

陈莎,任丽娟,刘尊文,等. 2011. 新闻纸生命周期评价与Ⅲ型环境声明研究[J]. 环境科学学报, 31(6): 1331-1337

Chen S, Ren L J, Liu Z W, et al. 2011. Life cycle assessment and type III environmental declarations for newsprint in China [J]. Acta Scientiae Circumstantiae 31(6): 1331-1337

新闻纸生命周期评价与Ⅲ型环境声明研究

陈莎^{1*}, 任丽娟¹, 刘尊文², 周才华², 岳文淙², 张菁菁¹

1. 北京工业大学环境与能源工程学院, 北京 100124

2. 中环联合(北京)认证中心有限公司, 北京 100029

收稿日期: 2010-09-20

修回日期: 2010-12-01

录用日期: 2010-12-03

摘要: 根据生命周期的理论框架及Ⅲ型环境声明的要求, 对我国新闻纸产品系统的资源能源消耗及环境排放进行了定量分析和评估. 研究系统边界从制浆废纸原料的收集到新闻纸产品运输至用户, 主要单元过程包括制浆、抄纸、主要化学品生产、能源生产、运输等. 通过评价分析最终得到以 1000 kg 新闻纸为功能单位的生命周期清单结果, 同时定量评估了其在全球变暖、酸化、富营养化、光化学烟雾 4 种环境影响类别的影响潜值, 分别为 1679.94 kg(以 CO₂ 当量计)、12.33 kg(以 SO₂ 当量计)、13.30 kg(以 NO₃⁻ 当量计)、0.59 kg(以 C₂H₄ 当量计). 在此基础上, 制定了新闻纸Ⅲ型环境声明的产品种类规则(PCR)和环境产品声明(EPD)文件. 在我国首次建立了新闻纸Ⅲ型环境声明的实施框架, 为我国Ⅲ型环境声明的进一步实施与推广奠定了基础.

关键词: 新闻纸; 生命周期评价; Ⅲ型环境声明; 产品种类规则; 环境产品声明

文章编号: 0253-2468(2011)06-1331-07

中图分类号: X17

文献标识码: A

Life cycle assessment and type III environmental declarations for newsprint in China

CHEN Sha^{1*}, REN Lijuan¹, LIU Zunwen², ZHOU Caihua², YUE Wencong², ZHANG Jingjing¹

1. Environmental and Energy Engineering College, Beijing University of Technology, Beijing 100124

2. Environmental Certification Center of Ministry of Environment Protection, Beijing 100029

Received 20 September 2010;

received in revised form 1 December 2010;

accepted 3 December 2010

Abstract: According to the theory and framework of life cycle assessment (LCA) and the requirement of type III environmental declarations (type III ED), resource and energy consumption and the environmental emission of the newsprint produced in China were quantitatively evaluated. The system considered in this work includes the unit processes of pulp production, paper production, main chemical production, energy production, and transportation of the waste paper and newsprint. The inventory and the impact assessment results were obtained for a functional unit of 1000 kg newsprint. The four environmental impact categories were GWP 1679.94 kg(CO₂-eq), AP 12.33 kg(SO₂-eq), NP 13.30 kg(NO₃⁻-eq), POPC 0.59 kg(C₂H₄-eq). Based on the research findings, the product category rules (PCR) and the environmental product declaration (EPD) of the newsprint were constructed and for the first time the implementation framework of type III ED was established. This study will provide technical support in developing and popularizing type III ED in China.

Keywords: newsprint; life cycle assessment; type III environmental declaration; product category rules; environmental product declaration

1 引言 (Introduction)

自 1998 年起, 我国新闻纸行业开始飞速发展, 新闻纸产量以空前的速度增长. 据统计, 2000—2009 年生产量年均增长率为 14.23%, 最高增长率曾达到 31.5% (蒋鹏, 2008; 中国造纸协会, 2010). 新闻纸主要采用废纸脱墨浆 (DIP) 生产, 这对于合理使用二次纤维资源, 缓解造纸原料供应不足, 降低产

品成本及减轻制浆污染都有十分重要的意义. 但是, 造纸行业作为我国高能耗、高污染的行业之一, 其 COD 排放量约占到全国工业总排放量的 30% (林乔元, 2006). 生产过程中也需要消耗大量电力、蒸汽及水资源, 同时产生大量的环境排放. 因此, 开展清洁生产, 采用先进工艺实现节水、节能、低排放等也是新闻纸生产的必然选择.

