

中华人民共和国气候变化 第四次国家信息通报

2023年12月

序言

全球气候变化日趋严峻紧迫，对全人类的生存和发展带来广泛而深远的影响。《联合国气候变化框架公约》（以下简称《公约》）第4条及第12条规定，每一个缔约方都有义务提交本国的国家信息通报；《公约》第二十四次缔约方大会通过的第1/CP.24号决定进一步明确《巴黎协定》缔约方将继续履行《公约》国家信息通报相关义务。同时，根据2010年《公约》第十六次缔约方大会通过的第1/CP.16号决定，非附件一缔约方从2014年开始提交两年更新报告。中华人民共和国（以下简称“中国”）作为《公约》非附件一缔约方，积极履行应尽的国际义务和责任，已提交三次国家信息通报和两次两年更新报告，全面阐述了中国应对气候变化的主要政策与行动及其相关信息，报告了1994年、2005年、2010年、2012年和2014年国家温室气体清单。

报告基于《公约》第八次缔约方大会通过的有关非附件一缔约方国家信息通报编制指南，同时参考了《巴黎协定》强化透明度框架模式、程序和指南的最新要求，在广泛征求意见建议、反复进行讨论修改的基础上，经报国务院批准后，由国家应对气候变化主管部门生态环境部提交。

经中国政府批准的《中华人民共和国气候变化第四次国家信息通报》，分为国情及机构安排，国家温室气体清单，气候变化的影响与适应，减缓气候变化的政策与行动，资金、

技术和能力建设需求，实现《公约》目标的其他相关信息，香港特别行政区应对气候变化基本信息，澳门特别行政区应对气候变化基本信息等篇章，全面反映了中国与气候变化相关的国情，暂未包括中国台湾省应对气候变化基本信息。根据《公约》的有关决定，考虑到中国的实际情况和第三次国家信息通报截止年份，本报告给出的国家温室气体清单为2017年数据，其他章节有关现状的描述一般截至2020年底。根据中华人民共和国《香港特别行政区基本法》《澳门特别行政区基本法》，本报告中香港和澳门特别行政区基本信息分别由香港特别行政区政府环境保护署、澳门特别行政区政府地球物理暨气象局提供。

应对气候变化关乎全人类的生存发展和子孙后代福祉，需要国际社会各方同舟共济、各尽所能。中国于2020年提出“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”，并于2021年正式更新国家自主贡献，这需要中国做出艰苦卓绝的努力，充分体现了负责任发展中大国的使命与担当。中国于2021年10月出台《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030年前碳达峰行动方案》，各有关部门制定了分领域分行业实施方案和支撑保障政策，各省（自治区、直辖市）也都制定了本地区碳达峰实施方案，碳达峰碳中和“1+N”政策体系已经建立。

中国政府将一如既往地信守应对全球气候变化的承诺，坚持共同但有区别的责任原则、公平原则和各自能力原则，全面落实国家自主贡献新目标新举措，积极参与应对全球气候变化谈判，推动和引导建立公平合理、合作共赢的全球气候治理体系，深化气候变化多双边对话交流与务实合作，加强南南合作，支持其他发展中国家提高应对气候变化能力，共同构建人与自然生命共同体。

目 录

第一部分	国情及机构安排	1
第一章	自然条件与资源	1
第二章	社会与经济发展	5
第三章	国家发展战略与目标	11
第四章	国家应对气候变化组织机构	14
第二部分	国家温室气体清单	20
第一章	2017 年国家温室气体清单	20
第二章	分领域温室气体排放	26
第三章	数据质量及不确定性评估	36
第三部分	气候变化的影响与适应	40
第一章	气候变化特征、原因和未来趋势	40
第二章	气候变化影响与脆弱性评估	48
第三章	适应气候变化战略及目标	61
第四章	适应气候变化政策与行动	67
第四部分	减缓气候变化的政策与行动	76
第一章	控制温室气体排放目标与进展	76
第二章	加快推动能源结构调整优化	77
第三章	全面促进工业低碳转型	84
第四章	持续推进建筑领域绿色低碳发展	87
第五章	积极构建低碳交通体系	89
第六章	有效巩固和提升生态系统碳汇	92
第七章	不断加强非二氧化碳温室气体排放控制	94

第八章	大力推进减污降碳协同增效	97
第九章	加快推进控制温室气体排放体制与机制建设	99
第十章	“十四五”重点目标和任务	103
第五部分	资金、技术和能力建设需求	104
第一章	应对气候变化资金需求及获得的支持	104
第二章	应对气候变化技术需求及获得的支持	114
第三章	应对气候变化能力建设需求及获得的支持	124
第四章	应对气候变化资金、技术、能力建设的透明度需求	126
第六部分	实现《公约》目标的其他相关信息	128
第一章	气候系统观测	128
第二章	气候变化基础研究	133
第三章	教育、宣传与公众意识提高	137
第四章	国际交流与合作	141
第五章	应对气候变化南南合作	144
第七部分	香港特别行政区应对气候变化基本信息	147
第一章	基本区情	147
第二章	2017年香港温室气体清单	151
第三章	气候变化的影响与适应	159
第四章	减缓气候变化相关政策与行动	164
第五章	其他相关信息	169
第八部分	澳门特别行政区应对气候变化基本信息	173
第一章	基本区情	173

