

建筑物碳排放核算方法探析

张秀敏¹ 吴朝晖²

¹ (华东师范大学工商管理学院, 上海 200062)

² (上海建工四建集团有限公司财务部, 上海 200030)

〔摘要〕 本文运用案例分析方法, 构建了针对组织机构的建筑物分类碳排放核算方法 (BTCA 方法), 详细阐述了建筑物隐含碳排放核算和运营碳排放核算两个子方法框架。针对新方法引入了实际算例, 着重评估数据库差异性以及 BTCA 建筑类型划分对结果产生的影响, 并与典型的碳排放核算方法比较分析, 充分显现出新方法能够简化流程、兼顾核算准确和提高效率, 进而提出建筑设计、使用阶段的减排意见。

〔关键词〕 建筑物碳排放 碳排放核算方法 建筑物生命周期 碳交易市场 线性静态模型 数据清单

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2019.10.004

〔中图分类号〕 F426.92; F205 〔文献标识码〕 A

引言

据报告显示, 建筑碳排放总量占全球碳排放的 19%, 在国内的比例亦是如此。建筑对上游行业碳排放具有拉动作用 (冯祥玉等, 2018)^[1], 建筑物碳减排潜力和压力巨大。建筑物减排对控制全球温室效应、实现经济社会与环境协调发展具有举足轻重的作用。自《京都议定书》提出“碳排放权”作为商品进行市场交易的机制后, 碳交易在控制温室气体排放上已日见成效。而建筑业不同于生产工艺较为标准和程序化的能源密集行业, 其碳排放计量核算难度大, 建筑物碳交易机制制定和运行缺乏数据基础 (金占勇等, 2018)^[2], 使得建筑物碳交易市场发展受阻。因此, 探索一套针对建筑物特殊性的适用于建筑碳排放市场的碳排放核算方法迫在眉睫。

在研究和实践中常用的建筑物碳排放核算方法有过程生命周期分析法 (亦称排放因子法)、投入产出法以及结合二者的混合分析法。国际组织机构、各国政府至 21 世纪初才开始制定建筑碳排放核算标准体系, 大多基于碳排放因子的技术方法对单体建筑物进行碳排放核算, 包括我国即将实施的《建

筑碳排放计算标准》(GB T51366-2019)。建筑碳排放生命周期分析法在国内外被广泛研究与应用, 许多学者通过实例研究表明, 建筑物运行环节的能源消耗和碳排放占比最大 (Gustavsson 等, 2010; Ramesh, 2010; 刘燕, 2015; 陈莎等, 2016)^[3-6], 其中电力的使用是碳排放的主要来源 (Dimoudi 等, 2008; Airaksinen 等, 2011)^[7,8]。除了一些基本的全生命周期分解方法外, 许多学者建立碳排放评价体系, 强调数据库的重要性及影响 (彭渤, 2012; 张孝存, 2018)^[9,10]。此外, 国内外学者也针对建筑碳排放的回归分析与软件拟合关系, 编制碳排放计算程序和构建量化核算拟合回归公式 (黄志甲, 2011)^[11], 并将 BIM 技术应用到建造阶段的碳排放核算中 (Mousa 等, 2016)^[12]。除了生命周期分析外, Suzuki 等 (1998)^[13]探讨了投入产出法在建筑领域的碳排放核算应用, Nässén 等 (2007)^[14]针对过程生命周期分析与投入产出法两种方法的特点和适用场景进行对比分析; 申立银 (2015)^[15]、武雨欣 (2016)^[16]从系统边界、数据特点和核算准确性等方面, 对多种核算方法开展比较研究。

纵观国内外关于建筑碳排放核算方法的研究, 主

收稿日期: 2019-06-14

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“企业环境信息披露中的印象管理: 衡量测度、驱动因素与经济后果”(项目编号: 71602058)。

作者简介: 张秀敏, 华东师范大学工商管理学院副教授, 博士。研究方向: 环境会计、环境管理和资产定价。吴朝晖, 上海建工四建集团有限公司财务部成本员。研究方向: 环境会计、财务会计。

要立足于微观视角，基于通用化的技术路线，运用生命周期分析法对单体或某类型建筑物的碳排放进行核算。而生命周期分析法系统边界复杂，各个阶段过程数据收集较为困难且耗时长。投入产出法将部门平均化水平用于特定组织核算上，实际结果容易产生偏差，两种方法均无法满足建筑碳交易市场的数据要求。因此，本文基于分类核算和生命周期的思路，提出了适用于建筑物特质、操作性强的简化核算方法。新方法立足于组织层面整体建筑物碳交易的推广需求，尝试解决建筑物碳排放的数据基础问题，能够满足企业组织自身低碳发展诉求，同时推动全国范围内建筑物碳排放量化实践，促进建筑物碳交易市场的推广。

1 建筑物分类碳核算方法框架构建

碳核算是针对以二氧化碳为主的温室气体(GHG)排放进行核算(张孝存, 2018)^[10]。本文核算对象为建筑物的碳排放量; 主体界定于企业、国家机构等组织, 他们通常是碳市场交易活动的主体。本文基于分类核算和生命周期的基本思想, 提出了在组织机构层面建筑物分类碳核算方法(Building Type Carbon Accounting Method, BTCA方法)。该分类核算的思路参考了美国能源部下属统计机构美国能源信息管理局(Energy Informa-

tion Administration, EIA) 的做法。EIA 负责科学地开展全国性公共建筑和住宅建筑的能耗调查, 调查的样本按区域、面积和功能进行多级分类抽样, 获取各类建筑物的样本能耗数据, 再外推到全国范围的建筑物, 从而获得全国整体的建筑能耗数据(杨秀, 2010)^[17]。本文的 BTCA 方法将组织层面的建筑物划分建筑类型进行分组核算, 进而推广至组织的所有建筑物。

