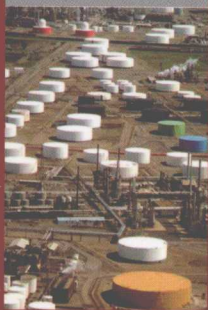


山西财经大学中青年学者文库

SHANXI CAIJING DAXUE

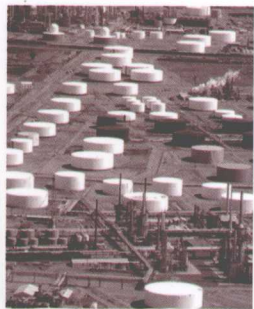
ZHONGQINGNIAN XUEZHE WENKU



产品级再使用研究

CHANPINJI ZAISHIYONG YANJIU

冯 珍◎著



中国财政经济出版社

山西财经大学中青年学者文库



产品级再使用研究

中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

产品级再使用研究 /冯珍著. —北京:中国财政经济出版社, 2008. 12

(山西财经大学中青年学者文库)

ISBN 978-7-5095-1192-3

I. 产… II. 冯… III. 产品-废物综合作用-研究
IV. X7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 213587 号

责任编辑:贾延平

责任校对:张 凡

封面设计:陈 瑶

版式设计:汤广才

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址:北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码:100142

发行处电话:88190406 财经书店电话:64033436

北京富生印刷厂印刷 各地新华书店经销

880×1230 毫米 32 开 7.875 印张 200 000 字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月北京第 1 次印刷

定价:18.00 元

ISBN 978-7-5095-1192-3/F·1006

(图书出现印装问题,本社负责调换)

本社质量投诉电话:010-88190744

总序

大学学术是作为科学策源地、文化发祥地、人才群聚区、社会智力库、知识辐射源的高等学府独具一格的宝贵财富，而大学学者的学术成果则是每一个高等学府经年累月所积淀的思想宝库。大学源于学术，学术是大学的生命力。

山西财经大学是一所学术气氛浓郁的财经类高等学府。50多年来，我校学科覆盖经、管、法、文、理、工、教等7个门类，有30余个博士学位、硕士学位授权点，有12个省级重点学科，2个省级人文社科重点研究基地。学科复合、专业交叉、资源互补、观念互渗、乘势而上……在新的发展机遇期，山西财经大学已经绘制了宏伟发展蓝图，确定了学校由教学型转向教学科研型的发展战略。由学校资助出版的中青年学者文库，是具有丰富内涵的山西财经大学中青年学者成果的立体化呈现。它不仅是对学校50多年学术文化和学术传统的历史性继承，而且也是我校在战略发展阶段所采取的重要举措。

第一，推出学术精品。通过资助出版学术精品，形成精品学术成果的园地，为繁荣国家财经、管理、政法以及人文社会科学研究，解决党和国家面临的重大经济、社会问题，作出我校应有的贡献。第二，培养学术队伍，通过对一批处在成长期

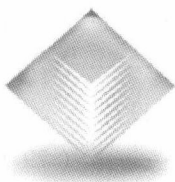


的中青年学术骨干、博士的成果的资助出版，促进学术梯队建设，提高学术队伍的整体实力和水平。第三，凝炼学术特色。通过资助在学术思想、学术方法和学术观点等方面有独到和创新的学术成果，培育学术特色，努力形成有我校特色的学术思想体系。因此，本文库面向中青年，面向原创精品。

我们欣喜地看到，今天的财大学人正沐浴着财大学术精神的光芒，凝视着前行者或深或浅的脚步，敞开了我们博大的胸怀，共同拥抱山西财经大学无比美好的明天，让我们的学术精神发扬光大！

