

基于生命周期评价的木结构环境影响评价方法

郭明辉 姬晓迪 (东北林业大学生物质材料与技术教育部重点实验室 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 为了完善木结构建筑的环境影响评价方法,基于生命周期评价体系和国内外学者建立的关于建筑物的生命周期评价模型,对我国木结构建筑的环境影响评价方法进行了研究,阐述了木结构建筑生命周期评价的4个步骤:确定目标与范围、清单分析、影响评价和结果解释,着重介绍了木结构建筑的环境影响评价,指出了木结构建筑生命周期评价的发展方向。

关键词 生命周期评价;木结构;清单分析;影响评价

中图分类号 S784 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)36-12965-03

DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2014.36.069

An Environmental Impact Assessment Method of Wood Construction Based on Life Cycle Assessment

GUO Ming-hui, JI Xiao-di (Key Laboratory of Bio-based Material Science and Technology of Ministry of Education, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract In order to perfect the environmental impact assessment method, a study about environmental impact assessment method for domestic wood construction based on life cycle assessment and modes of life cycle assessment established by domestic and foreign scholars was conducted, four steps including goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment and interpretation were set forth and the impact assessment for wood construction was specially introduced, the development direction of life cycle assessment for wood construction was pointed out.

Key words Life cycle assessment (LCA); Wood construction; Inventory analysis; Impact assessment

2013年,全国房屋施工面积为665 572万 m^2 ,相较于2012年增加了16.1%,房屋竣工面积达101 435万 m^2 ,相较于2012年增加了2.0%^[1]。建筑业作为一种特殊的行业,有着占用资源多、浪费严重、能源利用率不高等一系列的环境影响问题。2014年5月,国务院出台了《2014-2015年节能减排低碳发展行动方案》,方案要求着重促进建筑行业的节约能源、减少碳排放,大力推行绿色环保建筑。当前国内主要使用的建筑材料,如砖、钢材、玻璃和水泥等都属于能耗较高的材料,不符合大势所趋。木材作为一种既古老又现代的节能降碳的建筑材料,符合我国推进建筑行业节能降碳的需求,大力促进木质结构建筑行业发展,符合我国节能降碳社会发展的方向。

生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)方法是一种环境负荷评估方法,它面向的是产品系统,对产品系统的环境影响进行分析与评价^[2]。近年来,依托国际标准ISO14040,国内外的一些研究人员逐渐开展了面向建筑行业的生命周期评价的研究^[3]。基于不同的建筑材料(水泥、混凝土、钢材等),评价了建筑物从物化阶段到运营维护阶段再到拆除处置阶段对环境产生的负荷,建立了一些面向建筑行业的生命周期评价模型和方法。然而,不同建筑材料的建筑物对环境的影响模型与环境负荷评价体系也有一定的差别,关于木结构建筑的生命周期评价体系很少有学者研究。该文基于生命周期评价体系,探讨了木质结构建筑的环境负荷评价方法,以期为建立健全木质结构建筑的生命周期评价体系提供參考。

1 生命周期评价方法

1969年,美国的一家研究所对一种碳酸饮品的易拉罐进

行了一次“起始于摇篮终止于坟墓”的全生命周期的环境负荷评估,这标志着生命周期评价的开始;1990年,国际环境毒理学与化学学会(SETAC)召开了一个有关环境影响评价的世界讨论会并引出了生命周期评价的问题,此后,各国开展了关于生命周期评价的研究;从1997年起,国际标准化组织(ISO)陆续推出了一系列以生命周期评价为主题的标准——ISO14040系列标准;1999年起,依据ISO14040系列标准,我国出台了自己的生命周期评价标准——GB/T24040系列;目前,生命周期评价模型与体系还在不断完善之中。

关于生命周期评价的概念,国际标准化组织是这样描述的:生命周期评价是一种通过汇编和计算一产品体系全生命周期内所有环节可能存在的环境负荷数据,依据研究目标来评判该产品体系可能存在的环境作用的技术。简而言之,生命周期评价是一套用来评判产品系统全生命周期(从获得最初的材料到加工组装出产品最后到应用、废弃该产品)对环境造成干扰的手段和措施,生命周期评价主要可以分为4步完成:目标与范围确定、清单分析、影响评价、结果解释。四者的关系如图1所示^[4]。

