

二氧化碳总量控制 区域分配方法研究

杨姝影 蔡博峰 曹淑艳 等编著



化学工业出版社

二氧化碳总量控制 区域分配方法研究

杨姝影 蔡博峰 曹淑艳 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍 CO₂ 总量控制和减排责任区域分解的方法。前 4 章介绍和讨论了国际 CO₂ 排放控制分配方法；后 3 章主要针对我国的具体情况，研究我国可能的总量控制和各省减排量分配途径。本书可供能源、气候变化、低碳经济、环境等领域的政策制定者、科研人员以及国内外相关领域的专家、学者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

二氧化碳总量控制区域分配方法研究/杨姝影等编著.
北京: 化学工业出版社, 2012. 6
ISBN 978-7-122-14269-6

I. 二… II. 杨… III. 二氧化碳-废气排放
量-总排污量控制-研究 IV. X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 094473 号

责任编辑: 宋湘玲
责任校对: 蒋 宇

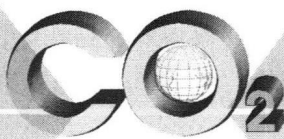
装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张 8 字数 136 千字 2012 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究



前言

我国政府承诺 2020 年单位 GDP（国内生产总值）CO₂ 排放量（以下简称碳排放强度）比 2005 年下降 40%~45%。碳排放强度目标的区域分配问题是我国当前控制 CO₂ 排放的紧迫问题。由于各省（市、自治区）的经济发展和能源利用差异很大，因而碳排放强度目标很难公平、公正、合理地分解下去，可操作性较弱；同时，强度目标直接分解较难操作，并且各省（市、自治区）强度下降和国家强度下降之间难以建立明确的对应关系。我国提出碳排放强度目标的根本目的是控制 CO₂ 排放总量，并且随着国际碳排放谈判进程和碳减排压力的逐步升级，我国未来实施 CO₂ 排放总量控制也是大势所趋。

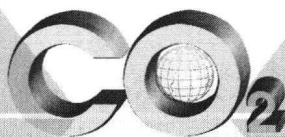
但无论是碳排放强度目标和碳排放总量控制目标，区域分解问题都是直接影响目标实施、考核以及是否可达和是否被地方政府接受的关键步骤。对于总量分解方法，国际上有较为成熟的理论体系和方法可供借鉴。本研究充分阐述和借鉴了国际 CO₂ 排放总量分配思想和方法，对国际上不同国家、研究机构以及非政府组织等提出的有较大影响的全球 CO₂ 排放总量分配方法进行了较为深入的探讨和分析。由于欧盟作为一个整体承担《京都议定书》义务，而欧盟以下有许多成员国家，其经济发展、能源结构、公众生活水平也存在较大差异，因而欧盟总量减排目标在欧盟成员国内部的分解问题和我国面临的国家总量目标在各省（市、自治区）分配问题非常相似，所以其分配方法非常值得我们关注和研究。德国是欧盟中经济实力最强的国家，也是 EU-ETS（欧盟温室气体排放交易体系）国家分配方案执行较为彻底的国家之一，并且德国在整个欧盟采用 CO₂ 排放标杆方法之前，已经率先在国内针对新企业采取了利用标杆分配 CO₂ 排放配额。所以，德国的 CO₂ 排放国家分配方法很具有借鉴意义。尽管中国并未实施 CO₂ 排放总量控制和区域分解，但中国在这一领域的相关研究却已经开展了很多，本研究在第 5 章中对此类研究做了较为系统的归纳和综述。最后，借鉴国际 CO₂ 排放总量控制的区域与行业经验，结合我国 CO₂ 排放特征和减排成效与经验，我们探索性地提出中国 CO₂ 排放总量控

制的区域分解方法和实际分解结果。

本书主要撰写人员为：第 1 章，蔡博峰、杨姝影、曹淑艳；第 2 章、第 4 章、第 6 章，杨姝影、蔡博峰、曹淑艳；第 3 章，王彬；第 5 章，刘春兰；第 7 章，蔡博峰。

