

# 雾霾跨区域治理

## 行为博弈、风险分析及协同机制

◎ 彭本红 屠羽 周倩倩 著



科学出版社



# 雾霾跨域治理

## 行为博弈、风险分析及协同机制

彭本红 屠羽 周倩倩 著

中国气象局软科学重点项目 2017[15]

本书由 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD) 联合资助  
气候变化与公共政策研究院开放课题(14QHA017)

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

雾霾跨域治理是一项复杂的社会系统工程，需要建立多元协同机制。本书利用博弈理论、社会资本理论、行动者网络理论以及系统动力学、等级全息建模、多元统计分析等理论和方法，系统探讨雾霾跨域治理的行为博弈、风险分析及协同机制等问题，并提出中国现阶段雾霾跨域治理的多元协同对策。本书内容不仅拓展雾霾治理的研究范围、丰富雾霾治理理论，而且对指导区域合作和协同治理实践有重要的现实意义。

本书适合从事环境管理、区域管理、管理工程等方面研究的高校师生和科研机构工作人员，以及企业技术和管理部门相关人员阅读、参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

雾霾跨域治理：行为博弈、风险分析及协同机制/彭本红，屠羽，周倩倩著. —北京：科学出版社，2017.3

ISBN 978-7-03-052410-2

I. ①雾… II. ①彭… ②屠… ③周… III. ①空气污染-污染防治-研究-中国 IV. ①X51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 056829 号

责任编辑：王腾飞 沈 旭/责任校对：樊雅琼

责任印制：张 伟/封面设计：许 瑞

**科 学 出 版 社 出 版**

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

**北京建宏印刷有限公司印刷**

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017年3月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2017年3月第一次印刷 印张：9 5/8

字数：202 000

定价：69.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)



## 前 言

随着经济高速发展,中国大部分地区频繁出现严重的雾霾天气。雾霾天气破坏强、时间长、区域广,而立足于单一地区的雾霾治理是不够的,雾霾治理必须打破行政区壁垒和单一主体治理的模式,通过构建跨区域多元协同治理机制,统筹环境资源,并加强协调治理主体跨区域协同合作。本书运用多种方法对雾霾跨区域治理中行为博弈、风险分析、协同机制、治理政策进行研究。

本书运用微分博弈理论,建立政府与污染企业、跨域政府与政府间的微分博弈模型,建立各主体相关的动态价值函数,分析各因素对主体策略的影响。政府与排污企业间,政府向企业收取的单位排污费提高,会控制企业的大气污染物排放;加大对超标排放污染气体企业的处罚力度,使得企业上缴的罚款金额大于其努力控制排污量的成本,会使企业的均衡污染物产量降低;跨域政府间是否合作在于协作利益的大小及分配,协作收益越大,分配越合理,政府间选择跨域协作概率越大;随着治霾活动的开展,各区域的利润下降,随时间推移利润下降幅度会变小,继而利润逐渐上升;通过区域合作治理的利润较单独地区的平均利润高,说明跨域治理雾霾具有优势。

运用演化博弈理论建立了政府、企业以及公众的三方演化博弈模型,并用系统动力学方法对演化博弈过程进行模拟仿真,显示在一定条件下,政府、企业和公众最终会达到(监督、治理、参与)稳定均衡状态;政府的行为决策严重影响企业及公众的决策;企业污染的罚金、公众参与的收益以及政府协作的利益分配等因素都是影响主体行为选择的重要因素。

以问卷调查数据为基础,将社会资本细分为政府社会资本与民间社会资本,运用回归分析与结构方程模型探讨双重社会资本、治理行为与雾霾治理绩效三者关系。双重社会资本对治理行为与雾霾治理绩效均有正向影响,两种治理行为均起到正向中介作用,特别地,具有公共服务性质的雾霾治理需要政策强制力来保障落实,具有号召性的信任因素与激励行为的正向影响有限。

基于等级全息建模框架识别雾霾风险的方法,作者构建了以自然风险、人为风险、气象风险、政治风险、经济风险、文化风险和技术风险7个风险情景为基础,从不同的维度描述形成雾霾天气风险源;并运用风险过滤、评级与管理方法



