

中国资源产出率 测算分析

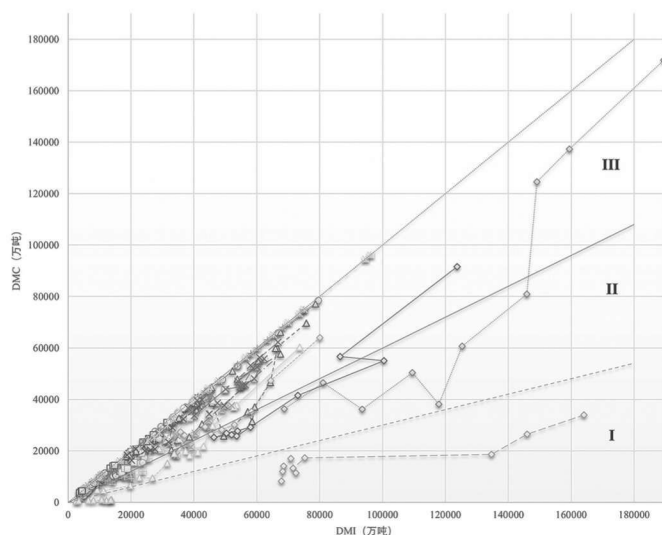
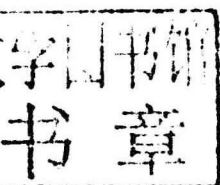
李楠 / 著



河北科学技术出版社

中国资源产出率 测算分析

李楠 / 著



河北科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国资源产出率测算分析 / 李楠著. -- 石家庄:
河北科学技术出版社, 2016. 12
ISBN 978-7-5375-8766-2

I. ①中… II. ①李… III. ①自然资源—资源利用—
研究—中国 IV. ①F124. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 297130 号

Zhōngguó Zīyuán Chǎnchūlǜ Cèsuàn Fēnxī

中国资源产出率测算分析

李楠 著

出版发行	河北科学技术出版社
地 址	石家庄市友谊北大街 330 号 (邮编 050061)
经 销	新华书店
印 刷	河北新华第二印刷有限责任公司
开 本	700 毫米×1000 毫米 1/16
印 张	16.5
字 数	235 千字
版 次	2016 年 12 月第 1 版
印 次	2016 年 12 月第 1 次印刷
定 价	28.00 元

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 背景	1
1.2 问题的提出	5
1.3 研究内容与章节设置	5
第 2 章 资源产出率相关研究进展	8
2.1 资源产出率的起源与定义	8
2.2 资源产出率的国内外研究进展	12
2.3 本章小结	15
第 3 章 中国资源产出率与支撑模型研究	17
3.1 CEW-MFA 支撑模型构建	17
3.2 中国资源产出率指标体系定义	39
3.3 本章小结	44
第 4 章 数据准备与质量分析	45
4.1 数据 ETL 方法概述	47
4.2 数据 ETL 与 OLAP 数据库构建	54
4.3 本福特定律筛查	59
4.4 本章小结	81

第 5 章 中国资源产出率与物质流指标测算	82
5.1 资源产出率指标测算	82
5.2 影响资源产出率的主要 CEW-MFA 指标测算	88
5.3 资源产出率指标空间分布测算	95
5.4 影响资源产出率的主要 CEW-MFA 指标空间分布测算	102
5.5 本章小结	107
第 6 章 中国资源产出率与物质流指标分析	109
6.1 国家层面资源产出率影响因素分析	109
6.2 资源产出率空间分布特征分析	119
6.3 本章小结	139
第 7 章 中国资源产出率规划目标可达性分析	141
7.1 基础模型选择	141
7.2 预测模型构建	144
7.3 影响资源产出率的物质代谢驱动力与潜在因素分析	146
7.4 RPN 模型构建	166
7.5 2015 年资源产出率指标预测	171
7.6 本章小结	176
第 8 章 结论与建议	177
8.1 结论	177
8.2 建议	179
附录 A CEW-MFA 数据规范与估算项目汇总	180
1 本地采掘(DEU)	180
2 进口(同 3 调入、4 出口、5 调出)(IM)	186
6 处置后排放(DPO)	207
7 平衡项(BI)	211

8 循环(CR)	213
附录 B 资源产出率决策支持平台	214
平台主要功能介绍	214
平台网络拓扑结构	223
系统其他基础功能介绍	223
附录 C 物质及非物质生产部门列表	233
附录 D 主要符号对照表	235
参考文献	236