第二章	2017 年澳门温室气体清单	176
第三章	气候变化的影响与适应	181
第四章	减缓气候变化相关政策与行动	185
第五章	其他相关信息	188

第一部分 国情及机构安排

中国人口众多，幅员辽阔，气候条件复杂，生态环境脆弱，是最易受气候变化不利影响的国家之一。中国政府坚持贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，统筹推进经济建设、政治建设、文化建设、社会建设和生态文明建设，全力推进全面建成小康社会进程。作为负责任的发展中国家，中国政府高度重视全球气候变化问题，建立起了国家、地方及有关部门层面的应对气候变化组织机构，并建立了比较稳定的技术支撑机构和核心专家队伍，为编制和提交国家信息通报和两年更新报告提供了重要保障。

第一章 自然条件与资源

中国位于亚洲东部，太平洋西岸。陆地总面积约 960 万平方千米，海域总面积约 473 万平方千米。中国陆地边界长度约 2.2 万千米，大陆海岸线长度约 1.8 万千米。海域分布着大小岛屿 7600 个，面积最大的是台湾岛，面积 35759 平方千米。目前中国有 34 个省级行政区，包括 23 个省、5 个自治区、4 个直辖市、2 个特别行政区（图 1-1）。

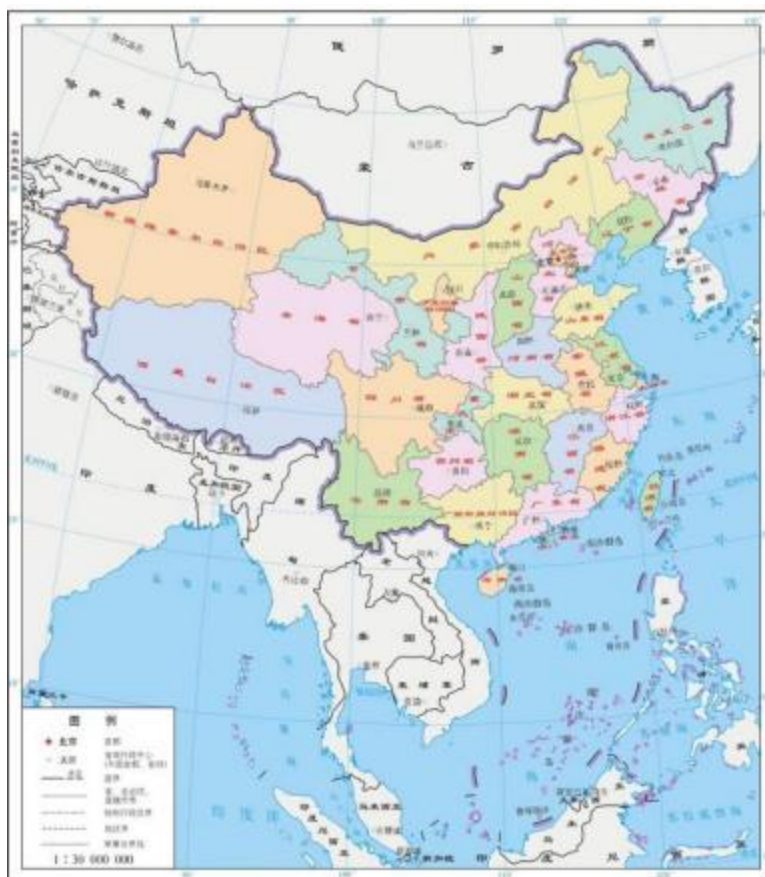


图 1-1 中华人民共和国地图

（二）气候与气候灾害

中国气候复杂多样，东部属季风气候，西北部属温带大陆性气候，青藏高原属高寒气候。中国的气候具有夏季高温多雨、冬季寒冷少雨、高温期与多雨期一致的特征。2020年，中国年降水资源总量为65926.5亿立方米，平均降水量达694.8毫米，较常年偏多，属异常丰水年份。2020年，中国平均气温10.25℃，较常年偏高0.7℃，全国大部分地区气温偏高，四季气温偏高，高温日数多，多地日最高气温突破历史极值。

中国灾害性天气多发频发，其中旱灾、洪灾、寒潮、台风等是对中国影响较大的主要灾害性天气。北方以旱灾居多，南方则旱涝灾害均有发生。夏秋季节，中国东南沿海经常会受到热带风暴侵袭，以6~9月最为频繁。秋冬季节，来自蒙古、西伯利亚的冷空气南下会引发寒潮，造成低温、大风、沙尘暴、霜冻等灾害。受全球气候变化影响，2020年中国暴雨洪涝灾害偏重，全国共出现37次区域暴雨天气过程，汛期雨区重叠度高，区域性和阶段性干旱明显，强对流天气时空分布相对集中，台风生成和登陆偏少，低温冷冻害和雪灾偏轻。

