

# 双碳框架下电网物资质量管理体系的绿色转型

彭云倩

国网湖南省电力有限公司物资公司, 湖南 长沙

收稿日期: 2025年7月22日; 录用日期: 2025年8月24日; 发布日期: 2025年9月3日

## 摘要

在“碳达峰、碳中和”目标驱动下, 电网企业作为能源传输的核心枢纽, 面临深刻的绿色低碳转型压力。物资质量管理体系作为保障电网安全稳定运行和支撑企业战略落地的关键环节, 其绿色转型至关重要。本文基于企业管理视角, 分析当前电网物资质量管理体系现状及面临的双碳挑战, 提出以构建绿色质量标准体系、建立绿色质量评价指标、创新绿色质量控制方法、建设绿色质量信息管理系统为核心的转型策略, 旨在为电网企业实现物资全生命周期低碳化、智能化管理提供理论参考与实践路径。

## 关键词

双碳目标, 物资质量管理, 绿色转型, 全生命周期管理, 供应链管理

## Green Transformation of Power Grid Material Quality Management System under the Dual Carbon Framework

Yunqian Peng

State Grid Hunan Electric Power Co., Ltd. Material Company, Changsha Hunan

Received: Jul. 22<sup>nd</sup>, 2025; accepted: Aug. 24<sup>th</sup>, 2025; published: Sep. 3<sup>rd</sup>, 2025

## Abstract

Driven by the goals of “carbon peak and carbon neutrality,” grid enterprises, as the core hub of energy transmission, face profound pressure for green and low-carbon transformation. The material quality management system, serving as a key link in ensuring the safe and stable operation of the power grid and supporting the implementation of corporate strategies, is crucial for its green transformation. From the perspective of enterprise management, this paper analyzes the current status of the grid material quality management system and the challenges posed by the dual-carbon goals.

**It proposes transformation strategies centered on building a green quality standard system, establishing green quality evaluation indicators, innovating green quality control methods, and developing a green quality information management system. The aim is to provide theoretical references and practical pathways for grid enterprises to achieve low-carbon and intelligent management throughout the entire lifecycle of materials.**

## Keywords

**Dual-Carbon Goals, Material Quality Management, Green Transformation, Lifecycle Management, Supply Chain Management**

Copyright © 2025 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

全球气候变化挑战日益严峻，推动绿色低碳发展已成为国际共识。中国明确提出“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的宏伟目标。电力行业作为碳排放的“大户”，其低碳转型是实现国家双碳目标的关键抓手[1]。电网企业连接发电侧与用户侧，是能源清洁低碳转型的核心平台。国家电网等龙头企业积极响应国家号召，将双碳目标纳入企业长远发展规划，推动能源结构调整和绿色能源发展。

在此背景下，电网物资(涵盖变压器、开关设备、线缆、铁构件等)作为电网建设与运行的物理基础，其质量管理体系面临着从单纯保障安全可靠向兼顾环境友好、资源节约、全生命周期低碳化的深刻转型需求。传统的物资质量管理体系侧重于性能达标、成本控制和及时供应，对物资的碳足迹、环境影响、可回收性等绿色属性关注不足，难以适应双碳目标下电网高质量发展的新要求。因此，研究电网物资质量管理体系的绿色转型具有重要的理论意义与实践价值。

## 2. 双碳和电网物资质量管理的相关基础理论

### 1) 双碳目标的核心内涵与政策框架

“双碳”目标是中国应对气候变化的国家战略，其核心在于通过能源结构优化、产业结构调整、技术创新应用等方式，实现经济社会发展与碳排放增长的脱钩。相关政策工具包括碳排放权交易市场、绿色电力证书交易、可再生能源配额制等。这些政策深刻影响着电力市场的运行规则和企业的成本结构。

### 2) 绿色供应链管理

绿色供应链管理是将环境因素整合到供应链管理的各个环节(采购、制造、物流、逆向物流等) [2]，通过与上下游企业协同合作，共同减少整个供应链网络的环境足迹。对于电网企业，意味着需将绿色要求延伸至供应商选择、原材料采购、生产过程监督、物流优化及废旧物资回收处理等环节，构建协同减碳的供应链生态。

