

生命周期评价在木材产品生产中的应用研究综述

沈建, 林文树*, 吴金卓

(东北林业大学 工程技术学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 由于经济全球化的迅猛发展, 人们对于木材产品的需求量激增, 随之带动了木材产品的大量生产, 然而伴随而来的却是全球生态环境的不断恶化, 这也使得国际上对于生命周期评价产生了更加浓厚的兴趣, 并对它的发展进程进行更加深入的研究, 从而使它能够更好的应用于木材产品的生产过程。本文简要的介绍 LCA 的定义、意义以及 LCA 发展, 并对国内外 LCA 应用于木材产品生产的研究成果进行归纳总结, 旨在揭示 LCA 的实用性和经济性, 促进我国经济和环境的健康发展, 并为我国深入开展木材产品 LCA 的研究提供一定的参考。

关键词: 生命周期评价; 木材产品; 应用; 环境

中图分类号: S 784

文献标识码: A

文章编号: 1001-005X (2014) 05-0061-05

Literature Review on the Life Cycle Assessment in Wood Products

Shen Jian, Lin Wenshu*, Wu Jinzhuo

(College of Engineering and Technology, Northeast Forestry University, Harbin 150040)

Abstract: The demand on wood products increased dramatically due to the rapid development of economic globalization, which led to the mass production of wood products. However, it is accompanied by the worsening global ecological environment, which makes the international community show more keen interest in the development process and in-depth research on life cycle assessment, so that it can be better used in the production of wood products. This paper briefly introduces the definition, the significance, and the development of LCA, and summarizes the research results on the production of wood products at home and abroad, which is intended to reveal the practicality and economy of LCA, to promote the healthy development of economics and environment in China, and to provide references for the LCA study on timber products.

Keywords: life cycle assessment; wood products; application; environment

全球经济的迅猛发展已经造成了人类生活环境的极度恶化, 从更深的层次来说, 现在所取得的在经济上的重大成就是以牺牲环境为代价的。如今, 全球性生态环境的不断恶化, 它不仅制约着目前经济的发展状况, 而且在很长一段时间内将威胁着人们的生活乃至生存。特别是近几十年来, 工业的迅速发展导致了一系列的严重后果, 如资源耗竭、臭氧层破坏、能源危机、全球变暖等一系列环境问题, 使得全球的环境问题日渐突出。在面对当今人口、资源、环境与经济发展带来的一系列尖锐矛盾, 我们需要重新认识环境问题与人类活动方式以

及消费模式之间的关系, 从而通过制度创新, 技术进步以及管理变革来协调人与自然之间的关系, 促进人类社会的可持续发展^[1]。

针对全球性生态危机以及我国所面临的生态环境问题, 胡锦涛同志在党的“十八大”报告明确提出“面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势, 必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念, 把生态文明建设放在突出地位, 融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程, 努力建设美丽中国, 实现中华民族永续发展”^[2]。当人类社会由农业文明、工业文明迈向生态文明时, 工业发展由不顾环境的传统模式、末端治理模式正向清洁生产模式转变。环境保护现已深入人心, 绿色的浪潮席卷全球。可持续发展战略已经成为世界各国寻求发展的共同道路。正是在这种历史背景下, 作为人类生产活动的一种新的思想原则和工具—生命周期评估 (Life Cycle Assessment, 以下简称 LCA) 得以形成和

收稿日期: 2013-11-01

基金项目: 黑龙江省博士后资助项目 (LBH-Z12005)

第一作者简介: 沈建, 硕士。研究方向: 森林作业与环境。

* 通讯作者: 林文树, 博士, 副教授。研究方向: 森林作业与环境, 计算机建模与仿真。E-mail: linwenshu@126.com

引文格式: 沈建, 林文树, 吴金卓. 生命周期评价在木材产品生产中的应用研究综述 [J]. 森林工程, 2014, 30 (5): 61-65.

