

碳中和目标下建筑全生命周期碳排放核算

董阳春

江西万全建设工程有限公司 江西上饶

【摘要】在全球碳中和目标驱动下，建筑行业作为碳排放重点领域，其全生命周期碳排放核算至关重要。通过系统梳理建筑从材料生产、施工建造、运行维护到拆除处置各阶段碳排放核算要点，构建全面且精准的核算体系。明确核算边界与关键要素，对比分析不同核算方法的适用性与局限性，探讨数据获取与质量控制策略，研究核算结果在政策制定、技术优化等方面的应用。旨在为建筑行业实现碳减排、推动碳中和目标达成提供科学准确的核算依据与实践参考。

【关键词】碳中和；建筑全生命周期；碳排放核算；核算体系；碳减排

【收稿日期】2025 年 3 月 10 日 **【出刊日期】**2025 年 4 月 6 日

【DOI】10.12208/j.ace.2025000140

Accounting for carbon emissions throughout the entire lifecycle of buildings under the goal of carbon neutrality

Yangchun Dong

Jiangxi Wanquan Construction Engineering Co., Ltd., Shangrao, Jiangxi

【Abstract】 Driven by the global carbon neutrality goal, the construction industry, as a key area of carbon emissions, plays a crucial role in the full lifecycle carbon emissions accounting. By systematically sorting out the key points of carbon emission accounting in various stages of construction, from material production, construction, operation and maintenance to demolition and disposal, a comprehensive and accurate accounting system is constructed. Clarify accounting boundaries and key elements, compare and analyze the applicability and limitations of different accounting methods, explore data acquisition and quality control strategies, and study the application of accounting results in policy formulation, technical optimization, and other aspects. Intended to provide scientific and accurate accounting basis and practical reference for the construction industry to achieve carbon reduction and promote carbon neutrality goals.

【Keywords】 Carbon neutrality; The entire lifecycle of a building; Carbon emission accounting; Accounting system; Carbon emission reduction

引言

碳中和是全球应对气候变化的关键目标，建筑行业能耗与碳排放占比显著，其碳减排成效直接影响碳中和进程。建筑全生命周期涵盖多个复杂阶段，各阶段碳排放影响因素众多且相互关联，精准核算碳排放成为行业减排的基础与核心。当前核算在边界界定、方法选择、数据可靠性等方面存在不足，亟需构建科学完善的核算体系，以支撑建筑行业低碳转型与可持续发展。

1 核算边界界定

施工建造阶段如同建筑的“成长阵痛期”，施工现场的机械轰鸣、塔吊林立背后，是能源的持续消耗与碳排放的不断累积。临时设施的搭建与拆除、混凝土浇

筑过程中的能源损耗、施工人员的日常活动，都在悄然编织着复杂的碳排放网络。这一阶段的边界界定需要穿透表象，关注到那些隐藏在施工流程中的细微排放源^[1]。传统脚手架的搭建与拆除产生的金属损耗、临时板房的重复使用效率，这些容易被忽视的环节，实则是影响核算准确性的关键要素。

运行维护与拆除处置阶段构成了建筑生命周期的“暮年”与“终结”。运行维护阶段的碳排放不仅局限于空调与照明设备的运转，更延伸至建筑维护修缮中的材料更替、设备升级改造。老旧管道的更换、外墙保温层的修复，这些看似零散的维护行为，实则是长期累积的碳排放“暗流”。而拆除处置阶段则面临更为

复杂的环境挑战，建筑垃圾的分类处理、废弃材料的回收再生、拆除过程中的粉尘污染，每一个环节都与碳排放紧密相连^[2]。如何科学界定这些阶段的边界，需要综合考量建筑类型的特殊性、地域政策的差异性以及技术发展的动态性，确保核算边界既能覆盖全流程，又能适应不同场景的个性化需求。

2 核算方法解析

碳排放核算方法的选择如同为建筑生态评估配备“测量工具”，不同工具的特性决定了评估结果的精准度与适用性。排放因子法作为最基础且应用广泛的方法，其核心逻辑是将建筑活动量化为标准化的碳排放因子。这种方法如同一把“通用标尺”，适用于快速估算与初步评估，能够在短时间内勾勒出建筑碳排放的大致轮廓。但这把“标尺”并非万能，不同地区的能源结构差异、技术工艺的更新迭代，都会导致因子数值的偏差。

