

Zhejiang Energy Conservation
and Low Carbon Development Report

浙江节能低碳发展报告

◎ 黄东风 余孝云 何斯征 姚焱彬 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

本书得到浙江省科技厅计划项目“浙江省可再生能源的研究与应用创新团队建设(2009F20020)”和 2014 年度浙江省科协“育才工程”的资助

浙江节能低碳发展报告

黄东风 余孝云 何斯征 姚焯彬 编著

 ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

浙江节能低碳发展报告 / 黄东风等编著. —杭州:
浙江大学出版社, 2016. 4
ISBN 978-7-308-15402-4

I. ①浙… II. ①黄… III. ①节能—区域经济发展—
研究报告—浙江省 IV. ①F127.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 290646 号

浙江节能低碳发展报告

黄东风 余孝云 何斯征 姚焯彬 编著

责任编辑 石国华
责任校对 韦 伟
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州星云光电图文制作有限公司
印 刷 杭州杭新印务有限公司
开 本 710mm×1000mm 1/16
印 张 11.5
字 数 220 千
版 印 次 2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-15402-4
定 价 48.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式:0571-88925591; <http://zjdxbs.tmall.com>

前 言

环境污染、温室气体排放是经济发展过程中不得不面对之痛,环保、低碳发展理念应运而生。1896年,瑞典科学家阿伦尼乌斯警告说,二氧化碳排放量可能会导致全球变暖。直到20世纪70年代,随着科学家们逐渐深入了解地球大气系统,这个问题才引起了大众的广泛关注。1988年,联合国环境规划署和世界气象组织成立了政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)。1992年6月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会签署了《联合国气候变化框架公约》。1997年,《京都议定书》达成,使温室气体减排成为发达国家的法律义务。2014年,在秘鲁首都利马举行《联合国气候变化框架公约》第20次缔约方会议(COP20),中国政府提出2016—2020年中国将把每年二氧化碳排放量控制在100亿吨以下。2015年巴黎气候大会达成了覆盖近200个国家的全球减排协议——《巴黎协定》。

本书基于全球气候变化的背景,简述了全球和中国碳排放现状,借鉴欧盟、德国、丹麦、日本、美国的节能减排经验,深入剖析浙江省杭州、宁波、嘉兴等11个地市社会经济发展、能源消费与碳排放情况,分析节能减排潜力,预测浙江省与省内各地市未来能源消费量,提出节能低碳发展路径,构建浙江节能低碳预测评估系统。

本书可为政策制定者、相关专业人士及对节能低碳感兴趣的读者提供参考。

编著者

2015年10月

目 录

第 1 章 气候变化与碳排放	(1)
1.1 气候变化	(1)
1.2 全球碳排放现状	(6)
1.3 全球碳减排进程与趋势	(17)
1.4 中国碳排放现状	(26)
1.5 研究动态	(30)
第 2 章 国外的实践经验	(34)
2.1 欧盟	(34)
2.2 德国	(42)
2.3 丹麦	(47)
2.4 日本	(52)
2.5 美国	(56)
第 3 章 浙江省区域发展特征	(61)
3.1 全省概况	(61)
3.2 各市概况	(73)
3.3 聚类分析	(143)
第 4 章 浙江省节能低碳发展路径	(147)
4.1 发展预测	(147)
4.2 发展路径	(151)

第 5 章 浙江省节能低碳预测评估系统	(156)
5.1 系统功能	(156)
5.2 关键技术	(157)
5.3 数据库设计	(160)
5.4 构建模型	(163)
5.5 节能低碳预测评估系统	(166)
5.6 系统开发环境	(167)
5.7 节能低碳预测评估系统成果	(167)
第 6 章 浙江节能低碳发展总结与建议	(168)
6.1 总结	(168)
6.2 建议	(171)
参考文献	(174)
索 引	(176)

第 1 章 气候变化与碳排放

1.1 气候变化

1.1.1 定义

气候变化是指气候状态的变化,而这种变化可通过其平均值或变率的变化予以判别(如通过统计检验),这种变化会持续较长的一段时期,通常为几十年或更长时间。气候变化的原因可能是由自然的内部进程或外部强迫引起的,如太阳周期的改变、火山喷发等,或是持续人为活动引起的大气成分或土地利用的变化。《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)第一条将气候变化定义为:“在可比时期内所观测到的自然气候变率之外的直接或间接归因于人类活动而改变全球大气成分所导致的气候变化”。因此,UNFCCC 对可归因于人类活动改变大气成分后的气候变化与归因于自然原因的气候变化作了明确的区分。