第1章 绪 论

1.1 背景

1.1.1 绿色经济转型与资源产出率

在2012年6月的里约+20峰会上，推进绿色经济成为主要议题之一。绿色经济指一种以维护人类生存环境、合理利用资源和能源、消除贫困以及有利于人体健康为特征的经济发展模式^[1]。中国政府在这次会议上明确表态：“中国要积极探索发展绿色经济的有效模式，绿色经济没有绝对的标准和统一的模式，发展绿色经济应当坚持因地制宜，各国应自主决定绿色经济转型的路径和进程”^[1]。

社会经济系统是自然环境的子系统，两者通过物质流动相互作用，自然环境不断地为经济系统提供物质支撑，后者通过各种排放影响和改变自然环境。人类社会与自然界的协调发展和绿色经济的转型，关键在于转变长久以来人类社会的传统物质代谢模式，减轻对自然环境的压力。

绿色经济的核心是，在维持经济增长的同时，减少资源的过度消耗，其关键在于提高资源产出率（Resource Productivity-RP）。RP是反映资源节约和环境保护的综合性指标，在物质需求总量不变的前提下，RP的提高直接

等同于一次资源投入和污染排放的减少。随着人类对经济系统物质基础理解的不断加深,大多数国家都日益重视能够提高本国资源产出率的相关政策,希望以更少的自然资源使用和更低的排放获得更多的经济增长。

1.1.2 中国的绿色经济转型

中国经济在快速发展的同时,也在面临着资源短缺、对外依赖度严重以及利用效率低下等困境,所以中国将发展绿色经济、提高 RP 作为实施可持续发展的必由之路。

2002 年,中国将“可持续发展能力不断增强”作为全面建设小康社会的目标之一,标志着中国一种新的发展观出现^[1]。随着《中华人民共和国循环经济促进法》的施行,中国又采取了一系列促进人与自然和谐发展的重大战略举措^[2,3]。《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》(以下简称“十一五”规划纲要)提出了“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低 20%左右的约束性指标^[4]。国家发展和改革委员会会同有关部门制定的《节能减排综合性工作方案》明确提出了节能减排的目标,即“十一五”期间工业固体废物综合利用率达到 60%以上^[5]。《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》(下文简称为“十二五”规划纲要)进一步提出了与 RP 相关的指标要求:在“十二五”末,单位国内生产总值能源消耗降低 16%,一次化石能源消费总量控制目标为 36.2 亿吨标煤,综合资源产出率提高 15%^[6]。中国现阶段政策关注的资源使用相关指标,除了 RP 之外,还包括固体废弃物综合利用率。

虽然“十二五”规划纲要首次提出了综合 RP 的要求,但没有给出综合 RP 的具体定义与测算方法。中国现有的传统价值型指标(GDP)和单一资源混合指标(单位 GDP 能耗)无法表征综合 RP,且缺少“可操作、可量化、可考核、可决策”的 RP 指标体系,因此无法测算评价经济系统与环境之间的相互关系以及经济发展对环境产生的影响,也就无法制定有效的绿色经济转型的政策方针。制定合理高效政策方针的前提,是能够识别经济链条

中资源使用效率低下的环节,识别需要重点对待的物质。换言之,需要有效的方法和手段来衡量政策对改善经济与环境的关系效果,这种方法应能同时支撑涉及社会、经济及环境领域的决策。

1.1.3 中国所面临的挑战

中国的政体与现阶段的经济特征,决定了其在推进绿色经济转型、提高 RP 时应关注的重点问题必然有中国自身的特点。中国推进绿色经济转型与 RP 提升面临着很多挑战。

1.1.3.1 中国所处的基础建设阶段

2010 年中国的 GDP (国内生产总值) 为 5.75 万亿美元,连续两年成为仅次于美国的世界第二大经济体,然而中国达到此种规模的 GDP 所使用的自然资源却远超过发达国家。澳大利亚、德国、美国等,在经济腾飞的初期(20 世纪 60—70 年代),大量的基础建设导致物质消耗量的大幅增长,RP 也一直较低。当经济发展达到较高水平时,生产效率的提高和产业结构的改变都使得 RP 得到较快提升。中国现阶段还未脱离基础建设阶段,尽管经济增长快速,但 RP 提升速度缓慢。