由于作者水平有限，不足之处在所难免，欢迎读者批评指正和交流探讨（杨姝影（yangshuying35@sina.com），蔡博峰（caibofeng@gmail.com）、曹淑艳（cao_shuyan@hotmail.com））。

编著者
2012 年 4 月



目 录

第 1 章 二氧化碳总量控制的理论基础和特征	1
1.1 全球二氧化碳总量控制目标	1
1.2 总量控制和碳税的理论分析	6
1.3 总量控制的现状和特征	8
1.3.1 EU-ETS 实施时间和阶段	9
1.3.2 碳排放价格/二氧化碳交易价格	10
1.3.3 实施效果	11
1.3.4 优势和特点	13
1.3.5 劣势和问题	13
1.4 碳税的现状和特征	15
1.4.1 实施时间和阶段	16
1.4.2 碳排放价格/碳税税率	16
1.4.3 实施效果	17
1.4.4 优势和特点	18
1.4.5 劣势和问题	19
1.5 总量控制-碳交易和碳税对比	20
第 2 章 国际二氧化碳总量控制目标分解的主要方法和核心原则	24
2.1 温室气体排放发展权 (GDRs)	24
2.2 全球紧缩与趋同 (C&C)	26
2.3 共同但有区别趋同 (CDC)	27
2.4 三种分配方法对比分析	29
2.5 美国二氧化碳总量控制分解方法	33
2.6 其他二氧化碳总量控制目标分解方法	37

2.7 二氧化碳总量控制分配原则总结	40
第3章 欧盟二氧化碳总量控制目标分解	43
3.1 三部门方案提出的背景	43
3.1.1 《京都议定书》确定量化减排任务	43
3.1.2 欧盟希望提出有力的减排目标	44
3.1.3 成员国背景：国家差异	44
3.1.4 多种方案的讨论提供了谈判基础	45
3.2 三部门方案的分解方法	47
3.2.1 基本思路	47
3.2.2 经济部门的划分	48
3.2.3 部门配额的计算	49
3.3 三部门方案的实际运用	54
3.3.1 在欧盟温室气体协议达成中的作用	54
3.3.2 在温室气体交易的企业初始分配中的作用	58
3.3.3 在国际气候谈判中的应用	60
3.4 三部门方案对中国的启示	61
第4章 德国 2008~2012 年国家分解方案	63
4.1 德国二氧化碳排放特征	63
4.2 德国 2008~2012 年二氧化碳排放总量目标	65
4.2.1 全国排放总量目标	65
4.2.2 部门总量目标	66
4.2.3 参加排放交易部门的总量目标	68
4.3 碳市场总量目标国家分配方案	68
4.3.1 总量目标分配原则	68
4.3.2 总量目标分配方法	70
4.3.3 企业排放配额分配方法	71
第5章 中国国内总量控制目标分解方法研究	75
5.1 分配对象	76
5.2 分配原则	77
5.3 分配方案考虑因素	79
5.3.1 中国经济增长与二氧化碳排放拐点	79

5.3.2	强度控制与总量控制关系	80
5.3.3	碳排放强度与人均 GDP 关系	81
5.3.4	中国各省(市、自治区) 二氧化碳排放水平和排放强度差异	82
5.4	分配标准	84
5.5	分配方法	85
5.6	分配模型	88
5.7	分配结果	89
第 6 章	中国二氧化碳排放及区域特征	91
6.1	中国二氧化碳排放和低碳发展	91
6.1.1	中国二氧化碳排放	91
6.1.2	中国低碳发展进展	95
6.2	中国区域二氧化碳排放	96
第 7 章	中国二氧化碳排放总量目标分解研究	102
7.1	中国二氧化碳排放驱动力分析	102
7.2	中国二氧化碳排放控制区域分解	106
参考文献		111

