

● 郭 焱 陈丽然 编著

行业碳减排 成本核算方法与案例

**Industry Economic Costs Evaluation
Method and Case Study
on Carbon Reduction**

本套丛书以目前学术界和企业界共同关注的战略和能源为主题

关键词：二氧化碳减排 行业成本核算模型 案例

本套丛书会陆续上市



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

行业碳减排成本核算 方法与案例

**Industry Economic Costs Evaluation Method and Case
Study on Carbon Reduction**

郭 焱 陈丽然 编著



内 容 简 介

本书由8章组成,分别为绪论、中国的碳排放与碳减排、行业碳减排理论与模型、节能技术综合成本估算模型的行业减排成本估算举例、基于目标规划模型的行业减排成本估算举例、基于投入产出模型的行业减排成本估算举例、基于一般均衡模型的行业减排成本估算举例、基于计量模拟模型的行业减排成本估算举例。

本书可作为政府、企业、各类咨询公司相关管理与研究人员,高等院校工商管理、财务管理、国际贸易等专业的高年级学生和研究生等必备的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

行业碳减排成本核算方法与案例/郭焱,陈丽然编著. —
天津:天津大学出版社,2014.4
ISBN 978-7-5618-4924-8

I. ①行… II. ①郭…②陈… III. ①二氧化碳-减量化-排气-成本计算-研究-中国

IV. ①X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 067505 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 廊坊长虹印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 169mm × 239mm
印 张 12.5
字 数 259 千
版 次 2014 年 7 月第 1 版
印 次 2014 年 7 月第 1 次
定 价 26.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

作者简介

郭焱,工商管理学博士,产业经济学博士后,天津大学管理与经济学部副教授,硕士生导师,博士生联合导师,兼任天津大学中国汽车战略发展研究中心常务主任。主要研究方向为:产业(企业)发展战略规划、企业国际化经营与管理、战略联盟与兼并收购、企业技术经济及管理。社会兼职有:教育部科研基金和科技奖励评审专家,教育部学位与研究生教育专家,天津市政府采购评审专家,天津市商务决策咨询专家,天津市国民经济信息化专家委员会专家,中国汽车工业协会政策研究专家,《国际航空时报》特约评论专家,《中国汽车产经报道》特约专栏专家,《中国汽车报》专论与访谈专家。在《管理科学学报》以及《中国汽车报》等杂志与报纸上发表论文100余篇。发表《跨国公司管理理论与案例分析》等论著6本。完成国家级、省部级以及企业课题40余项。撰写的案例“联想:借船出海——机会还是陷阱?”以及“《中国好声音》:耳尖上的中国”分别在全国工商管理硕士教育指导委员会举办的第二届和第四届百篇优秀管理案例评选中荣获优秀案例奖项,有4篇案例被正式收录到中国管理案例共享中心案例库。

陈丽然,管理学博士,天津理工大学讲师,兼任天津大学中国汽车战略发展研究中心常务主任助理,主要研究方向为能源经济、产业经济、战略管理等。近些年在《清洁技术与环境政策》(Clean Technologies and Environmental Policy)以及《科学学与科学技术管理》等国内外核心刊物和国际学术会议上发表与本项目相关的论文6篇,合作完成《企业战略分析、预测与评价模型与案例》论著1本,参与完成科技部、内燃机国家重点实验室项目等纵向与横向项目10余项。

前 言

今天,节能减排已经成为世界的主旋律,世界各个国家都有义务进行温室气体排放的控制,特别是我国,随着经济的高速增长,CO₂ 排放总量已经跃居世界第一,由此可见,CO₂ 减排的意义非常重大。目前,中国政府已经进一步明确把环保减排指标纳入《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》内。