(RFRM)对各类别风险源进行初步筛选、过滤和评级，得到了三类主要风险情景：自然风险，人为风险和气象风险，并建立雾霾风险评价的故障树模型，以南京为例对其空气质量进行评价。

作者结合综合集成研讨厅和物理-事理-人理系统方法论(WSR)，提出融合共识的雾霾跨区域治理思路。针对多元决策过程中的共识度问题，建立共识度模型，在权重不变的条件下，专家组之间通过改变分歧度，达成共识收敛，或者是调整备选方案，再次进行共识度评估，最终实现融合共识。

作者提出雾霾跨区域治理多元协同机制，结合行动者网络理论，以构建参与沟通网络、利益协调网络、多元参与网络以及预防与监控网络为基础，从实现雾霾跨区域治理的多元协同角度构建协同机制，包括以参与和沟通为基础的多元互动机制、以利益平衡与协调为基础的多元监管机制、以公众参与为主要诉求的区域多元共管机制、“防”“治”结合的雾霾治理多元运作机制等。从英国成功治理雾霾的案例中总结经验，结合我国雾霾治理的不足，从法律法规的完善、战略环境影响评价体系的建立、区域雾霾治理联合委员会的建立、产学研的协同以及全民环保意识的提高五方面，提出雾霾跨区域治理多元协同的具体政策建议。

由于雾霾跨区域治理是一个复杂的社会系统工程，需要结合环境科学、管理科学、经济学、社会学、系统科学和大气科学等多学科开展交叉研究。本书只是提出雾霾跨区域治理的思路，还有大量的内容有待于深入探讨，希望能起到抛砖引玉的作用。由于学识所限，本书尚待完善，希望读者批评指正。

作者

2017年2月

# 目 录

## 前言

|       |                  |    |
|-------|------------------|----|
| 第 1 章 | 绪论               | 1  |
| 1.1   | 背景和意义            | 1  |
| 1.2   | 研究现状述评           | 2  |
| 1.2.1 | 雾霾治理相关研究         | 2  |
| 1.2.2 | 治理博弈相关研究         | 4  |
| 1.2.3 | 跨域治理相关研究         | 6  |
| 1.2.4 | 区域协同治理相关研究       | 7  |
| 1.2.5 | 简要评述             | 8  |
| 1.3   | 本书研究方法思路         | 9  |
| 1.3.1 | 研究方法             | 9  |
| 1.3.2 | 研究思路             | 9  |
| 第 2 章 | 雾霾跨域治理的相关理论      | 11 |
| 2.1   | 跨域治理理论           | 11 |
| 2.2   | 协同理论             | 12 |
| 2.3   | 行动者网络理论          | 13 |
| 2.4   | 雾霾跨域治理多元协同整合框架   | 14 |
| 第 3 章 | 雾霾跨域治理微分博弈       | 17 |
| 3.1   | 微分博弈问题描述         | 17 |
| 3.1.1 | 微分博弈简介           | 17 |
| 3.1.2 | 问题描述             | 18 |
| 3.2   | 污染企业与政府的雾霾治理微分博弈 | 19 |
| 3.2.1 | 基本假设及参数设定        | 19 |
| 3.2.2 | 各变量动态变化表达式       | 20 |
| 3.2.3 | 模型求解             | 22 |
| 3.2.4 | 结果分析             | 24 |
| 3.2.5 | 讨论与启示            | 25 |



