

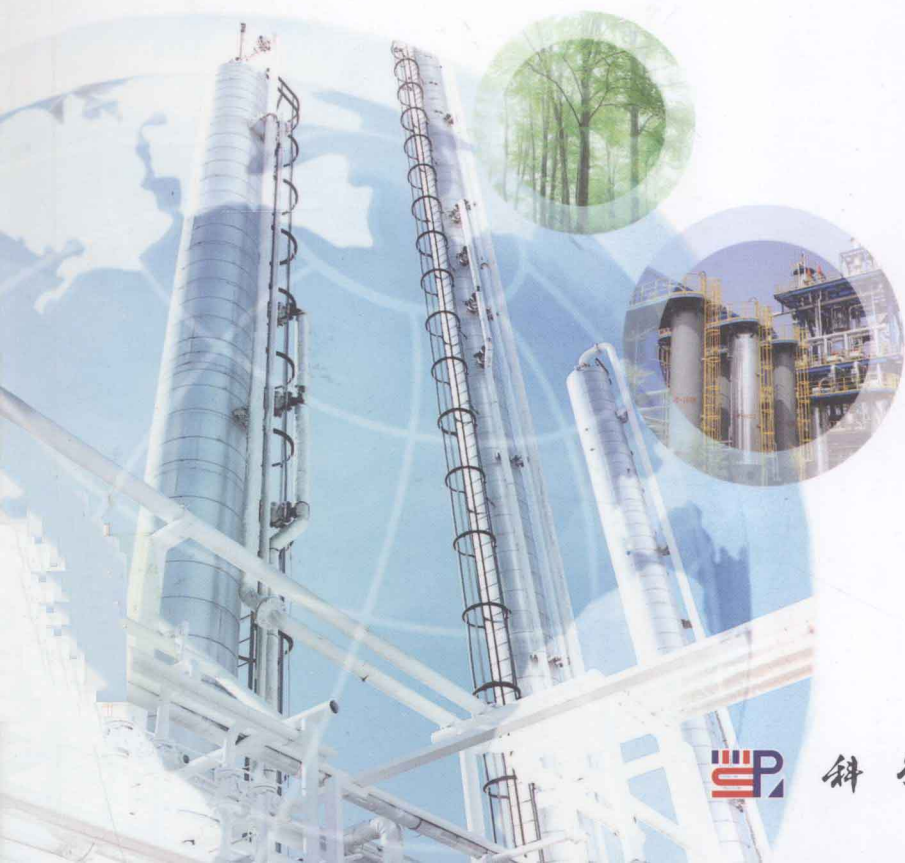


碳捕集、利用与封存技术进展丛书

CARBON CAPTURE,
UTILIZATION AND STORAGE
PROGRESS AND PROSPECTS

碳捕集、利用与封存技术 进展与展望

中国21世纪议程管理中心 编著



科学出版社

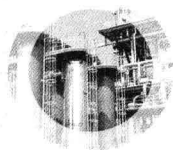
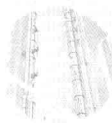


碳捕集、利用与封存技术进展丛书

CARBON CAPTURE,
UTILIZATION AND STORAGE
PROGRESS AND PROSPECTS

碳捕集、利用与封存技术 进展与展望

中国21世纪议程管理中心 编著



科学出版社

北京

本书编写委员会

主 任 郭日生 彭斯震

副 主 任 张九天

编写人员 (按照姓氏汉语拼音排序)

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 高 林 | 高新全 | 郭士伊 | 何霄嘉 |
| 贾 莉 | 李桂菊 | 李小春 | 刘练波 |
| 彭 勃 | 彭斯震 | 曲建升 | 王文涛 |
| 胥蕊娜 | 尹 乐 | 曾静静 | 张九天 |
| 张 军 | 仲 平 | 邹乐乐 | 翟融融 |

总 序

工业革命以来的人类活动，尤其是发达国家在工业化过程中大量温室气体的排放，引起全球气候近 50 年来以变暖为主要特征的显著变化，对全球自然生态系统产生了显著影响。全球气候变化问题日益严峻，已经成为威胁人类可持续发展的主要因素之一，削减温室气体排放以减缓气候变化成为当今国际社会关注的焦点。

