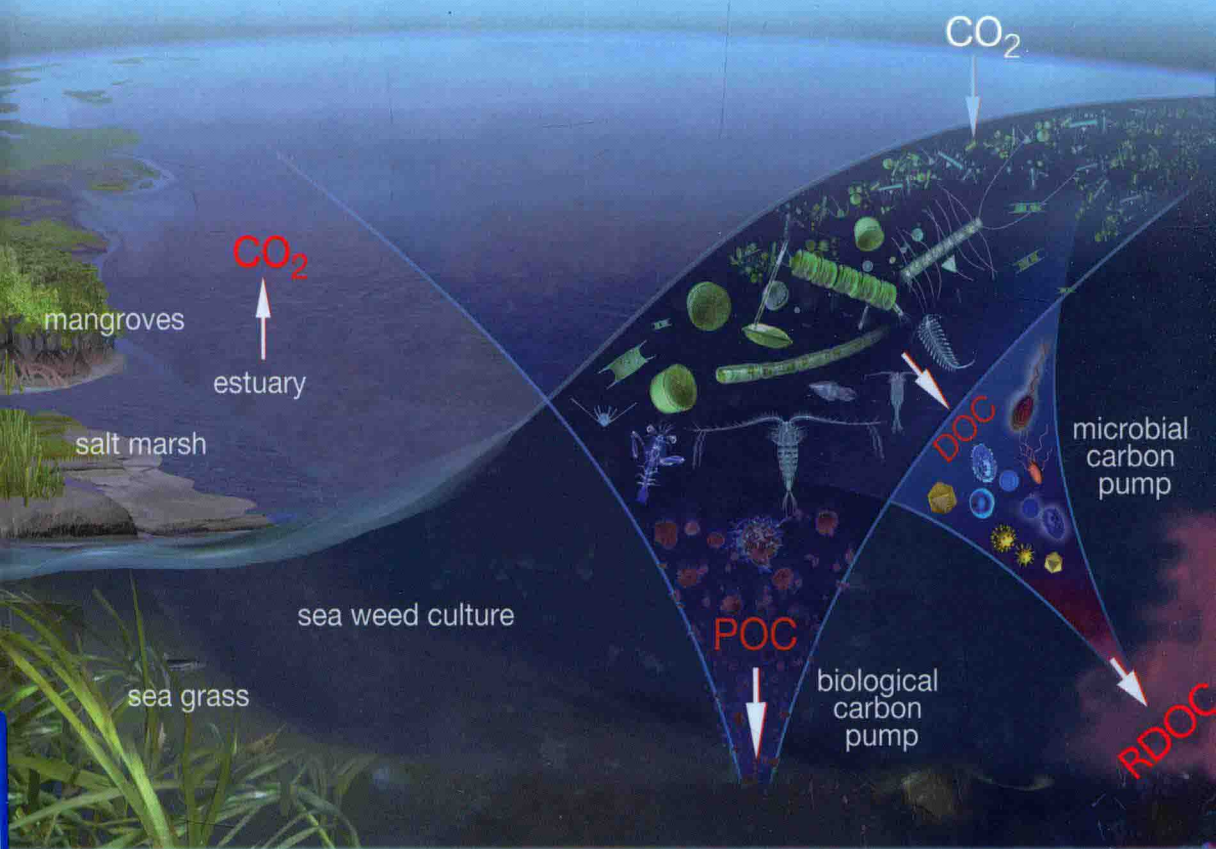


蓝碳行动

Blue Carbon Action **在中国** in China

焦念志 等 编著



科学出版社

Blue Carbon Action in China

蓝碳行动在中国

焦念志 等 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

蓝碳 (blue carbon) 指的是海洋生态系统捕获和固定的碳, 与海洋生态系统可持续发展以及气候变化息息相关。本书概述了蓝碳的研究意义及国内外研究现状, 汇总了我国倡导推行蓝碳研发的行动和进程, 展示了“微型生物碳泵”等原创理论在蓝碳研究中的特色和优势, 展望了我国蓝碳研究的前景。