|       |                  |    |
|-------|------------------|----|
| 3.3   | 地方政府间雾霾合作治理的微分博弈 | 26 |
| 3.3.1 | 问题描述             | 26 |
| 3.3.2 | 政府间微分博弈的参数设置     | 27 |
| 3.3.3 | 政府间微分博弈模型的构建     | 28 |
| 3.3.4 | 算例分析             | 32 |
| 3.3.5 | 讨论与启示            | 35 |
| 第 4 章 | 雾霾多元协同治理的演化博弈    | 36 |
| 4.1   | 演化博弈简介           | 36 |
| 4.2   | 博弈演化模型建立         | 37 |
| 4.3   | 三方博弈的系统动力学仿真分析   | 39 |
| 4.3.1 | 系统动力学简介          | 39 |
| 4.3.2 | 基于系统动力学的演化博弈模型   | 39 |
| 4.3.3 | 结果分析             | 41 |
| 4.3.4 | 主要结论             | 46 |
| 第 5 章 | 雾霾风险感知及风险治理      | 48 |
| 5.1   | 雾霾风险感知           | 48 |
| 5.1.1 | 雾霾风险感知影响因素       | 48 |
| 5.1.2 | 理论模型及研究假设        | 49 |
| 5.1.3 | 问卷设计             | 50 |
| 5.1.4 | 数据分析             | 51 |
| 5.1.5 | 主要结论             | 54 |
| 5.2   | 雾霾风险治理           | 55 |
| 5.2.1 | 引言               | 55 |
| 5.2.2 | 理论回顾与研究假设        | 55 |
| 5.2.3 | 实证研究             | 59 |
| 5.2.4 | 结果分析与讨论          | 61 |
| 5.2.5 | 结论与启示            | 64 |
| 5.3   | 本章小结             | 67 |
| 第 6 章 | 雾霾风险分析与评估        | 68 |
| 6.1   | 风险分析和评价的相关方法     | 68 |
| 6.1.1 | 等级全息建模           | 68 |
| 6.1.2 | 风险过滤、评级与管理方法     | 70 |

|       |                       |     |
|-------|-----------------------|-----|
| 6.1.3 | 故障树分析法                | 72  |
| 6.2   | 基于 HHM 模型的雾霾风险识别      | 74  |
| 6.2.1 | 雾霾风险因素分析              | 74  |
| 6.2.2 | 雾霾风险识别的 HHM 模型        | 75  |
| 6.3   | 基于 RFRM 的雾霾风险过滤       | 77  |
| 6.3.1 | 雾霾风险初步过滤              | 77  |
| 6.3.2 | 双重标准过滤与评级             | 77  |
| 6.3.3 | 雾霾风险的多重标准评估           | 78  |
| 6.3.4 | 雾霾风险定量化评级             | 79  |
| 6.4   | 基于故障树的雾霾风险评价          | 80  |
| 6.4.1 | 雾霾风险故障树的构造            | 80  |
| 6.4.2 | 最小割集分析                | 82  |
| 6.4.3 | 雾霾风险量化分析              | 82  |
| 6.5   | 雾霾风险防控对策              | 85  |
| 6.5.1 | Bow-tie 方法简介          | 85  |
| 6.5.2 | 雾霾风险 Bow-tie 图        | 86  |
| 6.5.3 | 预防和控制措施               | 86  |
| 6.6   | 本章小结                  | 87  |
| 第 7 章 | 雾霾跨域治理的融合共识           | 88  |
| 7.1   | 融合共识的相关理论             | 88  |
| 7.1.1 | 综合集成研讨厅               | 88  |
| 7.1.2 | 物理-事理-人理系统方法论         | 89  |
| 7.1.3 | 群体决策理论                | 89  |
| 7.1.4 | 基于综合集成法与 WSR 方法论的融合共识 | 90  |
| 7.2   | 雾霾跨域治理的融合共识路径         | 91  |
| 7.2.1 | 雾霾跨域治理利益相关者分析         | 91  |
| 7.2.2 | 利益参与方面临的问题与策略分析       | 93  |
| 7.2.3 | 雾霾跨域治理的综合集成研讨厅        | 94  |
| 7.2.4 | 雾霾跨域治理中的 WSR 系统方法论    | 96  |
| 7.2.5 | 雾霾跨域治理的融合共识流程         | 98  |
| 7.3   | 雾霾治理融合共识收敛            | 100 |
| 7.3.1 | 共识度模型构建               | 101 |



