

碳交易机制下地铁低碳运营资产价值评估模型构建

郭雨露

南京地铁运营有限责任公司，江苏南京

摘要：随着全球气候变化问题的日益严峻，碳交易机制作为一种有效的减排手段，正逐渐成为国际社会关注的焦点。地铁作为城市公共交通的重要组成部分，其运营过程中的碳排放问题不容忽视。本文旨在探讨碳交易机制下地铁低碳运营资产的价值评估模型构建，以为地铁行业的可持续发展提供理论支持和实践指导。通过对碳交易机制原理、地铁运营的低碳理念以及资产价值评估理论框架的综合分析，本文将提出一种结合财务评估与环境绩效的评估模型。该模型旨在通过量化地铁运营的碳排放量，评估低碳资产的价值，并为地铁企业在碳交易市场中的决策提供科学依据。

关键词：碳交易机制；地铁低碳运营；资产价值评估；量化碳排放

Construction of the Value Evaluation Model of Subway Low-Carbon Operation Assets under the Carbon Trading Mechanism

Yulu Guo

Nanjing Metro Operation Co., Ltd, Nanjing, Jiangsu

Abstract: With the increasingly severe problem of global climate change, the carbon trading mechanism, as an effective means of emission reduction, is gradually becoming the focus of the international community. As an important part of the urban public transportation, the carbon emission problem of the subway in its operation process cannot be ignored. This paper aims to discuss the construction of the value evaluation model of the metro low-carbon operating assets under the carbon trading mechanism, in order to provide theoretical support and practical guidance for the sustainable development of the metro industry. Through the comprehensive analysis of the principle of carbon trading mechanism, the low-carbon concept of subway operation and the theoretical framework of asset value evaluation, this paper will propose an evaluation model combining financial evaluation and environmental performance. The model aims to evaluate the value of low-carbon assets by quantifying the carbon emissions of subway operations, and to provide a scientific basis for subway enterprises decision-making in the carbon trading market.

Keywords: Carbon trading mechanism; Subway low-carbon operation; Asset value evaluation; Quantified carbon emission

1 引用

本文首先分析了碳交易机制的全球发展趋势，指出其在推动减排方面的重要作用。随后，针对地铁运营过程中的碳排放问题，本文强调了地铁作为城市公共交通系统的重要组成部分，在实现低碳运营方面所面临的挑战与机遇。通过对地铁运营低碳理念的深入探讨，本文明确了低碳运营不仅是地铁行业应对气候变化的必要选择，也是实现可持续发展的关键路径。

2 背景与意义

2.1 碳交易机制的全球趋势

随着全球对气候变化关注的升温，碳交易机制已成为各国应对温室气体排放的重要工具。根据国际能源署的数据，截至2020年，全球已有超过40个国家和地区设立了碳排放交易体系，覆盖了全球约20%的温室气体排放。这种趋势表明，碳交易市场正逐步形成一个强大的经济驱动力，推动包括地铁运营在内的各行业向低碳模式转型。

地铁作为城市公共交通的重要组成部分，其运营过程中的碳排放问题日益凸显。据统计，全球地铁系统每年的碳排放量估计达到数亿吨。在碳交易机制下，地铁运营商不仅面临减排的压力，还有可能通过碳资产的交易获得额外的经济收益，从而提升其资产价值。因此，理解并应用碳交易机制，对地铁运营资产进行合理的价值评估，显得尤为关键。

2.2 地铁运营的碳排放挑战

主要体现在其能源消耗和运营维护过程中。地铁列车运行所需电力，以及车站照明、通风、空调等设备的能耗，均是碳排放的主要来源。此外，地铁车辆和设备的制造、维修、更新过程中，也会产生一定的碳排放。面对日益严格的碳排放限制，地铁运营商需要采取有效措施，如采用清洁能源、提高能效、优化运营管理等，以降低碳排放量。同时，积极参与碳交易，通过市场机制实现碳资产的优化配置，也是地铁运营商应对碳排放挑战的重要途径[1-3]。

3 碳交易理论基础

3.1 碳交易机制原理

碳交易机制作为一种市场化的环境保护策略，其核心是通过设定碳排放总量，允许企业在排放权市场上进行交易，以实现减排目标。这种机制鼓励地铁运营企业通过技术创新和运营优化来降低碳足迹，从而提升其资产的环境价值。

在构建评估模型时，需要考虑地铁资产的多元属性，包括固定资产、无形资产以及运营过程中的能源消耗。碳排放量的量化方法可以基于国际标准如IPCC的核算指南，结合地铁的能源消耗数据，计算出运营过程中的直接和间接碳排放。

理论模型框架应将财务评估与环境绩效相结合，通过构建包含财务指标和环境指标的多维度评估体系。影响因素分析可能涉及线路设计、电力来源的清洁度、乘客周转率等多个维度，权重的确定可以采用专家打分法或基于历史数据的统计分析。