本书可为政府有关部门、教育和科研机构从事相关研究与管理人员提供资料和参考, 也可作为大众科普读物。

图书在版编目 (CIP) 数据

蓝碳行动在中国 / 焦念志 等 编著. — 北京: 科学出版社, 2018. 6
ISBN 978-7-03-056766-6

I. ①蓝… II. ①焦… III. ①海洋-二氧化碳-资源管理-研究-中国 IV. ①P7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 047015 号

责任编辑: 朱瑾 田明霞 / 责任校对: 郑金红
责任印制: 肖兴 / 封面设计: 北京图阅盛世文化传媒有限公司
封面图片提供: 【英】Glynn Gorick

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



2018 年 6 月 第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2018 年 6 月 第一次印刷 印张: 9 3/4

字数: 200 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编著者名单

焦念志

(以下按姓氏拼音排列)

蔡阮鸿 杜鹏 刘纪化 于小桐 张飞

张锐 张瑶 张永雨

序

随着科技界对全球变化研究的不断深入，国际社会对人类碳排放的气候效应逐渐形成共识。政府间气候变化专门委员会（IPCC）发布的系列气候变化报告显示，全球气候正处于变暖的大趋势中。如何应对全球变暖、实现可持续发展是当前人类社会所面临的重大挑战。各国应遵循“共同但有区别的责任”原则采取减缓和适应行动。当前，我国的二氧化碳排放量高达百亿吨，超过美国和欧盟排放总和，位居世界第一。作为负责任的大国，中国政府已承诺2030年左右二氧化碳排放达到峰值。实现这一目标，需要我们做出各方面的努力，增加二氧化碳的吸收和储藏（增加碳汇）就是一项积极有效的措施。

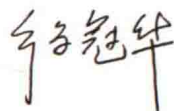
此前，IPCC认可的“绿碳”行动已被证明是行之有效的。中国实施的植树造林工程和森林保护措施为减缓全球增暖做出了贡献。占全球面积70%的海洋是地球上最大的碳库，海洋碳汇有着巨大的研发前景。联合国早在2009年就发布了“蓝碳”（海洋碳汇）报告。我国作为海洋大国，应当有所作为。令人鼓舞的是，在焦念志院士等专家数年推动下，海洋碳汇已经纳入国家战略，国家《生态文明体制改革总体方案》、“十三五”规划等均做出了明确部署，相关研究也取得了开拓性进展，推动“蓝碳”被纳入了今年的“IPCC特别报告”。在此当口，有必要对现阶段工作进行梳理和总结，对下一步行动进行规划和引领。

《蓝碳行动在中国》正是在此背景下应运而生。这是第一部回顾总结我国蓝碳工作的科普书籍，书中阐释了蓝碳的作用及意义、介绍了国内外蓝碳研究的现状、回顾了我国有关蓝碳的科技活动、梳理了我国蓝碳研究脉络、论述了蓝碳有关的科技政策、展望了“中国蓝碳计划”的研发前景。我相信，该书的出版，将为从事蓝碳研究与管理工作的有关人员提供宝贵的经验和借鉴，为关心气候变化和低碳事业的广

大读者提供有用的信息和参考，为化解我国现阶段经济发展与环境保护之间的矛盾提供有效的思路和启示，为“一带一路”国家战略的实施提供重要的一臂之力。

谨在我国第一个“科技工作者日”为《蓝碳行动在中国》作序，祝贺该书的出版。

中国科学院院士

Handwritten signature of Xie Zhenhua in black ink.

2017年5月30日

前言

气候变化全球关注，低碳减排势在必行。

中国的二氧化碳排放量于 2009 年超过美国，成为世界第一排放大国，在气候变化背景下，面临着具体的减排压力。然而，中国作为世界上最大的发展中国家，仍需将发展问题摆在第一位，因为发展是解决一切问题的基础和关键（第十二届全国人民代表大会以来历次《政府工作报告》均阐明了这一观点），“发展才是硬道理”（邓小平语）仍是中国实现发展的基本原则。因此从发展的眼光看，除了减排，设法增加二氧化碳的吸收和储藏，即增加碳汇（增汇），是一种两全其美之策。海洋是地球上最大的碳库，其碳储量是陆地的 20 倍、大气的 50 倍。海洋每年吸收大约 1/3 人类排放的二氧化碳。我国管辖海域面积约 300 万平方千米，约占陆地国土总面积的 1/3，海洋碳汇研发潜力巨大。