国家经济是由众多行业部门经济共同支撑起来的,而众多的行业各具特点,面对 CO₂ 减排政策有些行业享受巨大的政策优惠及补贴,有些行业受到政策规制而减产亏损,有些行业对减排政策敏感性较差。因而在我国经济转型的关键时期,碳减排会对不同行业的经济产生不同的影响。国内很多行业也都有对自身行业碳减排绩效及减排成本的计算,而这些计算通常是简单地限于依据行业生产函数、技术改进投入等来测算。从行业自身角度来看往往减排成本巨大,进而缺乏减排动力。但碳减排牵涉影响的范围很广,碳减排关联到产业链上下游、相关竞争行业、资本借贷限额、市场需求变换等,并不只是简单的技术生产的投入;由碳减排带来的行业竞争优势、政府资金投入、新市场开辟收益等比比皆是,因而也应将这些潜在收益核算在碳减排成本中。

碳减排政策对经济成本影响的核算方法大体可以分为自下而上和自上而下的两类。自下而上的分析方法是指对行业内各个企业碳减排成本变化进行统计,汇总全行业企业数据之后得到行业碳减排成本数值。这类方法更适合于全部由同质企业联合的行业来估算,需要大量的行业内同质企业的调研数据支撑,如果数据完善则会得到准确的结论,但通常由于企业碳减排技术的多样性,此类方法所需数据量巨大,对调查分析的要求严格、细致,从而实施困难。自上而下的核算方法则由于其所需数据量较少,对行业同质企业要求不严格而被众多统计分析学者所偏好。自上

而下的核算方法大致包含节能技术综合成本估算模型、目标规划模型、投入产出模型、一般均衡模型、计量模拟模型等。

本书主要由天津大学管理与经济学部、天津大学中国汽车战略发展研究中心的老师 and 研究生合力完成。本书的撰写工作由郭焱与陈丽然合作完成。

本书的出版对于国家、地区、产业、企业等具有重要的指导意义。本书除了具有通俗易懂,适用性、可操作性强的特点外,还具有如下特色:

(1) 本书理论与案例相结合,通过案例的阅读,可以深入理解理论;

(2) 本书以高碳行业(电力、汽车等)为案例对象,可以引起相关人员对这些行业减排情况的密切关注,有利于节能减排工作的有效开展;

(3) 本书可以作为政府、企业、各类咨询公司相关管理与研究人员,高等院校工商管理、财务管理以及国际贸易等专业的高年级学生和研究生等必备的参考书籍。

由于作者水平有限,书中纰漏之处在所难免,敬请各位专家和读者批评指正。

作者

2013年6月于天津大学

目 录

1 绪论	(1)
1.1 温室气体对全球生产、生活的影响	(1)
1.1.1 温室气体	(1)
1.1.2 温室气体对生态系统的影响	(6)
1.1.3 温室气体对各经济部门的影响	(11)
1.2 世界碳排放现状	(13)
1.2.1 历年排放量及累计排放量	(13)
1.2.2 人均排放量	(15)
1.2.3 世界及中国的碳排放形势	(16)
1.3 世界碳减排成本评估方法及政策规制	(18)
1.3.1 碳税	(19)
1.3.2 排放权交易	(21)
1.3.3 复合排放权交易体系	(23)
1.3.4 财政补贴	(24)
1.3.5 政府管制	(24)
1.3.6 其他工具	(25)
1.3.7 各种碳减排政策工具的比较	(27)
1.3.8 中国碳减排政策规制	(30)
2 中国的碳排放与碳减排	(33)
2.1 中国碳减排历程	(33)
2.1.1 被动但努力参与阶段(1990—1994 年)	(33)
2.1.2 保守、谨慎参与阶段(1995—2001 年)	(34)
2.1.3 活跃、开放参与阶段(2002—2009 年)	(34)
2.1.4 灵活、全面深入参与阶段(2010—)	(35)
2.2 中国与各国国家气候变化谈判的利益关系	(36)
2.2.1 中美气候变化谈判中的利益关系	(36)

