

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2013.02.010

# 产品生态设计的关键技术及方法

戴宏民<sup>1</sup>, 戴佩燕<sup>2</sup>, 周均<sup>1</sup>

(1. 重庆工商大学 绿色包装研究所, 重庆 400067; 2. 重庆青年职业技术学院 图书馆, 重庆 400070)

**摘要:** 欧盟的 EuP 指令提高了机电产品的准入门槛, 在欧盟范围内建立起了新的贸易壁垒, 而 EuP 指令的核心要求就是产品生态设计。产品生态设计的关键技术包括生命周期评价、原材料选用技术、结构设计技术、生产工艺设计、绿色包装设计 & 绿色成本分析等。我国机电产品生产企业可通过产品结构 & 设计、产品生态识别、产品生态诊断、产品生态指标确定、产品生态评价等方法, 达到产品生态设计的核心要求。

**关键词:** 生态设计; 生命周期评价; 生态指标; 生态评价; 绿色成本分析

中图分类号: TB472

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2013)02-0045-07

## The Key Technologies and Design Methods of Product Eco-Design

Dai Hongmin<sup>1</sup>, Dai Peiyan<sup>2</sup>, Zhou Jun<sup>1</sup>

(1. Green Packaging Institute, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;

2. Books and Information Office, Chongqing Youth Professional Technology College, Chongqing 400070, China)

**Abstract:** The EU EuP directive enhances the electromechanical admittance threshold, and establishes new trade barriers within the European Union, while the core requirement of EuP directive is the product of ecological design idea. The key technologies of product ecological design include life cycle assessment, selection technology of raw material, structural design technology, production process design, green packaging design and green cost analysis etc.. Mechanical and electrical product manufacturers in China can achieve the core requirements of product ecological design through product structure design, ecological product identification, product ecological diagnosis, confirmation of product ecological index and ecological product assessment.

**Key words:** ecological design; life cycle assessment; ecological index; ecological evaluation; the green cost analysis

## 0 引言

2007年8月, 欧盟继《关于在电子电气设备中限制使用某些有害物质指令》《关于报废电子电气设备指令》和《关于化学品注册、评估、授权与限制制度》之后, 又出台了《用能产品生态设计框架指令》(Energy-Using Products Ecological Design Framework

Instruction, 以下简称 EuP)。2009年7月和2010年3月, 欧盟又相继颁布了电冰箱、电视机和洗衣机生态设计的实施措施, 其它各类用能产品(指使用后还必须供给能源的产品)的生态设计实施措施也将在其后陆续颁布。

EuP 的核心要求: 一是为减少产品在整个生命周期中对环境的负面影响, 预先确定产品生命周期可

收稿日期: 2012-10-30

作者简介: 戴宏民(1939-), 男, 浙江奉化人, 重庆工商大学教授, 主要从事绿色包装工程方面的研究,

E-mail: Daihm812@126.com

能造成的环境影响和使用成本,产品须进行生态设计(或称生命周期设计);二是强调节约能源,从源头减少对环境的污染。为此,电视机等电器以使用阶段耗电量为主要指标,包括减少开机、待机/关机、峰值亮度比等能耗,提高产品能效,确保欧盟的能源供应和减少对环境的影响<sup>[1]</sup>。

欧盟的EuP指令提高了机电产品的准入门槛,它通过进行生态设计要求、一致性评估要求(生产商对产品满足EuP指令实施措施的要求所进行的自我评估)以及CE标签认证要求,在欧盟范围内建立起新的贸易壁垒,从而在全世界掀起了一股巨大的绿色风暴。这场绿色风暴对占欧盟出口机电产品80%的中国企业产生了巨大的冲击,有可能给中国家电业带来500亿元的损失<sup>[2]</sup>。因此,对于中国企业来说,这是一场全面的挑战和严峻的考验。本文拟就生态设计特点、生态设计的必要条件、生态设计的关键技术以及生态设计的方法和步骤进行研讨,以期为中国企业应对EuP指令所带来的新的贸易壁垒提供一定的帮助。