二、自然资源

（一）土地资源

中国土地资源类型复杂多样，耕地、林地、草地、荒漠、滩涂等均有大面积分布，但人均耕地占有量较少。东北平原、华北平原、长江中下游平原、珠江三角洲平原和四川盆地是耕地分布最为集中的地区，草原多分布在北部和西部，森林主要集中分布在东北、西南和华南地区。

截至2019年底，中国有耕地1.28亿公顷，园地2017.2万公顷，林地2.8亿公顷，草地2.6亿公顷，城镇村及工矿用地3530.6万公顷，水域及水利设施用地3628.8万公顷^[1]。全国耕地质量平均等级为4.76等^[2]。其中，一至三等、四至六等和七至十等耕地面积分别占耕地总面积的31.24%、46.81%和21.95%。

（二）水资源

中国是世界上河流湖泊最多的国家之一，其中流域面积超过1000平方千米的河流有1500多条，面积在1平方千米以上的天然湖泊超过2800个。中国水资源时空分布不均衡，在时间分配上具有夏秋多、冬春少和年际变化大的特点，在空间分配上表现为东多西少、南多北少的特点。中国人均水资源量仅为世界平均

[1] 资料来源于第三次全国国土调查结果，2019年为最新数据，除特别标注外，本报告中数据和信息均来源于国家统计局。

[2] 根据《耕地质量等级》（GB/T 33469—2016）评价，耕地质量划分为十个等级，一等地耕地质量最好，十等地耕地质量最差。一等至三等、四等至六等和七等至十等分别划分为高等地、中等地、低等地。2019年耕地质量为最新数据。

水平的四分之一。2020年，中国水资源总量为31605.2亿立方米，其中，地表水资源量为30407.0亿立方米，地下水资源量为8553.5亿立方米（地下水与地表水资源重复量为7355.3亿立方米）；人均水资源量为2239.8立方米/人；供水总量为5812.9亿立方米，占当年水资源总量的18.4%^[3]。

中国水能资源蕴藏量居世界第一位。江河水力资源技术可开发量主要集中在长江流域、雅鲁藏布江流域和黄河流域，地处西南地区的四川、云南和西藏是水力资源丰富的省份。

（三）森林草原资源

依据第九次森林资源清查（2014—2018年）结果，中国森林面积2.20亿公顷；人工林面积8003.10万公顷；森林覆盖率22.96%；活立木总蓄积量190.07亿立方米，其中森林蓄积量175.60亿立方米，占活立木总蓄积量的92.39%。

2020年，中国草原面积近4亿公顷，天然草原鲜草总产量11亿吨，天然草原综合植被盖度达56.1%，草原禁牧休牧面积0.82亿公顷，草畜平衡面积1.74亿公顷，退牧还草工程建设168.5万公顷^[4]，草原补播改良17万公顷，人工饲草地7万公顷。

（四）海洋资源

根据《联合国海洋法公约》有关规定和中国主张，中国管辖海域面积约300万平方千米，海洋资源丰富。2020年，中国海洋生产总值80010亿元，其中海洋产业增加值52953亿元，海洋相关产业增加值27056亿元。从区域上看，北部、东部、南部海洋经济圈的海洋生产总值占全国海洋生产总值的比重分别为29.2%、32.1%和38.7%^[5]。

中国已建立国家级海洋自然保护区14处，总面积约39.4万公顷，建立国家级海洋公园67处，总面积约73.7万公顷^[6]。2020年，中国沿海海平面较常年高73毫米，为1980年以来第三高^[7]。

（五）生物多样性

中国具有地球陆地生态系统的各种类型，其中森林212类、竹林36类、灌丛113类、草甸77类、荒漠52类、自然湿地30类。有红树林、珊瑚礁、海草床、海岛、海湾、河口和上升流等多种类型的海洋生态系统；有农田、人工林、人工湿地、人工草地和城市等人工生态系统^[8]。

[3] 资料来源于《2020年中国水资源公报》。

[4] 资料来源于《2020年中国国土绿化状况公报》。

[5] 资料来源于《2020年中国海洋经济统计公报》。

[6] 资料来源于《2020年中国海洋生态环境状况公报》。

[7] 资料来源于《2020年中国海平面公报》。

[8] 资料来源《2020年中国生态环境状况公报》。

在物种多样性方面，已知物种及种下单元数 122280 种。在遗传资源多样性方面，中国有栽培作物 528 类 1339 个栽培种，经济树种达 1000 种以上，原产观赏植物种类达 7000 种，家养动物 948 个品种^[9]。在海洋多样性方面，2020 年中国开展了 24 个典型海洋生态系统健康状况监测，类型包括河口、海湾、滩涂湿地、珊瑚礁、红树林和海草床。在气候变化与人类活动双重影响下，7 个呈健康状态，16 个亚健康状态，1 个呈不健康状态。“十三五”期间，珊瑚礁和海草床生态系统处于健康或亚健康波动状态^[10]。

