

常用缓冲包装材料的生命周期评价研究现状

梁韵秋 蔡静蕊

(北京林业大学 材料科学与技术学院, 北京 100083)

【摘要】生命周期评价(LCA)是目前最具有说服力的量化评价环境影响的方法,可对整个过程中可能发生资源消耗和环境污染排放的环节进行量化分析,从而确定该产品是否对环境产生负担,并能直观地了解到这种负担的多少。LCA作为一种评价产品、工艺过程或活动的有用的环境管理工具,目前已被政府和企业广泛采用。本文总结了瓦楞纸、发泡聚苯乙烯、聚乙烯的生命周期评价研究现状,并给出建议。

【关键词】生命周期 瓦楞纸板 发泡聚苯乙烯 聚乙烯

1 前言

生命周期评价(life cycle assessment, LCA)是近几年来环境科学与材料科学结合而形成的一个交叉点^[1],它作为一种重要的环境管理工具已逐渐发展成为国际公认的环境管理标准。包装产品多属于一次性消费品,由于其寿命周期短,废物产生量大。大量的包装废物已造成日益严重的环境污染^[2]。目前由包装废物所造成的环境污染仅次于水质污染、海洋湖泊污染和空气污染,已处于第4位^[3]。在包装领域,产品包装除了传统的保护功能和经济性外,社会对包装的环境友好性越来越关注,包括对社会环境的影响、包装废弃物的处置,特别是对人类健康的影响,发展绿色包装已成为包装行业的共识。当今大部分商品的包装材料和包装方式,不仅造成资源的极大浪费,而且严重污染环境^[4]。在整体包装解决方案设计过程中,要考虑包装总成本最低原则、包装材料无毒和减量化原则、包装可重复利用和可回收再生原则,以实现从包装材料选择到包装废弃整个过程经济成本和环境影响值最低^[5]。关于包装产品的LCA,需要首先定义其系统边界和功能单位,再对包装产品的生产过程加以清晰描述,然后进行数据收集与分析。以此为基础,影响评价包括分类、特征化、量化和评估,最后做出结果讨论和解释^[6-7]。

1.1 生命周期的概念

生命周期评价是一种评价产品、工艺过程或活动从原材料的采集、加工到生产、运输、销售、使用、回收、养护、循环利用和最终处理整个生命周期系统有关的环境负荷的过程^[8]。国际环境毒理学与化学学会(SETAC)对LCA的定义是:通过对能源、原材料的消耗及“三废”排放的鉴定及量化来评估一个产品、过程或活动对环境带来负担的客观方法。国际标准化组织(ISO)对LCA的定义是:汇总和评估一个产品(或服务)体系在其整个生命周期期间的所有投入及产出对环境造成潜在影响的方法。生命周期评价是一种用于评价产品或服务相关的环境因素及其整个生命周期环境影响的工具。注重于研究产品系统在生态健康、人类健康和资源消耗领域内的环境影响,不涉及经济和社会方面的影响^[9]。

1.2 生命周期评价的起源和发展

生命周期评价最早出现在20世纪60年代末70年代初的美国。作为生命周期评价开始的标志是1969年美国中西部研究所对可口可乐公司的饮料包装瓶进行的评价研究。该研究从原材料