然而，我们正面对这样的现实：我国拥有约 18 000 千米的海岸线，而自然海岸线的 80% 受到不同程度的干预；我国有超过 1500 条河流入海，河口和近岸原本是陆源碳的“汇”，而现在有很多河口反而成为二氧化碳的“源”；我国有近 700 万公顷的滨海湿地，然而“大地之肾”的作用正在不断丧失；我国有 200 多个珊瑚礁岛，在自然资源、交通运输、海洋权益方面意义重大，然而很多岛礁正在遭受全球气候变化、海平面上升、海洋酸化等自然过程和人为活动影响带来的种种威胁；我国是世界最大的水产养殖国，而其发展却受养殖活动自身带来的环境问题所制约……上述种种并非新问题，而是“老大难”问题。对此，我们必须“全力遏制海洋生态环境不断恶化趋势，让我国海洋生态环境有一个明显改观”（习近平语）。因此，如何从根本上扭转局势、寻求出路，是摆在我们面前的紧迫课题。在此背景下“中国蓝碳计划”应运而生，并展示出了广阔的应用前景。

“蓝碳 (blue carbon)”，简单来讲就是海洋生态系统所捕获的汇，即海洋碳汇。自2009年联合国《蓝碳报告》发布以来，蓝碳研究已成为地球系统科学的国际前沿热点。我国科学家积极参与国际蓝碳行动，勇于探索和创新。在经典的海岸带蓝碳 (coastal blue carbon) 基础上拓展了基于“微生物碳泵 (microbial carbon pump)”理论的蓝碳，使得蓝碳研发有了巨大的空间和广阔的前景。在此基础上推动海洋碳汇于2016年纳入我国的国家战略、于2017年纳入联合国气候专门委员会 (IPCC) 特别报告。

“中国蓝碳计划”将科学前沿理论与先进技术手段应用于陆海统筹、减排增汇、保护环境和生态文明建设的一揽子方案。它以蓝碳为主线，连接自然海洋生态系统和沿海经济活动，覆盖流域和我国管辖海洋区域，通过跨行业、跨部门、跨地区整体布局，从自然规律出发，抓住环境问题的瓶颈环节，在查明生态过程与机制的基础上，提出成套应对措施和解决方案。具体实施方案包括：从蓝碳形成的过程机制研究，到环境调控机理与预测预警；从生态过程参数体系的建立，到生态补偿机制和定量化实施；从海洋碳汇标准体系的建立，到应对气候变化和低碳经济示范。“中国蓝碳计划”对外服务于我国应对气候问题国际谈判，对内支撑海洋生态文明建设和沿海经济社会可持续发展；可望促进海洋低碳经济的新引擎、解决海洋环境问题的新思路、发挥我国地缘政治影响的柔性利器。

我国正式提出“蓝碳计划”的时间并不长，但“蓝碳行动”实施的时间并不短。本书简要汇总了近几年来我国的蓝碳行动，展望了蓝碳计划的未来前景。可望为社会各界了解蓝碳、宣传蓝碳，科研人员研究蓝碳、创新驱动，政府部门制定蓝碳政策、推动低碳经济，以及我国在国际上引领气候变化趋势、为全球治理贡献中国方案提供有益的参考。


