

“双碳”目标下广东省电力行业环境信息披露与低碳转型路径研究

徐周羽

南京审计大学会计学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年6月17日; 录用日期: 2025年6月26日; 发布日期: 2025年7月30日

摘 要

在“双碳”目标背景下, 电力行业作为碳排放重点领域, 其低碳转型至关重要。本文聚焦广东省电力行业, 深入探讨环境信息披露对其低碳转型的影响及作用机制。通过构建“制度-企业-市场”三维分析框架, 剖析环境信息披露制度演进, 结合华能国际电力广东分公司与广东电力发展股份有限公司案例, 研究发现环境信息披露质量与企业转型绩效正相关, 高质量披露能引导企业优化资源配置、提升风险管理、促进低碳转型。针对行业共性问题, 提出政策优化建议与企业行动指南, 旨在为广东省乃至其他地区电力行业低碳转型提供参考, 助力“双碳”目标实现。

关键词

“双碳”目标, 电力行业, 环境信息披露, 低碳转型

Research on Environmental Information Disclosure and Low-Carbon Transition Path of Electricity Industry in Guangdong Province under the “Double Carbon” Goals

Zhouyu Xu

School of Accounting, Nanjing Auditing University, Nanjing Jiangsu

Received: Jun. 17th, 2025; accepted: Jun. 26th, 2025; published: Jul. 30th, 2025

Abstract

Against the backdrop of the “Double Carbon” goals, the electricity industry, as a key carbon emission

sector, faces a critical low-carbon transition. This paper focuses on the electricity industry in Guangdong Province, deeply exploring the impact and mechanism of environmental information disclosure (EID) on its low-carbon transition. By constructing an “institutional-enterprise-market” three-dimensional analysis framework, it dissects the evolutionary path of EID systems. Combining case studies of Huaneng Power International Guangdong Branch and Guangdong Electric Power Development Co., Ltd., the study finds a positive correlation between the quality of EID and corporate transition performance. High-quality disclosure guides enterprises to optimize resource allocation, enhance risk management, and accelerate low-carbon transformation. Aiming at common industry issues, this paper proposes policy optimization suggestions and corporate action guidelines, seeking to provide references for the low-carbon transition of the electricity industry in Guangdong Province and beyond, thus facilitating the achievement of “Double Carbon” goals.

Keywords

“Double Carbon” Goals, Electricity Industry, Environmental Information Disclosure, Low-Carbon Transition

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

(一) 研究背景与意义

全球气候变暖形势严峻，我国提出“30-60”双碳目标，为各行业发展明确低碳转型方向[1]。电力行业作为能源消耗和碳排放大户，其转型成效对双碳目标实现具有决定性影响[2]。广东省作为中国经济发达地区，经济强劲且电力需求旺盛，产业结构复杂，能源结构、电力消费侧与供给侧具有独特特点，转型面临诸多挑战与机遇。依据《广东省能源发展“十四五”规划》，广东能源结构以煤炭、石油等化石能源为主，但新能源发展迅速；电力消费侧增长快速且结构多样，供给侧需要满足不断增长的需求并优化结构。在双碳背景下，研究广东电力行业转型具有典型性和现实意义。而环境信息披露是企业与外部沟通环境信息的重要桥梁，基于TCFD框架理论，其能引导资本流向、提升企业风险管理等，助力电力行业低碳转型。准确、充分的环境信息披露可帮助投资者等利益相关者评估企业环境风险和机遇，引导资本投入低碳项目，推动电力企业加大减排力度，优化能源结构，实现低碳转型。

(二) 研究现状与缺口

在环境信息披露制度方面，国外如欧盟CSRD、美国SEC气候披露规则有详细内容、广泛实施范围和强监管力度。相比之下，中国《企业环境信息依法披露管理办法》在披露主体界定、指标精细度、法律责任等方面有自身特色和进步空间[3]。针对国内电力行业低碳转型路径研究，借助文献计量分析，发现学界从能源技术创新、产业结构调整、市场机制设计等多维度探索，涵盖火电改造、新能源接入、储能技术应用等领域，但研究热度和趋势存在差异[4]。然而，现有研究仍存在不足，如区域层面针对广东省电力行业实践案例研究匮乏，多集中于宏观或全国性行业分析；企业微观数据获取困难，难以挖掘具体企业低碳转型细节，缺少提炼针对性和可操作性转型的经验。