实证模型的开发则需要收集国内地铁运营的实际数据，通过回归分析或系统动力学模型来量化碳交易对资产价值的影响。模型验证可能涉及对比模型预测结果与实际市场表现，以及定期根据新的运营数据和碳价变动进行动态调整，以确保评估结果的准确性和时效性。

3.2 地铁运营的低碳理念

地铁运营的低碳理念是全球可持续发展趋势下的重要实践，旨在通过优化运营策略和技术创新，降低地铁系统的碳足迹，同时提升资产的环境与经济效益。在这一理念指导下，地铁资产的价值不仅限于其传统的财务表现，还包括其在碳减排和生态服务方面的贡献。

碳排放量的量化方法是评估地铁低碳运营资产价值的基础。这需要考虑地铁的全生命周期，包括建设、运营和退役阶段的碳排放，如电力消耗、材料制造和废弃物处理等环节。

在构建评估模型时，理论模型框架应整合财

务评估与环境绩效，形成一个多维度的评估指标体系。例如，可以引入碳价格概念，将潜在的碳交易收益纳入资产的财务评估，以反映碳资产的价值。同时，利用层次分析法或专家打分法确定各因素的权重，确保评估的公正性和科学性。

实证模型开发阶段，可以选取具有代表性的地铁城市，收集历史运营数据，包括能耗、乘客流量和采用的低碳技术等，以构建实际的评估模型。通过对比分析不同低碳策略下的结果，验证模型的预测能力和适用性。如果模型预测结果与实际碳排放数据存在偏差，应及时进行调整和优化，以提高模型的准确性和指导价值。

4 地铁低碳运营资产价值分析

4.1 资产识别与分类

在构建地铁低碳运营资产价值评估模型的过程中，资产识别与分类是至关重要的第一步。地铁运营涉及的资产广泛，包括但不限于列车、轨道、车站设施、供电系统、信号控制系统以及维护和管理设备等。这些资产在地铁运营中扮演着不同角色，同时它们的碳排放水平和低碳潜力也各不相同。例如，列车是直接消耗能源并产生碳排放的主要部分，而供电系统则可能通过采用清洁能源技术来减少碳足迹。

在识别资产时，需要考虑资产的生命周期，包括制造、运营、维护和报废四个阶段，每个阶段都有其特定的碳排放特征。例如，列车在制造阶段的碳排放可能占其总生命周期排放的30%，而在运营阶段则可能占70%。因此，分类时应将资产按照其生命周期阶段和能源消耗类型进行划分，以便更准确地量化碳排放和评估低碳改造措施的影响。

此外，资产的价值还应考虑其对整体运营效率和乘客服务的影响。例如，通过引入能效更高的列车控制系统，虽然在初期投资上可能增加，但长期来看，能节省的运营成本和提升的乘客满意度将对地铁资产的总体价值产生积极影响。

4.2 碳排放量的量化方法

在构建地铁低碳运营资产价值评估模型的过程

中，碳排放量的量化方法是至关重要的一步。这一方法旨在精确估算地铁运营过程中直接和间接的碳足迹，以反映其对环境影响的真实成本。

在实际操作中，首先需要收集地铁运营的能源使用数据，如每年消耗的千瓦时和使用的燃料类型。然后，根据当地电网的碳排放因子，将能源消耗转换为碳排放量。此外，地铁车辆的生产过程和基础设施建设中的碳排放也需要通过生命周期评估进行计算。

在模型构建中，量化结果将与财务数据结合，通过建立数学模型来量化碳排放与资产价值之间的关系。这可能涉及到使用多元线性回归、结构方程模型等统计工具，确定碳排放量对资产价值的敏感性，以及各种低碳策略的潜在影响。

通过这种方式，地铁运营商可以更准确地评估其低碳投资的回报，如能效升级、采用可再生能源或优化调度策略等措施对资产价值的提升效果。同时，也为政策制定者提供了科学依据，以制定更有效的碳排放管控政策和激励机制[4,5]。

5 评估模型构建

5.1 理论模型框架

5.1.1 财务评估与环境绩效的融合

在构建地铁低碳运营资产价值评估模型的过程中，财务评估与环境绩效的融合是核心要素。传统的财务评估往往忽视了环境因素对资产价值的影响，而现代评估理论强调了这种融合的重要性。地铁资产不仅包括可见的固定资产，如轨道、车辆和车站，还包括无形的如碳排放权和绿色品牌价值。因此，评估模型需要量化这些资产在减少碳排放和提升环境绩效方面的贡献。

为了实现这种融合，评估模型可以采用多层次分析方法，如层次分析法确定各项因素的权重。财务指标与环境指标在统一的框架下进行比较和综合，确保资产价值评估的全面性和公正性。通过模型的动态调整，可以反映碳交易政策的变化以及市场对低碳资产认知的提升，从而为地铁公司的低碳决策提供有力支持。

