

doi: 10.3969/j.issn.1674-8425(z).2014.09.028

重庆市建筑垃圾管理的生命周期评价方法

曾晓岚¹, 陈健康¹, 元东杰¹, 黄春蕾², 陈鑫², Sulala Al-hamadani¹

(1. 重庆大学 城市与环境学院 重庆 400045;

2. 重庆建筑工程职业学院 工程管理系 重庆 400039)

摘 要: 针对城市建筑垃圾的产生和处理特点, 结合生命周期评价的原则与理论框架, 提出了重庆市建筑垃圾生命周期评价方法。列出对环境产生影响的生命周期清单, 并提出 LCA 方法存在的问题和展望, 为建立重庆建筑垃圾管理模式提供参考。

关键词: 建筑垃圾; 生命周期评价; 资源化; 环境影响

中图分类号: O21

文献标识码: A

文章编号: 1674-8425(2014)09-0134-05

Life Cycle Assessment Method of Construction Waste in Chongqing

ZENG Xiao-lan¹, CHEN Jian-kang¹, YUAN Dong-jie¹,
HUANG Chun-lei², CHEN Xin², Sulala Al-hamadani¹

(1. College of City and Environment, Chongqing University, Chongqing 400045, China;

2. Department of Project Management, Chongqing Jianzhu College, Chongqing 400039, China)

Abstract: With respect to the characteristics of construction waste's production and disposal, and combined with the principles and theoretical framework of life cycle assessment, this paper proposed life cycle assessment method of construction waste in Chongqing, listed life cycle list that affects environment, and put forward the existing problems and expectation of LCA method, so as to provide reference for the establishment of management model of construction waste in Chongqing.

Key words: construction waste; life cycle assessment; recycling; environment effect

随着我国城市化进程的加快和城市规模的扩大, 建筑垃圾的产生和排放也不断增加^[1-2]。目前, 我国建筑垃圾年产量近 3 亿吨, 约占城市垃圾总产量的 30%~40%^[3-4]。重庆市作为西部唯一的直辖市, 在“西部大开发”和“国家统筹城乡综合

配套改革试验区”的重大机遇支撑和推动下, 全市因旧城改造及新区开发等产生的建筑垃圾也迅猛增长。重庆市每年建筑垃圾产量从 2002 年的 700 万吨以上增加到 2010 年之后的 2 000 万吨左右^[5]。重庆市对建筑垃圾的主要处置方式为就地

收稿日期: 2014-05-22

基金项目: 重庆市建委重点项目(城科学 2011 第 2-66 号)

作者简介: 曾晓岚(1972—), 女, 博士, 副教授, 主要从事环境污染修复研究。

引用格式: 曾晓岚, 陈健康, 元东杰, 等. 重庆市建筑垃圾管理的生命周期评价方法[J]. 重庆理工大学学报: 自然科学版, 2014(9): 134-138.

Citation format: ZENG Xiao-lan, CHEN Jian-kang, YUAN Dong-jie, et al. Life Cycle Assessment Method of Construction Waste in Chongqing[J]. Journal of Chongqing University of Technology: Natural Science, 2014(9): 134-138.

回填、简易堆放和进入建筑垃圾填埋场。上述方式均需要大量土地,没有无害化控制或资源化利用措施,是一种粗放型的管理模式,不仅对自然资源极大浪费,也与国家提出的发展循环经济、建设资源节约型社会的目标相悖。故建筑垃圾处理向全过程减量化、资源化管理转型也势在必行。然而,发展任何一种管理模式也必须同当地实际情况以及产品的特征相结合。一方面,由于重庆市建筑垃圾处置主体是企业,在对建筑垃圾处理技术和途径上更多以企业利润为导向,较少考虑环境效益的最大化;另一方面,重庆市建筑垃圾处理已纳入了政府监管体系,可以采取行政管理手段予以疏导,促使环境友好技术得以利用。因此,如何准确和全面地评估建筑垃圾处理处置技术成为首要的问题。为此,本文基于生命周期评价理论,提出建筑垃圾全生命周期分析方法,为重庆建筑垃圾管理模式的建立提供参考。