|       |                         |     |
|-------|-------------------------|-----|
| 7.3.2 | 群体差异系数 .....            | 102 |
| 7.3.3 | 算例分析 .....              | 102 |
| 7.4   | 本章小结 .....              | 105 |
| 第 8 章 | 雾霾跨区域治理的多元协同机制研究 .....  | 107 |
| 8.1   | 雾霾跨区域协同治理框架分析 .....     | 107 |
| 8.1.1 | 基于行动者网络的分析 .....        | 107 |
| 8.1.2 | 雾霾跨区域治理行动者网络构建 .....    | 108 |
| 8.1.3 | 雾霾跨区域协同机制的建立框架 .....    | 110 |
| 8.2   | 雾霾跨区域治理协同机制 .....       | 111 |
| 8.2.1 | 参与沟通网络 .....            | 111 |
| 8.2.2 | 利益协调网络 .....            | 112 |
| 8.2.3 | 多元参与网络 .....            | 113 |
| 8.2.4 | 预防与监控网络 .....           | 114 |
| 8.3   | 雾霾跨区域治理协同途径 .....       | 115 |
| 8.3.1 | 雾霾跨区域治理联动协同 .....       | 115 |
| 8.3.2 | 雾霾跨区域治理多元协同 .....       | 117 |
| 8.4   | 本章小结 .....              | 119 |
| 第 9 章 | 雾霾跨区域治理多元协同政策 .....     | 120 |
| 9.1   | 雾霾跨区域治理的多元协同模式和机制 ..... | 120 |
| 9.1.1 | 雾霾跨区域治理模式和机制的分析框架 ..... | 120 |
| 9.1.2 | 雾霾跨区域治理多元协同模式 .....     | 121 |
| 9.1.3 | 雾霾跨区域治理多元协同机制 .....     | 125 |
| 9.2   | 英国雾霾跨区域协同治理案例分析 .....   | 127 |
| 9.2.1 | 背景简介 .....              | 127 |
| 9.2.2 | 英国雾霾跨区域协同治理经验 .....     | 128 |
| 9.2.3 | 主要启示 .....              | 129 |
| 9.3   | 雾霾跨区域多元协同政策建议 .....     | 130 |
| 9.3.1 | 健全明晰责任的法律制度体系 .....     | 130 |
| 9.3.2 | 建立科学成熟的战略环境评价体系 .....   | 131 |
| 9.3.3 | 实行统一管理的联合委员会模式 .....    | 131 |
| 9.3.4 | 建立产学研合作的决策参谋机制 .....    | 131 |
| 9.3.5 | 加强全民减排的环保意识 .....       | 132 |



---

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 第 10 章 结论 ..... | 133 |
| 10.1 研究结论 ..... | 133 |
| 10.2 展望 .....   | 135 |
| 参考文献 .....      | 137 |
| 后记 .....        | 143 |



# 第1章 绪论

## 1.1 背景和意义

近年来，雾霾现象愈发严重，空气质量严重恶化，给社会和谐发展及居民生活健康带来极大威胁。2013年12月，由国家卫生和计划生育委员会主管的《健康报》指出雾霾是2013年十大危害健康之首。中共十八大报告提出要构建一系列体现生态文明要求的目标体系、考核办法和奖惩机制，要把环境损害、资源消耗、生态效益包含在经济社会发展评价体系中。十八届三中全会提出引入市场化的生态环保机制，实行更严格的环保制度，建立地区减排合作机制和交易制度，完善生态补偿与支付制度等，并保证尽快制定《清洁空气法》。第十二届全国人大二次会议上，李克强总理提出要向雾霾等污染宣战，国务院也出台了治理大气污染的十条措施，并在全国161个城市监测PM<sub>2.5</sub>数值，监测的城市数居发展中国家之最。很多学者对雾霾进行研究，表明我国的雾霾天气是自然因素和人为因素共同作用的结果，原因主要包括污染物排放以及中东地区丰富的水汽和浮尘。同时空气是流动的，这使邻近地区的雾霾必然会发生渗透与扩散，每个城市都难逃被雾霾笼罩的厄运。因此，立足于一时一地的雾霾治理是远远不够的，加强地方政府间合作进行跨域协同治理才是雾霾治理的关键所在。