2.2.2	中欧气候变化谈判中的利益关系	(37)
2.2.3	中国与巴印南气候变化谈判中的利益关系	(38)
2.2.4	中国与小岛国及最不发达国家气候变化谈判的利益关系	(41)
2.2.5	中国的国际应对	(42)
2.3	中国碳减排特征	(44)
2.3.1	中国碳排放地域分布	(44)
2.3.2	中国碳排放行业分析	(49)
2.3.3	各个高碳排放行业介绍	(52)
3	行业碳减排理论与模型	(66)
3.1	碳减排对行业绩效的影响	(66)
3.2	碳减排行业经济影响的分析模型	(73)
3.2.1	节能技术综合成本估算模型	(74)
3.2.2	目标规划模型	(75)
3.2.3	投入产出模型	(76)
3.2.4	一般均衡模型(CGE 模型)	(81)
3.2.5	计量模拟模型	(84)
4	节能技术综合成本估算模型的行业减排成本估算举例	(87)
4.1	中国汽车行业节能技术模型减排估算	(87)
4.1.1	汽车减排技术概述	(87)
4.1.2	汽车 CO ₂ 减排技术数据统计	(91)
4.1.3	绘制减排成本曲线	(93)
4.1.4	减排成本曲线分析	(96)
4.2	美国钢铁行业节能技术模型减排估算	(99)
4.2.1	能源减排供给曲线	(100)
4.2.2	1994 年美国钢厂能源使用基线和能源使用的 CO ₂ 排放趋势	(103)
4.2.3	减少能源使用和 CO ₂ 排放的技术和措施	(103)
4.2.4	综合结论	(108)
4.3	中国电力行业节能技术模型减排估算	(109)
4.3.1	节能技术	(110)
4.3.2	使用低碳燃料发电	(111)
4.3.3	CO ₂ 捕获与封存技术	(111)

4.3.4	CO ₂ 的捕获与资源化利用技术	(112)
4.3.5	可再生能源发电技术	(113)
4.3.6	核能发电技术	(113)
5	基于目标规划模型的行业减排成本估算举例	(117)
5.1	中国汽车行业目标规划模型减排估算	(117)
5.1.1	模型假设	(119)
5.1.2	模型构建	(120)
5.1.3	模型处理	(123)
5.1.4	模型分析	(130)
5.2	中国电力行业目标规划模型减排估算	(134)
5.2.1	中国电力行业发展状态	(134)
5.2.2	目标函数	(135)
5.2.3	约束条件	(136)
5.2.4	模型处理	(138)
5.2.5	模型求解与分析	(144)
5.3	中国能源行业目标规划模型减排估算	(148)
6	基于投入产出模型的行业减排成本估算举例	(152)
6.1	中国各地区钢铁行业投入产出模型减排估算	(152)
6.2	中国电力行业投入产出模型减排估算	(158)
6.3	上海市火电行业投入产出模型减排估算	(167)
7	基于一般均衡模型的行业减排成本估算举例	(172)
7.1	中国 CO ₂ 减排成本 CEEPA 模型估算	(172)
7.2	低碳技术发展对中国实现减排目标的作用	(178)
8	基于计量模拟模型的行业减排成本估算举例	(182)
8.1	中国工业部门计量模拟模型减排估算	(182)
8.2	中国工业部门 CO ₂ 碳减排成本评估	(184)

1 绪论

1.1 温室气体对全球生产、生活的影响

1.1.1 温室气体

温室气体 (Greenhouse Gases), 特指大气中具有温室效应的一些气体, 通常包含 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、 H_2O 、 O_3 等微量气体。这些气体也包含近几十年来人类活动排放的氢氟化物、全氟化物、硫氟化物、氯氟化物等。根据法国数学家约瑟夫·傅里叶《地球及其表层空间温度概述》的研究, 人们认识到了温室气体的作用。这些气体在大气中含量过高会破坏大气层与地面间红外线辐射的正常关系, 吸收地球释放出来的红外线辐射, 并且有阻止地球热量散失的作用, 是能够使地球表面气温上升的气体。科学家多年追踪大气中的 CO_2 浓度与温度变化情况, 根据他们的分析可以看出, CO_2 浓度的变化与温度水平密切相关。由过去 40 万年的温度变化与 CO_2 浓度变化比较图 (图 1-1) 可见, 两者的变化趋势一致。

根据 1880—2008 年全球 CO_2 浓度与温度变化比较 (图 1-2), 进一步认为, 这 100 多年间 CO_2 浓度上升超过了 100 ppmv^①。

