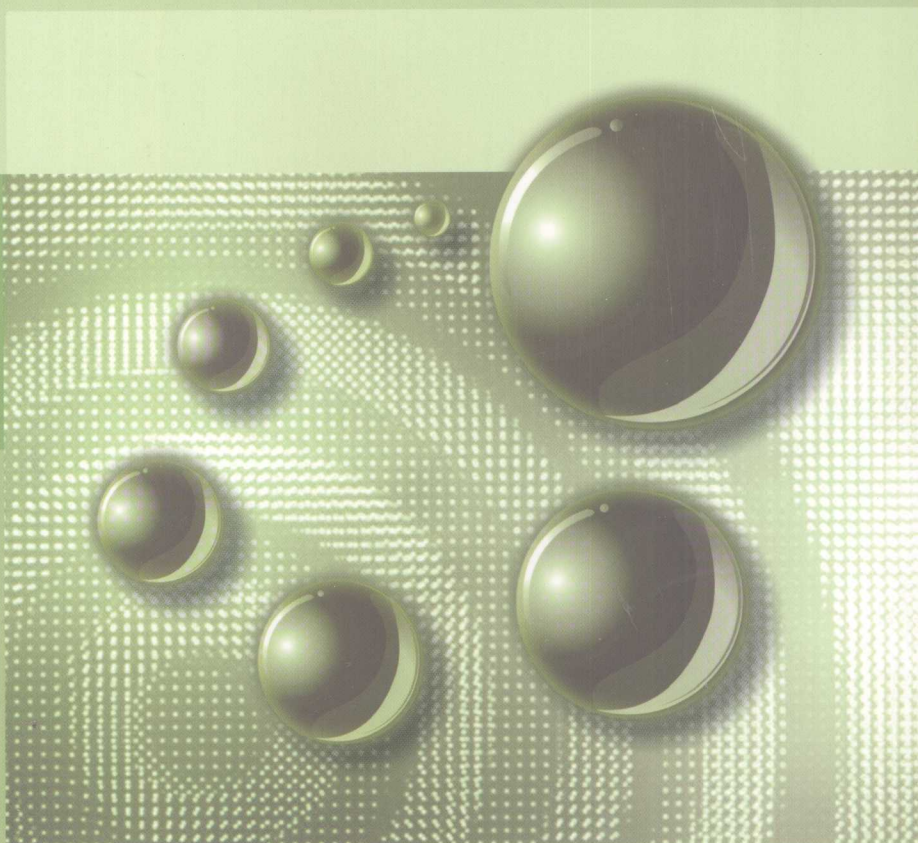


○ 国家自然科学基金资助项目 (编号70472034)

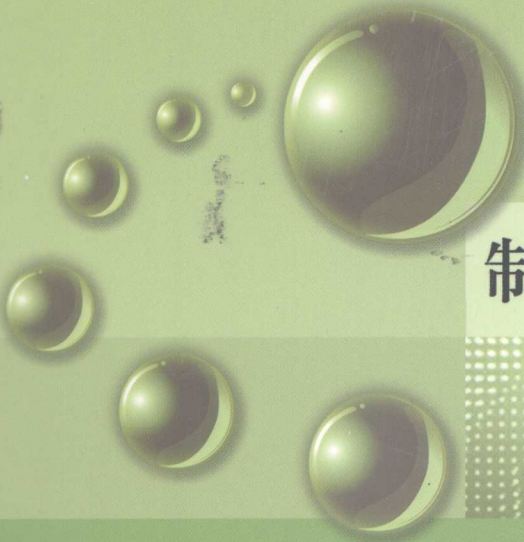
制造业绿色产品 评价体系

ZHIZAOYE LVSE CHANPIN
PINGJIA TIXI

○ 张青山 等著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



制造业绿色产品评价体系

green product



责任编辑：史 涛
封面设计：杨 萌



本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

ISBN 978-7-121-08244-3



9 787121 082443 >

定价：39.00 元

国家自然科学基金资助项目（编号 70472034）

制造业绿色产品评价体系

张青山 邹 华 马 军 乔芳丽 玄 雪
周晓晔 宿 恺 祝爱民 徐 伟 徐 剑 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以国家自然科学基金资助项目《制造业绿色产品评价体系研究与开发》(编号 70472034)为背景,基于可持续发展观、环境伦理观和环保竞争理念,从寻求用户、企业、环境、社会均满意的产品解出发,在明确制造业绿色产品不同于以往制造业产品的属性内涵、绿色特性、时空特点、优势取向、满意组合、合格判据和形成机制的基础上,建立了制造业绿色产品多属性生命周期和多生命周期结构模型,制造业绿色产品的生命周期、多生命周期及其成本和收益的测度模型,给出了制造业绿色产品的设计方案评价、竞争力评价、综合评价的指标体系及流程和方法,开发了网络环境下制造业绿色产品评价系统,从而创建了制造业绿色产品评价的理论和方法体系,也为制造业企业绿色产品的环保竞争优势取向、开发决策、设计方案评价选优等提供了方法和工具支持。

本书内容具有较强的前沿性、系统性、创新性和实用性,不仅可供高等学校和科研院所中从事管理科学与工程、技术经济评价与管理、企业管理及工程技术学科专业的教学和研究人员参考借鉴,也可供工业制造业企业中从事产品开发设计实践的技术人员及管理人员使用和参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

制造业绿色产品评价体系 / 张青山等著. —北京: 电子工业出版社, 2009.2

ISBN 978-7-121-08244-3

I. 制… II. 张… III. 制造业—工业产品—无污染技术—评价 IV. F407.406.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 015880 号

责任编辑: 史 涛

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市万和装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 13.25 字数: 340 千字