俞念志

2017年12月 于厦门

目录

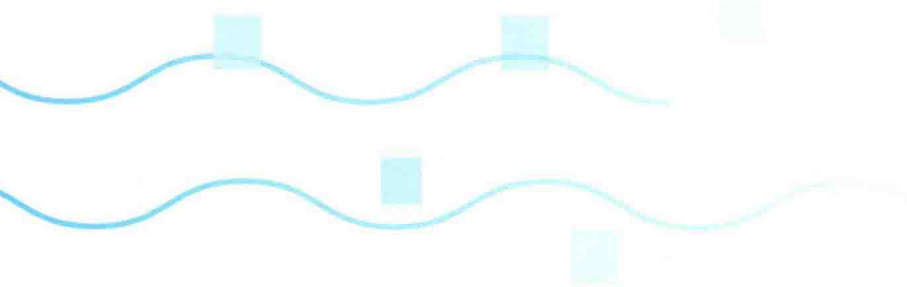
第一章 气候变化与蓝碳	003
第一节 气候变化及全球碳排放现状	003
第二节 蓝碳概念的形成过程	012
第三节 蓝碳的价值	014
第四节 蓝碳的现状与机遇	015
参考文献	019
第二章 蓝碳相关研究进展	023
第一节 海洋固碳储碳机制研究	023
第二节 蓝碳研究现状与未来评估	028
第三节 蓝碳产业可行性研究	032
参考文献	034
第三章 国际蓝碳活动	039
第一节 蓝碳政策方面的活动	039
第二节 蓝碳普查评估方面的活动	042
第三节 蓝碳科普宣传相关活动	045
参考文献	047
第四章 中国蓝碳行动进程	049
第一节 陆海统筹研发碳汇的战略布局	051
第二节 “海洋碳汇与未来地球协同创新中心” (SCOCAFE)	057
第三节 全国海洋碳汇联盟	060
第四节 陆海统筹研发碳汇论坛	063
第五节 中国未来海洋联盟与中国蓝碳计划	065
第六节 北太平洋海洋科学组织首个国家计划与国际联合工作组	067

第七节	戈登研究论坛——海洋生物地球化学分论坛	069
第八节	首届雁栖湖海洋碳汇国际论坛	075
第五章	中国蓝碳行动展望	079
第一节	总体目标与重点任务	079
第二节	预期成果	083
第三节	组织保障	084
结语	085
附录	087
附录一	“海洋碳汇与未来地球协同创新中心”(SCOFAFE)重要进展(以 2014 年为例)	087
附录二	中国未来海洋联盟相关活动	089
附录三	国内蓝碳相关机构简介	094
附录四	蓝碳相关科研项目	104
附录五	院士咨询项目之西沙(永兴岛)调研	116
附录六	院士咨询项目之中海油平台调研及全国海洋碳汇联盟启动	121
附录七	院士咨询项目之舟山调研	125
附录八	2010 ~ 2017 年国内蓝碳相关会议及研讨会	129
附录九	第 30 次中国科学院学部科学与技术前沿论坛	134
附录十	第 39 次中国科学院学部科学与技术前沿论坛	137
附录十一	PICES FUTURE-China (FC) 计划及 PICES-ICES 国际联合 工作组	141

The background features a light blue color with two horizontal wavy lines. Several small blue squares are scattered across the page, some overlapping the wavy lines.

**Blue Carbon
Action in China**

蓝碳行动在中国



第一章 气候变化与蓝碳

第一节 气候变化及全球碳排放现状

一、全球气候变化现状及趋势

气候变化 (climate change) 是指长时期内气候状态的变化, 通常用不同时期的温度和降水等气候要素的统计量差异来反映, 变化的时间长度从最长的几十亿年至最短的年际变化。气候变化的影响是多尺度、多层次、全方位的, 目前来看, 气候变化主要体现在全球气候呈现以变暖为主要特征的显著变化和全球极端气候事件趋强趋多两个方面。

全球气候变暖是当今世界亟待解决的迫切问题, 关乎人类的生存与可持续发展。具体表现在两个方面: 一是对自然生态系统的影响, 二是对人类社会的影响。对自然生态系统的影响主要表现在海平面升高、冰川退缩、湖泊水位下降、湖泊面积萎缩、冻土融化加速、河冰迟冻与早融发生、中高纬生长季节延长、动植物分布范围向极区和高海拔区延伸、某些动植物数量减少、一些植物开花期提前等方面 (图 1-1)。气候变化对人类社会的影响主要表现在农业生产的不稳定性、地表径流增多、旱涝灾害频发、某些地区水质产生变化及水资源供需矛盾突出等方面。

除此之外, 全球变暖还可能引发各种极端气候现象, 如海啸、台风等, 扩大对气候变化敏感的传染性疾病的传播范围 (Jacoby et al., 1998; Nordhaus, 1993; 潘家华等, 2003)。由此可见, 气候变化的影响广泛而深远, 已成为当今世界面临的重大环境问题, 需要政府部门高度重视, 需要科学家与社会公众力量形成合力、攻坚克难。