现有研究对环境信息披露与低碳转型作用机制的分析，多停留在相关性层面，缺乏基于TCFD(气候相关财务信息披露工作组)框架的深度解构。TCFD框架强调从治理(Governance)、战略(Strategy)、风险管理(Risk Management)以及指标与目标(Metrics & Targets)四大核心要素出发，系统性披露气候相关信息[5]。

当前广东省电力企业披露实践，普遍侧重于排放量、能耗等指标与目标，对治理、战略及风险管理的披露深度不足，未能充分揭示环境信息如何通过影响资本配置、风险定价、管理决策等关键环节驱动转型的内在机制[6]。

(三) 研究创新点

本文构建“制度-企业-市场”三维分析框架，剖析电力行业低碳转型，展现三者协同作用机制。聚焦广东省电力行业典型企业进行深度解剖，选取华能国际电力广东分公司和广东电力发展股份有限公司作为案例，深入分析其环境信息披露实践与低碳转型历程，以微观视角展现政策落地效果与企业应对策略。并提出可复制推广的转型路径模板，基于案例研究与理论分析，总结适用于广东省乃至其他类似地区电力行业的低碳转型方法、步骤与关键要点，为行业发展提供实操指南。

2. 广东省电力行业环境信息披露制度演进

(一) 政策法规体系

在国家层面，《碳排放权交易管理办法》对电力行业碳排放配额分配、交易流程规范等方面提出明确要求，规定电力企业碳排放配额的计算方法、分配原则以及交易的基本流程和监管要求，确保碳交易市场的稳定运行和电力企业的有序参与减排行动[7]。《电力行业节能减排规定》设定节能减排目标，推广节能减排技术，加强监督管理，明确电力企业节能减排责任和义务，以及相关部门的监管职责和处罚措施，推动电力行业提高能源利用效率，减少污染物和温室气体排放[8]。

广东省层面，《广东省生态环境保护条例》强化电力行业环境监管和信息披露责任，要求电力企业定期公开环境信息，包括碳排放、污染物排放、能源消耗等数据，接受社会监督；《广东省碳交易试点实施方案》细化碳交易规则，明确电力企业参与碳市场的具体要求，如配额分配方法、履约期限、监测报告与核证流程等，为电力企业参与碳交易提供操作指南，促进碳排放权的合理流通和价值实现，推动电力企业积极履行减排义务，降低碳排放强度。

(二) 制度变迁图谱

2000~2010年为起步阶段，这一时期，广东省电力行业环境信息披露制度刚刚起步，主要聚焦于重点污染源排放信息的公示。政策要求电力企业向公众公开主要污染物，如二氧化硫、氮氧化物等的排放数据，以便接受社会监督。这一阶段的披露要求相对较为基础，目的在于让公众了解电力行业作为主要污染源之一的排放情况，提高行业的透明度，为后续的环境管理措施奠定基础。

2011~2020年为拓展阶段，随着全球对气候变化问题的关注度不断提高，广东省电力行业环境信息披露制度开始拓展披露范围。在这一阶段，除了原有的污染物排放信息外，碳排放信息逐渐被纳入披露要求。电力企业需要对自身的碳排放量进行监测和核算，并向相关部门及公众进行披露。同时，能源消耗数据也成为披露的重要内容，企业要公开其能源消耗结构及总量等相关信息，以便更好地评估其对环境的影响。这一阶段的披露要求有所提高，信息披露的内容更加丰富，有助于推动电力行业在节能减排方面采取更多措施。