生命周期评价 (Life Cycle Assessment, LCA) 是

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目 (No. 2008BAK42B02)

Supported by the Key Projects in the National Science & Technology Pillar Program during the “Eleventh Five-year” Plan Period (No. 2008BAK42B02)

作者简介: 陈莎 (1968—), 女, 副教授 (博士), E-mail: chensha@bjut.edu.cn; * 通讯作者 (责任作者)

Biography: CHEN Sha (1968—), female, associate professor (Ph. D.), E-mail: chensha@bjut.edu.cn; * Corresponding author

对一个产品系统生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价 (International Organization for Standardization, 2006a). III 型环境声明 (Type III Environmental Declarations, Type III ED) 是提供基于预设参数的量化环境数据的环境声明, 必要时包括附加环境信息 (International Organization for Standardization, 2006b). 两者作为有效的环境管理工具, 是推动循环经济和可持续发展的市场化手段之一. 生命周期评价近些年成为环境科学、环境管理研究与应用的热点, 得到社会的广泛关注 (Kim *et al.*, 2009; Núñez *et al.*, 2010; 刘夏璐等, 2010; 唐佳丽等, 2008). III 型环境声明在我国通常也称 III 型环境标志认证. 自 1994 年, 美国最早在国际标准化组织环境管理技术委员会/环境标志工作组会议上提出了 III 型环境声明计划的思想 (刘尊文等, 2009). 其最初目的是通过提供产品的生命周期清单向消费者提供更为详细的产品环境信息, 至今已在十多个国家开展, 如丹麦、瑞典、挪威、德国、日本、韩国等. 我国 III 型环境声明计划起步较晚, 于 2007 年加入“全球 III 型环境标志声明网络组织 (GED)”成为该组织正式成员, 目前我国 III 型环境声明的开展实施, 正处于起步阶段 (刘尊文, 2009).

基于此, 本文通过对新闻纸产品进行 LCA 分析, 对新闻纸生产过程中主要的环境排放进行识别, 以期为企业节能减排工艺技术的改进提供科学的依据. 同时, 基于评价分析结果, 首次在我国建立新闻纸 III 型环境声明实施框架, 为我国 III 型环境声明的实施提供良好的基础.

2 新闻纸 LCA 分析 (Life cycle assessment of newsprint)

本文基于 ISO14040 的技术框架 (International Organization for Standardization, 2006a), 选择我国北方一些典型企业生产的新闻纸产品进行生命周期评价分析, 包括目的与范围的确定、生命周期清单分析 (Life Cycle Inventory, LCI)、生命周期影响评价 (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)、结果解释四个步骤.

2.1 目的与范围确定

本研究主要目的在于定量计算新闻纸产品系统中直接和间接的物能消耗、环境排放及对环境产生的影响, 为企业清洁生产、节能减排提供指导, 并且基于分析结果为新闻纸产品的环境声明提供定量的依据.

结合以往国内外与纸产品 LCA 相关的研究案例 (Lopes *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2007), 同时满足可测量, 并与产品系统的输入输出数据直接相关的要求, 最终确定 1000 kg 新闻纸作为功能单位.

本文涉及的新闻纸生产工艺为 100% 废纸脱墨浆生产, 废纸为国内废纸和来自欧洲、美国的进口废纸. 根据实际调研中数据获取的情况, 确定本研究系统边界 (图 1) 开始于制浆废纸原料的收集运输, 终止于新闻纸产品出厂运送到用户 (如报社). 其单元过程包括废纸原料的运输过程、脱墨浆生产过程、抄纸过程、能源生产过程、主要化学品生产过程、废水处理过程及新闻纸产品的运输过程. 对于废纸原料的运输, 结合数据的获取程度及准确性,

