



西安交通大学经济学人丛书

中国建筑业 绿色低碳化发展研究

Studies on China's Green and Low-carbon Construction

刘泓汛 / 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press



西安交通大学经济学人丛书

中国建筑业 绿色低碳化发展研究

Studies on China's Green and Low-carbon Construction

刘泓汛 / 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

中国建筑业绿色低碳化发展研究/刘泓汛著. —北京:
经济科学出版社, 2017. 9

(西安交通大学经济学人丛书)

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8288 - 0

I. ①中… II. ①刘… III. ①建筑设计 - 节能设计 -
研究 IV. ①TU201. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 182423 号

责任编辑: 刘明晖 李 军

责任校对: 刘 昕

版式设计: 齐 杰

责任印制: 王世伟

中国建筑业绿色低碳化发展研究

刘泓汛 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: 88191217 发行部电话: 88191540

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

电子邮箱: [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)

北京中科印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 13. 5 印张 200000 字

2018 年 1 月第 1 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

印数: 0001 - 2000 册

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8288 - 0 定价: 39. 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 举报电话: 010 - 88191586)

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

西安交通大学经济学人丛书

编委会

主任：孙 早

副主任：魏 玮

成 员：（按姓氏笔画排序）

冯根福	冯宗宪	严明义	李 倩	李 琪
李国平	李香菊	李富有	宋丽颖	张 丛
张成虎	贾毅华	崔建军		

总序

千年历史古都，华夏精神故乡。从周礼秦治到汉风唐韵，西安浓缩了中华民族历史。跟随改革开放的步伐，华夏古都西安向着具有历史文化特色的国际化大都市奋起飞跃。正是被这种浓厚的历史文化氛围所吸引，一批志同道合的经济学人汇聚于西安交通大学，数十年来，不闻丝竹，醉心学术，期冀为中国经济学发展贡献绵薄之力。

本套“经济学人”文库旨在集中展示西安交通大学经济学人多年来的研究成果。近年来，在国家“985”工程和“211”工程的大力支持下，经过西安交通大学经济与金融学院全体教职工的不懈努力，西安交通大学经济学学科有了长足发展。经济与金融学院现拥有应用经济学和理论经济学两个一级学科，应用经济学学科已成为全国具有重要影响力的学科。学院在西部地区建立了首家应用经济学博士后流动站，产业经济学被评为国家重点学科。学院先后获批建设国家级精品课程、省部级重点实验室、省部级经济研究中心与陕西省名牌专业。我们出版西安交通大学“经济学人”文库的初衷就是集中体现近年来西安交通大学经济与金融学院在学科建设与科学研究上取得的成绩，激励青年学子继续努力，攀登经济科学的高峰。

文库的作者均是西安交通大学经济与金融学院相关学科

的学术带头人与青年骨干教师。几十年来，西安交通大学经济学学科带头人在各自领域刻苦钻研，笔耕不辍，在国际知名 SSCI (SCI) 期刊及《经济研究》、《中国社会科学》以及《管理世界》等国内权威期刊发表了一批高水平论文，主持了多项国家哲学社会科学与教育部哲学社会科学重大项目，荣获近百项教育部优秀哲学社会科学成果奖和省级哲学社会科学优秀成果奖。西安交通大学经济与金融学院继往开来，海纳百川，吸引了大批海内外优秀青年学子加盟。这些青年学子志存高远，勤奋好学，成绩出众，均在国内外知名经济学期刊上发表过高水平学术论文，主持过国家级科研项目。丛书的出版既是对西安交通大学经济学人辛勤付出的肯定，同时也是西安交通大学近年来经济学学科建设成就的一次展示。

中国经济的改革和开放进行了三十多个春秋。中国的经济学研究逐渐成了社会科学中的“显学”。我们希望西安交通大学“经济学人”文库的出版不仅能从侧面反映中国经济学的进步，同时更期待着文库的出版能进一步加深我们与全国经济学人的互动交流，共同携手为建设“中国特色，中国气派”的中国现代经济学努力。

