



绿色发展研究论丛

中南林业科技大学出版基金、国家自然科学基金青年项目

环境规制 与制造业生态效率研究

The Research of Environmental Regulation and Ecological
Efficiency of Manufacturing Industry

◎ 袁宝龙 著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

◎ 中南林业科技大学出版基金

◎ 国家自然科学基金青年项目(71703171)

◎ 湖南省自然科学基金青年项目(2018JJ3889)

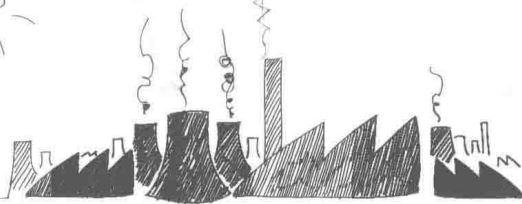
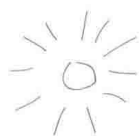
◎ 湖南省社会科学成果评审委员会课题(XSP17YBZZ144)

资助出版

环境规制与 制造业生态效率研究

The Research of Environmental Regulation and
Ecological Efficiency of Manufacturing Industry

◎袁宝龙 著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

环境规制与制造业生态效率研究 / 袁宝龙著. —西安: 西安交通大学出版社, 2018.3

ISBN 978-7-5693-0538-8

I. ①环… II. ①袁… III. ①制造业—关系—生态环境—研究—中国 IV. ①F426.4 ②X322.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 066949 号

书 名 环境规制与制造业生态效率研究
著 者 袁宝龙
责任编辑 魏 杰 贺彦峰

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029) 82668357 82667874 (发行中心)
(029) 82668315 (总编办)
传 真 (029) 82668280
印 刷 湖南省众鑫印务有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16 印张 15 字数 251 千字
版次印次 2018 年 3 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5693-0538-8
定 价 98.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题, 请与本社发行中心联系、调换。

版权所有, 侵权必究



袁宝龙 男,管理学博士,中南林业科技大学商学院讲师。主要研究方向为环境政策与产业绿色创新。目前主持国家自然科学基金青年项目 1 项、湖南省自科青年项目 1 项、湖南省社科评审委员会项目 1 项、中南林业科技大学青年重点项目 1 项,参与国家社科基金重大项目、教育部哲社重大项目、政府和企业的规划与咨询课题 10 余项。在国际重要期刊 *Energy Policy* (SSCI、SCI)、*Applied Energy* (SSCI、SCI)、*Journal of Cleaner Production* (SSCI、SCI)、*China Economic Review* (SSCI)、《中国人口·资源与环境》《经济理论与经济管理》《华东经济管理》《改革》等重要期刊上发表学术论文近 20 篇。参与撰写的研究报告被《决策参考》《湖南日报》等收录报道。



前言

在全球碳排放量激增、气候加速变暖的背景下，发展绿色经济已成为全球热点。党的十八届五中全会提出，将绿色发展作为“十三五”乃至更长时期内我国经济社会发展的基本理念。习近平同志指出，我国依靠大量投入资源和消耗环境的发展方式已经难以为继，要着力增强创新驱动发展新动力。围绕这一重要战略部署，《中国制造2025》提出，坚持把可持续发展作为建设制造强国的重要着力点；《工业绿色发展规划（2016—2020年）》提出，要通过以市场化为导向的资源环境价格机制和交易机制改革来促进工业绿色发展。因此，依靠环境规制促进绿色发展，是我国经济社会中长期发展的重要战略举措。

自改革开放以来，我国制造业取得了较快的发展，中国已成为全球第一制造大国。世界银行2013年统计数据显示，我国制造业产业增加值占世界制造业增加值的比重达到20.8%，钢铁、水泥、汽车等220多种工业品产量居世界第一位。然而，我国制造业发展也付出了沉重的环境代价，制造业发展引发的能源、资源过度消耗及工业“三废”污染物的大量排放，严重制约了我国制造业的可持续发展。未来我国制造业发展亟须由要素驱动向创新驱动转型，绿色制造将成为制造业可持续发展的重要方向。当前我国宏观经济进入“新常态”发展阶段，经济下行压力相对较大，我国制造业发展的要素成本优势已日趋减弱，国际制造业投资回流和向东南亚国家迁移已明显影响我国制造业的发展。我国制造业既要走节能减排的绿色发展道路，也需要通过创新促进产业价值提升。因此，提高我国制造业生态效率是促进制造业可持