采掘到废弃物最终处置,进行了全过程的跟踪与定量研究,揭开了生命周期评价的序幕。当时把这一分析方法称为资源与环境状况分析(Resource and Environmental Profile Analysis, REPA)。从1970年-1974年,整个REPA研究的焦点是包装品废弃物问题。70年代中期由于能源危机,REPA有关能源分析的工作倍受关注。进入80年代后,公众的环境意识进一步提高,产品的环境性能成为市场竞争的重要因素。生命周期评价作为扩展和强化环境管理、评价产品性能、开发绿色产品的有效工具,得到了学术界、企业界和政府的一致认同,其应用领域也从饮料容器、食品包装盒、毛巾、洗涤剂等包装材料和日用品扩展到电冰箱、洗衣机等家用电器以及建材、铝材、塑料等原材料。目前LCA的方法论尚处在研究发展阶段,SETAC和ISO正积极促进LCA方法论的标准化研究。1993年6月,ISO正式成立了“环境管理标准技术委员会”,并在ISO14000系列中为LCA预留了10个标准号,即ISO14040-ISO14049。ISO14040(原则与框架)、ISO14041(清单分析)、ISO14042(影响分析)和ISO14043(结果解析)4项标准分别于1997年、1998年、2000年予以发布,从而有效地指导各国LCA工作的展开,为确定环境标志和产品环境标准提供统一的标准。而我国对以上4项标准予以同等转化,最终形成以下4项国家标准:GB/T 24040-1999《环境管理生命周期评价原则与框架》、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》、GB/T 24042-2002《环境管理生命周期评价生命周期影响评价》、GB/T 24043-2002《环境管理生命周期评价生命周期解释》^[10]。

2 生命周期研究现状

2.1 国内生命周期研究现状

国内关于LCA的研究从20世纪90年代开始,即有文献介绍了LCA的应用、局限性以及未来的发展展望^[11]。迄今为止,在LCA的4个实施阶段中,影响评价被认为是技术含金量最高、难度最大、同时也是发展最不完善的一个技术环节。影响评价的方法学、理论框架,以及各种影响类别的评价模型也还处在不同的形成阶段。目前尚不存在统一的标准在清单数据和具体的潜在环境影响之间建立一致、准确的联系^[12]。影响评价一般包括如下步骤:分类化(Classification)、特征

基金项目:北京林业大学国家级大学生创新训练项目(201210022037)

作者简介:梁韵秋(1990-),女,天津,北京林业大学本科生,主攻产品运输包装设计。

通信作者:蔡静蕊(1977-),女,北京林业大学讲师,主要研究运输过程产品性能包装设计。

化 (Characterization)、标准化 (Normalization)、加权 (Weighting)。我国学者运用的影响评价方法以EDIP、Eco indicator、CML等为主。

2.2 国外生命周期研究现状

在1970年-1992年之间,超过40%的LCA案例都是以包装材料为研究对象。它们定量研究了产品、生产过程和服务相关的所有原料需要量、能量的消耗、放射性物质、废弃物等对环境的影响^[13]。20世纪80年代后期,SETAC开始把LCA作为研究主题,在年会上定期讨论关于LCA的研究。进入20世纪90年代,关于LCA文章相继发表。国外文献在进行LCA分析的同时,还进行经济评价,显示出LCA与经济分析结合的发展趋势。而且可持续LCA研究较受瞩目,这和传统的LCA研究不同,评价内容包括环境、经济、社会3个方面。环境方面包括能源、地球变暖、人体毒性、光化学臭氧诱导、酸化、富营养化、非生物资源的枯竭、臭氧消耗、生态毒性;经济方面包括采掘费、制造费、废弃物处理费、电费、设备费、燃料费、原料费、收入;社会方面包括工人收入、女性就业率、非法用工比例、工人健康检查就诊比例、事故率、童工、工人福利、差距^[14]。

M. D. Bovea等人对瓷砖包装系统进行了生命周期评价^[15],其功能单位是一个两面皱纸板箱(含一张被胶合在板料之间的纸或卡片)的销售包装。系统边界定义为:原材料的采购、原料的运输、包装材料的生产、运输包装材料到瓷砖厂、包装过程、销售、包装废弃物处理和回收利用。研究过程中,采用SimaPro 5.13、BUWAL250、Idemat96和IVAM LCA Data 2.0,对资源消耗、温室效应、臭氧层的减少、光化学氧化作用、酸化和对人和动物的毒性等环境影响类型进行评价。结果显示,用于主体包装的皱纸板厚度应减小,以节省原料和减少运输能源消耗;用点状施胶代替当前的胶黏剂线,以减少胶黏剂使用量和节省能源;将原有PP皮带替换成PET皮带,以减少环境影响;用拉伸薄膜替换LDPE热收缩袋,以保证装载的牢固性。

