模型及敏感度分析[J]. 电力系统保护与控制, 2018(1): 150-155.