在自然保护地建设方面，截至 2020 年底，全国已建立国家级自然保护区 474 处，总面积约 98.34 万平方千米。国家级风景名胜区 244 处，总面积约 10.66 万平方千米。国家地质公园 281 处，总面积约 4.63 万平方千米。全国共有东北虎豹、祁连山、大熊猫、三江源、海南热带雨林、武夷山、神农架、普达措、钱江源和南山等 10 个国家公园体制试点区，总面积超过 22 万平方千米，约占陆域国土面积的 2.3%^[11]。

第二章 社会与经济发展

进入 21 世纪，中国社会经济发展发生了巨大变化。经济规模持续扩大，中国 2010 年成为世界第二大经济体，2013 年跃居世界第一大货物贸易国，2012 年后由高速增长逐渐转向高质量发展阶段。2020 年，面对新冠肺炎疫情的严重冲击，中国统筹疫情防控和经济社会发展，经济运行逐季改善、逐步恢复常态，在全球主要经济体中唯一实现经济正增长，在促进就业、消除贫困、改善民生、保护环境等领域成效显著。

一、社会发展

（一）人口

2020 年底，中国大陆总人口 14.12 亿人，其中城镇人口 9.02 亿人，乡村人口 5.10 亿人。分区域看，中国东部地区人口为 5.64 亿人，占 39.93%；中部地区人口为 3.65 亿人，占 25.83%；西部地区人口为 3.83 亿人，占 27.12%；东北地区人口为 0.99 亿人，占 6.98%^[12]。

自 20 世纪 70 年代以来，中国开始实施计划生育政策，人口自然增长率由 1970 年的 25.83% 下降到 2015 年的 4.93%，显著低于同期全球平均水平 11.86%。为预防与应对中国人口老龄化问题，中国自 2013 年开始实施单独二孩政策，2015

[9] 资料来源同[8]。

[10] 资料来源于《2020 年中国海洋生态环境状况公报》。

[11] 资料来源于《2020 中国生态环境状况公报》。

[12] 资料来源于国家统计局《第七次全国人口普查公报（第三号）》。

年开始实施全面二孩政策，2020年中国人口自然增长率为1.45‰（图1-3）。



图 1-3 1980—2020 年中国人口总量与自然增长率变化

随着人民生活水平和教育卫生医疗条件的改善，2020年中国人口平均预期寿命为77.13岁，高于世界平均水平。老年人口比重逐步增加，2020年中国65岁及以上人口在总人口中的比重为13.5%。中国城镇化率正在逐步提高，2020年城镇化水平已经提高到63.89%，比2005年提高了20.89个百分点。

（二）教育卫生

2020年，中国在校研究生314.0万人，普通本专科在校生3285.3万人，中等职业教育在校生1663.4万人，普通高中在校生2494.5万人，初中在校生4914.1万人，普通小学在校生10725.4万人，特殊教育在校生88.1万人，学前教育在园幼儿4818.3万人。九年义务教育巩固率为95.2%，高中阶段毛入学率^[13]为91.2%。

截至2020年底，中国共有医疗卫生机构102.3万个，执业医师和执业助理医师408.6万人，注册护士470.9万人，医疗卫生机构床位910.1万张。全年总诊疗77.4亿人次，出院人数2.3亿人。

（三）就业

2020年，中国就业人员总数为75064万人。第一产业、第二产业和第三产业就业人数分别为17715万人、21543万人和35806万人，占就业人口总量的比重分别为23.60%、28.70%和47.70%（表1-1）。城镇就业人员为46271万人，乡村就业人员为28793万人。

[13] 毛入学率指某学年度某级教育在校生数占相应学龄人口总数比例。

表 1-1 2005 年、2010 年、2015 年、2020 年中国就业人员结构变化

就业结构	2005	2010	2015	2020
第一产业就业人员 (%)	44.8	36.7	28.0	23.6
第二产业就业人员 (%)	23.8	28.7	29.7	28.7
第三产业就业人员 (%)	31.4	34.6	42.3	47.7

(四) 消除贫困

自 20 世纪 90 年代起，中国采取了一系列加强扶贫工作的重大措施，先后组织实施了《国家八七扶贫攻坚计划（1994—2000 年）》《中国农村扶贫开发纲要 2001—2010》等中长期计划。进入 21 世纪，中国提出全面建成小康社会目标，制定实施了一系列扶贫开发新政策新举措，2011 年中国印发了《中国农村扶贫开发纲要 2011—2020》，2015 年 11 月发布了《关于打赢脱贫攻坚战的决定》，强调实施精准扶贫方略，加快贫困人口精准脱贫。到 2020 年底，中国如期完成新时代脱贫攻坚目标任务，现行标准下 9899 万农村贫困人口全部脱贫，832 个贫困县全部摘帽，12.8 万个贫困村全部出列，区域性整体贫困得到解决^[14]。

(五) 生态环境保护

中国环境质量持续改善。2020 年，废气中二氧化硫排放量为 318.22 万吨，颗粒物排放量为 613.35 万吨，氮氧化物排放量为 1181.65 万吨。465 个城市（区、县）开展了降水监测，酸雨城市比例为 34%，酸雨类型总体仍为硫酸型，酸雨污染主要分布在长江以南和云贵高原以东地区^[15]。