## 1 生态设计的特点及必要条件

生态指的是生物在一定自然环境下生存和发展的状态。生态环境是对影响人类生存与发展的水资源、土地资源、生物资源以及气候资源的总称。现阶段导致生态环境恶化的主要原因是资源的不合理利用。

生态设计又称为产品生命周期设计,指将环境因素纳入产品的设计之中,并以此确定设计决策的方向。生态设计的目标就是通过合理利用资源,减少资源能源损耗,生产出资源利用率最高、污染物排放最少的生态产品,从而使环境得到保护和资源可持续发展<sup>[3-5]</sup>。

### 1.1 生态设计的特点

1) 在生命周期的全过程中设法提高产品的环境性能。产品设计人员使用生命周期评价(life cycle assessment, LCA)对产品生命周期各个阶段可能产生的环境影响因素进行分析,寻求减少环境影响的方案,并将其纳入改进产品设计或新的产品设计中。因此,生态设计是一种由污染末端治理转变为源头预防的重要策略。

2) 强调节约能源和资源。能源和资源的消耗是污染产生的根本原因,只有减少资源,尤其是能源的消耗,追求生态效率(指生态资源用于满足人类需要的效率)最高,才能有效提高产品的环境性能。故EuP将衡量能耗水平的能效系数(表示产品能源

效率的系数,通常以等级标识标签向消费者提供选择高效节能产品的信息<sup>[6]</sup>)作为电冰箱、洗衣机等家用电器生态设计的一项重要指标。

3) 变革传统设计理念。传统设计以经济性能为中心,设计过程中主要考虑产品的性能、质量、工艺、成本等因素。生态设计则既要考虑产品的经济性能,又要考虑产品的资源环境性能;在设计因子方面,除了要考虑传统设计因子外,还需引进体现生态特性的生态因子,如空气污染排放( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ 排放等)、水污染排放、固体废弃物排放、金属离子排放以及资源、能源消耗等环境干扰因子。

### 1.2 生态设计的必要条件

产品生态设计要求在产品开发的所有阶段均考虑环境因素,从产品的整个生命周期减少对环境的影响,最终引导产生一个具有可持续性的生产和消费系统<sup>[8]</sup>。因此,企业为开展生态设计,必须具备以下条件:

1) 建立环境管理体系,通过ISO14000认证。ISO14000是国际环境管理标准,它通过建立环境管理体系,达到保护环境、预防污染和持续改进的目的。通过ISO14000认证是实行生态设计、生产生态产品的最基本保证。ISO14000须通过和取得第三方认证机构的认证,向外界证明其环境管理体系的符合性和环境管理水平。

2) 搭建生态化设计平台。一是改变传统串行设计,采用并行工程模式设计。并行工程是在概念设计初期就综合考虑产品的结构、材料、包装、制造、使用乃至废弃后的回收处理全过程,是一种具有平行作业、集成一体、重点关注产品环境属性等特点的系统设计模式。与传统串行设计相比,其特点是进行了人员集成(设计、材料、工艺、环境工程师和销售、服务、操作人员及客户代表进行交叉和并行作业)、信息集成(产品生命周期全过程中各类信息的获取、表达、表现和操作工具等集成于一体,组成产品统一的信息和数据管理系统)和过程集成(把时间上有先后顺序的处理过程转化为同时考虑)<sup>[9]</sup>。其目的则是能及早发现问题,从而缩短开发周期,提高产品质量,降低生产成本。二是以LCA作为重要的设计工具。生态设计的目标是设计环境性能优良的生态产品,需对产品生命周期各个阶段的环境影响进行分析。可引进LCA的商用软件,如Boustead 4.2, Simapro Ver.4.0等,或结合产品及生产特点自行开发LCA软件。同时,要认真收集和积累产品在生命周期全过程中对资源、能源的消耗(投入)和对环境排放污染的数据,并建立起产品清单分析数据

