

中国社会科学院创新工程学术出版资助项目



中国社会科学院文库·经济研究系列
The Selected Works of CASS·Economics

区域协同低碳发展 路径与政策

溢出-反馈效应的视角

Pathway and Policy for Regional
Coordinated Low Carbon Development
Perspective of Spillover-feedback Effects

—
张友国 / 著
—

SSAP
社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

 中国社会科学院创新工程学术出版资助项目

 中国社会科学院文库·经济研究系列
The Selected Works of CASS · Economics

区域协同低碳发展 路径与政策

溢出-反馈效应的视角

Pathway and Policy for Regional
Coordinated Low Carbon Development
Perspective of Spillover-feedback Effects

张友国 / 著



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目(CIP)数据

区域协同低碳发展路径与政策：溢出－反馈效应的视角 / 张友国著. --北京：社会科学文献出版社，
2018.2

(中国社会科学院文库·经济研究系列)

ISBN 978-7-5201-1513-1

I. ①区… II. ①张… III. ①区域经济发展－节能－
研究－中国 IV. ①F127

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第244558号



中国社会科学院文库·经济研究系列

区域协同低碳发展路径与政策

——溢出－反馈效应的视角

著 者 / 张友国

出 版 人 / 谢寿光

项目统筹 / 梁艳玲

责任编辑 / 姚冬梅 易 卉 贾立平

出 版 / 社会科学文献出版社·期刊运营中心(010)59366560

地址：北京市北三环中路甲29号院华龙大厦 邮编：100029

网址：www.ssap.com.cn

发 行 / 市场营销中心(010)59367081 59367018

印 装 / 北京季蜂印刷有限公司

规 格 / 开 本：787mm×1092mm 1/16

印 张：23.5 字 数：405千字

版 次 / 2018年2月第1版 2018年2月第1次印刷

书 号 / ISBN 978-7-5201-1513-1

定 价 / 98.00元



本书如有印装质量问题，请与读者服务中心(010-59367028)联系

▲ 版权所有 翻印必究

《中国社会科学院文库》 出版说明

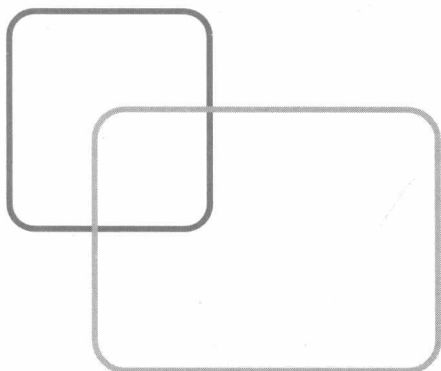
《中国社会科学院文库》（全称为《中国社会科学院重点研究课题成果文库》）是中国社会科学院组织出版的系列学术丛书。组织出版《中国社会科学院文库》，是我院进一步加强课题成果管理和学术成果出版的规范化、制度化建设的重要举措。

建院以来，我院广大科研人员坚持以马克思主义为指导，在中国特色社会主义理论和实践的双重探索中做出了重要贡献，在推进马克思主义理论创新、为建设中国特色社会主义提供智力支持和各学科基础建设方面，推出了大量的研究成果，其中每年完成的专著类成果就有三四百种之多。从现在起，我们经过一定的鉴定、结项、评审程序，逐年从中选出一批通过各类别课题研究工作而完成的具有较高学术水平和一定代表性的著作，编入《中国社会科学院文库》集中出版。我们希望这能够从一个侧面展示我院整体科研状况和学术成就，同时为优秀学术成果的面世创造更好的条件。

《中国社会科学院文库》分设马克思主义研究、文学语言研究、历史考古研究、哲学宗教研究、经济研究、法学社会学研究、国际问题研究七个系列，选收范围包括专著、研究报告集、学术资料、古籍整理、译著、工具书等。