由图 1-2 可见, 半个世纪以来, 随着人类活动引起的 CO_2 气体排放增多, 使全球温度显著升高。工业革命以来由于化石燃料的大量使用, 引起了一些温室气体大量排放到大气中, 这其中有许多是人类制造的, 随着人类认识的提高, 这类气体已经被严格限制生产及排放。目前认为对全球温度上升影响最大的温室气体是 CO_2 , 研究

① ppmv 的全称是 part per million by volume, 意为按体积计算百万分之一。

数据表明,2004 年 CO_2 排放量已经占到人类温室气体排放总量的 77%, 并且其主要的排放源为工业过程与产品使用、能源生产与消费、农业和林业以及其他土地の利用、废物处理等。很显然,目前人类必须对 CO_2 的排放采取进一步措施,以减小其对气候变化的影响。

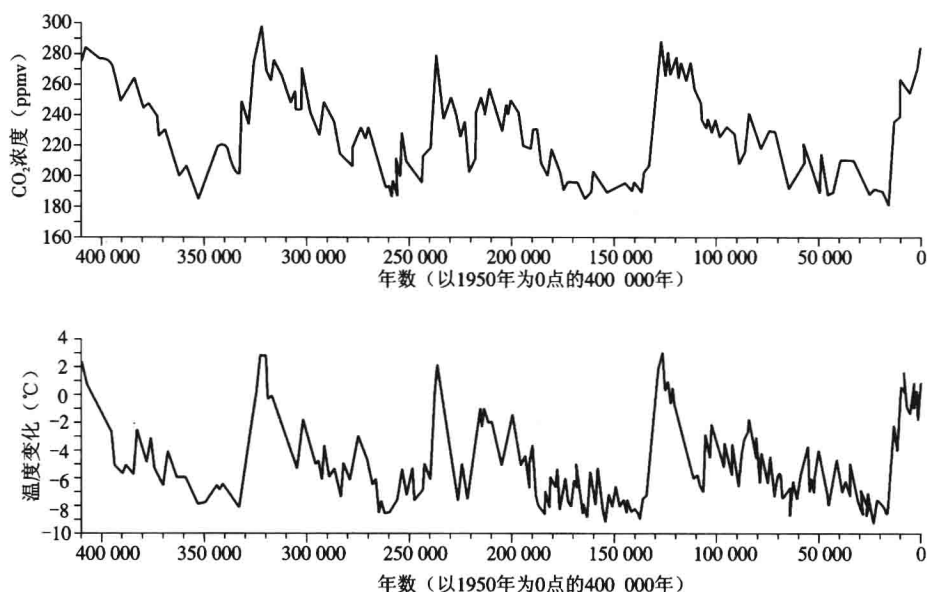


图 1-1 过去 40 万年间 CO_2 浓度与气温变化趋势图

(来自东方站冰芯数据)

世界气象组织全球大气观测网(WMO/GAW)负责协调温室气体及微量成分的系统观测和分析。截至 2011 年底,已建成 28 个全球本底站、410 个区域本底站和 80 余个贡献站,但这些观测站地理分布不均衡,发达国家站点较多,而亚洲内陆地区甚为稀少。中国气象局在中国典型气候区陆续建设了 7 个大气本底站,其中 4 个站(青海瓦里关、北京上甸子、浙江临安和黑龙江龙凤山)已被列入 WMO/GAW 大气本底站系列,并初步建立了与国际接轨的温室气体观测分析系统和标校体系。瓦里关站和上甸子站部分观测资料已进入温室气体世界数据中心和全球数据库,用于全球温室气体公报和多项科学评估。

表 1-1 为 2011 年 3 种主要长寿命温室气体的全球和中国瓦里关站年平均浓度以及过去 1 年的增量和过去 10 年的年平均增量。该结果基于对实测数据集进行分析,数据集溯源至 WMO 国际标准(图 1-3)。