图 表 目 录

图 1-1	全球平均温度和大气中 CO ₂ 浓度	2
图 1-2	世界化石燃料 CO ₂ 排放和碳排放强度变化	2
图 1-3	全球二氧化碳排放和全球升温的各类模型结果	3
图 1-4	全球控制温室气体等效浓度 450ppm 的碳排放情景和当前现状	4
图 1-5	控制升温 2℃ 的碳排放和 2020 年各类排放情景的差距	5
图 1-6	理想情景下碳税和总量控制-碳交易效果示意	6
图 1-7	考虑信息不完备情景下碳税和总量控制-碳交易效果比较	7
图 1-8	BNS EUA 现货价格变化	10
图 1-9	美国二氧化硫配额 1995~2006 年期间的价格波动	11
图 1-10	企业对 EU-ETS 效果认可程度调查结果 (EU-ETS 覆盖下的 234 家企业)	12
图 1-11	企业 (分行业) 对 EU-ETS 效果认可程度调查结果 (EU-ETS 覆盖下的 234 家企业)	12
图 1-12	全球实施碳税和总量控制-碳交易的国家和地区分布	21
图 2-1	基于 GDRs 方法的各国温室气体排放分解配额	25
图 2-2	C&C 方法的各国温室气体排放分解配额	26
图 2-3	C&C 方法不同趋同时间下的配额分配	27
图 2-4	C&C 方法和 CDC 方法比较	28
图 2-5	附件 I 国家三种分配方法结果分析	30
图 2-6	非附件 I 国家三种分配方法结果分析	31
图 3-1	四种不同情景中欧盟成员国 2010 年相对 1990 年的减排量	52
图 3-2	三部门方案与其他分配方案比较	53
图 3-3	三部门方案、欧盟协议与最初提议的比较	57
图 4-1	德国 2008~2012 年温室气体整体分配方案	66
图 4-2	德国各部门温室气体排放及总量目标	67
图 6-1	中国 CO ₂ 排放和碳排放强度变化	92
图 6-2	世界主要国家 GDP 和 CO ₂ 排放变化 (1990~2009 年)	93
图 6-3	中国分部门 CO ₂ 排放变化	94
图 6-4	“十一五” 期间中国淘汰落后产能情况	96
图 6-5	2005 年我国各省 (市、自治区) CO ₂ 排放强度分布图	97
图 6-6	2005 年我国各省 (市、自治区) CO ₂ 排放特征聚类图	97

图 6-7	2008 年中国各省（市、自治区）人均 CO ₂ 排放和总排放（未包括港、澳、台和西藏）	98
图 6-8	中国低碳试点省市	99
图 6-9	“十一五”期间中国各省（市、自治区）节能目标实现情况	100
图 7-1	中国 2001~2010 年 CO ₂ 排放及驱动因子变化	105
图 7-2	中国 2001~2010 年各驱动因素对 CO ₂ 排放增长的贡献度	105
图 7-3	CO ₂ 排放区域分解模型框架图	107
表 1-1	欧洲典型国家碳税水平	17
表 1-2	丹麦名义碳税水平变化情况	17
表 1-3	总量控制-碳交易和碳税对比分析表	22
表 2-1	温室气体排放发展权，全球紧缩与趋同和共同但有区别趋同三种分配方法对比分析	29
表 2-2	温室气体排放发展权方案基本参数	30
表 2-3	全球紧缩与趋同方案基本参数	31
表 2-4	共同但有区别趋同方案基本参数	32
表 2-5	2020 年 485ppm 当量目标的责任分担主要结果	39
表 2-6	2020 年 550ppm 当量目标的责任分担主要结果	40
表 2-7	国际分解方法的主要考虑原则	41
表 2-8	不同角度的国际分解方法原则	41
表 3-1	三部门方案的模型结构以及各个部门所含子部门	47
表 3-2	1990 年的人口和有关的基本排放量	49
表 3-3	欧盟各国 2010 年部门配额及相对 1990 年减排比率	51
表 3-4	四种不同情景中欧盟成员国 2010 年相对 1990 年的减排率	53
表 3-5	荷兰提出的 2010 年欧盟减排分解方案	54
表 3-6	欧盟责任共担协议（2005~2007 年）	55
表 3-7	欧盟 15 国 1990~1999 年温室气体排放当量（MTg，不含 LULUCF）京都减排目标和三部门分配结果	56
表 3-8	各国不同行业纳入排放交易的设备数量	59
表 3-9	不同三部门方案版本的特征	61
表 4-1	1990~2004 年德国温室气体排放（按部门）	64
表 4-2	1990~2004 年德国 CO ₂ 排放（按部门）	64
表 5-1	中国大陆 30 个省（市、自治区，未包括西藏及港、澳、台）碳排放强度和人均 GDP 的模拟结果	82
表 6-1	2008 年中国低碳发展主要指标国际对比	93

