

中国绿色低碳 发展的逻辑

ZhongGuo LuSe DiTan
FaZhan De LuoJi

◎ 刘学敏 / 著



经济科学出版社
Economic Science Press

国家“十
“城镇碳排

(No: 2011BAJ07B07)

系统研究、开发与示范”资助

中国绿色低碳 发展的逻辑

ZhongGuo LuSe DiTan
FaZhan De LuoJi

© 刘学敏 / 著



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

中国绿色低碳发展的逻辑/刘学敏著. —北京:

经济科学出版社, 2016. 3

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6601 - 9

I. ①中… II. ①刘… III. ①绿色经济 - 经济发展 - 研究 - 中国 IV. ①F124. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 030025 号

责任编辑: 周秀霞

责任校对: 徐领柱

版式设计: 齐 杰

责任印制: 李 鹏

中国绿色低碳发展的逻辑

刘学敏 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: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京汉德鼎印刷厂印刷

三河华玉装订厂装订

710 × 1000 16 开 21. 75 印张 410000 字

2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6601 - 9 定价: 65. 00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

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



作者简介

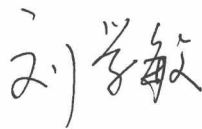
刘学敏，1963年11月生，山西省襄汾县人。先后在兰州大学获经济学学士学位（1984）和经济学硕士学位（1989）、中国社会科学院研究生院获经济学博士学位（2000）。现任北京师范大学资源学院、地表过程与资源生态国家重点实验室教授，博士生导师，北京师范大学资源经济与政策研究中心主任。主要社会兼职：科技部“国家可持续发展实验区”专家委员会委员兼西南区域组组长、教育部“马克思主义理论研究和建设工程”高等学校哲学社会科学重点教材项目《人口·资源与环境经济学》教材建设首席专家、中国可持续发展研究会理事、中国区域科学协会理事、中国国外农业经济学会常务理事、北京市城市经济学会副会长等。出版著作《论循环经济》（中国社会科学出版社2008年版）、《论区域可持续发展》（经济科学出版社2009年版）、《循环经济与低碳发展——中国可持续发展之路》（现代教育出版社2011年版）、《转型·绿色·低碳》（经济科学出版社2013年版）等多部。

前 言

本书是近两年来我发表的一些关于低碳经济、绿色经济和区域循环经济发展的文章，辑集成册，定名为《中国绿色低碳发展的逻辑》。全书共分为四个部分：低碳经济、低碳交通、循环经济、绿色发展。

近年来，绿色低碳发展越来越被人们所关注，因为它代表了一种可持续的生产方式。党的十八届五中全会更是提出，要建立绿色低碳循环发展的产业体系。可以说，绿色发展、低碳发展、循环发展是未来发展的主题词，经济发展的绿色化、低碳化是一个国际潮流，也是各国经济未来发展的方向。在学术界，对于绿色低碳发展的研究虽然已经卷帙浩繁，但由于它所涉及的领域是如此之宽，以至于研究才算刚刚有了一个良好的开端，远没有达到深入的地步。本书中的观点也仅仅是反映了笔者的一些初步看法而已，非常有必要继续深入研究。

感谢本书中我的各位合作者！感谢长期以来关心我的朋友和同事！



2016年2月28日

目 录

第一部分 低碳经济

中小城市工业碳排放：核算方法与影响因素	
——以河南省济源市为例	3
中国城市能源消费 CO ₂ 排放核算方法比较及案例分析	
——基于“排放因子”与“活动水平数据”选取的视角	20
城市碳排放核算中的边界界定问题及相应测度方法	33
低碳城市建设与工业发展的良性互动	
——河南省济源市案例	49
基于碳排放测度视角的我国低碳经济发展政策选择	60
低碳城市能源需求与碳排放情景分析	69
低碳旅游研究进展及未来展望	83
“贸易隐含碳”研究进展与评述	95