多数研究结论表明建筑物主要的碳排放源自使用阶段(Gustavsson 等, 2010; 陈莎, 2016)^[3,6], 而建筑材料作为建筑物主体构成, 在隐含碳排放上贡献较大(Davies 等, 2015^[18])。因此本文碳核算范围包含建筑材料产生的隐含碳排放(Embodied Carbon), 以及建筑使用阶段产生的运营碳排放(Operational Carbon)。与之对应, 本文 BTCA 方法分为两个子框架: (1) 建筑材料隐含碳核算方法框架; (2) 对建筑使用过程产生的运营碳核算方法框架。

1.1 隐含碳核算方法框架

建筑材料隐含碳核算流程可以简化为 5 个主要步骤: 初始设置和数据清单收集、建筑物分类和整理、数据库选择、隐含碳计算、方法评估, 对应的流程框架如图 1 所示。

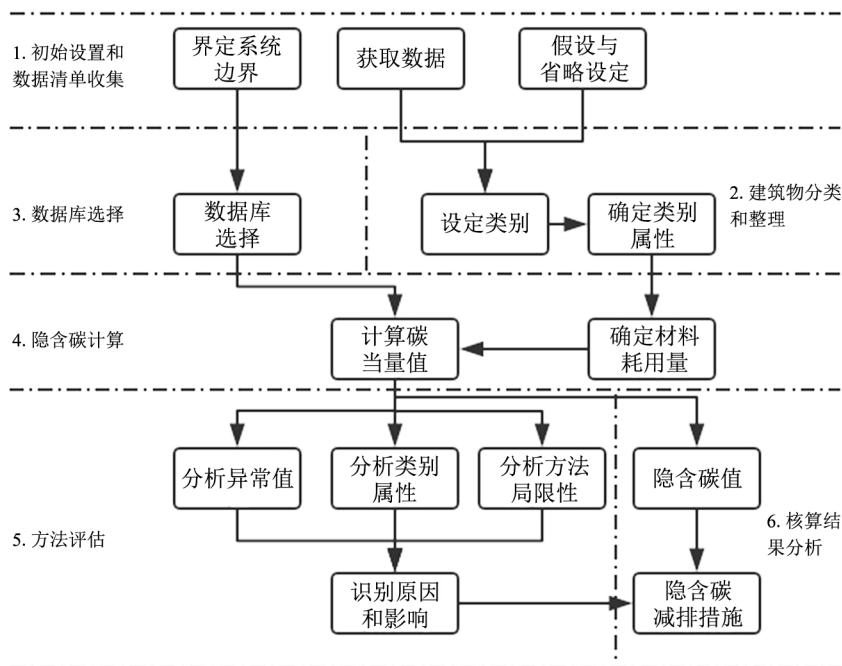


图 1 BTCA 方法隐含碳核算流程

1.1.1 初始设置和数据清单收集

初始设置包括明确核算目的以及界定核算系统边界。碳核算的目的在于指引碳核算工作的宗旨,将会影响后续的系统边界界定和建筑类型划分。本部分隐含碳核算子框架的核算范围仅限于组织机构建筑物所耗建材而产生的隐含碳,不包括建筑

施工装饰等现场活动产生的碳排放量。表 1 是建筑数据清单项目以及获取方式。建筑生命周期过程中要素繁杂,实际操作易受客观因素和时间的限制,因此需要对一些影响较小的次要数据进行假设和省略处理,以完成核算分析。

表 1 隐含碳数据收集清单

清单项目	描述
建筑平面图和场地平面图	如无法直接获取,则需实地考察、与业主和建造方沟通、利用航拍地图等
建筑物核算要素	要素包含建筑外围、地基、基本内部设施、屋顶和通口等六大简要部分;其他更细致的部分碳排放视碳量影响而确定是否纳入核算范围
建筑材料耗用	可通过查询设计图纸、施工图纸、竣工图纸、材料决算清单、采购清单等资料获取
建筑年限	建造时间影响建筑材料的性质,了解年限有助于核算结果分析。建筑年限需根据最新维修改造时间确定

1.1.2 建筑物分类与整理

BTCA 方法的精髓在于建筑物的分组,即划分建筑类型。可以根据实际核算目的对建筑材料、用途功能、地理位置、规模大小、运营情况或使用年限等建筑物属性进行类似的分组。分类节点不仅限于上述属性。建筑物类型划分与碳排放核算的目标密切相关。如核算的目的是确定翻修对建筑物的影响,那么相应地划分已翻修建筑组别和未翻修建筑组别,已翻修建筑物应根据翻修年份或风格进行分类,以便在核算中进行比较分析。

建筑类型划分这一过程以分类树的形式呈现。分类树将年限、使用率、用途和规模大小等特征作为节点并进行连续分支,直到形成最末端的建筑类型。基本的分类树示例如图 2 所示,该图的分类型节点只是示例值,实际核算中可以根据企业的情况来选择分类节点。在建筑物档案管理方面,最好制作每种类型代表建筑物(或相似建筑物组合)资料卡片,以便优化管理。

每种建筑物类型需选择一个单体建筑代表值,可以是组内单个最佳代表建筑的数值,也可计算该类型中多个建筑物的平均值来代表该类型的标准值。

1.1.3 碳数据库选择与隐含碳计算

受核算边界、数据来源、时效性等多种因素影响,不同的数据库存在不同程度的差异。所以在核算碳排放时要根据系统边界选择适合的碳数据库。建材碳排放因子乘以对应的建材耗用数量即得到该建材的隐含碳量,计算公式如式(1)所示。

$$C_M = \sum_{i=1}^N C_i \times m_i \quad (1)$$

其中:

C_M 为建筑材料总隐含碳量。

C_i 为第 i 种建材的碳排放因子,单位为 $\text{kg CO}_2\text{eq/kg}$ 、 $\text{kg CO}_2\text{eq/m}^2$ 或 $\text{kg CO}_2\text{eq/m}^3$ 。

m_i 为第 i 种建材耗用量,单位为 kg 或 m^2 或 m^3 。

1.1.4 隐含碳核算方法评估

碳排放核算的重点和难点是数据的收集和处理。为了检测核算方法数据的准确性,数据定量评估至关重要。本文采用 Weidema 和 Wesnæs (1996) 创立的谱系矩阵作为数据质量评估方法,从数据获得方式、来源独立性、统计代表性、时间代表性、地理代表性、技术代表性等属性,对数据进行质量评估(王强,2016)^[19]。分值从 1 到 5,分值越小,表示数据质量越高。该评估矩阵比较简化,有利于工程专业以外的人士参阅。此外,

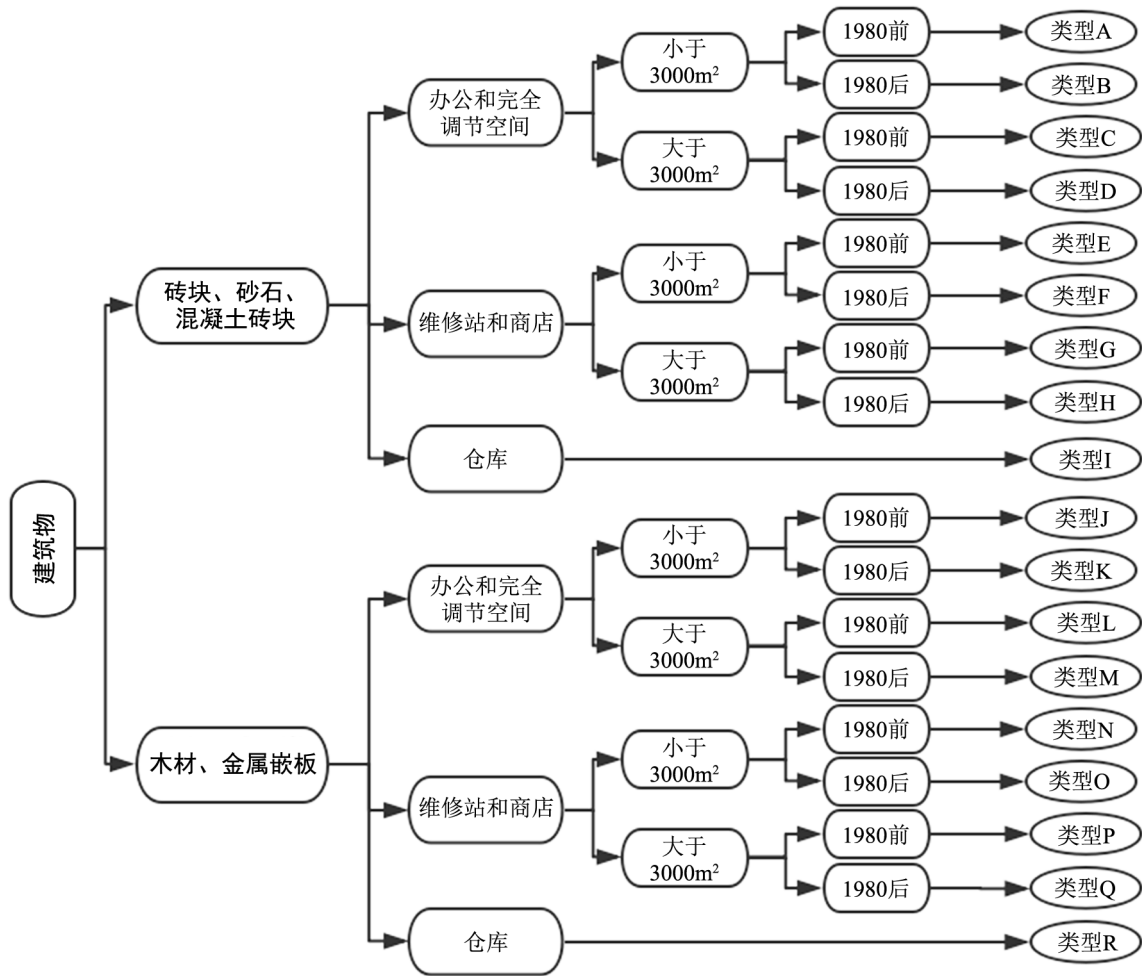


图 2 建筑物分类树示例图

计算结果的异常值源自数据收集误差、组内代表值的选取和数据库适用性，需要进行异常值分析和局限性分析。

1.2 运营碳核算方法框架

相比其他阶段碳排放，运营碳排放量是建筑物碳排放的最大组成部分，来源于电力服务、供

暖服务、修缮活动以及建筑物运营的其他活动。类似于 BTCA 隐含碳核算框架，运营碳的核算包含相同的 5 个步骤，但在所需的数据清单、建筑类型划分方式等环节，与隐含碳核算又存在差异。本部分运营碳核算只涉及能源耗用而产生的碳排放，能源活动数据清单如表 2 所示。

