

# 形式追随“可持续”：生命周期评价在工业设计中的应用

## Form Follows “Sustainability”: Life Cycle Assessment Application in Industrial Design

哈尔滨工程大学机电工程学院 > 王姝懿 WANG Shuyi

**摘 要：** 文章从可持续设计理念出发，对可持续设计的现实意义及设计趋势、生命周期评价的理论框架和基本方法进行了简要阐述；另一方面，从设计形式出发，并着重总结阐释了生命周期评价在材料选择与评价、再设计与评价及设计方案选择评价方面的应用。

**关 键 词：** 可持续设计 LCA应用 工业设计

**检 索：** www.artdesign.org.cn

**Abstract：** On one hand, this paper is based on the concept of sustainable design, it briefly describes the practical significance of sustainable design and design trends, life cycle assessment theory and the basic methods of it. On the other hand, from the form perspective, this paper particularly focuses on LCA application in material selection and evaluating, redesigning and evaluating, and designing alternatives and evaluating.

**Keywords：** Sustainable Design, LCA Application, Industrial Design

**Internet：** www.artdesign.org.cn

### 一、背景

进入20世纪以来，世界发生了翻天覆地的变化：科学技术突飞猛进，社会生产力极大提高，经济规模空前扩大，物质极大丰富。然而，与此同时，人与自然的关系也在急剧的恶化，资源面临枯竭，污染日趋严重，环境资源问题成为全世界面临解决的主要问题。我国坚持将可持续发展作为国家的一项基本国策，党的十八大着重提出大力推进生态文明建设，着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展。<sup>[1]</sup>工业设计作为工业生产与产品物化的重要环节，在提高人类生存的物质环境和生产生活

方式方面起到了关键性作用。此外，环境和社会经济协调发展的问题、绿色贸易壁垒问题以及消费者生态意识的增强促使可持续设计思想成为设计发展的主流趋势。随着绿色设计（可持续设计）理论、Design for X<sup>[2]</sup>（面向环境的设计、面向可拆装的设计、面向回收的设计等）等设计方法论的完善与生产工艺技术的提高，闭环产品系统设计带来的环境——社会——经济效益将不容小觑。LCA被认为是评价可持续产品最全面的分析工具，因此，将生命周期评价作为在产品评价的一个重要权衡标准，对设计材料的选择、产品再设计等方面进行量化是十分有必要的。

## 二、生命周期评价(LCA)

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(Life Cycle Assessment/LCA)是一种从产品的原材料提取与加工、产品制造、运输以及销售、产品的使用、再利用和维护,废物循环和最终废弃整个生命周期环境负荷的评价。1997年ISO14040提出生命周期评价是对产品以及加工体系在其整个生命周期所有过程中对环境造成潜在影响汇总的评价方法。<sup>[3]</sup>

ISO14040将生命周期评价的基本构成分为四个部分:即目标与范围的界定;清单分析;影响评价和解释四个步骤。清单分析就是将原材料的能量输入、气体释放、水体污染、固体废物和产品生命周期各阶段的其他输入输出进行量化并以清单表的方式排列出来的形式。根据ISO14040,清单分析的过程包括数据的收集准备、收集、计算和分配4个步骤。影响评价的是根据清单分析的结果对潜在环境影响的程度进行评价,是LCA的核心阶段,也是最困难繁复的环节。“解释”是对所产生的LCA数据的结果进行分析解释,找到产品对环境影响最大的环节,并针对相关环节进行剖析,最后提出相应的可持续设计改进方案建议。

## 三、生命周期评价在工业设计中的应用

产品设计意味着设计人员与参加者的一系列的决定和选择,包含从材料选择到生产工艺,确定相关的外观、形式及对产品功能的选择。设计团队在产品设计及开发过程中每个设计决策和选择都将影响到产品系统的环境友好程度。LCA被认为是评价产品绿色度最全面的分析工具。传统的产品设计建立在成本-利润的基础上,通过降低成本实现高利润,是开环的材料生命周期循环。将LCA嵌入产品设计过程,对产品生命周期系统加以鉴定、评估,将促进产品实现从开环到闭环的过程的转变,进而实现产品的可持续设计。

### (一)设计材料选择与评价

从原材料的获取到加工再到最后的处置及回收再利用,可持续设计中对材料的选择影响产品生命周期中的每个环节对环境的影响。对于产品材料和应用的研究重点是可持续材料的评价与选择,国内外学者也已经在这方面做了不少的研究与工作,提出了一些评价和选择方法。能量消耗可以通过材料耗能表<sup>[4]</sup>、荷兰劳动监察部提出的MAC值法<sup>[5]</sup>进行判断。生命周期评价法是国际上普遍认可的用于评价环境影响的技术,该方法能够评估从制造、运输、使用、循环到处理阶段整个生命周期的材料性能。通过生命周期评价法评估并比较油地毯、乙烯树脂、固

体木质地板3种不同地板材料,结果表明固体木质地板最环保。Maria D.Bovea, Rosario Vidal利用生命周期评价方法对标准刨花板、低甲醛刨花板、标准纤维板等木质板材进行评价,结果证实低甲醛刨花板的环保可用性较强。

