

DOI: 10.19362/j.cnki.cn10-1400/tb.2019.08.002

包装产品的全生命周期评价

王鑫婷, 方芳, 朱仁高, 张敬勇

(印刷环保技术重点实验室, 包装印刷新技术北京市重点实验室, 中国印刷科学技术研究院有限公司, 北京, 100036)

摘要: 我国包装行业市场规模呈现逐年增长趋势, 正在由包装大国向包装强国过渡, 与此同时, 包装行业污染物排放量逐年递增, 过度及不合理包装产生的环境和经济问题日益严峻, 并成为包装行业可持续发展的阻力。为了量化评价包装生产过程中的污染物排放, 本文详细介绍了包装生命周期评价工具——LCA。首先, 阐述了包装生命周期评价的定义和技术框架; 其次, 介绍了生命周期评价的研究现状、国内外最新研究进展及 LCA 在包装领域的发展趋势; 最后进行了总结。希望为国内包装企业提供借鉴, 以便更好地减轻包装生产过程中污染物的排放量。

关键词: 包装; 生命周期评价; 量化评估; 环境影响

中图分类号: TB48 **文献标识码:** A **文章编号:** 1400 (2019) 08 -0051-04

Life Cycle of Assessment of Packaging Products

WANG Xin-ting, FANG Fang, ZHU Ren-gao, ZHANG Jing-yong

(Key Laboratory of Environmental Protection Technology for Printing Industry, Beijing Key Laboratory of New Technology of Packaging & Printing, China Academy of Printing Technology, Beijing, 100036, China)

Abstract: Packaging market is increasing year after year. China is moving from a major packaging country to a power packaging country. During this period, pollutant emission of packaging industry increases progressively year by year. Excessive and unreasonable packaging has generated serious environmental and economic problems, which has hindered sustainable development of packaging industry. In order to quantitatively assess the pollutant emission of packaging process, the tool of packaging life cycle of assessment was thoroughly described. Firstly, The basic meaning and methodology of life cycle assessment were introduced. Secondly, present research situation, recent progress and research trend were illustrated. Finally, conclusion was described. References was provided so that pollutant emission of packaging industry was reduced.

Keywords: packaging; life cycle of assessment; quantitatively assessment; environmental impact

我国包装行业市场规模持续扩大, 截止到 2017 年市场规模达到 14003.16 亿元, 同比增长 2.47%, 成为仅次于美国的全球第二大包装大国。但是, 随着环保的重压, 全国多个省市地区对包装印刷行业实施停

产、限产。在《关于加快我国包装产业转型发展的指导意见》中, 两部委对节能减排提出了要求, 到 2020 年, 包装行业单位工业增加值能源消耗、二氧化碳排放强度、单位工业增加值用水量均要下降 20% 以上, 主要

作者简介: 王鑫婷 (1991—), 女, 山东人, 印刷工程专业, 硕士, 中国印刷科学技术研究院, 工艺工程师, 研究方向印刷包装技术, E-mail: 2289888095@qq.com。

污染物排放总量明显下降。因此,包装行业亟需一种环境工具对整个生产过程的能耗、污染物的排放等进行定量评估。

生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)是一种能够客观定量分析的环境管理工具,从设计源头到最终处理的包装生命周期过程中,评价不同阶段中的环境负荷与影响,进而改进工艺与产品设计,指导企业实现污染排放及环境影响最小,实现经济与环境的可持续发展^[1]。

1 生命周期评价的定义、技术框架

1.1 定义

国际环境毒理学与化学学会(SETAC)在1990年将生命周期评价定义为:“生命周期评价是一种对产品、过程以及活动的环境影响进行评价的客观过程,它是通过对能量和物质利用以及由此造成的环境排放进行辨识和量化来进行的。其目的在于评价能量和物质利用,以及废物排放对环境造成的影响,寻求改善环境影响的机会以及如何利用这种机会。这种评价贯穿于产品、过程和活动的整个生命周期,包括原材料提取与加工;产品制造、运输以及销售;产品的使用、再利用和维护;废物循环和最终废物弃置。”^[2] GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架将生命周期评价定义为“对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价”^[3]。这种评价可以用来做比较性分析,如包装工艺改进前后环境污染物排放程度的比较或数种包装产品中对环境造成影响的对比;也可以用来评估包装产品各个生产环节产生的污染物对环境造成的影响,进而调节生产工艺和材料等。