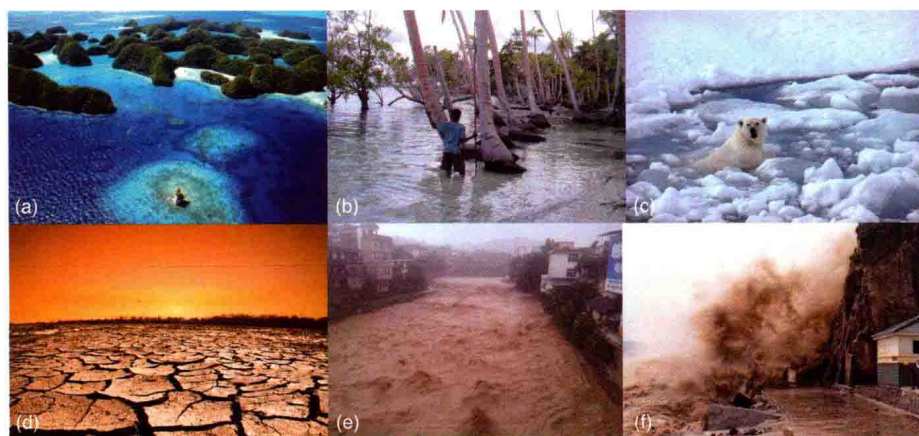


图 1-1 气候变暖导致气温升高、冰川融化、海平面上升、极端气候频发等现象

- (a)、(b) 海平面上升, <http://www.awaker.cn/24753.html>, 2017 年 9 月 1 日;
 (c) 冰川融化, http://news.ifeng.com/gundong/detail_2012_11/17/19257587_0.shtml, 2017 年 9 月 1 日;
 (d) 干旱, <https://www.vcg.com/creative/809583963>, 2017 年 9 月 1 日;
 (e) 洪涝, <http://www.wmmz.gov.cn/content-16-304-1.html>, 2017 年 9 月 1 日;
 (f) 台风, http://sd.china.com.cn/a/2014/tupianxinwen_1013/38471_3.html, 2017 年 9 月 1 日

科学家对全球气候变化的现状和趋势展开了大量的研究。联合国政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 2014 年发布的气候变化报告显示, 全球气候正处于变暖的大势趋中。报告提到, 自 20 世纪 50 年代以来, 大气与海洋变暖、积雪与冰量减少、海平面上升、温室气体浓度增加等现象, 都是全球气候变暖的最有力证据。

以下几组数据更能直观地表明全球变暖的现状。如图 1-2 所示, 过去三个十年, 地表已连续偏暖于 1850 年以来的任何一个十年, 1983 ~ 2012 年很有可能是北半球过去 1400 年里最热的 30 年 (中等信度)。全球陆地和海洋表面平均温度的线性趋势计算结果表明, 1880 ~ 2012 年, 地表平均温度上升了 0.85°C ($0.65 \sim 1.06^{\circ}\text{C}$)。自有完整的数据资料起, 在区域趋势的最长时期内 (1901 ~ 2012 年), 全球范围内几乎所有地区都经历了地表变暖这一过程。

除了对气候变化历史及现状的研究, IPCC 第五次气候变化报告还对全球气候变化的趋势进行了预测: 到 21 世纪中期, 全球平均地表气温将随温室气体排放的持续增多而继续升高; 21 世纪末气温将上升 $0.3 \sim 4.8^{\circ}\text{C}$; 且升温在海洋和陆地呈现不同幅度, 陆地升温高于海