表 6-2	中国和世界组织及国家部门能源利用 CO ₂ 排放比例	94
表 6-3	中国研究单位提出的 2020 年能源和 CO ₂ 排放总量目标.....	96
表 7-1	CO ₂ 排放影响因素和表征指标	103
表 7-2	中国 2001~2010 年经济能源数据	104
表 7-3	中国 2001~2010 年 Kaya 模型基础数据	105
表 7-4	模型参数选择和说明	107
表 7-5	中国各省（市、自治区，不包括港、澳、台及西藏）2005 年能源经济 情况	107
表 7-6	中国各省（市、自治区，不包括港、澳、台及西藏）2020 年 CO ₂ 排放分解 结果	109

第 1 章 二氧化碳总量控制的理论基础和特征

气候变化是当今影响最为深远的全球性环境问题。IPCC（联合国政府间气候变化专门委员会）第四次研究报告表明，近 50 多年的气候变化，有 90% 的可能是由于人类活动排放温室气体所导致，因而，CO₂ 排放总量控制成为应对气候变化最有效的措施。

1.1 全球二氧化碳总量控制目标

全球平均温度和大气中的 CO₂ 浓度始终呈上升趋势（图 1-1），世界各国对此给予了足够重视，纷纷提出不同程度的减排方案。在全球经济危机和各国低碳努力下，2009 年世界化石燃料燃烧 CO₂ 排放近 30 年首次出现下降（图 1-2）。根据 BP（英国石油公司）《2010 年世界能源统计》（Petroleum British, 2010）：2009 年全球化石能源燃烧 CO₂ 排放量为 311 亿吨，比 2008 年下降 1.3%。新兴经济体国家（中国、巴西、印度、墨西哥、韩国、南非等国）CO₂ 排放量目前已占到全球排放总量的一半，2009 年增加了 5% 以上，OECD（世界经济合作与发展组织）国家 CO₂ 排放量则下降了 6%。

控制升温在 2℃ 以内以防止灾难性后果是全球应对气候变化的基本共识，已经被写入《哥本哈根协议》。欧盟则提出实现 2℃ 升温控制的途径是大气中温室气体浓度需要稳定在 450ppm CO₂ 浓度当量^①，2050 年全球温室气体排放应至少比 1990 年减少 50%。这个观点得到了许多国家的认同和支持。自 2009 年 12 月以来，140 个国家将其自身情况与《哥本哈根协议》联系了起来，其中有 85 个国家承诺在 2020 年前削减排放量或遏制排放量增长。

