

建筑生命周期碳排放评价

■ 张智慧, 尚春静, 钱 坤

(清华大学建设管理系, 北京 100084)

[摘 要] 基于可持续发展和生命周期(LCA)评价理论,界定了建筑生命周期碳排放的核算范围,并对建筑生命周期从物化、使用到拆除处置各阶段的碳排放进行清单分析,明确了低碳建筑的内涵,提出了建筑物生命周期碳排放量的评价框架和方法。

[关键词] 生命周期评价;碳排放;低碳建筑

Abstract: Based on the theory of life cycle assessment(LCA), this paper makes a list analysis on the building carbon emission of the stages of embodiment, maintenance, and demolition, defining the connotation of the low carbon building. Furthermore, the paper develops the framework and approach of calculating the building carbon emission.

Key words: life cycle assessment; carbon emission; low carbon building

[中图分类号] F407.9

[文献标识码] B

[文章编号] 1002-851X(2010)02-0044-03

1 引言

全球科学研究表明,温室气体的增加引起全球气候变暖已是毫无争议的事实。人为活动很可能是导致气候变暖的主要原因,并且人为变暖可能导致一些突变或不可逆转的影响^[1]。建筑建造、使用和拆除过程中对能源和资源的消耗及固体废弃物的处理将带来巨大的温室气体排放量,预计2030年建筑业产生的温室气体将占全社会排放量的25%^[2]。如何减少建筑建造、使用和拆除处置过程的碳排放量、发展低碳建筑是低碳社会对建筑业发展的时代要求。本文基于可持续发展与生命周期评价理论,建立建筑生命周期碳排放的评价框架及方法,以期对建筑产品的碳排放和低碳建筑的内涵有清晰、准确的理解。

2 建筑生命周期碳排放及低碳建筑

2.1 建筑生命周期

刘长滨在研究建筑产品全寿命周期资源优化与绿色管理策略时,把建筑产品的全寿命周期看成一个系统,认为该系统包括建筑材料的开采、运输、加工及建筑产品的规划、设计、施工、使用、维护、修缮、更新、拆除和处理的整个过程。张智慧在研究建筑物的环境影响评价时,应用了建筑物的生命周期思想,认为建筑物的生命周期包括原材料的获取、建筑材料的加工制造、建筑构件的生产、建筑物

的施工、运营使用及拆除处理的整个过程^[3]。

本文认为建筑生命周期即是建筑产品的生命周期,也指建筑产品全生命周期,英文是 building life cycle 或 building whole life cycle,指建筑产品的萌芽到建筑物的拆除处置整个过程,包括建筑材料的生产、加工和建筑安装施工、运行维护及拆除处置等阶段。而建筑生命周期分析,即是用生物学生命周期思想与社会有机体理论及系统理论,将建筑看作产品系统,然后应用工业产品生命周期思想进行的分析。

2.2 建筑生命周期的碳排放

建筑生命周期的碳排放是指把建筑产品的全生命周期看成一个系统,该系统由于消耗能源、资源向外界环境排放的总碳量。建筑生命周期的碳排放来源如图1所示,包括了建筑物生命周期物化阶段、使用阶段以及拆除处置阶段的碳排放(其中规划设计阶段不产生实物碳排放)。

需要指出的是,建筑物使用阶段的碳排放仅由采暖、通风、空调、照明等建筑设备对能源的消耗造成,不包含由于使用各种家用电器设备而导致的能源消耗与碳排放^[4],例如,使用洗衣机所消耗的电能而产生的碳排放,由于不是为实现建筑功能所需求的,所以就不包含在建筑生命周期碳排放中。

2.3 低碳建筑(Low Carbon Buildings)

低碳建筑是指在建筑设计阶段有着明确而详细的减

[作者简介] 张智慧(1963-),男,山西临猗人,清华大学土木水利学院教授,博士生导师,研究方向:建筑环境评价,技术经济评价,工程项目管理。



图1 建筑物生命周期各阶段碳排放来源

少温室气体排放的方案,在建筑生命期内建筑材料与设备制造、建造、使用和拆除处置各阶段温室气体少排放甚至是零排放的建筑,其目标是在建筑全生命周期内尽量减少温室气体的排放,减少对气候变化的影响^[5]。近年来,低碳建筑已逐渐成为国际建筑界的发展趋势。在我国,低碳建筑思想也越来越受到重视。