表 2 运营碳数据收集清单

清单项目	描述
建筑碳排放源活动数据	直接碳排放源：煤、燃油、天然气等化石燃料的耗量；间接碳排放源：外购电力、热、冷和蒸汽的耗量。需要多期数据以便计算更具代表性的平均值
建筑用途	建筑实际用途影响建筑能耗，该数据有助于结果分析
建筑年限	建筑年限影响能源效率，该数据有助于结果分析
建筑占用人数	建筑占用人数和人口流动信息有助于结果分析
建筑运营理念	寻求能源效率、成本节约或使用舒适度等不同运营理念会影响建筑能耗，了解运营理念有助于结果分析

建筑物分类可以参照隐含碳分类方法，结合碳核算的目的确定分类节点。但对于能耗运营碳

核算，建筑类型划分可以寻找更适合的方式。美国能源部在评估建筑物能源使用强度（EUI）时，

根据建筑物空调环境和能源需求对建筑物进行分组。如办公楼建筑物环境较好,属于高耗能且高调节的空间环境;而机械工厂、实验室属于高耗能且低调节的空间,不同空间环境能源需求和空气调节程度不同,EUI 标准也不同。

收集到能源耗用的活动数据后,运营碳核算通过碳排放因子将运行能源耗用的活动数据转换为碳排放数据。计算公式如式(2)所示:

$$\text{运营碳量}(\text{CO}_2\text{E}) = \text{活动数据} \times \text{排放因子} \quad (2)$$

参照隐含碳的核算方法评估,对数据质量、方法有效性和局限性进行评估分析。此外,还需计算出每种类型建筑物的 EUI,分析差异并找到有针对性的减排建议。

上文分别核算了隐含碳和运营碳,进一步对这两个阶段的碳排放特点进行比较分析。基于年度运营碳排放值在给定时间范围内保持不变的假设,给定年限的总碳排放量大致等于隐含碳量加上使用年限内运营碳的总和,计算如式(3)所示:

$$\text{建筑物总碳排放} = \text{隐含碳} + (\text{运营碳} \times \text{使用年限}) \quad (3)$$

2 实例应用与分析

在实例选取过程中,考虑到大型企业组织、国家机构一般拥有数量众多的建筑物,而国家机构更应率先响应政策号召,在碳交易市场做好表率作用(Wade, 2011)^[20],建筑碳交易机制实施路线应先把国家机构建筑物纳入强制交易范畴(任宏等, 2013)^[21]。因此本文选取大型国家机构 C 市交通局的案例,对 BTCA 碳核算方法进行解释和评估,并将 BTCA 方法与现有碳核算基本方法进行测试比较。

C 市交通局拥有和经营 941 座不同大小的建筑物。此次全面的建筑碳排放核算的目的是为了节省 941 栋建筑的维护费用,改善运营并降低成本,在省市或国家启动建筑碳交易市场之前为机构建立碳排放基准值。

2.1 隐含碳核算

2.1.1 数据收集和建筑分类

交通局建筑物的材料类别单一,主要材料为

混凝土、石材和砖块,存在少量金属板材和木材,建筑物建造年代差距不大,因此示例中的“材料类型”、“使用年限”节点不适用,可根据建筑用途进行分类。由于建筑用途直接影响建筑能耗,所以分类不是基于运营用途的不同,而是转化为能耗和空间条件特征来分类。交通局建筑物分类树如图 3 所示,941 栋建筑物共分为 36 种建筑类型。

2.1.2 隐含碳计算

算例中分别使用 CLCD、BELES 以及浙江大学建材能耗和碳排放清单 3 个数据库的碳排放因子。根据式(1)计算的建筑材料隐含碳总量如图 4 所示。图中计算结果显示数据库造成的差异非常明显,结论之间失去了可比性。不同组织机构如果需要做比较,最理想的方法就是使用相同数据库。为了推进建筑碳交易市场标准化建设,应考虑建立统一的全国通用或国际标准数据库。

2.1.3 建筑类型差异性评估

BTCA 方法分类过程将会受客观条件和核算人员主观因素的影响,分类最终的建筑类型没有标准定义,需要视实际情况而定。为了评估建筑分类对核算结果的影响,我们调整本例中建筑物分类树,把原始分类树(包含 36 种建筑类型)调整为 3 个压缩版本分类树,标记为 A、B 和 C 分类树^①,分别包含 18、15 和 10 种建筑类型,再根据新的建筑类型重新计算建材隐含碳排放。压缩调整后的 3 种分类树核算结果如表 3 所示。

表 3 不同建筑分类树碳核算结果

数据库	二氧化碳吨数			
	Full	A	B	C
CLCD	65710504	68611962	68603941	68332429
BELES	23799	27280	27274	23715
浙江大学	9078	10238	10236	8912