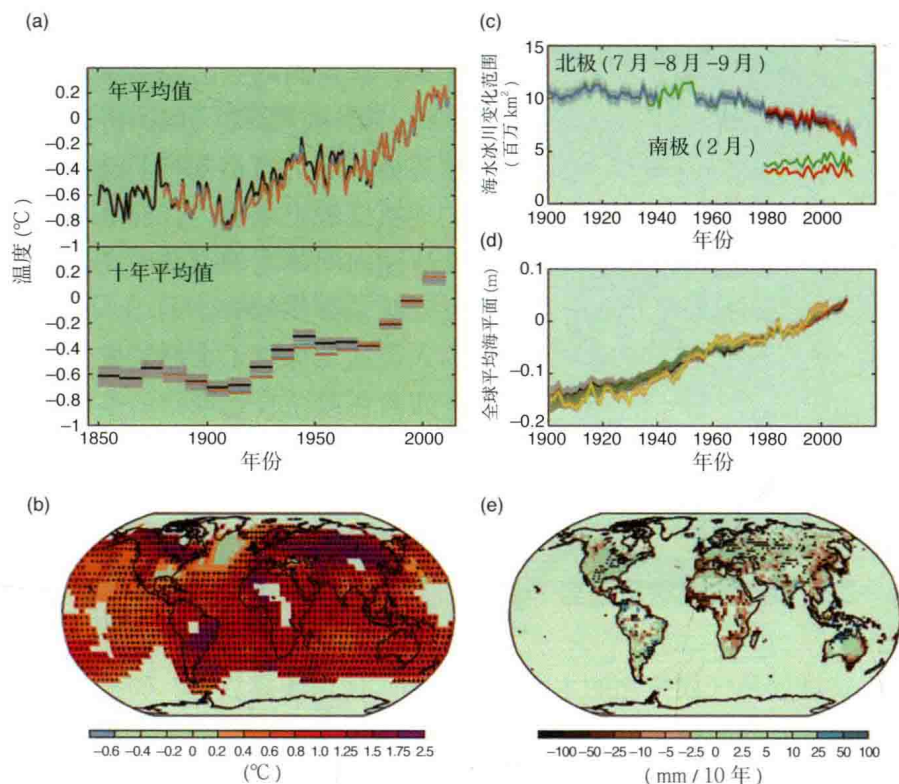


图 1-2 全球气候变化数据 (Pachauri et al., 2014)

- (a) 观测到的 1850 ~ 2012 年全球陆地与海表的温度异常平均值;
 (b) 观测到的 1850 ~ 2012 年表面温度变化;
 (c) 海水冰川变化范围;
 (d) 1900 ~ 2010 年全球平均海平面变化;
 (e) 观测到的 1951 ~ 2010 年年降水量变化

洋升温。随着全球平均地表气温的上升，极端气候事件会明显增多。

那么，究竟是什么因素导致全球变暖呢？主要包括自然因素和人为因素两个方面。自然因素主要是指自然的内部进程。人为因素是指人类持续地对大气组分和土地利用的改变，这主要是由工业革命以来的人类活动，特别是发展工业化进程的经济活动引起的。这些经济活动以化石燃料的燃烧、森林的毁灭等为代价，大量排放的工业气体导致大气温室气体浓度大幅增加，温室效应增强，从而引起全球气候变暖。主要的温室气体二氧化碳在大气圈、水圈和陆地间循环（图 1-3），地层中的化石燃料经过燃烧产生二氧化碳排放到大气中后，一部分经过陆地植物光合作用进入陆地碳汇，另一部分经过海洋的吸收作用进入水圈。

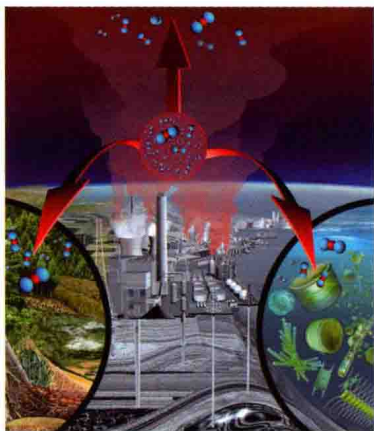


图 1-3 二氧化碳在大气圈、水圈和陆地间的循环

纵观科学界对全球气候变化的研究成果，目前国际上已经基本达成两点共识。第一，全球气候的冷暖变化过程遵循一定的自然规律。从近 6 亿年的地质发展史来看，目前地球正处在从冰期向间冰期的过渡时期，全球气候变暖是必然趋势。第二，日益频繁的人类活动加速了全球气候变暖过程。如何在遵循自然规律的基础上有效控制全球变暖过程，规制人类活动成为重要切入点。