### 3) 质量管理体系

以 ISO9001 等标准为代表的质量管理体系，强调过程方法、持续改进以及以顾客为关注焦点。在双碳背景下，质量管理体系的内涵需要拓展，将“绿色质量”作为核心维度之一。这意味着质量标准不仅包含性能、安全、可靠性，还需纳入碳排放强度、可再生材料比例、有害物质限制、能效等级等环境指标，形成综合性的“绿色质量标准”。

### 3. 电网物资质量管理体系现状分析

当前电网物资质量管理体系虽已建立基本框架(如集中招标采购、抽检、监造、到货验收等),但在应对双碳挑战时,仍存在显著问题与不足。

#### 1) 存在的主要问题与挑战

**绿色标准体系缺失:** 现行标准体系主要聚焦设备性能参数和安全可靠[3],对材料的碳足迹、生产过程的能耗与排放、产品的可回收设计等绿色属性缺乏系统、量化的强制性或引导性标准。导致选型采购时难以优先选择低碳产品。

**绿色评价指标空白:** 缺乏统一的、覆盖物资全生命周期的绿色质量评价指标体系。对供应商的评估多侧重价格、交货期、历史业绩和传统质量表现,其环境绩效、低碳技术应用、绿色管理水平等关键维度未被有效纳入评价。

**过程监控与溯源薄弱:** 质量控制手段(如驻厂监造、抽检)主要针对制造环节的最终产品性能,对原材料绿色来源、生产过程的能耗排放监控不足。信息割裂,缺乏覆盖设计、生产、运输、安装、运行、报废全链条的绿色数据采集与溯源能力。样品抽取、检测过程也存在失真风险。

#### 2) 产生问题的原因分析

在当前推进“双碳”目标的背景下,电网物资质量管理面临多重系统性挑战的根本原因在于:理念滞后,表现为对绿色转型内涵认知不足,尚未将可持续发展思维深度融入管理体系,导致环境责任意识弱化;顶层设计缺失,体现为缺乏企业战略层面的系统性规划,未明确绿色转型路线图,相关职责划分模糊且配套政策不完善,难以形成制度保障;技术支撑不足,其核心矛盾在于全生命周期碳足迹核算、绿色数据采集与智能监控等领域缺乏关键技术支撑,本土化数据库建设滞后,且缺乏统一平台整合资源;跨部门协同机制欠缺,管理碎片化,部门壁垒阻碍了绿色数据流与业务流整合,缺乏数字化管理平台;供应链协同不足,其短板集中于未建立与供应商的深度协作机制。

### 4. 双碳框架下电网物资质量管理体系的绿色转型策略

实现电网物资质量管理体系的绿色转型,需构建一个以“绿色”为核心、贯穿全生命周期、依托数字化赋能的系统性框架。具体策略如下:

#### 1) 构建绿色质量标准体系

以全生命周期管理(LCA)为理论基础,将“原材料获取-生产制造-包装运输-安装调试-运行维护-报废回收”全链条纳入绿色管控,形成覆盖物资全生命周期的绿色质量标准体系[4]。借鉴绿色制造标准体系模型,结合电网行业特征,搭建“综合基础标准+绿色产品标准+绿色供应链标准”三位一体的框架。

综合基础标准统一绿色物资术语、碳足迹核算方法及通用基本要求,为后续各类标准提供共同语言和计量基准。绿色产品标准针对变压器、电缆、智能电表等核心设备,从资源、能源、环境、品质四个维度设定绿色技术指标:既规定可再生/再生材料比例、材料利用率等资源属性,也限定产品能效等级、生产能耗限额等能源属性;同时纳入碳排放强度、RoHS有害物质限制、噪声限值、可拆解设计及可回收率等环境要求[5],并在传统可靠性、寿命指标基础上增加绿色耐久性(如耐候性减少更换)要求。绿色供应链标准则聚焦供应商绿色准入、绿色采购、低碳运输及废旧物资逆向物流,确保绿色要求延伸至上下游全环节。

