

谢志明 / 著

燃煤发电企业 循环经济资源价值流研究

Research on the Resources Value Flow of Circular Economy for Coal-fired Power Plant



经济科学出版社
Economic Science Press

燃煤发电企业循环经济资源 价值流研究

谢志明 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

燃煤发电企业循环经济资源价值流研究/谢志明著.
—北京: 经济科学出版社, 2013. 7
ISBN 978 - 7 - 5141 - 3831 - 3

I. ①燃… II. ①谢… III. ①火电厂 - 自然资源 -
资源价值 - 研究 IV. ①TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 232178 号

责任编辑: 李 雪
责任校对: 杨 海 王苗苗
责任印制: 邱 天

燃煤发电企业循环经济资源价值流研究

谢志明 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcs. tmall. com](http://jjkxcs.tmall.com)

北京汉德鼎印刷厂印刷

华玉装订厂装订

787 × 1092 16 开 14.75 印张 270000 字

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 3831 - 3 定价: 56.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 翻印必究)

本成果受如下项目资助：

国家社科基金重大项目：“基于工业的循环经济价值流分析研究”（11&ZD166）

国家社科基金重大项目：“我国电价体系建设与电力发展战略转型研究”（12&ZD051）

教育部人文社会科学基金：“独立董事‘旋转门’现象的形成机理、经济后果与监管策略”（13YJA790127）

湖南省社会科学基金：“电价形成机制与电力集约发展战略转型研究”（13ZDB26）

湖南省现代企业管理研究中心基金：“燃煤发电企业循环经济资源价值流管理研究”（13QGB3）

湖南省企业管理与投资基地研究基金：“基于物质流成本核算的环境管理会计业绩评价研究”（12jdyb06）

长沙理工大学博士启动基金

前 言

“能源节约、环境友好、经济发展”是 21 世纪人类所面临的三大主题。尽管燃煤发电消耗大量不可再生能源、环境污染严重，但燃煤发电因其成本和技术优势，在电力能源结构中仍将占绝对比重。这一现实决定了燃煤发电企业循环经济转型的发展趋势。如何按照减量化（reduce）、再利用（reuse）、再循环（recycle）原则融合物质流与价值流，谋求能源资源节约、环境负荷降低、经济价值增值共赢目标，已经成为工业生态学、经济学与环境会计学等各界学者关注的焦点。偏重技术型的物质流分析方法，可于工程角度探求资源节约与环境友好的相关解决措施，但不能充分挖掘与经济决策有关的价值流信息，导致煤电企业循环经济实践被动追求物质技术循环链接的盲目性；基于战略管理与精益生产的传统价值流分析方法，注重自身经济价值最大化，却忽略资源消耗、环境排放以及废弃物资源外部损害价值，致使燃煤发电企业循环经济缺乏内生化和自运行的动力。鉴于此，本书立足于燃煤发电企业循环经济发展的基本特征，采用调查分析、比较分析和实证分析等方法，构建了燃煤发电企业循环经济资源价值流分析的基本理论与方法体系。

（1）文章分析了燃煤发电企业循环经济物质流与价值流的融合基础与过程。摒弃传统价值流分析不考虑资源与环境约束的局限，综合考虑资源节约和环境友好的技术与经济可行性，分析了物质流转环节中价值投入、价值物化以及价值增值的价值流运行规律。

（2）构建了燃煤发电企业循环经济资源价值流分析的理论框架。界定了研究边界以及循环经济资源价值流的内涵，结合生产工艺特点，分析了资源价值流的层次结构、特征及其影响因素，明确了燃煤发电企业循环经济资源价值流分析的主要内容。

（3）构建了与资源流转环节相匹配的资源价值流核算模型。利用该模型得到了内部资源价值流矩阵、外部环境损害价值以及二者的综合评价结果等结构化

信息,为利用价值流规律优化物质流、实现价值流对物质流的生态导引作用指明了方向。

(4) 通过对美国、德国和日本等发达国家燃煤发电企业资源价值流报告进行比较研究,设计了适合我国煤电企业循环经济发展的资源价值流报告模式。并以案例企业资源价值流核算与分析数据为基础,对循环经济资源价值流报告内容、形式及报告方式等进行了分析。