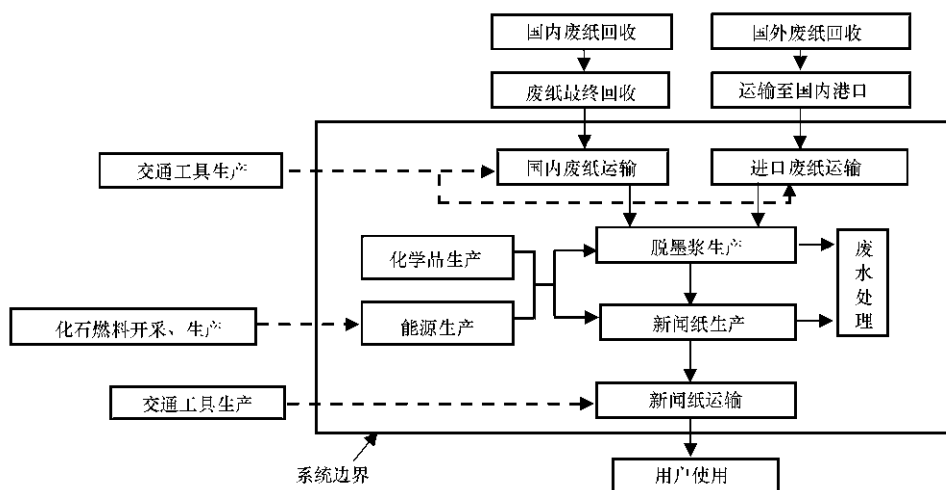


图 1 新闻纸系统边界图

Fig. 1 System boundary of newsprint

仅考虑废纸原料在国内的运输阶段(即国内废纸从废纸回收站运送至纸厂的过程)和进口废纸从国内港口运送至纸厂的过程。除此之外,其他上下游过程,如交通工具的生产、化石燃料的开采与生产等过程不在本研究范围内。

针对所确定的系统边界,制定几点取舍准则。

①辅助化学品生产过程中资源、能源消耗及环境排放仅考虑吨纸用量大于 1% 或其生产过程中所产生的环境影响超过新闻纸产品系统总影响 1% 的化学品;通过实际调研分析发现,主要化学品为制浆过程中的双氧水、硅酸钠、火碱及抄纸过程中的增白剂,其余化学品的生产不予考虑;②不考虑生产设备与建筑设施相关的生产、维护过程;③不考虑产品包装材料的生产过程;④不考虑企业生产用水的前处理过程。

2.2 生命周期清单分析

2.2.1 数据来源 生命周期中涉及大量数据,数据选取是否合适、准确,是影响 LCA 评价结果的基础和关键。本研究中所需要的数据采用以下 3 种途径获取。

企业调研:脱墨浆生产、新闻纸生产、废水处理 3 个过程单元数据(包括生产过程中物耗、能耗、及气体、水体、固体废弃物的环境排放数据),废纸原料及新闻纸的相关运输数据(包括运输方式、运输量、运输里程),采用各企业 2007 年平均统计数据或实际监测结果。

模型计算:新闻纸生产过程中所需的电力、蒸汽等能源生产过程中原煤等一次能源的消耗及气体、水体、固体废弃物的排放数据,则根据我国 2007 年能源统计年鉴资料、IPCC 温室气体排放指南

(Eggleston *et al.*, 2006) 及其他气体排放模型(Di *et al.*, 2007) 计算得到。

Ecoinvent 数据库数据:对于双氧水、硅酸钠、火碱、增白剂 4 种化学品在生产过程中能耗、物耗、相关环境排放,以及交通运输过程中的油耗及环境排放数据,目前我国缺乏相关的积累,因此,在本文中采用国际通用的 Ecoinvent 数据库(V 2.0)。

2.2.2 清单分析结果 利用 KCL-ECO 软件对所收集到的原始数据进行分析处理,得到以生产 1000 kg 新闻纸为功能单位的清单列表,包括能源资源消耗及气体、水体、固体废弃物的环境排放。

由于新闻纸生产需要大量电力、蒸汽,因此,能源消耗主要发生在电力、蒸汽生产中所引起的一次能源原煤消耗及交通运输过程中燃油消耗。通过对新闻纸各生产过程单元二次能源消耗数据及运输燃油消耗数据的收集,并利用计算得到的 2007 年我国能源生产的煤耗、油耗系数折算为一次能源消耗,累计得到生产 1000 kg 新闻纸共耗煤 862.65 kg,耗油 43 kg。根据能源平均低位发热量(中华人民共和国国家统计局, 2008),原煤为 $20908 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$,原油为 $41816 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$,得到功能单位总能耗为 19.83 GJ(图 2a)。由图 2a 可知,抄纸过程的能耗最高,其次为制浆过程,两过程的能耗约占到系统总能耗的 90%。废纸原料及新闻纸产品的运输为燃油消耗的主要过程,约占到燃油总消耗的 70%。化学品生产过程也涉及到少量原煤、燃油的消耗。废水处理过程的能耗最小。资源的消耗主要为水资源,主要为抄纸过程,其水耗占到系统中各过程单元总消耗量的 71.6%(图 2b)。