发展,并且成为当今材料或产品环境性能分析广泛应用的重要方法^[3]。因此,本文将对国内外 LCA 应用于木材产品生产的研究成果进行归纳总结,并指出我国目前存在的不足,以期能够进一步拓展和完善生命周期评价在我国木材产品生产发展领域中的运用。

1 生命周期评价

1.1 生命周期评价的概念

生命周期评价(LCA)在历经多年的研究发展后,已经逐步变得完善和系统,在学术上关于 LCA 的定义也有多种说法,当然在这其中以国际环境毒理学和化学学会(SETAC)以及国际标准化组织(ISO)的定义最具权威性,尽管这两者分别是不同的方面对 LCA 进行概述^[4]。

生命周期评价(LCA)是一种用于评估产品在其整个生命周期中,即从原材料的获取、产品的生产直至产品使用后的处置,对环境影响的技术和方法^[5]。简言之,LCA 就是对某一个物体从其产生到消亡以及消亡后所产生的效应进行全过程的综合评价。

1.2 生命周期评价的意义

根据 LCA 的定义,可以看出 LCA 特别注重产品在其生产过程中的各种能耗以及生产过程中造成的对环境的影响,使得人们在生产产品的过程中更加追求高效率、低能耗、低排放、低污染等方面技术的改进,同时也大大的推进了清洁生产的步伐。从长远的利益来说,将 LCA 运用于我国的工业化大生产中能够大大提高生产的效率,减轻对环境危害的影响,有助于企业的发展以及我国社会主义经济健康发展的进程。

2 生命周期评价发展

近年来,生命周期评价成为国内外可持续发展和环境保护领域新的研究热点之一。生命周期评价(LCA)始于 20 世纪 70 年代左右,源于美国开展的针对包装品的分析和评价。1969 年美国中西研究所(Midwest Research Institute)开展的针对可口可乐公司饮料包装瓶的评价研究,是公认的生命周期评价研究开始的标志。1984 年,“瑞士联邦材料测试与研究实验室”为瑞士环境部开展了一项有关包装材料的研究,该研究首次采用了健康标准评估系统,引起了国际学术界的广泛关注,并被许多研究

采用。1992 年,国际标准化组织(ISO)开始筹划包括生命周期评估标准在内的 ISO14000 环境管理体系标准的制定。1993 年国际标准化组织开始起草 ISO14000 国际标准,正式将生命周期评价纳入该标准体系^[5]。

随后国际环境毒理学与化学学会以及国际标准化组织分别对 LCA 的定义及技术框架做出规定,进一步推动了 LCA 在国际范围内的发展。1996 年,国际上正式出版了第一本有关生命周期评价研究的专业刊物《国际生命周期评价学报》(The International Journal of Life cycle Assessment),表明生命周期评价研究在国际上已占有很重要的位置。1997 年,ISO 发布了第一个生命周期评价国际标准 ISO14040《生命周期评价原则与框架》,此后又相继发布了该系列的其他几项标准和技术报告。生命周期评价法分析必须包括目标与范围的确定、清单分析、影响评价和改善评价等 4 个相关的步骤^[6]。

3 生命周期评价在我国木材产品生产中的应用

3.1 LCA 应用进展

自 20 世纪 90 年代起,生命周期评价在我国已开展相关研究。1998 年,我国开始全面引进 ISO14040 系列标准,将其等同转化为国家标准,相应国家标准代号为 GB/T24040 系列。进入 21 世纪以来,随着我国环境投入和环保意识的提高,生命周期评价成为了国内可持续发展和环境保护领域新的研究亮点之一^[7]。

3.2 LCA 应用于木材生产的研究

孙启祥于 2001 年从生命周期的角度,分析了木材的环境友好性,并通过实验结果指出,木材从来源、加工、使用、回用到废弃和再生都具有良好的环境协调性,是一种环境材料或环境功能性材料,论证了木材产品是绿色产品^[8]。

3.3 LCA 应用于木质和非木质复合材料上的研究

2007 年薛拥军、向仕龙等以中密度纤维板作为研究对象,运用了生命周期评价方法并结合相关经济、技术,性能指标,分析了我国现阶段中在纤维生产和使用过程的资源利用、能源消耗、污染物的产生、废弃物的利用等因素对环境的影响,印证了生命周期评价法在中密度纤维板生产过程中的确能够降低对环境的影响。他们的研究以选取南方几家纤板企业为代表,以进口连续平压生产线和中纤