(5) 深入燃煤发电企业资源流过程,计算了输入、消耗、循环和输出等环节的物质流与价值流量指标,构建了燃煤发电企业循环经济资源价值流效率的多层次可拓综合评价(MESE)模型。各环节的资源价值流效率指数、综合效率水平以及根据计算结果绘制的资源价值流效率晴雨图等,为燃煤发电企业资源管理、环境保护以及循环经济发展提供了实际数据支持和合理的评价手段。

(6) 分析了燃煤发电企业循环经济资源价值流分析及应用的保障条件,主要是经济利益驱动、技术指引、法律规制以及公众参与机制保障等。

本书在国内外相关研究的基础上,希望在以下方面能有所突破:分析物质流与价值流的融合运动过程(物质流是价值流的载体,价值流反作用于物质流路线优化),这为解决物质流调控困境,促进燃煤发电企业积极参与循环经济指明了方向;借鉴与资源价值流管理密切相关的工业生态学、环境经济学和现代环境会计学前沿,首次较系统地提出了燃煤发电企业循环经济资源价值流分析的理论框架,是集成创新的体现;提出了内部资源价值流核算(MFCA)和外部环境损害价值评估(LIME)的融合分析方法,价值流转模式、计量属性都有一定的前沿性;燃煤发电企业循环经济资源价值流报告“嵌入”了物质流与价值流信息,内容全面、形式较为新颖;MESE模型显现了流程层面的资源消耗、资源损失、废弃物排放的物质流与价值流相互作用的效果,拓展了循环经济评价研究的广度与深度。

尽管服务于燃煤发电企业循环经济发展的资源价值流决策支持系统的设计仍需持续探索,但本书研究结果综合反映了物质流转对价值流的影响以及价值流对物质流的生态引导作用,对促进燃煤发电企业循环经济发展,实现共赢目标具有重要的理论意义与实践价值。

谢志明

2013年6月

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 问题的提出	1
1.1.1 中国燃煤发电业资源、环境现状与循环经济发展的压力	1
1.1.2 传统资源价值理论与循环经济发展的矛盾	2
1.1.3 传统的价值核算方法不能满足循环经济发展要求	4
1.2 研究意义	4
1.3 国内外研究综述与评价	6
1.3.1 循环经济的理论基础, 逻辑过程与实现路径	6
1.3.2 燃煤发电企业循环经济实践与评价研究	12
1.3.3 循环经济资源价值流研究	14
1.3.4 国内外研究评价	16
1.4 研究内容与研究方法	18
1.4.1 研究内容	18
1.4.2 研究思路与研究方法	19
第 2 章 燃煤发电企业循环经济发展: 物质流与价值流的融合分析	21
2.1 燃煤发电企业循环经济发展的现实基础	21
2.1.1 燃煤发电在电力能源生产中的构成及比较优势	21
2.1.2 粗放型燃煤发电物质流对环境的影响	25
2.2 燃煤发电企业循环模式、物质流分析方法及其困境	26
2.2.1 燃煤发电企业循环经济模式	26
2.2.2 燃煤发电企业循环经济调控的基本手段: 物质流分析	28
2.2.3 燃煤发电企业循环经济物质流分析的困境	33
2.3 煤电企业循环经济资源价值流与物质流的融合	35
2.3.1 融合基础: 资源流的“二元”属性	35

2.3.2	融合过程：物质流动过程中的价值循环	38
第3章	燃煤发电企业资源价值流研究的理论分析	40
3.1	燃煤发电企业资源价值流研究的理论基础	40
3.1.1	工业生态学理论	40
3.1.2	环境资源产权理论	43
3.1.3	生命周期理论	45
3.1.4	现代环境会计理论	50
3.2	循环经济资源价值流的内涵分析	54
3.2.1	循环经济资源价值流界定	54
3.2.2	循环经济资源价值流的分类	57
3.2.3	循环经济资源价值流的特征	59
3.2.4	循环经济资源价值流的影响因素	60
3.3	燃煤发电企业循环经济资源价值流分析的理论框架	62
3.3.1	燃煤发电企业循环经济资源价值流分析的定位与目标	62
3.3.2	燃煤发电企业循环经济资源价值流分析的基本原则	67
3.3.3	燃煤发电企业循环经济资源价值流分析的主要内容	69
第4章	燃煤发电企业循环经济资源价值流核算研究	75
4.1	燃煤发电企业资源价值流核算原理与功效	75
4.1.1	燃煤发电企业资源价值流核算的必要性	75
4.1.2	燃煤发电企业资源价值流核算的基本原理	79
4.1.3	燃煤发电企业资源价值流核算的功效	84
4.2	燃煤发电企业循环经济资源价值流核算模型与方法体系	86
4.2.1	燃煤发电企业物料能源流转与资源价值流模型构建	86
4.2.2	燃煤发电企业内部资源价值流核算程序	89
4.2.3	燃煤发电企业外部环境污染损害价值核算模型	95
4.2.4	内部资源损失价值与外部环境损害价值核算的 融合分析	100
4.3	燃煤发电企业资源价值流核算的案例研究	105
4.3.1	案例企业背景与基本数据	105
4.3.2	资源价值流核算模型与结构	106
4.3.3	资源价值流核算结果分析	112