目前中国雾霾治理存在的主要难题，一是没有形成系统的跨域治理协同体系，二是可行且高效的政策措施仍需不断创新。大气污染防治是一项系统工程，在全面实施大气污染防治工作中，需要多方共同努力，需要统一协调和管理以及相关组织制度的保证。而当前在雾霾治理的过程中，各区域部门各自为政，存在狭隘的地方保护主义，过分重视本区域利益和近期利益，导致雾霾治理时相互推诿，协调困难。此外，治理雾霾的政策措施效果差强人意，是因为雾霾治理涉及的多利益主体的诉求表达具有差异。比如在实施雾霾治理措施时，由于一些高污染、高能耗的企业产生污染严重，政府依法将其关闭会触动这些企业利益甚至地方政府的利益，从而会形成一定程度的抵制与抗议，消极应对。因此，要提高治理雾霾的效率和效益，需要通过彼此协同、通力合作以及互相辅助。本书以此为切入点，用博弈论的思想探究多元主体做出抉择的演化过程，指出雾霾治理各种



措施政策的选择实质是多元利益主体基于各自利益与价值考量的彼此博弈、相互妥协，从而做出次优选择；同时，考虑大气污染的流动和越界特性，运用跨界治理理论，形成协同的跨界治理机制及政策体系，这对有效实施雾霾治理、快速改善生存环境具有重要意义。

## 1.2 研究现状述评

### 1.2.1 雾霾治理相关研究

自 2012 年以来，雾霾天气严重影响我国经济社会发展及居民生活健康，这是工业化过程中的普遍现象。西方国家在 20 世纪中叶就爆发了雾霾，经过持续治理，20 世纪 80 年代有所好转。纵观涉及雾霾治理的文章，可以发现雾霾的治理主要分为三种方法：法律手段、政治手段和经济手段。

#### 1. 关于法律手段治理雾霾的研究

对于雾霾治理，英国等从 20 世纪中叶就开始使用法律手段，先后颁布数条关于大气污染的法律法规，1956 年英国国会通过第一部《清洁空气法案》。我国也于 1987 年制定了《大气污染防治法》。

国内外关于法律手段治理雾霾的研究很多，主要是研究法律治理雾霾的重要地位，并在分析现有法律法规的基础上提出相关治理雾霾法律的不足，并进一步提出完善相关法律的措施。Ewing (2014) 指出新加坡积极主动治理雾霾到达新水平，表现在其通过的新立法中通过立法追究跨域雾霾行为主体的责任。Nurhidayah (2013) 探讨印度尼西亚现有的法律政策框架后，指出在解决跨界雾霾污染问题上，该国拥有良好的法律框架至关重要，而在拥有广泛的法律法规的同时，还要检查这些法律法规间的重叠及冲突。周景坤 (2016) 指出我国雾霾法律法规的基本构成及存在问题，提出改进我国雾霾防治法律体系应完善环保法与大气污染防治法等法律法规体系。宋怡欣 (2015) 对许多城市开展的碳排放权交易业务与行政手段治理雾霾进行对比，指出以排放权为核心的碳金融法律制度对雾霾治理不仅效率高，而且避免了与经济发展之间的冲突。孙鹏举 (2014) 在分析雾霾具有复合性、跨域性等特点后，指出治理行为必须通过法律手段科学合理地进行，而关键在于提高环保标准和违法成本，加强责任机制建设。白洋和刘晓源 (2013) 指出我国雾霾防治相关立法理念滞后，PM<sub>2.5</sub> 法律规制空白，需要在预防为主、防治结合立法理念的指引下，运用规划制度、环评制度、环境标准制度、区域联



防制度、预警监测制度等手段,实施全过程监管,才能实现对雾霾的有效治理。杨小阳和白志鹏(2013)分析美国、英国、日本等国家在污染事件发生后通过制定防治法律逐步解决空气污染问题的经验,建议我国法律法规加大对开放源与移动源污染的控制力度,优化能源结构,实施联防联控。