印 次: 2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

绿色化同国际化、网络化、敏捷化、集成化是当今制造业呈现出的新的发展趋势，绿色制造模式又是我国制造业未来发展的一大思路。尤其是伴随着我国实行可持续发展战略、走新型工业化道路、发展循环经济、建设资源节约和环境友好型社会等一系列战略方针目标的确立，以及国内外有关环保标准的相继颁布、“环境问题”法律化步伐的加快、公众消费意识日益转变和贸易绿色壁垒门槛的不断提高，绿色制造这种综合考虑环境保护、能源节约和资源利用的现代制造模式，受到了各级政府部门、企业界和理论界的广泛重视，也使得绿色制造研究更加活跃和迅速展开。

实施绿色制造对制造业企业的产品开发与生产的影响是革命性的，并将导致一系列的变革与创新。其中，面向制造业建立起科学有效的绿色产品评价体系，是关系到绿色制造这种制造业的可持续发展模式能否在制造业企业得以很好实施的一个关键平台，是制造业企业取向环保竞争战略制定、绿色产品开发决策和设计方案评价选优的重要基础，也是促使企业转向节约型生产、清洁化生产和从源头上预防控制环境污染的有效手段。

制造业绿色产品评价与以往对工业制造业产品的评价相比较，在评价观念、目标准则、满意组合、限制条件、属性要求、优势取向、时空特点等方面存在着较大的不同。本书集成国家自然科学基金资助项目《制造业绿色产品评价体系研究与开发》（编号 70472034）的研究成果，在阐述相关的概念、理论和研究现状的基础上，建立了制造业绿色产品生命周期和多生命周期结构模型，制造业绿色产品的生命周期、多生命周期及其成本和收益的测度模型，制造业绿色产品的设计方案评价、竞争力评价、综合评价的评价体系，并开发了网络环境下制造业绿色产品评价系统，从而创建了制造业绿色产品评价的理论和方法体系，也为制造业企业绿色产品的环保竞争优势取向、开发决策、设计方案评价选优等提供了方法和工具支持。

在项目研究和本书写作过程中，借鉴了国内外许多作者的有关研究成果和论著，在此一并表示衷心的感谢。同时，对国家自然科学基金委员会给予的项目资助和电子工业出版社为本书出版所做的工作表示感谢。由于制造业绿色产品评价是一个较新的研究领域，还需要进行不断的探索研究，加之本书作者能力有限，书中难免会有错误和不足之处，希望得到同行专家和广大读者的批评指正。

作者

2008 年 11 月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景与问题的提出	1
1.2 研究主要内容和基本思路	5
1.3 研究的创新之处	8
1.4 研究的作用和意义	10
参考文献	11
第 2 章 相关理论和研究现状	12
2.1 绿色产品与绿色度	12
2.2 制造业绿色产品的属性及其特征	13
2.3 相关理论与评价方法	17
2.4 绿色产品评价研究现状	22
2.5 绿色产品评价系统软件开发现状	25
2.6 国内外相关研究述评	28
参考文献	29
第 3 章 制造业绿色产品全生命周期结构模型	34
3.1 产品全生命周期及其结构模型的含义	34
3.2 绿色产品生命周期结构模型	38
3.3 绿色产品多生命周期结构模型	44
3.4 绿色产品多生命周期各阶段结构模型	48
3.5 绿色产品全生命周期结构模型的应用研究	57
参考文献	65
第 4 章 制造业绿色产品全生命周期及其成本与收益的测度	66
4.1 绿色产品生命周期测度	66
4.2 绿色产品多生命周期测度	70
4.3 绿色产品全生命周期成本测度	72
4.4 绿色产品全生命周期收益测度	80
4.5 绿色产品收益最大化目标规划模型	84
4.6 例证分析	87
参考文献	89
第 5 章 制造业绿色产品设计方案评价	90
5.1 绿色产品设计方案评价的目的及其准则和流程	90
5.2 面向生命周期和多生命周期的绿色产品设计方案评价	91
5.3 绿色产品设计方案的排序和选优	98
5.4 例证分析	100
参考文献	109

第 6 章 制造业绿色产品竞争力评价	110
6.1 绿色产品竞争力评价的目的及其准则和流程	110
6.2 绿色产品绿色度的计量与配置	115
6.3 面向生命周期的绿色产品竞争力评价	122
6.4 面向多生命周期的绿色产品竞争力评价	125
6.5 例证分析	136
参考文献	141
第 7 章 制造业绿色产品综合评价	142
7.1 绿色产品综合评价的目的及其准则和流程	142
7.2 绿色产品综合评价指标体系	144
7.3 面向生命周期的绿色产品综合评价	146
7.4 面向多生命周期的绿色产品综合评价	150
7.5 绿色产品综合评价的排序和选优	153
7.6 例证分析	168
参考文献	174
第 8 章 制造业绿色产品评价系统软件开发	176
8.1 绿色产品评价系统软件开发概述	176
8.2 绿色产品评价系统软件设计	178
8.3 绿色产品评价系统软件的实现	183
8.4 绿色产品评价系统软件的使用	196
8.5 例证分析	197
参考文献	204