2020 年，氨氮排放量为 98.40 万吨，总氮排放量为 322.34 万吨，总磷排放量为 33.67 万吨。全国城市污水处理厂处理能力 1.93 亿立方米/日，污水处理总量 557.3 亿立方米，污水处理率 97.53%，全国地级以上城市建成区黑臭水体消除比例达 98.2%^[16]。

2020 年，一般工业固体废物产生量为 36.75 亿吨，一般工业固体废物综合利用量为 20.38 亿吨，综合利用率为 55.46%。生活垃圾清运量 2.35 亿吨^[17]，无害化处理厂数 1287 座，无害化处理能力达到每日 96.35 万吨，其中卫生填埋日处理能力 33.78 万吨，焚烧日处理能力 56.78 万吨，其他处理能力 5.78 万吨。生活垃圾无害化处理率为 99.7%。

2020 年，337 个地级以上城市 PM_{2.5} 浓度为 33 微克/立方米，同比下降 8.3%，空气质量平均优良天数比例为 87.0%，202 个城市空气质量达标，占全部城市数

[14] 资料来源于《人类减贫的中国实践》白皮书。

[15] 资料来源于《2020 中国生态环境状况公报》。

[16] 资料来源于《2020 年城乡建设统计年鉴》。

[17] 生活垃圾指城市日常生活或为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物以及法律行政规定的视为城市生活垃圾的固体废物。包括：居民生活垃圾、商业垃圾、集贸市场垃圾、街道清扫垃圾、公共场所垃圾和机关、学校、厂矿等单位的生活垃圾。

的 59.9%^[18]。

2020 年，符合第一类海水水质标准的海域面积占中国管辖海域的 96.8%，符合第一类、第二类海水水质标准的优良水质海域面积比例占中国近岸海域的 77.4%，全国入海河流劣 V 类占比 0.5%。环渤海地区 49 条国控河流入海断面全部消除劣 V 类，滨海湿地整治修复面积 8891 公顷，岸线整治长度 132 千米^[19]。

二、经济发展

（一）经济增长

2020 年，中国国内生产总值 1015986.2 亿元，比上年增长 2.3%，其中第一产业增加值 77754.1 亿元，第二产业增加值 384255.3 亿元，第三产业增加值 553976.8 亿元，人均国内生产总值 72000 元^[20]。三次产业结构持续优化，三产比重从 2005 年的 11.6:47.0:41.3 调整为 2020 年的 7.7:37.8:54.5（表 1-2）。农业和工业在国民经济中的比重持续降低，服务业在国民经济中的比重持续上升，2020 年较 2005 年上升了 13.2 个百分点。

表 1-2 2005 年、2010 年、2015 年、2020 年中国国内生产总值及产业结构

行业		2005	2010	2015	2020
国内生产总值（亿元）		187318.9	412119.3	688858.2	1015986.2
第一产业（亿元）		21806.7	38430.8	57774.6	77754.1
第二产业（亿元）		88082.2	191626.5	281338.9	384255.3
第三产业（亿元）		77430.0	182061.9	349744.7	553976.8
产业结构	第一产业占比（%）	11.6	9.3	8.4	7.7
	第二产业占比（%）	47.0	46.5	40.8	37.8
	第三产业占比（%）	41.3	44.2	50.8	54.5
人均国内生产总值（元）		14368	30808	49922	72000

（二）产业发展

1、农林牧渔业

2020 年，中国农林牧渔业总产值 137782.2 亿元，其中，农、林、牧、渔业的比重分别为 52.1%、4.3%、29.2%和 9.3%。农作物总播种面积 16748.7 万公顷，其中粮食种植面积 11676.8 万公顷，占 69.7%。小麦种植面积 2338.0 万公顷，稻谷种植面积 3007.6 万公顷，玉米种植面积 4126.4 万公顷，棉花种植面积 316.9 万公顷，油料种植面积 1312.9 万公顷，糖料种植面积 156.8 万公顷。2020 年粮

[18] 资料来源于《2020 中国生态环境状况公报》。

[19] 资料来源于《2020 年中国海洋生态环境状况公报》。

[20] 国内生产总值数据按当年价格计算。

食产量为 66949.2 万吨，其中稻谷产量 21186.0 万吨，小麦产量 13425.4 万吨，玉米产量 26066.5 万吨，棉花产量 591.0 万吨，油料产量 3586.4 万吨，甜菜产量 1198.4 万吨，甘蔗产量 10812.1 万吨，茶叶产量 293.2 万吨。全年肉类总产量 7748.4 万吨，水产品产量 6549.0 万吨，木材产量 10257.0 万立方米。

2020 年，中国农业机械总动力 105622.1 万千瓦，农用大中型拖拉机 477.3 万台，农用小型拖拉机 1727.6 万台。农用化肥施用量为 5250.7 万吨，其中氮肥 1833.9 万吨，占化肥施用量的 34.9%。