## 2. 关于政府主导手段治理雾霾的研究

雾霾污染的治理引起了政府及社会对政府工作的反思。雾霾治理工作已经开展许久,但雾霾治理工作仍未有突破性进展,政府是雾霾治理的主体,因此,在雾霾治理相关研究中,学者均抓住这一要点,围绕政府的治理措施及手段,提出相关政策机制以有效治霾。刘海英和张秀秀(2015)针对我国雾霾污染和治理现状,认为建立科学合理的政府雾霾治理绩效评价指标体系能够全面、客观地考核政府治霾效果。这些指标体系涉及治霾基金的运用、政府预期目标的完成情况及公众治霾的参与度等。于水和帖明(2015)基于354个城市的相关政策及文献分析,发现地方政府在环境保护问题上动机、能力以及执行力存在较大差异,加强地方政府内部审视及自身能力建设是减少或破解当前困境,解决日益严重的雾霾污染策略。李永亮(2015)结合我国雾霾治理现状分析了政府间协同治理雾霾的现实困境,认为建立政府间雾霾治理合作机制是打破现实困境的有效手段。汪伟全(2014)以北京地区的空气污染治理为例,指出区域性是北京地区大气污染的重要特征,围绕空气污染区域性的特征以及在跨域治理中存在的问题,必须建立国家层面的空气污染防治战略,其从治理机制和治理模式上提出了相关建议。如完善跨域治理机构的结构设计与组织功能,构造政府主导、部门履职、市场协调与社会参与的跨域合作治理新模式等。姜丙毅和庞雨晴(2014)认为雾霾治理中各级政府间的联防联控机制十分重要,要完善政府的考核体系,构建政府间的合作平台,建立雾霾天气预警报告机制,通过一系列措施实现对雾霾的有效治理。

## 3. 关于经济手段治理雾霾的研究

从经济角度治理雾霾的研究中多是以经济学的视角分析雾霾治理问题。如通过征税或增加企业排污费以提高私人边际成本,从而遏制企业排污。Muller 和 Mendelsohn(2009)运用空气污染的边际损害成本探讨污染治理的效率问题,认为潜在的污染治理收益将数倍于目前基于边际损害成本计算的年均治理收益。郑国姣和杨来科(2015)以经济发展的视角分析造成雾霾天气的经济原因,并提出主要治理措施为技术创新优化产业和能源结构,确立相关环境产权制度,以及建立区



域政府间合作机制等。陈礼文(2015)主要对商业银行发展的绿色信贷进行回归分析,主要模型指标包括商业银行盈利能力、空气质量的优良天数及银行声誉等,以此研究绿色信贷在雾霾治理过程中发挥的作用,并对其结果提出了相关建议。王书斌和徐盈之(2015)从企业投资偏好视角分析不同的环境规制工具对企业投资偏好的雾霾脱钩效应影响,认为提高雾霾治理的绩效需要环境行政管制和监管强度。胡名威(2014)指出雾霾诱发许多社会经济负效应,并从经济学角度考虑造成雾霾现象的原因,大致可以总结为工业废气的大量排放、不合理的能源消费结构、机械化程度的提高及建筑工地的扬尘等。

在雾霾治理问题上,不管是使用法律手段、政府主导手段还是经济手段,均为为有效地解决雾霾问题,减少大气污染和经济发展间的冲突,从而使人类全面健康发展。对于雾霾的治理如今停留在对于单一主体的研究上,而国家加强法律法规建设、政府提高行政能力、运用市场经济机制等措施都必不可少,缺少其一都是不全面的。雾霾治理的主体不只有政府和污染企业,针对雾霾的跨区域特征,对雾霾的多主体跨域协同治理方面的研究缺乏。

### 1.2.2 治理博弈相关研究

博弈理论开始于1944年,博弈又分为合作博弈和非合作博弈,其区别在于博弈主体的行为是否在一个有约束力的协议下进行。运用博弈论方法成为解决污染问题热点,使用的博弈方法主要分为演化博弈和微分博弈。

#### 1. 关于演化博弈的污染治理研究

演化博弈由 Smith 和 Price 最早在研究对称人口博弈时提出(Smith and Price, 1973)。演化博弈以有限理性为假设,将博弈理论分析和动态演化过程分析结合。学者运用演化博弈模型对多种经济现象进行了研究。马国顺和赵倩(2014)运用演化博弈分析雾霾现象的产生以及治理,他们对于无政府监督和政府监督两种情况进行演化博弈分析,说明政府参与雾霾治理的必要性。吴瑞明等(2013)在流域污染物的问题中,建立了上游排污群体、政府和下游受害群体的三方演化博弈模型,分析其动态复制方程后得到环境质量决定于政府的行为这一结论。张学刚和钟茂初(2011)运用博弈分析方法分析了政府环境监管与企业污染治理的互动决策,表明减少企业污染带来的收益、降低政府监管成本、加大企业污染的处罚力度等对空气质量的改良都有帮助。申亮(2008)运用演化博弈论对制造商的生产策略行为进行研究,认为政府的激励机制有助于促进企业向绿色市场转