第1章 绪 论

当今制造业呈现出绿色化、网络化、敏捷化、集成化的新的发展趋势，绿色制造模式又是我国制造业未来发展的一大思路。特别是随着人类生存环境恶化而出现的“环境问题”法律化和国际贸易由关税壁垒向绿色贸易壁垒的转化，以及我国实施可持续发展战略、走新型工业化道路和发展循环经济的战略方针、建设资源节约型和环境友好型社会发展目标的确立，环境保护与环境影响评价、绿色认证和绿色消费、清洁生产与绿色制造等受到了空前的重视。然而，迄今为止有关制造业绿色产品的评价研究仍是探索很少的新课题。虽然近年来国内外的相关文献阐述和研究成果给出了生命周期评价（LCA）、环境影响评价（ELA）、环境管理系统（EMS）和产品绿色度评价等方法^[1-6]，但也主要是从环保或设计方法学的角度，用来分析评价产品生命周期的物能利用、废物排放对环境的影响与治理、有毒有害废物的毒理化学辨识和产品的绿色化程度等，它们很少有研究成果是面向绿色产品的开发决策、设计方案优化及选优、绿色度最佳配置、竞争力比较分析和基于环保竞争战略的制定，来提供相应的评价理论、方法和工具。而现有的产品评价理论和方法^[7-16]也尚未研究和涉及到绿色产品的评价，其评价结果给出的只是包括物质产品和服务的产品“解”，给出的只是强调用户和企业双方满意的“解”，它们还不能给出包括物质产品、服务、循环使用和再生利用的产品解，不能给出产品全生命周期内用户、企业、环境、社会均满意的综合解，难以解决绿色产品具有权变和多阶段闭环特点的动态评价问题，难以解决具有环保竞争战略要求、绿色度阶段配置和多优势竞争组合优先级取向的产品评价和选优问题，也难以对绿色产品设计方案作出评价并提供方案优化所需要的改进信息、改进方向和策略参考，更缺少绿色产品的综合评价与选优方法，以及基于网络环境的制造业绿色产品评价软件。因此，变革和突破以往的产品评价理论和方法体系，确立制造业绿色产品评价体系，是当前急需探索和解决的研究领域，是制造业企业基于环保竞争战略制定、绿色产品开发决策、设计方案优化及选优的重要基础和前提，是关系到绿色制造这种制造业的可持续发展模式能否在我国制造业企业得以很好实施的基本平台和关键，是促使浪费型生产方式向节约型生产方式、粗放型工业向新型工业、被动的环境末端治理向从源头和根本上主动地预防控制转变的首要环节，也是产品评价理论和实践上日益受到人们重视的具有前沿性、开拓性的研究课题，具有十分重要的理论和实际意义。

1.1 研究背景与问题的提出

1992 年联合国环境与发展会议（UNCED）对实现人类社会经济与资源环境的协调发展进行了全球性规划，提出了可持续发展的新思路，这一新的思路和发展观得到了各国政府的认同和响应。1992 年我国率先制定了《中国环境与发展十大对策》，1994 年又发表了《中国 21 世纪议程》，提出“实行可持续发展战略是我国的一项基本国策”，“环境保护将作为我国 21 世纪可持续发展的核心内容之一”。1996 年我国在《关于国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》中，进一步明确“到 2010 年，基本改变生态环境恶化的状况，

城乡环境有比较明显的改善”。2002 年党的十六大又郑重提出我国走新型工业化道路的重大战略方针,即“坚持以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化路子”;我国从 20 世纪 90 年代起引入了关于循环经济的思想。此后对于循环经济的理论研究和实践不断深入。2003 年将循环经济纳入科学发展观,确立物质减量化的发展战略;2004 年,提出从不同的空间规模:城市、区域、国家层面大力发展循环经济;2005 年温家宝总理在《政府工作报告》中明确提出,中国要大力发展循环经济;2007 年党的十七大报告指出:“必须把建设资源节约型、环境友好型社会放在工业化、现代化发展战略的突出位置,落实到每个单位、每个家庭。”然而,作为工业主体并处于工业中心地位的制造业,既是当前我国经济增长的支柱产业,也是高物耗、高能耗、高污染的行业,据统计,造成环境污染的排放物近 80%来自制造业^[17-18],因此在我国新型工业化进程中加快实现可持续发展的新型制造业显得尤为重要。

1996 年美国制造工程师学会(SME)在世界上首次系统地提出了以实现可持续发展为核心的一种新型制造模式——绿色制造(Green Manufacturing)。它是在不牺牲产品功能、质量和成本的前提下系统考虑产品开发生产及其活动对环境的影响,使产品自市场需求识别、开发设计、加工制造、包装、运输、使用直至回收处置的生命周期全过程中,对环境的负面影响最小、资源利用率最高,并使企业经济效益和社会效益协调优化的现代制造模式。这种制造业的可持续发展模式自提出以来,美国、加拿大、英国、德国、日本等工业发达国家均给予了高度重视,纷纷成立了相应的研究机构,开展实施了一系列的政府支持研究计划,许多大学与政府、企业、基金会的合作研究工作正在展开,一些企业的实施应用取得了较好的效果。特别是近年来,国际标准化组织相继发布实施的环境管理体系、绿色认证和环保标准系列 ISO14000(14001、14020、14040),使绿色制造研究在国际上更加活跃和迅速展开。绿色制造这种综合考虑环境影响和资源消耗的现代制造模式也引起了我国政府部门、工业企业界和理论界的广泛关注,最近几年国家自然科学基金和国家 863/CIMS 主题等均列专项支持了绿色制造方面的研究课题,一些研究院所和高校开展了跟踪和研究工作,亦有企业实施了清洁生产实践。

可持续发展观和绿色制造模式被各国政府和社会各界的广泛接受,及其研究与实施越来越体现出的国际化和法律化趋势,已经形成不可逆转的社会力量,向传统工业制造业发出挑战,并正在强有力地影响和改变着市场方向,企业正面临来自多方面的新的压力:①环境保护、能源节约、资源利用等环境问题的法律化,仅我国近十多年就先后颁布了近 20 部专门的法律^①;②环境经济制度和环境税制以及新的全球性、区域性和双边的环保条约、公约、议定书不断出台,ISO14000 系列标准和产品环境质量标准覆盖行业范围越来越广、涉及种类越来越多、要求越来越高;③公众消费意识日益改变,更青睐有利于环保的产品,而且绿色环