1.2 技术框架

在ISO14040中对产品生命周期评价的框架做了如图1所示的描述,从图中可以看出,生命周期评价框架主要包括目的与范围的确定、生命周期清单分析、生命周期影响评价和结果解释4个步骤^[3]。

1.2.1 目的与范围

目的与范围的确定是生命周期评价中的首要步骤,也是至关重要的一步。其是清单分析、影响评价和结果解释所依赖的出发点与立足点,决定了后续阶段的进行和LCA的评价结果,直接影响到整个评价工

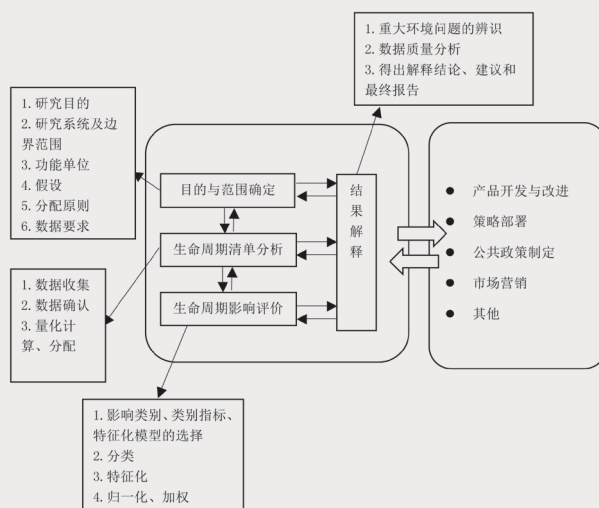


图1 ISO 生命周期评价技术框图

作程序和最终的研究结论。但是LCA是个迭代的过程,所以目的与范围可以在以后的研究中基于对结果的解释进行重新定义。目的的定义主要包括预期的应用意图和开展研究的原因、目标与受众;范围的定义包括功能、功能单元和基准流,初始系统边界,数据质量要求等。

1.2.2 生命周期清单分析

清单分析是对产品、工艺流程、活动等研究系统整个生命周期阶段的资源和能源使用以及向环境排放的废弃物进行定性、定量的分析过程。清单分析包括原材料的开采,中间产品的加工、运输,最终产品的废弃等。清单分析的关键是形成以产品功能单位表述的产品系统的资源、能源的输入以及废弃物的输出^[4]。如生产1kg折叠纸盒的资源、能源输入和对环境的排放。

1.2.3 生命周期影响评价

生命周期影响评价根据清单分析的结果对潜在环境影响的程度进行评价。这一过程是将清单数据和具体的环境影响相联系,将LCA得到的各种排放物对现实环境的影响进行定性定量的评价。国内外多采用的是SETAC方法,SETAC将影响评价方法分为分类、特征化和评价。ISO 14042 环境管理 - 生命周期评价 - 生命周期影响评价中,SETAC方法作为必选步骤,归一化、分组、加权和数据质量评价作为四个可选步骤,如图2所示^[3]。环境影响类别根据影响的目标不同可以划分为资源消耗、人体健康、生态健康,又可以细分为许多具体的环境损害种类,如全球变暖、酸化效应、