板为具体的研究对象, 并采用我国颁布的统一标准 GBTP14040 来鉴定。在清单分析中, 研究者从原材料消耗、能源消耗、环境排放清单等方面进行分析。环境排放清单中又从废水排放、废气排放、固体废弃物排放以及噪声污染方面进行具体说明, 建立了中纤维生命周期评价的理论框架, 为我国在中纤维上的持久发展奠定了基础^[9-10]。

2008年燕鹏飞将收集得到的胶合木、定向刨花板和规格材3种木材产品的实际数据, 通过LCA在国际上规定的评价技术框架基础上, 并采用欧美工业产品的环境设计方法, 建立了建筑材料生命周期环境影响评价模型。并利用此模型来具体分析3种木材产品在生产过程中对环境造成的影响负荷, 并得出此3种木材产品对环境造成的影响负荷依次降低^[11]。

3.4 LCA 应用于竹木地板上的研究

2007年王爱华将LCA方法引入林业产业, 并将国际上先进的SimaPro6.0环境影响评价软件运用在竹地板产品和实木地板产品的生命周期评价中, 依据列举的清单和最终的评价结果找出最大环境负荷因子。在具体的研究中, 他们选择了生产技术水平较高和规模较大的厂竹地板产品作为对象, 根据研究得出在整个生命周期评价中环境负荷中影响从大到小依次为的是生产阶段、板坯生产、地板成品生产和使用阶段, 资源损害是生产阶段中的最大损害项, 在实木地板的生命周期评价研究中, 实木地板的生产阶段环境损害最大, 其次为废弃阶段和使用阶段, 再者能源消耗是最大环境影响类型, 资源损害是最大损害类型, 研究还显示竹地板和实木地板对环境的影响依次降低^[12]。

2011年余翔也应用了SimaPro6.0 LCA评价软件, 并将生命周期评价(LCA)应用在竹集成材地板与竹重竹材地板的比较研究上。同时根据我国现有的实际情况对竹地板整个生命周期中的各个环节进行分析总结, 得出其对环境负荷的影响值, 为加快我国LCA应用于竹地板上的可持续发展奠定基础^[13]。

3.5 LCA 应用于农作物秸秆人造板上的研究

2009年李晓平和周定国等对农作物秸秆人造板全生命周期运用生命周期评价法进行环境特性的定性评价, 并通过与木质人造板的环境特性比较分析, 旨在解析和了解农作物秸秆人造板的环境特性, 他们通过农作物秸秆人造板的整个生命周期中

的主要五个阶段即生产线建设、生产加工、销售(包括包装与运输)、使用和废弃后处理方面进行考虑, 而且每一个阶段里面又包含了各自不同的加工工艺程序, 通过上面的五个全生命周期过程和列举的清单分析得出农作物秸秆人造板比木质材料生产人造板有可能产生的积极因素的结论, 而且在保护森林资源和土地资源等方面都有很大的优势, 并最终提出在农作物秸秆人造板方面应该使人造板生产的机械更加标准化, 相应的提高企业各方面的管理水平以及对环境的环保意识等措施来改善木材产品的LCA评价^[14]。

目前, 我国在生命周期评价指标的选取上和国外许多发达国家一致大多采用了USEPA定义的8种环境影响指标: 全球气候变化、平流层臭氧消耗、酸化、光化学烟雾、富营养化、人体毒性、生态毒性以及资源消耗。当然对于具体的林产品评价, 需要针对该产品实际生产过程选取合适的评价指标。

从上述LCA在国内林产品研究中的应用可以发现, LCA已经被越来越广泛的应用到了我国林产品加工生产过程的评价中。但是, 国内在LCA应用方面仍然存在一些不足, 诸如理论和方法上的不足、研究结果代表性不明确、数据质量不高等问题都有待在日后的研究发展中进一步的完善。