1 生命周期评价概述

生命周期评价(life cycle assessment, LCA)是对一种产品或服务系统的整个生命周期物质、能源的输入、输出以及潜在的环境影响进行定量分析的过程^[6]。LCA突出强调对整个生命周期内能量和物质的使用、释放、辨识及定量评价对环境的影响,从而分析和寻求改善环境的途径^[7]。LCA方法在20世纪70年代诞生后,主要用于对包装品、化学和塑料制品,以及建筑材料和能源的生产分析。随着20世纪80年代中期出现的固体废弃物问题的出现,LCA方法逐渐变成一种资源分析工具。国际标准化组织(ISO)于1997年6月正式颁布了“ISO14040(环境管理-生命周期评价-原则与框架)”。LCA方法首先辨识和量化整个生命周期阶段中能量和物质的消耗及环境释放,然后评价这些消耗和释放对环境的影响,最后辨识和评价减少这些影响的机会。ISO标准的LCA方法

实施包括目的与范围的确定、清单分析、影响评价和结果解释4个部分^[8]。

2 建筑垃圾的生命周期

建筑垃圾的产生伴随着建筑物的整个生命周期,可分为4个阶段:物化阶段、施工阶段、使用阶段和拆除处理阶段。通过对各个阶段的物质、能量输入与输出及其污染物排放的环境影响进行生命周期评价,从而提出对建筑垃圾管理进行优化的对策。因此,对建筑垃圾管理研究的范围需包括从建筑垃圾产生开始,经过收集、运输直至最终处理的整个过程^[9-10],其系统边界如图1所示。

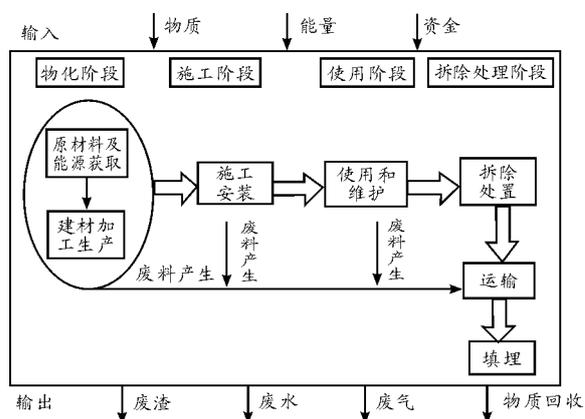


图1 建筑垃圾生命周期评价系统边界

3 建筑垃圾的清单分析

清单分析是利用系统分析的原理,对建筑垃圾从产生到最终处置整个过程中所有物质、能量的输入与输出以及排放的环境污染物(包括气、液、固体废弃物)逐一列出,并进行定量化分析的技术过程,为后续的影响评估奠定基础。建筑垃圾清单分析的具体内容如表1所示。这些数据可以从施工图纸或预、决算书中得到或通过估算、查阅相关资料获得。

表1 城市建筑垃圾管理清单分析表

		生命周期阶段						
		物化阶段		施工阶段	使用阶段	拆除处理阶段		
		原材料及能源	建材加工生产	施工安装	使用和维护	拆除处置	运输	填埋
物质	输入	生物及矿产资源	原材料及辅助材料	建筑材料	维护装修材料	—	—	建筑垃圾
	输出	原材料	建筑材料	建筑物	建筑物	建筑垃圾	—	—
能量	输入	燃料、电力	燃料、电力	燃料、电力	电力	燃料、电力	燃油	燃料、电力
	输出	—	—	—	热能、沟能、风能	—	—	—
污染排放	气体	废气	废气	粉尘	粉尘	粉尘	粉尘、尾气(CO ₂ 、SO ₂ 等)	粉尘、H ₂ S、挥发性有机酸
	液体	—	—	—	—	—	—	渗滤液(Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、重金属、COD、多环芳烃等)
其他	固体	材料废渣	材料废渣	施工垃圾	维护装修垃圾	拆除垃圾	—	各种建筑垃圾
	其他	—	—	噪声	噪声	噪声	噪声	噪声、声害病菌

4 建筑垃圾的生命周期影响评价

生命周期影响评价阶段是对清单分析阶段所识别的环境影响压力进行定量或定性的表征评价,确定建筑垃圾处理工程中的物质、能量交换对其外部环境的影响。这一评价过程中需要考虑的影响因素包括所排放的一系列污染物对生态系统、人体健康以及其他方面的影响。从概念上讲,生命周期影响评价有3个过程,即影响分类、特征化和权重^[11]。国际标准组织在ISO14042《生命周期影响评价》文件中认为,分类和特征化是必须要求的,而标准化或权重是根据研究目的可选择的内容^[12]。