① 1989 年 12 月 26 日颁布《中华人民共和国环境保护法》;2000 年 4 月 29 日颁布《中华人民共和国大气污染防治法》;2008 年 2 月 28 日颁布《中华人民共和国水污染防治法》;1996 年 10 月 29 日颁布《中华人民共和国环境噪声污染防治法》;2004 年 12 月 29 日颁布《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》;1999 年 12 月 25 日颁布《中华人民共和国海洋环境保护法》;2007 年 10 月 28 日颁布《中华人民共和国节约能源法》;2005 年 2 月 28 日颁布《中华人民共和国可再生能源法》;1997 年 3 月,修订后的《中华人民共和国刑法》增加了有关“破坏环境资源保护罪”的规定;2008 年 8 月 29 日颁布《循环经济促进法》;1991 年颁布《中华人民共和国水土保持法》;2002 年 12 月 28 日颁布《中华人民共和国草原法》;2004 年 8 月 28 日颁布《中华人民共和国野生动物保护法》;1997 年 11 月 1 日颁布《中华人民共和国节约能源法》。

保产品的市场竞争越来越国际化；④国际贸易正从关税壁垒逐步转向以产品环境标准为基础的绿色贸易壁垒。与这些压力和挑战结伴而来的是企业新的发展机会，据美国小亚瑟技术公司（Arthur D Little）1998 年对 481 家欧美跨国公司的调查，95% 的公司已经意识到增强可持续发展意识、实施绿色制造对企业发展的重要性，并认为实施绿色制造不仅是减缓环境压力的需要，更是企业遵守国际国内环保法规、顺应绿色消费趋势、争取环保标志、跨越绿色贸易壁垒、创造产品市场竞争优势的主动选择。目前国内外一致性的预见是，未来制造业应该是环保型产业，绿色制造是实施可持续发展的制造模式选择，绿色产品开发设计将成为企业行为的规范，未来所有的产品都将进入绿色系列。

绿色制造的实施对制造业企业产品开发生产的影响是本质的、革命性的，并将导致一系列的变革和创新。①绿色制造要求生产绿色产品。制造业绿色产品不同于以往的制造工业产品。它是在不牺牲产品功能、质量、成本并满足设计方案约束的条件下，在其生命周期全过程中符合特定的环境保护要求，对生态环境无害或危害极小、资源利用最高、能源消耗最低的产品。绿色产品的“绿色”是贯穿生命周期全过程并体现出对环境友好和产生正面影响的。其属性不仅包括以往产品的基本属性和经济属性，还包括环境指标、资源属性、能源属性和社会属性。②绿色产品开发要求从可持续发展观、环境伦理观、环境意识设计和技术范式的层次上，把环保和“环境问题”纳入到产品及其开发生产的一切方面，并使其内部化和核心化，即产品不仅要有以往强调的经济性和技术性，还应有绿色性。③绿色产品生产决定着需要绿色制造系统，该系统在其功能、结构和运作管理上要支持实现绿色产品，并为赢得竞争优势提供保障。④企业开发生产绿色产品的目标不只是单纯让用户满意或是只求用户和企业双方满意，而是要使用户、企业、环境和社会均满意，追求企业经济效益和社会效益的协调优化。⑤绿色产品竞争优势不只是来自以往所取向的产品的上市时间（T）、质量（Q）、成本（C）和售后服务（S），更来自基于环保的竞争和在 TQCS 基础上的绿色性能优势。⑥绿色产品决策目标体系也将由现有的 TQCS 与环境影响（E）、资源消耗（R）、能源消耗（Er）集成，形成 TQCSEREr 决策目标体系。⑦绿色产品生命周期、多生命周期和多生命周期工程的出现。由于绿色产品的“绿色”是贯穿于产品的市场需求识别、开发设计、加工制造、包装、运输、使用直至回收处置各个阶段的，因而绿色产品生命周期与以往所描述产品的自然寿命、技术寿命、经济寿命或市场营销学上的产品寿命周期不同，它是从产品市场需求识别、开发设计直至回收处置所经历的全部时间。而产品多生命周期既包括本代产品生命周期时间，也包括本代产品报废或停止使用后其零部件在下一代或后续多代产品中循环使用和再生利用的时间（回用时间）。因此，这里涉及在产品多生命周期范围内如何综合考虑环境影响、资源综合利用、产品的生命周期和回用时间等多生命周期工程问题，而且产品生命周期在时间维和空间维上的延伸又闭合了生产和消费过程的物质链。显然，上述一系列影响、变革和创新，使得制造业绿色产品与以往的产品在属性内涵及其开发设计理念、评价观、评价准则、追求目标、竞争优势取向、满意组合、决策目标体系、评价时间和空间跨度以及所涉及的评价要素等方面相比较，存在着相当大的甚至是本质上的不一致，也使得绿色产品评价更具复杂性，因而迫切需要从理论和实践上研究确立制造业绿色产品评价体系，这既是企业实施绿色制造和开发生产绿色产品将遇到的首要问题，又是企业基于环保竞争的战略制定、绿色产品开发决策、设计方案优化及选优的重要基础和前提，也是关系到绿色制造这种制造业的可持续发展模式能否在我国制造业企业得以很好实施的基本平台和关键。

