

基于BIM-LCA的建筑物碳排放测算与实例研究

高项荣^{1,2} 李春丽¹

(1.内蒙古科技大学经济与管理学院,内蒙古 包头 014010;2.国家能源集团,陕西 榆林 719315)

【摘要】 由于建筑产品碳排放体量在我国各行业中尤为突出,为完善建筑物碳排放测算体系,从全生命周期角度评估单体建筑物碳排放当量,按测算系统边界将建筑物定义为四个阶段:物化、运行、维护、拆除,并基于BIM技术对各阶段碳排放量进行测算。本文以实际建筑项目为典型研究案例,构建基于BIM-LCA的碳排放测算模型并进行分析研究,验证其可行性的同时,也为优化低碳建筑设计提供理论依据和数据支撑。

【关键词】 BIM;全生命周期;碳排放;低碳

【中图分类号】 TU17

【文献标识码】 A

【文章编号】 2096-4103(2023)01-0087-03

随着全球气候变暖和极端天气频繁发生,气象问题已经成为全球瞩目的话题,控碳减碳也成为一个人类共识。我国在2020年第75届联合国大会上作出庄严承诺,2030年前实现“碳达峰”,2060年前实现“碳中和”目标^[1],这一宣告显示了我国在碳治理方面的决心。根据中国建筑节能协会(CABEE)发布的《中国建筑能耗研究报告(2021)》显示:2019年全国建筑行业全生命周期碳排放总量为49.97亿吨二氧化碳,占全国碳排放的比重为51%^[2],可见建筑行业降碳控碳刻不容缓。降碳的基础就是碳排放量的测算,建筑碳排放强制计算已经成为必然。针对目前我国对于建筑物碳排放研究仍处于初级阶段,其研究方向主要以理论分析为主,缺乏对碳排放量化实操研究,本研究在总结相关BIM应用经验后,选择了易操作、市场占有率高的BIM软件进行建筑碳排放测算模型构建,完善了全生命周期建筑物碳排放测算的方法,为碳减排措施的研究提供了思考方向。

一、相关研究理论与方法

(一)LCA与建筑物碳排放

生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)是量化评价产品生产消费全过程的资源效率与环境影响的国际标准方法(ISO14040-2006系列^[3],对应我国国标GB/T 24040-2008系列^[4]),在全球温室气体分析和评价中发挥基础性的作用,是ISO14064、ISO14067等标准编制和实施的依据。全生命周期

评价过程既能实现评价目标的系统性分析,又能达到量化分析的目的。

本研究的系统边界为“从原材料开采到拆除”,从LCA的角度将建筑物分为物化阶段、运行阶段、维护阶段、拆除阶段四个阶段。

(二)碳排放测算基本方法

目前,国际通用碳排放测算主要有实测法、碳平衡法、碳排放因子法和投入产出分析法四种。四种方法特点不一,在实际应用中需根据研究内容、研究范围的特征选取最有效的测算方法。

结合建筑物碳排放特点,本研究认为,用碳排放因子法估算具体建筑物某阶段的碳排放量的实用性和准确性较好,再运用生命周期理论将各阶段直接或隐含的碳排放分别进行分析汇总,使得计算结果更为科学合理。

(三)碳排放因子数据库

正如前文所述,本研究运用的碳排放因子法是IPCC提出的一种碳排放测算方法^[5],可以理解为能源消耗量附加一个碳排放因子。本文在结合前人研究的基础上,查阅相关文献,建立了在时间和空间层面更为合理的碳排放因子数据库,其来源主要如下:

能源碳排放因子值是依据热值、折标煤系数及单位热值碳排放因子计算得出。其中热值数据、折标煤系数数据来源依据参考《综合能耗计算通则》GB/T 2589-2020附录A^[6]、《建筑节能与可再生能源

收稿日期:2022-12-31

作者简介:高项荣(1985—),男,山西神池人,内蒙古科技大学经济与管理学院工程管理专业2020级在读硕士。

利用通用规范》GB 55015-2021^[7],单位热值碳排放因子数据来源依据参考《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019附录A^[8]。