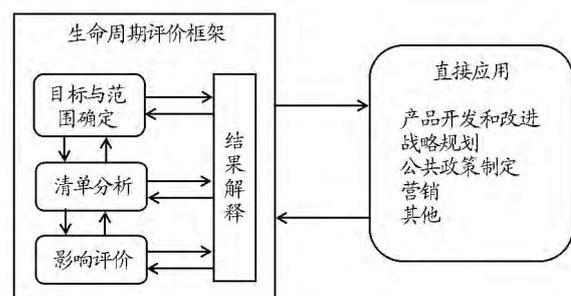


图1 生命周期评价框架

2 木结构环境负荷评价

近20年来我国快速增长的建筑行业^[5]对环境产生了巨大的影响,盛行于国内建筑行业中的砖、钢材、玻璃和水泥等

基金项目 十二五科技支撑课题(2015BAD14B05)。

作者简介 郭明辉(1964-),女,黑龙江哈尔滨人,教授,博士生导师,从事木材碳学与低碳加工研究。

收稿日期 2014-11-21

建材都有着严重的消耗性,对环境有着非常不利的影响,而木结构建筑相对绿色环保,对环境的负荷较小^[6],深受人民欢迎,发展前景较好。

2.1 木结构建筑生命周期评价目标与范围的界定

2.1.1 木结构建筑生命周期评价目标

明确生命周期评价的目标,就是要明晓生命周期评价的结论可以解决哪些问题,这跟实施评估人员的决策相关。目前缺乏大量关于木结构建筑环境影响的数据资料,因此,以建立并健全我国木结构建筑环境负荷数据库为目标而对木结构实施生命周期评价很有必要。研究人员完成自己的研究成果后可以将自己收集的数据与其他研究人员共享,这样有利于木结构生命周期环境负荷数据库的建立,最终能够为绿色建筑选择木结构提供依据,为木结构全生命周期内的绿色制造与技术提高提供建议。

2.1.2 木结构建筑生命周期评价的范围

生命周期评价研究范围主要包括产品用途、功能单位、体系界限、环境负荷种类、数据质量要求、假设和限制条件等^[7],以木结构作为产品系统,其评价范围的确定需要注意以下问题。

2.1.2.1 木结构建筑产品生命周期评价功能单位的界定

木结构建筑的功能单位是对木结构建筑用途性质的量化描述,建立功能单位主要是为了将木结构建筑的输入对象和输出对象归一化。考虑到建筑物一般是以面积来量化描述其功能属性的,因此,对木建筑进行生命周期评价,其功能单位应该是单位面积的木建筑。

2.1.2.2 木结构建筑系统生命周期评价边界的界定

木结构建筑是一个较为复杂的系统,其全生命周期涵盖的范围很广,包括林木育种、培育,木材资源开采、运送,木构件半成品与成品制造,木结构建筑物的建造,木结构建筑物的装修、应用、维持和再装修,木结构建筑物的拆卸和废弃处置等^[8](图2)。全面考察木结构的环境负荷难度很大,需要大量人力、物力、财力的投入以获得大量的数据支撑。不同的研究人员可能选择的评价范围不一样,有些可能评价木结构物化阶段的环境影响,还有些可能评价木结构拆除废弃阶段的环境影响,如果这些研究人员可以共同分享彼此的研究成果,则可以有效降低木结构全生命周期阶段环境负荷评价的难度,有利于获得大量的木材加工业和建筑业的环境负荷数据,有利于全方位地指导绿色环保型木结构建筑的设计、建造、使用与维护。

2.2 木结构建筑生命周期评价的清单分析

确定好生命周期评价的目标与范围后,接下来要做的就是关于木结构环境负荷数据资料的收集与计算,这便是清单分析。对于木结构建筑进行清单分析即为为木结构生命周期中的所有环节阶段设立对应功能单位的资源、能源、产品、环境负荷的输入对象与输出对象。具体执行清单分析时,需要确定的是各个过程单元及其输入与输出对象。以木结构建筑中常用的定向刨花板(OSB)生产工艺中“预压”和“热压”这2个过程单元为例,输入“预压”单元的包括电能和上一过程单元“成型”的产品——预压板坯,输出对象只有1项:热压板坯,因此,