气候变化主要表现为三个方面:全球气候变暖、酸雨、臭氧层破坏。其中全球气候变暖是人类目前最迫切需要解决的问题。

1.1.2 观测到的气候系统变化

气候系统的观测基于直接测量、卫星及其他平台的遥感手段。器测时代对全球温度和其他变量的观测始于 19 世纪中叶,1950 年以来的观测更为全面和丰富。

气候系统的变暖是毋庸置疑的。自 20 世纪 50 年代以来,观测到的许多变化在几百年乃至上千年时间里都是前所未有的:大气和海洋变暖,积雪和冰量减少,海平面上升,温室气体浓度增加。

IPCC 公布的《气候变化 2014 影响、适应和脆弱性——决策者摘要》中提出了大气、海洋、冰冻圈、海平面、碳和其他生物地球循环等气候系统变化。

1. 大气

全球平均陆地和海洋表面温度的线性趋势计算结果表明,在 1880—2012 年期间全球温度升高了 $0.85[0.65\sim 1.06]^{\circ}\text{C}$ 。1850—1900 年时期和 2003—2012 年时期的平均温度的总升温幅度为 $0.78[0.72\sim 0.85]^{\circ}\text{C}$ 。见图 1-1。全球几乎所有地区都经历了地表增暖。

1901 年以来,北半球中纬度陆地区域平均降水增加。在全球尺度上,冷昼和冷夜的天数已减少,而暖昼和暖夜的天数增加。在欧洲、亚洲和澳大利亚的大部分地区,热浪的发生频率可能增加。相对来说,更多陆地区域出现强降水事件的数量可能增加。在北美洲和欧洲,强降水事件的频率或强度可能均已增加。

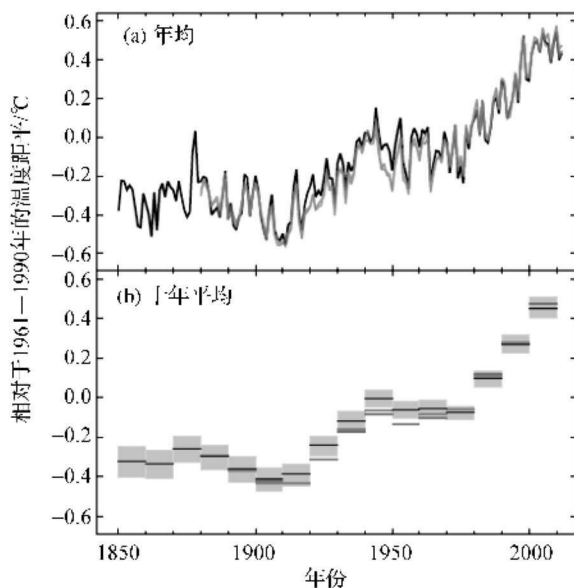


图 1-1 观测到的全球平均陆地和海表温度距平变化(1850—2012 年)^①

2. 海洋

海洋变暖在气候系统储存能量的增加中占主导地位,1971—2010 年占累积能量的 90% 以上。1971—2010 年,海洋上层(0~700 米)已经变暖。

^①数据来源:IPCC。

全球尺度上,海洋表层温度升幅最大。1971—2010 年,海洋上层 75 米以上深度的海水温度升幅为每十年 0.11°C 。自 IPCC 第四次评估报告以来,海洋上层温度记录中的仪器测量偏差得到发现和纠正,评估变化的可信度水平得以提高。

1957—2009 年间,海洋在 700~2000 米深度可能已经变暖。1992—2005 年期间,已有充分的观测结果可用于评估全球 2000 米以下海水温度的变化。在此期间,2000~3000 米的海洋没有观测到显著的温度变化趋势。海洋从 3000 米至洋底可能已经变暖,在南大洋观测到的海水温度升幅最大。

在观测数据相对充足的 1971—2010 年期间,气候系统增加的净能量中有 60% 以上储存在海洋上层(0~700 米),另有大约 30% 储存在 700 米以下。通过线性趋势估算,在此时期,海洋上层的热含量可能增加了 17×10^{22} 焦耳。