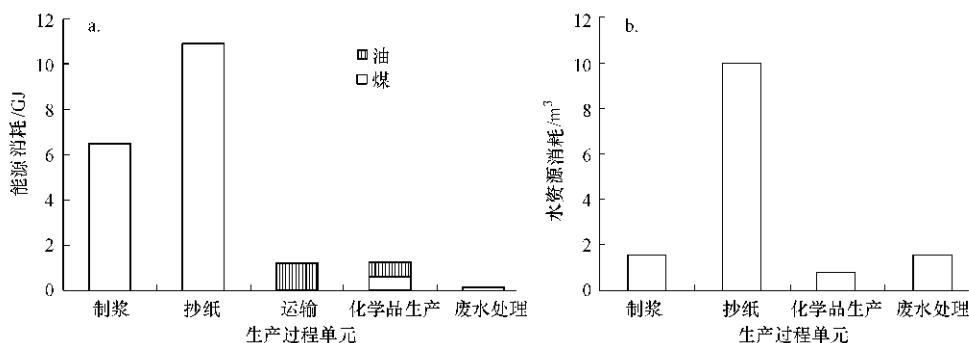


图 2 生产 1000 kg 新闻纸的能源(a)和水资源(b)消耗

Fig. 2 Energy (a) and water (b) consumption of 1000 kg newsprint

生产 1000 kg 新闻纸的环境排放清单如表 1 所示。气体排放中包括了 CO_2 、 NO_x 、 SO_2 、 CH_4 等共 7 种

气体污染物。制浆、抄纸过程为气体污染物排放的重要单元,主要源于燃料燃烧及生产过程中的排

放,其次为废纸原料及新闻纸产品运输过程所产生的排放,如 CO₂、可吸入颗粒物(PM₁₀)、非甲烷挥发性有机物(NM VOC)等。

水体排放中包括了 TN、TP、TSS 等 5 种污染物及水体 COD、BOD₅ 指标的监测。制浆过程为水体排放的重要来源,其 COD、BOD₅、TSS 排放量占到系统总排放量的近 70%;企业废水处理工艺包括物化、厌氧、好氧、三级深度处理 4 部分,为保证厌氧及好

氧段微生物的生长条件及处理效果,在实际处理过程中添加了 N、P 营养元素,因此成为出水中 TN、TP 的主要来源,占到总排放量的 80% 以上;同时化学产品生产的废水中也还有 N、P 等污染物;抄纸过程本身对水体排放影响较小。

固体废弃物的排放主要为制浆过程中产生的大量浆渣,以及废水处理过程产生的污泥。生产 1000 kg 新闻纸合计共产生 133.64 kg 固体废物。

表 1 生产 1000kg 新闻纸的环境排放
Table 1 Environmental emission of 1000 kg newsprint

CO ₂	NO _x	SO ₂	CH ₄	CO	PM ₁₀	NM VOC	TSP
1667.32	9.56	5.63	0.29	2.15	3.16×10^{-2}	0.65	1.36
COD	BOD ₅	TN	TP	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	TSS	固体废物
0.9	0.16	3.23×10^{-2}	7.85×10^{-3}	3.63×10^{-2}	3.95×10^{-3}	0.3	133.64

2.3 生命周期影响评价

根据 III 型环境声明原则和程序(International Organization for Standardization, 2006b),当 LCIA 结果可用于 III 型环境声明时,参数结果可包括气候变化、平流层臭氧层损耗、土壤和水源的酸化、富营养化、光化学烟雾、化石能源消耗等。根据新闻纸生命周期清单结果,其环境排放对环境所产生的潜在影响主要包括全球变暖、酸化、富营养化、光化学烟雾 4 类。因此,选择这 4 类作为影响评价的环境类别。各个环境类别的影响潜值计算程序如公式(1)所示。结合 IPCC、CML、EDIP、IMPACT 模型(Frischknecht *et al.*, 2007),确定各环境类别的指标参数及特征化因子如表 2 所示。对于化石能源消耗由于缺乏一致公认的特征化因子,因此,在影响评价中暂不考虑。

$$EP_i = \sum EP_{ij} = \sum Q_j \times CF_{ij} \quad (1)$$

式中,EP_i为产品系统对第 i 种潜在环境影响的贡献;EP_{ij}为第 j 种排放物质对第 i 种潜在环境影响的贡献;Q_j为第 j 种物质排放量(kg);CF_{ij}为第 j 种排放物质对第 i 种环境影响的特征化因子,具体如表 2 所示。