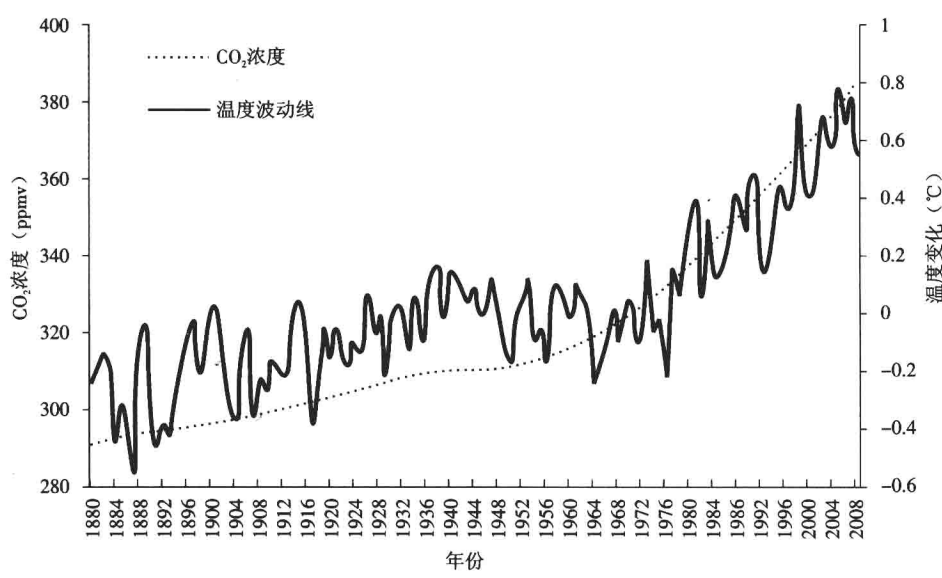


图 1-2 1880—2008 年全球温度与 CO₂ 浓度变化图

表 1-1 主要长寿命温室气体的全球和中国瓦里关站年平均浓度增量表

	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	全球	瓦里关	全球	瓦里关	全球	瓦里关
2011 年的年平均浓度	390.9 ppm ^①	392.2 ppm ^②	1 813 ppb	1 861 ppb	324.2 ppb	324.7 ppb
2011 年相对于 1750 年的增长率	140%		259%		120%	
2010—2011 年绝对增量	2.0 ppm	2.2 ppm	5 ppb	9 ppb	1.0 ppb	1.1 pbb
2010—2011 年相对增量	0.51%	0.56%	0.28%	0.48%	0.31%	0.34%
过去 10 年的年平均绝对增量	2.0 ppm/年	2.1 ppm/年	3.2 ppb/年	3.5 ppb/年	0.78 ppb/年	0.80 ppb/年

1.1.1.1 二氧化碳(CO₂)

CO₂ 是影响地球辐射平衡的最主要的温室气体,在长寿命温室气体总辐射强迫中的贡献率约为 64 %。其人为源主要是化石燃料和生物物质燃烧及土地利用变化等。中国气象局于 1990 年开始在瓦里关站采样观测,截至 2011 年底,已逐步扩展为 7 站采样和 5 站在线观测。工业革命前,全球大气 CO₂ 平均浓度保持在 280 ppm 左

① ppm 的全称是 part per million,意为百万分之一。
② ppm 的全称是 part per billion,意为十亿分之一,1 ppb = 1/1 000 ppm。