孙小 早
二〇一七年六月

前言

全球气候变暖促使绿色低碳化转型成为建筑业可持续发展的必经之路。国内外对绿色低碳建筑业的研究主要围绕建设过程中的碳排放量测算与影响机制来进行研究，以及技术路径、管理策略等问题展开，对绿色低碳建筑业的量化评价和政策措施等问题还缺乏全面的系统性研究。从最新的国家“一带一路”发展战略对建筑业的要求，以及建筑业本身的可持续性发展前景来看，这些方面的研究价值巨大。针对已有文献的不足与缺陷，本书从能源消费产生的二氧化碳排放角度入手，就中国建筑业绿色低碳化发展实现路径进行了深层次量化研究与讨论。其中，实证资料来源于中国除香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾省和西藏自治区以外的大陆地区 30 个省（自治区、直辖市）。主要的研究内容包括：

（1）在考虑建筑业施工技术的约束与投入要素间相互作用的前提下，构建建筑业绿色低碳绩效评价指标体系，对中国省际和区域建筑业绿色低碳绩效进行定量研究和比较；

（2）就建筑业能源消费所产生的碳排放进行因素分解，从宏观视角（如能源消费结构、能源使用效率等）探索驱动

中国建筑业碳减排变化的主要因素和各自的影响力，为区分主要矛盾和次要矛盾，有的放矢研究建筑业绿色低碳化发展实现路径、制定建筑业节能减排低碳发展激励措施提供政策依据；

(3) 在上述两部分研究基础上，从三个角度探讨中国建筑业绿色低碳化发展的实现路径：

一是从优化要素结构视角，探讨建筑业能源与其他投入要素以及能源品种间的替代可能性，并且基于要素间的交叉价格弹性，以碳税为例，估计实施节能减排政策对中国建筑业的影响；

二是从提高能源效率的技术进步视角，不仅测算了中国建筑业能源效率上的技术进步率，同时还基于超越对数生产函数和非对称能源价格研究了技术进步对建筑业能源需求产生的反弹效应，为对建筑业绿色低碳技术改进上的政策措施有效性提供更加准确的认识和理解，也为制定建筑业绿色低碳发展长期有效的政策措施提供参考；

三是从省际最优碳排放配额分配视角，通过参数化的方向距离函数测算了各个地区建筑业二氧化碳边际减排成本，并基于此构建各省建筑业的边际减排成本曲线，进而以全国减排总成本最小化为目标，测算在实现全国建筑业碳强度指标约束下各地区建筑业二氧化碳排放最优配额。

(4) 最后，基于全书研究结果，结合宏观背景，提出实现中国建筑业绿色低碳发展的政策建议和保障措施，包括市场化机制、经济激励机制、财税机制等。

值得一提的是，书中多处涉及英文人名，为方便读者查阅追踪文献，对书中提到的外国学者的英文名不做翻译，统

一采用英文形式。

本书主要内容是作者攻读博士学位期间的研究成果，其中大部分内容已正式发表于国内外权威学术期刊。研究从选题、设计、建模到写作都得到我的导师林伯强教授的悉心指导，是我与林老师共同合作的成果。研究过程中，得到了厦门大学中国能源经济研究中心各位老师和同门兄弟姐妹的帮助与指导，心存感恩。本书最后得以顺利出版，离不开西安交通大学经济与金融学院诸位领导和老师的关怀，特别是孙早院长和“西安交通大学经济与金融学院学科建设后配给经费”为本书的出版提供了大力支持。本书的研究受到国家社会科学基金项目（项目编号：17CJY071）、中国博士后科学基金特别资助项目（项目编号：2017T100729）、中国博士后科学基金面上一等资助项目（项目编号：2016M600772）、陕西省博士后科研一等资助项目（项目编号：2017BSHYDZZ20）的资助。特别感谢经济科学出版社李军编辑等人热心、专业的帮助。

