

日本绿色建筑全生命周期评价方法研究*

金樾¹, 熊宇², 邓瑞妍¹, 康晓琪²

(1. 桂林理工大学广西建筑新能源与节能重点实验室, 广西 桂林 541004; 2. 桂林理工大学广西矿冶与环境科学实验中心, 广西 桂林 541004)

摘要: 我国绿色建筑发展仍处于初级阶段, 日本CASBEE在建筑信息数据库和定量评价方法方面可为我国提供有益的借鉴和参考。解析日本绿色建筑全生命周期精细化评价流程, 并以日本某集合住宅为例, 采用AIJ-LCA&LCW软件定量评价其建筑全生命周期内的资源投入、能源消耗、循环利用以及环境负荷, 以期我国的绿色建筑定量评价提供思路。

关键词: 绿色建筑; 生命周期评价; 日本; AIJ-LCA&LCW软件; 评价方法

中图分类号: F407.9 文献标识码: A 文章编号: 1002-851X(2016)02-0095-05

DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.201602095

Study on Japanese Life Cycle Assessment of Green Building

JIN Yue¹, XIONG Yu², DENG Ruiyan¹, KANG Xiaoqi²

(1. Guangxi Key Laboratory of New Energy and Building Energy Saving, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China; 2. Guangxi Scientific Experiment Center of Mining, Metallurgy and Environment, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Green building development in China is still in primary stage at present, Japanese CASBEE provides the beneficial reference for China in building information databases and quantitative evaluation method. The paper analyzes the meticulous Japanese life cycle assessment process of green building, quantitatively evaluates the resource input, energy consumption, recycle usage and energy load in life cycle with AIJ-LCA&LCW software with an example of a congregated dwelling house, to provide ideas for quantitative assessment for Chinese green building.

Keywords: green building; life cycle assessment; Japan; AIJ-LCA&LCW software; assessment method

1 引言

建筑是一个庞大的物质集合体, 在从材料制造、建设到运行使用、维护直至最终拆除的全生命周期内, 消耗的能源对环境的影响, 一直是国内外学者关注的热点。我国是建筑能耗大国, 近年来政府逐渐重视建筑对环境的影响, 2006年颁布了《绿色建筑评价标准》, 一定程度上为建筑节水、节材、节能节地和保护环境提供

了指南。然而, 我国在建筑建造、运营等阶段的能源管理以及建筑资源可持续利用等方面仍处于探索阶段, 并且缺乏详细的数据库和定量的评价手段, 建筑在其全生命周期内对环境的影响难以定量。

日本是一个资源及能源都极度匮乏的国家, 它尤其重视建筑资源及能源利用。在参考欧美BREEAM、LEED等评价方法的基础上, 日本结合其国情不断修改、完善, 逐渐形成其自身评价系统, 即建筑物综合环境评价系统CASBEE (Comprehensive Assessment System for Environment Efficiency)。日本CASBEE通过建筑生命周期评价(LCA), 为建筑生命周期内更为精确地定量评价提供了直接的数据结果, 可为我国建筑全生命周期的定量评价提供借鉴。为此, 本文通过解析

*基金项目: 广西建筑新能源与节能重点实验室课题(12-J-21-2); 广西矿冶与环境研究中心课题(KH2012YB026)

作者简介: 金樾, 女, 生于1986年, 湖北荆州人, 讲师, 研究方向: 绿色建筑及建筑设计。

收稿日期: 2015-07-05

日本建筑能源负荷的精细化评价方法,为我国绿色建筑
的定量化评价提供思路。

2 日本绿色建筑LCA评价方法

日本建筑LCA评价将生命周期内CO₂排放作为主要
评价项目,旨在督促建筑达到ISO14040体系规定,从
而降低建筑物在全生命周期内对能量的消耗及温室气
体的排放。日本建筑LCA评价方法随着ISO标准化系
统逐渐成熟,生命周期评价系统进一步发展并定型。
根据国际环境毒理学与化学学会(SETAC)在1993年
提出的LCA方法论框架,其基本结构分为4个有机部
分:评价目的及调查范围的设定(ISO14041)、清单分析
(ISO14041)、生命周期影响评价(依据ISO14042)和
结果解析(ISO14043)。日本在此基础上增加了结果的
批判性检验,认为前3个步骤相互联系和影响,且重视

实践结果,形成改进的LCA评价流程,该评价流程具有
其动态性和兼容性^[1]。如图1所示。

日本LCA指导委员会在国际LCA评价体系的基础
上结合本国具体情况,开发了对建筑材料进行全生命周
期评价的AIJ-LCA&LCW ver.4.0.xls。该软件以EXCEL
表格为主,用户通过向表格中输入与实际建筑相关的必
要数据,由软件自动计算出评价建筑与基准建筑的比较
结果^[2]。AIJ-LCA&LCW软件的基本界面如图2所示。