2、工业与建筑业

2020 年，中国工业增加值 313071.1 亿元，占国内生产总值的 30.8%，比 2005 年降低 10.8 个百分点。中国通过系列政策的实施，积极推动产业结构调整，工业结构转型升级取得明显进展。规模以上工业中，高技术制造业增加值增长 7.1%，占规模以上工业增加值的比重为 15.1%。装备制造业增加值增长 6.6%，占规模以上工业增加值的比重为 33.7%。

2020 年，中国发电装机容量 220204 万千瓦，其中火电装机容量 124624 万千瓦，水电装机容量 37028 万千瓦，核电装机容量 4989 万千瓦，风电装机容量 28165 万千瓦，太阳能发电装机容量 25356 万千瓦。

2020 年，中国全社会建筑业增加值 72995.7 亿元。全国具有资质等级的总承包和专业承包建筑业企业实现利润 8303 亿元。

3、第三产业发展

批发和零售业、金融业、房地产业、交通运输等行业是第三产业中主要的产业部门。2020 年，中国交通运输、仓储和邮政业占第三产业的比重比 2005 年明显降低，金融业在第三产业中的比重有显著提升（表 1-3）。

表 1-3 2005 年、2010 年、2015 年、2020 年中国第三产业构成（单位：%）

产业部门	2005	2010	2015	2020
批发和零售业	18.0	19.7	19.3	17.3
交通运输、仓储和邮政业	13.8	10.3	8.7	7.5
住宿和餐饮业	5.4	4.2	3.5	2.9
金融业	9.7	14.1	16.1	15.2
房地产业	11.0	12.8	12.2	13.5
其他行业	41.0	37.7	39.2	42.8

2020 年，中国社会消费品零售总额 391981 亿元。城镇消费品零售额 339119 亿元，乡村消费品零售额 52862 亿元。商品零售额 352453 亿元，餐饮收入额 39527 亿元，实物商品网上零售额 97590 亿元，占社会消费品零售总额的比重为 24.9%。

2020年，中国全年社会融资规模增量34.8万亿元，全部金融机构本外币各项存款余额218.4万亿元，其中人民币各项存款余额212.6万亿元。全部金融机构本外币各项贷款余额178.4万亿元，其中人民币各项贷款余额172.7万亿元。全部金融机构境内住户人民币消费贷款余额495668亿元。全年沪深交易所A股累计筹资15417亿元。发行公司信用类债券14.2万亿元。保险公司原保险保费收入45257亿元。

中国已形成了以公路、铁路、航空、水运为主体的综合运输网络。从2005年到2020年，各种运输方式里程都有不同程度的增长（表1-4）。尤其是中国的高速铁路建设取得了举世瞩目的成绩，2020年中国高速铁路营业里程37929千米，位居世界第一。2020年中国客运量超过96.7亿人，其中公路客运量68.9亿人，占71.3%。货运总量为473.0亿吨，其中公路运输占72.4%，其次是水运和铁路，分别占16.1%和9.6%，管道和民航运输的货运量比重不足2%。货物运输周转量202211亿吨千米。全国港口完成货物吞吐量145.5亿吨，集装箱吞吐量26430万标准箱。

表 1-4 2005—2020 年中国交通线路里程（单位：万千米）

项目	2005	2010	2015	2020
铁路营业里程	7.54	9.12	12.10	14.63
其中：高速铁路	—	0.51	1.98	3.79
公路里程	334.52	400.82	457.73	519.81
其中：高速公路	4.10	7.41	12.35	16.10
内河航道里程	12.33	12.42	12.70	12.77
定期航班航线里程	199.85	276.51	531.72	942.63
管道输油（气）里程	4.40	7.85	10.87	13.41

（三）收入与消费

2020年，中国居民人均可支配收入32188.8元，其中城镇居民人均可支配收入43833.8元，农村居民人均可支配收入17131.5元。居民人均消费支出21209.9元，其中城镇居民人均消费支出27007.4元，农村居民人均消费支出13713.4元。居民消费支出中食品比重较高，恩格尔系数为0.302，其中城镇为0.292，农村为0.327。

中国经济社会发展不平衡、不协调的问题仍然突出，东部地区的收入明显高于其他地区。2020年东部地区人均可支配收入为41239.7元，东北地区为28266.2元，中部地区为27152.4元，西部地区为25416.0元。

（四）对外贸易

2020年，中国货物进出口总额322215.2亿元，其中出口179278.8亿元，进口142936.4亿元，顺差36342.4亿元。中国服务进出口总额6617.2亿美元，其中服务出口2806.3亿美元，进口3810.9亿美元，服务进出口逆差1004.6亿美元。美国、欧盟和东盟是主要的出口国家和地区，东盟、欧盟和日本是主要的进口国家和地区。

2020年，中国外商直接投资（不含银行、证券、保险）新设立企业38570家。实际使用外商直接投资金额1443.7亿美元，对外直接投资1537.1亿美元。全年对外承包工程业务完成营业额1559.4亿美元。