第 5 章 燃煤发电企业循环经济资源价值流报告研究	118
5.1 燃煤发电企业资源价值流报告的原因探析：深绿受托责任	118
5.1.1 循环经济条件下燃煤发电企业受托责任的扩大化	118
5.1.2 燃煤发电企业循环经济经营系统构建：受托责任的履行	121
5.1.3 燃煤发电企业循环经济价值流报告：受托责任的解除	122
5.2 燃煤发电企业资源价值流报告的国际比较及借鉴	127
5.2.1 美国燃煤发电企业循环经济资源价值流报告	127
5.2.2 德国燃煤发电企业循环经济资源价值流报告	131
5.2.3 日本燃煤发电企业循环经济资源价值流报告	138
5.2.4 国际比较及经验借鉴	142
5.3 我国燃煤发电企业循环经济资源价值流报告编制的案例分析	146
5.3.1 案例企业循环经济资源价值流报告现状	146
5.3.2 循环经济资源价值流报告的新形式：环境报告书的引入	148
5.3.3 案例企业环境报告书的编制流程	150
5.3.4 案例企业环境报告书的内容及形式	150
第 6 章 燃煤发电企业循环经济资源价值流效率评价研究	156
6.1 循环经济资源价值流效率评价：煤电企业经济—生态效率的融合	156
6.1.1 循环经济资源价值流效率相关概念诠释	156
6.1.2 煤电企业循环经济资源价值流效率评价的内涵	161
6.2 煤电企业循环经济资源价值流效率评价指标体系的构建	163
6.2.1 构建评价指标体系的基本原则与评价流程	163
6.2.2 构建循环经济资源价值流效率评价指标体系	164
6.2.3 评价标准及权重的确定	167
6.3 综合评价方法与模型	170
6.3.1 综合评价方法的选择	170
6.3.2 多层次可拓综合评价模型的构建	172
6.3.3 评价实施步骤	172
6.3.4 综合评价结果	178

6.4 实证分析	179
6.4.1 循环经济发展情况与资源流数据的获取	179
6.4.2 资源价值流数据获取	180
6.4.3 循环经济资源价值流效率评价指标值计算	182
6.4.4 循环经济资源价值流效率评价与结果分析	183
第7章 燃煤发电企业循环经济资源价值流分析及应用的保障条件	185
7.1 经济保障	185
7.1.1 利用市场的经济保障	188
7.1.2 创建市场的经济保障	191
7.2 技术保障	192
7.2.1 在发电侧开展 ISO14000 认证	192
7.2.2 建立资源价值流分析及应用的标准指引	193
7.3 政府规制与法律保障	195
7.4 公众参与机制保障	198
7.4.1 燃煤电站建设工程环境影响评价报告的公众监督机制	199
7.4.2 面向循环经济的消费者行为导向	201
7.4.3 非政府环境保护组织的倡导	201
第8章 研究结论与展望	204
8.1 本书的主要研究结论	204
8.2 本书的创新之处	207
8.3 研究局限与未来研究展望	208
参考文献	211