中国社会科学院科研局

2006年11月



目 录

绪 论	1
一 区域协同低碳发展的概念、内涵与战略意义	2
二 国内外相关研究现状	6
三 本书内容梗概及主要贡献和创新	23

第一篇 中国区域间经济和碳排放溢出一反馈效应研究

第一章 中国区域经济格局及区域间贸易	31
第一节 中国产业分布的空间格局	31
第二节 区域间产业结构的差异	37
第三节 区域间贸易规模、特征及发展趋势	38
第四节 区域间经济关联性分析	40
第五节 小结	49
第二章 区域间经济和环境溢出一反馈效应测度方法	51
第一节 国内外有关溢出一反馈效应的研究回顾	51
第二节 区域间贸易的经济和环境溢出一反馈机制分析	54
第三节 三区域经济 and 碳排放溢出一反馈效应分析方法	57

第三章 中国三大地带间供需双向经济和碳排放溢出一反馈效应	61
第一节 各省分行业的碳排放估计	61
第二节 三大地带间的经济溢出一反馈效应实证研究	63
第三节 三大地带间的碳排放溢出一反馈效应实证研究	79
第四节 与以往研究的比较	93
第五节 小结和政策启示	95
第四章 京津冀地区间的经济和碳排放溢出一反馈效应	99
第一节 京津冀地区层面的需求侧经济和碳排放区域内效应	100
第二节 京津冀地区层面的需求侧经济和碳排放交互影响	106
第三节 京津冀地区部门层面的需求侧经济和碳排放影响	112
第四节 京津冀部门层面的供给侧经济和碳排放影响	120
第五节 小结	127
第五章 长江经济带区域间增加值与碳排放溢出效应	130
第一节 长江经济带的增加值和碳排放区域内效应	131
第二节 长江经济带上、中、下游区域间增加值和碳排放交互影响	133
第三节 长江经济带各地区部门增加值和碳排放乘数分解	137
第四节 长江经济带各地区不同类型需求的增加值和碳排放乘数分解	140
第五节 小结	143
第六章 中国省级需求侧经济和碳排放溢出效应研究	145
第一节 省级溢出一反馈效应分析方法	146
第二节 省级经济和碳排放乘数分解	148
第三节 基于省级层面分析的部门经济和碳排放乘数	160
第四节 不同类型需求侧与供给侧经济和碳排放乘数	169
第五节 省级经济和碳排放乘数的动态变化	177
第六节 结果的比较分析	189
第七节 小结	191

第二篇 基于溢出一反馈效应的碳排放 转移与责任分配研究

第七章 区域间碳排放转移	197
第一节 引言	197
第二节 碳排放转移测算方法	198
第三节 基于 EEBT 方法的省际碳排放转移实证分析	202
第四节 MRIO 方法和 EEBT 方法的结果比较	205
第五节 小结	209
第八章 碳排放视角下的区域间贸易模式：污染避难所与要素禀赋	211
第一节 问题提出	211
第二节 环境视角下的贸易模式及其识别方法	213
第三节 关键指标的选取及数据处理	219
第四节 实证分析	223
第五节 结论和政策启示	234
第九章 区域间碳排放责任分配研究：基于经济利益的视角	237
第一节 环境责任分配的利益匹配原则	237
第二节 区域碳排放责任核算框架	239
第三节 不同原则下的省际碳排放效率及其变化	247
第四节 不同原则下的省际碳排放责任	251
第五节 碳排放责任与碳税对各区域竞争力的影响	258
第六节 结论与政策启示	262

