



CIRCULAR ECONOMY OF  
EQUIPMENT MANUFACTURING

谭元发◎著

# 装备制造业 循环经济研究

循环经济是一种理念——一种按照生态规律引导经济发展，促进人与自然和谐共处的理念；

循环经济是一种思想——一种提高资源利用率，减少环境污染，经济效益与环境效益并重的思想；

循环经济是一种模式——一种绿色工业革命，企业立足于产品生态化战略的模式。



中国经济出版社  
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

湖南省教育厅资助科研项目

A Project Supported by Scientific Research Fund of

Hunan Provincial Education Department

# 装备制造业 循环经济研究

谭元发◎著



中国经济出版社  
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

装备制造业循环经济研究/谭元发著

北京: 中国经济出版社, 2010. 5

ISBN 978 - 7 - 5017 - 9807 - 0

I. ①装… II. ①谭… III. ①制造业—自然资源—资源利用—研究 IV. ①  
F407.4②F062.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 037021 号

责任编辑 张玲玲

责任印制 张江虹

封面设计 华子图文设计公司

出版发行 中国经济出版社

印刷者 北京市人民文学印刷厂

经销者 各地新华书店

开 本 880mm × 1230mm 1/32

印 张 9.875

字 数 225 千字

版 次 2010 年 5 月第 1 版

印 次 2010 年 5 月第 1 次

书 号 ISBN 978 - 7 - 5017 - 9807 - 0/F · 8286

定 价 26.00 元

中国经济出版社 网址 [www.economyph.com](http://www.economyph.com) 社址 北京市西城区百万庄北街 3 号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题, 请与本社发行中心联系调换(联系电话: 010 - 68319116)

版权所有 盗版必究(举报电话: 010 - 68359418 010 - 68319282)

国家版权局反盗版举报中心(举报电话: 12390)

服务热线: 010 - 68344225 88386794

## 摘 要

20 世纪 90 年代,世界范围内兴起了一场“绿色工业革命”,环境与发展问题已成为世界共同关注的问题,绿色壁垒将迫使企业走发展循环经济之路。以“减量化、再利用、再制造、资源化”为原则的循环经济实质上是借鉴自然生态系统进化原理,按照生态进化和自然规律,利用自然资源和环境容量,依据物质循环和能量守恒规律而重构的经济系统,其特征是:低开采、高利用,低投入、高效率,低排放、再循环。对装备制造业来说,其发展离不开自然资源和环境,通过对自然资源环境的开发利用实现自身的生存与发展。同时,装备制造业是资源和能源消耗的大户,传统装备制造业的经济发展是依靠资源的高投入、能源的高消耗,牺牲环境换来的经济粗放型增长。循环经济将产品生产与环境融为一体,将环境友好贯穿整个产品生命周期,所有的资源和能源要能在不断进行的经济循环中得到合理和持久的利用,把经济活动对自然环境的影响降低到尽可能小的程度。因此,循环经济是人类社会为突破资源短缺与生态环境恶化两大瓶颈而进行的经济发展范式的革命。

本书分析研究了我国发展循环经济与“两型社会”建设的关系,提出了发展循环经济是建设资源节约型社会的基本途径,是建设环境友好型社会的必然选择,是城市化道路的选择,是我国产业升级和产业结构调整的根本保障。发展循环经济的内涵是提高经济效率与实现生态平衡两大目标。发展循环经济和建设“两

型社会”两大目标并举,是我国经济社会发展的现实要求。针对目前我国资源、能源、环境的约束,设计出装备制造业发展循环经济的模式和基本框架,将有利于提高企业核心竞争力,实现经济效益和生态效益双赢的目的。