生命周期评价法(LCA)则像一部精密的“全景扫描仪”，它将建筑从原材料获取到最终废弃的全过程置于显微镜下，细致剖析每一个环节的环境影响。这种方法的优势在于能够提供系统性的视角，不仅关注直接碳排放，还能捕捉到如原材料开采对生态环境的间接破坏、废弃物处理的潜在影响等隐性要素。其强大功能的背后是高昂的数据成本与复杂的分析流程^[3]。从建材供应商的能耗数据到施工过程的实时监测，从运行阶段的设备参数到拆除后的废弃物流向，每一个数据缺口都可能削弱评估的完整性。生命周期评价法更适合于对精度要求极高的重大项目或科研性评估，需要多方协作与长期的数据积累才能发挥最大效能。

碳足迹法犹如为建筑的碳排放绘制一张“流动地图”，它聚焦于碳元素在建筑生命周期中的迁移路径，通过追踪能源与材料的流动轨迹，清晰呈现碳排放的来源与去向。在建筑领域，这种方法能够直观揭示哪些环节是碳排放的“重灾区”，哪些流程存在优化空间。通过碳足迹分析，可能发现某栋建筑的运行能耗中，暖通系统的碳排放占比超过 60%，从而为节能改造指明方向。与前两种方法相比，碳足迹法更注重动态追踪与因果分析，但其局限性在于对数据实时性要求极高，且难以全面覆盖所有间接排放影响^[4]。在实际应用中，往往需要将多种方法结合使用，发挥排放因子法的快速估算优势、生命周期评价法的系统分析能力与碳足迹法的精准定位功能，构建多层次、互补性的核算体系。

3 数据获取与质控

碳排放核算的准确性如同大厦之基，而数据便是

构筑这座基石的每一块砖石。数据来源的广泛性决定了核算的完整性，从建材企业的生产台账到施工现场的机械运转记录，从建筑楼宇的智能电表数据到废弃物处理厂的收运清单，每一组数据都承载着建筑全生命周期的碳排放密码。这些数据往往分散在不同的系统与主体手中，建材生产商的能耗数据可能存储于企业 ERP 系统，建筑运行监测数据则依赖于楼宇自动化系统，拆除阶段的废弃物统计又涉及市政管理部门。这种数据孤岛现象不仅增加了采集难度，更可能导致关键信息的遗漏，因此建立跨部门、跨领域的数据协同机制迫在眉睫。

数据质量控制是确保核算科学性的“防火墙”。在数据采集环节，需建立统一的标准规范，明确数据的定义、采集频率与精度要求。对于建筑运行阶段的能耗数据，需规定统一的计量时间间隔（如 15 分钟/次）与数据传输格式，避免因标准不一导致的数据混乱。借助物联网传感器、智能电表等先进监测技术，实现数据的自动化、实时化采集，减少人为干预带来的误差。在数据审核层面，需构建多层验证机制，通过逻辑校验、历史数据比对、同类项目参照等方式，识别并修正异常数据^[5]。当某栋建筑的单日能耗数据突然激增 300%时，系统需自动触发溯源流程，排查是否存在设备故障、数据传输错误等问题。

数据质量管理是一个持续迭代的动态过程。除了建立质量评估体系，定期对数据的完整性、准确性、及时性进行量化评分外，还需构建数据更新机制。随着建筑技术的发展与运营模式的变化，旧有的数据可能逐渐失去代表性，例如新型节能设备的应用会改变建筑的能耗特征，此时需及时更新监测参数与核算模型。通过搭建数据共享平台，打破行业壁垒，实现政府、企业、科研机构之间的数据互通，不仅能提升数据的利用效率，还能通过多方交叉验证进一步保障数据质量^[6]。建材企业上传的生产能耗数据可与行业协会的统计数据进行比较，建筑运行数据可与同类型建筑的能耗基准值进行对标，从而形成数据质量的闭环管理。

4 核算应用与发展

建筑全生命周期碳排放核算结果的价值，不仅体现在数字本身，更在于其对政策制定、技术创新与项目管理的深度赋能。在政策层面，核算数据如同精准的“政策导航仪”，为政府制定建筑领域的碳减排目标提供量化支撑。通过分析不同建筑类型、地域分布的碳排放特征，政策制定者能够识别减排潜力大的重点领域，例如对北方采暖地区的老旧建筑改造给予政策倾

