

企业碳排放核算方法与数据质量控制研究

雷 迅¹ 陈 文¹ 张秀晶²

1. 浙江鼎旺国盛安环健科技咨询服务有限公司 浙江 宁波 315200

2. 浙江中通检测科技有限公司 浙江 宁波 315200

摘 要：企业碳排放核算是实现“双碳”目标的基础性工作，其数据质量直接决定碳市场的公信力和减排政策的有效性。本文系统阐述了碳排放核算的基本概念、主要标准及三种主流核算方法，从活动数据、排放因子、管理三个维度分析了企业碳数据质量的典型问题，构建了覆盖采集、处理、报告三阶段的数据质量控制体系，并从制度、技术、组织三个层面提出了质量提升对策。研究表明，针对不同排放源采取差异化的核算策略，对大型点源采用连续监测法、对过程排放采用物料衡算法、对中小源采用排放因子法，并配以分级数据质控措施，可在成本与精度之间实现最优平衡，有效控制核算误差在合理范围内，为企业建立规范化的碳管理体系提供了方法论参考。

关键词：企业碳排放；碳核算；核算方法；数据质量；质量控制

引言：随着我国“2030年前碳达峰、2060年前碳中和”目标的深入推进，企业碳排放核算的重要性日益凸显。准确的碳排放数据是碳市场交易、碳配额分配、减排效果评估的基础依据。然而，当前企业在核算实践中面临方法选择不当、活动数据缺失、排放因子失配等突出问题，导致核算结果差异显著。因此，系统研究企业碳排放核算方法及其数据质量控制策略，对于提升碳数据公信力、支撑精准减排决策具有重要的理论价值与现实意义。

1 碳排放核算理论基础与方法体系

1.1 碳排放核算的基本概念

碳排放核算是对企业一定时期内生产经营活动产生的温室气体排放量进行量化的过程。核算首先需设定组织边界，通常采用股权比例法或控制权法。其次设定运营边界，将排放源划分为三个范围：范围一是企业直接控制的排放源，如锅炉燃烧；范围二是外购电力、热力产生的间接排放；范围三是供应链上下游等其他间接排放。基准年的选定与重算规则也很重要，当企业结构或核算方法变化时，需重新计算基准年数据以保证年度间可比性。明确这些基本概念是开展碳核算工作的逻辑起点。

1.2 碳排放核算的主要标准

目前国际上通用的企业碳排放核算标准主要有三个。GHG Protocol由世界资源研究所和世界可持续发展工商理事会联合发布，是全球应用最广泛的标准，对三个范围的划分最为系统。ISO 14064-1是国际标准化组织发布的标准，更侧重于验证和核查要求。中国国家发展改革委发布了24个行业企业的核算指南，针对发电、钢铁、水泥等重点行业给出了具体的核算公式和排放因子缺省

值，更贴近中国企业实际。此外，生态环境部针对发电行业发布了专门的核算指南，作为全国碳市场的核算依据。企业应优先遵循碳市场或主管部门的强制性要求。

1.3 碳排放核算的三种主要方法

排放因子法是将活动数据乘以排放因子得到排放量，计算简便，但对排放因子的选择高度敏感，不同地域、时期的因子差异显著。物料衡算法基于质量守恒原理，适用于水泥、化工等存在化学反应的过程，通过检测输入输出物料中的碳含量计算排放量，不依赖排放因子，理论精度更高，但需配备检测设备。连续监测法通过在烟囱上安装在线监测设备实时测量烟气中的二氧化碳浓度和流量，精度最高，但设备投资和维护成本高，仅适用于有组织排放点源。三种方法各有优劣，企业应根据自身条件选择适用方法^[1]。

1.4 三种方法的比较与选择策略如表1所示：

表1 三种碳排放核算方法的比较

维度	排放因子法	物料衡算法	连续监测法
计算原理	活动数据×排放因子	输入碳量-输出碳量	实时浓度×流量积分
精度水平	一般	较高	最高
成本投入	低	中等	高
适用行业	通用型企业	水泥、化工等	发电等重点控排企业
主要优势	简便易行	不依赖排放因子	实时连续、精度高
主要局限	因子选择敏感	需检测设备	成本高、仅限点源

选择策略：企业应针对不同排放源采取混合策略。大型控排企业采用连续监测与物料衡算并行的双轨制；中型企业优先采用物料衡算法配合区域排放因子；小微企业以排放因子法和缺省值为主，但需确保活动数据准