第二部分 低碳交通

中国城市公共自行车系统：现状、问题和对策	115
----------------------------	-----

城市慢行交通发展的困境与思路	126
“致堵”与“治堵”	
——城市交通拥堵治理研究述评	132
杭州市城区交通错峰限行措施效果分析	142
意愿价值评估法在城市管理决策中的应用	
——以杭州市拟征收交通拥堵费的意愿调查为例	150
北京市城乡结合部居民对公共自行车系统的认知与使用	
——基于问卷调查的分析	162
公共自行车系统选址适宜性研究	
——以北京市轨道交通 1 号线为例	174

第三部分 循环经济

节能减排科技成果转化：现状、问题及对策	189
电石渣湿法脱硫工艺的技术经济评价及社会效益分析	201
我国粉煤灰资源化利用现状、问题及对策分析	213
推进“静脉产业”须发展循环经济	221
“城市矿产”开发与利用研究进展	225

第四部分 绿色发展

城镇化研究的“盲区”	
——关注边境少数民族地区的发展和城镇化问题	241
西藏林芝可持续发展：现状、问题及对策研究	244
中国“农村病”及其治理	256
中国地方可持续发展面临的问题与挑战	263

中国可持续发展面临的挑战和对策思路	273
国家可持续发展实验区科技计划实施现状及成效分析	282
政府也会“漂绿”吗?!	290
中国企业绿色转型：目标模式、面临障碍与对策	292
中国绿色发展：要“深绿”不要“浅绿”	299
关于“丝绸之路经济带”的几点思考	301
鱼和熊掌可以兼得	
——瑞典绿色发展的经验与启示	311
瑞典城市老工业区改造与转型的启示	314
日本宫古市灾后恢复重建的经验	317
资源枯竭城市“输血”需有方	319
地缘政治与中国国家能源安全	322
在新定位中破解延安发展的难题	331

第一部分 低碳经济

中小城市工业碳排放：核算方法与影响因素*

——以河南省济源市为例

现代城市被认为是一个国家的“超级金库”，作为物质资本与人力资本的集聚地，它创造了国家 GDP 的主体部分。但与此同时，由于城市的区位优势及“增长极”效应，吸引了大量与环境界面不友善的工业企业向城市集中，进而引发了一系列资源与环境问题（王素侠，2012）。据统计，城市消耗了全世界至少 75% 的能源，对人为温室气体排放的贡献率高达 67% ~ 80%（Satterthwaite, 2008，蔡博峰，2009）。因此，许多国家把城市作为控制温室气体排放的主要空间载体，全力推进低碳城市建设（戴亦欣，2009）。

中国正处于城市化、工业化快速推进时期，实体经济在很长一段时间内仍将依赖于城市化与工业化的联动发展（庞瑞芝、李鹏，2011）。由于历史传统、资源禀赋等因素，中国许多城市尤其是中小城市依然维持着以工业为主体的产业结构，对这些城市而言，工业生产过程本身的碳排放及其对传统化石能源的消耗，是导致温室气体排放量逐年增多的主要原因，工业部门自然成为其节能减排的重点领域（陈诗一，2009；贺胜兵，2011；何晓钢、张耀辉，2012）。

工业碳排放问题在近几年也受到学术界日益密切的关注。该领域的相关研究文献大致分为三类：第一种研究路线是改变传统的仅考虑劳动与资本的全要素生产率（TFP）计量方法，将环境因素纳入 TFP 分析框架，以此来衡量工业部门在能源、环境约束下的增长绩效（陈诗一，2011；贺胜兵，2011；查建平，2012），这为我们理解工业 TFP 波动及其地区异质性提供了一个全新的视角，不过此类文献一般从全国角度利用省际面板数据或工业分行业统计数据进行分析，对具体城市工业碳排放研究较为薄弱。第二种研究思路是从城市温室