1) 影响分类。影响分类是将从清单分析中得来的数据归到不同的环境影响类型。对于建筑而言,一般对环境的影响可涉及全球变暖、酸化、富营养化、人体健康、生态毒性、臭氧消耗、矿产资源和化石能源消耗和烟尘、粉尘等众多方面^[13]。因此,结合上述建筑特性分析,建议将建筑垃圾管理影响分类归结为3个大的方面,即资源消耗的影响、生态

系统的影响以及人类健康和生态毒性的影响,具体影响类目分别纳入相应的类别(表2)。

2) 特征化。特征化的目的是将每一个影响类目中的因子对环境影响的强度和程度量化。目前研究特征化的计算模型有很多种,主要有符合模型、当量模型、固有的化学特征模型、总体暴露-效应模型以及点源-效应模型等方法^[14]。对于建筑垃圾生命周期评价建议采用当量模型方法,直接得出建筑垃圾处理的特征化结果。

3) 权重。虽然特征化后可以得到数字化可供比较的单一指标,但各种影响类型潜在的环境影响不同,因此需要对不同影响类型的重要性进行排序,即赋予权重。然而目前权重的规定在很大程度上受各国政治因素影响,并没有统一的标准^[15]。较常采用的是“目标距离法”,即某种环境效应的严重性用该效应当前水平与目标水平的距离来表征^[16]。有的也采用“层次分析法”,即把复杂问题分解为各组成因素,通过两两比较确定层次中诸因素的相对重要性,然后综合人的判断确定决策诸因素相对重要性的总顺序。

表2 不同环境影响类型

影响类型	输入	输出	物质属性	影响类目	
资源消耗	原材料(砂、石等)、燃料	建筑材料	不可再生	不可再生资源使用	
	原材料(木材、水等)	建筑材料	可再生	可再生资源使用	
	燃料、电力	—	能量	能量使用	
生态系统	—	建筑垃圾填埋	固体废弃物	土地、空间占用	
	—	气体(CO ₂ 、N ₂ O、CH ₄ 、CCl ₄ 等)	温室气体	全球变暖	
	—	气体(SO ₂ 、CFC-11等)	臭氧层破坏物质	臭氧层破坏	
	—	气体(CH ₄ 、VOC、甲醛、NO _x 等)	导致光化学烟雾物质	光化学烟雾	
	—	气体(SO ₂ 、NO _x 、H ₂ S、HCl等)	通过反应得到的物质	酸化	
	—	水体(OH ⁻)	改变水质酸碱性	水质:pH	
	—	水体(COD、BOD、有机物)	需氧量	水质:COD	
	—	水体(SO ₄ ²⁻ 、总N、总P、Ca ²⁺)	溶解性物质	水体富营养化	
	人类健康 生态毒性	—	噪声	噪声污染	长期人类健康
		—	气体(粉尘)	大气污染	
—		有害细菌、气体(H ₂ S)	致病源	人类健康	
—		气体(H ₂ S)	恶臭物质	美学影响	
—		水体(重金属离子、多环芳烃物质)	毒性物质	生态毒性	

5 结果解释

通过对建筑垃圾管理的生命周期进行评价,发现建筑垃圾的产生是伴随着建筑物的整个生命过程的。但是随着整个生命过程的进行,对生态环境产生的影响是不相同的:在生命周期前段(物化阶段、施工阶段及使用阶段)主要是对资源和能量的消耗;而在后段(拆除处理阶段)主要是对环境的污染,能源消耗较少。因此,根据清单分析结果和影响评价得到的数据可以找出管理方案的薄弱环节以便于改进,实现对建筑垃圾管理的优化。一般对建筑垃圾的处理应着眼于“源头削减策略”,即在建筑垃圾形成之前的规划设计,通过确定更加合理的设计方案和施工工艺,选择更加低能耗、清洁的材料,有效控制建筑垃圾的产生。而对于已经形成了的建筑垃圾,则通过确定合理的回收方式,使之具有再生建筑资源的替代功效,提高建筑垃圾的资源化利用率。

6 存在的问题和展望

我国对固体废弃物生命周期评价的认识和研究还处于起步阶段,但发展迅速。自20世纪90年代后,国内有学者开始采用LCA方法对城市生活垃圾填埋、焚烧、堆肥和综合利用等管理模式进行评价^[10,17-19],但针对建筑垃圾管理方面较少^[15,20-21]。目前,在建筑垃圾管理中运用LCA仍存在一些技术障碍:①建筑垃圾的处置不是一个产品,具有复杂性、多变性和地域差异性等特点,情况远比工业品或服务评价复杂;②国内建筑垃圾各种基础数据缺乏,如生命周期排放清单的分析和收集工作几乎为空白;③生命周期评价需要数据种类多且处理量大^[22],国外已形成多种成熟的评价软件和数据库,而我国至今没有相关的评价软件系统;④建筑垃圾处理技术在我国发展有限,对技术关键环节的掌握和模拟不够深入;⑤建筑垃圾管理是一个系统工程,进行生命周期评价分析需要其它相关系统的数据,如电力、运输、建