注: Full: 原始分类树; A: 18 种建筑类型; B: 15 种建筑类型; C: 10 种建筑类型。

为了能更直观地展现建筑分组对核算结果的影响,以原始分类树为比较基数,根据式(4)计算建筑分组调整后的变化百分比,结果如图 5 所示。

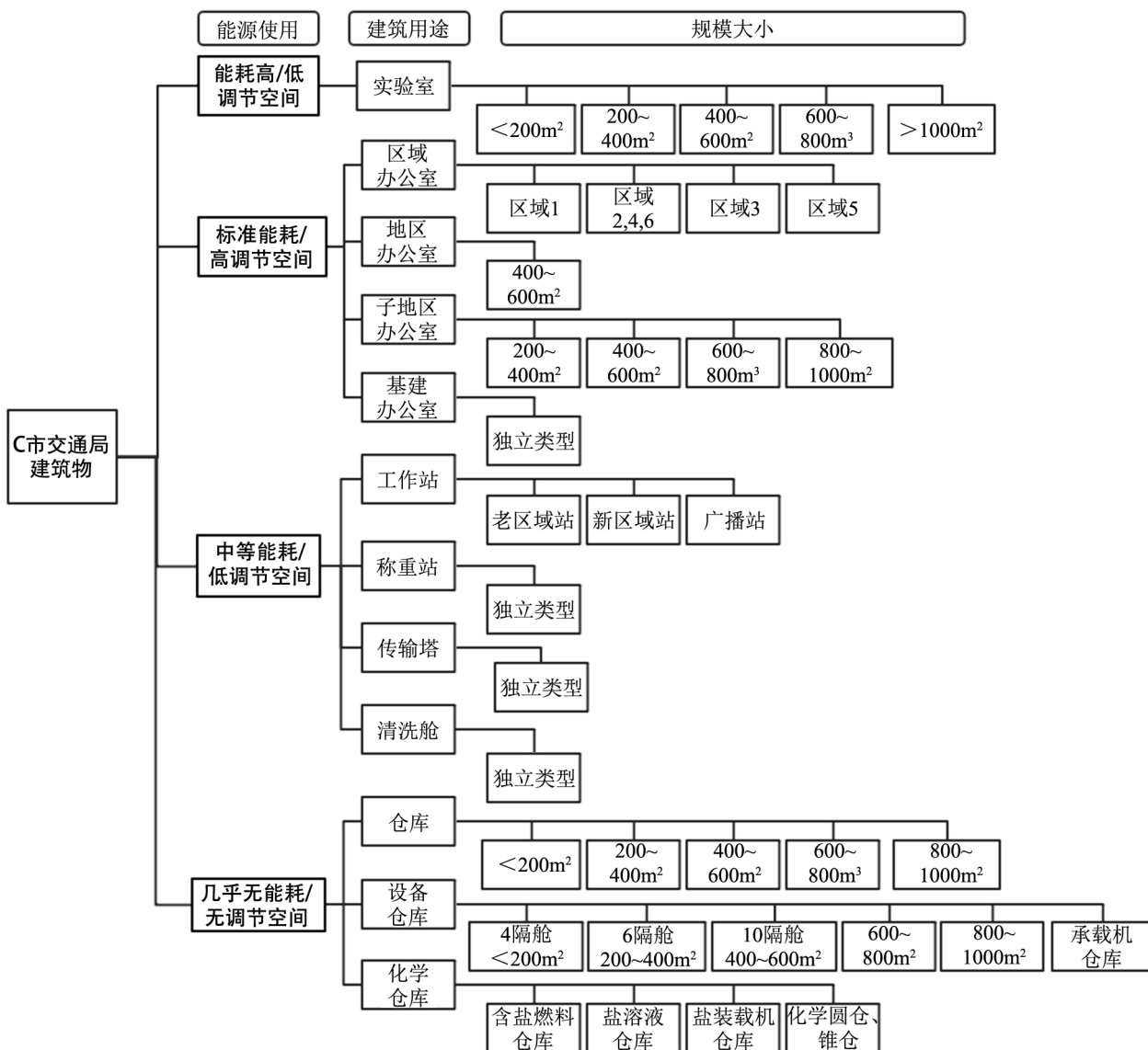


图 3 C 市交通局建筑物分类树

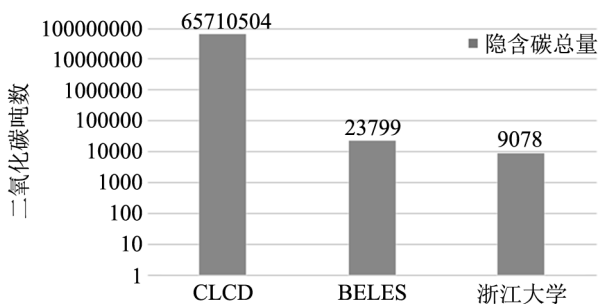


图 4 C 市交通局隐含碳核算结果

$$\Delta = \frac{\beta - \alpha}{\alpha} * 100\% \quad (4)$$

其中： α 为原始分类树总碳量； β 为调整分类树总碳量； Δ 为基于原始分类树的碳量变化百分比。

从图 5 可以看出，CLCD 3 种调整分类树的结果变化百分比都是 4%，且由于 CLCD 的碳排放绝

对值显著较高，变化幅度较小，而 BELES 和浙江大学数据库变化幅度较大且变化趋势一致，可看出建筑物重新分组不会影响数据库间的差异。依据此规律，图 5 中虚线描绘了 CLCD 数据库的理论预期变化趋势。

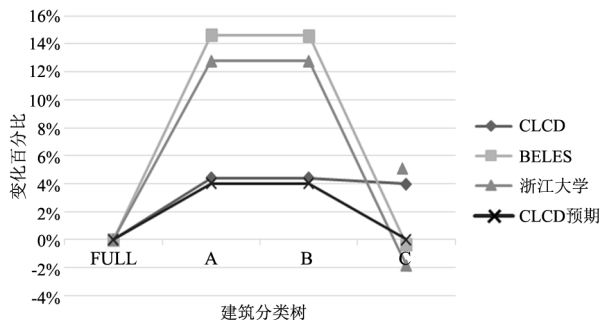


图 5 基于原始分类树的碳值变化百分比

由以上分析得出，建筑类型的调整会改变最终的碳排放值，但与数据库不会产生交叉影响。

尽管建筑类型最多引起 15% 的碳核算结果变化, 其变化幅度还是远小于数据库差异产生的变化, 说明分类核算方法具有一定的稳健性。

2.1.4 建筑设计决策分析与建议

在设计阶段, 工程师不仅要考虑建筑物业主和使用者的要求, 还要考虑资源基础以及建筑材料的开采、制造和加工对社会自然环境产生的影响。在设计阶段将建材生态效率的信息准确地传达给工程师, 使其选择合理的设计方案, 以降低建筑物的隐含碳量。相关研究发现在建筑材料中砖和混凝土 (Hammond 等, 2008)^[22]、钢筋和混凝土 (Shao, 2014)^[23] 是隐含碳排放的主要来源。本文为了描述不同建材碳排放水平而不是碳排放绝对数值, 表 4^② 展示了在不同数据库核算下每种材料的碳排放百分比与耗用百分比的比率。由表 4 可看出, 构成建筑主体的钢筋混凝土结构、建筑外墙的金属板、波状钢碳排放水平较高, 而砂砾、玻璃纤维、玻璃类材料是相对较为低碳的材料。