续发展的关键路径。

基于我国制造业发展面临的以上现实问题,本书提出如下需要深入研究的问题:其一,我国制造业生态效率水平如何?怎样科学评价我国制造业生态效率?制造业生态效率评价是本书研究的基础。准确把握制造业生态效率的变化水平,特别是制造业细分行业的生态效率变化,为认识我国制造业发展过程中对资源、环境的影响提供科学的依据。其二,如何通过技术创新驱动我国制造业生态效率的提高?技术创新是推进我国制造业绿色发展的重要动力。技术创新的直接效应是提高产业经济绩效,特别是提升低碳技术创新水平,这能有效降低我国制造业的能源消耗强度和碳排放强度,因此,技术创新也是直接影响我国制造业生态效率提高的因素。其三,如何通过环境规制引致制造业企业进行技术创新?如何构建完善的环境规制体系以促进我国制造业生态效率的提高?

基于上述三大关键问题,本书重点从两个环节展开研究。一是应用超效率 DEA 模型分行业评价我国制造业的生态效率水平,并从静态和动态两个方面分析我国制造业生态效率的变化轨迹,探讨影响我国制造业生态效率变化的技术因素和效率因素。从我国制造业生态效率的评价结果来看,各行业生态效率水平较低,故本书进一步分析了我国制造业经济类和环境类投入要素的冗余率,以此来判断我国制造业发展的投入—产出改进空间。二是构建了环境规制对我国制造业生态效率影响的计量回归模型,进一步探讨环境规制对我国制造业生态效率的影响机制。本书在传统波特假说的基础上,将“生态效率”概念引入这一假说之中,并从强波特假说和弱波特假说两个方面分析当前环境规制水平对我国制造业生态效率的影响。同时,本书考虑到我国制造业的行业异质性,依据行业生态效率水平将制造业划分为高、中、低三组,分别分析了环境规制对制造业生态效率的影响。

本书的理论价值在于:其一,将生态效率研究扩展至制造业领域,深入分析了我国制造业 28 个细分行业的生态效率变化轨迹,有助于准确判断我国制造业 28 个细分行业的投入—产出效率。其二,从内部驱动和外部驱动两种视角解析了影响我国制造业生态效率的因素,揭示了环境规制影响我国制造业生态效率的作用机制。其三,对波特假说的内涵作了进一步深化,将原理论认为环境规制可以促进企业技术

创新,进而提高经济绩效,扩展为经济绩效与环境绩效的双赢。本书的实践价值在于:其一,对促进我国制造业生态化转型升级、实现我国制造业绿色发展战略具有重要现实意义;其二,对改进和优化我国环境规制工具、提高环境规制政策针对性具有重要现实意义。

本书是在作者的博士论文基础上形成的,感谢中南林业科技大学社会科学处对本书的资助,感谢博士生导师任胜钢教授对本书写作的指导。此外,还有很多专家、学者对本书提出了非常中肯的建议,在此深表敬意和感谢。

由于研究深度还有待加强,各方面资料也还需进一步挖掘和完善,因此,书中难免有不成熟和不准确的地方,恳请各位专家、学者、实践人士及广大读者不吝赐教。

袁宝龙

2017年8月于长沙



目 录

第1章 绪 论	1
1.1 选题背景及问题的提出	1
1.2 研究目的和意义	14
1.3 核心概念的界定	17
1.4 研究思路、研究内容及研究方法	18
1.5 本研究的创新点	21
第2章 文献综述	23
2.1 关于环境规制的文献研究	23
2.2 关于生态效率的文献研究	38
第3章 模型构建	51
3.1 制造业生态效率评价模型	52
3.2 环境规制对制造业生态效率影响的计量回归模型	60
3.3 本章小结	69
第4章 相关数据说明与制造业发展特征分析	71
4.1 行业划分	71
4.2 数据来源与处理	73
4.3 数据的描述性统计和分析	76

4.4 制造业发展特征分析	79
4.5 本章小结	100
第5章 实证结果分析	103
5.1 制造业生态效率评价结果分析	103
5.2 环境规制对制造业生态效率影响的计量回归分析	136
5.3 本章小结	170
第6章 政策建议	173
6.1 完善行业环境规制体系,提高规制的精准性	173
6.2 加强节能环保技术创新,提高资源利用效率	176
6.3 调整优化产业内部结构,促进产业转型升级	178
6.4 提高制造业开放程度,降低产业发展壁垒	179
6.5 本章小结	180
第7章 研究结论与展望	183
7.1 主要研究结论	183
7.2 研究的不足与展望	187
附录 表 格	189
参考文献	207
后 记	229