库,供LCA影响评价使用。

3) 强化绿色材料供应链。限制使用存在有害物质的原材料是生态设计的源头措施。国内企业前几年为应对欧盟《关于在电子电气设备中限制使用某些有害物质指令》(2005年颁布)和《关于化学品注册、评估、授权与限制制度》(2007年颁布)已建立起绿色材料供应链(绿色替代材料增加的材料与管理运作成本一般高出原材料的5%~10%<sup>[10]</sup>),目前则需进一步完善和稳定上下游企业的长期合作关系。

4) 逐步建立生命周期管理制度。生态设计强调从生命周期全过程提高产品的环境性能,因此,根本的方法是使生产企业在产品生命周期各阶段及生产的各环节加强对资源、能源和环境的管理,建立起企业自己的生命周期管理制度<sup>[10]</sup>。其具体做法可将已有的环保、安全、卫生管理作业系统进行整合,使之能持续实现清洁生产,从而使绿色生态产品的生产具有可靠的保障。

## 2 生态设计的关键技术

### 2.1 生命周期评价

生命周期评价是产品生态设计的主要工具。LCA对产品生命周期全过程的投入及排放对环境的影响进行评价,由此能发现污染最严重的阶段和环境干扰因子,从而可寻找改善环境影响的机会,提高产品的环境性能。

LCA的技术框架由目标和范围界定、数据清单分析、影响评价、结果解释4部分组成。其中清单分析是通过收集数据,对产品、工艺在其整个生命周期各阶段的资源、能源消耗和向环境的“三废”排放所进行的数据量化分析。影响评价是通过分类、特征化、量化“三步走”模型,对清单分析中对环境可能产生影响或造成环境问题的全部输入、输出数据进行定量评价<sup>[11]</sup>。

### 2.2 原材料选用技术

生态材料首先应满足其成份及含量不对人体造成危害的要求。对于有害物质(如铅、镉、汞和六价铬,氯乙烯单体、多氯联苯、偶氮及挥发性有机物等)超标、在生产中排放时可能对环境产生严重负面影响的原材料,需换用适合的代用材料。

生态材料强调不破坏生态,是可再生及再生速度快的资源;或是可回收再使用、回收再生(包含直接回收再生、改性回收再生、化学回收再生、能源回收再生等)的原材料;或是可自行降解,可进行堆肥化处理,生产腐质肥的原材料。使用再生材

料较使用新材料不仅能减少其生产过程中60%的能源,还能节约大量的基础原料。生态设计还强调量化,从而降低资源和能源消耗,减少废弃物产生。

生态设计原材料的选用程序,一般应在保证实现产品功能和技术要求的前提下,考虑材料在整个生命周期中的污染排放、能量消耗以及回收性等环境性能,同时还要考虑材料的经济性,通过综合比较,择优选之。

### 2.3 结构设计技术

生态产品的结构设计不仅关系着产品功能的实现,而且关系着影响产品环境性能的材料使用量、产品维修性及废弃后的回收性。

#### 1) 减量化设计

生态设计遵循“简而美”原则。减少资源消耗,能耗和废弃物也就减少。故在不影响功能的情况下,产品应小型化,去除多余功能,减少产品零部件数量,用按扣式连接方式减少紧固件数量;同时采用轻质材料,减轻产品质量,减少不必要的装潢涂层。

#### 2) 可拆卸设计

生态设计要求产品结构设计充分考虑产品的拆卸性能,以便于产品使用过程中的维修以及废弃处理时的回收。可拆卸设计应遵循结构可拆卸原则、拆卸易于操作原则和产品结构可预估性原则。