3 建筑生命周期碳排放评价

低碳建筑是可持续发展内涵在建筑产品中的体现,针对建筑物的可持续性评价体系主要有两类,一类是主观定性评价系统,一类是基于生命周期评价理论(LCA)建立的定量评价系统。主观定性评价方法虽然操作简单,包含的内容全面,却存在以下缺点:一方面,专家打分主观因素权重很大,难以确保评价的客观性;另一方面,它只能用于某一阶段或全过程完成后的事后评价。基于生命周期评价理论(LCA)的定量评价方法,虽然需要收集大量投入产出数据,工作量大,但是具有客观性强、可以量化,并且可以用于项目实施前的事前控制等优点。而且随着数据收集方法、途径的不断完善和规范,生命周期评价将日趋成熟。

3.1 生命周期评价原理与方法

1990年国际环境毒理学和化学学会(SETAC)首次系统地提出了生命周期评价概念,它将生命周期评价定义为:一种通过对产品、生产工艺及活动的物质、能量的利用及造成的环境排放进行量化和识别而进行环境负荷评价的过程;是对评价对象能量和物质消耗及环境排放进行环境影响评价的过程;也是对评价对象改善其环境影响的机会进行识别和评估的过程。生命周期评价包括产品、工艺过程或活动的整个生命周期,即原材料的开采、加工,产品制造、运输和分配,使用、重新利用、维持、循环以及最终处理^[6]。SETAC将生命周期

的基本结构分为目标范围确定、清单分析、影响评价和改善评价四部分,其中,清单分析是最重要的一个环节。

国际标准化组织(ISO)也对生命周期评价展开了研究,并且将生命周期评价纳入了其标准环境管理体系 ISO14000系列中,目前我国采用的《GB/T2008 环境管理生命周期评价原则与框架》和《GB/T2008 环境管理生命周期评价要求与指南》也是直接翻译的 ISO14000 系列的评价方法。

SETAC 和 ISO 的生命周期评价框架是当前影响最广泛的生命周期评价理论框架。本文基于生命周期评价理论建立了建筑生命周期碳排放评价框架和方法。

3.2 建筑生命周期碳排放评价范围和对象

建筑生命周期系统边界内部应包含形成建筑实体和功能的一系列中间产品和单元过程流组成的集合,包括建筑材料生产和构配件加工、运输、施工与安装、使用期建筑物运行与维护、循环利用、拆除与处置,如图2所示。

3.3 建筑生命周期碳排放的功能单位

建筑物规模不一,物化阶段材料、机械的使用量相差很大,直接导致碳排放量差别很大,而使用阶段持续时间几乎占了建筑生命周期的全部,评价年限对评价结果影响很大,因此仅给出建筑物总的碳排放量缺乏可比性,需要建立一个横向可比较的评价。用每年每平方米建筑面积的碳排放量作为评价指标可以有效消除由于建筑物规模、设计年限不同带来的影响,可使评价结果之间具有一致性和可比性。因此,建筑生命周期碳排放的功能单位为单位建筑面积的年碳排放量。

3.4 清单分析

清单分析是生命周期过程物质和能量流的抽象和一般化阶段,是对产品、工艺活动在其整个生命周期的资源、

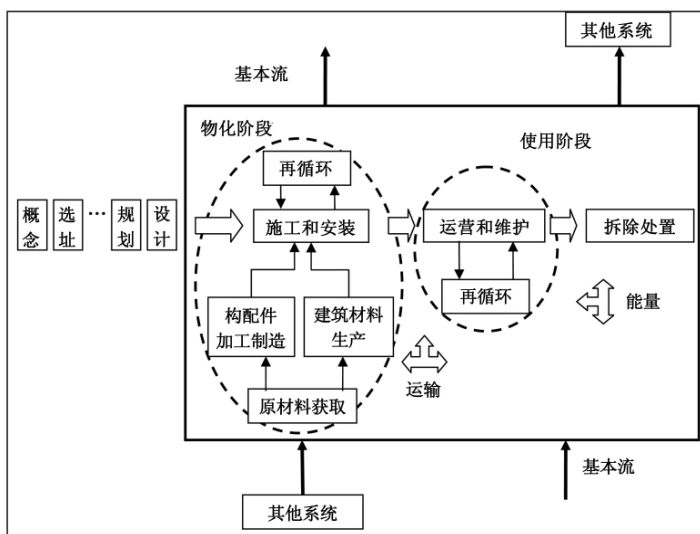


图2 建筑生命周期低碳排放评价系统边界

能源和环境排放(包括废气、废水、固体废物等)进行的数据量化分析。清单分析的核心是以产品功能单位表示的产品系统的输入和输出。这种输入和输出是一种相对量,而不是绝对量。清单分析是对系统内所有单元过程的输入输出进行数据的收集和计算。生命周期评价中的清单数据是指生命周期评价系统范围内,各单元过程实现其一个功能单位的功能的输入流与输出流的量化描述。清单分析方法主要有三类^[7] 基于过程的清单分析、基于经济投入产出分析的清单分析和混合清单分析。本文采用基于过程的清单分析。