根据新闻纸产品系统对 4 个环境类别的环境影响潜值结果(图 3)可知,抄纸、制浆两个过程是环境影响的主要单元,其环境影响占到各个环境类别总影响的 85% 以上,主要由于生产过程中消耗大量电、蒸汽,间接承担了能源生产过程中燃料燃烧产生大量的环境排放而引起。对于化学生产过程,以及废纸、新闻纸产品的运输过程,对 4 类环境类别影

响占到 10% 左右。废水处理过程对环境的影响则相对较少。

表 2 环境类别指标及特征化因子
Table 2 Environmental category indicators and the characterization factors

环境影响	指标参数	特征化因子 /(kg•kg ⁻¹)	评价方法
全球变暖	CO ₂	1	IPCC 2006
	CH ₄	25	
	CO	1.57	
	NM VOC	3	EDIP 2003
酸化	SO ₂	1	IMPACT 2002
	NO _x	0.70	
富营养化	NO ₃ ⁻	1	EDIP 2003
	NO _x	1.35	
	TN	2.61	
	TP	28.20	
	PO ₄ ³⁻	9.20	
光化学烟雾	NO _x	2.80×10^{-2}	CML 2001
	PM ₁₀	0.10	
	CH ₄	6.00×10^{-3}	
	NM VOC	0.40	
	CO	2.70×10^{-2}	

注:全球变暖以 CO₂ 当量计,酸化以 SO₂ 当量计,富营养化以 NO₃⁻ 当量计,光化学烟雾以 C₂H₄ 当量计;IPCC 2006 是基于政府间气候变化委员会于 2006 年公布的各种温室气体对全球变暖的影响潜势;EDIP 2003 是指丹麦工业产品环境设计方法,是对 EDIP 97 方法的改进;IMPACT 2002 是由瑞士联邦技术研究所研发的化学毒性影响评价方法;CML 2001 是由莱顿大学环境研究中心于 2001 年发表,采用中间点分析面向问题的影响评价方法。

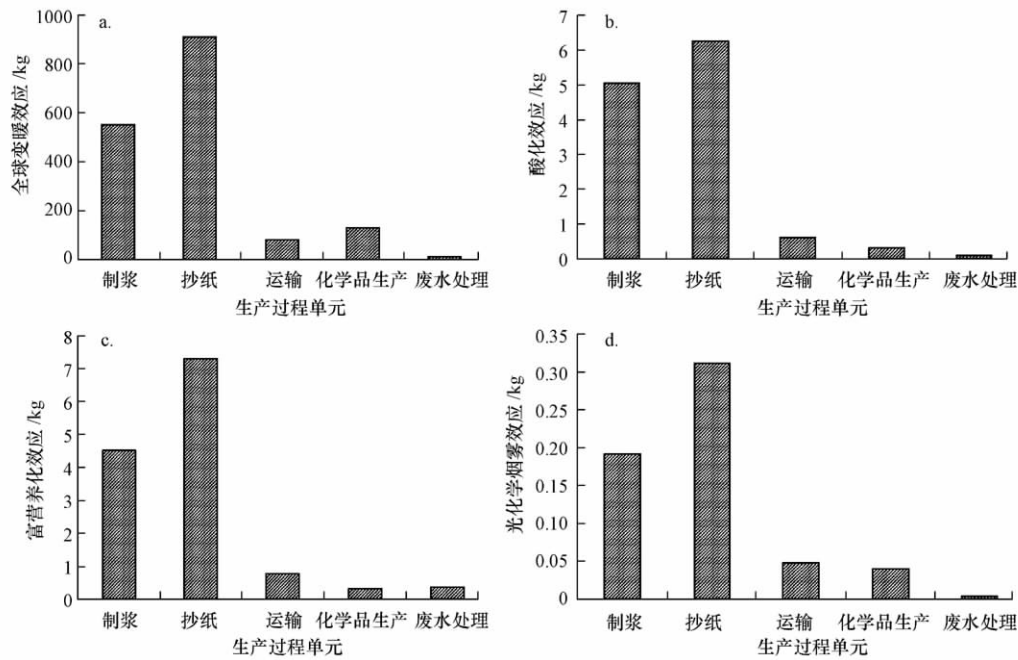


图3 影响评价特征化结果分布图

Fig. 3 Distribution of the impact assessment characterization results

2.4 结果解释

综合以上分析结果,在新闻纸产品系统中制浆、抄纸两过程是能耗的主要来源,导致能源生产中产生大量的环境排放,因此,对制浆、抄纸过程进行节能降耗,通过采用洁净煤技术,改进生产工艺等,减少污染物的排放是改善新闻纸产品环境行为的有效途径。在抄纸过程中加强水的循环利用,可有效降低新闻纸产品系统水资源的消耗。对于制浆过程产生的浆渣及废水处理过程中的污泥等进行固体废弃物资源化利用,可有效减少侵占土地、污染土壤等环境污染。同时,在生产过程中选择环境友好的原材料、辅助材料,优化原材料及产品的运输方式等措施也是改善新闻纸环境行为的有效手段。