#### 3) 节能设计

EuP强调节约能源,减量化设计、可拆卸设计和可回收性设计均可节约能源,但从提高产品能效出发进行节能设计更直接有效。如金切机床的各种功能中,主轴、冷却单元、冷却液、伺服驱动、液压5个主要分系统耗用了88%的电力,而耗用的电力中只有25%直接用于切削加工。因此,可通过合理确定各数控轴的电动机类型和功率,选用高能效的液压和气动装置,提高加工过程的效率。亦可借助人机过程提高机床的易操作性,还可采用LED照明及节省能源的冷却装置,减少待机、空转时间等以提高机床能效<sup>[12]</sup>。

#### 4) 模块化设计

模块化设计指对不同功能、性能、规格的产品在功能分析基础上划分出一系列功能模块,再通过选择与组合模块,构成不同的产品,形成产品系列。生态设计实行模块化可使模块中的零部件或材料在产品达到预期寿命时回收并重复利用,或在升级时通过更换某模块而使产品升级,以减少开发费用。同时,在产品出现故障时,也便于通过更换模块缩短停工时间,从而达到节约资源与成本、减少废弃物、保护环境的目的。

### 5) 可回收性设计

指充分考虑零件或材料的回收性,包括回收难易程度、(重用或再生时的)回收处理方法、回收价值和回收成本等有关问题,以实现资源能源利用最大化和环境污染最小化。可回收性设计要着重考虑并解决可回收的工艺与方法、可回收材料标识、回收成本分析等问题。

## 2.4 生产工艺设计

生态包装要求实行清洁生产。清洁生产通过采用节省原材料和能源,不使用有毒原材料,减少“三废”排放等工艺技术,预防和削减产品在整个生命周期内对环境产生的负面影响。

清洁生产的核心是实现“清洁”,即在生产过程中,保证清洁的能源和原材料、清洁的生产工艺过程和清洁的产品。清洁的生产工艺过程须通过审计、绘制工艺流程图,列出工艺流程中每一操作单元的名称和功能,测算每一操作单元的物料和能量平衡,从中确定废弃物的数量、成份、去向;再依据物质守恒定律,分析和确定物料和能量损失的原因,并提出多个改进方案,筛选评估,对重点方案从技术、环境、经济等方面进行可行性分析,并选定最佳方案。

清洁生产工艺的最终目的是建立生产闭合圈,即将加热中挥发或沉淀的物料,或在生产过程中由管道或设备中滴漏或流失的物料进行回收,并返回到工艺流程中或经适当的处理后作为原材料回用,或将废料经处理后作为其它企业或其它生产过程的原料应用<sup>[11]</sup>。

## 2.5 绿色包装设计

生态设计要求为产品进行绿色包装。绿色包装设计应达到如下5个方面的要求:1)包装材料(含辅助材料)中不应含有超过国际和国内有关法规规定的重金属、有害元素、病菌等对人体有害的成份;2)实行减量化,在满足功能、制造、销售等要求的前提下,应尽量使材料的使用最少;3)包装的性质须可再利用或再生,或可自行降解,从而节省资源,并使废弃物最少;4)在整个生命周期中,不对环境造成危害;5)包装产品应获得生态环境标志。

## 2.6 绿色成本分析

绿色成本分析是在传统成本项目基础上考虑资源环境得失(联合国环境与综合经济核算体系提出应考虑3个变量,即资源耗减、环境保护支出和环境退化成本)后的核算。在对绿色成本核算尚无成熟的计算方法前,生态产品的成本核算在传统项目基础上,至少应考虑因减量化、节约能源资源和节约

人力及时间而带来的收益,因资源回收和再利用的收益,因减少对环境污染而带来的环保收益等。

## 3 生态设计的方法

生态设计以并行工程为设计思想,以LCA为重要设计工具,设计步骤可分为6步。

### 1) 产品结构设计

按照生态设计关键技术中有关原则选用原材料,进行结构设计和工艺设计。但这仅为初步的设计,还需按照生命周期评价法对初步设计的产品进行生态辨识、生态诊断、生态指标确定和生态评价<sup>[8]</sup>,以评估和提高产品的环境性能。