表 4 C 市交通局各建材碳排放水平^③

建筑要素	建筑材料	建材碳排放与耗用比例之比		
		CLCD	BELES	浙江大学
建筑主体	钢筋混凝土	3.42	0.80	0.74
	混凝土	3.42	0.80	0.74
	混凝土砌块	3.42	0.80	1.24
	石块	0.9	0.68	0.02
	砖块	0.01	0.19	0.47
玻璃	玻璃	0.01	0.15	0.08
	中空玻璃	0.02	0.23	0.17
	玻璃天窗	0.01	0.12	0.08
门	木质门	0.01	0.16	0.07
	车库门	0.65	2.23	2.35
	标准门	0.01	0.17	0.08
建筑外墙	玻璃纤维	0.01	0.13	0.09
	金属板	0.56	1.85	1.79
	波状钢	0.43	1.46	1.37
	屋顶板	0.01	0.06	0.03
	砂砾	0.04	0.21	0.02

2.2 运营碳核算

《中国建筑能耗研究报告》(2018 年) 显示, 在建筑碳排放全国能源碳排放量中, 电力是最大的碳排放来源, 占比 46%。因此本部分的运营碳排放来源只考虑建筑耗用的电力。C 市交通局电力活动数据收集的时间跨度是 2012~2017 年, 以此计算出年度平均电力消耗量。交通局的规模总共分为 6 个区域, C 市交通局电力仪表是分区记录, 因此这里采取的措施是以区域划分组别, 把单个区域内所有建筑物划分为一组, 直接核算电耗带来的碳排放。

为了检测不同来源的碳排放因子对核算结果的影响, 案例中使用了 3 种碳排放因子: 华中区域电网、南方区域电网基准线排放因子和全国平均值 (生态环境部公布的 2017 年数据)。利用式 (2) 计算得出的碳排放量如图 6 所示。此案例地理区域位于华中, 因此主要以华中区域电网排放因子的计算结果为准。核算结果差异较大, 再次反应了对国家标准数据库的需求和重要性。

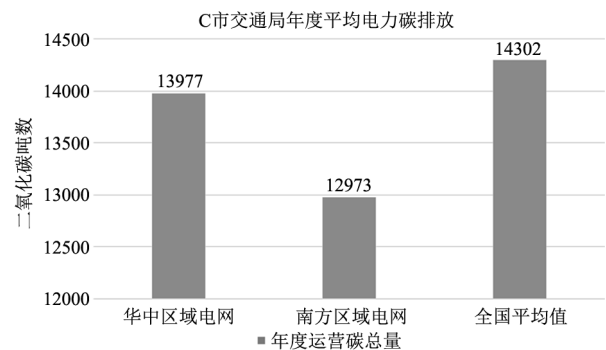


图 6 电力运营碳排放核算结果

表 5 计算了电力平均能源强度值。不同区域的能源强度存在很大差异, 其中部分原因可以确定为不同区域中运营活动的不同。如平均能源强度很高的区域 1, 包含许多实验楼, 实验室的特点是耗能高但占地面积小。第 2 区和第 4 区不是办公中心区, 也不是企业总部, 这些区域存在许多仓库建筑物, 所以能源强度较低。组织应把建筑节能减排重心放在能源强度高的区域。

案例中运营碳核算的局限性体现在核算范围仅仅包含建筑物电力消耗产生的碳排放。此外, 未能获取区域 3 和区域 6 的电耗数据, 会对总排放量造成一定影响。

表 5 C 市交通局区域电力能耗强度

区域	年度平均电耗 (kWh)	总面积 (m ²)	平均能源强度 (KWh/m ² /Year)
区域 1	8060000	63784	126.4
区域 2	1008900	34710	29.1
区域 3	-	-	-
区域 4	530500	38532	13.8
区域 5	5906000	41792	141.3
区域 6	-	-	-
总计	15505400	178818	86.7

2.3 隐含碳和运营碳对比分析及建议

隐含碳与运营碳是建筑物在不同生命周期阶段的碳排放，案例中已经分别核算两种碳量，接下来根据式(3)计算总碳排放量以及预测整个寿命年限的碳排放趋势。核算的基期设为 2017 年即第 0 年，第 20 年即为 2037 年。算例中碳排放趋势如图 7、图 8 所示。显示的结果与其他研究者相似 (Ramesh, 2010; 陈莎等, 2016)^[4,6]，运营碳是建筑物生命周期内总碳排放的主要组成部分。在 20 年的寿命中，C 市交通局建筑物运营碳占碳总量的比值大约为 93% (BELES 数据库)，如果把时间跨度拉长，研究跨期为 40 年或 100 年的碳排放，运营碳的比重将会更大。因此，建筑物使用阶段是减排工作的重点，建筑运营主体应秉持低碳绿色运营理念，控制运营活动产生的碳排放量。