然而，迄今为止有关制造业绿色产品的评价研究仍是探索很少的新课题，其理论建设和

实践研究工作还相当薄弱。目前国内外的一些课题研究、论著和相关成果还主要是集中在为实施绿色制造提供指导的绿色制造理论体系、绿色制造系统构架、通用物能模型及其算法工具研究方面,或是面向产品生命周期某个阶段和特殊问题的绿色设计、绿色工艺、绿色材料、绿色包装、循环使用和再生利用等应用技术研究方面,或是针对某个行业和相关领域问题开展的专题性研究,如建设项目环境影响评价、可再生资源的优化管理、基于产品再生生态链的多生命周期工程策略、清洁生产、机电产品复用件和回收逆向供应业务建模与调度仿真、绿色供应链、企业绿色持续发展战略等。虽然近年来国内外相关文献阐述和研究成果给出了生命周期评价(LCA)、环境影响评价(EIA)、环境管理系统(EMS)和产品绿色度评价等方法,但也主要是从环保或设计方法学的角度,用来分析评价产品生命周期的物能利用、废物排放对环境的影响与治理、有毒有害废物的毒理化学辨识和产品的绿色化程度等,它们并没有面向绿色产品的开发决策、设计方案优化及选优、绿色度最佳配置、竞争力比较分析和基于环保竞争战略的制定,来研究提供相应的评价理论、方法和工具。尽管国内外关于产品评价的理论和实践早已有之,并已有许多定量评价方法、定性评价方法和定量与定性相结合的综合评价方法,但以往的产品评价理论和方法大多是站在生产企业的角度,以产品满足用户需求和获取企业最大经济效益为目的,强调对产品经济性和实现其基本属性的技术性评价,关注的评价范围是产品开发设计、生产和市场营销阶段,主要考虑的基本变量一是企业资源禀赋与产品实现的匹配关系,二是产品功能质量与用户需求的匹配关系,而环境资源与保护只作为企业外部的制约性因素,并且多数评价方法又仅限于“就产品论产品”地解决对现有的指标如何进行计算、评价和检验。它们尚未从可持续发展观、环境伦理观、技术范式和企业经济效益与社会效益协调优化上,把环保和环境问题提升为企业产品开发与评价的内在要素和促进因素,并使其内部化和核心化,并没有考虑产品的绿色性能及其对竞争优势的贡献,忽视了产品生命周期的绿色使用、循环使用、再生利用、废物处理及对环境的影响的评价,产品生命周期价值链中回收循环使用、再生利用的知识技术含量和价值比例严重偏低,评价强调给企业带来的经济效益却忽视了企业外部的不经济,忽视了用户使用的绿色化成本及产品生命周期的成本和效益,即使考虑社会效益也多是测算给社会相关单位带来的经济效益或是仅限于定性的分析评价,从而导致产品评价及选优结果与企业对社会经济可持续发展应负的责任往往相矛盾,甚至企业获得经济效益是以牺牲环境为代价或是环境成本由政府和社会来承担。可见,以往的产品评价理论和方法尚未研究和涉及到绿色产品的评价,其评价结果给出的只是包括物质产品和服务的产品“解”,只是强调用户和企业双方满意的“解”,而不能给出包括物质产品、服务、循环使用和再生利用的产品解,不能给出产品全生命周期内用户、企业、环境、社会均满意的综合解,难以解决绿色产品具有权变和多阶段闭环特点的动态评价问题,难以解决具有环保竞争战略要求、绿色度阶段配置和多优势竞争组合优先级取向的产品评价和选优问题,也难以对绿色产品设计方案作出评价并提供方案优化所需要的改进信息、改进方向和策略参考,更缺少绿色产品的综合评价与选优方法,以及基于网络环境的制造业绿色产品评价软件。正因如此,变革和突破以往的产品评价理论和方法体系,确立制造业绿色产品评价体系,已经引起了政府部门、企业界和理论界人士的高度重视,并在许多论著及相关项目研究中提出,这是当前急需探索的研究领域和亟待研究解决的一个重要课题。

1.2 研究主要内容和基本思路

1. 研究主要内容

本书在实际调研和对国内外有关研究现状分析的基础上,针对制造业绿色产品评价问题及以往的研究工作上的不足和空白点,着重研究以下几方面内容。

1) 基于可持续发展观、环境伦理观和环保竞争理念,从寻求用户、企业、环境、社会均满意的产品解出发,将环保竞争和环境问题纳入到制造业企业产品的开发决策与设计评价选优中,明确制造业绿色产品的属性内涵、绿色特性、时空特点、优势取向、满意组合、合格判据和形成机制,建立适用于具有多属性、多周期阶段、周期闭环和环境限定性指标权变特点的制造业绿色产品全生命周期结构模型,以及绿色产品的生命周期、多生命周期及其成本和收益测算模型,给出制造业绿色产品的设计方案、竞争力评价、综合评价的指标体系及流程和方法,开发网络环境下包含设计方案评价、竞争力评价、综合评价在内的制造业绿色产品评价系统软件。

2) 制造业绿色产品全生命周期结构模型,是测量绿色产品的生命周期、多生命周期及其成本和收益,开展绿色产品的设计方案评价、竞争力评价和综合评价所需要的基础性工具。这里全生命周期是对绿色产品的生命周期和多生命周期两个不同概念的统称。本书建立的绿色产品生命周期结构模型,包含了绿色产品的开发设计、加工制造、产出包装、销售运输、使用维护、回收处置六个阶段,每个阶段都涉及技术属性、环境属性、资源属性、能源属性、经济属性、社会属性等方面的评价指标。而绿色产品多生命周期结构模型,是在生命周期二维结构模型基础上对产品层次和周期阶段进行扩展而形成的三维结构模型,这种扩展是考虑到本代产品报废或停止使用后,产品或其部分零部件在换代——下一代、再下一代等多代产品中的循环使用或再生利用。从而使建立的绿色产品全生命周期结构模型适应产品具有多属性、周期多阶段、周期闭环和环境等限定性指标可变动的权变特点,可根据评价目的、属性指标、周期阶段选择、环境等限定性要求的不同进行收缩、扩展和组合,具有很好的通用性和可扩展性。

3) 制造业绿色产品评价需要通过相应的测算模型,获得产品的生命周期时间、多生命周期时间以及预期的成本和收益等基础数据。①关于生命周期和多生命周期测算模型,由于绿色产品的绿色性贯穿产品的生命周期或多生命周期的全过程,所以生命周期是从产品开发设计直到回收处置的全过程时间,而多生命周期既包括本代产品的生命周期时间,又包括回收处置后本代产品或其部分零部件在下一代和后续多代产品中的循环使用或再生利用的时间。由此,本书建立的生命周期测算模型是对周期内各阶段时间的加总,其中,由生产企业完成的开发设计、加工制造、产出包装、销售运输各阶段所经历的时间,已考虑了扣除由于实施并行工程而发生的阶段平行交叉时间;在产品用户手中的使用维护阶段时间,是以“最小年费用法”获得的经济使用寿命为准;产品的回收处置是由生产企业或专门从事回收处置业务的第三方物流企业来完成的,该阶段时间是在对各自承担回收处置业务的经济合理性分析判断后而分别给出的测算。所建立的多生命周期测算模型是在生命周期测算基础上,再加上本代产品或其部分零部件在后续一代和多代产品中循环使用或再生利用的时间,该时间是取循环使用的经济寿命和技术寿命的最小者,或是再生利用的经济合理期限。②关于成本和

收益测算模型，由于绿色产品不但要满足环境、资源、能源及用户和技术上的限定性要求，还存在基于环保竞争和绿色度在全生命周期各阶段的最优配置问题，以及回收处置、循环使用或再生利用等问题，所有这些影响成本和收益的因素在测算模型中都要给予考虑。本书基于作业成本核算方法，分别按生命周期、多生命周期及其各阶段，建立了成本测算指标和成本测算模型；同时，给出了生命周期、多生命周期内包括企业收益、用户收益、回用收益和社会收益在内的收益测算模型，其中，对社会收益这项以往难以定量和精确度量部分的处理，是利用机会成本法，将由于企业开发生产绿色产品而减少环境污染、生态破坏等带来的治理费用上的节约作为社会收益；此外，综合考虑绿色产品的成本和收益因素，以绿色产品对用户有效用、社会有效益和企业利润最大为约束，建立了取向绿色产品总收益最大化的多目标规划模型。

4) 制造业绿色产品设计方案评价，是要为面向生命周期、多生命周期的产品设计提供改进的方向和信息，对开发产品存在的多个设计方案进行优劣比较和排序，并选出使用户、企业、环境、社会均满意且具竞争优势的最佳产品设计方案。为此，本书在构建包括技术属性、环境属性、资源属性、能源属性、经济属性、社会属性六个方面的评价指标体系的基础上，采用过程方法模式建立了嵌入一次性递阶检验机制的循环式评价流程和方法。这里，嵌入的一次性递阶检验机制作为评价的第一循环，对初始化产品设计在生命周期或多生命周期逐个阶段上可能表现出的各项属性指标状态，是否符合资源能源环境限定性指标及用户和技术性标准要求等作出评判，当方案在生命周期或多生命周期某个阶段上出现一个或多个属性指标状态不符合限定性指标标准要求时，要将其作为寻源改进信息反馈到产品设计方案制订环节。在初始化产品设计各项属性指标的逐阶段状态均符合限定性指标标准要求的情况下，才可转入评价的第二循环，进行以参照产品为依据的比较评价，所谓参照产品是指现实存在的或是基于多个同类产品虚拟构造出的、集合各属性最好指标值于一体的理想产品，将初始化产品设计的指标值与参照产品的属性指标值（必要时可利用 Delphi 法将定性指标量化）进行比较，为设计方案制定环节提供需要进一步改进和应重点加强竞争优势取向指标的反馈信息。最后利用模糊综合评价法，对经过上述两个评价循环的产品多个设计方案进行综合评价和优劣排序，从中选出最佳产品设计方案，若此时仅存在一个设计方案，则可侧重通过技术经济分析对方案作出是否可接受的评判。

5) 制造业绿色产品的竞争力不仅取决于它的技术性和经济性，还取决于它的绿色性。制造业产品的绿色性是产品在资源能源减量化消耗、环境保护及其循环使用和再生利用等方面所具有的特性，可用其对资源、能源和环境的友好程度即绿色度指标来度量。而制造业绿色产品的竞争力评价，则是要解决产品在生命周期、多生命周期各阶段绿色度的最优配置问题，解决包括环保竞争在内的多优势竞争组合及其优先级确定以使产品竞争力最大的问题，以为竞争战略制定、绿色产品设计方案制定提供决策依据和改进信息。关于绿色度最优配置问题，本书给出了绿色度量模型，并在一次性递阶检验基础上通过采用的绿色度展开和绿色性能瀑布式分解方法，可将产品绿色性能指标要求转换为产品开发设计、加工制造、产品包装等各阶段所对应的技术需求信息，从而使绿色性要求贯穿于产品生命周期或多生命周期全过程，进而考虑绿色性能阶段配置计划水平、实际可达水平及其成本约束，建立了线性的绿色度配置规划模型，可求得产品全生命周期各阶段绿色度最优配置解。关于确定多优势竞争组合及其优先级以使产品竞争力最大的问题，本书在建立制造业绿色产品竞争力评价指标体系的基础上，选取能集中体现产品竞争力要素的市场占有率、优等品率、成本费用利润率、高技术产品比例等指标作为

决策目标,采用线性规划与多目标优化相结合的方法,构造出能体现决策者竞争优势取向的目标函数,而将技术性要求、各阶段绿色度配置和成本费用(含绿色度配置成本)等作为约束条件,便可求出凸集可行区域和落在该区域内不同优势竞争组合及其优先级下的“方案点”,再将“方案点”代入目标函数,即可求得不同优势竞争组合及其优先级方案的产品竞争力排序和使产品竞争力最大的方案。应该提出:绿色度配置中各阶段配置绿色度的权重和产品竞争力评价中多优势竞争组合优先级的权重,既有客观需求决定因素,又有评价者的价值取向决定因素,因此这里对涉及到的权重值的确定主张采用主客观组合赋权方法或熵权法;此外,如果在上述评价过程中出现定量数据较少、数据收集困难、数据收集整理成本过高的情况,采用嵌入一次性递阶检验机制的模糊综合评价方法也可以较满意地实现评价的目的。

6) 制造业绿色产品综合评价,是针对绿色产品开发决策问题,将拟开发产品对环境、资源、能源及用户和技术要求的限定性指标标准的实际可达性进行检验,进而对产品在生命周期或多生命周期内的技术性、经济性、绿色性进行综合评价和优劣排序,以为产品开发提供改进信息,并为拟开发产品的选择提供依据。实际上,企业产品开发决策中需要评价的对象产品通常是一个或是多个。对于单一产品的综合评价,本书给出了嵌入一次性递阶检验机制的技术经济评价法;对于多个产品的综合评价和优劣排序,本书给出了嵌入一次性递阶检验机制的模糊综合评价法和逼近理想解(参照产品)的评价方法。其中,对于模糊综合评价法和逼近理想解评价法涉及到的评价指标权重值的确定,可视客观性指标多少分别采用客观性依次由强到弱的熵权法、主客观组合赋权法或 Delphi 法,但这三种确定权重值的方法都能满足倾向强化竞争优势指标重要性的需要。

7) 本书开发的网络环境下制造业绿色产品评价系统软件,具有三个明显的特点:一是将制造业绿色产品的设计方案评价、竞争力评价、综合评价集成于系统软件一体来开展评价,与所建立的绿色产品生命周期、多生命周期及其成本与收益测算模型,以及评价的流程和方法具有一致性,可为产品的开发决策、竞争战略制定、设计方案制定及选优提供支持和寻源改进信息;二是对制造业绿色产品开发设计和加工制造中存在的跨地域企业联盟网络合作,各国家地区有关环境保护、能源节约、资源利用、产品贸易和环境税制等法律法规不尽相同,跨地域的技术性标准和使用环境限定性指标可能会发生权变,评价中参照产品的选择或虚拟构造可能通过网络跨国界、跨行业企业收集相关资料等情况具有很好的适应性,而且由于评价指标体系和评价方法的可选择性,使系统软件具有良好的通用性和可扩展性,可针对具体企业产品评价问题很方便地实现软件的二次开发;三是评价中嵌入了一次性递阶检验机制和寻源反馈功能,并可多用户在线操作和实时交互,使得系统软件具有良好的人机界面。本系统软件总体结构框架的设计,是基于不同用户所处网络不同节点信息的实时发布与传递,并满足企业单机或多机运行要求,采用 B/S 和 C/S 相结合的框架结构,其中, C/S 结构通过采用 VB.NET 编程技术,实现所需的评价及决策支持; B/S 结构通过采用 VB.NET 与 ASP 技术相结合,实现通过互联网实时向用户传递跨国界、跨地区、跨行业企业的相关法律制度规定、技术性标准、环境限定性指标要求及其他资料信息,并将评价信息实时发布,此外,该结构结合访问权限的设置保证了企业内部数据库的安全。在系统软件的总体工作流程上,为了遵循制造业绿色产品评价业务流程和保证系统软件的安全性,是以不同的用户身份拥有不同的系统操作权限,按照评价目标确定、一次性检验、评价指标体系建立、评价方法选择等操作步骤,通过实际评价对象数据库与标准库中的各参数值相交交互,并结合寻源反馈信息作出的调整改进产生评价结果,最终给出最优方案。值得指出的是,本系统软件已从技术和环

境的角度综合考虑了国际、国内、地区、一些行业和产品等部分相关标准及规定，系统数据库中遵循有代表性的标准及规定包括 ISO9000 质量管理和质量保证系列标准、ISO14000 系列环境管理标准、欧盟三大环保指令（WEEE, ROHS, EUP）、中国的 ROHS 管理办法和 WEEE 标准、国内的 GB/T24000 系列标准及制造业某些行业和产品标准等。

2. 研究基本思路

本书采用了有关现状分析和实际调查相结合，理论与实证分析相结合的研究方法。首先，进行实际调查和向专家咨询、明确制造业绿色产品评价存在的问题；在阐述制造业绿色产品评价的基本理论和相关概念的基础上，给出了制造业绿色产品生命周期和多生命周期的结构模型，全生命周期及其成本和收益测度模型，以及制造业绿色产品评价流程和评价方法，并开发了制造业绿色产品评价系统软件，研究基本思路见图 1.1。

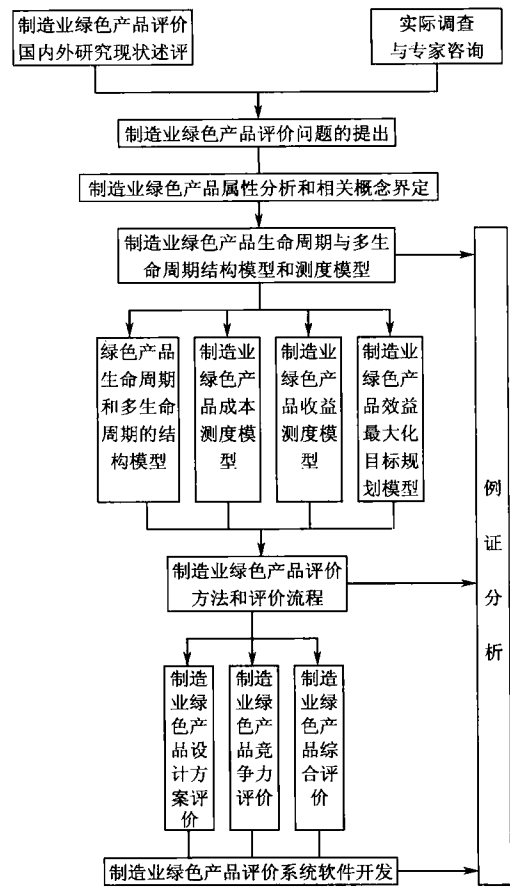


图 1.1 本书研究的基本思路

1.3 研究的创新之处

制造业绿色产品不同于以往的制造工业产品，它具有新的属性内涵、时空特点、绿色特性、竞争优势、满足组合、合格判据和形成机制，也有着与以往制造业企业产品所不同的开

发设计理念、评价观和评价准则。本书正是适应绿色产品制造业发展趋势，为建立与制造业绿色产品相适应的新的评价体系而开展的研究与开发工作。其创新之处在于以下几点。

1) 本书是基于可持续发展观、环境伦理观和环保竞争理念，将环保和环境问题纳入到企业产品的开发与评价中，从追求产品全生命周期内用户、企业、环境、社会均满意及实现企业经济效益和社会效益的协调优化出发，针对制造业绿色产品的设计方案评价、竞争力评价、综合评价而建立的评价理论和方法体系，这不仅与迄今有关文献和专题多集中在清洁生产及绿色制造模式的理论体系、系统架构和应用技术研究，或是侧重从产品环保性技术设计角度给出的生命周期评价(LCA)、环境影响评价(EIA)和绿色度评价等方法相比较，是制造业绿色产品评价理论和方法上的新进展，而且也是对以往仅站在生产企业角度，单纯以产品满足用户需求和获取企业最大经济效益为目的，只强调对产品的经济性和实现其功能质量的技术性进行评价的评价观及其理论方法的重大变革与突破，是产品评价观及评价理论和方法上具有开拓性的新发展，也是评价学科理论的新进展。

2) 本书采用过程方法模式建立的绿色产品多级闭环递阶评价方法体系，可以克服以往产品评价方法只能给出包括物质产品和服务的产品“解”、只能给出用户和企业双方满意的“解”以及评价结果与企业对社会经济可持续发展应负的责任往往相矛盾的弊端，更为重要的是可以给出包括物质产品、服务、回收使用和再生利用的产品解，给出产品全生命周期内用户、企业、环境、社会均满意的综合解，给出产品或设计方案满足限定性环境指标标准和合格判断标准下的综合评价结果和选优排序，以及产品绿色度最佳阶段配置、多优势竞争组合优先级和产品竞争力比较排序，这不仅是产品评价理论和实践上的新方法，也是对产品评价方法论的重大变革。

3) 本书建立的这种嵌入一次性递阶检验机制的循环式评价流程和方法，可有效解决以往在综合评价过程和结果处理中存在的具有决定性作用的某个或某一阶层指标状态却对评价结果没有太大影响的问题，尤其是嵌入一次性递阶检验机制避免了以往产品设计生产上存在的“先开发后变更”和“先生产后治理”的弊端；将参照的理想产品和竞争优势取向信息融入到了产品设计评价过程中，使得终结性评价与阶段性评价、诊断性评价和动态寻优过程有机结合。可见，这是对以往产品及其设计方案评价流程和评价方法上的重大变革，是产品设计方案评价理念、思维、流程和方法上的新发展。

4) 本书建立的制造业绿色产品综合评价的流程和方法，可以有效克服以往产品评价上较普遍存在的如下不足、缺点或弊端：一是以往产品评价多是从满足用户需求和企业利益最大化的角度出发进行的“综合”评价，而没有将环境问题、环境社会成本收益问题和基于环保的竞争问题纳入到产品决策中来，不利于获得用户、企业、环境和社会均满意的产品解；二是已有的绿色度评价方法没有与产品的技术性和经济性评价结合起来，只能作为对已开发设计好或是生产出的产品的绿色性进行事后辅助验证的手段，不能为产品决策提供支持，存在着“为绿色而绿色”的局限；三是评价过程缺少检验机制，致使原本存在有某个或某些否决性指标的产品也通过了评价审核，甚至是通过其他指标的“补偿作用”而成为了最优方案，导致出现评价结果与评价目的相背离的情况。而且本书建立的评价流程和方法，把对限定性指标标准的合格(符合性)判断与竞争优势取向有机结合起来，又可为产品开发提供调整改进方向上的更多有用信息，这是产品综合评价理念、评价机制和评价方法上的创新。

5) 本书把环保竞争和环境问题纳入到产品的绿色度配置和竞争力评价中，所建立的绿色度配置模型填补了至今此项研究上的空白，也克服了目前已有的产品绿色度测度方法不能