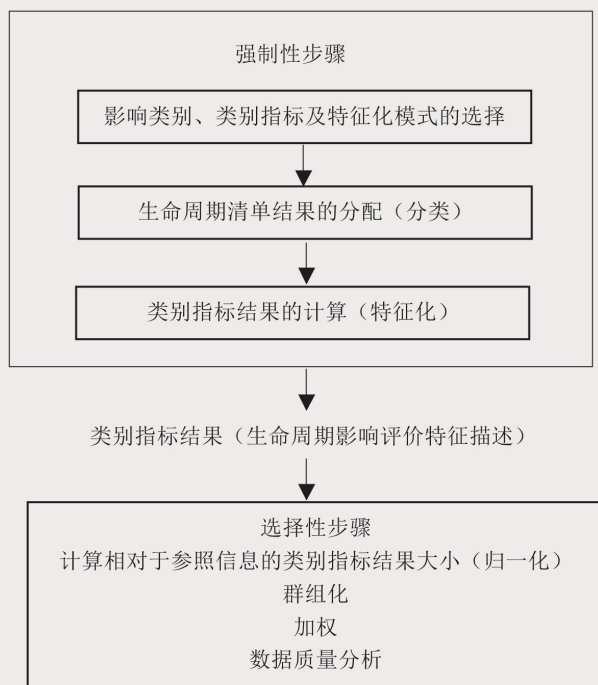


图 2 生命周期影响评价阶段的主要步骤

臭氧层破坏、沙漠化、富营养化等^[5-6]。

1.2.4 结果解释

对包装生产阶段所采用的生命周期评价方法进行解释，包括条件假设、方法说明、存在问题等，并在此基础上，根据清单分析过程中获得的有关产品的各类数据以及影响评价中所获得的信息就可以找出产品的薄弱环节，有目的、有重点地改进创新，为生产更好的绿色产品提供依据和改进措施。同时，相关专家也可根据这些信息制定关于该类产品的评价标准，为以后的评价工作提供一个可靠的基准。生命周期解释形成了分析、结论、建议和报告。

2 LCA 在包装领域的研究进展

2.1 发展现状

国外对于包装生命周期评价的研究很早就开始了，甚至于 LCA 应用于环境管理可追溯至 1969 年，美国中西部研究所对可口可乐公司的不同饮料容器的资源消耗和环境释放作特征性分析。20 世纪 70 年代中后期到 80 年代后期，LCA 研究的内容主要为包装产品和有害固体废气物的管理。进入 21 世纪，生命周期评价已被很多国家和组织采用来进行包装设计、生产、包装产品及管理的决策^[7]。

2.2 国内外最新研究进展

在欧洲，番茄产品对环境造成的影响是一个很大的热点，所以 Borghi 等人讨论了番茄产品（番茄汁、番茄酱和切碎的番茄）在包装生产和农业生产阶段对环境造成的最大影响类型。

瑞典一直在开展包装 LCA 的研究，2011 年，Andrae 和 Andersen 将纳米结构聚合物颗粒分别应用于球栅阵列（BGA）和芯片级封装（CSP），使用 LCA 进行分析、对比和评价；2014 年，Wikstrom 等人应用 LCA 对酸奶和大米的不同包装形式进行比较，开展包装的改变对食物浪费的影响，以减少因浪费造成的环境影响^[8]。

西班牙也开展了包装 LCA 研究。2008 年，Gasol 等人提出了四个西班牙 LCA 的案例研究，分别为低重复使用的卷轴，零重复使用的卷轴，高重复使用的托盘和低重复使用的托盘，这四个案例在一定程度上也代表了欧洲的木制包装行业。经研究表明，在原料提取、运输和生产阶段对环境造成的影响较大，在处理和维持阶段对环境造成的影响较小。

2016 年，Amienyo 和 Azapagic 使用 LCA 评估了在英国不同包装形式的啤酒在生产和废弃阶段对环境造成的影响，结果表明，钢罐啤酒对环境造成的影响最小，瓶装啤酒对环境造成的影响最大，铝罐啤酒几乎不对臭氧层消耗和光化学烟雾造成影响。

意大利是研究包装 LCA 最多的国家之一。2017 年，Gutierrez 等人详细阐述了包装芝士蛋糕的 LCA；2015 年，Manfredi 和 Vignali 应用 LCA 方法评估了使用 PET 瓶装的热灌装果汁和无菌包装果汁的可持续性和环境性能；2014 年，Siracusa 等人从环境的角度研究了多层薄膜的包装领域；同年，Accorsi 等人在经济和环境方面评估了可重复使用塑料容器的食品供应链；2017 年，Ingrao 等人使用 LCA 评估了包装新鲜食品的泡沫聚乳酸托盘的生产过程^[9]。

在瑞士，Humbert 等人应用 LCA 比较了雀巢婴儿食品两种替代包装：塑料罐和玻璃罐。经研究表明，与玻璃罐相比，塑料罐的冲击类别指数较低；2015 年，Rossi 等人研究了两种可生物降解包装材料（PLA 和 TPS）的不同 EoL 选项的生命周期。经研究表明，对于 EoL 选项，干燥包装的垃圾填埋和工业堆肥产生的环境影响最大；2017 年，Saibuatrong 等人还评估了垃圾袋的不同 EoL 路线，表明焚烧似乎是环境影响最