4 生命周期评价在国外木材产品生产中的应用

4.1 欧美国家木材产品LCA的应用研究

在国外, 生命周期评价已经得到广泛应用, 国际上对纸类产品、金属、塑料等其他产品的生命周期研究已经有了一定的成果, 并有相关的论文发表, 如国际上著名的生命周期评价研究: 布质和易处理婴儿尿布的比较, 塑料杯和纸杯的比较, 以及汉堡包聚苯乙烯和纸包装盒的比较等。但将生命周期评价法用于木材产品方面的研究还较少。

1992年, Forintek研究机构成立了木质产品生产LCA项目研究组, 之后的两三年欧共体成立的调查小组又提出了关注木材产品的制造过程, 在这个相同的时期又有欧美其他地区的研究所投身于木材产品的LCA研究。在1996年, Cote等人从森林加工、运营和废弃产品过程中所产生的碳渣, 着手探究林地的碳迹, 并在随后几年的研究中提出了把直接填埋和作为能源作为废弃物处理的处理方式, 并通过这两种差异性的废弃物处理方式整理得出了

木材产品是具有环境友好型的可长久发展产业。1998年,来自欧盟研究所的 Jamie 将 LCA 应用到了木制面板和铁质面板的生产过程中,通过两种不同材质面板加工生产各个方面对环境不同影响参数的对比,得出铁质面板相比也木质面板对环境的负荷影响更大^[15-16]。

2000年,几个美国的木材生产企业、研究机构与组织、政府部门开始利用生命周期评价来研究可再生的建筑材料,并逐渐形成了一个共同体(Consortium for Research on Renewable Industrial Materials, CORRIM)。该机构主要是建立在生产和使用可再生材料时的能源消耗和环境影响。Bergman 和 Puettmann 等人利用生命周期清单分析法分析美国硬木、软木的板材以及实木地板生产对环境造成的影响进行了研究^[17-22]。他们研究了在这些林产品的生产过程中的空气、水、固体废弃物的污染,物质流、能源和资源的消耗问题。研究得出在能源消耗中,软木锯材的耗能大约是硬木和实木地板的一半。每生产 1 m³ 的软木锯材,消耗 355 兆焦耳(MJ)电和 2 730 MJ 热能,而在硬木锯材生产中,则消耗 608 MJ 电和 5 800 MJ 热能。与化石燃料相比,利用木质生物作为主能源可有效地减少对环境带来的污染。2005年, Wilson 和 Dancer 利用生命周期清单方法分别研究了单板层积材和胶合板生产过程中对环境的影响^[23-24]。为了比较美国阔叶木与其他材料在保护环境方面的作用,2010年,美国阔叶木外销委员会(AHEC)启动了阔叶木 LCA 的研究^[25]。该研究成果为美国硬木板材和单板提供了“环保产品申报”指标,并给美国硬木材料提供了一个第三方认证的“生态标签”证明,也便于设计师识别哪种材料更符合绿色建筑定额体系的标准。

4.2 日本在木材产品 LCA 方面的应用研究

日本将 LCA 应用于木材产品方面研究的步伐紧紧稍晚于欧美国家,相比于我国在这方面的起步要早很多,当时日本主要将木质材料、木材资源利用、木材生产及其运输作为调研发展的对象,为今后他们在木材产品 LCA 方面的研究提供了充足的动力来源。

1997年,日本成立了 LCA 协会,并在随后的工作中首先将 LCA 运用到了有关木质桥梁的研究中^[26]。同年,服部顺昭将 LCA 运用到了木质家具的研究中。2005年,长谷川子,稻木清贵等人对木结构房屋的 LCA 应用进行了研究,发现所用本