为避免对气候系统造成不可逆转的不利影响，世界各国必须采取有效措施减少和控制温室气体的产生和排放。在众多温室气体减排技术方案中，碳捕集、利用与封存（CCUS）技术是一项新兴的、可实现化石能源大规模低碳利用的技术，将可能成为未来全球减少二氧化碳（CO₂）排放和保障能源安全的重要战略技术选择。CCUS 技术可以与能效技术、新能源技术、可再生能源技术等共同形成更稳妥、更经济的技术组合，能够更有效地实现保障发展和应对气候变化的双重目标。

为推动 CCUS 技术的发展，目前全球已有多个国家开展了相关的技术研发和示范，一批全流程的商业规模示范正在筹备和建设中，一些国家和国际机构还提出了未来 20 年或更长时期该技术的发展路线和目标，CCUS 技术在全球范围呈现出加速发展的态势。

近年来，中国政府也对 CCUS 技术的发展给予了积极的关注，围绕相关技术政策、研发示范、能力建设、国际合作开展了一系列工作推动 CCUS 技术的发展：

(1) 技术政策方面，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》、《中国应对气候变化国家方案》、《中国应对气候变化科技专项行动》、《国家“十二五”科学和技术发展规划》等均将 CCUS 技术列为重点发展的减缓气候变化技术，积极引导 CCUS 技术的研发与示范。

(2) 研发示范方面，从“十五”期间的技术跟踪和调研，到“十一五”期

间国家重大科技专项、国家主体科技计划围绕 CCUS 技术较系统的研发部署，公共研发投入的力度不断加大，支持范围从侧重单一技术环节的研究和中试，迈向支持工业规模的全流程技术示范；从侧重局部的 CO₂ 封存潜力评估，扩大到覆盖全国范围的封存潜力调查。

(3) 能力建设方面，积极推动建立产学研结合的 CCUS 技术合作平台。在科学技术部的动员和推动下，国内相关企业、研究机构、高校等正在酝酿成立“中国 CCUS 产业技术创新战略联盟”，将成为行业间、机构间开展 CCUS 技术研发与示范合作的平台。

(4) 国际合作方面，积极参与并推动 CCUS 技术相关多边和双边合作。中国是碳收集领导人论坛 (CSLF) 创始成员国之一，积极参与清洁能源部长级会议 (CEM) 框架下 CCUS 技术工作组、全球碳捕集与封存研究院 (GCCSI) 等合作机制的工作。CCUS 已成为我国双边科技合作的重点领域之一，近年先后与欧盟、美国、澳大利亚、意大利等国家和组织开展了全方位、多层次的 CCUS 技术合作。

尽管起步较晚，中国在 CCUS 技术方面都取得了长足进步。已经在上海建成了 10 万吨级燃煤电厂捕集示范，获得了与电厂热系统集成的宝贵经验；在吉林油田连续多年开展了提高采收率试验，充分验证了中国低渗油田采用 CO₂ 驱油技术的适宜性；在河北成功开展了微藻固定 CO₂ 制生物柴油中试，探索了 CO₂ 资源化利用的技术方向；在内蒙古开展的 10 万吨级咸水层封存示范已开始稳定注气，将为中国咸水层封存 CO₂ 积累宝贵工程数据和经验。这些不仅是中国 CCUS 技术发展的里程碑，也是中国为全球 CCUS 技术发展作出的重要贡献。

但是，从全球 CCUS 技术的总体发展来看，该技术仍处于研发和早期系统示范阶段，尚存在高成本、高能耗和长期安全性、可靠性待验证等突出问题。为解决这些问题，有必要进一步开展创新型技术的研发，降低 CCUS 技术系统的成本和能耗；有必要进一步加强全流程技术示范的开展，验证技术的应用效果并提升其成熟度；有必要推动形成科学的技术标准，保障 CCUS 技术应用的长期安全性；有必要探索建立有效的法律框架和监管体系，为全流程 CCUS 技术示范的开展和未来的应用提供保障。

为促进中国 CCUS 技术的发展，我们组织有关单位和专家编写了《碳捕集、利用与封存技术进展丛书》，包括《碳捕集、利用与封存技术——进展与展望》、

《中国碳捕集、利用与封存技术发展路线图研究》、《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》等，旨在梳理和综述当前全球和中国 CCUS 技术发展现状，辨识 CCUS 技术未来发展的重点方向和路线，探索并提出 CCUS 技术相关政策、监管制度和标准的建议等。丛书凝聚了中国 CCUS 技术领域众多专家学者的智慧和心血，具有较强的参考价值，希望能对国内相关科研机构、有关企业以及相关领域的研究与实践起到积极的促进作用。