2.1 建筑调查范围说明

建筑基本数据的录入是软件运行的重要条件。建
筑的调查范围包括建筑功能、建筑面积、评价年(为延
长建筑使用年限,评价年限设为100年)、建筑构造(RC
构造建筑、SRC构造、木构造、S构造等)、建筑结构、
建筑材料循环利用情况,以及建筑设备使用情况。建筑
基本数据信息调查还包括建筑设备能耗和释放气体清

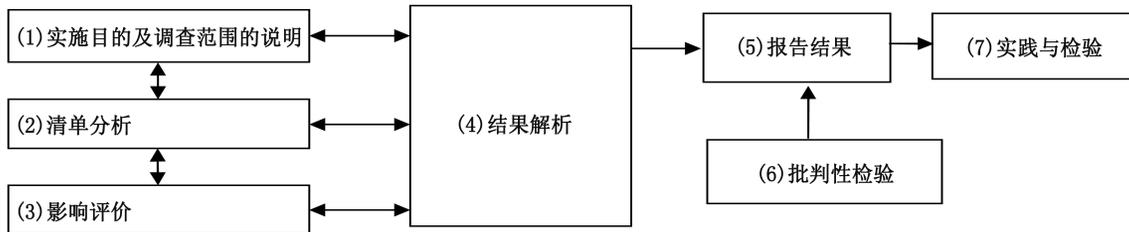


图1 日本建筑LCA评价流程图

入力-1シート 基本情報

建物名: 集合住宅モデル (建物名を入力)

建物用途: 集合住宅

主要構造: SRC造 (「その他」を選択した場合には、電~昇シートのFU~GA列の「その他」欄の該当規模に欄目別工事単価を設定すること。また、入力1シート、入力3シートの「その他」用途欄も設定すること)

延床面積: 25622㎡ (延床面積を入力)

評価期間: 50年 (基準値=100年)

建替周期: 50年 (基準値=100年)

新築工事補正: 1 (基準値=1)

建築: 1 (基準値=1)

電気設備: 1 (基準値=1)

空調設備: 1 (基準値=1)

衛生設備: 1 (基準値=1)

昇降機設備: 1 (基準値=1)

設計監理料率: 3% (設計監理に関するLOGs、LOGは微量のため、工事費に対する料率を入力)

新築工事: 5% (右側に表示されている値を参考に)

改修工事: 5% (右側に表示されている値を参考に)

物価補正(1995年=1.0)

計算年次	2001年	←	2001年
消費税	1.05	←	1.05
建築	0.907	←	0.907
電気設備	0.928	←	0.928
空調設備	0.958	←	0.958
衛生設備	0.956	←	0.956
昇降機設備	0.872	←	0.872
設計監理	0.930	←	0.930
維持管理	0.954	←	0.954
廃棄処分	0.956	←	0.956

維持管理費補正: 基準値 0.2, 対策案 0.2

「維持シート」のデータは事務所ビルに関する実態調査金額であるため、検討対象の建物での維持管理実態が異なる場合に補正する。

「維持シート」のデータは事務所ビルに関する実態調査金額であるため、検討対象の建物での維持管理実態が異なる場合に補正する。

图2 建筑基本信息集计界面

单。《日本产业关联表》将建筑结构类型、建筑材料、建筑设备、燃料、电力、土木, 以及生产单位材料所需的能耗、成本、温室气体排放量等一系列信息通过代码形成完整的数据库查询系统, 供日本本土建筑行业查询^[3]。

2.2 建筑材料清单分析

清单分析主要从7个阶段进行, 即设计、建设、替代、能源消耗、维护与管理、修缮与更新以及废弃处理阶段。各阶段单位面积的资源投入量、更新周期、更新回数、能源消耗量、材料的循环利用率等均要在清单中详细陈列, 为后续的环境影响评价提供数据支持。

2.2.1 建筑设备能耗清单

建筑设备在整个建筑的生命周期消耗的能量中所占比例较大, 且不同设备消耗的能量各异, 因此建筑设备能耗清单需要专门针对不同设备的能源消耗。空调系统能源消耗按实际运行时间计算, 换气设备及照明系统分别以CEC/V及CEC/L方式计算, 电梯设备以CEC/EV计算。给水与排水系统(不包含热水系统)的能耗计算则通过给排水数据库系统软件查询详细的能量消耗值, 得出该系统的能源消耗; 对于热水系统能源消耗, 需要分别收集白天与夜晚使用量数据, 以CEC/HW计算。