原梅生

二〇〇八年十二月



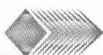
MU LU

目 录

1	绪论	(1)
1.1	基于制造业的循环经济	(1)
1.2	产品的回收再利用	(9)
1.3	产品级再使用	(16)
1.4	研究内容、方法和目的	(18)
2	产品全生命周期工程	(20)
2.1	引言	(20)
2.2	产品概念的演变	(21)
2.3	产品全生命周期矩阵模型	(28)
2.4	产品的开发和设计	(32)
2.5	绿色生产和绿色物流	(53)
2.6	小结	(69)
3	产品级再使用概念模型	(71)
3.1	引言	(71)
3.2	产品级再使用的发展模式	(71)
3.3	产品级再使用价值分析	(73)
3.4	产品级再使用概念模型	(76)
3.5	小结	(76)



4	基于质量功能配置的维护设计过程与建模	(78)
4.1	引言	(78)
4.2	基于质量功能配置产品级再使用的维护设计过程	(79)
4.3	质量屋中参数的确定	(85)
4.4	模糊决策参数模型和算法	(95)
4.5	仿真研究	(100)
4.6	小结	(107)
5	产品级再使用维护方案设计	(109)
5.1	引言	(109)
5.2	用户满意度最大的规划设计模型	(110)
5.3	维护成本最低的规划设计模型	(126)
5.4	维护度最大的规划设计模型	(132)
5.5	部件维护模型	(146)
5.6	小结	(151)
6	产品级再使用维护的模糊设计	(153)
6.1	引言	(153)
6.2	模糊线性规划	(154)
6.3	用户满意度最大的模糊设计	(159)
6.4	维护成本最低的模糊设计	(165)
6.5	小结	(170)
7	产品级再使用满意度分析	(171)
7.1	引言	(171)
7.2	产品使用满意度	(171)
7.3	产品级再使用满意度分析的 QFD 逆过程法	(174)



7.4	产品级再使用满意度分析的双群组协作法	(179)
7.5	基于矩阵范数的产品全生命周期工程数据分析	(183)
7.6	产品绿色度和产品综合评价	(188)
7.7	小结	(199)
8	产品级再使用实例检索	(200)
8.1	引言	(200)
8.2	产品级再使用实例的组织和检索	(201)
8.3	实例类检索的改进子空间法	(204)
8.4	实例类检索的相似余弦二值法	(210)
8.5	小结	(214)
	结束语	(215)
	参考文献	(219)
	后记	(244)



绪论

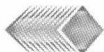
1.1 基于制造业的循环经济

1.1.1 循环经济

20 世纪 60 年代，美国经济学家鲍尔丁从经济的角度提出了循环经济思想。他将人类生活的地球比做太空中的宇宙飞船，如果人类不合理地开发自然资源，当开发程度超过了“宇宙飞船”的承载能力的时候，它就会走向毁灭。他认为，人类只有循环利用资源，才能持续发展下去。

20 世纪 70 年代，发生了两次世界性的能源危机。经济增长和资源短缺之间矛盾凸显，引发了人们对经济增长方式的深刻反思。1972 年，罗马俱乐部发表了题为《增长极限》的研究报告，向世界提出了能源极限的警告。同年，联合国发表《人类环境宣言》，提出了人类在开发利用自然的同时，也要承担维护自然的责任和义务。

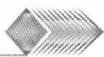
20 世纪 80 年代，人们开始探索可持续发展道路。1987



年，时任挪威首相的布伦特兰夫人在《我们共同的未来》的报告里，第一次提出了可持续发展的新理念，并较系统地阐述了可持续发展的含义。1989年，美国经济学家福罗什在《加工业的战略》一文中，首次提出工业生态学概念，即通过产业链上游的“废物或副产品”，转变为下游的“营养物”或“原料”，从而形成一个相互依存，类似于自然生态系统的“工业生态系统”。工业生态学理论为生态园建设和发展奠定了理论基础。

1982年，在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会，通过了《里约宣言》和《21世纪议程》，正式提出走可持续发展之路。大会号召全世界各国在促进经济发展的过程中，不仅要关注发展的数量和速度，更要重视发展的质量和可持续性。1996年，德国颁布了《循环经济和废物管理法》。日本也相继颁布了《促进建立循环型社会基本法》、《资源有效利用法》等一系列法律法规。目前，发达国家的循环经济已经在四个层面上展开了：一是企业内部的循环利用；二是企业间或产业间的生态工业系统；三是废物回收和再利用体系；四是社会循环体系^[1-4,168]。