前 言

全球气候变化深刻影响着人类的生存和发展，是世界各国共同面临的重大挑战。各国只有采取有效的措施大幅度减少温室气体尤其是二氧化碳（CO₂）的排放，全球控制气候变化的目标才可能实现。碳捕集、利用与封存（CCUS）技术作为近年来兴起的重要温室气体减排技术，引起了各国政府、国际组织、研究机构越来越多的关注。为了让广大读者更好地了解 CCUS 技术，在中欧煤炭利用近零排放发电技术合作项目（NZECC）、中欧碳捕集与封存技术合作项目（COACH）、中欧碳捕集与封存政策法规研究项目（STRACO₂）等近年来中国参与的一系列 CCUS 相关技术和能力建设国际合作项目成果的基础上，我们组织编写了本书。

本书共分 6 章：第 1 章阐述了气候变化背景下 CCUS 技术对长期减排的潜在作用，归纳了当前对 CCUS 技术发展存在的一些争议。第 2 章回顾了 CCUS 技术的发展历程，介绍了欧盟、美国、澳大利亚等国 CCUS 技术的发展现状，分析了全球 CCUS 技术领域科研论文和技术专利发表的情况。第 3 章从 CO₂ 的捕集、运输、利用和封存四个技术环节入手，详细介绍了 CCUS 的整个技术流程，并对各技术环节辅以典型案例和成本分析。第 4 章总结了国内 CCUS 技术研发和相关工程实践，梳理了中国在 CCUS 技术研发与示范领域所取得的进步。第 5 章梳理和归纳了欧盟、美国、澳大利亚等地 CCUS 相关的政策法规框架，分析和探讨了 CCUS 领域的资金需求和融资途径；并在分析中国 CCUS 法规现状的基础上，提出了我国未来 CCUS 技术发展面临的政策需求。第 6 章介绍了国际主要国家和地区的 CCUS 技术路线图，并基于 CCUS 技术发展的障碍和驱动力分析，展望了未来 CCUS 技术发展有待解决的问题。

本书是众多专家学者集体智慧的结晶。第 1 章由翟融融、高林、曲建升、曾静静等参与撰写；第 2 章由胥蕊娜、翟融融、曲建升、曾静静、张九天、贾莉等

参与撰写，翟融融负责统稿；第3章由翟融融、高林、彭勃、李小春、刘练波等参与撰写，翟融融负责统稿；第4章由彭斯震、张九天、高新全、贾莉、仲平、王文涛、何霄嘉等参与撰写，仲平负责统稿；第5章由邹乐乐、尹乐、胥蕊娜等参与撰写，邹乐乐负责统稿；第6章由张军、郭士伊、胥蕊娜、李桂菊等参与撰写，仲平、郭士伊负责统稿。此外，孙峥、冀晓洲、胡忠良、朱勇、李晨等协助开展了资料搜集、文献整理等工作。

在本书编写的过程中，我们力求兼顾众多读者的需要，使其既可作为了解CCUS技术的科普读物，也可作为从事CCUS相关工作的项目管理、开发、咨询人员以及相关领域的教学和研究人员参考书。

CCUS技术涉及多学科，综合性很强，由于本书编著者专业和水平有限，对诸多问题的理解难免不尽准确，如有不妥之处，恳请批评指正。

编者

2012年3月

目 录 CONTENTS

总序

前言

001 第1章 绪论

- 1.1 温室效应及其对气候的影响 1
- 1.2 CO₂ 的排放状况 4
- 1.3 主要减排手段 7
- 1.4 CCUS 技术对长期减排的潜在作用 10
- 1.5 CCUS 技术的争议 14
- 参考文献 15