### 2) 产品生态辨识

按照LCA的技术框架,产品生态辨识的重点是清单分析和影响评价,以便对产品在整个生命周期各阶段内影响生态环境的环境干扰因子及影响大小、造成的主要环境问题及总体环境影响潜值进行量化识别。

EuP指令中规定产品生命周期应包括原材料选择和使用阶段,产品制造阶段,产品包装、运输和销售阶段,产品安装和维护阶段,产品使用阶段,产品废弃及回收阶段等6个阶段。而每个阶段都必须确定以下5个主要的环境影响和环境问题(或称产品特征值):材料、能源、淡水和其它资源的消耗情况;可能向空气、水和土壤所造成的排放;通过物理影响(噪声、振动、辐射、电磁波等)可能引起的环境负担;可能产生的废弃物数量;材料/能源再使用、循环和利用的可能性。

### 3) 产品生态诊断

根据产品生态辨识,可分析出产品在各阶段的资源消耗情况、对外排放的环境干扰因子(包括物理影响引起的环境负担)、可能对环境造成的影响(含产生的废弃物数量)、产生环境影响最严重的阶段、每个阶段的主要环境影响和环境问题(产品特征值)。据此可分析判断产品中耗能大、产生废弃物严重、对环境影响最大的阶段及工序(环节),以及耗能和产生污染最严重的零部件。然后,针对对环境影响最大的阶段、工序及零部件,或改变产品零部件结构,或改变零部件材料成份,或改变生产工艺,从而制定出新的产品设计和生产工艺方案。

### 4) 确定产品生态指标

在产品生态辨识和生态诊断的基础上,考虑消费者的环境期望,制定出产品应达到的生态指标,即产品进入市场的具体生态规范。如丹麦GRAM电冰

箱厂通过LCA,发现电冰箱在使用阶段对资源和能源的消耗最大;在用后处理阶段,其制冷所需的氟利昂对臭氧层破坏和全球变暖的影响最大,因而将使用时的低能耗和制冷中的无氟确定为电冰箱的生态指标<sup>[13]</sup>。此后,无氟、低耗电冰箱受到市场欢迎,企业因此获得了巨大的经济效益。2009年,欧盟发布了家用洗衣机能耗标签和生态设计的企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ErP)实施条例。该条例以使用阶段的耗电量和耗水量为主要指标,规定了家用洗衣机的一般生态设计要求和特定生态设计要求:前者要求产品设计提供使用水温40℃及60℃两个常规清洗脏污棉织物的工作程序(即“标准棉织物洗涤程序”),这些工作程序应清晰地标识在家用洗衣机显示面板的程序选择上,且必须在产品使用手册中注明;后者则要求能源效率指数(energy efficiency index, EEI)小于68,能效达到A级及以上,耗水量 $W_t<5\times C+35$ ,其中C为两个标准棉织物洗涤程序在满载时额定容量的较小值,对于额定容量大于3 kg的洗衣机,洗涤效率指数 $I_w$ 大于1.03,而额定容量小于3 kg的洗衣机,则 $I_w$ 大于1.00。同时规定3 a后洗衣机能效达到A级以上,即EEI小于59,而耗水

量 $W_t<5\times C_{1/2}+35$ ,其中 $C_{1/2}$ 为60℃标准棉洗涤程序与40℃标准棉洗涤程序在一半负载时额定容量的较小值<sup>[14]</sup>。

欧盟在家用冰箱ErP指令《关于家用制冷器具生态设计要求》对有效容积大于等于10 L的压缩式制冷设备的能源效率指数作了规定:2010年7月1日起EEI小于55,2012年7月1日起EEI小于44,2014年7月1日起EEI小于42;对吸收式及其他类别制冷器具的能源效率指数作了规定:2010年7月1日起EEI小于150,2012年7月1日起EEI小于125,2015年7月1日起EEI小于110<sup>[15]</sup>。