第1章 导 论

1.1 问题的提出

1.1.1 中国燃煤发电业资源、环境现状与循环经济发展的压力

电力工业是能源生产和转换行业，是最重要的国民经济基础产业和资源密集型产业之一。过去30年来，全球电力生产规模扩大了两倍，国际能源机构（International Energy Agency, IEA）预计在未来的30年间全球电力生产将进一步翻番；尤其是在发展中国家，包括中国在内的亚太地区，电力生产增长速度更快；从电力生产结构来看，全球火力发电仍然占一半左右，其中以燃煤发电为主，即便是到2030年，燃煤发电在电源结构中的比重仍将占40%以上^①。中国经济快速发展也推动了火电的迅速增长，截至2008年年底，中国年发电总量达到34 334亿千瓦时，仅次于美国。发电设备装机容量达到7.92亿千瓦，其中火电装机占75%，火力发电消耗的燃煤约占煤炭总量的80%，发电企业平均供电煤耗比国际先进水平高40~50g/kW·h，燃煤电厂二氧化硫（SO₂）排放占全国排放总量的54%，二氧化碳（CO₂）的排放量占全世界排放量的13%，仅次于美国的23%；近40%的国土面积遭受了酸雨的危害；平均厂用电率与1999年世界先进水平相差约2%，电网综合线损率比2004年世界先进水平高约4%。中国政府在《能源发展十一五规划》中要求：到2010年，使火电供电标准煤耗由2005年的每千瓦时370克下降到355克，厂用电率由5.9%下降到4.5%；年节能

^① 工业节能发展概况—电力领域节能，资料来源：<http://www.istis.sh.cn/list/list.asp?id=4339>。

3 500 万吨标准煤以上。到 2010 年,使火电厂每千瓦时烟尘排放量控制在 1.2 克、二氧化硫排放量下降到 2.7 克,电厂废水排放达标率实现 100%。使电网线损率下降到 7% 左右。“十一五”期间,火力发电行业按照党中央、国务院的部署,以循环经济作为重要抓手和突破口,基本实现了“十一五”规划纲要确定的约束性目标。“十二五”时期,随着工业化、城镇化进程加快和消费结构持续升级,我国能源需求呈刚性增长,受国内资源保障能力和环境容量制约以及全球性能源安全和应对气候变化影响,资源环境约束日趋强化,“十二五”时期节能减排形势仍然十分严峻;要完成“十二五”节能减排约束性目标(与 2010 年比较,单位产值能耗下降 16%、化学需氧量和二氧化硫排放量分别下降 8%、氨氮和氮氧化物排放量分别下降 10%)所面临的压力依然很大^①。燃煤发电企业的煤耗、厂用电率以及环境污染和废弃物排放等问题直接影响到中国电力工业的循环经济发展。

1.1.2 传统资源价值理论与循环经济发展的矛盾

循环经济发展要求自然资源,特别是当代大量使用的“化石能源资源的开发利用限定在资源环境可承受的阈值之内”(黎永亮,2006),要求资源利用遵循减量化、再利用、再循环的“3R (reduce、reuse、recycle)”原则,建立面向可持续发展的资源流转管理规则,使经济系统成为生态系统的组成部分,即建立“经济和环境和谐的条件”^[1] (Pearce and Turner, 1990)。即便是在循环经济发展模式下,因为废弃物的排放具有显著的外部性,靠纯粹的市场经济不能解决问题。于是,人们就将目光转向政府,试图以通过收取污染排放费的方式,把自然资源和生态环境作为稀缺的社会大众共有资源,纳入到经济循环过程之中,参与定价和利益分配。由于有了这个通道,传统的资源价值理论即效用价值理论和劳动价值论反而对循环经济的“经济性”讳莫如深^[2]。在传统价值理论中,价值作为社会、经济、生活资源分配的杠杆,突出表现在调节商品领域内各方面经济利益,而在自然资源、废弃物资源领域远远没有发挥相应的作用^[3]。在分析“经济-环境”复杂系统的价值运行机制时,效用价值论以主观“效用价值”论为基础,只强调价值的市场秩序 (market order),忽略了自然环境及其生态价值。在资源环境生态问题日趋严重的今天,其价值困境开始显现:一是价格对价

^① 国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知. 国发〔2011〕26号, http://www.gov.cn/jzwgk/2011-09/07/content_1941731.htm。