自 20 世纪 50 年代以来,以蒸发为主的高盐度海区的海水已变得更咸,而以降水为主的低盐度海区的海水已变得更淡。

3. 冰冻圈

过去 20 年以来,格陵兰冰盖和南极冰盖的冰量一直在减少,全球范围内的冰川几乎都在继续退缩,北极海冰和北半球春季积雪范围在继续缩小。

在 1971—2009 年间,全世界冰川的冰量损失平均速率可能是每年 226Gt,在 1993—2009 年间可能是每年 275Gt。

格陵兰冰盖的冰量损失平均速率可能已从 1992—2001 年间的每年 34Gt 大幅度增至 2002—2011 年间的每年 215Gt。

南极冰盖的冰量损失平均速率可能从 1992—2001 年间的每年 30Gt 增至 2002—2011 年间的每年 147Gt。这些冰量损失可能主要发生在南极半岛北部和南极西部的阿蒙森海区。

1979—2012 年间北极年均海冰范围在缩小,缩小速率很可能是每十年 $3.5\% \sim 4.1\%$,夏季最低海冰范围很可能每十年缩小 $9.4\% \sim 13.6\%$ 。北极海冰每十年平均范围的平均减少速度在夏季最高。在 1979—2012 年期间,南极平均海冰范围很可能以每十年 $1.2\% \sim 1.8\%$ 的速度增加。这一速率存在很大的区域差异,有些区域在增加,有些区域在减小。

自 20 世纪中叶以来,北半球积雪范围已缩小。在 1967—2012 年时期,北半球 3 月和 4 月份平均积雪范围每 10 年缩小 1.6% ,6 月份每 10 年缩小 11.7% 。

自 20 世纪 80 年代以来,大多数地区多年冻土温度已升高。在阿拉斯加北部一些地区,观测到的升温幅度达到 3°C ,俄罗斯的欧洲北部地区达到 2°C 。在俄罗斯的欧洲北部地区,1975—2005 年期间已观测到多年冻土层厚度和范围大幅减少。见图 1-2。

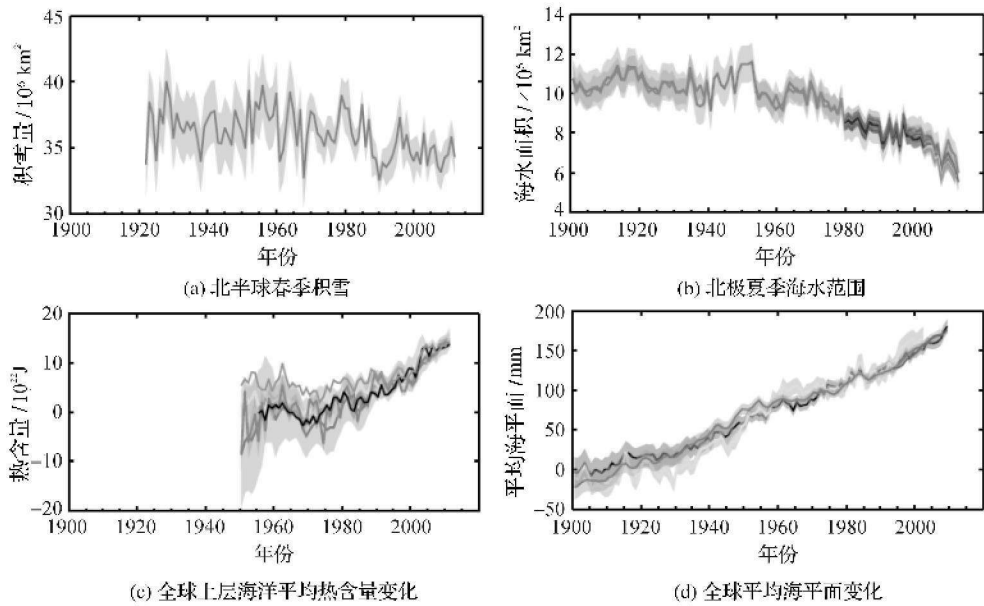


图 1-2 观测到的多项全球气候变化指标^①

(a)北半球 3—4 月(春季)平均积雪范围;(b)北极 7—9 月(夏季)平均海冰范围;(c)调整到 2006—2010 年时段相对于 1970 年所有资料集平均值的全球平均海洋上层(0~700m)热含量;(d)相对于 1900—1905 年最长的连续资料集平均值的全球平均海平面,所有资料集均调整为 1993 年(即有卫星高度仪资料的第一年)的相同值。