第三篇 基于溢出一反馈效应的碳排放 空间结构分解分析

第十章 中国省级出口隐含碳的影响因素：结构分解分析	267
第一节 引言	267
第二节 出口隐含碳的空间结构分解方法	269

第三节	省级出口隐含碳及其影响因素	271
第四节	全国出口隐含碳的因素分解	276
第五节	结论	278
第十一章	区域经济格局变化对中国碳排放的影响	280
第一节	引言	280
第二节	方法	282
第三节	最终需求隐含碳的构成及区域隐含碳强度差异	284
第四节	2002~2010年区域经济格局历史变化对碳排放的影响	291
第五节	2010~2030年未来区域经济发展格局对碳排放的影响	300
第六节	结论及政策建议	305
结束语		309
附录		318
附录 A:	各地区分产业增加值占全国份额及构成	318
附录 B:	需求侧溢出一反馈效应	320
附录 C:	供给侧溢出一反馈效应表达式	323
附录 D:	2002年和2007年分部门的需求侧和供给侧经济 溢出一反馈乘数效应	327
附录 E:	2002年和2007年分部门的需求侧和供给侧碳排放 溢出一反馈乘数效应	331
附录 F:	EEBT方法和MRIO方法下省际碳排放转移明细	335
附录 G:	各地区的贸易隐含碳与节碳量	339
附录 H:	分省边际贸易隐含碳、人均资本存量及人均GDP	340
参考文献		345
致谢		366

绪论*

气候变暖是人类共同面临的全球性的环境挑战。作为全球最大的发展中国家同时也是全球最大的碳排放国家之一，中国已经在多个场合通过一系列决议向世界显示了为减缓气候变化做出重大贡献的决心，并做出了一系列庄严承诺。特别是在2015年11月召开的巴黎气候变化大会上，中国已经以国家自主贡献的形式宣布，在2030年左右达到本国的碳排放峰值，并争取提前达到这一峰值。

然而，碳峰值并不会随着经济发展水平的提高而自然到来，因而通过什么样的路径、实施怎样的政策来实现碳峰值和强度目标是当前中国亟待解决的问题。如果选择的路径和实施的政策得当，那么实现碳峰值和强度目标不仅不会对中国的经济社会发展产生刚性约束，反而会促进中国的经济发展方式向绿色低碳转型（He, 2014）。反之，则可能对中国的经济社会发展产生严重的负面冲击，甚至导致经济硬着陆。

正因为如此，中国碳减排的实现路径与政策选择近年来已经引起了社会各界的广泛关注，学界也展开了大量相关研究。而其中，如何科学制定分段、分地区的碳排放目标又是当前中国实现碳排放峰值目标亟待解决的问题（He, 2014; Chen & Groenewold, 2015）。一方面，中国幅员辽阔，各个区域之间经济社会发展差异巨大，功能定位大相径庭，不同地区的碳峰值到达

* 本书的一系列阶段性成果已经先后发表于《中国工业经济》、《数量经济技术经济研究》、《中国人口资源与环境》、*Energy Economics*、*Energy Policy*等国内外经济学和环境研究领域内的权威学术期刊，部分成果被人民大学报刊复印资料全文转载。

时间、峰值额以及实现峰值的主动性必然存在差异（Chen & Groenewold, 2015）。另一方面，区域之间还存在密切的经济社会关联性，这些关联性及其影响也必须在碳峰值目标实现路径与政策的设计中予以充分考虑（Meng等, 2013）。

因而，如何在低碳约束下统筹区域发展，形成有利于温室气体减排的区域发展格局、产业结构、生产方式、生活方式，最终促进生态文明建设与经济建设的相互融合，是当前中国迫切需要解决的重大现实问题。本书就是作者从经济学视角对这一问题所做的一系列思考和研究。

一 区域协同低碳发展的概念、内涵与战略意义

（一）区域协同低碳发展的概念

“协同发展”是指一个系统中的各个子系统既能够充分发挥各自的发展优势，又能充分借助其他子系统的各种优势克服自身缺陷，从而使自身获得尽可能好的发展并惠及其他子系统的发展，同时又要能尽量减少、降低乃至避免自身与其他子系统之间的冲突，如此以达到各子系统之间相互适应、相互支撑、相互协作、相互配合、相互促进的良性互动的发展状态，并最终实现整个系统的最优发展和协调发展。