本书从宏观的角度提出建立以产权、价值为基础的自然生态系统经济制度,构建利益机制核心是创新循环经济制度体系的关键,把资源、能源和生态环境作为企业的生产要素,提出了改变现有的利益格局是循环经济发展的关键要素,提出政府对发展循环经济的激励与指导,制定发展循环经济的政策、措施。从微观的角度上分析,企业是发展循环经济的基础,是发展循环经济的主体,并分析了企业的社会责任。从宏观和微观层面运用博弈论对发展循环经济的选择,得出我国装备制造企业只有走循环经济之路,才能立足世界经济之林。

本书从资源、能源、环境、社会领域,按照循环经济原理,提出“装备制造4R”原则,主要研究装备制造业的产品生态设计、清洁生产、销售使用、报废回收再使用和再制造流程,并运用循环经济理论对传统流程进行再造,把经济活动组织成一个“资源—产品—再制造产品—再生资源”的反馈式流程。针对装备制造企业的特点,强调产品生态设计,将“减量化”放在首位,从源头开始节约资源和能源、减少污染,运用可靠性设计方法做到突出“减量化”与产品功能相结合,制造过程强调清洁生产。从政府、行业和企业三个层面进行分析,政府制定清洁生产的法规、政策和条例,行业对清洁生产进行指导,企业在清洁生产过程中,减少固体废弃物和加工废液,变废物为资源。提出面对环境责任再制造工程设计,对生产过程中的报废产品进行回收再制造。分析再制造的内涵、特征,重点分析装备制造业再制造的内容和目标优化问题,达到提高资源利用率和降低能源消耗、节约成本、减少对环境污染的目的。遵循

ERM(环境责任制造),运用3DCE(三维并行工程),从产品设计、流程设计、供应链设计按照循环经济原理进行流程再造,达到装备制造企业发展循环经济的目。

本书以国家500强大型工业企业——湘电集团为范例进行实证分析。湘电集团按照《“十一五”规划》提出的“坚持开发节约并重、节约优先,按照减量化、再利用、资源化的原则,在资源开采、生产消耗、废物产生、消费等环节,逐步建立全社会的资源循环利用体系”。按照循环经济“装备制造4R”原则,立足于资源领域、能源领域、环境领域和交通领域,制订循环经济发展思路。重点发展双能源电动大巴产业化项目、城市轻轨车产业化项目、大型泵产业化项目、兆瓦级风电产业化项目四大绿色产品产业化项目。以节能、节材、环保为中心,为湘电集团提出产品生态设计理念。通过分析整体效益的清洁生产型的工业生产体系,提出对现有工业进行技术改造,增加技术含量,达到提高企业素质、降低消耗、提高效益的目的。通过产品生态设计、绿色材料选择、生产工艺改革、生产过程管理和物料内部循环利用等环节的科学化与合理化,按照循环经济进行流程再造,重塑组织结构,提高资源利用率,降低能耗,使工业生产最终的污染物降至最低水平。

**关键词:**装备制造、循环经济、产品生态设计、清洁生产、再制造

## Abstract

In the 1990s, the worldwide “green industrial revolution” happened. The environment and development have become the world issues of common concern and green barriers will force enterprises to take the development of circular economy. The circular economy characterized as “reduce & reuse & remanufacturing & resources” is essentially the reconstruction of the economic system that is drawn on evolutionary theory of natural ecosystems and on the basis of the ecological evolution and natural law, and makes the use of natural resources and environmental capacity, based on material recycling and energy conservation laws. The characteristics of the system are low extraction & high-use & low-input & high efficiency & low emissions & recycled. To the industry of equipment manufacturing, its development is inseparable from natural resources and the environment, and from the development and utilization of natural resources and the environment to achieve their own survival and development. Meanwhile, the equipment manufacturing industry is the big consumption of resource and energy, and the economic development of the traditional equipment manufacturing industry relies on the high input resource, high consumption of energy and sacrifices the environment in exchange for extensive economic growth. Circular economy integrates environment with production, carries environmental friendship throughout the entire product life cycle, and makes resources

and energy get a reasonable and sustainable use in the ongoing economic cycle, so as to bring the impact of economic activities on the natural environment and reduce it as small as possible. Therefore, the circular economy is the human society to break the two major bottlenecks of the shortage of resources and ecological deterioration of the environment to the economic development paradigm revolution.