电网平均碳排放因子参考《企业温室气体排放核算方法与报告指南——发电设施》2022年修订版(见表1)。

表1 常见能源碳排放因子

能源种类	能源名称	能源单位	碳排放因子 (tCO ₂ /单位)
燃煤	无烟煤	GJ	0.0983
	焦炭	GJ	0.107
燃油	原油	GJ	0.0733
	柴油	GJ	0.0741
燃气	天然气	GJ	0.0561
电力	华北区域电网	MWh	0.8843

无明确的建材生产碳排放数据时,建材生产的碳排放因子参考《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019附录D中默认值、《中国产品全生命周期温室气体排放系数集(2022)》及书籍《建筑全生命周期碳足迹》取值见表2。

表2 主要建材碳排放因子

材料种类	材料单位	碳排放因子(tCO ₂ /单位)
水泥	t	0.88
钢筋	t	4.08
混凝土加气块	m ³	0.297
砂石	m ³	1.13
石灰膏	t	1.11
实心黏土砖	t	0.2
玻璃	t	1.3
保温材料	t	0.32

(四)BIM技术

BIM(Build Information Model)意为建筑信息模型,主要成就在于将建筑物可视化、模拟化、建造化和平台共享化。

虽然目前BIM被学者认为更像是一种技术、一种理念,但从操作层面来看,BIM软件才是BIM理论得以落地的重要工具。

本文主要利用建模软件进行基础建模,然后将其导入工程量模型中计算出物化阶段、维护阶段、拆除阶段的主要工程量并分析该阶段的碳排放数据,并将基础模型导入到分析软件中计算运行阶段建筑能耗水平,从而进一步分析碳排放量。

二、BIM技术在建筑物全生命周期中碳排放测算中的应用

本研究利用BIM对建筑物全生命周期下的碳排放进行科学高效的测算。建筑物全生命周期包括物化阶段、运行阶段、维护阶段和拆除阶段四部分。

建筑物全生命周期各阶段碳排放计算公式为:

$$C_{\text{总}}=C_1+C_2+C_3+C_4 \quad (1)$$

式(1)中:

$C_{\text{总}}$ ——建筑物全生命周期阶段碳排放总量

C_1 ——建筑物物化阶段所产生的碳排放量

C_2 ——建筑物运行阶段所产生的碳排放量

C_3 ——建筑物维护阶段所产生的碳排放量

C_4 ——建筑物拆除阶段所产生的碳排放量

在对操作难度、计算精确度、市场使用率、使用成本四个评估因素进行衡量后,本文将选用Revit软件建立建筑的基础模型,将Revit基础模型导入广联达模型中生成工程量模型,然后利用广联达造价软件链接相应的碳排放因子计算物化阶段、维护阶段、拆除阶段的碳排放,而利用Revit模型导入GBS中分析该建筑物运行阶段能耗水平,从而得出该阶段碳排放数据。

三、实例研究分析

(一)项目概况

本文选取内蒙古鄂尔多斯市东胜康巴什新区C8地块住宅项目303#楼为研究对象,该项目基本信息如下表3所示:

表3 项目基本信息表

工程名称	C8地块住宅项目303#楼	
工程地点	内蒙古鄂尔多斯	
气候分区	严寒C区	
建筑类型	住宅	
建筑朝向	南	
建筑面积 (计算)	总面积 5728.18m ²	地上:5222.84m ² 地下:505.34m ²
建筑层数	地上:11层	地下:1层
建筑高度	41.10m	

(二)碳排放测算清单取舍原则

本文中对于碳排放清单所采用的取舍原则是依据各材料投入占产品重量或过程总投入的重量比,或《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019中的规则作为计算基础。具体包括:

当普通物料重量 < 1% 建筑物重量时,可忽略

该物料的上游生产数据。如建材生产及运输阶段所选主要建筑材料的总重量不应低于建筑中所耗建材总重量95%,当符合本条规定时,重量比小于0.1%的建筑材料可不计算。

(三)模型构建及碳排放测算

1. 基础模型

基于市场占比情况与各软件兼容现状,本研究选择Autodesk Revit建立建筑产品的基础模型,该模型可根据目前常用的CAD图纸进行模型建立,且模型的兼容性可以保证在建筑物各阶段模型的快速建立,避免因重塑模型带来时间成本的增加和信息的不对称。

2. 工程量模型

由于Autodesk Revit软件中的工程量计算功能与我国标准不符,因此,本研究使用广联达BIM软件进行建筑产品工程量清单的建立。广联达软件中的GFC插件可将Autodesk Revit模型导入到GTJ2018中。最终,该模型可导出建造清单、维护清单、拆除清单,其分别可以用于物化阶段、维护阶段和拆除阶段的碳排放测算。

3. 能耗模型

本研究中建筑产品运行阶段的能耗模型依然采用Autodesk公司开发的能耗分析软件Green Building Studio,因其与Revit良好的交互性使得软件可以直接读取Revit模型发布的gbXML格式的文件,让工作人员快速地对建筑模型进行简单的能耗计算。

4. 碳排放测算模型

本文中碳排放测算则是借助于广联达计价软件进行模拟。将已经建立的广联达工程量模型导入到广联达计价软件中,将相关的碳排放因子数据库关联到对应的工程量清单中,即可计算出物化阶段、维护阶段、拆除阶段的碳排放结果。

(四)建筑案例碳排放测算结论

根据前文对案例建筑(C8地块住宅项目303#楼)全生命周期各阶段碳排放测算结果,得出该建筑生命周期碳排放为65626tCO₂e,每平方米年碳排放为229.15kgCO₂e/(m²·a)。全生命周期内各阶段碳排放量:运行阶段碳排放量为50534.70tCO₂e,物化阶段碳排放量为10500.72tCO₂e,维护阶段碳排放量为3281.47tCO₂e,拆除回收阶段碳排放量为

1312.59tCO₂e。

(五)减碳策略

根据上述典型案例碳排放结果的计算,综合分析减碳策略如下:

物化阶段钢筋混凝土占建材比重最大,钢筋混凝土的用量直接制约建筑物的碳排放量,因此在设计阶段要合理布局,既要满足功能需求,同时要提高空间利用率。

在设计中选用更加高效节能的设备,重视建筑形体设计,优化建筑物与外界的热交换、通风及采光照情况可以减少运行阶段建筑空调采暖碳排放。

增加可再生能源利用率,如太阳能热水器等,公共区域采用太阳能照明系统。

本文针对建筑物全生命周期进行碳排放测算研究,将测算边界定义为建筑物的物化阶段、运行阶段、维护阶段、拆除阶段四部分,建立并优化碳排放因子库,并利用BIM技术对建筑物四阶段碳排放的方法论和可行性进行研究,并选取国内占比较大的典型住宅楼进行分析和验证,最后根据测算数据,提出减碳策略。

【参考文献】

- [1]人民日报社.习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话[N].人民日报,2020-09-23(1).
- [2]中国建筑节能协会.中国建筑能耗研究报告2021[J].建筑节能,2021,(2):1-6.
- [3]ISO 14040, Environmental management life cycle assessment principles and framework [S]. London: British Standards Institution. 2006.
- [4]全国环境管理标准化技术委员会.环境管理生命周期评价原则与框架:GB/T24044-2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [5]IPCC.2006年IPCC国家温室气体清单指南[M].高梁市:日本全球战略研究所,2006.
- [6]全国能源基础与管理标准化技术委员会.综合能耗计算通则:GB/T2589-2020[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [7]住房和城乡建设部.建筑节能与可再生能源利用通用规范:GB55015-2021[S].北京:中国建筑工业出版社,2021.
- [8]住房和城乡建设部.建筑碳排放计算标准:GB/T51366-2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.