地的木材所建造的木结构房屋各项阶段中对环境负荷量影响程度大小依次为建造阶段、采伐阶段、再造林和原木市场^[27]。2006年,日本的数家人造板厂成立了日本纤维板工会,并将 LCA 运用到了软质纤维板、中密度纤维板等制品的生产过程中,并通过实践数据分别得出了它们对环境的影响^[28]。2008年,古吴宽隆,由田茂一等人对爱媛和高知地区的森林中有关原木生产过程及其带来环境负荷量之间的关系进行了深入的研究,并最终得出在原木的生产过程中所产生的二氧化碳与整地机械和地理条件密切相关,而与树木的培育和数量几乎没有关联^[29]。2009年,大城贤等人对日本本国同国外进口的原木、锯材等木材产品在生产运输中所产生的环境负荷量进行的比较,通过数据证实在运输木材产品中所造成的对环境的危害量是生产木材产品时产生量的一大半^[30]。

5 结束语

通过对生命周期评价在木材产品中的应用研究综述,可以清晰的认识到欧美等国家不仅从理论上已经建立起了相对完备的框架,而且已经将 LCA 运用到了绝大多数的木材产品的生产过程中。当然,我国在这方面的研究也正在逐步发展壮大中,已经在木材产品生产的多个领域有所涉及。但是,应正确的认识到我国在将 LCA 应用于木材产品方面的研究还存在着诸多的不足,为了促使 LCA 能够更深入、更广泛的应用于我国木材工业,笔者建议可以从以下几个方面进行改进:

(1) 建立完备的本地 LCA 数据库。本地数据库的标准化将在很大程度上决定木材产品 LCA 评价结论的准确性,由于地区气候等因素的巨大差异,以及生产结构模式的不同,我国本土的木材产品在 LCA 评价中依据国外的 LCA 基础数据库并不能精确的得出最终的结论,这样导致的后果就是无法从木材产品生产的整个过程中得出它的各种能耗及其生产后对环境负荷的影响,所以,必须加快建设适用于我国本土的 LCA 数据库,这样将会给我国在木材产品生产中运用 LCA 带来积极的效应。

(2) 丰富 LCA 在木材产品领域的应用。目前,我国在木质和非木质复合材料、胶合木、定向刨花板和规格材、农作物秸秆人造板、家具这一系列方面有所涉及甚至小有成果。但是,却有广而不精,需要在这每一种类型中多做应用,并通过大量的实

践得出的数据成果形成适合于我国木材生产工艺 LCA 的评价模型。这样做不仅可以使研究成果更具代表性而且也能够大大的提高我国在 LCA 木材产品应用上的精确性。

(3) 开发自主 LCA 评价软件。依据上面的前两点, 在建立完备的本地 LCA 数据库和丰富 LCA 在木材产品领域应用的基础之上, 需要研制开发适合于我们自己发展运动的 LCA 评价软件, 如果还是一味的依赖国外的评价软件, 将不利于我国 LCA 应用在木材产品上产上的长期发展。

只有通过各方面的改进, 才能够在最大程度上体现出 LCA 在木材生产中给环境影响带来的巨大优越性, 并且最大的减小环境负荷, 也可以更好的促进我国经济和环境的发展, 为 LCA 在我国取得长远的发展做好铺垫。