化,其最优机制是在政府鼓励的环境下企业不断调整自身而形成的。卢方元(2007)用演化博弈方法对排污企业间及其与环保部门间的行为策略进行分析,说明排污企业之间的利益比较是企业是否选择排污的重要影响因素,同时,环保部门的监管力度也决定了企业是否排污。张伟丽和叶明强(2005)对污染治理的问题建立了企业与环保部门的动态博弈模型,指出政府对环保部门是否监督十分重要,其还建立了政府与环保部门的动态博弈模型并得到此模型的均衡解。

## 2. 关于微分博弈的污染治理研究

微分博弈属于动态博弈,起初较多应用于航空和军事领域,随后更多学者开始关注微分博弈并将其应用于经济和管理等领域。Akihiko(2009)运用微分博弈模型对国际双寡头国家的博弈策略进行研究,分析两个国家在环境污染治理上的博弈行为。Wegelin 和 Hoffman(2009)研究并得出合作微分博弈帕累托最优存在的充分和必要条件,并将所得结果应用于研究非凸的无限水平线性二次微分博弈。

微分博弈在中国国内的研究起步较早,但发展较缓,运用微分博弈的研究相对较少。王博和李健(2015)运用微分博弈构建了连续时间的海洋产业和陆域产业投资合作的微分方程,用贝尔曼方程求得最优策略并进行比较,得出海洋产业和陆域产业在沿海环境投资建设中的系统最优收益分配比例。胡震云等(2014)构建了基于连续时间的政府与企业水污染治理微分博弈模型,得出生态文明环保政绩考核的重要性水平与企业的污染物产量和政府的治污努力的关系,并以此为基础提出生态文明环保政绩考核机制、奖惩机制等治理措施。赖苹等(2013)将微分博弈应用于流域水污染治理中,在区域联盟中,把流域水环境分为三个地区,并在组成区域联盟模型后对各模型的瞬时利润进行比较,得到流域水污染的治理需要两两联盟才能促进可持续发展。班允浩(2009)定义了微分博弈并对合作微分博弈做了系统研究,证明了微分博弈的纳什均衡是存在的,同时,对构成微分博弈结构的基本元素进行了深入分析和解释。

大量学者对污染治理运用博弈论的思想进行了探析,但大都还是局限于对两两主体间的博弈分析,多主体的多方博弈研究较缺乏。国内学者更偏好于研究造成环境污染的原因以及直接与环境污染相关主体的行为。研究方法也主要侧重于静态的纯策略博弈方法,对于跨域治理动态博弈的研究很少。而对于微分博弈,我国的研究发展相对较缓慢,对于环境污染的治理微分博弈现有研究局限在水污染治理上,对于大气污染治理的微分博弈研究十分匮乏。



### 1.2.3 跨区域治理相关研究

学者李文星和蒋瑛(2005)将跨区域治理定义为：在共同面对公共事务问题和经济发展问题时，若干个地方政府根据相关的协议或规范，把地区之间的资源重新组合分配，以获取最高的经济效益和社会效益的行动。关于跨区域治理的研究，大多数学者主要涉及地方政府在区域发展中的合作行为。对于污染治理的跨区域研究，大体分为2个方向：①涉及跨区域治理概念、模式、体制机制等内容的跨区域治理理论研究；②基于实证分析的跨区域治理政策研究。