第三章 国家发展战略与目标

按照国家发展战略的规划部署，中国积极适应把握引领经济发展新常态，全面推进创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展、共享发展，确保全面建成小康社会。中国政府在2015年正式宣布国家自主贡献目标，在2021年对其进行了更新，并公布了本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略。

一、国家发展战略

改革开放后，中国对社会主义现代化建设作出战略安排，提出“三步走”战略目标。解决人民温饱问题、人民生活总体上达到小康水平这两个目标已经提前实现。在此基础上，中国提出到建党一百年时建成经济更加发展、民主更加健全、科教更加进步、文化更加繁荣、社会更加和谐、人民生活更加殷实的小康社会，然后再奋斗三十年，到新中国成立一百年时，基本实现现代化，把中国建成社会主义现代化国家。综合分析国际国内形势和中国发展条件，从2020年到本世纪中叶分两个阶段安排。

第一个阶段，从2020年到2035年，在全面建成小康社会的基础上，再奋斗十五年，基本实现社会主义现代化。届时，中国经济实力、科技实力将大幅跃升，跻身创新型国家前列；人民平等参与、平等发展权利得到充分保障，法治国家、法治政府、法治社会基本建成，各方面制度更加完善，国家治理体系和治理能力现代化基本实现；社会文明程度达到新的高度，国家文化软实力显著增强；人民生活更为宽裕，中等收入群体比例明显提高，城乡区域发展差距和居民生活水平差距显著缩小，基本公共服务均等化基本实现，全体人民共同富裕迈出坚实步伐；现代社会治理格局基本形成，社会充满活力又和谐有序；生态环境根本好转，美丽中国目标基本实现。

第二个阶段，从2035年到本世纪中叶，在基本实现现代化的基础上，再奋

斗十五年，把中国建成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国。届时，中国物质文明、政治文明、精神文明、社会文明、生态文明将全面提升，实现国家治理体系和治理能力现代化，成为综合国力和国际影响力领先的国家，全体人民共同富裕基本实现，中国人民将享有更加幸福安康的生活，中华民族将以更加昂扬的姿态屹立于世界民族之林。

二、经济社会发展目标

按照全面建成小康社会新的目标要求，“十三五”时期^[21]中国经济社会发展的主要目标是：

经济保持中高速增长。在提高发展的平衡性、包容性、可持续性基础上，到2020年国内生产总值和城乡居民人均收入比2010年翻一番，主要经济指标平衡协调，发展质量和效益明显提高。产业迈向中高端水平，农业现代化进展明显，工业化和信息化融合发展水平进一步提高，先进制造业和战略性新兴产业加快发展，新产业新业态不断成长，服务业比重进一步提高。

创新驱动发展成效显著。创新驱动发展战略深入实施，创业创新蓬勃发展，全要素生产率明显提高。科技与经济深度融合，创新要素配置更加高效，重点领域和关键环节核心技术取得重大突破，自主创新能力全面增强，迈进创新型国家和人才强国行列。

发展协调性明显增强。消费对经济增长贡献继续加大，投资效率和企业效率明显上升。城镇化质量明显改善，户籍人口城镇化率加快提高。区域协调发展新格局基本形成，发展空间布局得到优化。对外开放深度广度不断提高，全球配置资源能力进一步增强，进出口结构不断优化，国际收支基本平衡。

人民生活水平和质量普遍提高。就业、教育、文化体育、社保、医疗、住房等公共服务体系更加健全，基本公共服务均等化水平稳步提高。教育现代化取得重要进展，劳动年龄人口受教育年限明显增加。就业比较充分，收入差距缩小，中等收入人口比重上升。中国现行标准下农村贫困人口实现脱贫，贫困县全部“摘帽”，解决区域性整体贫困。

国民素质和社会文明程度显著提高。中国梦和社会主义核心价值观更加深入人心，爱国主义、集体主义、社会主义思想广泛弘扬，向上向善、诚信互助的社会风尚更加浓厚，国民思想道德素质、科学文化素质、健康素质明显提高，全社会法治意识不断增强。公共文化服务体系基本建成，文化产业成为国民经济支柱性产业。

生态环境质量总体改善。生产方式和生活方式绿色、低碳水平上升。能源资

[21]“十三五”时期指的是2016—2020年。

源开发利用效率大幅提高，能源和水资源消耗、建设用地、碳排放总量得到有效控制，主要污染物排放总量大幅减少。主体功能区布局和生态安全屏障基本形成。

各方面制度更加完善。国家治理体系和治理能力现代化取得重大进展，各领域基础性制度体系基本形成。人民民主更加健全，法治政府基本建成，司法公信力明显提高。人权得到切实保障，产权得到有效保护。开放型经济新体制基本形成。中国特色现代军事体系更加完善。党的建设制度化水平显著提高。

三、国家自主贡献目标

根据《公约》缔约方会议有关决定的要求，2015年6月，中国政府提交了《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》，确定了到2030年的自主行动目标：二氧化碳排放2030年左右达到峰值并争取尽早达峰；单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%~65%，非化石能源占一次能源消费比重达到20%左右，森林蓄积量比2005年增加45亿立方米左右。