3 新闻纸Ⅲ型环境声明 (Type III environmental declaration of newsprint)

我国Ⅲ型环境声明计划虽然起步相对较晚,但却伴随着我国环境标志制度建设而逐渐开展实施。2004年吕竹明对我国Ⅲ型环境声明的方法基础和实施指南进行了初步研究(吕竹明,2004)。“十一五”期间科技部先后资助了“化工产品和建筑材料关键产品生态设计技术开发”课题及“造纸行业典型产品LCA分析与Ⅲ型环境标志认证技术研究”课题,使我国Ⅲ型环境声明在生态设计基础理论和

LCA基础应用平台方面获得提升。

产品种类规则(Product Category Rules, PCR)文件及环境产品声明(Environmental Product Declaration, EPD)的制定是Ⅲ型环境声明两个重要的组成部分。

3.1 新闻纸PCR文件制定

根据ISO14025定义,PCR是对一个或多个产品种类进行Ⅲ型环境声明所必须满足的一套具体的规则、要求和指南(International Organization for Standardization, 2006b),以实现完整性和一致性,是Ⅲ型环境声明国际互认活动的前提。

根据新闻纸LCA分析过程,新闻纸PCR文件中包括以下几部分内容,以确保EPD信息的客观性和一致性:①新闻纸的定义及描述;②产品功能单位;③系统边界;④取舍准则;⑤计算规则;⑥数据收集;⑦数据质量要求等方面的规定和描述。

3.2 新闻纸EPD的制定

制定EPD的目的是以容易理解的概括形式简要介绍产品的环境信息,将产品定量的环境信息公布于购买商、消费者。根据国外已有的Ⅲ型环境声明案例(Lee et al., 2001),Ⅲ型环境声明的环境信息表达形式多种多样,具体见表3。ISO14025对Ⅲ型环境声明的方法学进行两种方案的编制,即第一种为包括LCI和LCIA分析结果,第二种仅为LCI结果(International Organization for Standardization, 2006b)。

表3 产品环境信息声明的形式

Table 3 Scenarios for EPD format

种类	环境信息的表达形式
I	生命周期清单结果
II	重要清单参数对影响评价特征化结果的贡献率,以及各种环境类别总的特征化结果值
III	每种环境类别中重要参数的清单结果
IV	结合 I 和 II
V	重要清单参数对影响评价加权值的贡献率,以及影响评价总的加权结果值

本文在新闻纸 EPD 中,选择了 LCI 与 LCIA 结果相结合的方法,完成了新闻纸产品环境产品声明信息表(表 4),包括全球变暖、酸化、富营养化、光化学烟雾 4 种环境类别的特征化结果,以及能源消耗、水耗、国家“十一五”节能减排的指标之一 COD 等政府、企业和消费者所关注的重要的环境清单结

果. 购买商、消费者等通过产品环境信息表不仅可以了解新闻纸产品系统对全球变暖、酸化、富营养化、光化学烟雾 4 种环境问题的影响潜值,同时还可以了解新闻纸其他的环境行为信息.

除环境信息表外,为了使消费者更加全面地了解数据信息背景,对产品的环境信息有更为正确的认识,避免企业、消费者对产品信息产生误解,在新闻纸 EPD 文件中还包括以下内容:①对提出声明的组织身份描述;②适用的 PCR 版本;③公布日期及有效期;④声明的产品系统边界;⑤企业信息;⑥产品性能;⑦环境行为等方面描述;⑧附加的环境信息,例如,指明产品的正确使用和维护方法、循环再生信息、产品在生命周期末端作为废弃物处理的步骤、企业的噪音控制情况等.