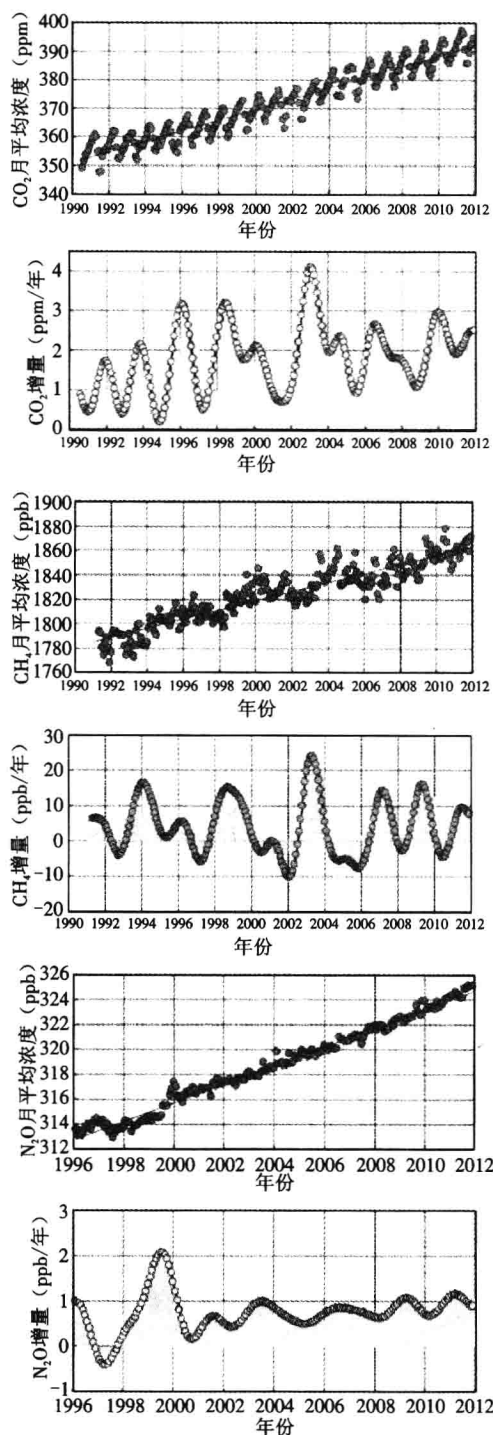


图 1-3 自 1990 年有观测记录以来,青海瓦里关站大气 CO₂、CH₄、N₂O 浓度时间序列及逐年增量

右,由于人类活动的影响不断升高,2011 年全球和瓦里关站大气 CO_2 平均浓度分别达 390.9 ppm 和 392.2 ppm,过去 10 年的年平均绝对增量分别为 2.0 ppm 和 2.1 ppm。2007—2011 年上甸子站、临安站、龙凤山站、金沙站、香格里拉站和阿克达拉站 6 个区域本底站大气 CO_2 浓度总体呈现逐年升高趋势,且均高于瓦里关全球本底站(区域本底站为 395 ~ 405 ppm,瓦里关全球本底站在 390 ppm 左右),年平均增长率大多高于瓦里关站。

1.1.1.2 甲烷(CH_4)

CH_4 是影响地球辐射平衡的主要温室气体之一,在长寿命温室气体总辐射强迫中的贡献率约为 18 %。大气中 CH_4 的主要源包括自然源(湿地、白蚁等)和人为源(煤矿开采泄漏、水稻田排放、反刍动物排放等)。中国气象局于 1990 年开始在青海瓦里关站采样观测,截至 2011 年底,已逐步扩展为 7 站采样和 5 站在线观测。工业革命前,全球大气 CH_4 平均浓度保持在 700 ppb 左右,由于人类活动影响不断升高,2011 年全球和瓦里关站大气 CH_4 平均浓度分别达 1 813 ppb 和 1 861 ppb,过去 10 年的年平均绝对增量分别为 3.2 ppb 和 3.5 ppb。2007—2011 年上甸子站、临安站、龙凤山站、金沙站、香格里拉站和阿克达拉站 6 个区域本底站大气 CH_4 浓度总体呈现逐年升高的趋势,且均高于瓦里关全球本底站,年平均增长率各不相同但也均高于瓦里关站。(如 2011 年瓦里关全球本底站为 1 850 ppb 左右,其他区域本底站均在此值之上,且集中于 1 900 ~ 1 940 ppb)

1.1.1.3 氧化亚氮(N_2O)

N_2O 是大气中最重要温室气体之一,在长寿命温室气体总辐射强迫中的贡献率为 6 %。大气中 N_2O 增加的主要原因是农业氮肥过度使用等导致的农田土壤排放。中国气象局于 1996 年开始在青海瓦里关站采样观测,截至 2011 年底,已逐步扩展为 7 站采样和 4 站在线观测。工业革命前,全球大气 N_2O 平均浓度保持在 270 ppb 左右,由于人类活动的影响不断升高,2011 年全球和瓦里关站的大气 N_2O 平均浓度分别达 324.2 ppb 和 324.7 ppb,过去 10 年的年平均绝对增量分别为 0.78 ppb 和 0.80 ppb。2011 年,黑龙江龙凤山、北京上甸子和浙江临安 3 个区域大气本底站观测的大气 N_2O 分别为 325.5 ppb、324.8 ppb 和 326.0 ppb,均高于青海瓦里关站同

