

面向产品的环境管理工具: 产品生命周期评价*

杨建新

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要 通过建立产品系统的概念, 对当前人类面临的生态环境问题的性质及其变化进行了系统的分析, 得出产品系统内的非持续的生产模式和消费方式是生态环境危机的根源. 依据环境问题的演变, 相应地比较了环境管理的 3 种模式: 末端控制管理, 过程管理, 产品管理. 对面向产品的环境管理工具——产品生命周期评价的概念框架, 可能应用领域以及发展前景进行了全面地评述. 认为产品生命周期评价是实现可持续性的新的环境管理工具.

关键词 产品系统, 环境管理, 产品生命周期评价.

Toward a Product-orientated Environmental Management: Life Cycle Assessment*

Jianxin Yang

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085)

Abstract Based on the concept of product system, the current environmental issues are analyzed in the context of sources and trends. It is proved that all environmental issues such as the industrial pollution and ecological degradation and resources depletion are rooted from the product system. Accordingly three managing tools, end-control, process control and product management were compared and analyzed. A product-orientated environmental management tool, life cycle assessment is strongly proposed, and its potential application and trends are projected.

Keywords product system, environmental management, life cycle assessment.

全球性生态环境的迅速恶化是 21 世纪人类生存和发展所面临的重大危机, 已成为国家社会普遍关注的焦点之一. 面对当前在人口、资源、环境与经济发展关系上所出现的一系列尖锐的矛盾, 人们需要重新认识环境问题的来源与人类活动方式以及消费模式之间的关系, 通过新的制度创新, 技术进步以及管理变革来协调人与自然之间的关系, 促进人类社会的可持续发展. 因此可持续的环境管理也就成为一个新的焦点.

1 环境管理工具的发展

根据欧洲学术界的观点^[1], 环境管理方法有 3 种途径, 即部门分析法, 生态系统分析法和实施手段法. 在此主要讨论环境管理的实施手段, 即一系列可操作的管理工具. 环境管理手段的出现与发展同环境问题的性质、社会发展、管理模式密切相关. 因此评述环境管理工具需要从环境管理目标与具体实施效果着手.

1.1 环境管理目标与手段的发展

环境管理手段大致可分为 3 个具有代表性的阶段, 即排放管理, 过程管理和产品管理. 其主要特征见表 1.

1.2 传统环境管理手段的成效与问题

排放管理对于控制局地的工业点源污染是有效的, 这已被工业发达国家的实践所证明. 但这一方法对解决全球性、区域性问题上却显得无能为力. 过程管理(清洁生产)是环境管理方式的一大进步, 已经从被动的末端治理, 转向为积极的污染预防, 是 80 年代全球环境污染排放增长减缓的重要手段. 但过程管理主要关注于产品的生产过程, 而没有考虑与产品相关的其它环节, 如产品的使用, 用后处理等. 过程管理也没有将节约资源和降低能耗作为管理的焦点, 无法满足可持续发展的要求.

1.3 产品系统-环境问题的来源

产品系统是指与产品生产、使用和用后处理相关的全过程, 包括原材料采掘, 原材料生产, 产品制造, 产品使用和产品用后处理(图 1). 在该产品系统中, 系统的投入(资源与能源), 造成生态破坏与资源耗竭; 而作

* 国家自然科学基金资助项目(Project Supported by National Natural Science Foundation of China): 79870027

杨建新: 男, 34 岁, 博士生, 副研究员

收稿日期: 1998-02-09

表 1 环境管理手段比较

	排放管理(末端控制)	过程(工艺)管理	产品管理
管理目标	削减污染物排放,排放无害化处理	清洁生产	环境产品设计与开发
管理方式	末端控制、治理	过程(工艺)控制	全过程(从摇篮到坟墓),全功能控制
管理手段	行政、法律	技术进步、制度创新	生命周期评价,环境管理体系
管理对象	污染源	生产工艺及污染源	产品系统
管理内容	控制点源排放	清洁能源、清洁工艺、清洁产品	能源、原材料消耗以及污染排放
管理者	国家和地方管理机构	企业及政府管理部门	企业、消费者、管理部门
代表手段	排污限制、收费等	清洁生产	生命周期评价