2.2.2 释放温室气体清单

在建筑材料生命周期计算过程中, 广义的温室气体不仅仅指CO₂气体, 也包括发泡绝缘材料、空调设备制冷剂、氟等破坏臭氧层物质, 故气体清单列表中包括CO₂、含氟有机物、甲烷、及其它温室气体等项目。日本温室气体协会研究表明, 20%的含氟类物质是在安装发

泡绝缘材料过程中释放的, 80%是在废弃处理过程中向大气泄露的^[4]。在计算过程中, 通过查询《日本产业关联表》(1995年)对温室气体及对大气有害物质及全球温暖化系数等相关数据, 向运行软件中输入替换周期、泄露率(包括工业制造过程泄露率、建设及废弃过程泄露率)数据, 得出生命周期温室气体泄露总量^[5]。

2.2.3 原始资源的投入与废材循环利用清单

在建设过程中, 如果能够对废材进行回收利用将大量减少原始资源、原始材料的投入。日本建筑在建设过程中对结构柱保留或循环利用、对废弃材料进行简单加工处理再回收等, 从而在很大程度上降低了生产相应材料对环境造成的破坏。在原始材料的投入与废材循环利用系统中, AIJ-LCA中有详细的原始材料及废弃材料编码表, 由于每一种代码所对应的材料在不同使用部位废弃量和循环使用率不同, 计算时必须输入每一个使用部位的相关数据。

2.3 建筑的环境影响评价

建筑生命周期内从设计、建造、运营、更新、处理各过程中, 对能源的消耗、温室气体的排放量及其导致的对环境的破坏、资源的消耗、臭氧破坏等环境负荷综合评价如图3所示。其中, 建筑材料生产过程CO₂排放包括建材生产过程中所使用的化石燃料燃烧与电能生产所排放的CO₂, 以及原料在加工过程中因为化学反应、有机碳燃烧所产生的CO₂排放, 但不考虑原料与化石燃料在开采、精炼、供给和运输过程中能源消耗所产生的CO₂, 其具体计算方法如下:

$$Q = \sum (q_i \cdot f_i) + 0.792 \sum e_j + \sum Q_{rm, k} \quad (1)$$

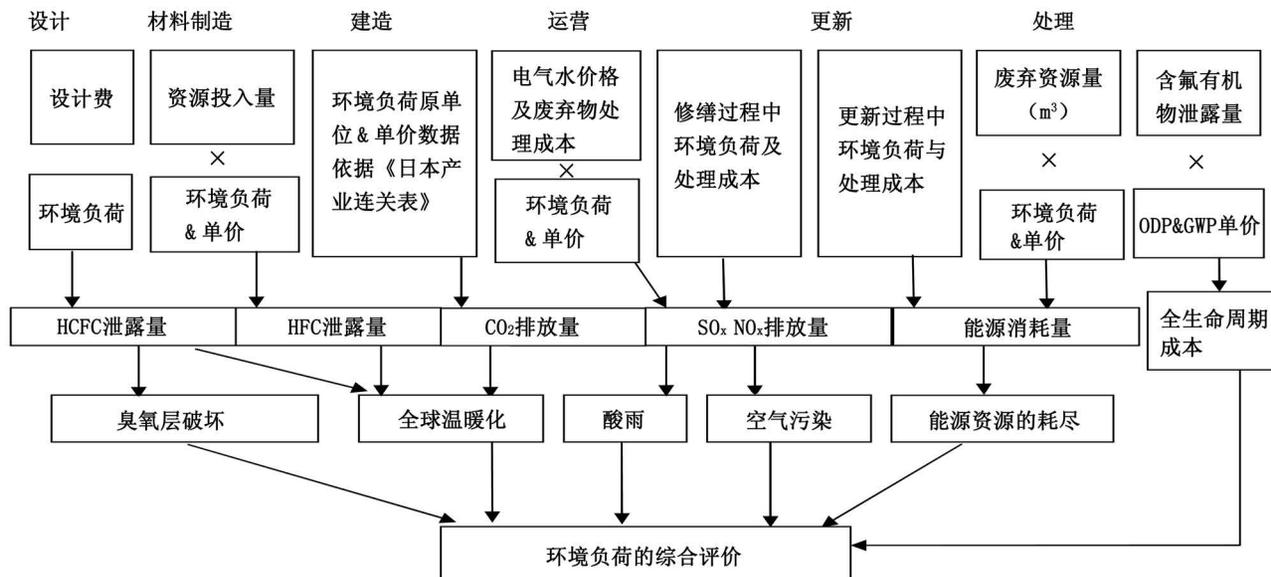


图3 基于AIJ-LCA的环境负荷综合评价图

式中, Q 为单位建材生产过程的 CO_2 排放量, $kgCO_2$ /单位; q_i 为单位建材生产过程消耗的各种化石燃料量, $kg(m^3)$ /单位; f_i 为各种化石燃料的单位 CO_2 排放量, $kgCO_2/kg(m^3)$; e_j 为单位建材生产过程各阶段的电力消耗量, kWh ; $Q_{m,k}$ 为单位建材生产的各原料在加工过程中因为化学反应、有机碳燃烧所产生的 CO_2 排放, $kgCO_2$ /单位。

建筑的环境影响评价主要结合资源的循环利用, 分析各阶段的原始资源的投入量、循环资源使用量、废材和废弃物产生量以及最终处理量。其中每项所对应的环境负荷成本在产业关连表中有明确的数据, 通过各环节中对应的环境负荷计算, 揭示该建筑在生命周期内对环境的影响度(见图3)。

2.4 结果解析

原始建筑材料生命周期资源投入低减量(Life Cycle Reduction, LCR)及材料生命周期废弃物量(Life Cycle Waste, LCW)评价是生命周期评价的最后阶段, 其评价方式为: 将建筑环境影响结果与基准案例对比, 综合分析评价案例与基准案例在材料投入、废弃物产生等项目上的差异, 从而计算出对应的削减率或增加率^[6]。基准方案是由日本建筑学会根据不同建筑类型、结构和构造类型建立的各类信息模型。

2.5 实践与检验

建筑的LCA评价是一个动态评价过程, 日本更重视建筑在运营过程中对计算结果的检验, 即通过建筑运营过程中对实际能源消耗量、物资投入量及维修周期进行结果统计, 然后与评价案例进行对比修正, 从而更加准确地与基准案例进行对比评估, 并在此基础上预测建筑环境负荷量及能源消耗量。

3 应用案例

3.1 建筑基本信息

本案例建筑类型为位于东京郊区的集合住宅, RC

构造, 建筑层数为9层, 建筑面积7280.85m², 共有88户住户, 评价时间为2006年。建筑的环境影响以AIJ-LCA&LCW软件进行定量评价, 评价方法为: 通过分析该评价建筑原始资源投入量、资源废弃量、循环处理量及最终处理量, 将其与AIJ-LCA&LCW软件中和该集合住宅相似的基准案例进行数据对比, 以两者间的差异评价。涉及到的相关系数指标如表1所示。

3.2 建筑工程数据

建筑工程数据主要从软件自带数据库系统查询, 该数据库提供了包括建筑、结构、设备等材料的基本信息, 如材料类型、更新周期、修缮率、单位面积物耗量等一系列数据。考虑到每年的净现值不同, 需设定物价修正系数等。由于物价修正系数数据只更新到2008年, 故在此后的计算评价中均以2008年修正系数为准, 如表2所示。

根据评价建筑所提供的资料进行代码查询, 将建筑所使用的材料代码输入新的分析表中, 以上代码所输入的数据为建筑生命周期资源投入减少评价(LCR)与生命周期资源废弃物量评价(LCW)分析提供数据来源, 是整个建筑生命周期评价的数据基础^[7]。

3.3 建筑设备能源消耗分析

建筑设备的能耗在建筑生命周期的总能耗中占50%以上, 通过计算, 该建筑空调设备年耗能1751517kWh/年, 机械换气能耗为75735kWh/年; 照明设备能耗为158079kWh/年; 电梯设备能耗为17791kWh/年; 卫生设备中, 水泵能耗为9380kWh/年, 热水电力能耗为60650kWh/年; 其它能耗为48180kWh/年。由于该评价建筑未使用可再生能源, 故其能源补充量为0kWh/年, 建筑设备年耗能为1945462kWh/年。根据以上数据分析, 该建筑每年在空调设备的能源消费占整栋建筑的80%以上。

3.4 建筑废弃物产生分析

建筑废弃物主要产生于建筑的建设与解体处理

表1 基准案例和评价案例的相关系数列表

名称	评价期间	替代周期	新建筑工程修正系数				设计监理费率		维护管理费修正系数
			建筑	电器设备	空调设备	卫生设备	新建筑工程	改修工程	
基准案例	100	100	1	1	1	1	3%	5%	0.2
评价案例	50	100	1	1	1	1	3%	5%	0.2