期观测值。

1.1.1.4 卤代温室气体

卤代温室气体是分子中含有卤素原子(氟、氯等)的温室气体的总称,几乎全部由人类活动产生,主要来自制冷剂、发泡剂、喷雾剂、清洗剂、灭火剂、溶剂、绝缘材料等。卤代温室气体包含《京都议定书》中限排的 SF_6 、HFCs、PFCs,《蒙特利尔议定书》限排的 CFCs、HCFCs 气体等,约占长寿命温室气体总辐射强迫的 12%。中国气象局于 1996 年开始在瓦里关站开展 SF_6 采样观测,2006 年在上甸子站开展卤代温室气体在线观测,截至 2011 年底,已逐步扩展为 5 站采样和 1 站在线观测。中国进入减排期以后臭氧层耗损物质 CFCs、Halon、 CH_3CCl_3 、 CCl_4 浓度已开始下降,而替代物种 HCFCs、HFCs 浓度却呈快速上升趋势。但 2011 年瓦里关站和上甸子站大气 SF_6 浓度分别为 7.54 ppt^① 和 7.52 ppt,均为观测以来最高值。

1.1.2 温室气体对生态系统的影响

1.1.2.1 对水生生态系统的影响

水生生态系统包含两个方面,分别是淡水生态系统和海洋生态系统。随着气候的变暖,海洋温度会随气候温度的升高而升高,海平面不断上升。与此同时,由于海平面上升及温度的升高,对淡水生态系统和海洋生态系统整体也会产生严重的影响。

气候变暖会使海洋的热量收支状况发生变化,引起海平面上升。这一情况将会使大部分沿海的海岸区域遭受海水侵蚀及海水泛滥的影响,甚至使某些岛屿消失。海平面的上升,会迫使人类增加海防建设,从而会使更多的沿海浅滩和湿地遭到破坏,进而导致海洋生物栖息地的破坏,从而使部分物种灭绝及当地的生物多样性降低。

海平面上升同样会引起淡水生态系统的变化。因为海平面上升,海水更容易侵入淡水生态系统,造成淡水生态系统中水质变化及生物多样性降低。气候变暖对淡水生态系统的影响还可以通过改变众多的因素来实现,如降雨、地表径流、土壤湿度和地下水等因素。通常情况下,在干热的地区,天气温度的升高使地表水分的蒸发量

① ppt 的全称是 part per trillion,意为万亿分之一,1 ppt = 1/1 000 ppb。

大于降雨量,湖泊水平面降低,河流的水流量也会相应减少;而在温暖湿润的地区,尤其是纬度较高地区,温度的升高会使降雨量大于地表水蒸发量,河流流量增加,湖泊水平面也会上升。温度升高也会造成强降水事件频发,洪水的发生规模和频率也会升级。在没有温度升高的正常情况下,湖泊和河流中的水量会随季节及潮汐的变化而有规律且平缓地变化,在湖泊和河流中生活的大多数淡水生物已经适应了这类变化。但温度变暖则会带来湖泊和河流等淡水系统的水质和水量等因素不规则频繁变化,造成系统中生物的各种不适应,并使系统中生物多样性降低。因此,气候变暖、温度升高将会对淡水生态系统中的生物多样性产生影响。