Zuoren Nie和Tieyong Zuo概括总结选择绿色材料时应该注意以下几个原则:(1)尽量无毒无害,从其化学稳定性及对生物多样性的影响,温室效应影响和臭氧层的影响等方面来衡量;(2)整个生命周期对能量和资源消耗都很低;(3)是可循环、可重复利用、容易回收的材料;(4)材料结构稳定可靠、利用率高;(5)能对减少环境污染、保护净化环境等起到积极有效作用的材料。<sup>[6]</sup>此外,在可持续设计发展的语境上,材料的可持续性除了体现在环境的可持续上,还体现在材料的经济可持续性、本土化等特征。

### (二)再设计与评价

产品设计本身是一个不断完善的过程,再设计通过对原有产品在适当继承的基础上再次创新,实现产品的优化与其整体价值的提升。再设计最常见的情况是为了满足新需求而对现有产品进行修改。<sup>[7]</sup>传统产品设计常以改变外观、功能为中心,进而满足消费者及市场需求,对后续产品使用过程中的资源消耗以及对环境的影响等生态问题相对考虑较少。<sup>[8]</sup>可持续性设计思想着眼于现代技术与生产所引起的环境与生态破坏,弥补传统设计的不足,在节约能源、减少排放与材料消耗方面提出了更高要求,使所创造的产品既能满足人类的要求,又能适应环境与可持续发展的要求。

基于LCA的产品再设计是立足于环境可持续性设计思想的。通过对产品的全生命周期的各个环节的量化,形成清单分析并通过分析软件得出环境影响指数,指出对环境影响较大的环节,再对相应的环节进行再设计。需要注意的是,再设计的同时要严格依照国际及国家相关标准,必要时再次使用生命周期评价验证是否达到预计要求。除此之外,产品的再设计还可依照相关的设计原则及设计方法,如面向环境的设计、面向可拆装的设计、面向回收的设计等设计思想原则,对其材料、结构、工艺等改良,通过再设计的手段实现资源的节约、高效与充分利用,促进环境向着可持续的方向发展。

### (三)设计决策与评价

由于LCA数据库还不够成熟,在产品设计的初步概念设计阶段,目前还没有一个十分明确的针对方案选择与设计评价的LCA评价方法,但是在概念设计(初步设计)阶段,设计者可以基于设计准则或清单对产品概念设计做定量或半定性的生命周期简化评价与规划。<sup>[9]</sup>与此同时,中外的学者及政府组织,如TME、BMI等也将致力于缩短分析时间,提供通过计算机仿真方法进行方案选择与决策上。

---

## 四、总结与展望

生命周期评价就是对某一产品系统全生命周期的输入输出和潜在环境影响进行评价的过程。研究表明,要从产品的环境和协调性开发中获得利益,必须实现产品从计划、设计、制造、使用、维修到废弃的闭环化,形成闭环产品系统。<sup>[10]</sup>文章从可持续设计(环境可持续设计)的理念出发,首先分析了可持续设计的现实意义及设计趋势,对生命周期评价

的理论框架和基本方法进行了简要介绍;并着重总结阐释了生命周期评价在材料选择与评价、再设计与评价及设计方案选择评价方面的应用。

尽管LCA还没有在产品研发过程中被广泛应用,但作为被世界广泛认同的可持续设计评价的方法,其优势是显而易见的;从工业设计的角度来讲,今后的努力可以从LCA数据库与知识库系统的健全完善,LCA过程简化等方面入手,促进产品可持续设计理论及方法早日普及,推进环境——社会——经济的和谐发展。■

## 注释

---

[1] 胡锦涛:《坚定不移沿着中国特色社会主义道路前进,为全面建成小康社会而奋斗——在中国共产党第十八次全国代表大会上的报告》,《中国合作经济》,2012(11)。

[2] Huang G Q.Design for X.London:Chapman&Hall,1996.

[3] ISO/DIS 14040.Environmental Management-Life Cycle Assessment-Part:Principles and Framework[S].1997.

[4] Weaver P M,Ashby M F,Burgess S.S election of materials to reduce environmental impact:a case study on refrigerator insulation[J].Materials and Design,1996,17(1):11-17.

[5] Holloway L.Materials selection for optimal environmental impact in mechanical design[J].Materials and Design,1998,19(4-5):133-143.

[6] 李守泽、李晓松、余建军:《绿色材料研究综述》,1~5页,《中国制造业信息化》,2010-11(39)。

[7] (美)迪特尔(Dieter,G.E)、(美)施密特(Schmidt,L.C)著,朱示范等译:《产品工程设计》,第四版,北京,电子工业出版社,2012-6。

[8] 李丹碧林、陶晋、洪华:《基于可持续性设计思想的产品再设计》,168~169页,《包装工程》,2007-1(28)。

[9] Gregory A.Keoleian.The application of life cycle assessment to design.J.Cleaner Prod.1993,1(3-4):147.

[10] 于随然、陶璟:《产品全生命周期设计与评价》,北京,科学出版社,2012。