驽马十驾，功在不舍。作者深知自己目前所做研究还有广阔的进步空间，将继续努力不懈，也望热心的读者来信批评指正。

刘泓汛

2017年5月27日于西安

目 录

1 绪论 / 1

- 1.1 研究背景与研究意义 1
- 1.2 研究内容及结构安排 19
- 1.3 研究思路与研究方法 21
- 1.4 本书的创新点 23

2 建筑业绿色低碳化发展研究现状：文献综述 / 25

- 2.1 文献介绍 26
- 2.2 文献评述 30

3 中国建筑业绿色低碳绩效指标评价 / 32

- 3.1 引言 32
- 3.2 构建中国建筑业绿色低碳绩效指标 36
- 3.3 测算中国建筑业绿色低碳绩效水平 47
- 3.4 结论与启示 59

4 中国建筑业碳排放影响因素及减排潜力 / 62

4.1 引言	62
4.2 中国建筑业碳排放增长影响因素识别	64
4.3 中国建筑业二氧化碳减排潜力估算	74
4.4 结论与启示	86

5 中国建筑业绿色低碳化发展实现路径：基于结构优化视角 / 88

5.1 引言	88
5.2 理论基础	92
5.3 研究方法	94
5.4 中国建筑业能源要素替代可能性	100
5.5 基于要素替代的建筑业减排潜力： 以碳税为例	109
5.6 结论与启示	113

6 中国建筑业绿色低碳化发展实现路径：基于技术进步视角 / 116

6.1 引言	116
6.2 中国建筑业技术进步率	119
6.3 中国建筑业能源反弹效应	125
6.4 技术进步对中国建筑业节能影响	138
6.5 结论与启示	140

7 中国建筑业绿色低碳化发展实现路径：基于最优排放配额视角 / 143

7.1 引言	143
7.2 模型构建	146
7.3 数据说明	155
7.4 实证研究结果	157
7.5 结论与启示	166

8 研究结论、政策建议与下一步研究展望 / 169

8.1 本书总结论	169
8.2 对中国建筑业绿色低碳化发展的政策建议	176
8.3 不足之处与下一步研究展望	184

参考文献 / 186

绪 论

1.1

研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

1.1.1.1 全球气候变暖与低碳诉求

气候变暖已成为威胁人类生存与发展的重大环境问题。尤其进入 20 世纪 80 年代以后,全球大气和海洋出现明显反自然的升温。数据显示,1980 年,全球平均温度比 100 年前上升 0.85°C ,1980 ~ 2010 年的 30 年间,全球气温就上涨 0.61°C 。2010 年,全球平均气温达到 14.96°C ,是自 1880 年有温度记录以来最热的一年,同时出现了破记录的极端降水和洪水。2014 年,全球平均气温为 14.90°C ,仅次于 2010 年,与 2005 年并列。而有记录以来最热的 15 年中,有 14 年都发

生在 21 世纪（2000 年除外，1998 年位列前 15）^①。随着经济社会不断发展，全球变暖趋势仍在持续。根据政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）的预测，到 21 世纪末，全球气温将升高 1.5 ~ 4.5℃。气候变暖会导致全球降水量重新分配，冰川和冻土消融，海平面上升等，不仅危害自然生态系统的平衡，同时还对人类的食物供应和居住环境造成严重威胁。

人类经济社会活动导致温室气体增加是造成气候变暖的主要原因，温室气体中对气候变暖影响最直接的是二氧化碳的排放^②，能源消费是产生二氧化碳排放的主要来源，世界上 50% 以上的二氧化碳来自化石能源的燃烧。过去 100 多年间，人类一直依赖煤炭、石油等化石燃料提供生存和发展所需的能源，化石能源在燃烧过程中会排放大量二氧化碳等温室气体，从而引发全球气候变暖。过度使用化石能源，不仅会导致地球能源资源的枯竭，同时还会引起温室气体超量排放，造成全球气候变暖，破坏人类的身体健康和生活环境。图 1-1 描绘了 1880 年以来全球气候变化趋势和碳排放变化趋势，二者呈现高度一致性。以 1951 ~ 1980 年的年平均气温 14.00℃ 为基准年，很明显，进入 1980 年以后，全球气温呈现大幅快速上升趋势。从 1880 ~ 1980 年的 100 年间，气温上升约 0.85℃，全球二氧化碳排放量增长约 184.89 亿吨；而从 1980 ~ 2014 年