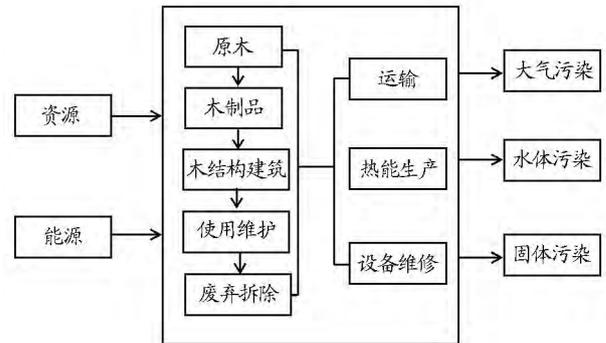


图2 木结构生命周期评价范围

其输入流为电能和预压板坯,输出流为热压板坯;相应的,“热压”这一过程单元的输入流为电能和热压板坯,输出流为成板和散失到空气中的水蒸气。考虑到木结构建筑的功能单位是单位面积的木结构,因此输入“预压”过程单元的是生产单位面积木结构建筑所需定向刨花板的预压板坯和电能,分别假设为 a kg和 x kJ,类似的,可以得到“预压”的输出对象为 a kg的热压板坯,“热压”的输入对象为 a kg的热压板坯和 y kJ电能,输出对象为 c kg的成板和 d kg的水蒸气(其中 $c + d = a$)(图3)。

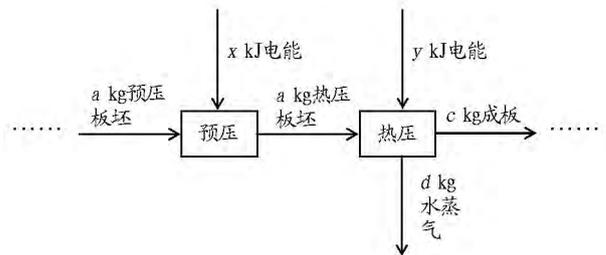


图3 预压和热压的清单分析

木结构作为一种建筑产品,其本身具有其他类产品所不具有的性质,在对其进行生命周期评价清单分析时,应该尽量全面地考虑其特殊性。例如,木结构建筑的使用维护阶段一般长达数十年,而这数十年内每年使用维护所造成的环境影响又不尽相同,可能数年前建筑物照明用电为火力发电,几年后又为风能发电,二者的环境负荷相隔甚远,给清单分析带来了很大的不便。因此,在考虑木结构建筑生命周期的清单分析时,应从长远方面全方位的考虑。

2.3 木结构建筑生命周期评价的影响评价

清单分析是清查木结构生命周期中每个过程单元的输入流与输出流,最初的输入流即是木结构整个生命周期所需的资源与能源,最终的输出流即是排放到环境中的各种物质,但清单分析只是列出了这些简单的环境交换数据,并没有评价各个过程单元潜在环境负荷的严重程度,因此,需要对各个环境交换数据的重要程度以及各过程单元或产品系统组成的环境负荷严重程度进行评价,这即是生命周期影响评价(Life Cycle Impact Assessment, LCIA)^[9]。生命周期影响评价是整个生命周期评价过程中最紧要的一部分,也是实施起来最艰难的一部分,SETAC和ISO都主张将生命周期影响评价分为3个步骤实施:分类、特征化和量化评估。

分类(classification)是将清单分析中输入对象与输出对象分配到生命周期影响评价各个不同环境负荷类型当中;分类之后需要特征化(characterization),即将所有环境负荷类型中的不同的清单结果归总成一个统一的物质因素。对于木结构建筑来说,居民在木结构的使用阶段可能会向环境中排放CO₂、CH₄和SO₂等气体,其中CO₂和CH₄可以被分类到全球变暖中去,SO₂可以被分类到空气酸化中去;而比较