#### 1. 跨区域治理的理论研究

跨区域治理作为一种新型的治理模式，国内外学者已经将其广泛地用于解决区域问题，并围绕跨区域治理的基本问题分别作了针对性的研究。Nielsen 等(2007)通过实证研究指出，中国有着跨区域环境灾害的复杂驱动力。Forsyth(2004)通过对合作环境治理的成功和失败的案例的比较研究，得出为保证合作型环境治理所做的转移不是简单的地点转移，需要不同地区的大量参与者共同参与和协商。Perter(2000)提出不同的跨区域治理方式，并从政治与经济的角度对治理模式进行了比较。王佃利和史越(2013)在研究中指出跨区域治理在治理理念之上强调“跨域性”，“跨域性”有多种表现形式：上下级政府之间、同级政府之间、政府和社会之间、政府和市场之间、不同的政策领域之间等。张成福等(2012)围绕跨区域治理的模式和机制指出，跨区域治理实现了政府、企业和公民的网络化互动协作治理，并分析了跨区域治理所面临的困境。娄成武和于东山(2011)以西方国家跨界治理的实践为基础，分别从跨区域治理的内在动力、典型模式与实现路径三个角度指出，单个国家内的跨界问题随着经济全球化日趋凸显。卓凯和殷存毅(2007)总结欧盟跨界治理经验后得出，区域合作是加快区域协同发展的重要基础，若想推动跨区域经济合作需构建符合市场经济特征的跨界治理体系。越来越多的学者开始关注跨区域治理，并将其运用到各种公共管理中，而对于雾霾的跨区域治理研究尚少，因此本书研究将使雾霾治理和跨区域治理理论不断充实。

#### 2. 跨区域治理政策研究

跨区域治理研究主要应用于解决区域公共事务，其最终目的是用跨区域治理思想制定相关政策建议。已有大量研究在描述跨区域治理工作后提出政策建议或改进措施。O'Toole(2000)对于跨区域治理政策制定后的执行方式及预期问题进行了分类讨



论,得出不同问题的应对策略。Sullivan 和 Skelcher(2002)详细描述公共服务方面的跨域工作,对于雾霾的跨域治理提出了有益的启示。Timothy(2008)在调查 69 个辖区的暴雨排放管理时发现,最影响地方政策制定者严格管理暴雨管理计划的因素就是合作。孙友祥(2011)以跨界治理相关理论为基础,在实证分析武汉城市圈基本公共服务相关问题后,得出必须打破行政区划壁垒,突破各地政府各自为政的困境,构建跨界治理机制,才能使城市圈基本公共服务得以完善。陈玉清(2009)对太湖流域跨界水污染问题进行研究,认为跨界水污染治理一般具有政府主导型模式、私有化模式和自组织模式三种模式。马学广等(2008)指出城镇密集地区的地方公共问题主要呈现出跨区域、跨部门、跨领域等特征,这些公共问题的解决需要地方政府跨越界线,变革单一政府的治理模式。跨域治理理论应用广泛,国内外学者对跨域治理模式、机制等都有所研究,但对建立多元主体的协同跨域治理仍有待进一步。

#### 1.2.4 区域协同治理相关研究

协同治理是治理的一个重要分支。区域协同治理及政府间合作研究起源于欧美发达国家,融汇了环境公共政策理论、发展理论、协同治理理论等,注重分析区域一体化及政府间合作的动机和一般规律。Quan(2012)认为区域合作强调区域的开放、干预、包容和合作,而区域合作实践中存在诸多矛盾和不足,因此,要求建立区域合作联盟,形成利益平衡协调机制。Miterany(2014)认为政治协调是以经济交流合作为基础的,一次成功的合作是下一次合作成功的前提。有人提出外溢这一概念,指出外溢是指各部门和地区在利益权衡基础上,从经济一体化发展到政治一体化的过程(Huygh and Haes, 2016)。Friedman(2016)指出在市场作用下,国内外社会会出现一个核心地区和许多个围绕着核心地区的周边地区。

国内关于政府间合作和区域协同治理的研究起步相对较晚,最初主要围绕地方政府间区域协同治理的范畴、内涵及相关关系等开展研究。陈瑞莲和张紧跟(2002)对政府间关系的现状及政府管理与经济发展间的关系进行探析,率先研究了区域经济合作、区域环境协同治理等问题。林尚立(1998)认为政府间的良好合作能够促进经济社会的发展。随着雾霾等大气污染问题愈发严重,国内对于利用地方政府间的合作处理区域协同问题出现了一个趋势:集中于特定区域的合作研究。张紧跟(2011)在珠江三角洲一体化的管理研究中指出,有效解决多元主体之间在区域问题上的协作共治问题,关键在于协调好区域公共管理主体间的关系。洪银兴和刘志彪(2004)针对长江三角洲地区的城市发展的机制和模式进行研究,