This book analyzes the relationship between China's development of circular economy and the building of "two-oriented society," Putting forward the development of circular economy is basic approach to build a resource-saving society, is the inevitable choice to build environment-friendly society and urbanization development, is the fundamental guarantee of industrial technology upgrading and industrial restructuring. Connotation of developing circular economy is to achieve two major goals of improving economic efficiency and achieving the ecological balance. The two main goals of the development of circular economy and building the "two-oriented society" are the reality requirement of China's economic and social development. Designing the basic framework and models of the development of circular economy for equipment manufacturing industry based on China's resources and energy and environmental constraints, will help to improve their core competitiveness and achieve a win-win benefits purposes of economic and ecological.

From a macro point of view, this book puts forward establishment natural ecosystem economic systems based on property rights and value and constructing the interest mechanism as the core is the key issues of creating a system of circular economy and proposing the resources and energy and ecological environment is as the elements of production to change the existing pattern of interests, and is a key element in the de-



velopment of circular economy, and incentives and guidance and make policy and measures to develop circular economy by the government. From the microscopic point of view analysis, enterprises are the basis and the main body for the development of circular economy. The book analyzes the corporate social responsibility. From the macro-and micro-level, use of game theory to choice the decision of development of circular economy, only China's equipment manufacturing enterprises take the circular economy, can we stand on the world economy.

From the resource & energy & environment & social areas, in accordance with principles of circular economy, this book proposes "equipment manufacturing 4R" principle, and mainly researches product eco-design & cleaner production & sale use & recycling reuse & remanufacturing of equipment manufacturing, and applying the theory of circular economy reengineering traditional process, it carries the economic activities organized into a "resources - products - remanufacturing products - renewable resources" feedback process. To the equipment manufacturing Enterprise features and emphasis on product eco-design, the "reduce" is on the first place, starting from the source we should save resources and energy, reduce pollution, stress the combine of "reduce" and the product function design by use of reliability, stress the cleaner production on manufacturing process. Analysis from government to industry and enterprises, the government formulates legislation and policies and regulations of cleaner production, industry guides for cleaner production, and enterprises reduce solid waste and liquid waste, and the waste is becomed as a resource in the cleaner production process. It proposes remanufacturing engineering design and remanufacturing of discarded products face of environmental responsibili-

ty. analyzes the connotation and characteristics of remanufacture, focus on analysis the content and optimization problems on remanufacturing of the equipment manufacturing industry, achieve greater resource utilization, reduce energy consumption, save costs and reduce environmental pollution. The Equipment manufacturing industry, to achieve the purpose of developing circular economy, follow the ERM (Environmentally responsible manufacturing) and the use of 3DCE (Three-dimensional concurrent engineering) from the product design & process design & supply chain design and carry out process reengineering in accordance with principles of circular economy.

This book is based on the empirical analysis of China's 500 most powerful industrial enterprises—Xiangtan electric manufacturing group (XEMC), that is XEMC in accordance with “Eleventh Five-Year” plan’s “insistence on the development equal emphasis on conservation, conservation priority, according to reduction & reuse & resource-oriented principle, resource extraction, production and consumption, waste generation, consumption and other sectors, gradually establishing the resources of society as a whole recycling system,” according to circular economy “equipment manufacturing 4R” principle based on the resources area & energy area & environment area & transport areas conceiving circular economy development ideas focusing on the development of dual-energy electric bus industrialization projects, urban light rail vehicles industrialization projects, large-scale pump industrialization projects, megawatt-class wind power industry of four major green product industrialization projects. With energy and materials and environmental protection as the center, proposing product eco-design concept for XEMC, focus on the overall efficiency of the cleaner produc-

tion in industrial production systems, technological transformation of existing industries to increase the technological content, improving the quality of enterprises, reducing consumption, improving efficiency, through product eco-design and green material selection and production process of reform and production process management and internal recycling of materials and using such links as a scientific and rationalization, in accordance with circular economy, and rebuilding the organizational structure to achieve improve resource utilization reducing energy consumption, and making industrial production fall to its lowest level of pollutants eventually.