全球气候的变暖,必然导致全球大气环流和海平面气压场的调整,从而造成全球范围内降水量的重新分配。气候模式的模拟结果表明:降水量对全球气候变暖的响应表现在高纬度和热带地区,全年降水量将增加;而在中纬度地区,冬季降水量将增加,但夏季降水量平均来说会减少。具体在中国则表现为:亚热带的北界将由现在的淮河—秦岭扩展到黄河以北,华北地区降水量减少且变化率很大,更趋于干旱化,冬季徐州、郑州一带的温度将和现在的杭州、武汉相似;东北和青藏高原的大部分多年冻土和祁连山、天山的小冰川都将趋于消失,长江流域及其以南地区夏季更趋于酷热。从历史资料分析冷暖变化与干湿变化的关系也可以发现,历史上冷的年代和暖的年代在中国干湿分布的形式有明显差异:冷的年代东部地区多雨,长江中下游、华北、华南为3个多雨带,西部偏干;在暖的年代,西部偏湿,东部偏干,有一条少雨带从山东向南延伸。气候的变暖改变了全球的水文循环,水文变量的总体分布和内在规律引起了河流和水库的径流量年内重新分配和总量减少,直接影响着水电厂的发电量,对于依靠水力发电的地区,必然会降低供电保障率。而对于以后和正在规划设计的大中型水利工程,则应考虑未来气候变化带来的潜在影响。过去的40年,中国的海河、淮河、黄河、松花江、长江、珠江等大江河的实测径流量呈现下降趋势,北方干旱、南方洪涝等极端水文事件频繁发生。未来50年到100年,气候变化将可能增加中国洪涝灾害和干旱灾害发生的概率,中国北方水资源矛盾将更加突出。沿海地区台风和风暴潮等自然灾害发生的概率也将增大。

湖泊作为降水和有效降水的历史和现代记录,更能反映气候变化的空间特征和区域特征。通过湖泊变化研究发现,在未来气候变暖而河川径流量变化不大的情况下,平原湖泊由于水体蒸发加剧,入湖河流的水量却不增长,这将加快湖面面积萎缩,

湖水含盐量增长,并逐渐转变为盐湖。对湖泊水资源的开发利用,不利于高山、高原湖泊中少数依赖冰川融水补给的湖泊,湖泊因冰川缩小,融水减少而缩小。地处山间盆地,以降水、河川径流或降水与冰川融水补给的大湖,其变化趋势引人注目,如青海湖长期处于较大的负平衡状况,湖泊水位呈下降趋势,如未来温度继续升高,湖区水面蒸发和陆表蒸散均会有所增加,若多年平均降水量仅增加 10%,则不足以抑制湖面面积的继续萎缩。所以说,气候变化是导致湖泊水位下降和面积萎缩的主要因素之一。

1.1.2.2 对陆地生态系统的影响

气候变暖对陆地生态系统带来的影响主要体现在对陆地生态系统中的生物多样性的影响。陆地生态系统中的生物多样性和众多的影响因素相关,如生物疾病、捕食者、寄生生物体、气候因素、各种天灾等。气候温度的上升同以上众多影响因素相互作用,将会对陆地上的生物多样性产生深远的影响,而且这种影响也会随着温度的不断上升而表现得愈加明显。首先,温度的上升会不可避免地会对陆地森林生态系统产生巨大的影响。全球气候变暖会加速植被的生长,加速森林中的养分循环,加快循环周期的变化,同时也会加快植物凋落和凋落植物的分解速率。其次,温度的上升会引起陆地动物的迁徙,全球气温升高将会迫使大部分陆地的物种从热带、亚热带以及部分温带区域逐步向高纬度或两极周边的寒冷区域迁徙。在迁徙过程中,大量的动植物也会因为迁移性较差,或者到达目的地后对新环境的适应能力较差等而面临灭绝的风险。与此同时,气候变暖也会引发动植物发育和繁殖时间的不断提前,从而改变动植物的基因及进化道路,使那些能在基因上适应气候变暖变化的动植物获得明显的生存优势,而那些不能适应气温上升变化的物种,则会自然而然地走向灭绝。根据气候及自然学家预测,全球的气候变暖将导致世界上 1/4 的陆地物种在未来走向灭绝。

1. 气候变暖对森林生态系统分布的影响

北半球高纬度地区气温升高趋势最明显,该地区植被对温度的敏感性也很强。根据观测,由于 20 世纪以来的气温升高,俄罗斯北部森林植被已向北迁移,原来的冻原带上开始有森林发育。吴正方等研究发现,中国东北阔叶红松林(由 20 多个主要树种组成,红松是其优势树种)分布区在 CO_2 倍增条件下,将出现明显的暖干气候变