4. 海平面

20 世纪中叶以来,海平面上升速率比过去两千年来的平均速率高。1901—2010 年期间,全球平均海平面上升了 0.19 米。

全球平均海平面上升速率在 1901—2010 年间的平均值为每年 1.7 毫米,1971—2010 年间为每年 2.0 毫米,1993—2010 年间为每年 3.2 毫米。

20 世纪 70 年代初以来,观测到的全球平均海平面上升的 75%可以由冰川

^①数据来源:IPCC。

冰量损失和因变暖导致的海洋热膨胀来解释。1993—2010 年间全球平均海平面上升与观测到的海洋热膨胀、冰川、格陵兰冰盖、南极冰盖以及陆地水储量变化的总贡献一致。这一总贡献为每年 2.8 毫米。

5. 碳和其他生物地球化学循环

二氧化碳、甲烷和氮氧化亚氮的大气浓度至少已上升到过去 80 万年以来的最高水平。自工业化以来,二氧化碳浓度已增加了 40%。这首先是由于化石燃料的排放,其次是由于土地利用变化导致的净排放。海洋已经吸收了大约 30% 的人为二氧化碳排放,这导致了海洋酸化。如图 1-3 所示。

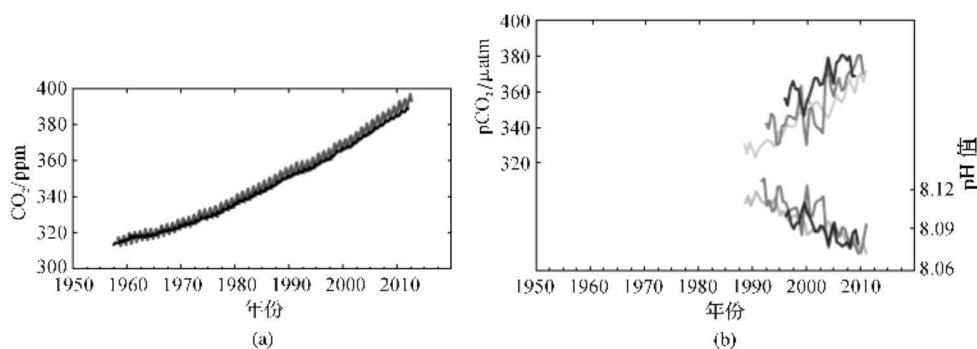


图 1-3 观测到的多项全球碳循环的变化指标^①

- (a) 从 1958 年起在莫纳罗亚(淡色曲线)和南极(深色曲线)观测到的大气二氧化碳浓度
 (b) 海洋表面溶解的二氧化碳分压(上曲线)和实地 pH 测量值(下曲线,测量海水酸度)

自 1750 年以来,由于人类活动,大气中二氧化碳、甲烷和氧化亚氮等温室气体的浓度已增加。2011 年,上述温室气体浓度依次为 391ppm^②、1803ppb 和 324ppb,分别超过工业化前水平约 40%、150%和 20%。

2002—2011 年期间,因化石燃料燃烧和水泥生产造成的 CO₂ 年平均排放量为 8.3Gt,2011 年是 9.5Gt,比 1990 年水平高出 54%。在 2002—2011 年期间,因人为土地利用变化产生的 CO₂ 年净排放量平均为每年 0.9Gt。

^①数据来源:IPCC。

^②ppm(百万分之一)或 ppb(十亿分之一)是温室气体分子数与干燥空气的分子总数之比。例如,300ppm 是指干燥空气中每百万个分子中有 300 个某一温室气体的分子数。

1750—2011年,因化石燃料燃烧和水泥生产而产生的 CO_2 排放量为375Gt,因毁林和其他土地利用变化释放的约为180Gt。这使得人为 CO_2 排放量约为555Gt。

在人为 CO_2 排放累积量中,已有240Gt累积在大气中,有155Gt被海洋吸收,而自然陆地生态系统累积了160Gt。

海洋酸化可用pH值的下降来度量。自迈入工业化时代以来,海表水的pH值已经下降了0.1,相当于氢离子浓度增加了26%。

1.2 全球碳排放现状

根据国际能源署(IEA)发布的《化石燃烧引起的二氧化碳排放》(2014版),气候学家观测到,工业化时期前大气中二氧化碳浓度相对稳定,近一个世纪以来,大气中二氧化碳浓度持续增加。2013年,大气中二氧化碳浓度达到396ppmV,比1850年高出40%,近十年间年均增长2ppmV。甲烷(CH_4)和氧化亚氮(N_2O)排放量也大幅增长。