Meinshausen 等人（2009）综合对比分析了包括 IPCC、EMF-2120 和 EQW 等

① ppm 代表百万分之一的体积比浓度。

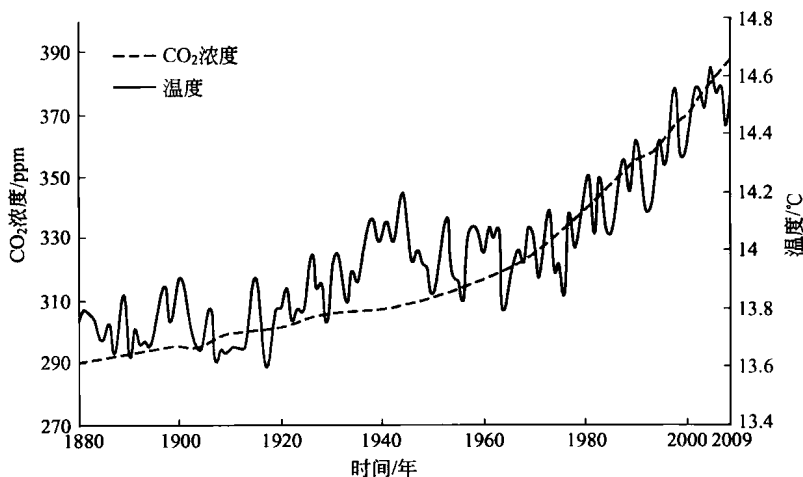


图 1-1 全球平均温度和大气中 CO₂ 浓度

数据来源: [United States National Aeronautics and Space Administration/Goddard Institute for Space Studies (GISS), 2010]

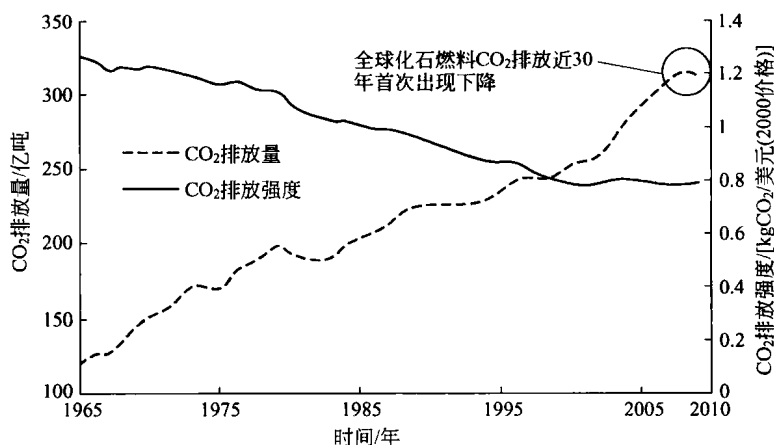


图 1-2 世界化石燃料 CO₂ 排放和碳排放强度变化

数据来源: (The World Bank, 2010; Petroleum British, 2010)

模型的分析结论 (图 1-3), 提出实现控制升温在 2℃ 以内的基本前提是到 2050 年全球温室气体排放总量在 1990 年基础上减半 (超过 2℃ 的概率是 29%), 或者控制 2000~2050 年温室气体累计排放量在 10000 亿吨 (超过 2℃ 的概率是 25%)。

IEA (国际能源署) 和欧盟的观点一致, 并且针对 2℃ 升温控制目标, 提出了更为具体的 450ppm CO₂ 浓度当量的碳排放总量控制情景 (450 情景) (IEA, 2010a), 其结论基本和 Meinshausen 等人一致。根据 IEA 研究 (2010a), 尽管各国已经做出了积极努力, 使得温室气体排放相对基准情景有了大幅度减少 (图