* 本文原载《资源科学》2013 年第 11 期，与丛建辉、朱婧、汤争争合作。

气体排放清单编制角度,将工业作为一个独立部门进行碳排放量核算,代表性文献如多德曼(Dodman, 2009)、许盛(2011)、赵倩(2011),但这一研究视角在以下两方面有待深化:一是研究标的选择多以北京、上海、南京等大城市为主,对中小城市的相关研究严重不足,而截至2009年底,中国中小城市数目已达2 160个,辐射区域的经济产值超过全国一半,中小城市和小城镇的扩容也是未来城镇化率提高的主要渠道,因此在某种意义上,中小城市碳排放问题将关系到中国未来几十年内的减排潜力与发展空间;二是现有文献主要分析城市能源活动引起的碳排放,对工业生产过程方面的碳排放核算研究较少,尚未发现针对铅锌冶炼行业生产过程的碳排放核算文献,另外,既有研究在排放因子选择上往往直接采用IPCC(2006)清单指南的缺省数据,缺乏更加符合中国城市特点的地区排放因子数据,这在不同程度上降低了核算的精确性。第三种研究文献集中于对工业碳排放量影响因素的分析,常用的分解模型有Kaya恒等式、IPAT、LMDI、STIRPAT等(Ehrich, 1971; Dietz, 1974; Kaya, 1989; York, 2003),但这些模型只是提供了问题分析的一个基础框架,如何根据不同地区的实际情况选用或改进模型,是学术研究中亟待取得突破的领域。

鉴于此,本文以河南省济源市为例,对中小城市工业碳排放问题展开分析,旨在从以下几个方面对现有研究进行拓展:(1)在核算方法上,考虑了包含铅锌冶炼行业在内的工业生产过程碳排放;(2)在排放因子选择上,运用了《中国省级温室气体清单编制指南》^①和部分实测数据;(3)对传统的STIRPAT模型进行扩展,构造了一个包含规模因素、技术因素和结构因素的分解模型,对济源市2000~2010年间的工业碳排放影响因素进行分析。本文接下来的结构安排为:首先是对研究区域概况的介绍和数据来源的说明,其次分工业能源活动与工业生产过程两大板块对济源市工业碳排放进行核算,再其次基于扩展的STIRPAT模型对济源市工业碳排放的影响因素进行分解,最后是结论与本文的政策含义介绍。

一、研究区域概况与数据来源

济源市位于河南省西北部,市域面积1 931平方公里,总人口68万,是

^① 该指南由国家发改委气候司组织编写,提供了适宜于中国能源消费情况的排放因子数据,旨在加强中国省级温室气体清单编制的科学性、规范性和可操作性。

中原经济区沟通东西、南下北上的重要前沿城市，也是全国最大的铅锌冶炼基地和河南省重要的钢铁、能源、化工、机械制造基地。在多年的经济发展中，济源市工业部门逐渐壮大，形成了以钢铁、铅锌、能源、化工、机械制造、矿用电器等工业行业为主体的六大支柱产业，在国民经济运行中发挥着主导作用。这种以重工业为主体的产业结构在带动济源市经济和社会事业快速发展的同时，也产生了大量的温室气体排放。根据济源市“十二五”规划纲要，未来一段时期，济源市将进一步推进生态文明建设步伐，强化城市污染治理和温室气体减排，加速向低碳经济转型。运用科学的方法学对工业碳排放量进行核算，并探究其影响因素，是济源市制订针对性减排政策、实现低碳化发展的基础环节。

本文用于核算城市工业碳排放量的活动数据来源于历年《济源市统计年鉴》和能源平衡表，排放因子主要由《中国省级温室气体清单编制指南》提供，其中少部分排放因子根据济源市本地情况进行了修订；用于分析碳排放影响因素的社会统计变量数据主要依据历年《济源市国民经济和社会发展统计公报》得出，因统计体系不统一，我们参考《河南省统计年鉴》和两次《济源市全国经济普查主要数据公报》内容对部分数据进行了校正，少量缺失数据采取了估算方式，涉及价格因素的工业增加值、工业固定资产投资额、劳均产出、工业能源强度等数据都按照 2000 年不变价格作了相应调整。