总之，人们在发展过程中，越来越感觉到自然资源并非取之不尽、用之不竭的，生态环境的承载能力也不是无限的。人类社会要不断前进，经济要持续发展，客观上要求转变增长方式，探索新的发展模式，减少对自然资源的消耗、对生态系统的破坏。循环经济伴随着可持续发展理论而兴起。可持续发展带来了生产方式变革，而这种变革促进了循环经济发展。循环经济提升了环境保护的高度、深度和广度，提倡将环境保护与生产技术、产品和服务的全部生命周期紧密结合，将环境保护



与经济增长模式统一协调,将环境保护与生产和消费模式同步考虑。从资源的开采减量化,生产过程中的再使用到生产后的再循环,全程都要考虑经济发展与资源、环境之间的相互协调的关系。

20 世纪 90 年代以后,随着环境革命和可持续发展战略成为世界潮流,开始形成将清洁生产、资源综合利用、生态设计和可持续消费等融为一体的循环经济战略思想,并逐步成为环境与发展领域的一个主流思潮,而且得到了广泛的关注和研究。循环经济把清洁生产和废弃物的综合利用融为一体,它要求物质在经济体系内多次重复利用,进入系统的所有物质和能源在不断进行的循环过程中得到合理和持续地利用,达到生产和消费的“非物质化”,尽量减少对物质特别是自然环境的消耗;它要求经济体系排放到环境中的废物可以为环境同化,并且排放总量不超过环境的自净能力所能自净的量。循环经济实现“非物质化”的重要途径是提供功能化服务,而不仅仅是产品本身。循环经济要做到物质商品“利用”的最大化,而不是消费的最大化,并在满足人类不断增长的物质需要的同时,大幅度减少物质消耗。循环经济是一种系统性的产业变革,是从追求产品利润最大化向遵循生态可持续发展能力永续建设的根本转变。由循环经济的内涵可以归纳出三点基本评价原则:减量化、再利用、再循环(Reduce, Reuse, Recycle),即 3R 原则。减量化、再利用、再循环原则在循环经济中的重要性并不是平行的,循环经济并不是简单地通过循环利用实现废弃物再生资源化,而是强调在优先减少资源能源消耗、减少废物产生的基础上,综合运用 3R 原则。3R 原则的优先顺序是:减量化——再利用——再循环。

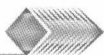


减量化原则是循环经济的第一原则，是指在生产和服务过程中，尽可能减少资源消耗和废弃物的产生，核心是提高资源利用效率。它要求在生产过程中通过管理技术的改进，减少进入生产和消费过程的物质和能量流量，因而也称之为减物质化。换言之，减量化原则要求在经济增长的过程中为使这种增长具有持续的和与环境相容的特性，在生产源头的输入端充分考虑节省资源、提高单位生产产品对资源的利用率、预防废物的产生，而不是生产废物后进行治理。

再利用原则是循环经济的第二个原则。它提倡尽可能多次以及尽可能多种方式地使用人们所买的东西，产品多次利用或修复、翻新或再制造后再使用，尽可能延长产品的使用周期，防止产品过早地成为垃圾。它要求产品和包装容器能够以初始形式被多次使用，而非一次性用品。通过再利用，人们可以防止物品过早地成为垃圾。

再循环原则为第三个原则。这个原则是尽可能多地再生可利用的资源或能源。再循环原则要求生产出来的物品经过消费（生产性消费或生活性消费）后，能重新变成可以利用的资源 and 能源而不是垃圾废物。它要求尽可能地通过对“废物”的再加工处理（再生）使其作为资源再次进入市场或生产过程，以减少垃圾的产生；要求废弃物最大限度地转化为资源，变废为宝，既可减少自然资源的消耗，又可减少污染物的排放。从目前情况看，“再循环”的途径有两种：一种是再生利用，如废铝变成再生铝，废纸变成再生纸；另一种是将废弃物作为原料，如电厂粉煤灰用于生产建材产品，城市生活垃圾用于发电等。