017 第2章 国际 CCUS 技术发展现状

- 2.1 CCUS 技术发展历程 19
- 2.2 主要国家的 CCUS 发展概况 26
- 2.3 CCS 领域论文和专利状况 48
- 参考文献 50

052 第3章 CCUS 技术流程介绍

- 3.1 CO₂ 捕集 52
- 3.2 CO₂ 运输 65
- 3.3 CO₂ 封存 72
- 3.4 CO₂ 资源化利用 85
- 参考文献 97

099 第4章 中国 CCUS 技术研发与工程实践

- 4.1 国家主体科技计划有关项目安排 100

| | | |
|------------|-----------------------------------|-----|
| | 4.2 中国 CCUS 技术试点示范 | 102 |
| | 4.3 中国开展的 CCUS 国际科技合作 | 109 |
| | 参考文献 | 113 |
| 114 | 第 5 章 CCUS 政策法规与投融资机制 | |
| | 5.1 CCUS 相关国际法律、法规现状 | 114 |
| | 5.2 中国现行法规与 CCUS | 138 |
| | 5.3 融资机制 | 145 |
| | 5.4 公众意识 | 151 |
| | 5.5 中国 CCUS 技术发展与应用面临的政策需求 | 153 |
| | 参考文献 | 162 |
| 164 | 第 6 章 前景与展望 | |
| | 6.1 CCUS 发展前景——CCUS 技术发展路线图 | 164 |
| | 6.2 影响未来前景的共性与特性问题 | 178 |
| | 6.3 CCUS 在中国发展面临的机遇 | 182 |
| | 6.4 中国 CCUS 技术发展障碍分析 | 184 |
| | 参考文献 | 188 |
| 190 | 附录 1 CCUS 重要事件年表 | |
| 192 | 附录 2 缩略词 | |
| 195 | 附录 3 全球大规模全流程 CCUS 项目清单 | |

本章提要：工业革命以来，人类活动导致大气中温室气体急剧增加，并对全球气候产生了深远影响。气候变化可能带来很多灾难性后果，威胁全人类的生存和发展。减少以 CO_2 为主的温室气体的排放可通过提高能源利用效率、发展可再生能源、增加碳汇等技术手段实现。碳捕集、利用与封存 (CCUS) 技术能够实现化石能源利用中 CO_2 的近零排放，为较短时间内大规模减排 CO_2 提供了一种可能的战略性技术选择。但是，CCUS 技术目前还存在一些不足，因此加强技术研发和示范以解决这些问题应是现阶段推动该技术发展的重点。

1.1 温室效应及其对气候的影响

1.1.1 温室效应

地表在吸收了部分太阳能之后温度升高，会把部分能量以辐射的形式散发到大气中，而这种能量辐射是以红外线的形式进行的。大气中的温室气体能让太阳短波辐射顺利通过，但是却能够把部分向外层空间辐射的红外线阻挡下来，这样能量就被“关”在了地表和大气层之间，如图 1-1 所示。这种大气通过对辐射的选择性吸收而使地面温度上升的效应称为“温室效应”。自然界中合理的温室效应在某种程度上讲是非常必要的。因为大气层中的温室气体是地球身上的“棉衣”，它使地球在茫茫宇宙中成为一颗温暖的适宜于人类居住的星球。

地球表面大气的组成比较复杂，其中有温室效应的气体被称为温室气体。1997 年，《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 第三次缔约国大会在日本召开。大会通过的《京都议定书》中明确提出，针对二氧化碳 (CO_2)、甲烷 (CH_4)、氧化亚氮 (N_2O)、氢氟碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs) 及六氟化硫 (SF_6) 六种温室气体进行削减，其中，后三类气体造成温室效应的能力最强；但对全球升温的贡献百分比来说， CO_2 所占的比例最大，约为 55%。因此，减少 CO_2 排放被认为是控制全球升温的重要手段之一。

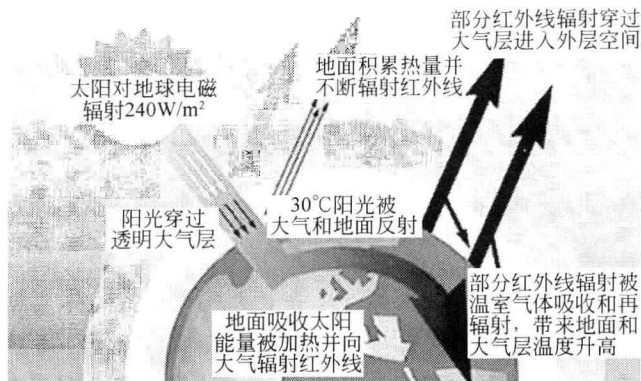


图 1-1 温室效应简图

资料来源:百度百科. <http://baike.baidu.com/albums/3198/3198.html#241812%2e6fa738880a138fd562258c>