值严重偏离的“价值悖论 (paradox of value)”,二是储蓄成为经济增长的紧缩性因素的“节俭悖论 (paradox of thrift)” (凯恩斯, 1936)。“价值悖论”使微观经济研究的重心由使用价值转向交换价值,从生产领域转移到分配领域,导致物质流与价值流背离,微观上存在资源浪费的条件。“节俭悖论”使宏观经济学研究重心从实体经济转向虚拟经济,从供给领域转移到需求领域,不仅具有物质流与价值流背离的倾向,而且还引起物质流与信息流的分离,导致宏观上的资源巨大浪费。“劳动价值论”只强调社会空间的价值分析,忽视市场空间和自然空间的价值运行状态,还没有延伸到自然空间^[4]。这些理论都产生于人类认识可持续发展之前的历史时期,由于理论内在缺陷或者人类将有关理论错误理解,经济发展模式以“大量生产、大量消耗、大量废弃”为特征。在传统资源价值观念指导下的经济行为,导致了资源与环境系统严重退化,使人类可持续发展面临巨大的威胁。

在中国,劳动价值论的巨大影响使我们在认可自然资源、废弃物循环利用价值问题上遭遇很大的困难。自然资源无价值论带来的严重后果是微观经济主体可以廉价地获得原生资源,以至于对废弃物资源的“再利用”和“再循环”缺乏有效的市场驱动和积极的自主意识,因而企业层面的循环经济发展步履维艰。以煤电企业烟气脱硫装置为例,1台30万千瓦机组的设备投入成本在1亿元以上,一年的运行成本为1000万元,于是一些电厂以种种理由迟迟不上脱硫装置,甘愿受罚;有的电厂即便上了脱硫装置也不运行,却同时在享受脱硫电价优惠^①。

传统资源价值理论扭曲了包括自然资源、废弃物资源在内的资源价格。资源无价、资源产品低价、产成品高价的现象长期困扰中国经济的健康发展^[5]。为了合理利用包括化石能源在内的自然资源与保护环境,2008年《循环经济促进法》提出了“建立符合可持续发展目标的价格体系”的战略目标。但这种价格体系必须建立在正确的资源价值理论基础之上,废弃物资源和其他自然环境资源的价值只有在资源流转的过程中才能得到完整地体现。而基于循环经济的资源流价值运动及其计量方法的研究仍处于起步阶段,“能源、经济与环境的运行体系基本上还是以传统资源价值理论体系为基础,完整的资源价值理论体系远没有建立起来”。

① 火电企业为何甘愿年罚上千万却不愿烟气脱硫,资料来源: <http://www.sina.com.cn>, 2005年6月13日。

1.1.3 传统的价值核算方法不能满足循环经济发展要求

循环经济的目标就是通过物质循环来创造更多价值的经济，它是以经济效益提升为前提的，即“既有经济也有循环”。价值核算方法应作为促进循环经济发展的必要手段，通过持续、动态、全面地揭示循环经济价值流信息，对循环经济开展过程中的资源流路线的优化升级、循环经济决策、控制和评价发挥重要作用。结合企业循环经济实践，价值核算至少需要在以下方面提供有用信息：一是提供与物质流转相配套的资源价值流数据，以反映不同工艺流程、生产线乃至生态工业园区的价值流量与流向；二是提供不同时空段的资源投入与产出价值、资源有效利用价值与废弃物经济损失、污染物的外部环境损害价值等；三是对循环经济开展前后的经济效益做出价值评价；四是构建不同物量中心的价值流控制标准图，用于循环经济改善后的运行成本控制等。

因为电力产品不存在库存产品和半成品的特点，所有输入的资源包括物料、能源、水资源、设备折旧以及人力资源价值等最终全部成为输出电力产品的成本价值。导致传统的成本价值核算还只是局限于输入端的“减量化”，或是类似于末端治理的废弃物最小化所带来的间接价值的量化，缺少对燃煤发电生产生命周期各个阶段循环经济价值流入和流出量及影响因素等一般规律的系统研究，至于“再循环”和“再利用”原则对价值流量和流向的改变怎样引导企业循环经济决策等方面还鲜有涉及^[50]，客观上导致了价值流与物质流的分离，难以实现经济价值与资源环境价值同步增长。

1.2 研究意义

燃煤发电企业生产过程的显著特征为：以能源资源（煤炭、油、水、空气等）的输入为源头，通过功能不同的工序协同（集成）运行，生产出大量的产品、副产品。因其能源资源利用效率低下，废弃物资源损失价值与外部环境损害价值较高，具有很大的循环经济改善潜力。然而，在循环经济实践中，企业普遍采用的是偏重技术型的循环经济物质与能源流分析方法，立足于工程角度探求相关解决措施与方案。结果导致大量的有价值的会计、统计及其他经济数据难以充分利用与挖潜，经济可行性分析及动态价值控制等无法有效实施。