确性。

2 企业碳排放数据质量问题分析

2.1 碳排放数据的质量属性

碳排放数据的质量可从五个维度评价,准确性是指数据接近真实值的程度,是数据质量的核心属性。完整性是指是否涵盖所有应报告的排放源和气体种类,漏报会导致总量低估。一致性是指不同年度间的数据是否可比,要求核算方法和数据来源保持稳定,如有变更需说明调整量。可追溯性是指每一笔数据都能找到原始凭证支撑,便于核查和审验。时效性是指数据是否及时更新,使用过时的排放因子会导致系统性偏差。企业应定期对照这五个维度对碳数据进行自评,识别薄弱环节并针对性改进,逐步提升数据管理水平。

2.2 活动数据层面的质量问题

活动数据是碳排放核算的基础输入,其质量问题直接传导至最终结果。计量仪表未校准或超期使用是最常见的问题,电能表、流量计若长期未校准,累积误差可达5%以上。手工记录错漏与数据篡改在管理粗放的企业中较为普遍,一线操作员记录不及时、随意估数,甚至人为调整数据。统计台账与原始凭证不符的问题时有发生,能源台账与采购发票、库存记录存在差异。数据缺失与估算替代是中小企业的常见问题,当缺少计量数据时只能通过估算,增加了不确定性。解决上述问题需要从管理流程和技术手段两方面入手,建立规范的数据采集制度。

2.3 排放因子层面的质量问题

排放因子的选取对核算结果影响显著,但恰恰是容易被忽视的环节。缺省值与地域实际值的偏差是最突出的问题,以电力为例,全国平均排放因子与各省实际因子差异可达3倍以上,企业若使用全国缺省值而非区域值,将产生系统性偏差。排放因子年份陈旧未更新是另一个常见问题,随着能源结构持续优化,电力排放因子逐年下降,使用多年前的旧数据会导致排放量被高估^[2]。生物质与化石燃料因子混淆的问题也存在,生物质燃料燃烧的二氧化碳排放通常按零计算,但部分企业误用化石燃料因子,导致排放量虚高。此外,不同来源的排放因子数值存在差异,企业应优先采用官方发布的最新数据,并在核算报告中明确标注因子来源和适用年份。

2.4 管理层面的质量问题

管理制度不健全是数据质量问题的深层根源,缺乏独立的数据审核机制是最突出的问题,一线操作员同时承担记录、计算和上报职责,缺少内部制衡,误差和异常难以被发现。人员能力不足与培训缺失普遍存在,碳

核算涉及计量学、能源管理等多学科知识,但许多企业的碳核算岗位由行政或财务人员兼任,缺乏专业训练。另外,部分企业将碳核算视为应付监管的任务,缺乏主动管理的内生动力。解决管理层面问题需要企业从战略高度认识碳管理的重要性,建立制度化的管理体系和专业化的队伍。

3 碳排放数据质量控制体系构建

3.1 数据采集阶段的质量控制

数据采集是质量控制的第一道关口,计量仪表的选型与定期校准是基础保障,电能表应每半年校准一次,燃料流量计每季度校准一次,校准记录存档备查。物联网自动采集是提升数据质量的有效手段,通过智能电表、流量计与数据采集器连接,实现能耗数据的自动读取和上传,从根本上消除人为记录错误。对于暂时无法实现自动采集的数据,应实施双人交叉记录,即两人独立记录后比对,发现差异当场核实,并共同签字确认。数据来源清单与原始凭证管理要求每一笔活动数据都必须对应采购发票、库存台账或生产日志,做到笔笔可查。建立数据异常报警机制,当采集数据超出正常波动范围时自动提示,便于及时排查问题。

3.2 数据处理阶段的质量控制

数据处理阶段的核心是确保计算逻辑正确、异常值及时识别。标准化核算模板的建立是基础工作,模板应内置单位换算和量纲检查功能,如将立方米天然气换算为热量值、将不同单位统一为吨标准煤,防止因单位混淆导致的计算错误。横向比较验证是识别异常的有效方法,例如将月度用电量推算值与电费发票反算值进行对比,偏差超过5%时触发预警,需追溯原因。异常值识别可采用统计方法,将某一数据与历史同期、相邻月份进行对比,发现异常波动时核查原始记录。排放因子数据库与版本管理要求企业建立自己的因子库,定期从官方渠道更新因子数值,保留版本变更日志,确保每次核算使用最合适的因子,变更后需评估对历史数据的影响^[3]。

3.3 报告与存档阶段的质量控制

报告与存档阶段的核心是确保结果的可追溯性和外部审验的可行性。“填报-复核-审定”三级审核流程是基本制度,填报人负责数据录入和初步计算,复核人检查数据完整性和逻辑合理性,审定人对最终报告签字确认,三级审核均留下书面记录。数据保存时限与归档要求参照碳市场规则,所有原始数据、中间计算表和最终报告文件至少保存10年,采用纸质和电子双备份。区块链等第三方存证技术可用于关键数据的上链存证,防止事后篡改,增强数据的公信力。数据质量控制计划是体