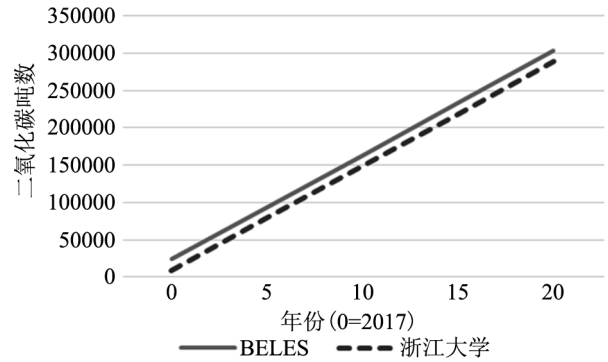


图 7 BELES 和浙江大学数据库总碳排放趋势预测

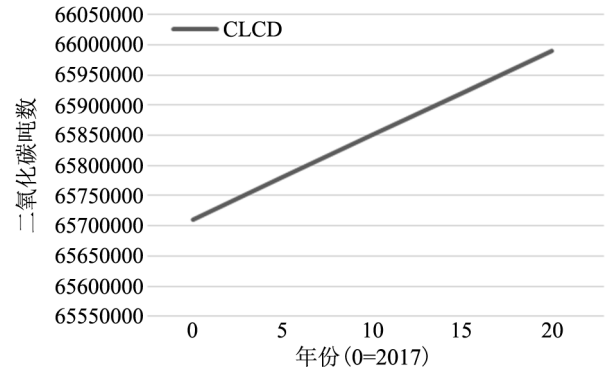


图 8 CLCD 数据库总碳排放趋势预测

2.4 碳核算方法比较分析

新方法与现有碳核算方法存在诸多不同，如数据质量方面。假设基于理想状态下的数据资料，分别使用不同方法来对 C 市交通局建筑物进行碳核算。基于此假设场景，不同方法的数据质量分值矩阵如表 6 所示。可见 BTCA 方法的隐含碳和运营碳数据质量矩阵分别为(2,1,1,1,1,2)和(1,1,1,1,1,1)，表现都是最佳的。

表 6 不同核算方法数据质量比较

项目	方法分值							
	BTCA		过程分析法		投入产出法		混合法	
	EC	OC	EC	OC	EC	OC	EC	OC
数据获得方式	2	1	2	2	2	2	2	2
来源的独立性	1	1	1	1	1	1	1	1
数据代表性	1	1	1	1	1	1	2	1
时间相关性	1	1	2	1	2	1	1	1
地理代表性	1	1	2	1	2	1	2	1
技术代表性	2	1	2	1	2	1	2	1

注：EC=隐含碳 (Embodied Carbon)；OC=运营碳 (Occupational Carbon)。

除了数据质量结果不同外，表 7 对比总结了 BTCA 方法与常规碳核算方法在耗时程度、核算

准确性等方面的差异。可以看出 BTCA 方法在时间效率和结果准确性上的最佳组合：BTCA 方法

利用其建筑类型优势,可以在建筑组别层面进行复制,达到快速核算的效果;同一组织机构下选

择恰当的类型代表值,对计算组织内建筑物碳排放具有一定准确性。

表 7 BTCA 方法与其他方法比较

项目	过程分析法	投入产出法	混合分析法	BTCA 方法
方法基础	基于产品和过程	基于过程	过程分析和投入产出法混合	过程分析和投入产出法混合
分析水平	初级分析	初级分析	初级、中级以及更高程度分析	初级分析
生命周期范围	摇篮到坟墓	施工到现场	施工到使用	施工到运营
数据库	不规则的多种数据库	国家数据库	独立的研究刊物	可供选择的数据库
系统边界	多样,不一致	国家各产业部门	多样,不一致	多样,不一致
耗时程度	中到高	中	高	中到低
准确性	中到高	中	高	中到高
转移能力	特定建筑物	特定行业建筑物	特定建筑物	特定建筑类型
数学模型	线性	线性	线性	线性
其他	区域差异小	黑箱分析,难以比较大 多功能建筑的结果	受时间和人力限制	实现快速大规模核算

3 总结与展望

本文立足于组织机构层面构建了具有针对性、可扩展的建筑物 BTCA 分类碳核算方法,并通过实例评估验证该核算方法具备可行性。BTCA 方法的构建提出了建筑物碳核算方法新思路,丰富了碳核算方法研究内容和空间层次。新方法流程简化、便于操作、易于推广,在实践层面促进建筑碳排放量化工作的实施,为建筑设计、施工和使用的各方参与者搭建起沟通协作的桥梁,提高大众对碳排放严峻性及其对环境的影响的认识,促使大家更多的投入到建筑减排的行动中去。

本文提出的新方法框架也存在一定的局限性。该方法仍属于线性静态模型,由于建筑物碳排放的影响因素复杂多变,静态模型无法捕捉建筑物动态的碳排放数据。理想的动态模型不是基于一揽子清单数据库来确定碳排放值的,而是基于影响最终碳排放的所有因素变量来核算碳排放。随着 BIM 和“云”技术的发展,未来在碳核算方法中应结合新型信息技术加以整合研究,改善数据库和核算模型的时效性和动态特征,构建国家统一标准的动态多层次数据库核算系统。

注释:

- ①分类树 A 将原始分类树中每 200 平方米划分为 1 个层级的建筑规模大小调整为每 400 平方米划为 1 个层级;把 15 种仓库类型重新组合为 4 种类型。分类树 B 在分类树 A 的基础上对建筑用途节点进行删减。分类树 C 在分类树 B 的基础上对建筑用途“独立类型”进行大幅重组删减。各调整分类树图示可供备查追索。
- ②比率结果为 1.00 意味着该材料耗用百分比等于该隐含碳排放百分比。如果该比率大于 1.00,那么这种材料的隐含碳排放百分比高于材料耗用百分比,说明该材料碳排放高于平均排放水平。低于 1.00 的比值则表示该类型材料的碳排放较低。
- ③3 种数据库的数据结果相似,混凝土、混凝土砌块指标数值偏高,其碳排放水平较高,而如玻璃类材料、砂砾指标结果偏低,其碳排放水平较低。