二、济源市工业碳排放核算与趋势分析

按照《社区尺度温室气体排放国际协议（1.0 版）》（Global Protocol For Community – Scale Greenhouse Gas Emissions, GPC）^① 的格式要求，分工业能源消耗与工业生产过程两部分核算济源市 2000 ~ 2010 年间工业二氧化碳排放量。

（一）工业能源消耗碳排放核算

碳排放量的精确核算本身是一项世界性难题，由于温室气体的流动性和城

^① GPC 是由 C40 城市气候变化领导小组、地方环境理事会（ICLEI）、世界资源研究所（WRI）等国际组织共同参与编制的一项协定，旨在统一全球城市层面的温室气体清单编制方法学及格式，于 2012 年 5 月全球公开发布其第一版。

市系统的开放性,城市尺度的碳排放量核算更为复杂。在核算边界确定上,本文借鉴了世界资源研究所(WRI)的范围(scope)思想,将济源市工业排放源部门分为三个范围^①,但受数据可得性限制,我们仅仅研究范围1和范围2的二氧化碳排放。

能源活动碳排放核算目前常用的方法有:IPCC国家温室气体清单指南方法学(包括部门方法和参考方法)、橡树岭国家实验室方法、国家发展和改革委员会能源研究所方法及徐国泉(2006)提供的方法。相对而言,IPCC参考方法在燃料分类上更为细致,且比部门方法更容易获取数据,因此比较适用于目前能源统计体系尚不完善的国内城市进行碳排放核算研究。本文在济源市工业能源碳排放核算公式选择上沿用IPCC参考方法,但燃料的排放因子采用《中国省级温室气体清单编制指南》数据,在精确性上有了显著提高。

计算公式为:

$$E_{\text{industry}} = \sum F_i \times EF_i = \sum F_i \times (A_i \times B_i \times C_i \times 44/12) \quad (1)$$

其中 E_{industry} 表示济源市工业二氧化碳排放量, F 为能源实物消费量, EF 为燃料的排放因子, A 代表能源净发热值, B 表示能源单位热值含碳量, C 为碳氧化率, i 表示各能源种类,固碳率假定为0。

二次能源电力的排放因子根据历年实际能源消耗原则测算后取平均值(杨谨,2012),热力排放因子则根据1千瓦时=3 600千焦耳对电力排放因子进行转换得到。

图1反映的即是2000~2010年工业能源消费范围1与范围2的碳排放情况,观察发现,整个样本期间,济源市工业能源消费碳排放总体增长较快,但表现出明显的阶段性:2000~2002年,小幅增长;2003~2007年,增速持续扩大;2007~2009年,稳中有降;2009年后又恢复快速增长的势头。另一个较为显著的特征是范围1与范围2之间的缺口持续拉大,而缺口之间的部分正是电力与热力使用产生的碳排放,这一现象表明济源市工业对电力与热力等二次能源的依赖程度逐年增强。

^① 范围1指济源市行政边界内工业部门的二氧化碳直接排放;范围2是在范围1基础上加工业部门电力和热力消费引发的间接碳排放;范围3是除范围1与范围2之外的其他间接排放,如城市进出口商品蕴含的温室气体排放。