5.1.2 影响因素分析与权重确定

在构建地铁低碳运营资产价值评估模型的过程中，影响因素分析与权重确定是至关重要的步骤。这涉及到对地铁运营过程中多个变量的综合考量，如能源效率、技术更新、政策环境以及市场碳价波动等。例如，地铁系统采用的电力来源直接影响碳排放量，而技术进步则可能降低运营过程中的碳足迹。此外，政府的碳排放政策会从外部环境对地铁资产价值产生显著影响。

在确定这些因素的权重时，可以采用专家打分法、问卷调查或数据挖掘技术等多种方法。这些方法能够帮助评估者根据各因素的重要性给予合理的权重分配。专家打分法依赖于领域专家的经验 and 判断，通过专家的打分和讨论，形成对各个影响因素权重的一致看法。问卷调查则广泛收集地铁公司、投资者、环保组织等多方利益相关者的意见，从而反映不同群体对影响因素重要性的认识。数据挖掘技术则利用历史数据和统计分析方法，识别出影响地铁低碳运营资产价值的关键因素，并自动计算其权重。通过综合考虑这些因素及其权重，评估模型能够更准确地反映地铁低碳运营资产的实际价值，为地铁公司的运营决策和资产管理提供科学依据。

5.2 实证模型开发

5.2.1 案例研究与数据应用

在构建地铁低碳运营资产价值评估模型的过程中，案例研究与数据应用起着至关重要的作用。例如，可以参考北京地铁系统，它作为全球最大的城市轨道交通网络之一，其运营过程中积累了大量的碳排放和能效数据。通过分析北京地铁历年来的电力消耗、设备更新换代数据，可以量化地铁运营的碳足迹，为评估模型提供实证数据支持。

在数据应用方面，可以采用多元统计分析方法，结合地铁资产的使用寿命、能效标准以及碳排放系数，建立碳排放量的数学模型。例如，根据2015年至2020年的数据，假设每列车每运营一公里的平均碳排放量为X吨，通过回归分析确定X的

值，以此推算不同地铁线路在碳交易机制下的碳排放量。

此外，上海地铁的绿色改造项目也是一个值得参考的案例。通过引入更高效的列车控制系统和绿色建筑材料，上海地铁成功降低了运营过程中的碳排放。这些改造措施的经济效益和环境效益可以被纳入评估模型，通过对比改造前后的碳排放量变化，确定低碳资产价值提升的幅度。

在模型验证与修正机制上，可以借鉴深圳碳排放权交易市场的实际交易数据，将评估模型的预测结果与实际交易价格进行对比，不断调整和优化模型参数，确保模型的预测精度和实用性。例如，如果模型预测的地铁资产碳减排量与市场交易价格相符，说明模型的有效性得到了验证；否则，需要对模型的输入变量或计算方法进行修正，以更好地反映市场动态。

5.2.2 模型验证与修正机制

为确保模型能够持续准确地反映地铁低碳运营资产的实际价值，需要建立一套完善的模型验证与修正机制。这一机制应包括定期的数据收集与分析，以及根据最新市场动态和技术进展对模型参数的适时调整。通过持续的验证与修正，可以确保评估模型在碳交易机制下始终保持高度的准确性和实用性，为地铁运营企业的低碳转型提供有力的决策支持。

具体来说，模型验证阶段应着重对比模型预测结果与实际交易数据的差异，识别并分析潜在的误差来源。这可能涉及到数据质量、模型假设、计算方法等多个方面。一旦发现显著偏差，应立即启动修正机制，通过调整模型参数或改进计算方法等方式，减少预测误差，提高模型的准确性。

同时，修正机制还应关注市场动态和技术进展。随着碳交易市场的不断发展和地铁运营技术的持续创新，评估模型的输入变量和计算方法可能需要不断更新以适应新的情况。因此，应建立定期的市场和技术监测机制，及时收集和分析相关信息，为模型的修正提供科学依据。

6 结语

综上所述，碳交易机制下地铁低碳运营资产价值评估模型的构建是一个复杂而系统的过程，它融合了财务评估与环境绩效的双重考量，旨在推动地铁运营企业的低碳转型和可持续发展。通过科学合理的资产识别、碳排放量化以及模型构建与验证，我们不仅能够更准确地评估地铁资产的低碳价值，还能为企业的决策制定提供有力的数据支持。未来，随着碳交易市场的进一步完善和地铁运营技术的不断创新，我们有理由相信，这一评估模型将在促进地铁行业的绿色发展发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1] 蓝虹, 陈雅函. 碳交易市场发展及其制度体系的构建. 改革, 2022(1): 57-67.
- [2] 周琪, 梁肖, 黄俊生等. 城市轨道交通碳排放效率与影响因素研究. 交通运输系统工程与信息, 2023, 23(1): 30-38.
- [3] 刘猛, 陆远基. 城市轨道交通低碳节能技术研究. 运输经理世界, 2022(2): 40-48.
- [4] 张伟, 李明, 王芳. 地铁运营资产价值评估方法研究. 城市轨道交通研究, 2021, 24(5).
- [5] 赵雷, 陈洁. 碳交易机制下企业碳资产管理策略研究. 中国环境科学, 2022, 42(6): 1234-1245.