**Key words:** equipment manufacturing、recycling economy、product eco-design、cleaner production、Remanufacturing

# 第1章 导论..... 1

## §1.1 选题背景及意义 / 1

### 1.1.1 选题背景 / 1

### 1.1.2 研究的目的与意义 / 6

## §1.2 研究思路、方法及主要内容 / 8

### 1.2.1 研究思路 / 8

### 1.2.2 主要研究内容 / 10

### 1.2.3 主要研究方法 / 10

### 1.2.4 研究的技术路线 / 11

## §1.3 文献综述 / 13

### 1.3.1 循环经济理论的发展历史及研究进展 / 13

### 1.3.2 国内外研究现状 / 15

### 1.3.3 存在的问题 / 25

### 1.3.4 发展趋势 / 26

# 第2章 “两型社会”与循环经济 ..... 28

## §2.1 “两型社会”概述 / 28

- 2.1.1 “两型社会”的内涵 / 28
- 2.1.2 建设“两型社会”的现实意义 / 31
- §2.2 循环经济概述 / 33
  - 2.2.1 循环经济的内涵 / 33
  - 2.2.2 循环经济的主要原则 / 35
  - 2.2.3 循环经济的主要观念 / 37
  - 2.2.4 循环经济与传统经济的比较 / 39
  - 2.2.5 循环经济的理论基础 / 39
- §2.3 循环经济与建设“两型社会” / 43
  - 2.3.1 循环经济与“两型社会”的关系 / 43
  - 2.3.2 发展循环经济是建设资源节约型社会的基本途径 / 45
  - 2.3.3 发展循环经济是建设环境友好型社会的必然选择 / 47
- §2.4 城市化与中国制造业发展 / 51
  - 2.4.1 中国城市化进程考察 / 51
  - 2.4.2 中国城市化的特点 / 53
  - 2.4.3 中国城市化的困境 / 54
  - 2.4.4 制造业影响城市化机制 / 55
  - 2.4.5 装备制造业与城市化道路选择 / 56

### 第3章 资源环境约束与装备制造业发展 ..... 59

- §3.1 自然资源约束经济增长 / 59
- §3.2 能源约束经济增长 / 63
- §3.3 资源稀缺性与循环经济 / 65
- §3.4 环境资源约束经济增长 / 69

§3.5	新型制造业缓解资源、环境约束 / 70
§3.6	能源消费与工业经济增长的计量经济分析 / 71
3.6.1	数据处理和单位根检验 / 72
3.6.2	变量间的协整检验 / 75
3.6.3	估计误差修正模型 / 77
3.6.4	变量间的因果关系检验 / 79
3.6.5	结论与建议 / 79
<b>第4章</b>	<b>装备制造业发展循环经济的模式 ..... 81</b>
§4.1	装备制造业的分类和特征 / 82
4.1.1	装备制造业的分类 / 82
4.1.2	装备制造业的特征 / 83
4.1.3	循环型装备制造企业的内涵及特征 / 84
§4.2	装备制造业发展循环经济的现状分析 / 88
4.2.1	国外发达国家装备制造业发展现状 / 88
4.2.2	我国装备制造业循环经济发展现状 / 97
§4.3	装备制造业发展循环经济的实践模式 / 101
4.3.1	国际装备制造业循环经济实践及应用 / 101
4.3.2	发展循环经济的国内实践 / 105
§4.4	装备制造业发展循环经济的管理创新 / 107
4.4.1	发展循环经济的基本框架 / 108
4.4.2	循环经济发展新构思 / 117
<b>第5章</b>	<b>发展循环经济的运行机制 ..... 124</b>
§5.1	企业社会责任理论 / 125