实施上,按“分阶段制修订-核心标准升级-动态更新”三步走:先制定急需标准,逐步扩展完善;推动关键标准上升为行业或国家标准,增强约束力;建立年度评估与滚动修订机制,实现标准与技术迭代、市场需求的同步更新。

## 2) 建立绿色质量评价指标

### ① 构建原则

基于全生命周期评价(LCA)理论,融合环境科学、生态学与经济学多学科依据。指标权重分配采用层次分析法(AHP)等量化模型,确保评价客观性。同时指标范围应覆盖从原材料获取、生产制造、包装运输、安装调试、运行维护到报废回收全链条。核心指标需满足可量化性,碳足迹核算、能耗等数据应能够计量,如碳排放强度、材料利用率等。指标数据应能通过供应商报表、物联网设备或第三方认证获取,同时简化数据采集流程,降低实施难度和成本。

### ② 指标体系框架(表 1)

Table 1. Indicator system framework

表 1. 指标体系框架图

一级指标	二级指标示例	数据来源与测算依据
1. 资源利用效率	材料绿色化率(可再生/再生材料占比) 单位产品资源消耗量(铜/钢等)	供应商物料清单; LCA 数据库
2. 能源与环境影响	生产阶段单位产值碳排放量 运输阶段吨公里碳排放量 运行阶段年均损耗电量	碳足迹平台; 智能电表数据
3. 产品绿色性能	设备运行能效(如变压器空载损耗) 有害物质合规率(RoHS) 可拆解设计指数	第三方检测报告; 产品设计文档
4. 绿色过程管理	供应商绿色认证比例(ISO14001 等) 绿色物流占比(新能源运输率) 废旧物资规范回收率	认证证书; 物流 GPS 数据; 回收台账
5. 经济与社会效益	绿色改造成本节约率 因减排带来的碳交易收益 产品质量事故下降率	财务年报; 碳市场数据; 故障率统计

### ③ 评价应用场景

在供应商分级分类管理方面,将绿色评价指标纳入供应商绩效评价体系,加大绿色权重,实施分级分类管理。根据评价得分划分不同等级,如 A(标杆)、B(改进)、C(淘汰)三级,同时关联订单配额,引导供应商绿色转型。在物资绿色采购决策方面,在招标采购中设置绿色门槛和评分项,优先采购综合得分(性能 + 绿色)高的产品。在内部管理考核方面,将物资绿色质量管理绩效纳入相关部门及人员的考核范围。

## 3) 创新绿色质量控制方法

### ① 事前预防

在产品的设计阶段,通过绿色设计协同(DFE 理念)实现源头控制与设计优化。电网企业应联合设计院和供应商,优化选材与结构设计,覆盖产品全生命周期的环境影响。在材料选择方面,优先采用可再生、无毒害的材料,减少对稀缺资源的依赖;同时,注重可回收性设计,确保产品便于拆卸和再制造,从而降低废弃阶段的污染。此外,应依据生态设计标准,整合生命周期评估(LCA)数据,以确保设计的科学性和环保性。

在供应商源头管控方面,电网企业需严格把控供应商的资质。要求供应商提供环保认证、禁用物质声明及生命周期评估(LCA)报告。同时,定期开展现场审核,核查供应商的环保设施运行情况、能耗数据

及合规性。此外，明确限用物质的管控责任，确保供应商在生产过程中严格遵守环保要求。要求供应商提交温室气体排放数据、资源消耗记录及材质分解表，以便全面了解供应商的环境绩效。

### ② 事中监控

在传统的驻厂监造和抽检工作中，增加对供应商环保设施运行、能耗数据、碳排放数据的核查，确保供应商在生产过程中的环境合规性。同时，应用物联网(IoT)传感器技术，对供应商关键生产环节的能耗和排放情况进行实时远程监控，实现对生产过程的动态环境管理，及时发现并纠正潜在的环境问题。

利用地理信息系统(GIS)和物联网技术优化运输路径，优先选择低碳运输方式，减少运输过程中的能源消耗和碳排放。通过实时监控运输状态，确保物资运输过程中的安全性和高效性，减少损耗和不必要的排放，提升物流环节的绿色化水平。