二、碳排放现状及趋势

碳排放是气候变化的主要原因，那么何谓碳排放呢？碳排放是温室气体排放的简称，由于温室气体中最主要的组成部分是二氧化碳，因此用碳排放一词指代温室气体排放。IPCC 指出，工业化以来，大气中二氧化碳的浓度已增加了 40%，罪魁祸首当属化石燃料的排放，其次是土地利用改变导致的碳净排放。二氧化碳对工业革命以来地表升温的贡献约占 70%。研究表明，地球历史时期大气二氧化碳浓度与全球温度具有显著正相关性。从二氧化碳的排放总量数据来看（图 1-4），全球排放总量显著增加。我国的碳排在 20 世纪 90 年代初期呈现明显的上升趋势，而 1995 年以后，受国家关停高耗能中小企业的举措及当时亚洲金融危机的影响，碳排放上涨趋势几近停滞，部分年份甚至出现小幅下降。2002 年以后，碳排放量又开始急剧上涨。与我国同属发展中国家的印度，其碳排放基数较小，但涨幅较快。美国的碳排放量一直较高，波动幅度不大，近年来略有下降。发达国家近年来碳排放量比较稳定，主要是因为他们已完成了工业化过程。

从碳排放的人均数据来看（图 1-5），我国二氧化碳人均排放从 1992 年的 2.3 吨上涨到 2008 年的 5.3 吨，远低于美国、德国、俄罗斯和日本的人均水平，但上涨势头却很明显。美国人均二氧化碳排放量一直维持在 18 吨左右，近年来有所下降，但下降势头并不明显。图 1-6

的几个国家中，印度的人均二氧化碳排放量最少，2008年只有1.52吨，但涨幅较大，与1992年相比增长近一倍。中国和印度这两个发展中国家近年来经济发展势头良好，人均碳排放量增速较大，但仍远低于发达国家的平均水平。碳排放的快速增长是工业化进程的显著后果，发达国家在发展早期同样也经历了这一过程。虽然后来通过调整发展思路、采取相关治理措施，人均碳排放量开始下降，但发达国家不能借此否认它们对世界碳排放产生的影响和应负的责任。

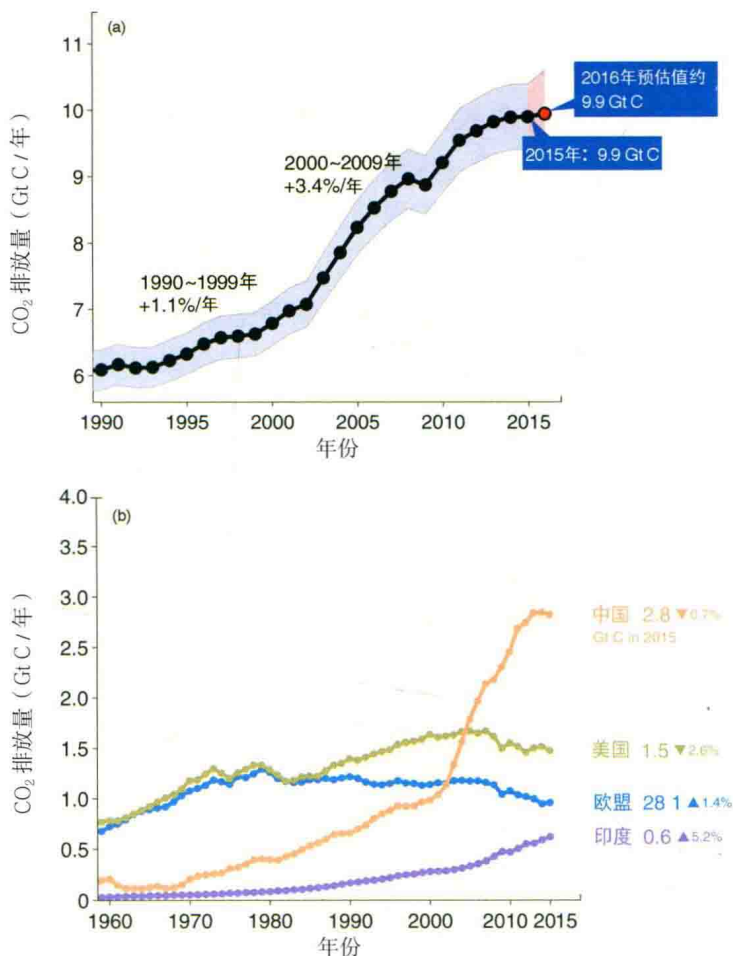


图 1-4 全球 CO₂ 排放量分布及变化趋势

(a) 世界 CO₂ 排放总量变化趋势；(b) 部分国家 CO₂ 分布及变化趋势

图片来源：CDIAC；Le Quéré et al., 2016