1.2.1 能源消费与温室气体

人类活动是目前为止最大的温室气体排放源,其次是农业。农业主要排放物是畜禽养殖带来的甲烷(CH_4)和谷物生长产生的氧化亚氮(N_2O)。不消耗能源的工业过程的排放物主要是氟化物和 N_2O 。见图1-4。

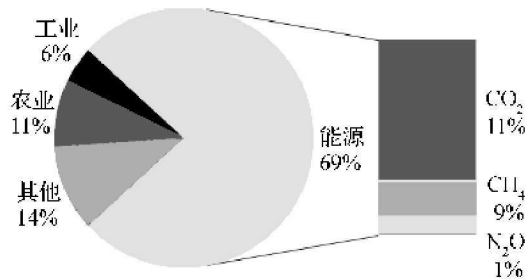


图 1-4 2010 年全球温室气体比例^①

注:其他包括大范围生物质燃烧、植物腐烂等非农业间接排放。

^①数据来源:IEA。

能源消费产生的 CO₂ 中,附件一国家^①的贡献为 3/4, 占全球排放量的 70%。由于产业结构不同,各国排放量比例不同。

随着经济发展,全世界能源需求不断增长。2012 年全球一次能源供应是 1971 年的两倍,主要来自化石燃料。见图 1-5。

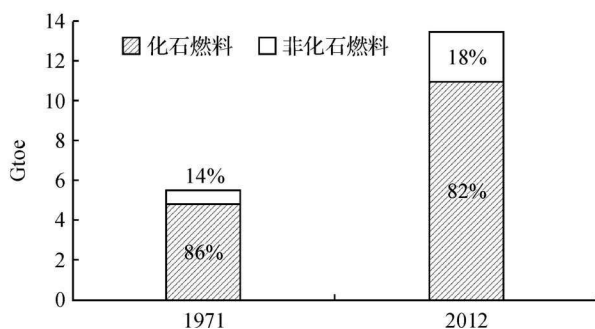


图 1-5 世界一次能源供给^②

尽管非化石能源(例如核电和水电)比重有所增长,但近 41 年来化石能源在世界能源供应中的比例一直居高不下。2012 年,化石燃料在全球一次能源供应中占 82%。

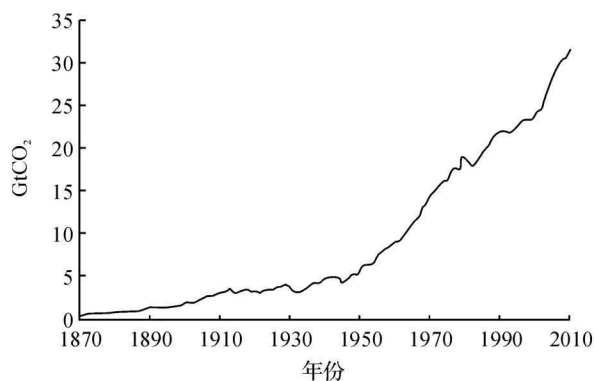


图 1-6 化石燃料燃烧的 CO₂ 排放^③

对化石燃料的需求持续增长是 CO₂ 排放居高不下的主要原因。受工业革命影响,2012 年化石燃料燃烧排放的 CO₂ 量达到 32Gt。见图 1-6。

^①附件一国家是 1992 年 UNFCCC 确定的奥地利、澳大利亚、比利时、保加利亚、加拿大、克罗地亚、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、英国、美国等国家。详见 www.unfccc.int。

^②数据来源:IEA。

^③数据来源:全球 CO₂ 信息中心。

1.2.2 碳排放趋势

2012年,全球CO₂排放量为31.7Gt,年增长率为1.2%,是自2000年起至2012年年均增长率的1/2,比2010年增长4个百分点。

非附件一国家排放量增长了3.8%,阿拉伯国家排放量增长低于2011年,附件一国家排放量降低了1.5%。2012年,全球CO₂排放增加了0.4Gt,主要来源于非附件一国家的煤炭和油类消费。见图1-7。