2.3 常用缓冲材料生命周期评价研究现状

2.3.1 瓦楞纸板

瓦楞纸箱作为一种外包装容器,由于其本身固有的优点,在商品包装中占有越来越大的比重。特别是作为运输包装容器,其用量已占据首位^[16]。任宪姝等人^[17]通过生命周期评价(LCA)技术框架,采用生命周期影响评价末端计量方法(LIME),对瓦楞纸箱生产过程的物耗、能耗及向环境排放的计算与特征化分析,对瓦楞纸箱生产工艺进行了环境影响评价。结果表明,其所导致的环境影响主要是化石能源消耗、全球变暖、酸化和富营养化。进一步对瓦楞纸箱生产过程中制板、印刷和成箱3工序的环境影响量化指标值作对比分析,指出了各工序导致环境影响的主要原因。同时在瓦楞纸箱设计、生产工艺、废气和污水处理以及噪声治理等方面,为改善瓦楞纸箱生产工艺的环境性能提出了改进建议。李媛媛等人^[18]研究瓦楞纸箱连续化生产工艺包括联动工序、制箱工序和捆扎工序3道工序。基于工艺IPO过程模型和Leopold相互作用矩阵,以544mm×528mm×1562mm、45kg、201L电冰箱瓦楞包装箱为例,对连续化生产工艺中的3道工序分别进行了资源环境性能清单分析,最后对整个连续化生产工艺流程的环境影响进行了综合评价。

结果表明:联动工序对环境造成的影响最大,是减少该工艺对环境的影响的主要工序。刘继永选取我国主要商品类型包装物瓦楞纸箱为研究对象,结合研究依托的国家科技支撑计划课题调研

数据结果,根据研究建立的包装物全生命周期影响评价模型,使用开发的典型包装物LCA系统,对瓦楞纸箱进行全生命周期环境影响评价,得到了该产品全生命周期和主要阶段流程的各环境影响值,分析出了各流程的主要影响类及其原因。针对这些分析结果,对瓦楞纸箱在设计、生产加工、使用、废弃处理等方面提出改进^[19]。

2.3.2 发泡聚苯乙烯(EPS)

随着石油化工及塑料工业的迅速发展,塑料制品已大量用于工农业及日常生活。由于聚苯乙烯发泡后质量轻(25kg/m^3)、低吸水性、耐酸碱、耐候性好、绝热保温保冷性好(只为金属的1/500~1/600)、隔音性好、防震性及装饰性、成型性优良,所以它在仪器仪表、家用电器、工艺品、易损建材、食品等包装方面有着广泛的用途。但因其不易老化,即使200年也不会降解^[20],故对土地、水质及景观的影响极大,形成白色污染。如用简易焚烧法处理,则又会污染空气。因此发泡聚苯乙烯的回收再利用及资源化引起了全社会的关注。林峰春等^[21]采用生命周期评价方法对发泡聚苯乙烯餐盒和光/生物降解餐盒进行了研究,结果表明:两种餐盒的环境影响主要产生于生产阶段,主要影响为资源损害,在废弃70%回收再生的情况下,发泡聚苯乙烯餐盒的环境协调性优于光/生物降解餐盒。废弃后不同处理情况的研究表明,发泡聚苯乙烯餐盒废弃后回收再生是环境协调性最高的处置方式,而光/生物降解餐盒废弃后焚烧的环境协调性优于填埋。王震等人^[22]利用某工厂数据、工业污染物产生和排放系数手册、中国能源统计年鉴研究废聚苯乙烯塑料共焦化过程的生命周期评价。

2.3.3 发泡聚乙烯(EPE)