1.1.2 温室效应对气候的影响

适量的温室气体对于人类的生存至关重要。如果没有大气层的保温作用,白天地球表面的平均气温将由目前的 15°C 降为 -18°C , 夜晚的温度将更低。然而工业革命以来,人类活动使地球上温室气体的排放大幅度增加,导致的最直接后果就是全球气候变暖。人类活动主要在两方面造成气候变暖:一方面,因人类活动排放温室气体造成的其在大气中的浓度上升,使温室效应增强,导致全球变暖;另一方面,地表植被遭到人类的破坏或改造,使得地面吸收太阳能的能力增强,导致全球变暖。

气候变暖会引起很多严重的后果,图 1-2 总结了与全球平均温度变化有关的可能影响,这些影响将因适应范围、温度变化速率和社会经济发展方式的不同而异^[1],主要体现在以下方面:

(1) 海平面升高。根据世界各地观测的数据,在过去 100 年间,全球海平面大约以每年 1.5mm 的速度上升。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)从 1990 年开始计算,预测到 2100 年海平面上升的三个阶段预测值如表 1-1 所示,出现多种估值的主要原因是目前观测数据不完善和对海平面上升原因认识不足^[2]。海平面上升可直接导致低地被淹、海岸侵蚀加重、排洪不畅、土地盐渍化和海水倒灌等问题。如果地球温度按现在的速度继续升高,预计到 2050 年,南北极冰山将大幅融化,上海、东京、纽约和悉尼等沿海城市将被淹没。

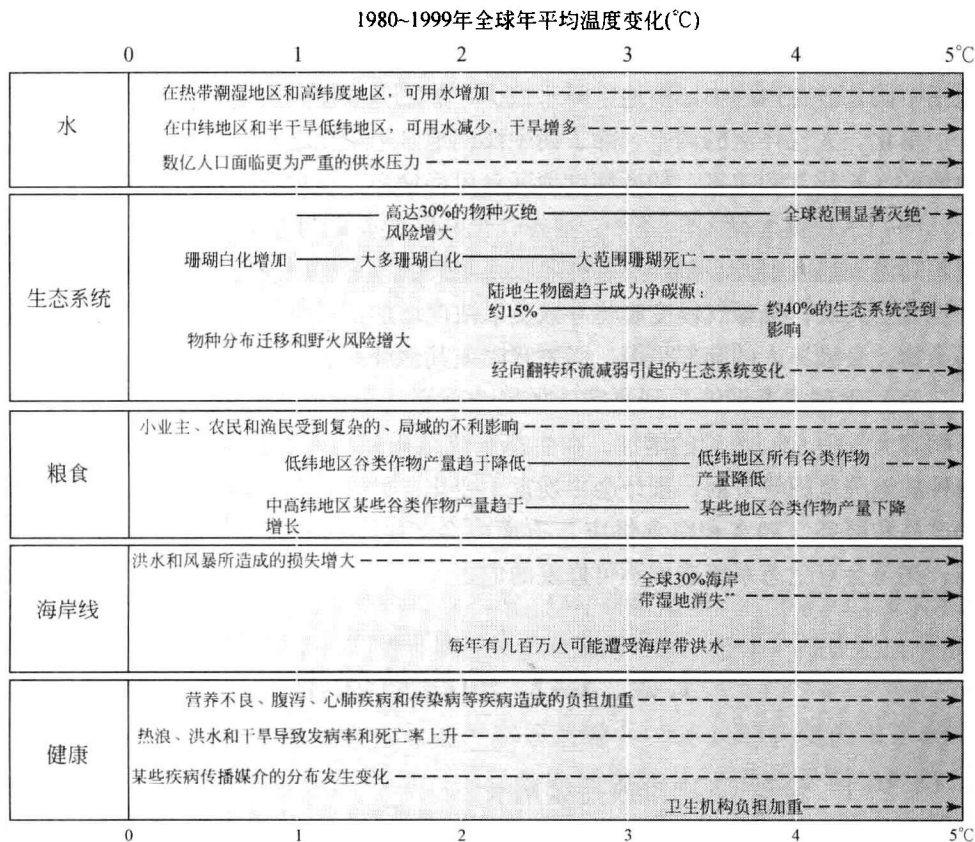


图 1-2 全球气候变化可能产生的影响

注: ①这里的显著定义为 40% 以上的概率; ②基于 2000 ~ 2008 年海平面平均上升速度 4.2mm/a。

上图针对气候变化(海平面及相关的大气 CO₂) 预估的全球影响的解释性实例, 这些影响与 21 世纪全球平均地表温度的不同增加量相关。黑线用于把不同的影响联系起来; 虚线箭头表示随着温度的升高而持续的影响, 所有陈述的可信度水平均为高