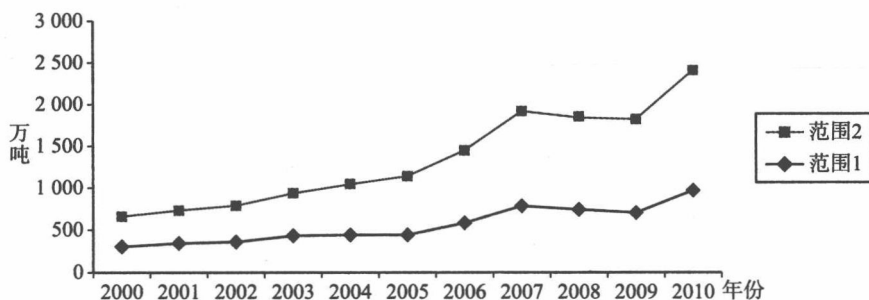


图1 工业能源消费碳排放

(二) 工业生产过程碳排放核算

除能源活动外，一些工业（主要包括水泥、石灰、玻璃、化学工业和金属冶炼行业）生产中的化学反应过程或物理变化过程也会产生温室气体排放，在一些城市中这一部分排放占比较高。然而令人遗憾的是，工业生产过程碳排放计算在多数文献中被有意或无意的忽略（陈红敏，2009）。我们依据《中国省级温室气体清单编制指南》提供的方法，计算了济源市玻璃生产、水泥、石灰、钢铁和铅锌冶炼的生产过程碳排放。

具体计算方法为：玻璃生产、石灰生产和铅锌冶炼过程中的碳排放量直接用工业产品产量数据乘以各自的排放因子，其中铅冶炼过程的排放因子是通过物料平衡法对企业生产数据进行推算得出的，取值 0.37，该数值低于 IPCC 的对应数据，原因是当地铅冶炼企业采取了“一步炼铅”法等先进工艺，大大降低了二氧化碳的产生量；水泥生产碳排放利用水泥熟料产量（缺省比例为水泥产量的 65%）数据与其排放因子相乘获得；钢铁生产过程则根据石灰石消耗量、白云石消耗量、生铁平均含碳量与钢材平均含碳量综合确定，钢铁工业过程碳排放的计算公式为：

$$E_{CO_2} = AD_1 \times EF_1 + AD_d \times EF_d + (AD_r \times F_r - AD_s \times F_s) \times \frac{44}{12} \quad (2)$$

式中， E_{CO_2} 是钢铁生产过程二氧化碳排放量； AD_1 是济源市钢铁企业消费的作为溶剂的石灰石数量； EF_1 是作为溶剂的石灰石消耗的排放因子； AD_d 是济源市钢铁企业消费的作为溶剂的白云石的数量； EF_d 是作为溶剂的白云石消耗的排放因子； AD_r 是炼钢用生铁的数量； F_r 是炼钢用生铁的平均含碳率； AD_s 是炼钢的钢材产量； F_s 是炼钢的钢材产品的平均含碳率。

计算结果见图 2。

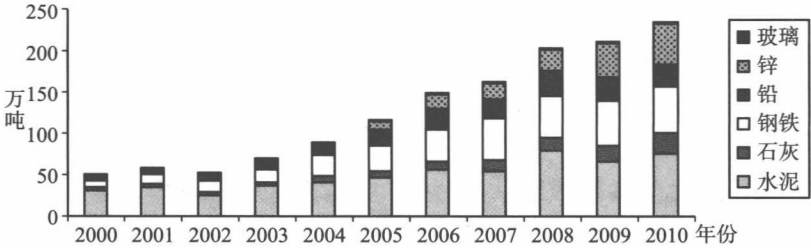


图2 2000~2010年各工业行业生产过程碳排放量

从图2可以发现，济源市工业生产过程碳排放总量在近10年出现了明显增长，由2000年的51.22万吨上升到2010年的235.71万吨。分区间看，2002~2008年工业过程总量保持了较高的年均增长率，由于工业过程碳排放总量波动主要依赖于产品产量的增减，该数据说明济源市工业在这一阶段发展较快，产出增多，这也与2002年后中国再次重工业化的形势基本一致；2008年后工业过程引发的碳排放增速趋稳，锌冶炼行业对这一时期的增幅起了关键作用。分行业看，钢铁、铅锌冶炼行业、水泥行业是二氧化碳排放最多的工业部门，从侧面凸显了基建、化工行业对济源市经济发展的重要支撑作用。