【参 考 文 献】

- [1] 曹华林. 产品生命周期评价_LCA_的理论及方法研究[J]. 西南民族大学学报(人文社科版) 2004 25(2): 281-284.
- [2] 胡锦涛. 坚定不移沿着中国特色社会主义道路前进, 为全面建成小康社会而奋斗—中国共产党第十八次全国代表大会报告 [EB/OL]. 2012-11-8. <http://wenku.baidu.com/view/829c4507a6c30c2259019e8d.html>.
- [3] 孙启祥. 木材工业生命周期评价研究现状[J]. 安徽农业大学学报 2001 28(2): 170-175.
- [4] 宋丹娜 柴立元 何德文. 生命周期评价模型综述[J]. 工业安全于环保 2006 32(12): 38-40.
- [5] Hunkeler D ,Rebitzer G. The future of life cycle assessment[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment 2005 10(5): 305-308.
- [6] 霍李江. 生命周期评价(LCA) 综述[J]. 中国包装 2003(1): 42-46.
- [7] 乔琦 刘景阳 孙启宏. 生命周期评价在我国的应用[J]. 产业与环境 2003(S1): 90-93.
- [8] 孙启祥. 从生命周期角度评估木材的环境友好性[J]. 安徽农业大学学报 2001 28(2): 70-175.
- [9] 薛拥军 向仕龙 刘文金. 纤维板产品的生命周期评价模式的构建[J]. 中国人造板 2006 13(11): 29-32.
- [10] 薛拥军 向仕龙 刘文金. 中密度纤维板产品的生命周期评价[J]. 林业科技 2006 31(6): 47-49.
- [11] 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): 15-17.
- [12] 王爱华. 竹/木质产品生命周期评价及其应用研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院 2007.
- [13] 余翔. 竹集成材地板和竹重组材地板生命周期(LCA) 比较研究[D]. 福州: 福建农林大学 2011.
- [14] 李晓平 周定国 于艳春 等. 利用生命周期评价法评价农作物秸秆人造板的环境特性[J]. 浙江林学院学报 2010 27(2): 210-216.
- [15] Cote W A ,Young R J ,Risse K B ,et al. A carbon balance method for paper and wood products[J]. Environmental Pollution 2002 , 116(sup 1): 1-6.
- [16] Meil J K. A Life cycle analysis of solid wood and steel cladding [R]. The ATHENA Sustainable Materials Institute ,Ottawa ,Canada ,1998.
- [17] Bergman R D ,Bowe S A. Life-cycle inventory of manufacturing hardwood lumber in Southeastern US [J]. Wood and Fiber Science 2012 44(1): 71-84.
- [18] Puettmann M E ,Bergman R ,Hubbard S ,et al. Cradle-to-gate life-cycle inventory of US wood products production: CORRIM Phase I and Phase II products[J]. Wood Fiber Sci. 2010 42: 15-28.
- [19] Bergman R B ,Bowe S A. Environmental impact of manufacturing softwood lumber in northeastern and north central United States [J]. Wood and Fiber Science 2010 42: 67-78.
- [20] Bergman R B ,Bowe S A. Environmental impact of producing hardwood lumber using life-cycle inventory [J]. Wood Fiber Sci. , 2008 40(3): 448-458.
- [21] Milota M R ,West C D ,Hartley I D. Gate-to-gate life cycle inventory of softwood lumber production [J]. Wood Fiber Sci. 2005 37: 47-57.
- [22] Puettmann M E ,Wagner F G ,Johnson L. Life cycle inventory of softwood lumber from the inland northwest US [J]. Wood Fiber Sci. 2010 42: 52-66.
- [23] Wilson J B ,Dancer E R. Gate to gate life cycle inventory of laminated veneer lumber production [J]. Wood and Fiber Science , 2005 37: 114-127.
- [24] Wilson J B ,Dancer E R. Gate-to-gate life-cycle inventory of softwood plywood production [J]. Wood and Fiber Science 2005 37: 58-73.
- [25] 许美琪. 美国硬木的生命周期评估及其意义[J]. 家具 2012 , (3): 102-106.
- [26] 服部顺昭. 700 周年纪念特刊“迎接 21 世纪的木材工业思考”专题 II: 近 10 年间的变化及当时的情况之 18-LCA [J]. 木材工业 [日] 2005(7): 361-363.
- [27] 长谷川子 稻木清贵 井上文 等. 使用东京产木材的木结构住宅的生命周期清单分析 [C]. 第 1 届日本 LCA 学会研究发表会讲演要旨集 东京 2005.
- [28] 寺岛敏 加藤庆子 服部顺昭 等. 刨花板的生命周期清单分析 [C]. 第 2 届日本 LCA 学会研究发表会讲演要旨集 东京 , 2007.
- [29] 古侯宽隆 由田茂一 加藤幸浩 等. 落叶松人工林圆木生产的生命周期清单分析 [C]. 第 3 届日本 LCA 学会研究发表会讲演要旨集 京都 2008.
- [30] 大城贤 伊香贺俊治 本藤佑树 等. 伴随进口木材的生产和运输的环境负荷物质排放量的推算 [C]. 第 4 届日本 LCA 学会研究发表会讲演要旨集 九州 2009.

【责任编辑: 李洋】