CO₂和CH₄对全球变暖影响的严重程度时,可以将CO₂当作全球变暖的特征物质,将CH₄特征化为CO₂。根据一些学者的研究,1 kg CH₄对全球变暖的影响程度等同于4 kg CO₂对全球变暖的影响程度,因此,1 kg CO₂和1 kg CH₄对全球变暖的影响值可以等同为5 kg CO₂对环境的影响值。对环境进行分类和特征化的具体过程如图4所示。

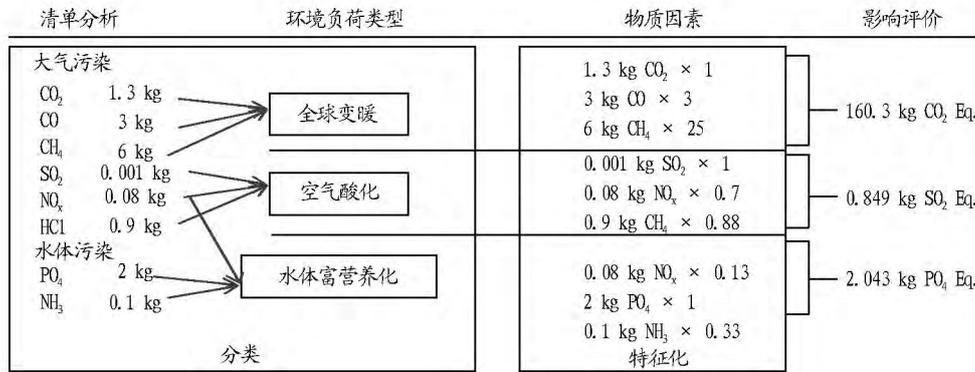


图4 对环境进行分类和特征化的具体过程

一般而言,分类和特征化是生命周期评价中的必做部分,量化评估(valuation)是可做部分,比较常用有两类量化评估的方法,分别是标准化法(normalization)和加权评估法(weighting)。

虽然特征化将同一影响类型的清单结果进行了汇总,但仅通过特征化还不能较好地理解该类环境影响的大小,而标准化可以更加直观地评估一类环境负荷的相对严重程度。在标准化中,特定类型的环境负荷值被设定成“标准”负荷值,通过将该类型的环境负荷值与该类型的“标准”环境负荷值进行对比,就可以确定产品系统生命周期中对该类型的环境负荷所产生的相对贡献。例如,将某地区1栋普通的木结构建筑在其使用阶段的1年内单位面积造成的全球变暖影响值设定为标准值,将该地区内其他木建筑在其使用阶段1年内单位面积所造成的全球变暖影响值与标准值经过对比,就可以知道该建筑在其使用阶段对全球变暖潜力环境影响的严重程度。

经过标准化法后,同种类型的环境负荷大小容易判断出来,而不同类型的环境负荷之间的比较仍无法进行,加权评估即是评估不同影响类型的环境负荷相对严重程度。加权评估是一种价值评判的措施,影响评价实施的人员不同、目标不同,采用的权重因子、加权手段也不尽相同,当下较为流行的加权评估措施有货币化法、目的距离法和专家评分法等方法。下面详细介绍基于货币化法的木结构环境影响的加权评估。货币化法的基础理论在于不同环境影响类型间的严重程度可以用货币来反映,即用货币来衡量各环境影响类型的严重程度。在木结构建筑的使用阶段中需要使用大量的水资源,会造成水资源耗竭,对其采用货币化法,即根据居民针对解决水资源耗竭影响所产生的支付意愿来反映水资源耗竭的环境影响。根据《北京市发展和改革委员会关于北

京市居民用水实行阶梯水价的通知》^[10],若木结构建筑在应用阶段单月自来水消耗量小于180 m³,则其单价是5元/m³。即表明用货币法表示的北京市水资源耗竭影响值为5元/m³,类似的可以用货币化法表示出其他种类的环境影响值,这样不同类型之间的环境负荷值就可以比较了。