本书把燃煤发电企业循环经济理解为一种新型的经济运行方式，它关注的是

整体性、结构性、系统性、动态性节约与污染物减排,理论上追求物质流、价值流与信息流的协同运行。鉴于此,本书的研究主题为:在资源物质流与价值流融合运行机理分析的基础上,按照资源价值流核算、资源价值流报告、效率评价与实施保障条件的逻辑主线展开研究,试图构建应用于燃煤发电行业的循环经济资源价值流分析的基本理论与方法体系。研究意义主要表现在:

(1) 以资源价值流成本核算为基础,继承了工业生态学、价值流理论、环境会计等领域的最新研究成果,建立了融合物质循环与价值循环的资源价值流分析与应用体系。一方面可避免企业循环经济实践被动追求物质技术循环链接的盲目性,另一方面可发现企业循环经济价值增值源泉与资源环境改善的关键环节。新的研究范式摒弃了传统价值流分析与物质流分析应用不能兼顾经济价值与资源环境的互动影响,不能解释循环经济的“经济性”的不足,以物质流路线为基础,跟踪、描绘资源的价值流动,通过资源价值流投入、周转、补偿、增值的运行机理分析,揭示了物质流转对价值流的影响以及价值流对物质流的生态导引规律,从而为企业循环经济能够实现“资源节约、环境友好、价值最大化”的多重目标提供可信的理论解释。

(2) 依据燃煤发电企业循环经济的物质流路线,通过对资源、能源等在企业内部不同流程环节的资源与能源输入、产品输出以及对环境排放的物质流核算与理化数据统计,按照物量中心归集并逐步结转价值流成本,对资源价值流量变化进行核算、报告和效率评价,既为企业履行、报告与解除深绿受托责任也为财务部门参与企业循环经济决策、控制与评价提供了手段。其中内部资源流转成本与外部环境损害价值评估的核算方法、资源价值流报告模式以及资源价值流效率的多层次可拓物元评价方法等集成了生产经营与环境管理的价值流与资源物质流数据,可以为研究生产工艺、企业清洁生产的整个生命周期乃至生态工业园的资源循环利用过程中的经济增加值的变化以及资源环境效率提供实证数据支持。同时,这些理论与方法体系还可推广应用于其他重污染、高消耗企业,为这些企业循环经济资源价值流分析的应用提供实践指导。

(3) 本书尝试构建的循环经济资源流分析方法采用内部资源流核算、外部损害价值评估以及二者的融合分析模型,能够及时发现、报告资源及环境价值流动,通过资源价值流效率评价优化物质能源流转路线,从而实现生态真理与经济现实的有机融合^[6]。燃煤发电企业循环经济发展既要求“物质循环”又要求“经济可行”,“物质循环”是在“经济可行”的前提下循环,“经济可行”是在“物质循环”中的经济价值最大化^[7]。而物质流核算单纯追求物质技术上的循环链接,忽略燃煤发电企业资源循环利用成本、废弃物资源损失、外部环境损害价

值的流转与补偿，所以，通过物质流调控与优化资源流转可能导致企业循环经济的“被动抉择”。要让循环经济资源价值流分析成为企业“积极参与”循环经济的调控手段，需要在以下方面提供保障：利用现有制度或出台一些新的政策工具改变燃煤发电企业循环经济成本效益方程，通过价值引导使企业循环经济具有内生化和自运行的动力；为资源价值流分析及运用提供操作性标准；进一步完善促使燃煤发电企业主动参与循环经济实践的制度和政策以及公众参与机制等，这为环境保护机构、电力监管部门以及其他政府机构建立和完善经济资源价值流分析及应用的保障条件提供了可供参考的政策建议。