将协同发展论延伸至区域层面，便有了“区域协同发展”概念。显然，区域协同发展不是局限于个别区域的发展，而是涵盖多个区域的共同发展。它要求将多个区域作为一个相互关联的有机系统来看待，这个有机系统中的各个区域都是其不可或缺的系统，各个区域既有其独立性，又与其他区域有着紧密的联系。进一步，区域协同发展既不是将多个区域不加区分地作为一个整体看待，更不是只关注其中的某一个区域而不考虑其他区域及所有区域构成的整体，而是在充分考虑各区域相互关联机制及各区域目标的基础上，谋求整体目标的实现。

“低碳发展”是一种以低碳排放为特征的可持续发展模式。当然低碳发展通常也会呈现低能耗、低污染物排放等其他特征。不过，上述概念只是对低碳发展的静态理解，主要是指低碳发展模式实现后的理想状态。然而，上述理想状态并非一蹴而就，通常需要经过全社会的共同努力，并假以时日才能逐渐实现。因此，如果针对所有发展阶段来定义低碳发展，或者动态地理解低碳发展，则可将其定义为：在实现经济、社会发展目标的同时，尽可能少地产生碳排放，使发展呈现不断与碳排放脱钩的状态，并最终使发展对碳

排放的依赖程度降至极低的水平。

“区域协同低碳发展”显然是由“区域协同发展”与“低碳发展”复合而成或交叉而成的概念，它必然要同时满足区域协同发展与低碳发展的要求或标准。如果以低碳发展为目的，以协同发展为约束或途径，则区域协同低碳发展可以理解为：通过发挥某一地域内各个区域的优势和能动性，形成区域间的良性互动，从而使各个区域最大限度地实现低碳发展，并最大限度地实现整个地域的低碳发展。换个角度，也可以给出上述区域协同低碳发展定义的对偶定义，即将区域协同低碳发展定义为：在低碳约束下，最大限度地在一地域内实现区域协同发展，继而实现各个区域的共同发展。

（二）区域协同低碳发展的内涵

1. 区域协同低碳发展既强调经济增长，更强调以低碳排放的方式实现经济增长

“发展才是硬道理”。经济增长仍然是当前中国发展的重要任务，它是2020年全面建成小康社会，实现2020年国内生产总值和居民人均收入比2010年翻一番目标的根本保障。区域协同低碳发展也要服从全面建成小康社会这一战略目标，而且其根本着眼点本来就是发展，因而它必然要求经济持续增长，而且要保持中高速增长。不过，区域协同低碳发展对经济增长的质量提出了更高的要求，即以尽可能低的碳排放以及尽可能低的能源消耗和其他污染物排放为代价实现经济的中高速可持续增长。区域协同低碳发展要求经济增长控制在生态环境可承载的范围内，不能造成生态环境特别是气候的不可恢复性破坏，同时要求经济增长必须满足能源及其他资源安全要求。这就要求通过技术的不断创新和进步、产业结构和能源结构的不断优化和升级以及可持续生活方式的不断形成，使经济增长对能源消耗、碳排放及资源消耗和其他污染排放的依赖程度不断下降。

2. 区域协同低碳发展既注重全局性的低碳发展，也要兼顾各个区域的低碳发展

区域协同低碳发展首先要从全局出发考虑整个地域的低碳发展，而不是从个别或某些区域出发考虑其低碳发展，相关的战略、规划和政策措施必须是有利于整个地域的低碳发展，而不是仅仅有利于某个或某些区域的低碳发展。不过全局性的低碳发展水平又是由各个区域的低碳发展水平共同决定的，各区域的低碳发展水平提高了，全局性的低碳发展水平也必然提高。进一步，一个地域中各个区域的特征或优劣势往往不同，甚至可能存在非常大