2021年至今为深化与完善阶段，广东省电力行业环境信息披露制度进入深化与完善阶段。为了积极与国际接轨，广东省借鉴国际先进经验，构建了更为系统、规范的环境信息披露框架。在这一阶段，信息披露的质量、可比性和透明度成为重点关注内容。政府部门加强了对电力企业环境信息披露的监管力度，要求企业按照统一的标准和规范进行信息披露，确保信息的真实性和可靠性。同时，鼓励企业披露更多与环境管理和可持续发展相关的信息，如环境风险评估、应对气候变化的策略及实施效果等。此外，随着信息技术的发展，信息披露的渠道也更加多样化，除了传统的纸质报告和公告外，企业越来越多地利用官方网站、环境信息平台等在线渠道进行信息披露，提高了信息的传播效率和可及性。

(三) 披露要求对比

在强制披露主体方面,根据广东省生态环境厅 2023 年公告,纳入控排企业名单的电力企业范围和规模标准逐步扩大,从最初的年排放量较大的重点电力企业,到如今更多中小型电力企业也被纳入监管范围。不同时期强制披露企业边界的调整,使得环境信息披露在行业内的覆盖范围更广,披露深度不断加深,有助于全面了解电力行业的环境影响和减排进展。

核心指标体系上,碳排放量、能源结构、减排技术、环境绩效等具体披露指标的披露精度、计算方法、数据来源要求日益严格和细化。早期对碳排放量的核算方法较为粗放,数据准确性有待提高;如今则要求采用更科学、精确的核算方法,明确数据来源和监测方式,确保数据的可靠性和可比性。以表格形式呈现不同阶段各指标披露要求的变化,可清晰看到指标体系从粗放式到精细化的转变过程,反映了环境信息披露制度的不断优化和完善。

披露渠道方面,从企业官网简单公示环境信息,到借助专业环境信息披露平台提升数据规范性与可信度,再到如今企业通过编制年度 ESG 报告系统整合环境等多维信息,各渠道优劣势明显。企业官网公示信息便捷但专业性和权威性不足;专业平台提升了数据质量和可信度,但受众相对较窄;ESG 报告则更全面、系统,能满足不同利益相关者的需求。这些变化背后的驱动因素包括监管要求提升、企业自身可持续发展需求以及利益相关者对环境信息关注度的提高等。

(四) 执行效果评估

引用商道融绿 ESG 评级数据,构建披露完整性指数,选取广东省内若干具有代表性的电力企业样本进行量化评估。研究发现,不同企业在各项环境信息指标披露上的得分差异较大,部分企业披露较为完整,而一些企业则存在披露不充分、数据缺失等问题,揭示了行业整体披露质量参差不齐的分布情况。以 2022 年广东省电力行业披露白皮书数据为依据,剖析当前环境信息披露存在的典型问题,如数据颗粒度不足、第三方核验比例低等,这些问题不利于信息使用者精准把握企业环境管理细节,影响数据可靠性与可信度,对企业低碳转型决策、投资者判断、监管机构监督等多方面产生不利影响,制约了电力行业低碳转型的有效推进。

3. 案例研究: 华能国际电力广东分公司低碳转型实践

(一) 企业概况

华能国际电力广东分公司在装机容量结构上,火电仍占据一定比例,但风电、光伏等新能源装机容量增长迅速。依据 2023 年企业社会责任报告¹,其火电装机容量占比逐年下降,新能源装机容量占比持续上升,展现出在广东电力市场火电基础性支撑地位稳固的同时,新能源快速发展的态势。在粤电力市场地位显著,发电量占比和市场份额排名靠前,对广东电网稳定运行和电力供应保障发挥关键作用,在行业内具有较强影响力和竞争优势,其低碳转型实践对广东省乃至全国电力行业都具有重要的示范意义。

(二) 环境信息披露实践

在披露载体上,公司官网环境信息专栏设置完善,信息更新频率较高,展示内容涵盖碳排放数据、能源结构、减排措施等多个板块。年度 ESG 报告编制发布流程规范,遵循国际国内相关标准,与国内外同行业企业报告相比,在信息披露的全面性、准确性和深度方面具有一定优势,能更系统、清晰地展示公司在环境、社会和公司治理方面的绩效和努力。在碳交易市场公告中,公司准确披露碳排放数据和履约情况等关键信息,多渠道披露有效提升了企业环境信息透明度和传播效果,增强了利益相关者对公司的信任和认可。从 TCFD 框架视角分析,华能广东的披露实践在指标与目标方面表现突出,数据质量较高。其在 2023 年 ESG 报告中尝试进行了战略层面的披露,提及了考虑国家“双碳”政策情景下的长期