1.1.3.2 中国政策的特征

中国由 34 个省级行政单位(23 个省、5 个自治区、4 个直辖市以及 2 个特别行政区)组成。中央政府主要负责行使宏观经济调控权,省级行政单位主要负责微观决策^[7]。经济、环境和资源保护、城乡建设等事务,由中央政府制定政策法规和全国统一的技术标准,具体实施由地方政府全面负责^[7]。现行的很多政策具有区域性差异,各类考核要求或考核指标亦有“区域性分配”的需要。所以,推进绿色经济转型和 RP 提升,省级层面是一个必不可少的重要环节。

其次,“五年计划”是中国国民经济计划的重要组成部分。在制定相应决策规划之前,需要先行了解相关规划目标的未来大致走向,以便每五年制定一次规划。

1.1.3.3 中国区域发展的巨大差异

中国各区域的经济发展极度不均衡。东部省份山东和江苏的 GDP 已经与欧洲发达国家瑞士相同，而西部的贵州、青海等省份的 GDP 仅处于非洲利比亚和南美洲玻利维亚等欠发达国家的水平（表 1.1^①）。不同的经济发展水平或发展阶段，必然导致区域间的物质代谢模式和 RP 的巨大差别。譬如，东部沿海地区的能源利用效率已经远优于中西部地区^[7]。具有一定自主权的中国省级区域，进行提升 RP 的相关决策时面对的问题以及制定的政策措施也必然存在很大差异。

表 1.1 2010 年与中国省级区域 GDP 相当的国家 （单位：10 亿当年价美元）

序号	中国省份	GDP	其他国家	序号	中国省份	GDP	其他国家
1	广东	665	印度尼西亚	18	陕西	148	阿尔及利亚
2	江苏	596	瑞士	19	黑龙江	142	乌克兰
3	山东	574	瑞士	20	江西	136	哈萨克斯坦
4	台湾	430	挪威	21	广西	135	科威特
5	浙江	379	澳大利亚	22	天津	133	匈牙利
6	河南	333	泰国	23	山西	129	匈牙利
7	河北	287	哥伦比亚	24	吉林	127	卡塔尔
8	辽宁	260	阿联酋	25	重庆	117	卡塔尔
9	上海	250	芬兰	26	云南	110	越南
10	四川	244	马来西亚	27	新疆	73	利比亚
11	湖南	232	新加坡	28	贵州	72	利比亚
12	湖北	225	尼日利亚	29	甘肃	60	克罗地亚
13	香港	220	埃及	30	海南	30	肯尼亚
14	福建	206	爱尔兰	31	澳门	26	巴拿马
15	北京	201	菲律宾	32	宁夏	25	埃塞尔比亚
16	内蒙古	180	捷克	33	青海	19	玻利维亚
17	安徽	175	巴基斯坦	34	西藏	8	马耳他

① The Economist（经济学人杂志）. Comparing Chinese Provinces with Countries. 2012; http://www.economist.com/content/chinese_equivalents/.

1.2 问题的提出

针对中国推进绿色经济转型所面临的困境,本书试图为中国提升 RP 的相关决策提供支撑。通过研究构建模型方法,测算中国经济系统 RP 的现状与发展趋势,揭示资源在中国经济系统内的流动特征,为中国绿色经济转型提供理论依据、数据基础和决策工具。本书拟解决三个主要问题:

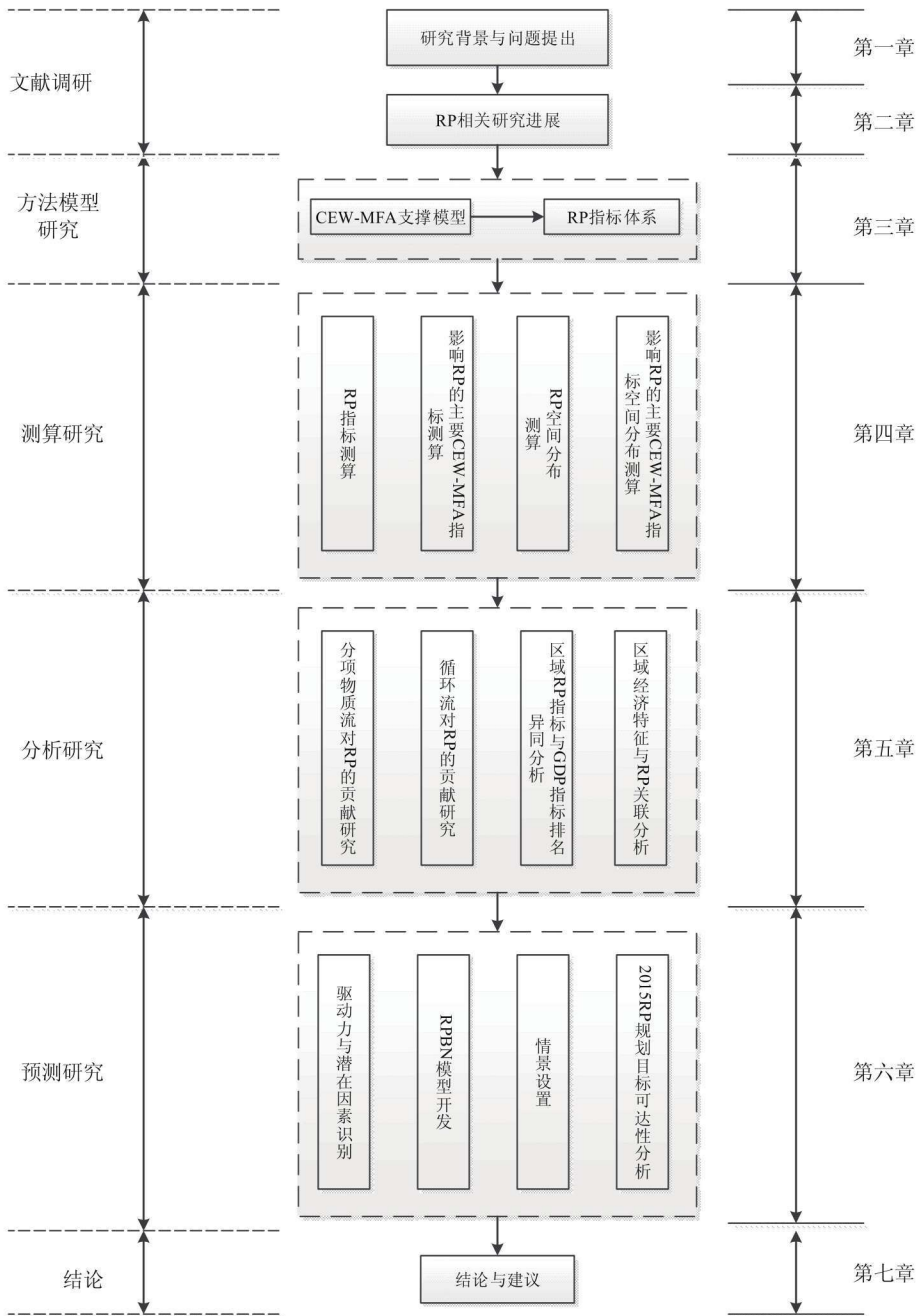
(1) 根据中国的管理需要,定义和测算 RP 及相关指标,研发合适的工具,形成“对症”中国 RP 的工具方法。具体内容包括:①RP (包含循环率)的定义与测算方法研究;②物质分项的 RP 测算方法研究;③RP 空间分布的协同分析方法研究。

(2) 近年来中国的 RP 与影响其的主要物质流动的演变趋势分析。具体内容包括:①近年来中国 RP 总体以及 RP 空间演变趋势测算;②影响中国 RP 的主要物质流动及其空间分布测算。

(3) 揭示影响中国总体 RP 的因素及其空间分布,识别 RP 提升应重点关注的物质流类别及其相关行业,预测中国 RP 的相关规划目标的可达性。具体内容包括:①影响总体 RP 及其空间分布的相关因素研究;②提升 RP 应关注的重点物质流类别与相关行业研究;③近年来推动中国 RP 的主要驱动力与潜在因素分析;④“十二五”末 RP 提升潜力与国家相关规划目标的可达性分析。