借助射频识别(RFID)、二维码等技术手段，实现物资从生产、运输到安装运行的全过程绿色数据绑定与追踪。重点采集碳足迹节点数据，确保物资在全生命周期内的环境信息可追溯，为后续的环境绩效评估和持续改进提供准确的数据支持。

### ③ 事后闭环

事后闭环作为绿色质量控制的终点与起点，应将事前预防、事中监控所产生的数据转化为业务流程持续改进的动力。

对物资监造数据进行深度挖掘，基于生产制造业务数据分析框架，运用物联网技术对监造数据的关键维度进行整合，具体包括：质量维度、交付维度以及成本维度。同时对绿色评价结果进行结构化处理，根据绿色质量评价体系五大指标：资源利用效率、能源与环境影响、产品绿色性能、绿色过程管理以及经济与社会效益，生成供应商画像标签，反馈至招标系统数据库，为后续招标采购提供指导性意见。根据供应商指标得分，识别供应商薄弱项，对供应商提出差异化改进措施建议。

将供应商绿色质量评价结果纳入招标评审范围，开发集成绿色指标的选型平台，支持采购决策。评价维度包括能效等级、节能认证和材料环保性等。平台可通过模块化功能扩展，以适应未来标准的更新和变化，确保电网企业在采购过程中能够优先选择环保、高效的材料和零部件，从源头上保障产品的绿色属性。

基于生命周期评估(LCA)结果，分析产品在实际生产中的环境绩效与设计目标的偏差。定期更新产品设计规范，优先选用可再生材料、低能耗材料，优化产品结构，对更新后的设计规范进行验证，确保在实际生产过程中能够有效提升产品绿色性能。同时，针对部分高能耗工序如电镀等，采用绿色技术替代方案，对于采用绿色工艺的供应商给予技术支持与奖励。

## 5. 结论

本文围绕双碳目标下电网物资质量管理体系的绿色转型展开研究，从企业管理视角分析了转型背景、理论基础、现状问题，并重点提出了系统性转型策略。研究表明，实现物资质量管理体系的绿色转型，是电网企业落实国家双碳战略、应对环境政策与成本挑战、提升供应链韧性和管理效能的必然选择。

未来研究展望：

1) 绿色标准深化研究：亟需加快制定更细化、更具可操作性的电网物资绿色技术标准与评价规范，并探索其与碳市场、绿证机制的衔接。

2) 智慧化与融合应用：深化人工智能、数字孪生、区块链等技术在绿色物资质量管理中的应用研究，如智能碳足迹实时核算、基于大数据的绿色风险预测、数字驱动的闭环优化等。

3) 供应链协同机制：深入研究如何构建电网企业与供应商之间更有效的绿色目标协同、数据共享、成本分担与创新共担机制。

4) 经济效益量化评估:需建立更完善的模型,量化评估绿色转型带来的长期经济效益(如碳成本节约、品牌溢价、运营效率提升)与短期投入的关系,为企业决策提供更强依据。

5) 政策与市场互动:持续跟踪研究国家双碳政策、环境法规、绿色金融政策等对电网物资绿色采购和管理实践的影响及应对策略。

电网物资质量管理体系的绿色转型是一项长期、复杂的系统工程。唯有持续深化理论研究,加强实践探索,促进跨部门、跨企业协同,方能构建起高效、低碳、智能的新型物资质量管理体系,为电网企业实现双碳目标和高质量发展奠定坚实的物质基础与管理保障。

## 参考文献

- [1] 国家发展改革委. 2030年前碳达峰行动方案[Z]. 2021-10-24.
- [2] 王益民, 刘思革, 朱朝阳. 电网企业绿色供应链构建研究[J]. 中国电力, 2022, 55(2): 1-8.
- [3] 中国电力企业联合会. DL/T 2150-2020 电网物资绿色采购导则[S]. 北京: 中国电力出版社, 2020.
- [4] 国家市场监督管理总局. GB/T 24040-2021 环境管理 生命周期评价 原则与框架[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [5] 王蓓, 赵鹏. 基于 LCA 的电力设备碳足迹核算方法研究[J]. 电力系统自动化, 2021, 45(7): 172-179.