¹ 华能国际电力股份有限公司 2020~2023 年可持续发展报告/社会责任报告。
https://www.chng.com.cn/list_kcxzf/-/article/8t6e3nhnvcL9/list/23324.html

转型规划,但缺乏具体的 2℃或净零情景下的量化路径分析与韧性评估。在风险管理方面,披露了已识别的物理风险(如台风)和转型风险(如碳价上升),但未详细公开其风险量化模型(如碳价敏感性分析)及压力测试结果。在治理层面,明确了董事会层面的 ESG 监督职责,但未细化气候风险管理的具体流程与问责机制。这反映了当前企业应用 TCFD 框架的典型特征:指标披露领先,战略、风险、治理披露的深度和规范性有待提升,制约了信息对低碳转型决策的深层驱动作用。

在关键数据点选取上,2020~2023 年单位发电量碳排放强度下降 18.7%,这一成果显著。公司采用国际认可的核算方法,经权威第三方核验,确保数据真实可靠。煤电机组超低排放改造完成率 100%,依据广东省生态环境厅核查报告,通过严格核查范围、先进监测技术手段和科学判定依据,充分展现公司在节能减排方面的实质性成效。新能源投资占比从 5%升至 22%,结合企业年报数据可知,公司在新能源领域的战略布局和投资决策背后是对市场趋势的精准把握和对低碳转型的坚定决心,有力推动了公司能源结构调整和低碳转型进程。

(三) 低碳转型路径

技术路径方面,南海电厂 CCUS 示范项目总投资额 1.2 亿元,CCUS 技术在火电领域的应用有效降低了火电碳排放,项目攻克了关键技术难点,具有良好的示范效应。与宁德时代合作建设 100 MWh 电化学储能电站,储能技术解决了新能源发电间歇性和波动性问题,提升了电力系统灵活性和稳定性,为公司新能源大规模接入和消纳提供了有力支撑,是公司在技术创新层面推动低碳转型的重要举措和积极成效体现。

管理路径上,公司设立碳资产管理公司,整合碳排放监测、配额交易、碳减排项目开发等职能,通过专业化管理提升碳资产运营效率和效益。在绿色金融工具运用方面,公司发行 5 亿元碳中和债,票面利率 3.2%,发行流程规范,市场反响良好,为低碳转型项目提供了重要资金支持,公司在金融创新方面的探索经验也为电力行业其他企业提供了有益借鉴,有助于拓宽低碳转型融资渠道。

(四) 转型成效

环境效益显著,2023 年减碳量相当于再造森林 45 万亩。参照 IPCC 相关指南,公司详细说明减碳量核算方法、参数选取与计算过程,从减少温室气体排放、改善生态环境质量等多角度展示了低碳转型对广东地区生态系统的积极影响,为应对气候变化和生态环境保护做出了重要贡献。

经济效益层面,新能源板块利润贡献率提升至 35%。依据企业财务报告数据,分析发现新能源发电成本下降、发电效率提升、市场需求增长等多方面因素共同驱动了这一成果。低碳转型助力公司优化业务结构,拓展盈利空间,实现经济效益与环境效益双赢,为行业内其他企业低碳转型提供了有力的经济可行性参考,证明了低碳转型不仅是环境责任,也是实现企业可持续发展的有效途径。

4. 案例对比:广东电力发展股份有限公司转型差异分析

(一) 企业对比维度

股权结构上,华能国际电力广东分公司为国资控股,而广东电力发展股份有限公司是混合所有制。混合所有制股权结构下,广东电力发展股份有限公司在决策机制上更加灵活,能更快响应市场变化和低碳转型需求;在战略规划上,更注重平衡多方股东利益,积极布局新能源和低碳业务领域;在资源配置上,能有效整合国有和民营资源,为低碳转型项目提供更丰富的资金、技术和人才支持。不同股权结构对企业低碳转型投入与实施产生不同影响,混合所有制企业在某些方面具有独特优势。