表2 物价修正系数表

计算年次	消费税	建筑	电器设备	空调设备	卫生设备	升降设备	设计监理	维持管理	废弃处理
2008	1.05	0.834	0.871	0.924	0.921	0.776	0.865	0.862	0.922

表3 废材及废弃物产生量集计表

单位: kg/m²

名称	建筑分类							设备分类					合计
	残土污泥	基础及柱	主体	外部涂装	内部涂装	其它	总计	电器	空调	卫生	电梯	总计	
废材产生量	320	81.81	1499.6	127.4	602.4	0	2631.2	111.1	234.2	209.4	13.8	568.5	3199.7
废材循环处理量	160	79.9	1463.1	93.3	317.1	0	2114.1	95.6	200.7	181.3	12.3	490.0	2604.1

表4 评价结果对比表

单位: kg/m²

项目	评价年数	资源投入量	废材产生量	废弃物产生量	资源循环利用量	原始资源投入量
基准案例	35	2275	3706	627	114.2	1965
评价案例	100	3223	3200	598	108.6	2776
削减率/%		50.42	69.78	66.63	66.71	50.56

阶段。建筑的环境影响评价主要结合资源的循环利用,分析各阶段的原始资源的投入量、循环资源使用量、废材和废弃物产生量以及最终处理量。其中每项所对应的环境负荷成本在产业关连表中有明确的数据,通过各环节中对应的环境负荷计算,揭示该建筑在生命周期内对环境的影响度(见图3)。

系统设备材料消耗量和施工、拆除过程中工程量根据现场实地调研数据、施工历史数据以及软件系统设计、确定。废材与废弃物按建筑和设备进行分类,由 AIJ-LCA&LCW 软件对可循环利用部件进行分析,其主要废料及其产生量如表3所示。该集合住宅的废材及废弃物循环处理比例较高,有利于降低对环境的不利影响。

3.5 结果解析

通过以上数据集计表可以得知,该集合住宅在整个生命周期内对环境负荷、原始材料的投入、废弃材料的产生量、废弃物产生量、资源循环利用量,具体数值如表4所示:

根据该案例计算结果,在评价建筑使用寿命100年而基准建筑使用寿命为35年的条件下,评价建筑无论在资源投入量、废材产生量还是原始资源投入量都比基准案例高。有研究表明^[1]当建筑使用寿命增加时,建筑单位面积年能耗量逐渐减小,且减小程度逐渐减弱。因此,延长建筑寿命,提高建筑材料循环利用率在对于减少建筑对环境负荷、减少新资源生产对能源的消耗量起着至关重要的作用。这在一定意义上为绿色建筑的发展提供了参考,即长寿型绿色建筑是未来的发展方向。

4 结 语

日本在对绿色建筑进行评价时,非常重视建筑材料单体LCA信息的收集,建筑设备能耗数据库、建筑材

料全生命周期的环境负荷信息完善,以及评价软件AIJ-LCA的优化,以实现建筑的数据化评价。本文通过解读 AIJ-LCA 软件的运用方法,解析日本建筑生命周期各环节的量化处理与精确评价方法,以期为我国的绿色建筑定量化评价提供借鉴。

根据日本绿色建筑LCA评价经验,为实现我国绿色建筑的合理定量评价,首先需要集成建筑、设备、能源、经济等多学科的综合研究,并依靠建筑行业各领域分工合作,建立建筑材料的生命周期数据库,从而建设出长寿命、环境可持续的绿色建筑。▲

参考文献

- [1] 日本建築協会.《建物のLCA指針—温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール》[M].日本:日本建築学会,2008: 22-38.
- [2] Jönbrink A. K.C, Wolf-Wats M, etal. LCA software survey[C]. Sweden: IVL Swedish Environmental Research Institute, 2000: 6-8.
- [3] 福元正明, 亀山道弘, 平岡克英.産業連関表によるLCA分析システムの開発[C].日本:海上技術安全研究所,2004: 1-4.
- [4] 近田智野.《住まいのLCCO2》[C].日本:日本建築学会LCA統合手法検討小委員会,2006: 10-22.
- [5] Yukihiro Nojiri, Kohei Sakai, etal. National Greenhouse Gas Inventory Report of JAPAN[C]. Japan: Ministry of the Environment, 2010: 18-30.
- [6] 伊坪徳宏, 稲葉敦.《ライフサイクル環境影響評価手法》[M].社団法人産業環境管理協会,2005: 251-256.
- [7] Jiménez-González C. Kim S, Overcash M R. Methodology for developing gate-to-gate Life Cycle Inventory information[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2000 (3): 153-159.