欧盟在欧盟委员会(European Council, EC)法规No 642/2009指令“电视机的生态设计要求”的实施措施中对电视机在不同状态下的能耗作出了规定,如表1和表2所示。对峰值亮度比的规定为:从2010年8月20日起,对于不带初始设定菜单的电视机,制造商交货时电视机在开机状态的峰值亮度不应小于电视机所提供最高亮度开机状态的峰值亮度的65%;对于带有初始设定菜单的电视机,家庭模式状态下的峰值亮度不应小于电视机所提供最高亮度开机状态的峰值亮度的65%<sup>[1]</sup>。

表1 电视机开机能耗限值  
Table 1 The energy limiting value of television set when turning on

类别	2010年8月20日		2012年4月1日
	全高清	其他	所有类别
电视机	$20W+A\times 1.12\times 4.3224\text{ W/dm}^2$	$20W+A\times 14.3224\text{ W/dm}^2$	$16W+A\times 3.4579\text{ W/dm}^2$
电视监视器	$15W+A\times 1.12\times 4.3224\text{ W/dm}^2$	$15W+A\times 4.3224\text{ W/dm}^2$	$12W+A\times 3.4579\text{ W/dm}^2$

表2 电视机待机/关机能耗要求  
Table 2 The energy requirements of television set when standby/close

能耗类别	2010年1月7日	2011年8月20日
a) 关机	不超过1 W	不超过0.3 W; 带有易视开关的电视机不超过0.5 W
b) 待机	仅提供重新激活功能的不超过1 W; 提供信息或者状态显示功能的不超过2 W	仅提供重新激活功能的不超过0.5 W; 提供信息或者状态显示功能的不超过1 W
c) 关机/待机模式	电视机在连接到主电源时应具有关机和/或待机模式,和/或不超过关机和/或待机模式能耗要求的其他模式	电视机在连接到主电源时应具有关机和/或待机模式,和/或不超过关机和/或待机模式能耗要求的其他模式
d) 自动掉电功能	无要求	电视机应提供以下功能并设置为缺省:在最后一个使用者交互操作和/或转换频道后4 h内,开机模式自动转化为待机、关机状态或不超过待机/关机能耗要求的其他状态;在自动切换到上述模式前显示警告信息
e) 附加功能单元	对包含显示器,一个或者多个调谐器/接收器,以及作为单独部件的用于数据存储和/或显示的附加功能(如DVD、HDD或VCR)的电视机,其附加功能单元分别适用以上a~c的要求	对包含显示器,一个或者多个调谐器/接收器,以及作为单独部件的用于数据存储和/或显示的附加功能(如DVD、HDD或VCR)的电视机,其附加功能单元分别适用以上a~d的要求

欧盟对电视机实施生态设计前后的电能消耗进行了对比: 2007 年欧洲与电视机相关的电能消耗为  $60 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , 相当于  $24 \times 10^6 \text{ t}$  二氧化碳的排放。如果不采取任何措施, 到 2020 年由此引发的电能消耗预计将增至  $132 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。实施生态设计后, 预计到 2020 年将节约  $28 \text{ kW} \cdot \text{h}$  的电能, 从而有效减少能耗过大对环境的破坏和影响<sup>[1]</sup>。

#### 5) 产品生态评价

产品生态诊断后, 对改进的新方案还需再次进行生命周期评价。评价后的结果若达到同类产品的生态指标要求, 则完成生态设计; 若仍未达到同类产品的生态指标要求, 则需继续改进产品的原材料、结构和生产工艺, 并再一次进行生命周期评价, 直到达到同类产品的生态指标要求为止。

EuP 指令公布后, 台湾福华电子有限公司积极应对, 对电脑鼠标进行了若干创意生态设计。改进点主要有<sup>[10]</sup>:

**蚀刻式标签设计** 将产品名称、公司、LOGO、电磁、安规等检验证明, 蚀刻在鼠标下盖上(如图 1 所示)。既减少了标签纸, 又节省了  $2/3$  的油墨用量。

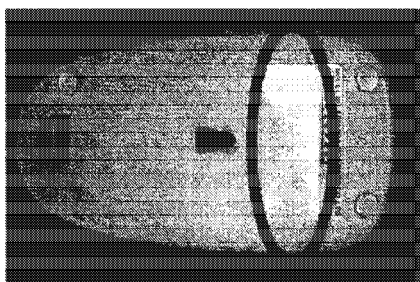


图 1 蚀刻式标签设计

Fig. 1 The designing of label with etching

**减量设计** 采用蚀刻或镂空工艺, 在鼠标上盖刻印 LOGO 或其它浮雕图案; 同时将鼠标的壁厚减至  $0.2 \text{ cm}$ , 从而实现材料减量化(如图 2 所示)。

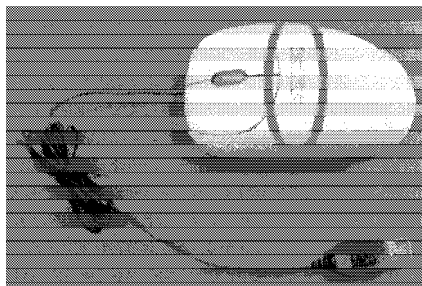


图 2 减量设计

Fig. 2 The designing of reduce

**卡榫设计** 将鼠标外壳设计为卡榫式, 用拇指轻轻一扳, 即可迅速拆解外壳。这不仅减少了原上下盖结合的螺丝, 而且减少了组装工时, 提高了生产效率(如图 3 所示)。



图 3 卡榫式快拆设计

Fig. 3 The designing of tenon type

#### 6) 产品绿色成本分析

在对产品成本进行传统核算的基础上, 企业还需考虑因减量化, 因节约能源、人力与时间, 因资源回收和再利用, 因减少对环境的污染等而带来的环保收益。

## 4 结论

1) EuP 指令催化生态设计时代的到来。生态设计符合人类保护环境与可持续发展的崇高目标, 我国必须积极适应这一要求, 企业应及早为生态设计创造必要条件, 搭建生态化设计平台。

2) 生命周期评价是产品生态设计的主要工具。为此, 我国企业当前面临的一项重要工作就是收集并积累各类产品的投入、排放的数据清单, 并建立企业产品的清单数据库。

3) 本文推出的产品生态设计六步法仅针对一般情况。各企业可根据产品及生产工艺特点, 自行制定最合适的产品生态设计程序, 开展创意生态设计, 并开发编制具有产品特色的生态设计软件。

4) 产品生态设计是一个逐步完善的过程。各企业可就产品的生态指标要求(如无氟、限制耗电量等)和结构特点, 选择对产品生态指标影响最大的零部件入手, 先易后难, 从容易改进并取得明显效果的零部件入手实施生态设计, 再逐步完善之。

#### 参考文献:

- [1] 郭志. 欧盟 EuP 指令电视机生态设计的实施措施解析及应对[J]. 电器, 2009(9): 62-63.  
Guo Zhi. The EU EuP Directive Television Ecological Design Implementation Measure Analysis and Response[J]. Electrical Equipment, 2009(9): 62-63.
- [2] [佚名]. 欧盟能耗标准再提高 所针对产品 80% 来自中国[EB/OL]. [2012-07-10]. <http://www.infzm.com/content/22330>.  
[Anon]. The EU Energy Consumption Standards to Improve for Product 80% from China[EB/OL]. [2012-07-10]. <http://www.infzm.com/content/22330>.