筑等行业生命周期排放数据和经济指标,而这些行业的 LCA 分析也刚起步,数据库建设亟待完善。重庆市近年来建筑垃圾量增长较快,同时矿产资源和土地资源均有限,因此在建筑垃圾管理措施的选择上应采取源头减量和资源化的策略。而在建筑垃圾资源化技术管理上,可应用 LCA 方法与经济指标结合遴选最合适的资源化途径,或优化其中关键的技术环节,从而促进重庆市建筑垃圾管理的可持续发展。

参考文献:

- [1] 周文娟. 我国建筑垃圾资源化现状及对策[J]. 建筑技术, 2009(8):741-744.
- [2] 王长生, 马雅宏. 城市建筑垃圾合成节能生态墙材的研究及意义[J]. 资源与环境, 2009(1):86-88.
- [3] 吴可. 漫谈建筑垃圾的综合利用[J]. 山西煤炭管理干部学院学报, 2008(2):202-209.
- [4] 李颖, 许少华. 建筑垃圾现状研究[J]. 施工技术, 2004(36):480-483.
- [5] 贾顺. 重庆市建筑垃圾现状分析和综合利用研究[D]. 重庆:重庆大学, 2012.
- [6] Consoli F, Allen D, Bousted I, et al. Guidelines for life cycle assessment: a code of practice. SETAC. Pensacola, FL, 1993.
- [7] 罗宇. 生命周期评价(LCA)与固废资源化[J]. 山西建筑, 2010, 36(28):348-349.
- [8] 霍李江. 生命周期评价(LCA)综述[J]. 中国包装, 2003(1):42-46.
- [9] 徐成, 杨建新, 王如松. 广汉市生活垃圾生命周期评价[J]. 环境科学学报, 1999, 19(6):631-635.
- [10] 黄江丽, 王泽, 王伟. 用生命周期评价北京市城市垃圾处理工艺[J]. 能源环境保护, 2004, 18(4):60-62.
- [11] GE Jian, LU Jiang, HOKAO Kazunori. Life cycle assessment in the environmental impact evaluation of urban development—a case study of land readjustment project[J]. Hyogo District, Japan J. Journal of Zhejiang University SCIENCE, 2003, 4(6):702-708.
- [12] 邓南圣, 王小兵. 生命周期评价[M]. 北京:化学工业出版社, 2003.
- [13] 王梅, 周新平. 金霞城市污水处理厂生命周期评价研究[J]. 平顶山工学院学报, 2007, 16(3):33-37.
- [14] 陈力莅, 丁太威, 耿化民. 低碳建筑全生命周期碳排放影响因素分析[J]. 四川建筑, 2012, 32(5):79-80, 82.
- [15] 翟绪璐, 陈德珍. 建筑垃圾资源化技术的生命周期评估[J]. 中国资源综合利用, 2007, 25(5):22-25.
- [16] 杨建新, 王如松, 刘晶茹. 中国产品生命周期影响评价方法研究[J]. 环境科学学报, 2001, 21(2):234-237.
- [17] 陶华, 陶加林. 生命周期评价在中国城市垃圾减量化的应用[J]. 环境科学学报, 1998, 1(3):45-48.
- [18] 韦保仁, 王俊. 苏州城市生活垃圾处置方法的生命周期评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(2):93-97.
- [19] 胡志峰, 马晓茜. 广州市生活垃圾处理工艺的生命周期评价[J]. 可再生能源, 2012, 30(1):106-112.
- [20] 王波, 王燕飞, 崔玲. 生命周期评价 LCA 与生态建筑材料[J]. 中外建筑, 2003(6):107-109.
- [21] 宋阳, 刘浩, 赵奕. 民用建筑生命周期固体废弃物排放的资源环境压力[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(4):40-45.
- [22] 谢宝陵, 张立强. 动态 WSN 下生命周期最优化方法[J]. 四川兵工学报, 2013(8):90-92.

(责任编辑 刘 舸)