表 1-1 到 2100 年海平面上升的三个阶段预测值 (单位: cm)

| 阶段 | 2030 年 | 2070 年 | 2100 年 |
|------|--------|--------|--------|
| 高估计 | 29 | 71 | 110 |
| 最佳估计 | 18 | 44 | 66 |
| 低估计 | 8 | 21 | 13 |

(2) 淡水资源减少。地球上绝大部分的淡水以冰的形式保存在南北两极和一些高海拔的山地上, 是地球上的固体水库。冰川消融将会导致固体水资源的储

量减少，造成淡水资源短缺。

(3) 气候带向极地扩展和全球大气环流调整。气候带向极地扩展，将导致包括中国北方在内的中纬度地区降水减少，加之升温使蒸发增强，这些地区将趋于干旱化。大气环流的调整，除了使中纬度地区干旱化之外，还可能造成世界其他地区气候异常和灾害，如低纬度地区台风将增强、台风源地将向北扩展等。

(4) 人体健康受到危害^[3]。首先，全球气候变暖直接导致部分地区夏天出现超高温，这将引发心脏病及各种呼吸系统疾病，这些疾病每年将会夺走很多人的生命。其次，全球气候变暖将导致臭氧浓度增加，低空中的臭氧是非常危险的污染物，会破坏人的肺部组织、引发哮喘或其他肺病。

(5) 地球生态系统受到影响。如果全球平均温度增幅超过 1.5 ~ 2.5℃，并伴随着大气中 CO₂ 浓度的增加，在生态系统结构和功能、物种的生态相互作用、物种的地理范围等方面，预计会出现重大变化；另外，在生物多样性、生态系统的产品和服务（如水和粮食供应）方面也会产生不利的后果。温度增幅如果更高，甚至会对生态系统造成不可修复的危害。

1.2 CO₂ 的排放状况

1.2.1 全球 CO₂ 排放持续增长

大量研究表明，工业革命以来，人类活动是导致大气中 CO₂ 浓度增加的主要原因。国际能源署（International Energy Agency, IEA）预测，在基准情景下，全球 CO₂ 排放量将从 2005 年的 26.6Gt 增加到 2030 年的 41.9Gt，平均每年净增加 1.83%。而且，近年来 CO₂ 排放呈加速增长的趋势，IEA 所做的这一增长预期还有可能过于保守。

2010 年，IEA 发布的世界能源统计数据^[4]（图 1-3）表明：至 2008 年，来自化石燃料消费产生的 CO₂ 排放量自 1973 年以来增长了将近 1 倍：从 1973 年的不足 15 000Mt 增长至 2008 年的 29 831Mt。其中，燃气和燃煤排放 CO₂ 的增长率都在 100% 以上，石油排放 CO₂ 的增长率较前两者稍缓，但也在 30% 左右。

从各燃料排放 CO₂ 所占的份额来看，煤炭从 1973 年的 34.9% 增加到 2008 年的 42.9%；天然气从 1973 年的 14.4% 增加到 2008 年的 19.9%；石油排放 CO₂ 所占的份额明显下降，从 1973 年的 50.6% 降至 2008 年的 36.8%，其主要原因是 20 世纪 70 年代以后爆发的石油危机。

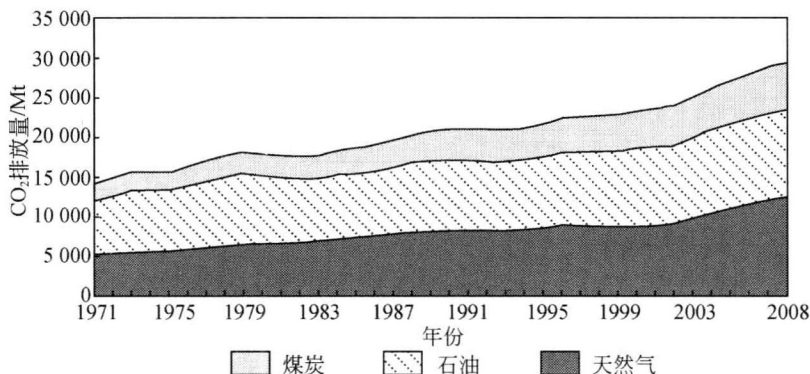


图 1-3 1971 ~ 2008 年世界化石燃料排放 CO₂ 的变化趋势

1.2.2 主要国家 CO₂ 排放状况

分析世界各国 CO₂ 排放数据可以发现，CO₂ 排放量和一个国家的工业化程度及人口数量成正比。下面从历史积累排放量和人均 CO₂（近年）排放量两个角度来评估世界主要国家的 CO₂ 排放情况。