1.3 研究内容与章节设置

按照“文献调研—方法模型构建—测算—分析—预测—结论”的技术路径开展研究工作,研究内容与章节设置对应关系如图 1.1 所示。



第一章，在分析立题背景的基础上，提出试图解决的主要问题。

第二章，调研国内外 RP 的研究进展。

第三章，构建测算 RP 所需的支撑模型，在其基础上定义中国 RP 指标体系。

第四章，使用构建模型，测算 2000—2010 年中国国家和省级区域（除港、澳、台外）的 RP 与相关的物质流指标。

第五章，在测算结果的基础上，进一步建立指数分解模型与关联分析模型，分析分项物质流与循环流对总体 RP 的贡献度以及 RP 与区域经济系统特征的内在联系。

第六章，在识别影响 RP 的物质代谢驱动力与潜在因素的基础上，构建预测模型，使用情景分析方法分析国家“十二五”末综合 RP 规划目标的可达性。

第七章，凝练本书的主要结论以及对未来研究的建议。

第 2 章 资源产出率相关研究进展

RP 作为反映资源节约和环境保护的综合性指标，现有的定义均基于物质流分析（Material Flow Analysis-MFA），属于在 MFA 基础上深度衍生出来的一类可持续发展指标（Sustainable Development Indicator-SDI）。提高 RP，意味着在同等资源消耗的情况下，生产更多的产品。不能顾名思义地认为 RP 仅是关于资源的指标，因为 RP 受到资源使用、资源节约、资源循环利用和废弃物排放等诸多因素的影响，实质上是资源和环境的综合性指标。

2.1 资源产出率的起源与定义

2.1.1 资源产出率的起源

RP 受到关注，已经有较长的历史。虽然从 20 世纪 60 年代开始就出现了关于农业和煤炭工业产出效率的思考，但 20 世纪 70 年代出现的全球能源危机，引发的关于能源利用率（Energy Ratio-ER）的讨论被认为是 RP 研究的起源^[8]。ER 被定义为能源消耗与国民生产总值（Gross National Product-GNP）的比值^[9]。在过去的一百年中，发达国家的 ER 下降显著，即单位能源消耗所产出的 GNP 提升明显。ER 的提升几乎都与这些国家的经济结构调整、能源结构改变和技术进步密不可分，持续的能源节约仅有小部分的贡献^[9]。上世纪 70 年代各国 ER 的提高，虽然高油价是主要原因之一，但是

政策措施也起到了相当大的作用。当时所使用的各类提高能源产出效率的措施，都是出于防范日后可能人为引起的能源短缺。

世界各国努力提升 RP 的动力在于：①保护稀缺能源和物质资源；②在自然资源变为废物时提供有效的回收能力或安全的“下水道”，从而保护自然环境。

人类所享受的环境通常是无价的，各类污染物排放到环境，几乎是不用付出任何代价的，即使有些污染物的排放依照法规和环境税会需要相关的费用，但对于保持环境的可持续性而言则成本过低。从经济学角度来看，自然资源之所以有价格是因为其有市场。当然，现在的价格是否能够准确反映目前资源的稀缺性仍存在争议，但市场本身应该是能够意识到未来稀缺性的。可以认为，现阶段价格因素对资源节约的推动能力仍然有限。在总物质需求不变的前提下，提升 RP 可有效减少物质消耗，从而减少污染物排放，而排放控制正是环境政策的核心。所以，提升 RP 意味着在节省资源的同时改善环境，因此 RP 已成为世界各国持续关注的焦点之一。

2.1.2 资源产出率的定义

RP，即表征自然资源使用的效率。质量守恒与热力学第一定律（质能守恒定律）表明，从自然环境获取的物质或能量最终必定回到自然环境中去，物质和能量是不灭的。提升 RP，即使用单位质量的物质资源时，减少相应污染物的产生，增加物质资源的可用比例。

RP 可以被归结为两类表现形式：

- (1) Economic-physical efficiency（单位物质投入或消耗的价值产出）；
- (2) Physical or technical efficiency（单位物质投入或消耗的物质产出）。

虽然不同的国家、组织与研究机构先后给出了各自的 RP 定义，但现有的宏观 RP 相关研究绝大多数都选择了第一种表现形式^[10-15]，即使用物质投入或消耗量除以 GDP，而物质投入和使用绝大多数都是使用 MFA 工具来进行测算的。因为计量与测算经济系统的物质投入或产出是 RP 测算的第一

步,经济系统物质流分析(Economy-wide Material Flow Analysis - EW-MFA)尤为适合分析具有行政边界的区域,以综合性(加和)指标表征对象区域的物质代谢总体状况。EW-MFA起源于社会代谢论(Society's Metabolism^[16])和工业代谢论(Industrial Metabolism^[17])。自20世纪90年代,奥地利的Steuer、日本的Environment Agency Japan分别完成了国家层次整体的MFA(Material Flow Analysis - MFA)报告^[18]。此后,MFA成了一个快速发展的科学研究领域,其中,一些学者集中研究如何统一不同的MFA方法,如Adriaanse^[19]、Kleijn^[20]等人。欧盟于2001年出台了标准化的EW-MFA编制方法导则^[21],为MFA方法提供了第一个国际性的官方指导文件,使测算结果具备国际和区域可比性^[22],并于2009年和2012年公布了新的修订文件^[23, 24]。2008年,OECD(经济合作与发展组织)工作组在2001年欧盟导则的基础之上发布了核算RP的框架^[25]。因此,EW-MFA在全球物质代谢研究领域的认可度相对较高,多数RP研究均选取EW-MFA作为分析实物流动的工具。