进入 21 世纪，为了使我国走上可持续发展之路，国家作



出了“发展循环经济、建设节约型社会”的重大战略决策。这是科学发展观的具体体现，是中华民族实现人与自然和谐发展的根本要求。

21 世纪前 20 年，我国钢铁、有色金属、石油石化、水泥等高耗能产品的需求将继续增加，汽车和电器大量进入家庭，加快全面建设小康社会进程，保持经济持续快速增长，资源消费的增加是难以避免的。为了减轻经济增长对资源供给的压力，必须大力发展循环经济，促进资源的高效利用和循环利用。

目前，我国对生态环境的重视程度和采取环境保护的措施及法律日益完善，但是生态环境总体恶化的趋势尚未得到根本扭转，环境污染状况还是比较严重。大量事实表明，水、大气、固体废弃物污染的大量产生，与资源利用水平密切相关，同粗放型经济增长方式存在内在关系。大力发展循环经济，推行清洁生产，可以将经济社会活动对自然资源的需求和生态环境的影响降低到最低限度，以最少的资源消耗、最小的环境代价实现经济的可持续增长。另外，发展循环经济，可以逐步使我国的出口产品符合资源、环保等方面的国际标准，减少非关税壁垒。

总之，发展循环经济有利于形成节约资源、保护环境的生产方式和消费模式，有利于提高经济增长的质量和效益，有利于建设资源节约社会，有利于促进人与自然的和谐，充分体现以人为本、全面协调可持续发展的本质要求，是实现全面建设小康社会宏伟目标，是建设节约型、环境友好型社会的必然选择。

循环经济的概念正在从不同的角度、以不同的方式向传统



制造业发出挑战。

1.1.2 基于制造业的循环经济

制造业是为国民经济发展提供生产设备的战略性产业，素有工业母机之称。制造业在我国已居主导地位。

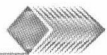
据美国能源部报告预测，全球能源消耗未来 20 年将增加六成；在对环境的影响方面，造成全球环境污染 70% 以上的排放物来自制造业，它们每年产生约 55 亿吨无害废物和 7 亿吨有害废物，自然资源和环境正陷入日益严峻的困境。

专家预测，我国从 2005 年起，每年将报废 600 多万台电脑、1300 万台电视机、500 万台冰箱、600 万台洗衣机。家用电器从 20 世纪 80 年代中后期开始进入中国百姓家庭，所以从现在起到未来几年，中国将出现一个电子产品报废高峰期；到 2010 年左右，手机的报废高峰期也会到来。

世界制造业在向中国转移，装配电脑整机所需零配件，95% 以上可在东莞市采购到；格兰仕微波炉的销售规模占全球市场的 35%；江苏省电脑鼠标的年产量占全球总量的 65%。早在 1995 年，全球彩电销售量的四成在我国生产，而复印机更达到六成。据统计，目前，我国电视机、冰箱、洗衣机的社会保有量分别为 1 亿台、1.5 亿台和 1.9 亿台。

废旧产品形成了一个新的环境污染源，人类生存环境正面临日益增长的机电产品废弃物的压力，以及资源日益匮乏的问题。制造业虽是国民经济的支柱产业，但它创造辉煌的同时也是消耗资源、浪费资源的大户，是环境污染的主要源头。

为了贯彻国家作出的“发展循环经济，建设节约型社会”的重大战略决策，我们应以科学发展观为指导，实现建设资源



节约型社会的发展目标。发展循环经济是基本原则，节约资源和能源是核心目标，在制造业中贯彻落实循环经济是最有效的手段。

中国工程院院长徐匡迪提出，在循环经济的 3R 原则中要增加一个“R”，即“Remanufacture（再制造）”，为 4R 原则，即减量化、再利用、再循环、再制造（Reduce, Reuse, Recycle, Remanufacture）。这里的再制造被称之为“绿色制造”，它赋予废旧资源更高的附加值，以尽可能少的资源和能源消耗，尽可能多地满足社会发展的需求，使废旧资源中蕴含的价值得到最大限度的开发和利用。