装机结构方面,华能国际电力广东分公司煤电占比较大,而广东电力发展股份有限公司气电占比较高。煤电为主的企业在碳排放特征上面临更高减排压力,但通过技术改造和转型升级,可发挥煤炭清洁利用潜力;气电为主的企业碳排放相对较低,能源供应稳定性较好,在转型机遇上可借助天然气发电的灵活性和低碳优势,更快向新能源融合方向发展。装机结构差异塑造了两家企业不同的低碳转型技术路

线与管理策略选择。

区域布局上, 华能国际电力广东分公司在珠三角地区深度布局, 而广东电力发展股份有限公司在粤东西北等不同区域业务分布广泛。珠三角地区经济发达, 能源需求旺盛, 但能源资源相对匮乏, 政策支持重点聚焦新能源开发和能源结构调整; 粤东西北地区经济发展水平差异较大, 能源资源禀赋各异, 政策支持在新能源开发、能源基础设施建设等方面存在区域差异。这些区域因素对两家企业低碳转型项目的推进速度、市场拓展方向、政策争取力度等产生差异化影响, 要求企业因地制宜制定转型策略。

(二) 披露质量差异

数据可比性上, 依据世界资源研究所方法论对比两家公司碳排放核算边界定义差异。华能国际电力广东分公司在碳排放核算范围确定、排放源识别、计算方法选取等方面较为严谨和规范, 确保了碳排放数据的准确性和可比性; 而广东电力发展股份有限公司在部分核算细节上存在差异, 导致数据可比性相对略低。行业内统一核算标准的建立对于提升数据质量至关重要。

在实质性议题选择方面, 对比两家公司气候风险压力测试结果披露差异。华能国际电力广东分公司在测试方法运用上更为科学, 风险场景设定全面, 潜在损失评估准确, 充分展示了公司对气候风险的深刻认知和较强管理能力; 广东电力发展股份有限公司虽然也进行了相关披露, 但在测试深度和广度上有所不足, 反映出不同企业对气候风险信息披露重点的差异, 为投资者等利益相关者评估企业气候韧性提供了不同角度的参考依据。深入对比两家公司的 TCFD 框架应用, 可揭示环境信息披露驱动转型的作用机制差异。华能广东在风险管理层面虽未公开模型细节, 但其相对规范的压力测试流程及结果披露(潜在财务影响范围), 有助于内部管理层更精准评估转型成本与机遇, 引导资源配置向低碳技术(如 CCUS、储能)倾斜, 并通过向市场传递其风险管理能力, 降低了绿色债券的融资成本(票面利率 3.2%)。而广东电力发展在战略层面对氢能布局的披露, 虽体现了转型方向, 但缺乏对技术路线选择的风险收益分析(如技术成熟度、成本下降预期、政策依赖度)及与整体转型目标的衔接, 使得市场难以评估其战略的稳健性与执行力, 可能影响战略投资者的信心。这表明, 高质量、多维度的环境信息披露通过降低信息不对称、优化资本配置信号、强化内部风险管理, 构成了驱动企业低碳转型的关键作用机制, 而非简单的统计相关性。