李蔓等人^[23]以我国东北某大型石化企业为案例,运用生命周期评价方法对聚乙烯生产生命周期中的环境协调性进行了研究,并对其污染物产生的环境影响潜值进行量化估算。评价结果表明:生产1t聚乙烯能源消耗为 $32.3 \times 10^6\text{kJ}$,环境影响负荷为701.9标准人当量。其中,轻烃、石脑油裂解及裂解气分离工序是释放污染物的最主要工序,光化学烟雾是最大的环境潜在影响,有必要采取措施降低聚乙烯生产过程中的环境负荷。李蔓^[24]认为由于聚乙烯的产量不断增加,在生产中产生大量 CO_2 、 SO_2 等有害气体,对全球生态环境的危害越来越大。采用塑料工厂报告、塑料统计年鉴、政府文件、报告、期刊杂志及参考书等提供的数据,研究聚乙烯塑料和废弃聚乙烯塑料资源化技术生命周期评价。随着固体废弃物处理的压力越来越大,塑料的LCA也为政府在制定塑料废物回收的相关政策提供了一定的理论依据^[25]。

3 生命周期评价研究展望

生命周期评价由于它的系统性和完整性,被公认为是一种较为有效的评价方法,世界各国也均在使用。经过短短的几十年,生命周期方法在实际中有了极大的应用,但仍然存在一些不足,如计算方法、信息标准化、软件开发、可重复性、费用较高、主观性较强等方面。作为一种环境管理工具,不但能为设计开发绿色的产品包装提供依据,同时还为政府环境部门制定环境政策提供信息。

3.1 LCA方法的标准化

目前LCA方法存在诸多的局限:如产品的加工技术和地理上的数据差别;多输出加工过程的环境干预分配、再循环过程环境负载和环境效益的分配很大程度上具有主观性;缺乏科学依据,所以大多数专家都意识到如何选用数据和处理数据等LCA

方法的标准化将有必要。假如有一种普遍使用的模型, LCA的比较将大大简化。

3.2 数据库的标准化和有效性

目前数据短缺是LCA面临的严重问题,数据的准确与否直接影响评价结果,所以建立最新的、较精确的、来源广泛的数据库是十分必要的,并且应对所有相关环境方面作明确的量化,对于平均数据应给出范围和标准偏差,未来数据库管理系统将成为生命周期评价标准化的标志。

3.3 环境清单转化为环境负载的约定模型

清单来自系统的物料、能量输入输出分析的结果,为了将清单转化成环境影响形式,须对清单加以评估,周期评价的评价结果是环境负载,所以当使用基于同一数据库的标准模型时,将清单转化成对环境的实际效应是必要的。

清洁生产、绿色产品、生态标志的提出和发展将会进一步推动LCA的发展,目前,各国政策重点从末端治理转向控制污染源,进行总量控制,这在一定程度上反映了现有法规制度无法单独承担对环境和公共卫生造成的危机,从另一侧面也反映了LCA将成为未来制定环境问题长期政策的基础。从某一角度看,生命周期评价反映了现有环境管理已转向各类污染源最小化——排放最小化——负面影响最小化的管理模式,这对实现可持续发展战略具有深远的意义。

结语

通过对国内外文献的阅读,了解了生命周期评价的定义、起源和研究现状,了解了常用缓冲材料瓦楞纸、发泡聚苯乙烯、发泡聚乙烯的研究现状以及生命周期未来的发展展望。在查阅资料的过程中,数据来源较少,各工厂生产实际也存在着一定的差异,数据获取难度较大,建议各工厂建立完善的监控体系,积极收集并提供数据,为我国环保监控和绿色包装材料的开发奠定基础,为我国环保事业做出贡献。

参考文献

- [1]山本良一.环境材料[M].北京:化学工业出版社,1996:3-28.
- [2]苏建宁,李鹤岐,李奋强.基于知识的绿色包装评价体系[J].包装工程,2003,24(1):44-46.
- [3]中国包装技术协会,国家统计局工业交通统计司.中国包装工业统计[M].北京:年鉴出版社,2003.
- [4]黄莉华.产品包装环境影响的简化生命周期评价初探.
- [5]戴佩华,戴宏.基于供应链管理的商品整体包装解决方案设计[J].包装工程,2009,30(9):82-84.
- [6]张蕴晖.邻苯二甲酸二乙基己酯对环境和生物体的危害[J].国外医学卫生学分册,2002,29(2):73-77.
- [7]2002/72/ EC.Relating to Plastic Materials and Articles

Intended to Come into Contact with Foodstuffs[J].Official Journal of the European Communities,2002,8:18-58.