第1章 绪论

1.1 选题背景及问题的提出

绿色发展是引领我国制造业发展从低端向中高端迈进、提升我国制造业的发展质量和国际竞争力的重要导向。如何推动我国制造业绿色发展,降低产业发展的能源、资源消耗和环境损害,已成为学术界研究的重点议题。改革开放以来,我国依靠自身的资源、能源和劳动力等成本优势实现了制造业的飞速发展,而这种依靠资源、能源大量投入的粗放式发展模式对我国生态环境造成了严重破坏。基于这一现实问题,提高我国制造业的生态效率成为推动产业绿色发展的重要着力点。那么,我国制造业的生态效率水平如何?环境规制能否促进我国制造业生态效率的提高?这是本研究的核心问题。本节的研究首先从我国提出“中国制造2025”战略和生态文明建设的背景出发,结合这两大战略部署对我国制造业向绿色转型的要求,提出本书的选题背景;其次,从我国制造业能源消费、污染物排放及发展模式三个方面分析其面临的现实问题;最后,结合当前研究的主要文献,提炼本书研究的理论问题。

1.1.1 选题背景

本书的选题是依托湖南省自然科学杰出青年基金项目“环境规制、技术创新对产业生态效率的影响机制研究”(编号:2015JJ1018)、国家社会科学基金重大项目“长江经济带产业绿色发展战略与政策体系研究”(编号:15ZDA020)与教育部哲学社会科学重大课题攻关项目“生态文明制度建设研究”(编号:13JZD016)进行的。具体从

以下三个方面展开本书的研究内容:

1. 制造业绿色发展已然成为未来我国产业发展的重要方向之一

制造业是我国国民经济的支柱。自改革开放以来,我国制造业充分利用能源、资源禀赋优势及劳动力成本比较优势而迅速成为“世界工厂”。2003年我国制造业规模以上工业企业总产值为12.74万亿元,2013年达到90.19万亿元,制造业产值年均增长21.62%。巨大的制造业产业规模和较快的发展速度支撑了我国GDP年均9.47%的增长,使我国成为世界第二大经济体。然而,从制造业的发展质量来看,我国与世界先进国家的产业发展水平相比,呈现出产业发展质量较低,资源、环境成本过高,我国在成为“世界工厂”的同时,也成为世界污染产业转移的天堂(Ren et al., 2014a)^[1]。化工、水泥、钢铁、造纸、纺织、印染等传统制造业对生态环境造成了严重损害。如何化解制造业产业发展与资源环境约束矛盾?唯一可行的路径就是走绿色发展道路。

基于这一现实矛盾,2015年5月,国务院发布《中国制造2025》,明确提出,要把制造业可持续发展作为建设制造强国的重要着力点。从绿色发展目标来看,2020年规模以上单位工业增加值能耗下降幅度比2015年下降18%,2025年比2015年下降34%。要实现制造业绿色发展这一目标,其一,需要通过能源节约、资源循环利用及污染治理等技术创新改造传统制造业,大力研发推广绿色工艺技术装备;其二,引导战略性新兴产业和先进制造业高起点绿色发展,大幅降低能耗和限用物质含量,实现绿色低碳发展;其三,重构绿色制造体系,在工业园区设计、企业产品设计中充分渗透循环经济理念,建立健全的绿色管理制度,促进企业和工业园区推行绿色生产。因此,推进制造业绿色发展已上升为建设制造强国的重要战略。

从新一轮工业革命和发达国家的“再工业化”的战略来看,制造业生产方式的智能化和绿色化转型已成为世界发达国家新一轮产业发展的重要目标。2013年德国在《高技术战略2020》中提出工业4.0计划,旨在以“智能工厂”“智能生产”和“智能物流”构建智能化制造体系。2010年美国政府出台《美国制造业促进法案》,2011年6月美国推进“先进制造业伙伴关系”计划,旨在通过产学研结合促进制造业提升创新能力,其中一项子计划是开发能源高效利用的制造工艺。2014年6月,日本政府发布《制造

业白皮书》，将下一代清洁能源汽车等新兴业态作为制造业发展的重点领域。由此可见，国际发达国家均将制造业绿色发展作为新一轮工业革命的重点任务和主要目标。究其原因，也是因为传统的工业发展模式消耗了大量的能源、资源，给生态环境造成了严重损害。