的差异，因而整个地域的低碳发展必须充分考虑区域间的差异性，从而使制定和实施的低碳发展方案能够兼顾各个区域的低碳发展，不至于顾此失彼并对全局性的低碳发展产生不利影响。总而言之，区域协同低碳发展以全局性的低碳发展为目标，而全局性的低碳发展以各个区域的低碳发展为基础，因而全局性的低碳发展必须兼顾各个区域的低碳发展。

3. 区域协同低碳发展既鼓励区域间的良性竞争，更鼓励区域间的协同作用和互利共赢

一个地域中的各个区域既密切关联，又有相对的独立性，也有各自的利益和责任。毛泽东同志在《论十大关系》一文中总结中国社会主义建设的基本经验时曾指出，“要充分发挥中央和地方两个积极性”。许多学者认为中国改革开放以来的高速增长就得益于以经济增长为指挥棒的激励机制所带来的各行政区域的激烈竞争。因而，要实现全局性的低碳发展目标，也应该而且必须充分调动各个区域的积极性。如果引入以低碳发展为指挥棒的激励机制，必然也能形成区域间的良性竞争局面，从而有利于调动各区域的低碳发展积极性，激发其低碳发展的潜能。然而，区域协同低碳发展强调竞争并不是为了优胜劣汰，即不是为了使某些区域越来越先进，而另一些区域越来越落后，而是为了激发各区域更好地发挥自身的优势，或者努力提升自身的优势并扭转劣势，从而使各区域共同发展。过于强调区域间的竞争有可能物极必反，如造成地方保护主义，从而不利于区域间扬长避短，并形成整个地域的“内耗”。因此，区域协同低碳发展更应鼓励区域间形成协作互赢的低碳发展模式，使各个区域的优势得到最好的发挥，产生“1+1>2”的协同效应，最大限度地推进整体的低碳发展。

（三）区域协同低碳发展的战略意义

1. 区域协同低碳发展是中国全面建成小康社会和实现更长远发展目标的内在要求

协同发展论已被世界上许多国家或地区确定为社会可持续发展的基础。当前，“协调发展”是引领中国发展的五大理念之一，协调发展的重要内容之一就是区域协调发展，而区域协同发展显然是区域协调发展的必然要求和实现途径。同样，低碳发展也被世界大部分国家或地区当作社会可持续发展的基石。中国共产党第十八次全国代表大会将生态文明建设作为中国特色社会主义建设“五位一体”总体布局中的一个重要方面，而绿色、低碳、循环发展就是这次会议提出的生态文明建设的一项具体要求。中国共产党第十

八届五中全会进一步将绿色发展确立为中国未来发展必须遵循的五大发展理念之一，而低碳发展在某种意义上可以理解为绿色发展的一个重要内容。因此，区域协同低碳发展不仅十分契合中国的发展理念，也是建设中国特色社会主义的应有之义。

2. 区域协同低碳发展不仅是生态文明建设的必然要求，也是生态文明建设的重要途径

生态文明建设是一项复杂的系统工程，其内涵极其丰富。减少碳排放、确保能源安全无疑是当前生态文明建设中非常重要和紧迫的任务，而要完成上述任务就必须大力推行低碳发展。进一步，低碳发展对生态文明建设的其他领域也具有非常显著而积极的外部效应，因为低碳发展不仅有利于减少能源消耗和碳排放，而且十分有利于减少其他资源消耗和污染排放。因此，努力实现低碳发展必将极大地促进生态文明建设，改善生态环境质量，并有助于人们共享生态文明建设成果，保护人民的身心健康。