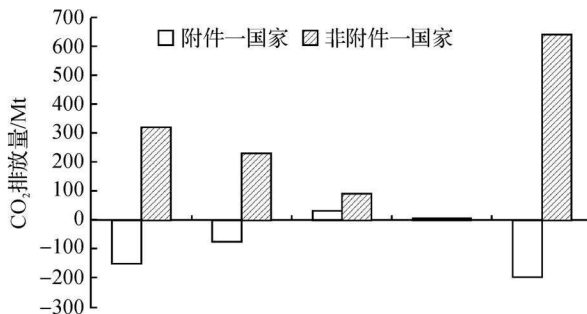


图 1-7 CO₂ 排放变化(2011—2012年)^①

1.2.3 化石燃料排放

2012年煤炭在世界一次能源供应中占29%。由于碳含量高,煤炭消费产生的CO₂排放量占全球CO₂排放量的44%。全球一次能源供应中的18%来自含碳化石燃料。与天然气相比,煤炭的平均排放量是其两倍。见图1-8。

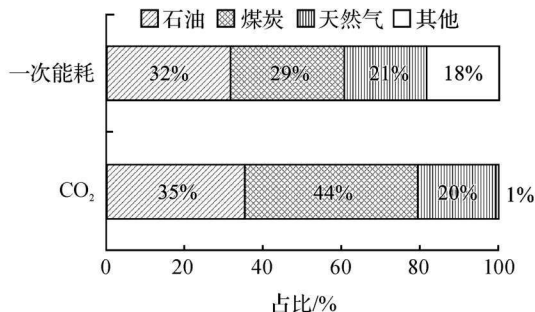


图 1-8 世界一次能源供给和 CO₂ 排放:2012 年燃料份额^①

注:其他包括核电、水电、地热、太阳能、潮汐能、风能、生物燃料和垃圾发电。

^①数据来源:IEA。

在过去 10 年中,化石燃料排放的 CO₂ 量相对稳定。2002 年,石油仍然是最大的排放源,占比为 41%,比煤炭燃烧的排放量高 3 个百分点。

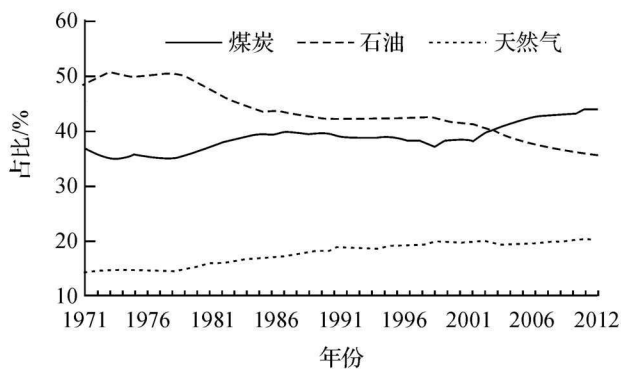


图 1-9 全球不同燃料排放的 CO₂①

2012 年,煤炭燃烧的 CO₂ 排放量增长了 1.3%,达到 13.9Gt。见图 1-9。在中国和印度等发展中国家,煤炭需求仍然很高,工业部门能源强度快速增长,相对其他短缺的能源而言,煤炭储量丰富。

1.2.4 分地区排放

2012 年,非附件一国家的 CO₂ 排放量占全球 CO₂ 排放量的 55%。地区间差异较大:中国排放量增长率为 3.1%,低于 2011 年;亚洲、非洲(5.6%)排放量快速增长;拉丁美洲(4.1%)和附件二亚太国家(2.5%)排放量增长相对平稳,附件二北美国家(-3.7%)、欧洲(-0.5%)和 EIT(-0.8%)排放增速趋减。见图 1-10。

全球碳排放的地区差异较大。2012 年,全球碳排放量中近 2/3 都是由 10 个国家贡献,其中中国占 26%,美国占 16%,远高于其他国家。中国和美国共排放了 13.3Gt CO₂。2012 年排放量排名前 10 个国家包括 5 个附件一国家和 5 个非附件一国家。见图 1-11。