表4 新闻纸环境产品声明环境信息表

Table 4 The type III ED environmental information datasheet of newsprint

全球变暖/kg		酸化/kg		富营养化/kg		光化学烟雾/kg	
1679.94		12.33		13.30		0.59	
COD/kg	煤/kg	油/kg	水/ m ³	TSP/kg	TSS/kg	固体废弃物/kg	
0.9	862.65	43	13.97	1.36	0.3	133.64	

注:全球变暖的影响潜值以 CO₂ 当量计,酸化的影响潜值以 SO₂ 当量计,富营养化的影响潜值以 NO₃⁻ 当量计,光化学烟雾的影响潜值以 C₂H₄当量计.

3.3 新闻纸Ⅲ型环境声明实施流程

根据国外Ⅲ型环境声明的实施经验及我国实际情况,新闻纸Ⅲ型环境声明实施流程(图 4)主要由以下几个部分组成:①申请方向认证机构提出新闻纸Ⅲ型环境声明认证的申请,提交新闻纸 EPD 草案及相关证明数据.②如果已经制定新闻纸产品 PCR 文件,则认证机构按该文件实行验证;如果尚未制定 PCR 文件,则认证机构需组织各个相关方(如行业专家、企业代表)成立 PCR 工作小组,完成相应的 PCR 文件.③认证机构将根据 PCR 文件完

成 EPD 的验证工作.④通过验证的企业,由认证机构发布该企业新闻纸产品的 EPD.

4 结论 (Conclusions)

1) 基于生命周期评价方法,对新闻纸产品系统中从废纸原料的运输到新闻纸产品运输到用户这一过程的资源能源消耗及环境排放进行了量化评估,最终得到生产 1000 kg 新闻纸共耗能 19.83 GJ,水资源消耗 13.97m³,主要气体排放为 CO₂1667.32 kg,其次为 NO_x9.56 kg、SO₂5.63 kg,水体排放为 COD 0.9 kg,固体废弃物排放 133.64 kg;对 4 个环境类别的影响潜值分别为全球变暖效应 1679.94 kg(以 CO₂当量计)、酸化效应 12.33 kg(以 SO₂当量计)、富营养化效应 13.30 kg(以 NO₃⁻当量计)、光化学烟雾效应 0.59 kg(以 C₂H₄当量计).抄纸、制浆两过程为能耗和环境排放的主要来源,环境影响占到产品系统总影响的 85% 以上,其次为原料、产品的运输及化学品生产过程.

2) 本文以新闻纸产品为例进行Ⅲ型环境声明的研究,对新闻纸 PCR 文件中所包含的内容进行明

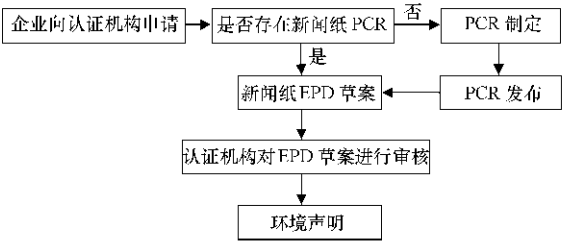


图4 新闻纸Ⅲ型环境声明实施框架

Fig. 4 Implementation framework of type III ED of newsprint in China

确说明,分别为新闻纸的定义、产品功能单位、系统边界、取舍准则、计算规则、数据收集、数据质量要求等方面的描述。基于新闻纸的 LCA 分析,采取 LCI 与 LCIA 结果相结合的方法,完成了新闻纸 EPD 文件中环境产品声明信息表,包括全球变暖、酸化、富营养化、光化学烟雾 4 种环境类别的特征化结果,以及能源消耗、水耗、COD 等政府、企业和消费者所关注的重要的环境清单结果。最后制定了新闻纸Ⅲ型环境声明实施的流程框架,为我国今后Ⅲ型环境声明的实施与推广奠定了基础。

5 展望(Expectation)

生命周期评价与Ⅲ型环境声明作为有效的环境管理工具,为我国今后走依靠科技进步、节约资源、生态协调的可持续发展道路具有重要意义。然而生命周期评价方法和Ⅲ型环境声明在我国的研究还不成熟,在以下几个方面需要进一步深入系统的研究:①在我国建立各种产品、行业的生命周期评价公共基础数据库;②开发适合于我国本土的、内容完整的影响评价方法,例如,与地理位置相关的区域环境问题富营养化的特征化因子,以及土地利用、人体健康、生态毒性等评估方法;③针对我国更多行业、产品,建立生命周期评价与Ⅲ型环境声明之间统一的规范标准,明确认证内容和流程。

责任作者简介:陈莎(1968—),副教授,主要从事环境影响评价与环境化学研究。E-mail: chensha@bjut.edu.cn.