3. 区域协同低碳发展有助于将生态文明建设融入经济建设，从而有助于提升经济增长质量和可持续竞争力

短期来看，低碳发展收紧了经济增长的碳排放约束条件，会对经济增长产生一定的冲击。然而，正是通过强化碳排放约束，原有高能耗、高污染排放的粗放型经济增长模式才有可能被遏制，继而逐渐向低碳经济增长模式转变。因而，长期、动态来看，区域协同低碳发展有利于在全国范围内激励技术进步，特别是节能减碳领域的技术创新和技术进步，促进产业结构优化升级，推动能源结构向清洁型转变，引导居民生活方式向低碳化转型，从而最终使经济增长更多地依靠创新并逐渐与能耗和碳排放脱钩，继而提升经济增长质量。特别是，低碳发展如今已成为世界潮流，一个国家如果能够率先在低碳技术领域取得突破和进展，率先推出低碳技术标准及其他相关标准，有能力提供消费者认可的低碳产品，就能率先形成具有竞争力的低碳品牌和低碳产业，获得低碳发展领域的话语权和相关规则的制定权，从而提高本国的可持续竞争力。区域协同低碳发展无疑是中国提升上述可持续竞争力的助推器。

4. 区域协同低碳发展是中国应对全球气候变化、融入和引领全球环境治理的客观要求和坚实保障

如前所述，气候变化如今不仅是一个全球生态环境问题，更是一个全球性的政治经济问题。中国的特色社会主义建设和发展离不开世界，世界经济

发展和环境治理也离不开中国的贡献。作为一个负责任的大国，中国已经大大超出自身的义务，向世界庄严承诺了2020年的碳强度控制目标和2030年左右实现碳排放峰值的总量控制目标。显然，国家的碳排放控制离不开区域协同低碳发展。一方面，国家的碳减排目标需要逐级分解到各个区域，中央督促各地方实现其碳减排目标，才能有效保证国家碳减排目标的顺利实现。另一方面，充分发挥各个地区的比较优势，形成区域协同效应，十分有利于提高各地区及全国的低碳发展水平，从而有利于国家碳减排目标的实现。中国实现上述碳排放控制目标，不仅会对全球气候变化做出巨大贡献，还将为世界的低碳发展提供一个中国模式，而区域协同低碳发展也必将作为这一中国模式的重要内容为其他国家所学习和借鉴。

二 国内外相关研究现状

区域低碳发展的路径与政策是当前低碳发展研究领域的热点研究方向，特别是对这一问题的经济学研究十分活跃。目前这一领域比较热点的问题主要包括如下几个方面：一是关于区域碳排放估计及碳排放影响因素的研究；二是关于区域间碳排放交互影响的研究，包括碳排放转移、溢出一反馈效应问题及相关方法；三是关于区域碳排放效率的研究，包括区域碳强度、区域碳生产率以及区域碳边际减排成本三方面的研究；四是关于区域碳减排政策的影响及优化的研究，主要包括碳交易、碳税及其他政策、不同政策间的比较及不同政策间的协同等内容。

（一）区域碳排放估计及碳排放影响因素研究

1. 区域碳排放估计

区域碳排放的估计是区域碳减排研究的基础。相关研究者一般都采用IPCC提供的指南估计碳排放，即各类经济主体消耗的各种化石能源数量与相关技术参数相乘，从而得到其碳排放量。不过，在估计中国区域碳排放的研究中还有两个难题需要妥善解决。

需要解决的第一个问题是各区域公布的能源消耗量加总与官方公布的全国能源消耗量差异巨大，从而导致区域加总的碳排放估计量与全国的碳排放估计量严重不符。根据Guan等（2012）的研究，区域加总的二氧化碳排放估计量比全国的二氧化碳排放估计量高出1.4亿吨。需要解决的第二个问题是目前只能找到各区域六部门的能源消耗数据，绝大多数省份细分行业的能源消耗数据缺失。这一问题之所以重要，是因为对于很多有关区域间碳排放

转移、区域间碳排放交互影响以及区域碳减排政策模拟研究而言，分地区细分部门的碳排放估计量是不可或缺的数据。这两个问题的彻底解决当然只能依靠国家统计局部门提供质量更高的能源消耗统计数据，但这恐怕还需要较长一段时间。