由于地区和国家间经济和社会结构不同,单位人口排放量或单位 GDP 排放量差异较大。

①数据来源:IEA。

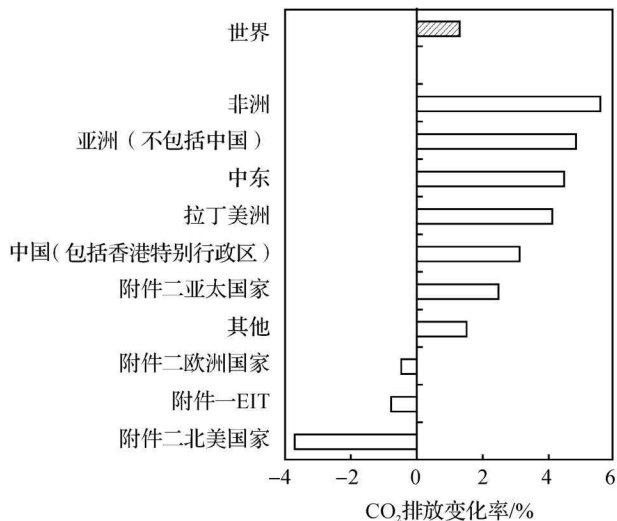


图 1-10 分地区 CO₂ 排放^①

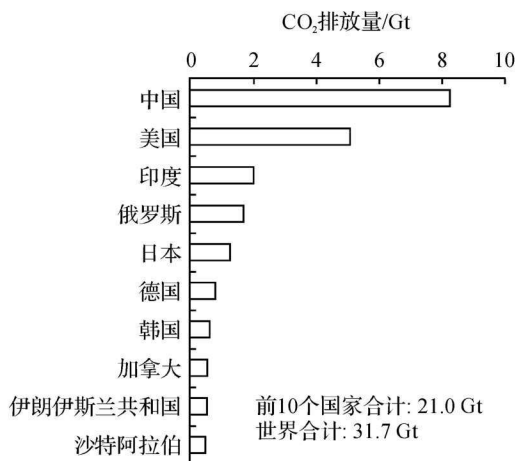
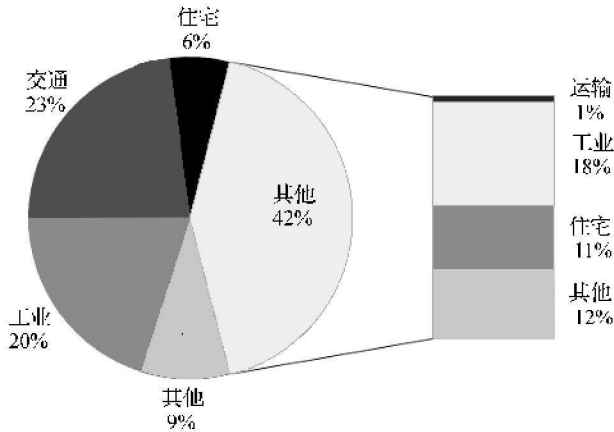


图 1-11 2012 年排放量排名前 10 个国家^①

1.2.5 分部门排放

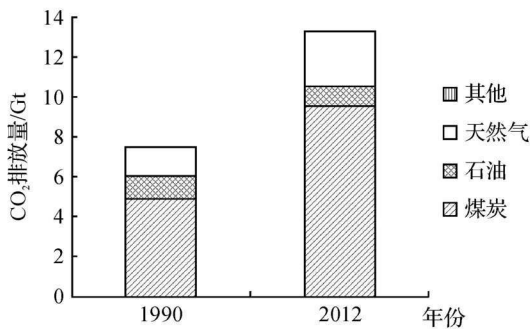
2012 年,发电供热和交通运输行业的碳排放占全球碳排放量的近 2/3,其中发电供热占 42%,交通占 23%。见图 1-12。

^①数据来源:IEA。

图 1-12 2012 年世界分行业 CO₂ 排放^①

注：其他包括商业/公共设施、工业/森林、渔业、非发电供热的能源行业等。

世界范围内发电供热的主要燃料是煤炭，是含碳量最高的化石燃料。澳大利亚、中国、印度、波兰和南非发电供热的燃料中 2/3 都来自煤炭。见图 1-13。

图 1-13 电力的 CO₂ 排放^①

2012 年，全球发电供热行业的 CO₂ 排放量比上年增长 1.8%，高于所有排放物增长率。自 1990 年开始，用于发电供热的油类比例稳步下降，天然气比例略有增加，煤炭比例快速提高，从 1990 年的 65% 提高到 2012 年的 72%。电力碳强度主要取决于燃料结构，包括清洁能源，如可再生能源和核电。

交通行业排放中增长最快的是道路交通，1990 年全球道路交通排在交通排放的占比为 64%，2012 年达到 75%。尽管一直呼吁限制国际运输碳排放，2012 年海运和航空燃料的碳排放比 1990 年分别增长了 66% 和 80%，高于陆地运输。

^①数据来源：IEA。