① 数据来源于美国国家气候数据中心数据集（GHCN-V3）。

② 温室气体（Greenhouse Gas, GHG）是指大气中能吸收并重新释放地面发射的太阳辐射的气体，它们截留太阳辐射产生“温室效应”，对大气有加热作用，从而导致地表温度上升。温室气体有很多种，其中被《京都议定书》（1997 年）明确规定需要控制和减排的有 6 种：二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）。二氧化碳由于含量最多，因此对全球气候变暖的贡献率最大，约有 55%。

仅 34 年间, 气温上升约 0.55°C , 全球二氧化碳排放量从 193.41 亿吨增长至 354.99 亿吨, 增长幅度达到 161.58 亿吨。如果照此速度不加以控制, 气候变化很有可能导致无法逆转的全球性灾难, 对生态平衡与人类生存产生巨大危害。

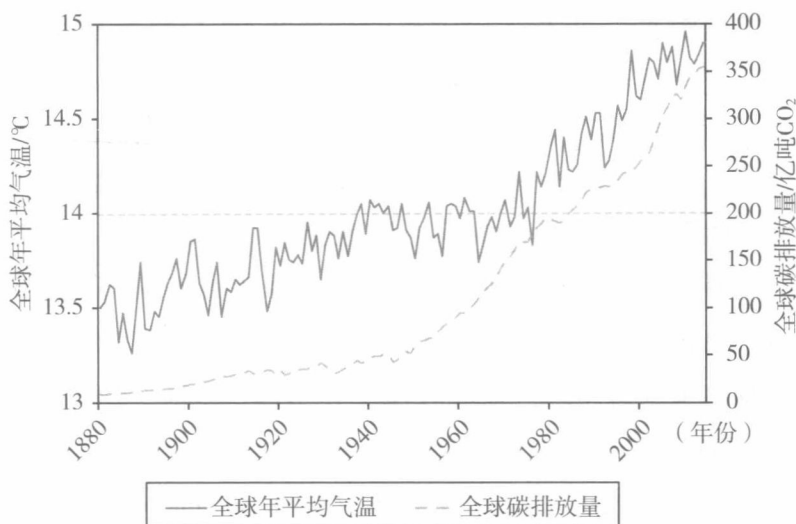


图 1-1 1880~2014 年全球气候变化与碳排放变化趋势

资料来源: 全球年平均气温数据采自美国国家气候数据中心数据集 (GHCN-V3); 全球碳排放总量数据来源于《BP 世界能源统计年鉴 (2015 年)》, 其中 1965 年以前碳排放数据来源于美国橡树岭国家实验室 (Oak Ridge National Laboratory) 统计数据。

20 世纪 90 年代起, 国际社会开始致力于推动世界各国的低碳发展。1992 年 6 月, 联合国环境与发展大会 (地球首脑会议) 在巴西里约热内卢通过世界上第一个通过国际合作控制碳排放、应对全球气候变化问题的基本框架——《联合国气候变化框架公约》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)。从 1995 年开始, 每年都会召开缔约方会议 (Conferences of the Parties, COP) 讨论各方应对气候变化的现状与展望。1997 年 12 月, UNFCCC 缔约方在日