（三）济源市工业碳排放趋势分析

图3描绘的是济源市工业碳排放2000年以来的整体波动情况。通过该图，我们发现：（1）范围1和范围2呈现出较为一致的长期走势，2010年济源市工业碳排放量（范围2）达到了1682.54万吨，相比2000年的402万吨，增幅达3倍以上，其中，世纪之初的前两年，基本维持小幅上涨的局面，但在

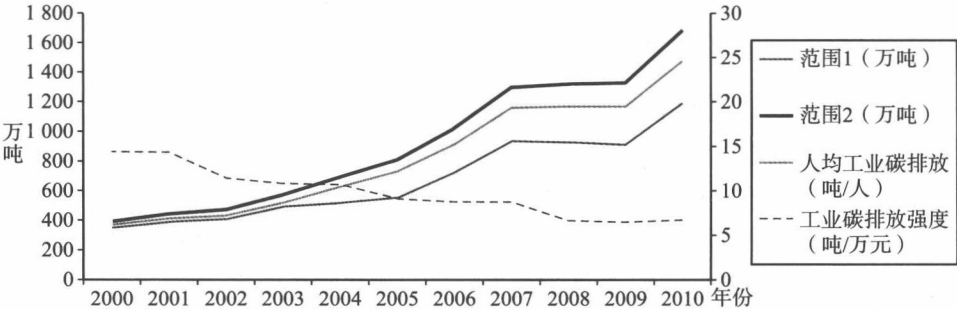


图3 2000~2010年济源市工业碳排放情况

2003~2007年间,碳排放曲线斜率逐渐变大,工业碳排放迅速升高,2007~2009年受金融危机的负面影响,工业碳排放量基本不变,2009年后重拾升势。(2)济源市人均工业碳排放由2000年的6.26吨/人增长到2010年的24.63吨/人,波动趋势跟工业碳排放总量的变化趋势高度一致,这说明碳排放的增长率远高于人口的增长率。(3)工业碳排放强度在波动中下降,2008年后下降速度放缓,2010年为6.84吨/万元,相比期初下降幅度达53%。

三、工业碳排放影响因素分析

(一) 模型设定

在“摸清家底”、掌握城市碳排放总量数据后,对影响工业碳排放的因素进行分析是制订针对性减排政策的前提。由IPAT模型发展而来的STIRPAT模型由于在变量设置上采取了随机形式、易于进行扩展等优势,在碳排放影响因素分析文献中得到广泛应用。STIRPAT模型的基本公式为:

$$I_t = aP_t^b A_t^c T_t^d e_t \quad (3)$$

该模型一般用来测度P(人口)、A(富裕度)、T(技术)与I(环境影响)的关系,其中a是常数项,b、c、d分别表示人口、富裕度、技术的指数,t表示时间,e为残差项。当a=b=c=d=1时,该模型与IPAT模型相一致。本文在归纳工业碳排放影响因素文献基础上,对基本模型进行了调整和扩展,以使其更适合济源市工业碳排放情况。具体的改进之处为:

在解释变量选择上,由于研究对象为工业碳排放,人口规模显然不再适合作为解释变量,我们借鉴何小钢和张耀辉(2012)的方法,将人口规模替代为工业固定资产投资规模FA,并预期其符号为正;另外,城市化水平作为反映人口结构的重要指标,与工业化紧密相关,因此将城市化水平纳入模型,用城市化率UR表示,预期符号为正。富裕度用劳均产出OPL表征,以单位劳动力的工业增加值测度,预期其符号为正^①。用工业能源强度EI(单位工业增加值能耗)来体现工业技术变化对碳排放的影响,预期其符号为负。

① 值得注意的是,许多研究文献都将富裕度变量的二次方甚至三次方引入模型,以测度环境库兹涅茨曲线(EKC曲线)及“重组效应”(CKC)的存在问题。我们认为EKC曲线更多的是发达国家的一条经验曲线,加之本文研究时序较短(仅为11年),因此在本文中放弃对劳均产出二次方和三次方的引入。