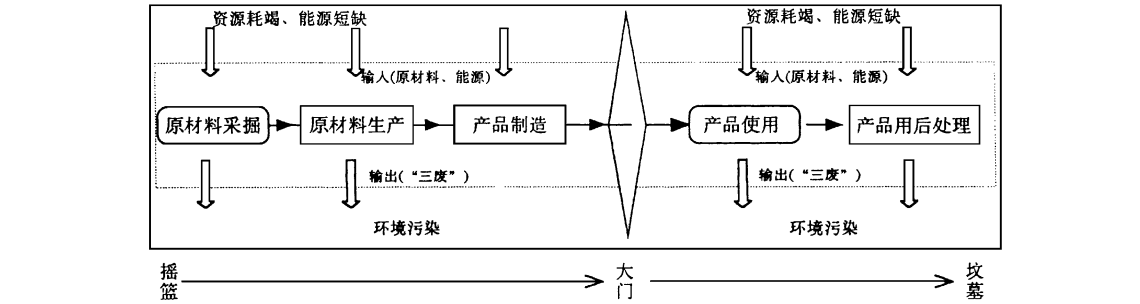


图 1 产品系统与生态环境问题

为系统输出的“三废”排放却造成了环境污染,因此所有生态环境问题无一不与产品系统密切相关.产品作为联系生产与生活的中介,对当前人类所面临的生态环境问题有着不可推卸的责任.

如果从产品系统的角度看,以往的环境管理焦点常常局限于“原材料生产”、“产品制造”和“废物处理”3个环节,而忽视了“原材料采掘”和“产品使用”阶段.仅仅控制某种生产过程中的排放物,已很难减少产品所带来的实际环境影响.逐渐从末端治理与过程控制转向于以产品为核心的全过程管理是可持续发展的必然要求.产品管理即评价整个“产品系统”总的环境影响.

一些综合性的生命周期评价结果表明,重大环境压力往往与产品的使用阶段有密切关系.在全球追求可持续发展的呼声愈来愈高的背景下,提供对环境友好的产品(绿色产品)对产业界来讲是一个严峻的挑战.从而迫使产业界在其产品开发、设计阶段就开始考虑环境问题.将生态环境问题与整个产品系统联系起来,寻求解决的途径与方法.同时,环境管理部门和政府也积极开发一种基于生命周期评价概念的综合环境管理工具,从而彻底摆脱传统“解决问题”的思路,转向于“预防问题发生”的管理新模式.另外,由于与产品相关的环境问题直接与消费者利益相关,因此在产业界、政府与消费者3种驱动力的共同作用下,逐渐形成了一种面向产品的环境管理工具——生命周期评价.

2 生命周期评价的基本思想

2.1 生命周期评价的概念框架

生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)即从产品最初的原材料采掘到产品用后最终废弃物处理(产品系统),进行全过程的跟踪与定量分析与定性评价.1990年环境毒理学与化学学会(SETAC)将生命周期评价定义为:“生命周期评价是一种对产品、生产工艺以及活动对环境的压力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废物排放进行辨识和量化来进行的.其目的在于评估能量和物质利用,以及废物排放对环境的影响,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、工艺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;产品的作用、再利用和维护;废物循环和最终废物弃置”^[2].

1993年SETAC在《生命周期评价纲要:实用指南》中将生命周期评价的基本结构归纳为4个有机联系的部分(图2):定义目标与确定范围;清查分析(inventory analysis);影响评价(impact assessment)和改善评价(improvement assessment)^[3].

(1)定义目标与确定范围 这是LCA的第一步,它直接影响到整个评价工作程序和最终的研究结论.定义目标即清楚地说明开展此项LCA的目的和原因,以及研究结果的可能应用领域.研究范围的确定应保

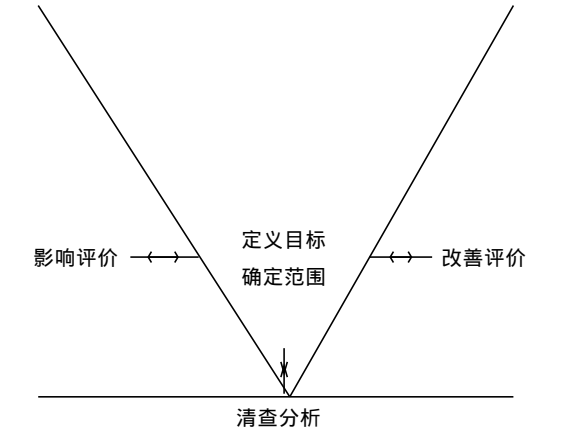


图2 LCA的概念框架

证能满足研究目的,包括定义所研究的系统,确定系统边界,说明数据要求,指出重要假设和限制等。

(2) 清查分析 对一种产品、工艺和活动在在其整个生命周期内的能量与原材料需要量、以及对环境的排

放(包括废气、废水、固体废弃物及其它环境释放物)进行以数据为基础的客观量化过程.该分析评价贯穿于产品的整个生命周期,即原材料的提取、加工、制造和销售、使用和用后处理。

(3) 影响评价 对清查阶段所识别的环境影响压力进行定量或定性的表征评价,即确定产品系统的物质、能量交换对其外部环境的影响.这种评价应考虑对生态系统、人体健康以及其他方面的影响。

(4) 改善评价 系统地评估在产品、工艺或活动的整个生命周期内消减能源消耗、原材料使用以及环境释放的需求与机会.这种分析包括定量和定性的改进措施,例如改变产品结构,重新选择原材料,改变制造工艺和消费方式,以及废弃物管理等。

2.2 LCA 与其它环境管理手段的比较

LCA 被称为 90 年代的环境管理工具,它传统的、已被广泛应用的环境管理工具如风险评价(RA),环境影响评价(EIA)有很大的不同(见表2)。

表 2 几种环境管理手段的比较

项目	风险评价	环境影响评价	LCA
目标	預告目标生物的危险性	具体工程或项目环境影响	全球生态系统变化的预警
方法论	查汇分析	综合评估	溯源分析
内容结构	接触评价,危险识别,风险描述,风险管理	范围界定,影响识别,影响度量,影响预测,减轻措施,评价和监测	目标定义,清查分析,影响评价,改善评价
评价对象	潜在有害物	具体的工程或项目	产品及产品系统
时空特性	局地性的,短时的影响	局地 and 区域的短期影响	全球性长期影响
局限性	1) 仅限于小地域的人类健康 2) 忽略持续性风险 3) 极少分析自然环境	1) 局限于具体地域的具体项目 2) 不考虑全球环境影响 3) 方法论不统一	1) 无法分析偶然性排放 2) 对数据高度综合的结果,忽略了对局地的影响

3 LCA 在环境管理中的应用

LCA 作为一种产品评价与产品设计的原则与方法,应用于环境管理涉及企业、政府与消费者 3 个层次。

3.1 LCA 应用于工业企业部门

LCA 起源于企业内部,也最先在企业部门得到了广泛的应用.以一些国际著名的跨国企业为龙头,如 HP、IBM、AT&T、德国西门子公司等,一方面开展 LCA 方法论的研究,另一方面积极对其产品进行 LCA.主要应用领域可归结为 4 个方面:

(1) 产品系统的生态辨识与诊断 通过从摇篮到坟墓的分析,识别对环境影响最大的工艺过程和产品寿命阶段.不同产品不同的生命周期阶段的环境影响是不同的.例如电冰箱的主要环境影响阶段是用后处理阶段,即 CFC 释放对臭氧层破坏和全球变暖的影响

非常严重,而彩电的主要影响阶段是使用阶段.另外,也可评估产品(包括新产品)的资源效益,即对能耗、物耗进行全面平衡,一方面降低能耗、物耗从而降低产品成本,另一方面,帮助设计人员尽可能采用利于环境的原材料和能源。

(2) 产品环境影响评价与比较 以环境影响最小化为目标,分析比较某一产品系统内的不同方案或者对替代产品(或工艺)进行比较.例如通过分析燃油汽车和电力汽车,发现电力汽车的环境影响并不象通常认为的很小,而是要大于燃油汽车。

(3) 生态产品设计与新产品开发 直接将 LCA 应用于新产品的开发与设计中.例如丹麦的著名电冰箱厂 GRAM 通过对其原有产品进行 LCA,发现电冰箱的使用阶段对资源和能源的消耗最大,而在用后处理阶段对臭氧层破坏和全球变暖影响最大.在此基础上,设计出了低能耗、无 CFC 的新一代电冰箱 LER200,在

市场上取得了很好的经济效益。

(4)再循环工艺设计 大量 LCA 工作结果表明,产品用后处理阶段的问题十分严重.解决这一问题需要从产品的设计阶段就考虑产品用后的拆解和资源的回收利用.因而迅速出现了一大批“为再循环而设计”或“为拆解而设计”的企业和研究机构.

3.2 LCA 应用于政府环境管理部门和国际组织

政府和环境管理部门可借助于 LCA 进行环境立法和制定环境标准和产品环境标志.

(1)制定环境政策与建立环境产品标准 在环境政策与立法上,很多发达国家已经借助于 LCA 制定“面向产品的环境政策”.近年来,一些国家相继在环境立法上开始反映产品和产品系统相关联的环境影响.如 1995 年,荷兰国家环境部出版了一本有关荷兰产品环境政策的备忘录.丹麦也在 1996 年相应提出了一份有关以环境产品为导向的建议书.在具体的行动方案上,德国,瑞典和荷兰正在建立一个回收电子产品废物的系统.而欧盟也规定必须对包装品进行全过程的环境影响评价.目前,比较有影响的环境管理标准有英国 BS 7750^[4],欧盟生态管理和审计计划(EMAS)^[5].

(2)实施生态标志计划 1992 年欧盟颁布了“欧盟产品生态标志计划”,到 1997 年 10 月,已有 38 类,涉及 20 个制造业,共 166 种产品获得了“欧盟产品生态标志”^[6].相应的一些国家生态标志计划也纷纷出台,如德国“蓝色天使计划”,北欧“白天鹅计划”,加拿大“环境选择”,日本“生态标记”,美国“绿色印章”,新加坡“绿色标签”,以及美国的“能源之星”等.这些计划客观上促进了生态产品的设计、制造技术的发展,为评估和区别普通产品与生态标志产品提供了具体的指标,客观上也刺激了生态产品的消费.

(3)优化政府的能源、运输和废物管理方案 LCA 能够很好地支持政府的环境规划.如荷兰政府从 1989 年起开展“国家废弃物管理计划”.通过对固体废弃物进行 LCA,一方面发展了 LCA 的方法论,另一方面提出了一项综合废弃物管理规划.

(4)向公众提供有关产品和原材料的资源信息与产品有关的环境数据和信息全球尚无统一的来源,各国都在积极开展有关数据的收集、整理工作.美国国家环保局开展了大量的 LCA 研究,已经积累了一些主要化学品的大量数据,成为产品设计和使用的第一手科学背景资料.荷兰资源环境部开展了“生态指标”计划,目前已经提出了 100 种原材料和工艺的生态指标,直接为设计人员选择原材料和生态工艺提供定量化的支持.

(5)国际环境管理体系的建立 产品 LCA 直接促进了国际环境管理体系的制定.以 1992 年联合国环境与发展大会所通过的国际环境管理纲要为契机,国际标准化组织(ISO)于 1993 年 6 月成立了 ISO/TC 207“环境管理委员会”;开始起草一份称为 ISO 14000 环境管理体系标准^[7].与已被 80 多个国家和地区所广泛采用的 ISO9000 标准不同,ISO14000 体系不是仅仅关注产品的质量,而是对组织的活动,产品和服务从原材料的选择,设计、加工、销售、运输、使用到最终废弃物的处理进行全过程的管理.该标准旨在促进全球经济发展的同时,通过环境管理国际标准来协调全球环境问题,试图从全方位着手,通过标准化手段来有效地改善和保护环境,满足经济持续增长的需求.作为可持续发展概念实施载体的环境标准化主要涉及到以下 6 个方面:环境评估标准;环境管理系统;LCA;环境标志;环境审计;产品环境标准.到目前为止,已开始制定 20—30 个有全球性影响的技术文件和标准,其中将近 10 个标准已进入国际标准草案阶段.

3.3 LCA 用于消费者组织

消费者组织主要利用 LCA 指导消费者进行环境产品消费以及对公众行动进行从摇篮到坟墓的环境评价.

总之,LCA 仍然十分年轻,随着不断地积累经验,将会对更多的产品、工艺和材料进行分析.不同工业部门的产品均有不同的特性、维护条件、生命期,对环境的影响也不同.一方面 LCA 会变得越来越复杂,另一方面会变得越来越重要.总之,LCA 将成为 21 世纪最有生命力和发展前途的环境管理工具.

参 考 文 献

- 1 Nath B 等著,吕永龙等译.环境管理.北京:中国环境科学出版社.1996
- 2 Graedel T E, Allenby B R. Industrial Ecology. New York: Prentice hall Press, 1954. 425
- 3 Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Guidelines for life-cycle assessment: a 'code of practice'. Brussels: SETAC, 1993. 11
- 4 British Standard. BS 7750-Specification for Environmental Management Systems. 1992
- 5 European Commission. EMAS standard (EEC Council Order No. 1836). 1993
- 6 European Commission. EU Eco-label scheme (EEC, 1992). 1992
- 7 International Standard Organization. Environmental management-Life cycle assessment principles and framework (ISO/14040). 1997