小的选择。

在中国,刘继永等人通过建立 LCA 模型分析了瓦楞纸箱从原材料生产、产品加工到使用后的废物处置整个全生命周期的物耗、能耗及向环境中的排放,得出瓦楞纸箱全生命周期和原料生产、产品加工、废物管理三个不同阶段的主要环境影响类型和对应指标值,以及造成各流程主要环境影响类型的原因,为改善瓦楞纸箱的环境性能,针对其设计、生产加工、使用、废物处理等方面提出了改进建议^[10];马海龙等人应用 LCA 模型对溶剂型油墨和 UV 油墨进行了对比分析,经量化分析,得到印刷油墨环境影响的主要阶段及环境影响类型。根据印刷油墨生命周期评价的分析研究,对新型油墨进行生态设计,提出了环保型可食性油墨^[11];据报道,深圳劲嘉集团股份有限公司与北京印刷学院合作研究“纸包装产品生命周期评价(LCA)”,经研究,明确了纸盒印制过程对环境影响的关键工序和关键物料;采集并补充了 LCA 评价数据,建立了纸盒胶印与后加工评价数据库;通过对各种原辅材料进行分析和研究,明确了企业供应链绿色管理方向。

2.3 包装 LCA 未来发展趋势

包装 LCA 的研究历史和发展推动的主要趋势之一在于食品包装。除了为保持产品完整性而对新包装进行环境评估外,设计包装以降低因食物浪费造成的食品包装环境影响是包装 LCA 的重要发展趋势之一。正如 Wikstrom 等人所研究的,一些包装与其被包装物相连在一起,使包装与食品一起废弃,最终导致食物的浪费。从整个系统的环境影响来说,有时这种损失可能高于消费后包装造成的影响。

此外,在产品开发过程中(对于产品和包装)使用 LCA,预防环境影响可能是寻求可持续性的一种手段。

生态设计技术与产品/包装的预先项目相结合可以降低潜在的环境影响。使用这类技术可以延长产品/包装的寿命。在环境可持续性方面,对可生物降解包装的进一步研究和开发在不久的将来也是一个很好的前景^[8,12]。

3 结论

随着环保意识和可持续发展观念的深入人心,对于像 LCA 这样具有整体性特征的环境管理工具的需求

将会越来越急迫。LCA 不仅可以进行产品和技术比较和改进,而且可以帮助行业制定相应的规范。虽然 LCA 在某些方面仍然存在一定的局限性,但是随着研究与实践的深入,LCA 方法将会不断的充实和发展。

参考文献:

- [1] 陈莎,刘尊文.生命周期评价与Ⅲ型环境标志认证[M].北京:中国标准出版社,2014:2-3.
- [2] 于随然,陶璟.产品全生命周期设计与评价[M].北京:科学出版社,2012:80-83.
- [3] GB/T 24040-2008,ISO 14040 环境管理-生命周期评价-原则与框架[S].
- [4] 樊庆铎,敖红光.生命周期评价[J].环境科学与管理,2007,32(6):177-180.
- [5] Yuan Z W, Zhu Y N, Shi J K, Liu X, Huang L. Life-cycle assessment of continuous pad-dyeing technology for cotton fabrics[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2013,18(3):1-4.
- [6] Diego Lima Medeiros, Felipe Luiz Braghirolli, Heloisa Ramlow, Gabriela Neves Ferri, Asher Kiperstok. Environmental improvement in the printing industry: the case study of self-adhesive labels[J]. Springer,2019:13198.
- [7] 姜雪.生命周期评价(LCA)在产品环境影响评价中的应用[D].华东师范大学,2014:3-4.
- [8] 郑秀君,胡彬.我国生命周期评价(LCA)文献综述及国外最新研究进展[J].科技进步与对策,2013,30(06):155-160.
- [9] Murillo Vetrone Barros, Rodrigo Salvador, Cassiano Moro Piekarski, Antonio Carlos de Francisco. Mapping of main research lines concerning life cycle studies on packaging systems in Brazil and in the world[J]. Springer, 2018,12(08).
- [10] 刘继永,杨前进,韩新民.瓦楞纸箱全生命周期环境影响评价研究[J].环境科学研究,2008(06):105-109.
- [11] 马海龙.印刷油墨的生命周期评价[D].大连工业大学,2011.
- [12] Laura Biganzoli, Lucia Rigamonti, Mario Grosso. LCA evaluation of packaging re-use: the steel drums case study[J]. Springer, 2019.