[8]Consolidated Allen, I Boustead, et al Guidelines for life-cycle assessment: a code of practice[M].STEAC. Pensacola, FL, 1993.

[9]黄春林,张建强,沈淞涛.生命周期评价综述[J].环境技术,2004,1:29-32.

[10]陈亮,刘玫,黄进.GB/T 24040-2008《环境管理 生命周期评价原则与框架》国家标准解读[J].标准科学,2009,2:76-80.

[11]肖定全,廖军.材料生态循环评估体系(LCA)的应用与展望[J].材料导报,1995:9-11.

[12]高峰.生命周期评价研究及其在中国镁工业中的应用[D].北京:北京工业大学,2008.

[13]REBIZERA G, EKVALB T, FRISCHKNECHT R, et al, Life Cycle Assessment Part 1: Framework, Goal and Scope Definition, Inventory Analysis, and Applications[J]. Environment International, 2004, 30: 701-720.

[14]郑秀君,胡彬.我国生命周期评价(LCA)文献综述国外最新研究进展[J].科技进步与对策,2012:1-6.

[15]BOVEA M D, SERRANO J S, BRUSCAS G M. Application of Life Cycle Assessment to Improve the Environmental Performance of a Ceramic Tile Packaging System[J]. Packaging Technology and Science Packaging Technol Sci, 2006, 19: 83-95.

[16]骆光林,闫志强.纸、塑包装材料的绿色化分析[J].中国包装工业,2004,12:31-33.

[17]任宪姝,霍李江.瓦楞纸箱生产工艺生命周期评价案例研究[J].包装工程,2010,31(5):54-57.

[18]李媛媛,戴宏民,曾琳.瓦楞纸箱制造工艺资源环境性能评价[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2008,25(2):101-196.

[19]刘继永.典型包装物全生命周期环境评价系统研究与开发[D].北京:机械科学研究总院,2010.

[20]周仲凡,周炳炎.禁用发泡塑料餐具,防治白色污染.环境保护,1999,(5):28.

[21]林峰春,杨凯.两种一次性塑料餐盒的生命周期评价比较研究[J].华东师范大学学报:自然科学版,2004,12(4):122-129.

[22]王震,孙德智,高明.废聚苯乙烯塑料共焦化过程的生命周期评价[J].环境工程,2010,28(5):102-106.

[23]李蔓,王震,孙德智.聚乙烯生产生命周期评价的研究[J].环境科学与技术,2009,32(5):191-195.

[24]李蔓.聚乙烯塑料生产和废聚苯乙烯塑料资源化技术生命周期评价.哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.

[25]GOEDKOOPT, SPRIENSMAN R. The Ecoindicator 99: A damage oriented method for life cycle impact assessment[M]. The Netherlands: PR é Consultants, Amersfoort, 1999.

(上接第3页)

快被竞争对手所击败。

其实瓦楞纸箱也是完全可以融入很多文化符号的,比如说在包装的结构造型以及包装表面的文化介绍上进行一些独特的艺术构思。产品的包装很大程度上关乎着一类产品甚至是一个企业的生死兴衰,要想在竞争日益激烈的商品市场上扎稳脚跟就不能忽视产品的内外包装设计。

参考文献

- [1]朱和平.试论整合包装设计[J].装饰,2010年第4期.
- [2]朱和平.关于包装设计中设计展开的几个问题[J].美术观察,2001年第10期.
- [3]诸鸿.现代商品包装学[M].北京:中国人民大学出版社,1992年11月.
- [4]刘志一.中国远古包装科技简述[J].中国包装,1992年01月.