- www.infzm.com/content/22330.
- [3] 戴宏民,戴佩燕,周 均. 欧盟新绿色壁垒的主要内容、特点及对策[J]. 包装学报, 2013, 5(1): 43-47.  
Dai Hongmin, Dai Peiyan, Zhou Jun. The Main Contents, Characteristics of the New EU Green Barriers and Countermeasures[J]. Packaging Journal, 2013, 5(1): 43-47.
- [4] 戴宏民,戴佩燕. 中国绿色包装的成就、问题及对策: 上[J]. 包装学报, 2011, 3(1): 1-6.  
Dai Hongmin, Dai Peiyan. Achievements, Problems and Countermeasures of Chinese Green Package: Part One[J]. Packaging Journal, 2011, 3(1): 1-6.
- [5] 戴宏民,戴佩燕. 中国绿色包装的成就、问题及对策: 下[J]. 包装学报, 2011, 3(2): 7-13.  
Dai Hongmin, Dai Peiyan. Achievements, Problems and Countermeasures of Chinese Green Package: Part Two[J]. Packaging Journal, 2011, 3(2): 7-13.
- [6] [佚名]. 百度: 百科名片: 生态[EB/OL]. [2012-09-20]. <http://baike.baidu.com/view/10382/2012-3-28>.  
[Anon]. Baidu: Quotation from Encycloaepedi: Ecological [EB/OL]. [2012-09-20]. <http://baike.baidu.com/view/10382/2012-3-28>.
- [7] 戴宏民,戴佩华. 我国绿色包装“两步走”发展方案研究[J]. 中国包装, 2009(4): 5-7.  
Dai Hongmin, Dai Peihua. Research on “Two-Step” Development Program of China Green Packaging[J]. China Packaging, 2009(4): 5-7.
- [8] 杨建新. 产品生态设计的理论与方法[J]. 环境科学进展, 1999(2): 12-15.  
Yang Jianxin. Product Ecological Design Theory and Method [J]. Advances in Environmental Science, 1999(2): 12-15.
- [9] 李建平. 基于产品全生命周期的绿色设计一般理论和方法[J]. 重庆职业技术学院学报, 2006(5): 44-46.  
Li Jianping. Based on Full Lifecycle of Product Green Design General Theory and Method[J]. Journal of Chongqing Vocational and Technical College, 2006(5): 44-46.
- [10] 刘志峰,高 洋. 应对欧盟 EuP 指令的绿色设计方法及其关键技术[J]. 电子质量, 2009(2): 22-24.  
Liu Zhifeng, Gao Yang. To Deal with the EU EuP Directive Green Design Method and Its Key Technology[J]. Electronic Quality, 2009(2): 22-24.
- [11] 戴宏民. 包装与环境[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2007: 80-125.  
Dai Hongmin. Packaging and the Environment[M]. Beijing: Printing Industry Publishing House, 2007: 80-125.
- [12] 张 曙,卫汉华,张炳生. 机床的节能和生态设计[J]. 制造技术与机床, 2012(6): 8-12.  
Zhang Shu, Wei Hanhua, Zhang Bingsheng. Machine Energy Saving and Ecological Design[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2012(6): 8-12.
- [13] 杨建新,徐 成,王如松. 产品生命周期评价方法及应用[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 40-45.  
Yang Jianxin, Xu Cheng, Wang Rusong. Methodology and Application of Life Cycle Assessment[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2002: 40-45.
- [14] 周树华,张 欢,潘 洋. 欧盟洗衣机能效通报及中国应对措施[J]. 轻工标准与质量, 2012(2): 23-25.  
Zhou Shuhua, Zhang Huan, Pan Yang. The Washing Machine Energy Bulletin and Chinese Countermeasures[J]. Standard and Quality of Light Industry, 2012(2): 23-25.
- [15] 付志平. 欧盟 EuP 指令冰箱生态设计要求解析[J]. 电器, 2009(11): 34-36.  
Fu Zhiping. The EU EuP Directive Refrigerator Ecological Design Requirements Analysis[J]. Electrical Equipment, 2009(11): 34-36.

(责任编辑: 蔡燕飞)