参考文献(References):

- Dias A C, Arroja L, Capela I, *et al.* 2007. Life cycle assessment of printing and writing paper produced in Portugal [J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 12 (7): 521-528
- Di X H, Nie Z R, Yuan B R, *et al.* 2007. Life cycle inventory for electricity generation in China [J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 12 (4): 217-224
- Eggleston H S, Buendia L, Miwa K, *et al.* 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 2 Energy) [M]. Japan: IGES. 36-51
- Frischknecht R, Jungbluth N. 2007. Implementation of life cycle impact assessment methods [R]. Ecoinvent Report No. 3. Switzerland: Swiss Centre for Life Cycle Inventories. 22-94
- Kim I, Hur T. 2009. Integration of working environment into life cycle assessment framework [J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 14(4): 290-301
- International Organization for Standardization. 2006a. ISO 14040 Environmental management—life cycle assessment—principles and framework [S]. Geneva: International Organization for Standardization
- International Organization for Standardization. 2006b. ISO 14025 Environmental labels and declarations—type III environmental declarations—guiding principles and procedures [S]. Geneva: International Organization for Standardization
- 蒋鹏. 2008. 新闻纸行业状况和发展趋势 [J]. 造纸科学与技术, 27 (6): 7-9
- Jiang P. 2008. The status and developing tendency of newsprint industry [J]. Paper Science & Technology, 27(6): 7-9 (in Chinese)
- Lee K M, Park P. 2001. Application of life-cycle assessment to type III environmental declarations [J]. Environmental Management, 28 (4): 533-546
- 林乔元. 2006. 浅析我国非木材制浆水污染防治技术 [J]. 纸和造纸, 25(2): 85-87
- Lin Q Y. 2006. A brief analysis of prevention technology of non-wood pulp making wastewater in China [J]. Paper and Paper Making, 25 (2): 85-87 (in Chinese)
- 刘夏璐, 王洪涛, 陈建, 等. 2010. 中国生命周期参考数据库的建立方法与基础模型 [J]. 环境科学学报, 30(10): 2136-2144
- Liu X L, Wang H T, Chen J *et al.* 2010. Method and basic model for development of Chinese reference life cycle database [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 30(10): 2136-2144 (in Chinese)
- 刘尊文, 岳文淙, 李明博, 等. 2009. 国外Ⅲ型环境标志发展概况 [J]. 国外环保, 10: 58-61
- Liu Z W, Yue W C, Li M B, *et al.* 2009. Development status of type III environmental label in foreign countries [J]. Environmental Protection Abroad, 10: 58-61 (in Chinese)
- 刘尊文. 2009. 中国环境标志培训教程 [M]. 北京: 中国环境科学出版社. 50-150
- Liu Z W. 2009. Trained tutorials of Environmental Label in China [M]. Beijing: China Environmental Science Press. 50-150 (in Chinese)
- Lopes E, Dias A, Arroja L, *et al.* 2003. Application of life cycle assessment to the Portuguese pulp and paper industry [J]. Journal of Cleaner Production, 11(1): 51-59
- 吕竹明. 2004. Ⅲ型环境标志的方法基础和实施指南 [D]. 北京: 中国环境科学研究院. 36-79
- Lü Z M. 2004. The methodology and implementing guide of type III environmental declaration [D]. Beijing: China Environmental Science Research Institute. 36-79 (in Chinese)
- Núñez M, Civit B, Muñoz P, *et al.* 2010. Assessing potential desertification environmental impact in life cycle assessment [J]. Int J LCA, 15: 67-78
- 唐佳丽, 林高平, 刘颖昊, 等. 2008. 生命周期评价在企业环境管理中的应用 [J]. 环境科学与管理, 33(3): 5-7
- Tang J L, Lin G P, Liu Y H *et al.* 2008. The application of life cycle assessment in enterprise environmental management [J]. Environmental Science and Management, 33(3): 5-7 (in Chinese)
- 中华人民共和国国家统计局. 2008. 中国能源统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社. 20-45
- National Bureau of Statistics of China. 2008. China Energy Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press. 20-45 (in Chinese)
- 中国造纸协会. 2010. 中国造纸工业 2009 年度报告 [J]. 中华纸业, (11): 8-18
- China Paper Association. 2010. Annual report of paper industry of 2009 in China [J]. China Pulp & Paper Industry, (11): 8-18 (in Chinese)