系化管理的载体,应编制专项文档,明确各环节的责任人、操作规程、检查频率和异常处理流程,每年至少评审更新一次,确保制度的持续适用性。

3.4 数据不确定性管理

碳排放核算结果必然存在不确定性,量化这一范围是质量控制的重要组成部分。不确定性的来源包括测量仪表的系统误差、排放因子与实际情况的偏差、数据缺失时的估算等,企业应识别各类排放源的不确定性来源并进行分类管理。蒙特卡洛模拟是量化不确定性的推荐方法,针对每项活动数据和排放因子,根据测量精度设定概率分布,通过计算机模拟成千上万次随机组合计算,得到总排放量的统计分布。不确定性报告应作为核算报告的附件,明确告知数据使用者的可信程度。持续改进方面,企业应定期评估各项数据的不确定性贡献,优先降低贡献大的项目。

4 企业碳排放数据质量提升对策

4.1 制度层面:构建MRV内控体系

建立覆盖监测、报告、核查全流程的内部管理制度是提升数据质量的根本保障。设立碳排放管理岗位,明确其职责权限和汇报关系,大型企业可设立独立的碳管理部,中小企业至少指定专人负责。制定数据管理规程,将仪表校准周期、数据采集频率、异常处理流程、文档存档要求等以制度形式固定下来,使碳数据管理从临时性工作转变为常态化业务。建立内部预核查制度,在外部第三方核查之前,由内部或聘请的专家对年度数据进行预审,提前发现问题并整改。实施独立审核与制衡机制,对于纳入碳市场的重点企业,建议设立独立于生产部门的碳数据审核组,生产部门负责提供原始数据,审核组负责核算和报告,形成内部制衡,避免利益冲突。

4.2 技术层面:推进数字化建设

数字化是提升碳数据质量的有效技术手段,部署能源管理信息系统是首要任务,实现电力、燃气、热力等主要能源流的自动采集与实时监控,系统应具备数据异常报警、趋势分析、报表生成等功能,从源头上消除人工记录错误。建立企业排放因子数据库,从政府发布渠道或行业权威来源定期更新因子数值,并保留完整的版本变更日

志,确保每次核算使用最合适的因子。区块链存证技术可用于关键数据的第三方存证,数据一旦上链不可篡改,可追溯,增强数据的公信力和合规性。接入区域碳数据服务平台,与主管部门的数据库对接,实现数据的标准化报送和交叉验证,减少人工填报环节的差错^[4]。

4.3 组织层面:强化能力建设

人员能力是数据质量的最终保障,分层分类的碳核算培训应覆盖各层级人员,对管理层重点培训碳管理战略意义,对执行层重点培训数据采集规范和核算方法,对一线操作人员重点培训计量仪表读数和记录要求,培训后应进行考核。碳数据质量纳入绩效考核,将数据及时性、准确性、完整性作为相关部门和岗位的考核指标,对数据质量优秀的给予奖励,对存在问题的人员进行再培训。推动供应链协同核算,向主要供应商发送标准化的活动数据收集模板和数据质量要求,逐步推动上下游碳数据的规范化。培育碳管理文化,通过内部宣传、案例分享、评优表彰等方式,使全体员工认识到碳数据的重要性,形成人人关注数据质量的氛围。

结束语

碳排放核算的准确性是企业参与碳交易、履行减排责任的基础前提。本文系统阐述了碳排放核算的基本概念、主要标准及三种主流核算方法,从活动数据、排放因子、管理三个维度分析了企业碳数据质量的典型问题,构建了覆盖采集、处理、报告三阶段的数据质量控制体系,并从制度、技术、组织三个层面提出了质量提升对策。未来,随着数字化技术的深度应用,企业碳管理将从定期核算向实时监控、从被动应对向主动管理方向发展。

参考文献

- [1]林娜,谢婷婷,冷亚玲,等.企业层面碳监测与碳核算数据验证路径[J].科技和产业,2026,26(5):292-297.
- [2]黄小兵,张曦东,姚同路.钢铁自备电厂碳排放核算冲突与协调[J].鞍钢技术,2025(6):23-29.
- [3]李小冬,张嘉元,朱辰,等.建筑业企业碳排放核算方法及应用研究[J].安全与环境学报,2025,25(7):2846-2857.
- [4]董德天,张逸平,宋相和,等.石油炼制企业碳排放核算方法探讨[J].油气田环境保护,2025,35(3):21-26.