2. 生态文明制度建设已然成为规制我国制造业向绿色化转型的重要举措

党的十八大和十八届三中全会明确提出，要依靠严格的制度来保护生态环境，促进生态文明建设，并将生态文明建设融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设，形成“五位一体”的建设格局。这一重要战略的提出与制造业发展对环境的影响甚为严重密不可分，据统计，2012年制造业废水排放量达170.3亿吨，占工业废水排放总量的83.74%，占全国废水排放总量的25%。2013年工业二氧化硫排放量达1835.2万吨，占全国二氧化硫排放总量的89.8%^①。制造业企业发展造成了严重的负外部性，因此，亟须政府构建良好的环境保护制度，进而规制企业行为，将制造业企业发展的环境成本计入其经济发展之中，使其环境的负外部性内部化。

2015年4月，国务院发布《关于加快推进生态文明建设的意见》，提出资源环境约束趋紧，生态系统退化，已成为制约我国经济社会可持续发展的重大瓶颈。同时提出，到2020年，基本形成源头预防、过程控制、损害赔偿和责任追究的生态文明制度体系。波特假说提出，严格的环境规制能够达到一种双赢的状态，即经济可以同时实现环境清洁和增强自身竞争力的双重目标（Porter 和 van der Linde, 1995）^[2]。环境规制作为一种有效的制度框架，在一定程度上能够影响制造业企业创新行为。企业创新绩效能否补偿制度成本，决定了企业技术创新的力度。环境规制促进制造业绿色转型的路径主要有三条：其一，政府通过制定严格的法律、法规、标准，形成约束企业行为的强制性制度；其二，政府运用税收政策、财政政策等市场型的规制手段，将制造业企业的环境负外部性内化，倒逼或激励企业创新发展模式；其三，政府、社会组织运用环境标签、环境认证等自愿性的规制手段引导企业参与环境治

① 相关统计数据来自《全国环境统计公报（2013年）》。http://zls.mep.gov.cn/hjtj/qghjtjgb/201503/t20150316_297266.htm?COLLCC=2513804444&。

理, 承担环境责任。因此, 良好的环境保护制度有助于引致制造业企业进行清洁技术创新, 进而促进产业绩效的提高。

3. 提高制造业生态效率已然成为实现我国制造业经济发展与环境保护双赢的关键路径

当前, 我国经济已进入发展的新常态阶段, 从国内生产总值(GDP)的增长速度来看, 经济发展下行压力较大, GDP 增长速度已由2010年的10.3%降至2014年的7.4%。同时, 我国制造业发展又面临巨大的资源和环境约束瓶颈。如果从传统的发展模式来看, 发展制造业与生态环境保护之间存在不可调和的矛盾, 扩大制造业规模必定带来资源消耗和环境破坏的加剧。单独考虑提高制造业的经济绩效或降低制造业发展的能耗与污染物减排, 都存在顾此失彼的风险, 并不能全面衡量制造业发展过程中经济绩效对环境的影响。为此, 有研究提出“生态效率”这一概念可以更好地表达经济发展对环境的影响(Schaltegger 和 Sturm, 1990)^[3]。生态效率能够综合考虑制造业经济发展与环境影响, 是评价我国制造业发展质量的较好指标。

新常态发展阶段, 制造业应更注重附加值的提升和对生态环境损害的降低, 其最根本的发展动力在于依靠创新驱动。因此, 激发制造业的创新活力, 依靠技术创新提高制造业的生态效率成为未来产业发展的重要方向。诱致性的制度变迁难以适应当下制造业发展所面临的严峻的资源环境约束, 主要原因在于企业的逐利本性, 追求利润最大化及“劣币驱逐良币”效应导致企业忽略经济发展的环境成本。在诱致性的制度变迁难以满足当下的制度需求时, 依靠政府推动的强制性制度变迁便成为最优选择。通过构建完善的环境规制体系, 倒逼制造业企业主动进行清洁技术创新, 实现产业绿色发展。

选择“如何提高制造业生态效率”作为本书的研究议题具有重要现实意义。我国制造业绿色发展已成为产业发展的中长期战略, 也将是提升我国制造业国际竞争力的关键。提高制造业生态效率, 其核心环节在于依靠节能减排技术创新。如何激发制造业企业的技术创新潜力? 严格的环境规制体系成为引致或倒逼企业开展技术创新的重要影响因素。因此, 研究环境规制影响制造业生态效率的作用机理和路径,