从 1990 ~ 2007 年的 CO₂ 排放量的积累来看^[5]（表 1-2），美国以 3.385×10^6 Mt 的总排放量远远超过其他国家，是中国排放量（历史积累位列第二） 1.034×10^6 Mt 的 3 倍多。俄罗斯历史总排放量为 0.9665×10^6 Mt，与中国相近。从 1900 ~ 2007 年 CO₂ 排放量的全球历史积累来看，美国占 29.0%，中国占 8.9%，俄罗斯占 8.3%，德国占 6.6%，英国占 4.9%，日本占 4.7%。

表 1-2 1990 ~ 2007 年世界主要国家 CO₂ 排放总量（单位：Mt）

| 国家 | 美国 | 中国 | 俄罗斯 | 德国 | 英国 | 日本 |
|-----|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 排放量 | 3.385×10^6 | 1.034×10^6 | 0.9665×10^6 | 0.768×10^6 | 0.5748×10^6 | 0.5146×10^6 |

如按人口平均计算 CO₂ 排放量，中国则大大低于世界平均水平，以 2007 年为例，如表 1-3 所示。

表 1-3 2007 年世界主要国家人均 CO₂ 排放量（单位：t/人）

| | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 国家 | 美国 | 加拿大 | 澳大利亚 | 俄罗斯 | 德国 | 日本 | 韩国 |
| 排放量 | 26.4 | 24.9 | 21.2 | 16.3 | 12.5 | 12.9 | 15.6 |
| 国家 | 南非 | 阿根廷 | 土耳其 | 巴西 | 印度 | 埃及 | 中国 |
| 排放量 | 9.7 | 6.1 | 5.1 | 2.6 | 1.3 | 3.1 | 5.2 |

从表 1-3 可以看出, 在与已经实现工业化的发达国家的比较中, 中国的人均 CO₂ 排放量处于较低水平, 2007 年中国的人均 CO₂ 排放量约为美国的 20%、加拿大的 21%、澳大利亚的 25%、俄罗斯的 32%、德国的 42%、日本的 40%、韩国的 33%。与正在实现工业化的发展中国家相比, 中国的人均 CO₂ 排放量处于中等水平, 2007 年中国的人均 CO₂ 排放量与土耳其近似, 高于巴西、印度和埃及, 但低于南非和阿根廷。

虽然中国的人均 CO₂ 排放量很低, 但由于中国人口基数大, 随着中国经济的高速增长, 能源消耗总量也越来越多, 其 CO₂ 的年排放量已占世界总排放量相当大的份额。从图 1-4^[6] 可以看出, 1973 年中国 CO₂ 排放量仅占世界总排放量的 5.7%, 到 2008 年却占世界总排放量的 22.3%。作为负责任的大国, 中国很有必要发展低碳能源技术以控制 CO₂ 的排放量的过快增长。