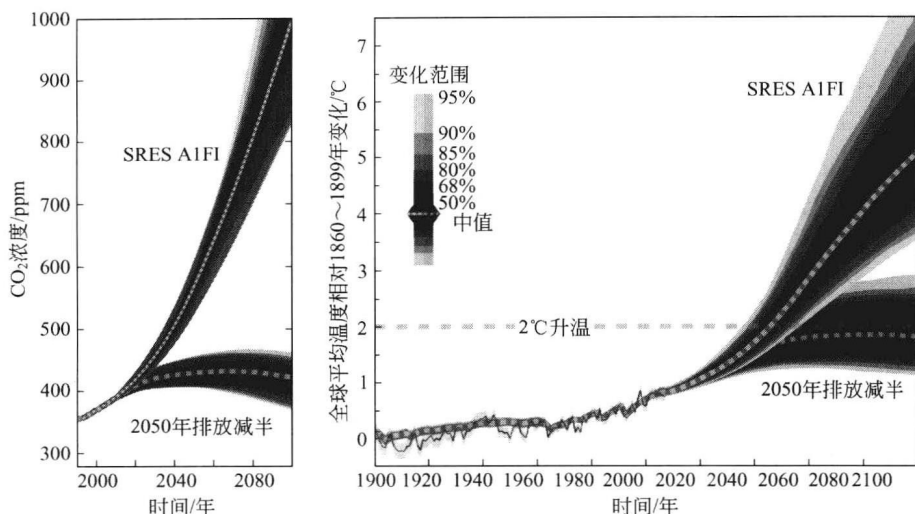


图 1-3 全球二氧化碳排放和全球升温的各类模型结果

注：SRES A1FI 是 IPCC 排放情景特别报告 (SRES) 中的排放情景之一，代表经济快速增长，全球人口在 2050 年将达到 90 亿，然后逐渐下降；科技快速发展、传播，同时世界交互广泛，收入和生活方式在世界范围趋同，但能量仍然严重依赖化石能源。

数据来源：(Meinshausen et al., 2009)

1-4)，但当前各国政府的碳减排承诺依然距离实现全球控制大气中 CO_2 浓度当量 450ppm 的碳减排需求有较大差距。因而，更加严格的总量控制目标和积极的减排措施迫在眉睫。

联合国环境规划署 (UNEP) (2010) 针对世界各国在 2009 年《哥本哈根协议》的承诺，重点分析了各国碳排放总量/强度控制承诺与控制 2°C 升温减排需求之间的差距。分析表明 (图 1-5)：

① 若到 2020 年将排放量限制在约 440 亿吨 CO_2 当量 (区间为 390 亿至 440 亿吨 CO_2 当量)，则很可能将全球升温幅度限制在 2°C 以内；

② 若以“宽松”[●]的方式兑现最低目标承诺，则有可能将排放量稍微降至 530 亿吨 CO_2 当量 (区间为 520 亿至 570 亿吨 CO_2 当量)，留下 90 亿吨 CO_2 当量的重大差距；

③ 在一切如常条件下 (基准情景，BAU)，预计 2020 年全球排放量会达到 560 亿吨 CO_2 当量 (区间为 540 亿至 600 亿吨 CO_2 当量)，留下 120 亿吨 CO_2 当量

● “宽松”指因土地利用、土地利用变化与林业核算规则和使用剩余排放配额而导致排放量净增加的情形。

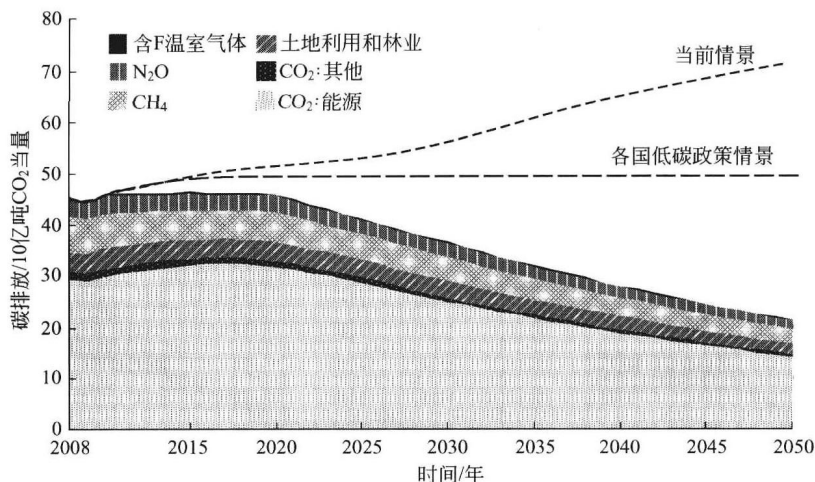


图 1-4 全球控制温室气体等效浓度 450ppm 的碳排放情景和当前现状

注：①当前情景是各国当前政策情景；②各国低碳政策情景是各国公开承诺的低碳目标。

资料来源：(IEA, 2010)

的差距；

④ 如果各国能采取积极措施，例如提高目标，避免宽松政策等，那么 2020 年的排放量可以降低至 490 亿吨 CO₂ 当量（区间为 470 亿至 510 亿吨 CO₂ 当量），可以将差距缩小到 50 亿吨 CO₂ 当量，这也才几乎实现了 2℃ 目标的 60%。