为了缓解资源短缺，杜绝资源浪费，减少大量失效、报废产品对人类的危害，变废为宝，使废旧产品得到最大限度的利用，“绿色再制造”工程在国际上便应运而生，并成为发展最快的一种新型研究领域和新兴产业。面临来自环境、资源、顾客、法律和税收等方面的压力和挑战，制造业实行绿色制造势在必行^[5-12]。

绿色制造的概念最早由美国制造工程师学会提出。该学会 1996 年发表的 SME 蓝皮书，提出了绿色制造（Green Manufacturing）的有关定义。绿色制造是一个综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式，其目标是使产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个产品生命周期中对环境的影响（副作用）为零或极小，尽可能节约资源，并使企业经济效益和社会效益协调优化。从通俗和实践角度讲，绿色再制造是对投入使用后的产品，为保持、恢复其可用状态或加以重复利用所采取的一系列技术措施或工程活动，如修复、改装、改进或改型、回收利用等。



从以上定义可以看出,绿色制造要综合考虑制造、环境和资源这三大领域。绿色制造是现代制造业中的循环经济的发展模式,或者说是循环经济在制造业中的体现。它是一个面向产品全生命周期的大概念,要求在产品全生命周期内,实现资源优化,环境影响最小^[13]。

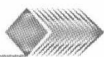
1.1.3 产品全生命周期工程

尽管产品生命周期的概念已经存在几十年,但产品全生命周期工程则是近 20 年市场竞争和绿色制造技术演化的结果。20 世纪 80 年代后,随着自动化、信息、计算机和网络技术的广泛应用,企业制造能力和水平都有了飞速的发展,企业在追求产量的同时,也越来越重视产品环境(E)、时间(T)、质量(Q)、成本(C)、服务(S)等指标。企业迫切需要将信息技术、现代管理技术和绿色制造技术相结合,并应用于企业产品全生命周期的各个阶段,从产品需求分析、概念设计、详细设计、制造、销售、售后服务,直到产品报废回收全过程,对产品全生命周期信息、过程和资源进行管理,实现物流、信息流、价值流的集成和优化运行,以提高企业的市场应变能力和竞争能力^[14-23]。

产品全生命周期工程各个阶段和要素主要是^[21, 23]:

1. 产品的开发与设计阶段。

它包括产品需求分析、市场要求(环境、包装、法规限制等)、用户个性化需求(颜色、外观、结构等)、产品功能、加工和装配要求、成本要求等;产品概念设计、产品功能创新、功能分解、满足功能的原理求解、设计流程标准化、产品数据标准化、方案评价等;产品详细设计、产品数据定义完整清晰、充分满足使用和加工要求、产品详细结构数据、各种新



技术的运用等。

2. 产品制造阶段。

它包括制造计划、物料需求计划、资源计划、清洁生产、供应链管理、对环境的影响性、是否便于包装和运输等。

3. 产品销售使用阶段，即产品的市场寿命周期阶段。

它包括包装的规范性、运输的安全性、方便性、经济性等；成本、价格、市场区域、消费群体、分销体系、广告效应、客户关系等；售后服务、易用性、对环境的依赖性、可维护性等。

4. 产品的回收处理阶段。

产品被停用或报废后，进行回收级别判断，产品重用、零部件再制造、材料回收或废弃填埋等。

1.2 产品的回收再利用

1.2.1 背景

目前，产品的使用周期越来越短，产品在并不丧失原有的使用功能时，便被更新、更流行的产品所替代，结果最终造成了废弃物数量的不断增加。在欧洲，每年约有 80 万吨旧电视机、计算机设备、收音机、测量仪器丢进垃圾场，每年报废近 1000 万辆汽车；1996 年，全球报废约 2400 万辆汽车；1996 年，英国淘汰约 100 万台电脑；2000 年，全球淘汰约 2000 万台电脑；2004 年，仅美国就废弃约 3.15 亿台电脑。这不仅造成了严重的资源、能源浪费，而且成为固体废弃物和污染环境