本京都举行会议并通过《京都议定书》(Kyoto Protocol), 明确要求“将大气中的温室气体含量稳定在一个适当水平, 进而防止剧烈的气候改变对人类造成伤害”, 并为发达国家和经济转轨国家设定了 2008 ~ 2012 年期间的减排指标^①, 自此, 温室气体减排已成为发达国家的法律义务^②。该条约自 2005 年 2 月 16 日起正式强制生效。2003 年, 英国政府发布能源白皮书《我们能源的未来: 创建低碳经济》, 首次正式提出“低碳经济 (Low Carbon Economy)”概念^③, 呼吁更清洁、更智能化的能源和新的能源政策, 以迎接一个低碳的未来。2006 年, 世界银行编制《斯特恩报告》, 呼吁世界各国向低碳经济转型, 报告测算得出全球每年投入 GDP 的 1% 发展低碳经济, 便可避免未来每年因气候和环境变化造成的 5% ~ 20% 的 GDP 损失。2007 年 12 月, 联合国气候变化大会在印度尼西亚巴厘岛举行, 会议通过“巴厘路线图 (Bali Roadmap)”, 为世界各国 (包括签署《京都议定书》的发达国家、发展中国家和未签署《京都议定书》的发达国家) 落实 UNFCCC、实施应对气候变化措施制定方向并设定时间表, 同时要求发达国家在 2020 年前将温室气体减排 25% ~ 40%。2008 年 7 月, 八国集团^④首脑会议 (G8 峰会) 表示将与 UNFCCC 的其他缔约方

① 《京都议定书》设定的目标是 2008 ~ 2012 年, 工业化 (发达) 国家温室气体排放总量在 1990 年的基础上平均减少 5.2%, 发展中国家没有减排义务。其中, 欧盟削减 8%、美国削减 7%、日本削减 6%、加拿大削减 6%、东欧各国削减 5% ~ 8%。新西兰、俄罗斯和乌克兰可保持 1990 年水平, 允许爱尔兰、澳大利亚和挪威的排放量分别增加 10%、8%、1%。然而, 澳大利亚、美国和加拿大并没有签署该协议。

② 截止到 2009 年 2 月, 已经有 183 个国家签署该条约, 超过全球排放量的 61%。

③ 低碳经济包括低碳发展、低碳产业、低碳技术和低碳生活等经济形态, 是指在不影响经济发展的前提下, 通过技术创新和制度创新, 降低能源和资源消耗, 尽可能最大限度地减少温室气体和污染物的排放, 实现减缓气候变化的目标, 促进人类的可持续发展。

④ 八国集团成员国包括: 美国、英国、法国、德国、意大利、加拿大、日本和俄罗斯。

一起,共同实现2050年将全球温室气体减排50%的目标。2009年7月,G8峰会再次重申到2050年减排50%,并提出发达国家排放总量减少80%以上的目标。同年12月,UNFCCC第15次缔约方会议暨《京都议定书》第5次缔约方会议(COP15/CMP5)在丹麦哥本哈根召开,近200个国家代表就未来应对气候变化的全球行动签署新的协议——《哥本哈根协议》,商讨《京都议定书》一期承诺到期后的后续方案。2010年11月,坎昆世界气候大会上通过了两个重要决议:一是加强国际间合作,促使温室气体排放尽快达到峰值;二是成立绿色气候基金,为应对气候变化提供长期资金支持,并优先用于生态最脆弱的发展中国家。2011年12月,德班世界气候大会通过“德班一揽子决议”,决定实施《京都议定书》第二期承诺并启动“绿色气候基金”。2015年11月,近200个缔约方聚集巴黎,商讨如何应对全球气候变化、提升经济增长绿色水平、实现人类可持续发展,达成最新的全球气候协定——《巴黎协定》。

1.1.1.2 中国能源消费与碳排放现状

在全球气候变暖的国际大背景下,中国国内的气候也发生了比较明显的变化。数据显示,近100年内,中国年平均气温升高了 $0.5 \sim 0.8^{\circ}\text{C}$,略高于同期全球气温变化平均值。其中,东北、西北和华北地区气温升高幅度高于其他地区,而全国冬季气候变暖尤为明显。1986~2005年,中国甚至出现连续20个全国性暖冬。受气候变化影响,近50年内,中国沿海海平面每年平均上升2.5毫米,略高于全球平均上升速率,山地冰川加速退缩,主要极端天气和气候事件发生频率