

LCA 中清单分析数据的获得

席德立 彭小燕

(清华大学环境工程系, 北京 100084)

摘要 清单分析是 LCA 中继目标界定后的一步重要操作, 工作量极大. 本文从我国具体情况出发, 开发了一套获取产品 LCA 清单数据的方法, 介绍了通过行业污染系数获取产品的社会数据以及借助企业生产的质量流程图收集和检验企业数据的具体步骤.

关键词 LCA, 清单分析, 数据获得.

产品生命周期评估(Life Cycle Assessment, LCA) 是对产品整个生命周期(“从摇篮到坟墓”)的所有环境影响进行科学、全面的评估, 据此来客观地评价和有效地改善产品的环境性能. 它是对产品生命全过程实施环境管理的有力工具, 也是推行清洁生产的理论基础. 一个完整的 LCA 一般包括4个步骤, 即目标界定、清单分析、影响分析和完善化分析.

清单分析是针对产品生命周期的各个阶段列出其资源、能源消耗以及各种废料排放的清单数据. 在 LCA 中是继目标界定后的一步操作, 也是 LCA 整个操作中工作量最大的一步. 有关清单分析的操作步骤, 美国 EPA 制定了详细的指南^[1]. 对于发展中国家来说, 由于统计数据的欠缺以及企业管理水平的限制, 要完全按照美国指南完成清单分析, 存在许多困难, 因此有必要参照美国指南的原则, 结合我国具体国情, 设计一套获取产品生命周期评估清单数据的办法.

首先把产品的清单数据分为产品的社会数据和产品的企业数据两大类, 然后用不同的方法分别获取这两类数据. 产品的社会数据是指来自社会的原材料和商品能源所携带的清单数据, 以及产品出厂后通过社会流通领域, 进入消费、使用阶段直至废弃后处置这些阶段所包含的清单数据. 产品生产的企业数据则是表征企业将购进的原材料加工制作成产品过程中涉及

的消耗和排放状况.

这两类数据的获取是和清单分析前一步的操作——目标界定相联系的. 在目标界定中, 先要阐明 LCA 研究的目的是和研究深度, 界定研究的范围, 然后进行产品分析. 产品分析的目的在于深入了解产品, 包括产品的结构、组成、包装及使用性能等. 考查产品组成的方法有: 产品解剖, 产品图纸分析和零件估算. 产品解剖是将产品拆开来, 分别对零部件进行材料分类和称重, 以确定不同材料在整个产品中的重量比例, 这种方法比较适合小件产品, 对于某些中型或大型产品, 则需要进行图纸分析. 图纸分析是利用产品的设计图纸或生产图纸对所用材料进行分类和统计, 方法简单易行且准确度较高, 但在实际研究中, 企业出于技术保密的考虑, 往往不愿意提供实际的图纸. 零件估算是一种比较粗糙的方法, 只能确定材料的大致种类和用量, 适合于精度要求不高的 LCA 研究. 产品分析除了结构组成分析外, 还包括使用分析, 这是对产品的使用功能、使用领域、使用寿命及使用过程中可能存在的问题进行分析的过程.

在目标界定阶段, 还要对企业中生产的产品确定污染分担原则, 描绘过程树对产品做简要的流程分析, 同时还要确定污染因子. 这些工作是获取产品清单企业数据的前提.

一般企业的生产产品不是单一的, LCA 所

研究的产品在其企业产品构成中的地位决定了它应当负担的污染与消耗责任. 主要产品、副产品或平行产品在处理分担率时必须区别对待. 确定分担率的方法一般有重量比法、数量法、产值比法等3种, 即根据产品在企业产品中所占的份额来确定相应的污染分担率. 3种方法的侧重点有所不同, 应根据产品的具体性质来确定, 如化工产品多用质量比或摩尔比来计算; 而对于机加工产品多用件数或产值来计算等.

过程树以产品生命周期的5个阶段为主干, 在产品的加工生产阶段可展开第二层次的过程树, 亦可划分更多的层次, 全面展示产品的生产过程(见图1), 这是流程分析的重点. 过程树的成功描绘有助于清单分析准确、顺利、全面地完成, 在随后的清单分析过程中还可能对过程树进行必要的修正.

产品生命周期评估原则上应考查所有的污染因子. 在具体的案例研究中, 通过流程分析, 可基本阐明该产品的整个生命周期中可能出现的污染物种类和资源消耗种类, 同时根据行业特点及国家对行业进行环境管理的指标内容, 结合企业的实际情况, 对需考查的污染因子进行取舍.

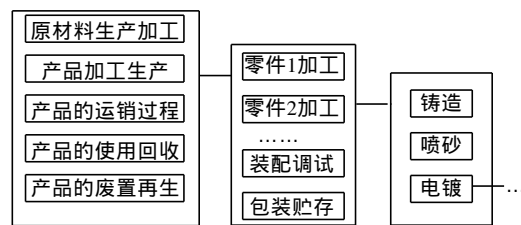


图1 产品的过程树

1 原材料生产阶段数据的获取

产品分析使我们确定产品的95% 以上或更多的材料, 这些材料可能来自于不同的行业, 一般是通过市场的流通领域购得的, 构成产品的基本材料多为社会生产的基础产业部门的产品, 其环境性能是由社会生产的总体水平决定的. 因此这些基本材料数据不能由生产企业提供, 而应以社会生产的平均水平作为清单分析的数据来源. 燃料和电力的情况也与此相似.

在文献[2] 中, 已论述了我国的行业部门的划分及相应的指标体系. 我国的行业部门与地方环境管理机构对我国的各行业的污染水平有相当的了解, 所希望取得的统计数据可从中获得. 但这些数据并未以 LCA 所需的形式给出, 因此还要进行进一步的计算处理. 一般地, 处理方法有3种: 产值污染系数法、产量污染系数法和行业污染系数法.

(1) 产值污染系数法 产值污染系数法即是利用材料所属行业的总产值和相应的总排污数据得到典型污染物的产值排污系数(污染物排放量/ 单位产值), 再根据企业单位产品所消耗的 原材料成本进行单位产品的原材料加工生产阶段的污染计算. 这是一种简易而粗糙的计算办法, 统计资料均从全国典型企业的典型工况下获得, 能够体现社会生产的平均水平.

(2) 产量污染系数法 产量污染系数法是利用行业产量统计值和污染统计值计算出产量污染系数(污染物排放量/ 单位产量). 相较于产值污染系数法, 利用产值计算不受市场价格的差别和波动的影响, 较容易实施.

理论上, 产值污染系数法和产量污染系数法应有较好的一致性, 然而, 在实际的运用中却可能由于统计口径的不同而带来较大的偏差.

(3) 行业污染系数法 各行业部门的典型排放数据是根据该行业的技术特点和总的技术现状而提出的, 可以代表全行业实际的污染排放水平; 这些数据比较规范, 避免了不同行业、产品间的模糊对比, 具有较好的确定性; 行业排放的典型污染数据是较易得到的, 可有较好的连续性.

本研究所确定的获取原材料生产阶段污染数据方法的顺序是:

行业污染系数法, 产值污染系数法, 产量污染系数法

获得了各种材料的污染系数就可以根据某产品所用材料的实际消耗量, 确定出相应的资源、污染数据.

$$\begin{aligned} & \text{某产品污染物排放量} \\ &= \text{行业综合污染系数}(\text{kg 污染物/t}) \times \end{aligned}$$

产品产量(t)= 产值污染系数(kg 污染物/万元)
× 材料价值(万元)
= 产量污染系数(kg 污染物/t) × 产品产量(t)

同样地, 根据材料的资源消耗系数(资源、能源), 也可以获得产品的资源消耗清单. 这一系数一般均可从行业生产中获得.

2 企业清单数据的获得

在企业生产流程分析中, 已大致确定了企业生产各部门的情况, 现在则要从企业的实际生产出发, 作进一步的定量处理. 具体步骤为: 画出该产品生产的质量流程图, 获得数据, 数据筛选, 数据整理, 最终形成清单. 质流图的绘制对数据的选择过程有着极大的帮助, 使 LCA 的操作人员能清晰地掌握工作进度(见图2).

(1) 企业生产质量流程图 借助于企业的生产过程树, 可将该产品的整个生产过程划分为若干个相对独立的过程单元, 再对每个单元进行输入、输出的各种物料和能源的数据进行统计和收集, 这就是生产质流图.

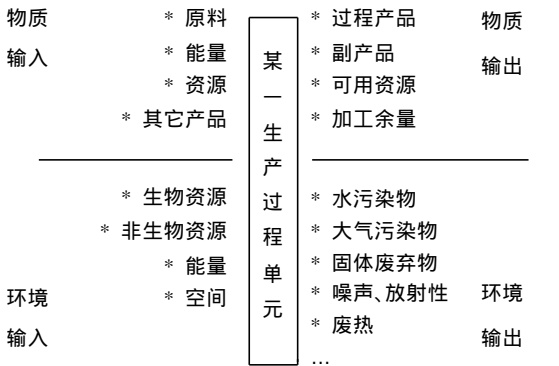


图2 LCA的生产质量流程图

质量流程图在石油、化工等行业的生产中早有广泛的应用, 它与工艺流程图的不同之处是要标出各过程单元间物质传递的数量关系, 体现出物料平衡、能量平衡的基本原则. 即各过程单元的输入、输出基本一致, 用下式表示:

$$\sum M_i = \sum M_o$$

式中, 下标 i 为输入, 下标 o 为输出.

通过平衡并可对各种输入、输出数据进行比较检查和筛选, 一般地说, 如果输入与输出之间的差值在2%之内, 即可认为所获得的数据是

准确的.

$$\frac{\sum M_i - \sum M_o}{\sum M_i} \leq 2\%$$

清单分析的重点是原材料和能源的消耗量以及污染物的来源及发生量. 数据来源包括: 企业的年度统计、企业报表、各主管部门的检查报告、环保部门的监测报告等. 一般而言还应对待缺的数据和存疑的数据进行现场测量以保证较高的准确性. 现场监测应选择企业稳定的工况条件, 合理的采样频率和足够的采样数目, 使数据能够代表企业的平均消耗和排污水平.

还需注意的是各种数据的计量方式和计量单位要保持一致, 均应采用国际标准计量单位, 并以单位过程产品产量的投入和产出计算, 表达为每吨(台、件等产品)的投入量(吨、件等原料、能源).

(2) 形成产品的生产阶段的清单 企业生产流程与污染数据(资源消耗视为一种污染因子)的汇总即为产生清单的过程, 它以矩阵形式给出. 这一矩阵的各过程单元数据即来自质流图, 总计的数据则表达产品整个生产过程的总体水平. 污染因子在这一阶段是根据目标界定中所确定的污染物种类来进行统计的, 是实际应用的数值表达. 在计算机模型中, 未被采用的污染因子可以数值0表示.

形成产品的生产清单亦可与企业的清洁生产审计结合在一起, 并纳入到企业的数据库中.

(3) 产品包装/运销、使用/回用及处置等阶段的清单 产品的包装过程可作为企业产品生产的最后工序纳入企业生产过程清单之中, 若产品的分装包装是在企业外部完成的, 则应另行计算.

产品的运销是一个社会化过程, 一般很难对其所有的过程数据作全面的统计. 对于无特殊污染危害的产品的运销, 可认为是所有产品的一个共同性问题, 具有相同的评价基础. 但若产品的运销过程有其特殊性, 如恶臭, 易燃、易爆、易渗漏等, 则必须加以特别的考虑.

产品的使用回用与处置是产品实现其使用

价值、转化为废物的过程,一般不在产品的产地,可能分布在全国的广大地区,因而这一数据的获得除了根据产品的设计资料外,要采取与获取企业生产清单完全不同的方法,如用户访问、问卷调查或现场测定等.这几种方法均需详细记录访问的时间、地点、人员等具体情况,内容包括:

- * 产品特征: 购入与使用年限、使用现状及技术水平;
- * 污染特征: 污染物种类、污染排放量,包括水、气、渣等等,并要求出示有效数据文件,如监测报告、企业报表、岗位记录等;
- * 存在问题: 产品自身使用问题、消耗品问题及可能的解决方法等等;
- * 产品处置过程中存在的污染问题;
- * 产品使用、处置中的其它材料、能源消

耗(水、煤、电、原料等);

- * 产品的可回用性能(回用率或废品回收水平).

将以上数据归纳总结即可得到产品的使用与处置清单.对于可回用/再生的产品或部件在其废置后,又做为一种新的资源形式,进入社会生产中,它的数值计算可表达为负数.

到此为止,获得了产品的原材料生产、产品生产加工、包装运销、产品使用及其废置的整个生命过程的资源与污染数据,即完成了产品生命周期评估过程的第二步——清单分析.表1给出了以小型垃圾焚烧炉为案例研究对象的清单数据表.根据该产品的特点,将其生命周期分为4个阶段,并按文献[2]中的指标体系考察资源消耗、水污染、大气污染、固体废物以及其它

表1 小型垃圾焚烧炉清单数据表

环境要素	污染因子	生 命 周 期 各 阶 段				总计
		原材料生产	产品生产	产品使用	产品废置	
资源消耗 /t·台 ⁻¹	水	73.48	170.72	0	0	244.30
	煤	2.63	3.95	50.59	0	57.17
	石油	0	1.78	896.44	0	898.22
	铁矿石	4.70	0	0	0	4.70
	石灰石	2.36	0	0	0	2.36
	有害垃圾	0	0	2628	0	2628
水污染 /g·台 ⁻¹	汞	2.0E-5	0	0	0	2.0E-5
	镉	5.3E-4	0	0	0	5.3E-4
	铅	3.75E-3	0	0	0	3.75E-3
	砷	1.00E-2	0	0	0	1.00E-2
	六价铬	9.0E-4	0	0	0	9.0E-4
	挥发酚	4.34E-2	0	0	0	4.34E-2
	氰化物	4.78E-2	0	0	0	4.78E-2
	石油类	0.645	0	0	0	0.645
	硫化物	7.48E-2	0	0	0	7.48E-2
	COD	8.91	0	0	0	8.91
大气污染 /kg·台 ⁻¹	TSP	323.7	10.25	1943	0	2277
	一氧化碳	104.8	258.2	0.61	0	363.6
	二氧化碳	21.0	91.0	8.76	0	121.8
	氮氧化物	0	24.99	13.80	0	38.79
	有机废气	0	48.09	63.44	0	111.53
固体废物 /kg·台 ⁻¹	固废总量	0.41	0.92	31.5	2000	2032
其它类型	噪声 Pa ² ·s	0	0.11	0.48	0	0.59

类型共5类环境要素.从表1中可以看出,水污染问题主要是由原材料(钢材和水泥)引起的,在整个产品的排放清单中不居主要地位.

根据清单数据对产品的环境性能予以评价,这是下一步产品环境影响分析的内容,在随后的文章中将再作介绍.

参 考 文 献

1 US EPA·Life-Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles. Washington, DC: 1993

2 席德立, 彭小燕. 产品生命周期评估指标体系的探讨. 台北: 第四届海峡两岸环境保护学术研讨会. 1996. 12

no more than 180 . The removal of COD by the treatment is over twenty percents more than Fenton's, while, H_2O_2 : COD (weight ratio) less than one point two at the condition of phenol influent content more than 14000mg/L of COD. The existence of synergistic effect for COD removal in H_2SO_4 + Fenton system under the condition of added pressure and heating (0.1–0.6MPa, 104–165) was verified. It was carried out that five kinds of dye and pesticide wastewater was treated using the method.

Key words: wet oxidation, Fenton reagent, catalytic oxidation, organic wastewater, wastewater treatment.

Study on the Detoxication Effect of Chromate Sludge by Red Brick Method with Shale Rock-Clunch.

Yang Guang et al. (Research Center of Resources Comprehensive Utilization Eng., Chongqing University 630044): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 75–77

The chromate sludge brick was made using shale rock, chromate sludge and clunch as main materials. When directions for producing materials are 20% of chromate sludge and 10% of clunch. The determination of whole brick powder showed that detoxication of $\text{Cr}(\text{VI})$ is thorough and stable; and determination of brick surface layer powder showed that the leaching concentration of water soluble $\text{Cr}(\text{VI})$ is 1.16mg/L. through five years following trail of tests under the free air and sun conditions $\text{Cr}(\text{VI})$ concentration can still achieve the standard of GB5086-85. The detoxication effect is mainly influenced by kiln temperature, acid-alkali property of the system, coal content and auxiliary.

Key words: chromate sludge, brick manufacture, red brick method, shale rock, clunch, detoxication.

Spectrophotometric Method for the Simultaneous Determination of Phenols and Aromatic Amines in Sewage with Extraction-Reextraction.

Li Meirong, Yuan Cunguang et al. (Dept. of Chem. Eng., University of Petroleum, Shandong, 257062): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 78–80

This paper deals with a method of simultaneous determination of phenols and aromatic amines which extracted by ether, then reextracted by 10% NaOH and 10% HCl respectively. The sensitivity is improved highly, and many kinds of interferences is removed efficiently. Phenols of 0.03–6.0 mg/L and aromatic amines of 0.008–0.5mg/L can be determined.

Key words: phenols, aromatic amines, extrac-

tion-reextraction, double-wavelength, spectrophotometry, ether.

The Application of Artificial Neural Network in Chinese Environmental Forecast.

Wang Ying and Sang Dayong (Dept. of Aeronautical Management Engineering, The Air Force Institute of Engineering, Xian 710038), Sun Linyan (School of Management, Xian Jiaotong University, Xian 710049): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 81–83

According to suitability of models for environment forecast, a multiple layer perceptron environment forecast model was built using artificial neural network as a new forecast method, with which the environment indices of 2000 were forecasted based on environmental data and economic data in 12 years (1981–1992). Future strategies were also analyzed on the basis of forecasted data.

Key words: environment forecast, artificial neural network, multiple layer perceptron environment forecast model.

Data Acquisition for Inventory Analysis in LCA.

Xi Deli, Peng Xiaoyan (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 84–87

The LCA inventory analysis is an important stage in LCA after its scope and goal are defined. According to the real situation in China, a set of methods of data acquisition for life cycle inventory analysis were developed in this paper. It also gave concrete procedures for obtaining the social data of products through pollution coefficients of industrial departments and for gathering and checking data from enterprises by using production mass scheme respectively.

Key words: life cycle assessment, inventory analysis, data acquisition.

Viewpoint on the Air Resources. Ning Datong, Yuan Jun et al. (Institute of Environ. Sci., Beijing Normal University, Beijing 100875), *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 88–90
It is proved that air resource is one of the most valuable natural resources by means of analyzing and expounding. From the standpoint of atmospheric environmental carrying capacity for pollutants, the ambient air quality is divided into two parts of "quidditative" and "heterogeneous", and its method of assessment is approached. On the basis of analyzing the air resource's value, a preliminary solution in measuring its value is also given in this paper. Furthermore, the effective ways for air resources protection are studied.

Key words: air resources, value, quality assessment, atmospheric environmental carrying capacity for pollutants.