为了使区域加总的碳排放量与全国的碳排放量匹配，研究者提出了一些方案。Su 和 Ang (2010) 提出了一个估计区域细分行业碳排放的优化方法，他们的主要思路是根据省际多区域投入产出表并采用 RAS 方法将国家细分部门的碳排放量分配给各区域的相应部门。Weitzela 和 Ma (2014) 也用全国的碳排放估计量来矫正区域的碳排放估计量。他们根据省际多区域投入产出表中各区域同一部门的能源投入价值量将全国相应部门相应能耗的碳排放量按比例分配。Zhang 和 Tang (2015)、Zhang (2015) 及张友国 (2015) 则采用了另一思路，他们先通过各种数据来源（主要是区域统计年鉴）收集和估计分地区分部门的能耗数据，在此基础上初步估计分地区分部门的碳排放量，然后根据全国分部门的碳排放估计量按比例调整分地区分部门的碳排放初步估计量。他们还进一步估计了各地区水泥生产中的工艺性碳排放。此外，大部分需要估计区域细分部门碳排放的研究也多采用基于地区层面能耗数据的估计方法，如 Guo 等 (2012)、Meng 等 (2013)、Fan 等 (2016)。

2. 区域碳排放影响因素研究

研究区域碳减排首先必须搞清楚碳排放的决定因素。因此，近年来很多学者从区域层面充分研究了碳排放的影响因素，包括人口、经济发展水平、技术水平、就业结构、能源结构、产业结构、城市化、工业化、农业用地向建设用地转换以及对外开放度等诸多因素。其中绝大部分研究都涉及多个影响因素及其对碳排放的影响力度。根据研究方法，有关碳排放影响因素的研究主要分为三类。

一是基于分解方法的研究，这类研究能够直接测算各类因素对碳排放的贡献值。分解方法一般基于环境影响评估模型（如著名的 IPAT 恒等式及其衍生的 KAYA 恒等式）展开，该方法通常可分为两类：指数分解方法和投入产出结构分解（Structural Decomposition Analysis, SDA）方法。指数分解方法的优势在于它可以更方便地应用年度数据，但它不能考虑区域间的碳排放交互影响。现有研究中多数是基于指数分解方法特别是对数均值迪氏指数（LMDI）分解方法的研究，如 Chen 和 Yang (2015) 对中国 1995~2011 年

的碳排放变化进行了时空分解。SDA 方法则考虑了区域间深刻的经济关联性，因而能够刻画它们的碳排放交互影响，但其可用数据只能局限于每隔几年才公布一次的区域投入产出表，同时该方法还存在分解形式不唯一的问题。为了解决 SDA 方法分解形式不唯一的问题，可以考虑将该方法与指数分解（如 LMDI）方法结合起来，这样可以兼顾两种方法的优势。目前也有个别研究采取了这种综合方法的策略，如 Zhang 和 Tang（2015）基于多区域投入产出表和 LMDI 方法对中国省际出口隐含碳的研究。未来还可以考虑将这种综合方法与年度数据相结合来研究区域碳排放因素。

二是基于计量经济学方法和地区面板数据的研究。最近的研究如 Cao 等（2016），他们采用阈值模型和 1979 ~ 2013 年面板数据的研究表明，城市化水平超过阈值（0.43）后对中国碳排放的影响将加剧，且东、中、西部各地区的阈值水平不同。由于分解方法通常基于环境影响恒等式展开，因而其考虑的因素也须由恒等式中的基本因素通过恒等变换的形式衍生出来，这就大大限制了其研究因素的多样性。与分解方法相比，计量经济学方法则能够根据相应的理论更灵活地将多种因素纳入模型，并检验各种因素对碳排放是否具有统计意义上的显著性。因而计量经济学方法研究的因素能更加广泛，但该方法不能确定各种因素对碳排放的实际贡献，而只能估计碳排放对各种因素的弹性系数。