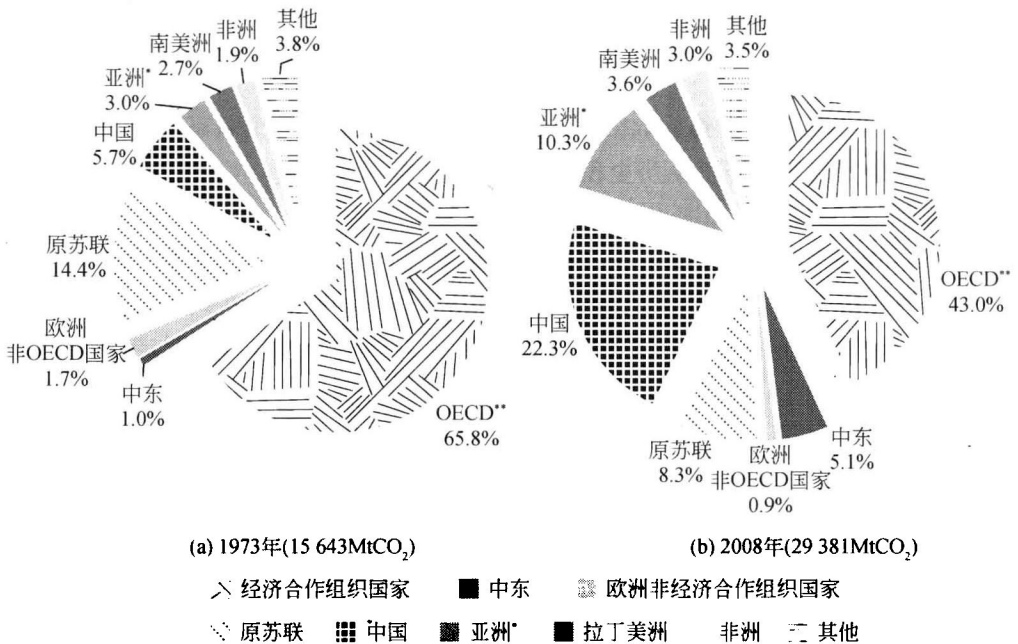


图 1-4 1973 年和 2008 年按区域 CO₂ 排放量分布

* 不包括中国的亚洲国家; ** 经济合作组织国家; 计算采用 IEA 的能量平衡公式和 1996 年修订的 IPCC 指导方针, 只包含化石燃料燃烧的 CO₂ 排放, 不包括中国的亚洲地区

1.2.3 中国主要行业 CO₂ 排放状况

2010 年中国科学院发布了首份按行业估算的 CO₂ 排放量名单, 估算了全国

42 个产业部门因煤炭、石油和天然气消费而排放的 CO₂。研究结果^[7]显示，总的 CO₂ 排放量中，排在前五位的产业部门及其占 CO₂ 排放总量的比例分别是：电力、热力的生产和供应业，占 40.1%；石油加工、炼焦及核燃料加工业，占 15.7%；黑色金属冶炼及压延加工业，占 7.3%；非金属矿物制品业，占 6.7%；化学原料及化学制品制造业，占 6%。

在中国的能源消费结构中，煤炭的消费占绝对的比例，一直维持在 65% 以上，约相当于世界平均水平的 2.5 倍。而相同热值煤炭温室气体排放量是石油的 1.24 倍，是天然气的 1.75 倍，这种以煤炭为主的能源消费结构无疑会增加 CO₂ 的排放量。电力行业是煤炭消耗和 CO₂ 排放大户，2005 年全国产煤 2.19×10^9 t，火电厂耗煤超过 1.1×10^9 t，比例超过 50%。2007 年，全国全口径发电量达到 32 559 亿 kW·h，全社会用电量达到 32 458 亿 kW·h^[8]，按 1kW·h 电产生 0.997kg CO₂ 计算，2007 年电力行业共产生 CO₂ 32.461 亿 t，接近当年全国 CO₂ 排放量的一半。中国以煤为主的能源结构在未来相当长的时期内难以改变，因此，减少煤炭使用排放的 CO₂ 是发展低碳能源技术的重中之重。

1.3 主要减排手段

控制温室气体特别是 CO₂ 的排放量，人类可采取的措施是减少化石燃料的消耗，或者改进现有技术的能源和利用效率。但是，化石燃料转化的热能和电能与当今社会生活密不可分，所以任何试图限制或减少能量消耗的决策都将面临困难。目前普遍认为可能控制 CO₂ 排放的措施主要包括四类：提高能源利用效率、发展可再生能源、提高碳汇的吸收能力和发展 CCUS 技术。

1.3.1 提高能源利用效率

人类的生产生活与能源息息相关，在能源需求总量保持不变甚至增加的情况下，提高能源转换效率是一种可行的减少 CO₂ 排放的措施。提高能源利用效率可以在包括电力、建筑、交通运输等的各个行业以及生活的方方面面发挥作用。

(1) 能源转换行业。电力、热力等能源转换行业排放的 CO₂ 约占全国 CO₂ 排放总量的 40% 以上，是 CO₂ 减排的关键部门之一。同时，提高能源转换行业的能源利用效率是实现全社会、各行各业减排的重要突破口。

(2) 建筑行业。统计数据表明，近几年，中国建筑能耗的总量逐年上升，占全社会终端能耗的比例已从 20 世纪 70 年代末的 10%，上升到近年的 27.8%。