从以上分析可以看出，提出并且实现全球 CO₂ 排放总量控制目标，是当前全球应对气候变化最为迫切、也最具挑战的任务。1990 年全球温室气体排放量是 356 亿吨 CO₂ 当量，如果减半的话，应该是 178 亿吨；发达国家（附件 I 国家）1990 年的排放量将为 187 亿吨，如果减排 80%，则 2050 年的排放量为 37 亿吨，留下的排放空间是 141 亿吨。而发展中国家在 2005 年排放已经达到 197 亿吨（占总排放量的 52%），中国占总排量的 19%，占发展中国家的 37%。发展中国家需要在 2005 年基础上减排 28% 才能实现全球目标，这对于以发展经济应对气候变化的发展中国家是极为困难的。中国是全球温室气体排放大国，也是发展中国家中温室气体排放的绝对大国，巴西、墨西哥等发展中国家都已经宣布了绝对减排计划。因此，我国当前面临着来自发达国家和发展中国家的双重减排压力。

从上面分析可以看出，建立和实施全球 CO₂ 排放总量目标，是全球应对气候变化的必然之举，也是巨大挑战。而 CO₂ 总量控制并非传统意义上的行政命令和控制，必须对 CO₂ 总量目标进行科学、合理分配后，有效利用各种市场手段实现不同区域和行业 CO₂ 排放目标，同时要最大限度地降低减排成本。