符合我国制造业绿色发展的趋势,能够为提高我国制造业生态效率,促进制造业向绿色低碳转型提供有效的政策建议。

1.1.2 现实问题

自改革开放以来,我国制造业取得了较快的发展,中国已成为全球第一制造大国。世界银行2013年统计数据显示,我国制造业产业增加值占世界制造业增加值的比重达到20.8%,钢铁、水泥、汽车等220多种工业品产量居世界第一位。然而,我国制造业发展也付出了沉重的环境代价,制造业发展引发的能源、资源过度消耗及工业“三废”污染物的大量排放,严重制约了我国制造业的可持续发展。

(1)我国制造业能源消费量居高不下,是制约制造业生态效率提高的关键因素之一。我国制造业发展的能源消耗类型主要为煤炭等高碳化石能源,这一特征既是制约我国制造业提高生态效率的瓶颈,也是我国制造业向绿色化转型的现实诉求。如图1-1所示,我国制造业能源消费总量由2003年的101885.7万吨标准煤增长到2013年的214322.2万吨标准煤,增长了110%。有色、钢铁、化工、建材等行业是能源消费量相对较高的部门,而这些行业也是拉动制造业产值增长的主要部门。从能源供给情况来看,煤炭、石油等能源的供给峰值即将到来,化石能源的供需矛盾日益加剧。因此,如何降低我国制造业能源消费量,促进制造业节约能源,是我国制造业发展面临的重要现实问题。

(2)我国制造业污染物排放量较大,对生态环境造成了严重损害,也是制约制造业生态效率提高的关键因素之一。我国制造业废水排放量较大,严重制约了制造业行业的可持续发展。2013年,我国制造业废水排放量达173.3亿吨,比2003年增加了25.69亿吨,年均增长率为2.01%,如图1-2所示。其中,造纸、纺织、化工、钢铁和食品加工工业的废水排放量较大,约占制造业废水排放总量的50.48%。巨大的制造业废水排放量给人们赖以生存的水环境造成了严重损害,缺水和水污染成为影响居民生活和制造业可持续发展的重要因素。