SETAC和ISO只是指出了生命周期影响评价的一般步骤,关于具体怎么实施生命周期影响评价,世界上并无统一的方法,一般比较常用的方法有减少、评估化学和其他环境影响工具法(TRACI)、环境研究中心法(CML)等。然而这些方法并不是专门针对我国的木结构建筑所设计的。以CML法为例,CML法是由荷兰莱顿大学环境研究中心推出的一种生命周期影响评价措施,它包含的环境负荷类别有全球变暖影响、臭氧层消耗影响、酸化影响、富营养化影响、光化学臭氧生成影响、人类毒性影响、地区生态毒性影响、淡水和海水生态毒性、资源消耗等。我国木结构建筑节能发展起步较晚^[11],其全生命周期范围内耗能较重,因此我国木结构建筑的环境影响类别中应包括化石资源消耗影响1项,同理,水资源耗竭影响、固体废弃物影响和室内空气污染影响等也属于木结构建筑的环境影响类别。CML法基本考虑了所有的环境影响类别,但是,CML法只是一个全球范围内的普遍意义上的环境影响评价方法,并没有着重考虑建筑物尤其是我国境内木结构建筑的特殊性,因此,有必要结合国际上主流环境影响评价体系推出我国木结构生命周期影响评价体系。

2.4 木结构建筑生命周期评价的结果解释 结果解释就是依靠研究的目标和范围,分析清单分析和影响评价的结果,得出生命周期评价的结论,阐明此次生命周期评价不足之处,最后给出意见并阐释生命周期评价结果解释的结论^[2]。GB/T 24043-2002^[12]指出,生命周期解释阶段包含3部分:

(下转第12970页)

如何将庭院景观引入高层建筑,这就必须要有“灰空间”,所谓的“灰空间”也称“泛空间”,即过渡空间,其作用是为了达到建筑内部与建筑外部空间能够相互融合。而这些“灰空间”则需要设计师的设计,因此,必须努力培养设计师的创新能力,把庭院空间引入这些空间,设计出可以给整栋楼增添色彩,给当地环境、文化带来意外之喜的设计。

4.3 运用现代的新观念、新技术、新材料 任何一个先进的设计都是与当今社会时代的发展接轨的。时代在进步,在高层建筑中引入庭院景观,是一种创新,但是传统的庭院景观模式并不适用于高层建筑之中,传统庭院景观占地大、景观更加繁琐,材质更加厚重,所以要运用当今的新技术、新材料,将传统的庭院进行转换、解构和重组,使其既继承传统庭院景观的“魂”,又符合当今社会的使用习惯。

5 结语

现代社会,人类面临着生态恶化,土地退化和人口激增等严重问题,高层建筑已经成为现在的主流建筑群体,而将绿色植物引入到高层建筑之中必定也是未来的发展趋势。作为发展已久的庭院,被纳入到高层建筑之中,不仅可以给

快节奏生活的人们以视觉上的审美和精神上的享受,它所起到的生态效益也越来越被重视,因此研究如何解决在垂直延伸的高密度楼房中更最大限度地引入自然空间,无论是对于现在还是将来,都是一项很有意义的工作。

参考文献

- [1] 尚建丽. 传统夯土民居生态建筑材料体系的优化研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2005.
- [2] 董雪. 生态建筑学在高层建筑设计中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版) 2012(9): 2095-2104.
- [3] 西安院子——中国现代版的传统庭院[EB/OL]. http://blog.sina.com.cn/s/blog_5d2432a0100rupx.html.
- [4] 张慧, 王丽洁, 赵秀萍. 中国传统良居庭院空间的生态文化内涵及在现代城市住宅中的重建[C]//城市文化国际研讨会暨第二届城市规划国际论坛, 2007.
- [5] 王娇. 新中式庭院设计研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2013.
- [6] 赵肖. 中国传统庭院文化在现代室内设计中的应用[D]. 大连: 大连工业大学, 2008.
- [7] 建筑哲人王澍[J]. 商周刊 2013(4): 68-71.
- [8] 李兆智, 高颖. 现代建筑设计中传统文化的传承[C]. 第三届全国环境艺术设计大展暨论坛, 2008.
- [9] 倪静. 建筑生态种植表皮设计研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2010.
- [10] 许华明. 建筑、环境与人的和谐——论现代图书馆建筑空间环境的营造[J]. 科技情报开发与经济 2006(17): 73-74.