《京都议定书》是全球范围的针对以 CO₂ 为主的温室气体排放总量控制的国

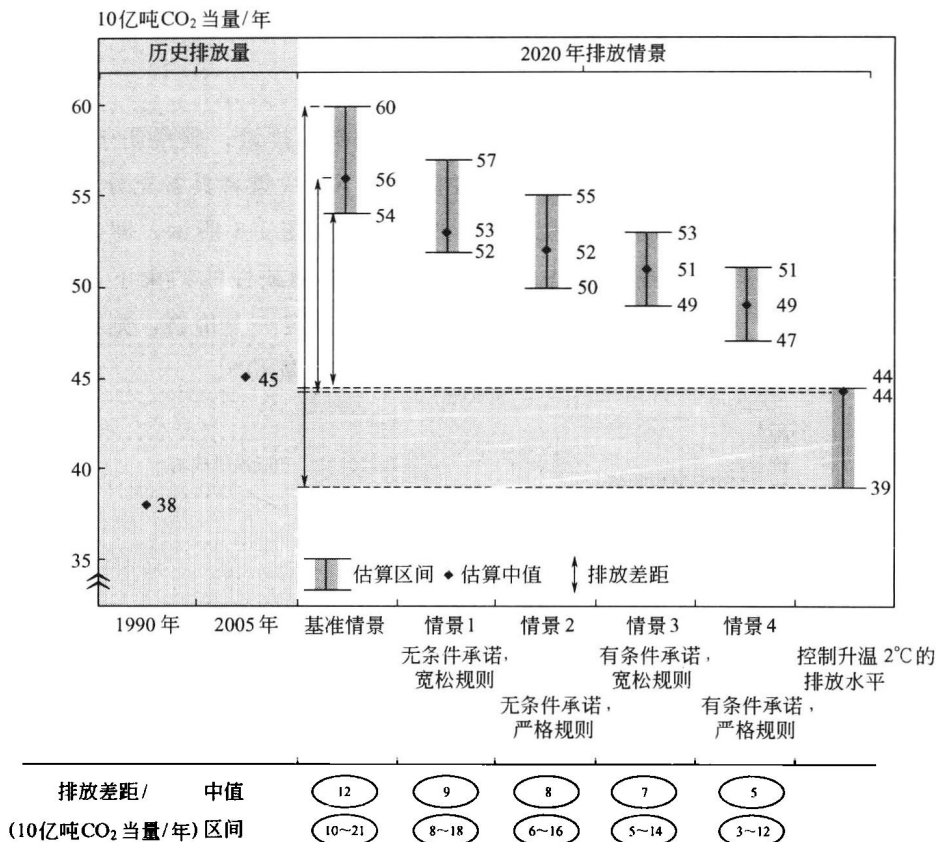


图 1-5 控制升温 2°C 的碳排放和 2020 年各类排放情景的差距

际性公约，目标是在 2008~2012 年间，全球主要工业国家的工业 CO₂ 排放量比 1990 年的排放量平均要低 5.2%。而《京都议定书》为实现总量控制目标，提出了三种灵活减排机制，即联合履约、清洁发展机制和排放贸易。时至今日，欧盟是利用排放贸易机制实现减排和降低减排成本最为成功的经济体，其基于确定的 CO₂ 总量目标，进行成员国分解，并且建立欧盟碳交易市场，成为利用市场手段实现总量减排的典范。因而，针对 CO₂ 排放总量控制目标，市场机制被证明是有效和最优的。所以总量控制-碳交易（Carbon Cap & Trade）成为全球 CO₂ 排放控制的核心措施之一；另一个以市场经济手段控制 CO₂ 排放的措施是碳税（Carbon Tax）。

总量控制-碳交易和碳税是迄今为止人类控制温室气体排放两种最有影响力的市场经济手段，引起了世界各国的广泛关注。本研究借助总量控制和碳税的对比，来分析 CO₂ 排放总量控制的特征。

1.2 总量控制和碳税的理论分析

总量控制-碳交易属于总量干预，其实质是控制碳减排量；碳税属于价格干预，其实质是控制碳减排成本。在理想的市场经济条件下，决策者具备充分的信息，从而碳税和总量控制-碳交易制度会达到同样的效果，如图 1-6 所示。即，如果采用总量控制-碳交易，控制减排目标是 Q^* ，则在碳排放稀缺性的约束下，碳排放成本会达到价格 P^* ；如果采用碳税，相当于给碳排放制定一个价格，则在碳减排成本和收益的驱动下，最终市场均衡会达到预期的碳减排量 Q^* 。

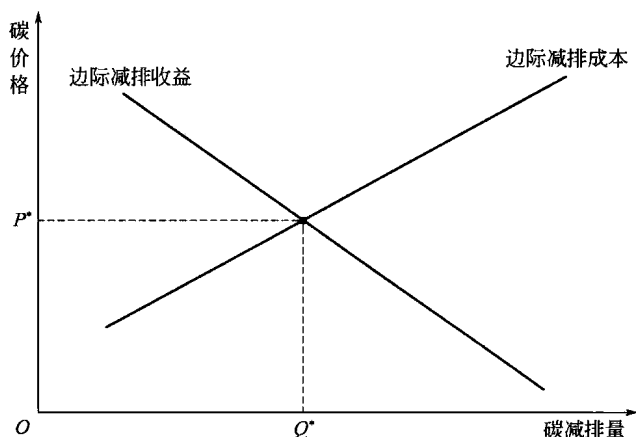


图 1-6 理想情景下碳税和总量控制-碳交易效果示意

注：边际减排收益和边际减排成本曲线简化考虑取直线。

理想市场经济环境和充分信息在现实世界中并不存在。因而，无论是选择碳税还是总量控制-碳交易手段，都取决于决策者对减排成本和减排量的不同偏好，即其首选是控制成本还是控制排放量。

当考虑到信息不充分因素后，尤其是考虑到减排成本存在较大不确定性时，在理论分析中，碳税则相较于总量控制-碳交易更具备优势。

温室气体的减排成本和减排收益同样充满了不确定性，但许多经济学家认为成本-收益曲线的斜率相对来说比较容易确定和比较。Weitzman (1974) 认为，如果边际减排收益曲线较为平缓（斜率绝对值小），价格（碳税）控制更有优势；如果边际减排成本曲线较为平缓，则总量控制（总量控制-碳交易）更有优势。相对平缓的边际减排收益曲线意味着每增加单位碳减排量（例如吨 CO_2 当量）所获得的收益相对稳定；而相对陡斜的边际减排成本曲线意味着每增加单位碳减排量会产生较大的成本变化。