其披露质量评分见图 1²。

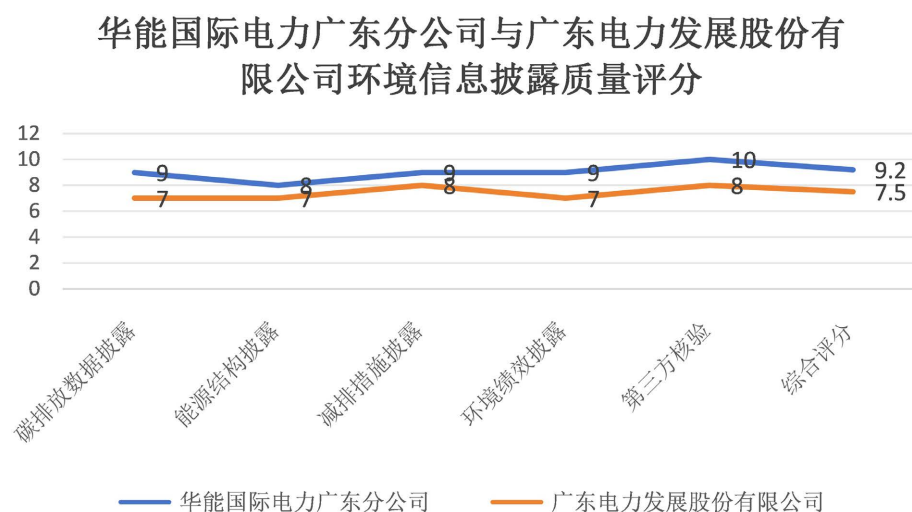


Figure 1. Quality scores of environmental information disclosure by Huaneng International Power Guangdong Branch and Guangdong Electric Power Development Co., Ltd.

图 1. 华能国际电力广东分公司与广东电力发展股份有限公司的环境信息披露质量评分

² 粤电力 A: 2024 年社会责任报告。 http://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/view/vCB_AllBulletinDetail.php?stockid=200539&id=10830016

(三) 转型策略分野

技术路线选择上，华能国际电力广东分公司重金投入 CCUS 技术，而广东电力发展股份有限公司布局氢能产业。CCUS 技术在减排潜力上可实现火电大幅减排，但技术成熟度仍有待提高，成本较高；氢能产业作为新兴领域，具有广阔发展前景和较大产业带动效应，但目前技术成熟度相对较低，成本也较高。两种技术路线选择背后是企业基于自身战略布局、资源禀赋和市场预判做出的不同决策，各有优劣，适用于不同发展阶段和企业特点。

资本运作差异方面，华能国际电力广东分公司发行绿色债券，融资规模较大，资金成本相对较低，但对股权结构影响较小；广东电力发展股份有限公司引入战略投资者，可在一定程度上优化股权结构，带来新的技术和管理经验，但融资效率相对较低，资金成本可能较高。不同资本运作策略满足了企业低碳转型资金需求，但也带来了不同的影响和风险，企业需根据自身实际情况合理选择。

5. 广东省电力行业低碳转型的共性问题与对策建议

(一) 系统性障碍

煤电资产搁浅风险较高，随着低碳转型推进，煤电市场需求萎缩、政策约束增强、环保成本上升等因素导致煤电资产价值下降，面临搁浅困境。这对金融机构、投资者、企业员工等多方利益相关者产生影响，可能导致金融资产减值、投资损失、员工失业等问题，给经济社会稳定带来潜在冲击。新能源消纳瓶颈问题突出，广东电网调峰能力存在缺口，电网在接纳新能源发电时面临调峰资源不足、灵活性改造难度大、输电通道拥堵等挑战，制约了广东省电力行业新能源大规模发展，影响低碳转型进程。碳市场流动性不足，广东碳交易市场年度成交数据显示，交易活跃度低、市场参与者单一、碳金融产品创新滞后，导致碳市场无法有效发挥价格发现与资源配置功能，影响企业参与碳交易积极性和减排成本降低效果，不利于电力行业低碳转型的市场机制作用发挥，广东省电力行业低碳转型关键指标见表 1³。

Table 1. Key indicators for low-carbon transition of electricity industry in Guangdong province
表 1. 广东省电力行业低碳转型关键指标

年份	煤电装机容量占比(%)	新能源装机容量占比(%)	碳排放强度(吨/万千瓦时)	新能源发电成本(元/千瓦时)
2018	60	15	0.8	0.6
2019	58	18	0.78	0.58
2020	55	22	0.75	0.55
2021	52	25	0.72	0.52
2022	48	28	0.68	0.48
2023	45	32	0.65	0.45

(二) 政策优化建议

建立煤电容量补偿机制，参照山东试点方案，详细设计广东省煤电容量补偿机制的关键环节。依据国家发展改革委、国家能源局发布的《关于建立煤电容量电价机制的通知》，结合广东省煤电机组固定成本审计结果，按可用容量而非发电量支付补偿费用。建议过渡期补偿标准为年度固定成本的 30%~50% (例如：300~500 元/千瓦/年)，具体比例根据机组调节性能(如爬坡速率、最小技术出力)、区域保供重要性分级设定，并向灵活性改造机组倾斜。该机制可平衡煤电企业生存发展与低碳转型关系，在保障电力供应稳定过渡的同时，鼓励煤电企业积极参与低碳转型，通过补偿机制弥补其在过渡期的收益损失，促进