基于过程的清单分析以过程分析为基础,将研究系统在其边界范围内划分为一系列过程或活动,通过对单元过程或活动的输入、输出分析,建立相应的数据清单,并按照研究系统与各单元过程或活动的内在关系,建立以功能单位表示的系统的环境交换清单。

值得注意的是,在分析建筑生命周期的碳排放清单时,由于可再生能源的利用(如利用太阳能发电)以及绿色植物对 CO₂ 的吸收作用,而对环境有正效益的,应当折减相应数量的电能输入量和 CO₂ 排放量。在拆除处置阶段,由于部分材料的回收利用减少了原材料生产所产生的碳排放,在清单分析中的输入部分应折减其回收利用的数量。

清单分析的内容与步骤如图 3 所示:

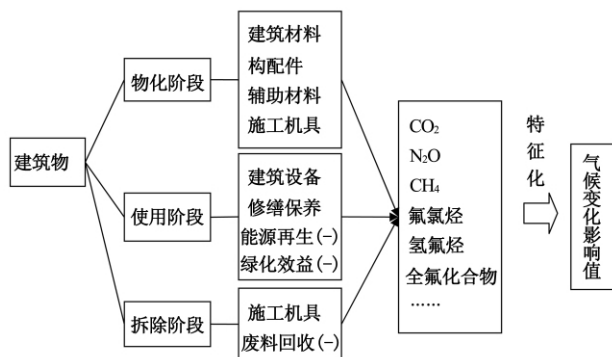


图3 清单分析内容与步骤

3.5 影响评价

计算建筑碳排放,其本质是为了说明其对全球气候所造成的影响,因此碳排放分析不仅仅局限于 CO₂。许多其他气体对气候变化也有一定影响(通常远大于 CO₂ 对气候变化的影响),并且影响程度不同。因此,应当将所有造成全球气候变暖的气体都纳入到碳排放的清单当中,即便如 N₂O、SF₆ 等不含碳的物质,也根据其 CO₂ 特征当量因子将其视为“碳”排放。

对于碳排放量的评价,通常以产生的 CO₂ 量来衡量。IPCC 以 CO₂ 气体的全球变暖潜能(GWP)为基准,其他气

体(CH₄、CO、C₂H₂等)的 GWP 是以 CO₂ 为基准,折算为 CO₂ 当量来衡量。

建筑生命周期的碳排放即是建筑建造、使用和拆除处置各阶段的各类温室气体排放量与其全球气候变暖影响潜能特征当量因子相乘所得到的总和。其公式为:

$$GWI = \sum_{j=1}^3 \sum_i W_{ij} \times GWP_i$$

式中:GWI 为建筑物生命周期碳排放指数(kgCO₂); W_{ij} 为建筑物生命周期内第 j 阶段(j=1 2 3 分别为物化、使用和拆除处置阶段)所产生的第 i 种温室气体的重量(kg); GWP_i 为第 i 种温室气体的全球变暖影响潜能(kgCO₂/kg 温室气体); i 为温室气体的种类代号。

4 结 语

建筑生命周期碳排放评价是一项非常复杂的工作。本文基于 LCA 原理,界定了建筑生命周期碳排放的核算范围,并对建筑生命周期从物化、使用乃至拆除处置各阶段的碳排放进行了清单分析,明确了低碳建筑的内涵,提出了建筑物生命周期碳排放的评价框架和方法。建筑在建造过程中使用的建筑材料和设备种类繁多,建筑建成后近 50 余年的使用维护期以及拆除回收与处置的复杂性,都给建筑生命周期的碳排放量化工作带来一定的难度,但随着各类数据的收集与积累,建筑生命周期的碳排放评价工作将越来越规范化和程序化。▲

参考文献

- [1]IPCC.气候变化 2007:综合报告[R].日内瓦:2007.
- [2]周笑绿.循环经济与中国建筑垃圾管理[J].建筑经济, 2005(6):14-16.
- [3]龚志起,张智慧.生命周期评价和管理与建筑业可持续发展[J].2004(2):26.
- [4]Neil May.Low carbon buildings and the problem of human behaviour[J].Natural Building Technologies,2004(6).
- [5]Wikipedia[EB/OL].http://en.wikipedia.org/wiki/Low-carbon_building.
- [6]Udo de Haes, H., Ed.Towards a methodology for life cycle impact assessment[C] //Society of Environmental Toxicology and Chemistry.Brussels, 1996.
- [7]Roger Fay, Graham Treloar, Usha Iyer-Raniga.Life-cycle energy analysis of buildings:a case study [J].Building Research and Information,2000,28(1):31-41.

(编辑 谭丰华)