(上接第 12967 页)

识别、评估与报告,识别即是分析出清单分析与影响评价中的问题,评估即是检查此次生命周期评价的完整程度、敏感程度与一致程度,报告就是得出结论、提出建议。

3 展望

基于生命周期评价方法,我国木结构建筑的环境影响可以分 4 个步骤进行评价:确定评价目标和范围、清单分析、影响评价和结果解释。在执行以上 4 个步骤时,还有很多小问题需要明确,例如采用适用于我国国情及木结构建筑的环境影响类型、确定适合木结构建筑的标准化与加权评估方法等,现行的生命周期评价方法没有完全考虑到我国国情及木结构建筑的特殊性,以致于其并不完全适用于评价我国木结构建筑。进一步研究木结构建筑的生命周期评价体系应从以下几方面开展工作。

3.1 木结构与生命周期评价教育与培训的加强 目前国内多数人对木结构认识有限,甚至认为木结构用于建筑是浪费,国内很多人没听过生命周期评价,也没意识到环保的重要性,国家应该加强环保意识的普及与生命周期评价知识的传播,使更多地人了解木结构,接受木结构建筑,更多地参与到木结构环境评价体系与环境影响数据库的建设与完善中去。

3.2 木结构建筑行业国家政策的支撑与有关标准的完善 相对于其他建筑材料,木结构建筑的环保优势较为明显,国家应在科研与政策上支持木结构建筑的发展,行业发展了,相应的生命周期评价方法也会得到完善;同时,国家应该建立并完善木结构建筑的配套标准,规范木结构建筑的生命周期评价体系。

3.3 木结构建筑环境负荷数据资料的收集 全面评价木结构的生命周期需要综合考虑全国各地不同类型木结构从“摇

篮”到“坟墓”的各个阶段,需要大量的高可信度、高水平的数据支撑,需要建立并完善专业级的数据库;同时,由于数据资料的时限性,需要定期对木结构环境影响数据库进行更新。

3.4 适合我国国情的木结构建筑环境负荷评价模型的建设、完善和推广 评价我国木结构建筑的环境影响是一个复杂的问题,它包括木结构生命周期内各个阶段对环境损害机理的研究与评价模型的建立,近年来国内已有清华大学、四川大学等科研院校和机构建立了面向建筑物的生命周期评价模型与体系,但针对木结构建筑的评价模型与体系尚不是很完善;同时,由于各种问题以及评价模型本身的限制,这些模型未能在全国推广使用,使得进行木结构建筑的生命周期评价时依然困难重重。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中华人民共和国 2013 年国民经济和社会发展统计公报[R]. 北京: 中华人民共和国国家统计局, 2014.
- [2] 邓南圣, 王小兵. 生命周期评价[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 29-37.
- [3] 吴星. 建筑工程环境影响评价体系和应用研究[D]. 北京: 清华大学, 2005.
- [4] 龚志起. 建筑材料生命周期中物化环境状况的定量评价研究[D]. 北京: 清华大学, 2004.
- [5] 李太胜. 浅谈绿色建筑经济的发展前景[J]. 华章 2014(14): 71-73.
- [6] 尚春静, 储成龙, 张智慧. 不同结构建筑生命周期的碳排放比较[J]. 建筑科学 2011(12): 66-70, 95.
- [7] 中国标准研究中心. GB/T 24041-2000 环境管理 生命周期评价 目的与范围的确定和清单分析[S]. 2000.
- [8] 燕鹏飞, 杨军. 木结构产品物化环境影响的定量评价[J]. 清华大学学报: 自然科学版 2008, 48(9): 1395-1398.
- [9] 国际标准化组织. ISO 14042-2000 环境管理 生命周期评价 生命周期影响评价[S]. 2000.
- [10] 北京市发展和改革委员会. 北京市发展和改革委员会关于北京市居民用水实行阶梯水价的通知[Z]. 北京: 北京市发展和改革委员会, 2014.
- [11] 王晓欢, 费本华, 赵荣军. 木结构建筑节能发展与研究现状[J]. 建筑节能 2008(3): 24-28.
- [12] 中国标准研究中心. GB/T 24043-2002 环境管理 生命周期评价 生命周期解释[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.