³广东省碳排放权交易平台官网。<https://www.gdmep.com/>

煤电企业有序退出或转型升级。

完善可再生能源配额制，设计省级绿证交易平台架构，明确绿证核发流程、交易规则、市场监管等要素。绿证交易与可再生能源配额制协同作用，能够激发市场活力、促进新能源发展、提升可再生能源在能源消费结构中占比，为广东电力行业低碳转型提供有力政策支持和市场激励。明确承担可再生能源电力消纳责任权重的主体为省内电网企业、售电公司及电力大用户。设定分年度、主体的强制性配额目标(如 2025 年总量配额 18%，非水配额 12%)，目标值应高于国家要求并考虑广东实际。同时，可依托广州电力交易中心建设省级绿证交易子平台。绿证核发严格对应省内可再生能源发电项目的实际上网电量，核发流程实现与电力交易、调度系统的数据贯通，确保“证电合一”。另一方面，可以探索允许控排电力企业使用一定比例的本地绿证抵扣其部分碳排放量，或者对采购绿证达到一定比例的企业给予碳配额奖励/抵消机制，初步建立绿证市场与碳市场的价格传导和激励机制。

6. 结论与展望

高质量环境信息披露能引导企业优化资源配置、提升风险管理水平、获取市场信任，从而促进企业低碳转型成效提升。同时，研究指出混合所有制企业转型灵活性显著高于国企，方差分析结果展示了不同股权结构企业在低碳转型投入、技术创新、市场响应等方面的差异，混合所有制企业在资源整合、决策效率、激励机制等方面的优势有助于其在广东电力行业低碳转型中发挥独特作用，为行业发展提供了有益的借鉴和参考。

未来电力市场改革与碳市场联动机制是重要的研究方向，打破市场壁垒，实现电力市场与碳市场在价格信号传导、市场主体参与、政策协调等方面有效联动，通过市场机制创新提升电力行业低碳转型的内生动力与整体效益，对于推动电力行业低碳转型向更深层次发展具有重要意义。同时，数字孪生技术在电网转型中的应用前景广阔，其在电网规划、建设、运营、维护等全流程中可实现精准建模、智能模拟、实时监测与优化控制，助力电网适应高比例新能源接入需求，为广东电力行业低碳转型提供数字化技术支撑，开辟未来研究新领域与实践应用新路径，推动电力行业在数字时代实现高效、智能、低碳发展。

参考文献

- [1] 国家统计局. 中华人民共和国 2023 年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. 2024-02-29. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202402/t20240228_1947915.html, 2025-06-05.
- [2] 王雅琳, 张佳宝. 环境信息强制披露与绿色技术创新: 基于政策准自然实验的证据[J]. 环境科学学报, 2023, 43(10): 4336-4348.
- [3] 周志忍, 王硕, 徐晓明, 等. 公共管理学科与国家治理现代化: 延续、变革与展望[J]. 中国行政管理, 2023(7): 14-25.
- [4] 任莉莎, 张九如. 中国实现双碳目标的低碳转型政策[J]. 可持续发展经济导刊, 2023(7): 54-61.
- [5] 马超, 李继森, 姚建国, 等. 碳达峰碳中和目标下散煤替代的障碍、路径与政策[J]. 中国能源政策, 2023(54): 101238.
- [6] 周雪芳, 梁永乐. 华南地区电力行业碳排放测算与减排策略研究[J]. 资源节约与环保, 2024(11): 28-31.
- [7] 余靖, 黄葵, 顾海峰, 等. 碳排放权交易市场对企业绿色创新的影响研究[J]. 经济学动态, 2023(9): 94-108.
- [8] 张金鑫, 李霞, 张莹, 等. 碳达峰碳中和背景下中国生态环境领域科技需求与挑战[J]. 中国环境科学, 2023, 43(10): 5057-5070.