1.3 国内外研究综述与评价

1.3.1 循环经济的理论基础，逻辑过程与实现路径

循环经济的思想古今中外皆有。中国传统哲学思想核心之一是主张“天人合一”、“天地变化，圣人效之”、“道法自然”，《中庸》里说“能尽人之性，则能尽物之性，则可以参天地之化育”。古希腊的思想家色诺芬的《经济论》是论述奴隶主家庭经济的著作，认为“对于一个高尚的人来说，最好的职业和最好的学问就是人们从中取得生活必需品的农业”；并从自然经济的观点出发考察社会分工，强调社会分工在提高产品使用价值，即能使产品造得更加精美的作用^[8]。古罗马对循环经济思想的贡献，主要是罗马法中关于财产、契约和自然法则的思想。人类在崇拜自然、遵循自然法则的过程中经历了原始文明和农业文明阶段。但工业革命以来，人类社会发展依赖于资源的大规模消耗，造成的污染日趋严重，生态环境日益恶化，人与自然的关系变得很不和谐，乃至自然界做出报复性的反应。循环经济正是在经济社会高速发展与资源紧缺和环境恶化的矛盾日趋紧张的情况下产生的一种新的经济增长模式，也是人类社会实现可持续发展的必然选择^[9]。1966年肯尼斯·鲍尔丁（Kenneth Ewert Boulding）发表的《即将到来的宇宙飞船地球经济学》被认为是循环经济思想的现代起源^[10]。宇宙飞船经济思想使用“循环其废物（recycle its wastes）”以及“循环流（circular flow）”等词语描述这样一个事实——人类的生存能力依赖于具有闭路循环特征的世界生态系统上所有元素和人的共生关系”；注重从资源到废物这一过程的产量和消费量最小化，这与目前经济学所追求的产量、消费量的最大化和持续增长完

全相异。在博尔丁提出“宇宙飞船经济”思想以后，特别是物质循环这一主题，出现了一系列对于循环经济学发展具有重要影响的理论和方法。包括：罗伯特·伊瑞斯和爱伦·科尼斯（U. Ares and A. V. Kneese, 1969）的经济过程的物质平衡原理^[11]；乔治斯库·罗根（Georgescu Rogen, 1971）的熵定律与经济过程问题；罗伯特·弗洛施和尼古拉斯·盖洛普（Robert Frosch and Nicolas Gallopoulos, 1989）的产业生态系统理论；戴维·皮尔斯和凯利·特纳（D. Pearce and R. K. Turner, 1990）提出的“循环经济模型”等，见图1-1。

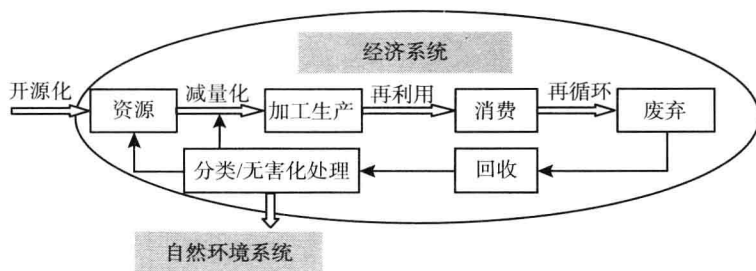


图1-1 融合经济系统与自然环境系统的循环经济模型

罗伯特·伊瑞斯和爱伦·科尼斯的经济过程中物质平衡原理利用物理学上的物质守恒定律，不仅开创性地利用物质流分析（material flow analysis, MFA）这样一种新的经济分析方法，首次提出了减少经济过程废弃物排放和环境负荷影响的两项基本原则：一方面从源头上减少能源与物料的投入，另一方面就是提高生产经营过程中的资源利用效率，特别是物质资源的再循环利用率；并由此提出了对如图1-1所示的整个经济过程的物质流动，实行“从摇篮到坟墓”的综合管理思想^[12]。这可以说是作为目前循环经济实践核心的“3R”原则的最早理论渊源。

乔治斯库·罗根（Georgescu Rogen）是第一个系统阐述经济过程是如何受到熵定律限制的经济学家。他改变了以往经济学完全从价值的角度来分析经济过程的方法，转而从物质和能量转换的角度来看待价值的生成和消费过程。他认为，从纯物理的角度看，经济过程是一个以低熵状态物质—能量输入，高熵状态物质—能量输入的过程，即经济过程仅仅是把有价值的自然资源（低熵）转化为毫无价值的废弃物（高熵）的过程^①。经济过程之所以能够持续下去，是因为它能

① 熵在热力学中是表示一个系统无序程度的度量。按照热力学第二定律，任何物质和能量都不可能100%转化，不能转化的部分成为系统内不能再利用的废物，从而导致系统熵的增加。