- 5.1.1 企业社会责任的概念 / 125
- 5.1.2 企业社会责任的发展历程 / 126
- 5.1.3 企业社会责任的作用 / 128
- §5.2 装备制造业企业推行循环经济的动因 / 130
  - 5.2.1 宏观背景 / 130
  - 5.2.2 微观动机 / 131
- §5.3 循环型企业的微观分析 / 133
  - 5.3.1 循环经济模式下生产者均衡 / 133
  - 5.3.2 企业之间实行循环经济的博弈分析 / 134
  - 5.3.3 政府与企业间的博弈分析 / 136

## 第 6 章 循环经济与管理变革体系研究 ..... 144

- §6.1 装备制造业生态设计与可靠性设计构思 / 144
  - 6.1.1 产品生态设计与可靠性设计的内涵 / 145
  - 6.1.2 机械装备的可靠度 / 149
  - 6.1.3 可靠性设计增长与生态设计 / 160
- §6.2 清洁生产在装备制造业中的运用 / 175
  - 6.2.1 清洁化生产的理念 / 175
  - 6.2.2 装备制造清洁生产的实施 / 178
- §6.3 装备产品回收再制造 / 181
  - 6.3.1 制造业回收再制造的内涵 / 181
  - 6.3.2 再制造工程的特征 / 184
  - 6.3.3 面向 ERM 的再制造设计 / 185
  - 6.3.4 再制造目标优化策略 / 187
- §6.4 3DCE 在 ERM - NPD 中的应用 / 195
  - 6.4.1 3DCE 在 ERM - NPD 中的应用背景 / 195

- 6.4.2 3DCE 的框架 / 196
- 6.4.3 整合 3DCE 与 ERM / 198
- §6.5 装备制造企业流程再造变革 / 210
  - 6.5.1 企业流程再造含义 / 211
  - 6.5.2 传统经济发展模式下的企业业务流程 / 212
  - 6.5.3 ERM 理念下的企业业务流程 / 213
  - 6.5.4 两种模式下的企业业务流程的比较 / 215
  - 6.5.5 循环经济理念下的企业流程再造 / 216
- §6.6 制造型企业流程再造实例分析 / 221
  - 6.6.1 建立适应流程再造的事业部制 / 222
  - 6.6.2 流程再造的重点环节识别 / 223
  - 6.6.3 流程再造的实施过程 / 225
  - 6.6.4 流程再造的效果 / 227

## 第 7 章 湘电集团发展循环经济实践 ..... 229

- §7.1 湘电集团的可持续发展历程 / 229
  - 7.1.1 湘电集团概述 / 229
  - 7.1.2 湘电集团的发展阶段 / 230
  - 7.1.3 湘电集团循环经济的运行模式 / 233
- §7.2 湘电集团产业生态化发展战略 / 235
  - 7.2.1 产业生态化定位与发展思路 / 237
  - 7.2.2 能源领域——兆瓦级风电产业化项目 / 241
  - 7.2.3 交通领域 / 255
  - 7.2.4 资源领域 / 257
  - 7.2.5 环境领域——大型泵业产业化项目 / 257



**§7.3 湘电集团产品生态设计 / 258**

## 7.3.1 多目标的生态设计 / 258

## 7.3.2 面对制造与装配设计 / 263

## 7.3.3 面对再制造设计 / 264

**§7.4 湘电集团清洁生产成功做法 / 265**7.4.1 革新产品体系,以经济政策推进  
清洁生产 / 265

## 7.4.2 改革工艺和设备 / 266

## 7.4.3 生产过程的科学管理 / 267

## 7.4.4 物料再循环和综合利用 / 267

## 7.4.5 加强教育和宣传,促进全体员工参与 / 268

## 7.4.6 建立完善的清洁生产激励机制 / 269

**§7.5 发展循环经济管理体制保障措施 / 269****第8章 结论及有待进一步研究的问题 ..... 277****参考文献 / 281**