参 考 文 献

- [1] 冯祥玉,白宏涛,徐鹤. 中国建筑业隐含碳排放估算及来源解析 [J]. 未来与发展, 2018, 296 (7): 45~53.
- [2] 金占勇,田亚鹏,黄春雷. 我国建筑碳排放权交易市场发展障碍及对策研究 [J]. 建设科技, 2018, (3): 36~37.
- [3] Gustavsson L, Joelsson A, Sathre R. Life Cycle Primary Energy Use and Carbon Emission of an Eight-Storey Wood-Framed Apartment Building [J]. Energy and Buildings, 2010, 42 (2): 230~242.
- [4] Ramesh T, Prakash R, Shukla K K. Life Cycle Energy Analysis of Buildings: An Overview [J]. Energy and Buildings, 2010, 42 (10): 1592~1600.
- [5] 刘燕. 基于全生命周期的建筑碳排放评价模型 [D]. 大连:

- 大连理工大学, 2015.
- [6] 陈莎, 崔东阁, 张慧娟. 建筑物碳排放计算方法及案例研究 [J]. 北京工业大学学报, 2016, 42 (4): 594~600.
- [7] Dimoudi A, Tompa C. Energy and Environmental Indicators Related to Construction of Office Buildings [J]. Resources, Conservation and Recycling, 2008, 53 (1-2): 86~95.
- [8] Airaksinen M, Matilainen P. A Carbon Footprint of an Office Building [J]. Energies, 2011, (4): 1197~1210.
- [9] 彭渤. 绿色建筑全生命周期能耗及二氧化碳排放案例研究 [D]. 北京: 清华大学, 2012.
- [10] 张孝存. 建筑碳排放量化分析计算与低碳建筑结构评价方法研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
- [11] 黄志甲, 赵玲玲, 张婷, 等. 住宅建筑生命周期 CO₂ 排放的核算方法 [J]. 土木建筑与环境工程, 2011, 33 (S2): 103~105.
- [12] Mousa M, Luo X, McCabe B. Utilizing BIM and Carbon Estimating Methods for Meaningful Data Representation [J]. Procedia Engineering, 2016, 145: 1242~1249.
- [13] Suzuki M, Oka T. Estimation of Life Cycle Energy Consumption and CO₂ Emission of Office Buildings in Japan [J]. Energy and Buildings, 1998, 28 (1): 33~41.
- [14] Nässén J, Holmberg J, Wadeskog A, et al. Direct and Indirect Energy Use and Carbon Emissions in the Production Phase of Buildings: An Input-Output Analysis [J]. Energy, 2007, 32 (9): 1593~1602.
- [15] 申立银, 陈进道, 严行, 等. 建筑生命周期物化碳计算方法比较分析 [J]. 建筑科学, 2015, 31 (4): 89~95.
- [16] 武雨欣. 建筑生命周期碳排放量计算分析方法浅析 [J]. 高, 2016, (17): 77~78.
- [17] 杨秀. 美国国家建筑能耗统计概况 [J]. 建筑科学, 2010, 26 (4): 8~11.
- [18] Davies P J, Emmitt S, Firth S K. Delivering Improved Initial Embodied Energy Efficiency During Construction [J]. Sustainable Cities and Society, 2015, 14: 267~279.
- [19] 王强. 基于生命周期评价的化工建材类产品碳足迹分析 [D]. 天津: 河北工业大学, 2016.
- [20] Wade B A A. Enterprise Audit Modeling of Large - Scale Agencies' Energy and Carbon Dioxide Accounting [D]. Kansas: University of Kansas, 2011.
- [21] 任宏, 卢媛媛, 蔡伟光, 等. 我国建筑领域碳排放权交易框架研究 [J]. 城市发展研究, 2013, 21 (8): 70~76.
- [22] Hammond G P, Jones C I. Embodied Energy and Carbon in Construction Materials [J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Energy, 2008, 161 (2): 87~98.
- [23] Shao L, Chen G Q, Chen Z M, et al. Systems Accounting for Energy Consumption and Carbon Emission By Building [J]. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2014, 19 (6): 1859~1873.

A Study of Carbon Emission Accounting Method of Buildings

Zhang Xiumin¹ Wu Zhaohui²

(1. School of Business Administration, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Finance Department, Shanghai Construction No. 4 (Group) Co. LTD, Shanghai 200030, China)

[Abstract] In order to quickly and accurately calculate the carbon emissions of large-scale buildings, and try to solve the problem about carbon emission data of the building carbon trading market, this paper takes the improvement of the building carbon accounting method as the entry point. Based on the literature research and case analysis, a Building Type Carbon Accounting method (BTCA) for organizations is constructed. The two sub-method frameworks of building embodied carbon accounting and operational carbon accounting are elaborated, and a practical case is introduced. In the case analysis, emphasis is placed on assessing database differences and the impact of the building type partitioning on results, showing that the new method has certain robustness. Comparing the new method with typical carbon accounting methods shows its great advantages that the new method can simplify the process, balance accounting accuracy and improve efficiency. Finally, based on the result analysis, the opinions on emission reduction during the design and use phases of buildings are proposed. The introduction of the BTCA method enriches and improves the research and practice of building carbon accounting methods, and is of great significance for promoting the statistical work of building carbon emissions nationwide.

[Key words] building carbon emissions; carbon emission accounting methods; building life cycle; carbon trading market; linear static model; data list

(责任编辑: 史琳)