斜,对高能耗的大型公共建筑实施严格的能效标准。这些基于数据的政策设计,既避免了“一刀切”的粗放管理,又能通过差异化调控实现资源的优化配置,推动建筑行业向低碳化转型。

在技术创新领域,碳排放核算结果充当着“问题探测器”与“创新孵化器”的双重角色。建筑企业通过核算数据,能够清晰定位高碳排放环节,例如发现某高层建筑的幕墙玻璃导致夏季空调能耗剧增,进而针对性地研发新型 Low-E 玻璃或智能遮阳系统。这种以问题为导向的技术创新,不仅降低了建筑的运行成本,更催生了绿色建材、节能设备等新兴产业^[7]。核算结果还能为技术研发提供反馈机制,通过对比不同技术方案的碳减排效果,帮助企业优化创新方向。在对比地源热泵与空气源热泵的碳排放数据后,企业可根据项目所在地的地质条件与气候特征,选择更具环境效益的技术路线。

在项目管理维度,碳排放核算贯穿建筑全生命周期的每个环节,成为实现低碳管理的“指挥棒”。在规划设计阶段,通过模拟不同设计方案的碳排放,设计师可优化建筑朝向、空间布局与材料选型,从源头降低建筑的碳“基因”。施工阶段,核算数据可指导施工组织方案的制定,例如通过合理安排施工顺序减少机械闲置时间,选择低碳运输方式降低建材物流排放。运营维护阶段,实时的碳排放监测数据能够辅助制定能源管理策略,如根据季节变化动态调整空调运行参数,通过智能控制系统实现能源的精准供给^[8]。随着碳中和目标的推进,未来的碳排放核算将深度融合物联网、大数据与人工智能技术,实现从静态评估到动态预警、从人工核算到智能决策的跨越。通过数字孪生技术构建建筑的虚拟碳模型,实时模拟不同管理措施对碳排放的影响,为管理者提供可视化、交互式的决策支持,推动建筑行业向智能化、低碳化的终极目标迈进。

5 结语

碳中和目标下,建筑全生命周期碳排放核算为行业碳减排指明方向与路径。通过明确核算边界、优化核算方法、保障数据质量及拓展应用场景,已构建起较为完善的核算体系。未来,随着建筑行业低碳转型加速,

需持续深化核算研究,加强不同核算体系间的协同与整合,推动智能化核算技术创新,以适应不断变化的行业需求与政策要求,为实现建筑行业碳中和目标提供更强有力的技术支撑与决策依据。

参考文献

- [1] 陈雨婷,孙永宁,冯莞婷,等.基于 AHP-PPC 模型的全生命周期绿色建筑增量成本与建筑碳排放影响因素分析研究[J/OL].施工技术(中英文),1-7[2025-06-23].
- [2] 李洁馨.寒冷地区油田建筑全生命周期碳排放分析[J].石油石化节能与计量,2025,15(06):84-88.
- [3] 余沙沙,黄德龙,许建荣,等.基于 BIM-LCA 的公共组合结构全生命周期碳排放研究[C]//中国图学学会土木工程图学分会,《土木建筑工程信息技术》编辑部.《第 12 届 BIM 技术国际交流会——数智建造助力城市高质量发展》论文集.江苏海洋大学土木与港海工程学院;天津大学建筑工程学院;巨匠建设集团股份有限公司;江苏海洋大学后勤与基建管理处,;2025:216-222.
- [4] 刘盈紫薇,刘宇鹏,毛婷,等.建筑全生命周期碳效应空间显式模型的构建及应用——以宁波市为例[J].厦门大学学报(自然科学版),2025,64(03):546-554+556.
- [5] 邓琳,谢长涛,李丹丹,等.装配式建筑全生命周期碳排放及减碳策略分析[J].低碳世界,2025,15(05):10-12.
- [6] 于永禄.建筑全生命周期碳排放计算方法及应用研究[J].石油石化节能与计量,2025,15(05):82-86.
- [7] 门异宇,高欢,关博文,等.村镇城市化进程中某居住建筑全生命周期碳排放案例研究[J].暖通空调,2025,55(05):126-132+83.
- [8] 查全芳.联合 NSGA-II 算法的绿色建筑生命周期成本与碳排放双目标优化研究[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2025,43(05):79-82.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS