

绿色设计方法——设计领域发展的新趋势

刘宏菊¹, 杜江², 李成刚², 胡迪青²(1. 江汉石油学院化学工程系, 湖北 荆州 434102; 2. 华中理工大学 CAD 中心, 湖北 武汉 430074)

摘要: 简要地介绍了设计领域发展的新趋势——绿色设计的基本思想, 综述了绿色设计各主要研究领域的现状和问题以及发展趋势, 阐明了我国开展绿色设计的研究与应用的必要性与可行性。

关键词: 环境工程; 设计方法; 绿色设计; 全生命周期工程设计

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000- 6923(1999) 01- 0063- 04

Green design methodology—the new development tendency in design domain. LIU Hong-ju¹, DU Jiang², LI Cheng-gang², HU Di-qing²(1. Department of Chemistry Engineering Jianghan Petroleum Institute, Jingzhou 434102, China; 2. Centre of CAD, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China). *China Environmental Science*. 1999, 19 (1): 63~ 66

Abstract: The idea of green design methodology—the new development tendency in design domain is introduced briefly. The current situation and development of the main domain of green design methodology are summarized. In the end, the importance to study and apply green design methodology is explained in China.

Key words: environment engineering; design methodology; green design; life cycle engineering design

现代设计方法是以提高企业经济效益为目标, 而很少考虑在产品的生产及使用过程中对环境和社会所造成的危害^[1]. 环境问题是关系到人类存亡的大问题, 已引起全世界的广泛关注, 发达国家已率先开始制定有关法规, 迫使制造商回收垃圾并对其产生过程进行处理. 因此, 企业为了自身的发展, 不但要被迫遵守有关法规, 同时, 还要从技术上适应这一状况, 从而使一种新的产品设计方法——全生命周期工程设计 (Life Cycle Engineering Design, LCED) 应运而生. 由于 LCED 的核心是在设计阶段将产品对环境的影响降至最低水平, 即该设计方法面向环境, 因而也称为绿色设计 (Green Design) 方法, 由 LCED 设计的产品称之为绿色产品^[2].

绿色设计的概念是从并行工程 (Concurrent Engineering) 思想发展而来, 其目标是使所设计的产品对社会的贡献最大, 而对制造商、用户和环境的成本最小. 它利用产品全生命周期评估技术 (Life Cycle Assessment, LCA), 对如图 1 所示的从产品原材料的取材与生产到使用、维修及报废的整个生命周期的各个阶段进行分析设计、

全生命周期成本评估, 并将评价结果用于指导设计和制造方案的决策, 将面向不同阶段的现代设计方法统一成为有机整体. 这是在产品阶段就考虑产品整个生命周期内价值的设计方法, 不仅包括产品所需的功能, 还包括产品的可生产性、可装配性、可测试性、可维修性、可运输性、可循环利用性和环境友好性. 此方法的应用, 不但对企业经济效益的提高起到极大地促进作用, 而且必将对不顾环境与社会, 而单纯追求经济效益的生产方式起到极为有效的遏制作用^[3].

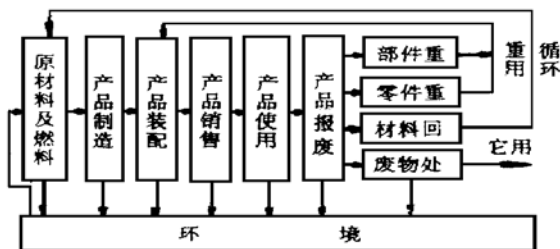


图 1 产品的全生命周期

Fig. 1 The life cycle of product

收稿日期: 1998-06-01

基金项目: 国家自然科学基金 (59775042, 59505009) 及湖北省自然科学基金资助项目 (97J118)

1 绿色设计的国内外现状

要使企业在追求最大经济效益的同时,对社会、环境负责,就必须要有相应的法律来约束企业。因此要发展绿色设计方法,不仅需要技术人员的努力,更需要有相应的法规作保证,迫使企业生产绿色产品。德国、美国等一些发达国家已开始建立以“污染者负担原则”为基本思想的相应法律迫使制造商必须关注所制造的产品对环境的友好性,并为其对环境的破坏付出代价。欧、美等发达国家正在制订更加严格的环境保护法律,强迫制造商回收或循环利用其报废产品。严格的环境立法将迫使制造商改变原有的设计和制造方式,并使产品开发和研究机构及许多国家政府对绿色设计方法引起高度重视^[1,3]

我国也制定了基于“污染者负担原则”的一些法律条款,但相对于发达国家,仍存在较大的差距。在国外,绿色设计在其各个研究领域中的发展并不同步,有的领域还处于定量分析阶段;有的已经比较成熟,有的已取得大量的理论与实践成果,并开发了相应的应用软件,取得可观经济与社会效益^[4]。在国内,绿色设计研究刚刚起步,在制造与装配设计方面还未进行实质性研究。

2 绿色设计的主要研究领域及存在的问题

绿色设计是以环境为核心,利用产品全生命周期评估技术,将现代设计方法中众多的局部设计方法统一为一个有机整体,以达到整体最优。目前主要研究领域有以下7个方面。

2.1 质量功能开发

质量功能开发(Quality Function Development, QFD)是将用户的需求转变成“质量特性”,并利用系统方法设计出最终满足质量要求的产品的一种方法学。QFD目前还只能进行定性分析,不能进行定量分析^[13]。

2.2 材料选择设计

材料选择设计(Design for Material Selection, DFMS)是在产品开发过程中最早、最重要的设计决策,是将环境因素融入材料选择过程

的设计方法。产品所使用的材料、连接方式、能源消耗、可循环利用以及产品的报废处理方式都对环境有显著影响,因此也是考虑环境问题的最主要因素。材料选择需要考虑多种因素,如工程需要、可制造性、性能、环境影响和费用等,但所有这些都必须与产品的可靠性、性能、可维修性以及环境的友好性相一致,使产品整个生命周期内的费用以及对环境的危害最小。Rosy W. Chen等人提出将环境因素融入材料选择过程的方法,但该方法的定性因素较多,且经验起了较大的作用^[1]。

2.3 面向制造与装配设计

面向制造与装配设计(Design for Manufactureability and Assembly, DFMA)是使产品更便于加工、易于装配的设计方法学。它提供了从装配和制造的观点出发分析设计方案的系统化方法,使产品更简化、可靠,而装配和制造费用更少。

美国于1977年首先提出DFMA,该方法主要是通过DFMA分析,化简产品结构,减少零件数目,最终达到降低产品成本、缩短开发周期和提高产品质量的目的。在1990年提出一种新的产品可装配性评价方法,该方法充分考虑了零件的尺寸精度、装配精度、大小和重量,以及操作的重复性、螺纹长度等对装配成本的影响。1991年又提出了在设计早期阶段,对与加工工艺有关的设计改进进行评价和检验;1993年建立了包含装配序列规划、可装配性评价、可制造性评价和重新设计建议等4项模块的产品生产性评价系统;此外在DFMA方面也进行了富有成效的研究工作。目前,在DFMA评价理论与方法的研究方面已取得很大进展,目前已开发许多软件来实现这些方法,且产生了可观的经济效益,但DFMA仅考虑产品的制造与装配问题,没有同时考虑拆卸问题,这不利于报废产品的重新使用与回收^[2,5,6]。

2.4 面向拆卸的设计

面向拆卸的设计(Design for Disassembly, DFD)是一种使产品最容易拆卸并能从材料回收和零件重新使用中获得最高利润的设计方法学。

它研究如何设计产品才能高效率、低成本地进行组件、零件的拆卸以及材料的分类拆卸,以便重新使用及回收. 主要手段有设计更容易拆卸的产品、设计最佳的拆卸规划以及拆卸系统的设计和应用. 对于应用多种不同材料(金属和非金属)组合的复杂产品,只有通过对产品高效率地拆卸、分类,才能从材料回收与零件、组件的重新使用中获得高回报率或利益^[7].

在 DFD 研究领域, Ishii K, Mark M. D. 和 Eubanks C. F. 已建立了产品可拆卸、可回收的经济性评价方法(LASer). 提出产品可拆卸性评价的方法^[8].

2.5 面向循环的设计(DFR)

面向循环的设计(Design for Recycle ability, DFR)是为了提高产品的循环利用能力而进行的设计. 产品费用的 70% 左右在设计阶段就已确定,仅有很少一部分费用可以通过其后各环节的优化来获取收益. 在设计阶段设计利于循环使用的产品是最好的方法(图 1). 为了对 DFR 进行评估,提出循环利用过程费用-收益模型,其评估结果能准确、直观、经济地对绿色设计进行评判,确定回收利用的程度. 但其数据采集工作量大,计算复杂,费用昂贵,并只能对现有产品进行评估,而对新产品的设计、分析所需的大量数据很难获得. 该方法主要是从经济角度出发而未对环境的影响直接评估.

Jan Emblemssvag 和 Bert Bras 提出来的 ABC (Activity-base Costing) 方法是用于估计产品循环利用的费用. 使用 ABC 法能克服全生命周期评估工作量大、缺乏统一标准等缺点,该法很适于决策设计,但要获得动作信息,并对动作进行确定和估计却非常困难^[9].

2.6 全生命周期评估

全生命周期评估(Life Cycle Assessment, LCA)方法是绿色设计的核心,它将诸 DFx 方法组织为一个有机整体,经过反复的设计-评价-再设计-再评价过程,使产品设计在全生命周期达到最优,因此该方法得到很多政府与研究机构的重视^[10]. 1992 年 SETAC (Society of Environment Toxicology and Chemistry) 认为, LCA 的基

本框架由以下 4 个要素构成^[10].

2.6.1 目标定义和范围 包括定义 LCA 的目标,建立产品的功能单元,设定 LCA 的边界等.

2.6.2 详细目录编辑 包括确定产品各个生命周期阶段的全部输入(能源,原材料)和全部输出(产品,副产品,垃圾等).

2.6.3 影响评价 包括将量化详细目录的数据转换成实际环境影响. 影响评价包括 3 个阶段,按对环境影响的方式将垃圾等进行分类;将其对环境的影响进行定量评价与比较.

2.6.4 改进分析 根据影响评价的结果,提出改进设计策略. 目前 LCA 应用比较成功的领域主要在一些使用材料比较简单的简单产品,如喷发胶、清洁剂、摩托车、洗衣机、食品包装等. 对使用多种材料合成的复杂产品进行 LCA 还是一个大难题,有待通过进一步研究而形成比较完善的 LCA 理论和方法^[11,12].

2.7 绿色设计工具软件开发研制

由于绿色设计方法涉及的内容很复杂,因而必须有相应的工具软件借助于计算机的支持才能完成其工作,随着新理论与方法的出现,还需做大量相关软件的研制开发工作. 目前比较著名的软件有斯坦福大学生命周期工程小组开发的内 LASer 1.0; G. Boothroyd 和 P. Dewhurst 开发的 DFA 软件 DFA/Pro 7.1; 匹兹堡绿色工程公司开发的原形软件系统 ReStar. Windsor 大学并行工程系开发的 EDIT 等^[4].

3 小结

3.1 我国应该采取让产品在全生命周期内不产生环境污染的策略,而不是产品产生污染后采取措施消除的策略. 应尽快建立、完善有关法规,研究推广绿色设计方法,该方法不仅对企业可施加约束,还具有十分可观的经济、社会效益,这已被许多事实所证明^[8].

3.2 绿色设计的应用是提高产品质量、降低产品成本、缩短开发周期,使其达到环境保护的要求,并使我国产品满足国际环境保护法律的规定的大力手段. 为了提高我国产品在国际市场上的竞争能力,为了保护并改善生存环境与生态环

境,应尽早开展此项研究与应用工作.

参考文献:

- [1] Kosuke Ishii. Life cycle engineering design [J]. ASME Design for Manufacturability, 1995, 81(3): 39- 45.
- [2] Harjula T, Rapoza B, Knight A W, *et al.* Design for disassembly and the environment [J]. Annals of the CIRP, 1996, 45(1): 109- 114.
- [3] Zhang Daguang, Kuo Tsai-Chi, Zhang C Hong. Life cycle engineering: concepts and researches [J]. ASME Manufacturing Science and Engineering, 1995, MED-Vol 2-2/MH-Vol 3-2: 27- 845.
- [4] Kroll E. Development of a disassembly evaluation tool [A]. Proceedings of the 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference [C]. California, USA. 1996, 18- 22.
- [5] Boothroyd G, Alting L. Design for assembly and disassembly [J]. Annals of the CIRP, 1992, 41(2): 625- 635.
- [6] Xue Yan, Gu P. Assembly/Disassembly sequence planning for life cycle cost estimation [J]. ASME Manufacturing Science and Engineering, 1995, MED-Vol 2-2/MH-Vol 3-2: 932- 957.
- [7] Jovane F, Alting L, Armillotta A, *et al.* A key issue in product life cycle: disassembly [J]. Annals of the CIRP, 1993, 42(2): 425- 451.
- [8] Li Wei, Zhang Chuck, Wang H-P Ben, *et al.* Design for disassembly analysis for environmentally conscious design and manufacturing [J]. ASME Manufacturing Science and Engineering, 1995, MED-Vol 2-2/MH-Vol 3-2: 969- 977.
- [9] Emblemavag Jan, Bras Bert. Activity-based costing in design for product retirement [J]. ASME, Advances in Design Automation, 1994, DE-Vol 69(2): 351- 361.
- [10] Sullivan L John, Young B Steven. Life cycle analysis / assessment [J]. Advanced Materials & Processes, 1995(2): 37- 40.
- [11] Zussman E, Kriwet A, Seliger G. Disassembly-oriented assessment methodology to support design for recycling [J]. Annals of the CIRP, 1994, 43(1): 9- 14.
- [12] Postlethwaite Dennis. Recent developments in LCA and critical issues [J]. ASTM Special Technical Publication. 1995, 1218: 332- 347.

作者简介: 刘宏菊(1967-),女,湖北荆州人,华中理工大学环境工程系讲师、硕士生,主要从事环境工程方面的教学与研究工作.曾参加石油天然气总公司项目“油气开采中污水污泥的深度处理和利用研究”、“过滤、絮凝实验装置研制”获江汉石油学院优秀实验技术成果一等奖(1997年),发表论文7篇.