欧盟环保局(EEA)将RP定义为人们能够享受到的福祉/自然资源的使用;生态效率(Eco-efficiency - EE)被定义为使用单位自然资源能够产出多少经济利润或是福利。提升RP和EE,即“使用更少,获得更多”^[26]。

欧盟统计局(Eurostat)认为,RP反映的是一个经济系统使用能源和其他资源的效率,同时也表征了需要达到某个经济水平所需要投入的自然资源的多少^[27]。RP即是GDP与本地物质消耗(DMC)的比值,其中,需要注意的是DMC是表观消耗而不是最终使用^[28]。

Ayes等人^[29]认为,RP主要聚焦于减少物质投入仍能产出同样或更好的服务。RP的提升能够反映物质使用强度(MIPS)的下降,总体目标是在保持经济增长的同时,降低因自然资源使用造成的不良的环境影响。提高RP,即与经济增长和物质消耗解耦概念相对应。

OECD将RP理解为定量、定性两个维度的含义:单位自然资源产出的产品量(定量维度),单位自然资源的指标为直接物质投入(DMI)和DMC;单位自然资源产出的产品量所带来的环境影响(定性维度)^[13],单位

自然资源的指标为物质总需求（TMR）。TMR 衡量的是本地采掘（使用与未使用）加进口和调入折算的原材料当量以及相应的隐流。TMR 将经济系统对广义资源环境产生的压力同一化，全面表征本经济系统对全球（广义）资源环境的影响。选取 TMR 为物质指标，意味着通盘考虑全球环境，但 TMR 的计算需要大量估算数据的支持，存在较大的不确定性。

Wuppertal 研究所（Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy）将资源的经济产出率定义为 Y 比 M ，如图 2.1 所示。其中， Y 为价值或经济量，可选用 GDP、最终使用、产品价值量等指标； M 为资源物质质量，可选用 EC-MFA 的指标，如 DMI、DMC、TMR 以及环境影响加权的物质消耗等。虽然循环数据的收集较为困难，但 Wuppertal 研究所仍将循环率归类为 RP 指标体系的一部分^[30]，此类定义方式非常值得中国借鉴。

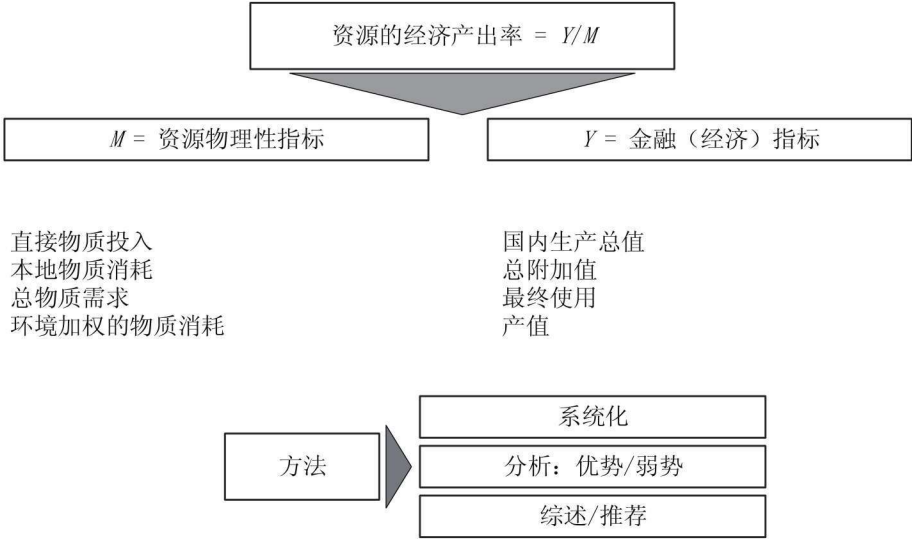


图 2.1 Wuppertal 研究院对资源经济产出率的定义

综上所述，若拘泥于传统 EC-MFA 工具测算 M 类指标，则难以同时分析中国国家层面和省级层面的物质代谢状况，而且循环利用也会作为内部流被掩盖。描述中国经济系统的物质代谢模式，测算中国的 RP，迫切需要研究适合中国实际管理需求的定量分析方法和工具。