三是基于混合方法的研究，即综合分解方法与计量经济方法的研究。其中，主要被采用的方法是可拓展的随机性的环境影响评估（STIRPAT）模型，这类模型通过取对数将传统的环境影响评估模型 IPAT 从乘数形式转换为计量模型，并能纳入更多的因素。不过，这种混合方法似乎更多地体现了计量经济学方法的特征，即主要估计碳排放对相关因素的弹性系数。目前，有不少研究基于 STIRPAT 模型分析了诸多因素对中国区域碳排放的影响，发现这些因素对各地能耗及碳排放的影响差异巨大。例如，Wang 和 Zhao（2015）的研究表明，能源强度在发达地区对碳排放的影响超过其在发展中地区和欠发达地区的影响，城市化、产业结构以及外贸依存度在欠发达地区的影响超过其在另两类地区的影响，而人口和人均 GDP 在发展中地区的影响最为突出。

在因素分析的基础上，一些研究进一步对碳排放峰值和碳减排潜力作了预测。最近的研究如 Du 等（2012），他们采用面板数据模型分析了 1995 ~ 2009 年中国经济发展与碳排放的关系，其计量结果支持 EKC 假说，并发现

直到 2020 年中国的碳排放仍将持续增长但减排潜力也很巨大。还有些研究讨论了分区域的碳减排策略研究。例如, Wang 和 Zhao (2015) 根据其研究结果提出了针对不同类型区域的低碳发展政策建议, 认为中国欠发达地区应控制城市化进程、调整产业结构、降低外贸依存度; 发展中地区应控制人口增长; 发达地区则应进一步提升技术水平。

(二) 区域间碳排放交互影响研究

区域间存在广泛而密切的经济关联性, 由此可能带来区域间碳排放的交互影响, 这一因素也是区域碳排放峰值路径研究中应当考虑的重要因素。这一研究领域的问题主要包括两类: 一是关于区域间碳排放转移的问题, 包括转移量的测算及相关理论假说的检验; 二是对区域间碳排放溢出和反馈效应的研究。

1. 区域间碳排放转移问题

关于区域间碳排放转移问题的研究又可细分为两类。

一是关于区域间碳排放转移量或区域间贸易隐含碳的测算。这一方面的研究主要基于区域投入产出模型展开, 而近年来有关中国区域间投入产出表的研究工作为其提供了数据基础。在大经济区域层面, 如赵慧卿和郝枫 (2013) 基于区域间投入产出模型测算了中国八大区域间产品 (服务) 贸易隐含的碳排放放在区域之间的流动和转移总量。在省际层面, Guo 等 (2012) 测算了不同年份中国省际的碳排放转移。这些研究基本都发现碳排放总体上呈现东部地区向中、西部地区转移。还有大量文献估计了国际的碳排放转移 (最近的如彭水军等, 2015), 特别是 Marques 等 (2013) 从供给的视角研究了国际的碳排放转移。

二是关于区域间碳排放转移驱动因素的研究。这一方面的研究主要集中于检验污染避难所假说和要素禀赋假说。这两种假说相互对立: 前者强调发达地区会向欠发达地区转移污染; 后者强调资本稀缺地区 (通常是欠发达地区) 向资本密集地区 (通常是发达地区) 转移污染。其中, 绝大多数研究都基于计量经济方法展开, 而所得结论则不尽一致。很多研究 (如曾贤刚, 2010) 的结果都不支持污染避难所假说, 但也有研究支持该假说 (林伯强和邹楚沅, 2014)。还有一些学者采用投入产出模型研究了这一问题, 如张友国 (2015) 基于投入产出模型提出了五种贸易模式, 并在中国省际层面展开实证分析。其研究结果表明, 污染避难所假说和要素禀赋假说都只能部分解释中国的区域间贸易。