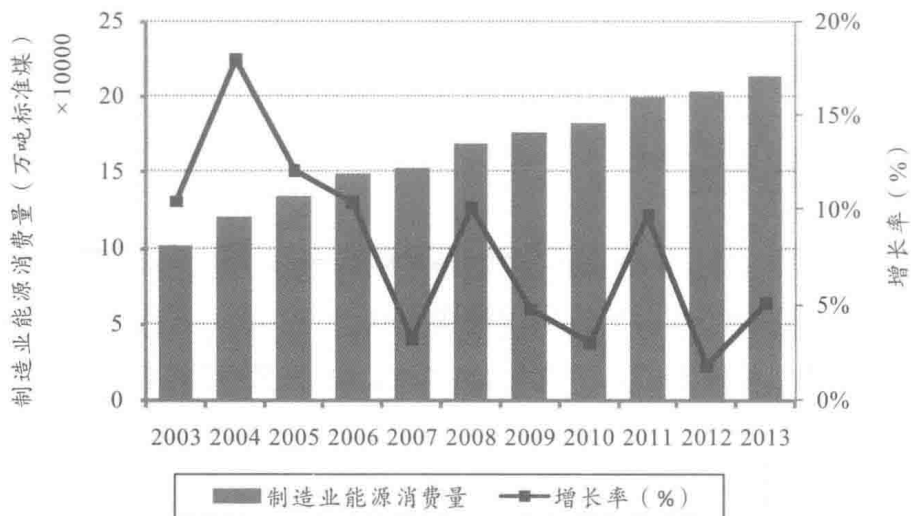


图 1-1 2003—2013 年我国制造业综合能源消费量

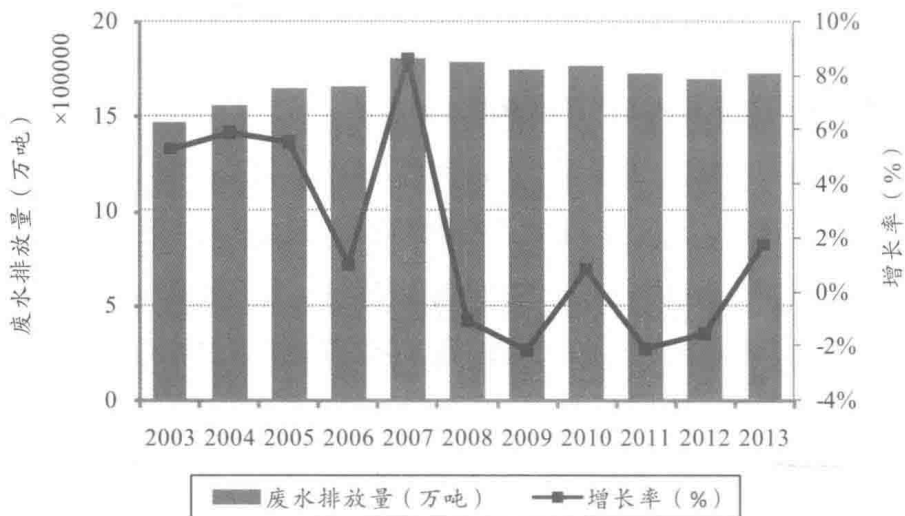


图 1-2 2003—2013 年我国制造业废水排放量

我国制造业废气排放量增长较快，是造成酸雨面积扩大、雾霾空气天数持续较长的主要原因。2013 年，我国制造业废气排放量达 496526.9 亿标立方米，比 2003 年增加了 361188.3 亿标立方米，年均增长率为 14.59%，如图 1-3 所示。其中，钢铁、水泥、化工、有色等行业的废气排放量较大，约占制造业全行业废气排放量的 80%。2013 年，我国制造业二氧化硫排放量达 933.2 万吨，与 2003 年相比，增长了 17.56%，如图 1-4 所示。其中，黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、化学原料

及化学制品制造业是二氧化硫排放量较大的行业，其排放量约占全行业排放总量的58%。由此可见，钢铁、水泥、化工、有色金属等行业是影响我国空气质量的重要行业，如何降低这些行业的污染物排放量、提高行业生态效率，是我国制造业绿色发展的关键着力点。

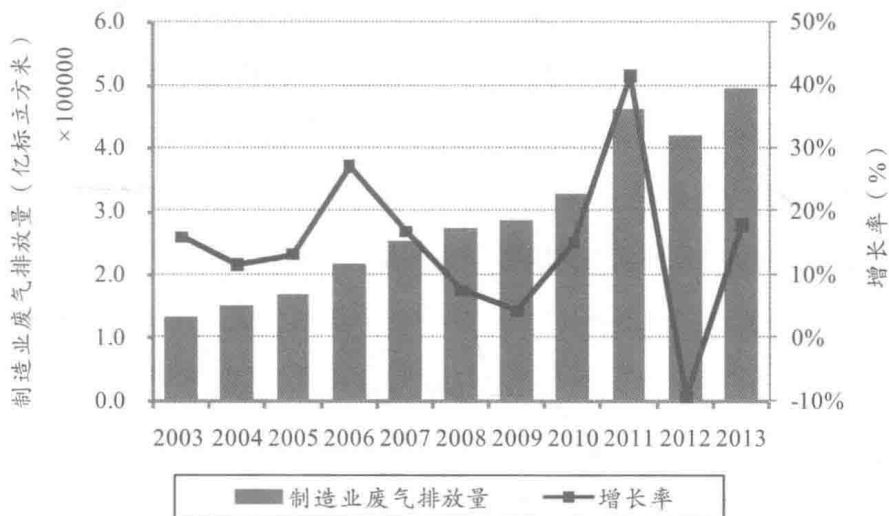


图1-3 2003—2013年我国制造业废气排放量

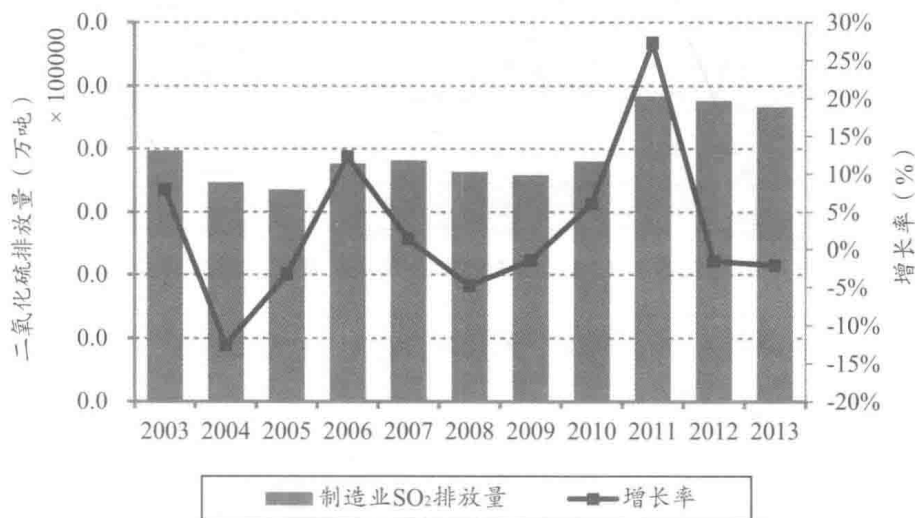


图1-4 2003—2013年我国制造业二氧化硫排放量

(3)我国制造业产业发展以资源、能源、劳动力等要素驱动为主，依靠技术创新驱动产业绿色发展的动力不足。从能源消费结构来看，2013年，我国制造业煤炭消费

总量为42493.26万吨标准煤,与2003年相比,增加了13493.86万吨标准煤,年均增长5.05%,煤炭消费总量约占制造业能源消耗总量的24.49%。2013年我国制造业电力消费总量为34557.13万吨标准煤,与2003年相比,增加了22610.83万吨标准煤,年均增长11.36%,电力消费总量约占制造业能源消耗总量的13.91%。2013年,我国制造业原油消费总量为76.87万吨标准煤,与2003年相比下降了263.79万吨标准煤,尽管制造业原油消费量在2009年后处于下降趋势,但2003—2008年,原油消费量年均增长达15.72%,如图1-5所示。由此可见,以煤炭、石油等化石燃料为主的能源消费结构是造成环境污染的主要原因。因此,如何依靠低碳节能技术创新提高能源利用效率,降低我国制造业对化石能源消费的依赖,是推动我国制造业绿色发展的重要任务。

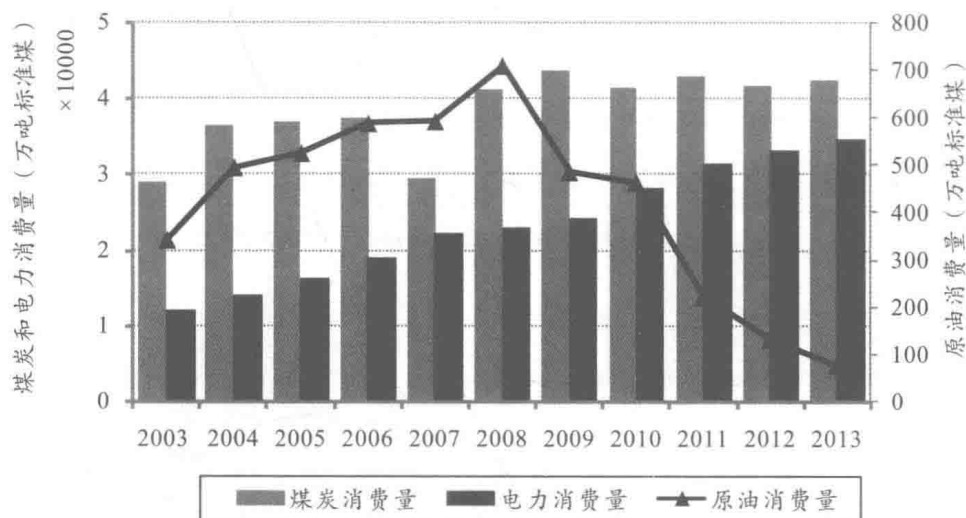


图1-5 2003—2013年我国制造业煤炭、电力、原油消费量

从矿产品生产与消费情况来看,2014年,我国一次能源产量为36亿吨标准煤,而一次能源消费量达42.6亿吨标准煤,能源消费缺口达6.6亿吨标准煤。2014年,我国石油消费量为5.19亿吨,而原油产量只有2.11亿吨,原油自给能力存在严重不足。2014年,原油、铁矿石、铜矿、氯化钾等重要矿产品进口量较2013年保持增长态势,其中,铁矿石进口量增长13.8%,原油进口量增长9.5%,铜矿石进口量增长17.28%^①。由此可见,我国制造业发展所依赖的能源、资源缺口较大,严重影响我国

① 相关统计数据来自2014年《中国国土资源公报》。