2021年10月，中国根据《公约》缔约方会议相关决议和《巴黎协定》的有关要求，对2015年提交的《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》进行了更新，提交《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》，确定如下目标：二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右，森林蓄积量将比2005年增加60亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上。

四、中国本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略

根据《巴黎协定》有关要求，中国于2021年10月向《公约》秘书处正式提交《中国本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略》，在总结中国控制温室气体排放重要进展的基础上，提出中国本世纪中叶长期温室气体低排放发展的基本方针和战略愿景，战略重点及政策导向，并阐述了中国推动全球气候治理的理念与主张。

中国将坚决贯彻落实习近平主席的重大宣示，制定并实施2030年前碳达峰行动方案，加快建设绿色低碳循环发展的经济体系和清洁低碳安全高效的能源体系，大力推进低碳技术创新和低碳产业发展，全面形成绿色低碳生产和生活方式，全面提升生态系统质量和稳定性，构建气候治理体系，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和，为实现《巴黎协定》确定的长期目标做出更大努力和贡献。

大力推动能源生产和消费革命。强化能源消费强度和总量双控，推动能源利

用效率大幅提升。严格控制化石能源消费，大力发展非化石能源，到 2030 年非化石能源占能源消费比重达到 25%左右，风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上。到 2060 年，全面建立清洁低碳安全高效的能源体系，能源利用效率达到国际先进水平，非化石能源消费比重达到 80%以上。

加快推进工业领域绿色低碳转型。推动钢铁、建材、有色、石化、化工等行业碳达峰。持续削减工业过程二氧化碳排放。加快建设绿色零碳工业园区和绿色零碳供应链示范。到 2030 年重点工业行业能源利用效率达到国际先进水平，实现低碳和数字经济“两翼”驱动，带动制造业组织和生产方式的根本性转变。

全面推进城乡建设绿色低碳发展。大力发展节能低碳建筑，到 2025 年，城镇新建建筑全面执行绿色建筑标准。加快优化建筑用能结构，到 2025 年，城镇建筑可再生能源替代率达到 8%，新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏和太阳能集热器覆盖率力争达到 60%。

加快推进低碳交通运输体系建设。积极扩大电力、氢能、天然气、先进生物液体燃料等在交通运输领域应用。到 2030 年，当年新增新能源、清洁能源动力的交通工具比例达到 40%左右，营运交通工具换算周转量碳排放强度较 2020 年下降 9.5%左右，国家铁路单位换算周转量综合能耗比 2020 年下降 10%。陆路交通运输石油消费力争 2030 年前达到峰值。

加快推动基于自然的解决方案。将可持续利用自然资源纳入应对气候变化政策和行动框架，最大限度发挥自然在林业、农业、海洋、水资源、生态系统等领域的促进作用，全面增强应对气候变化的韧性。到 2030 年，全国森林覆盖率达到 25%左右。

倡导简约适度、绿色低碳的生活理念，广泛形成绿色生产生活方式。建立健全应对气候变化的法规体系、制度体系、政策体系和标准体系，有效发挥市场机制作用，形成绿色低碳转型的内生动力。

第四章 国家应对气候变化组织机构

中国政府高度重视应对气候变化的组织机构建设。经过长期持续努力，已经建立起了国家、地方及有关部门层面的应对气候变化组织机构，并根据工作需要不断完善。在国家信息通报和两年更新报告方面，中国建立了比较稳定的技术支撑机构和核心专家队伍，为编制和提交国家信息通报和两年更新报告提供了组织保障。

一、国家层面

为切实加强应对气候变化和节能减排工作的领导，2007年6月，中国国务院成立了国家应对气候变化及节能减排工作领导小组，由国务院总理担任领导小组组长，作为国家应对气候变化和节能减排工作的跨部门综合性议事协调机构。领导小组的主要任务是：研究制订国家应对气候变化的重大战略、方针和对策，统一部署应对气候变化工作，研究审议国际合作和谈判对案，协调解决应对气候变化工作中的重大问题；组织贯彻落实国务院有关节能减排工作的方针政策，统一部署节能减排工作，研究审议重大政策建议，协调解决工作中的重大问题。国家应对气候变化及节能减排工作领导小组具体工作由国家发展和改革委员会承担。

2008年，为进一步强化应对气候变化工作的组织机构建设，国家发展和改革委员会增设了应对气候变化司，2012年成立了国家应对气候变化战略研究和国际合作中心。2018年，按照《深化党和国家机构改革方案》要求，应对气候变化工作职能由国家发展和改革委员会划至新组建的生态环境部，应对气候变化司、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心转隶至生态环境部。2019年，国务院根据机构设置及人员变动情况和工作需要，对国家应对气候变化及节能减排工作领导小组组成单位和人员进行调整^[22]，相关职责分别由生态环境部和国家发展和改革委员会牵头承担（图 1-4）。

[22] 资料来源于国务院办公厅关于调整国家应对气候变化及节能减排工作领导小组组成人员的通知（国办函【2019】99号）。

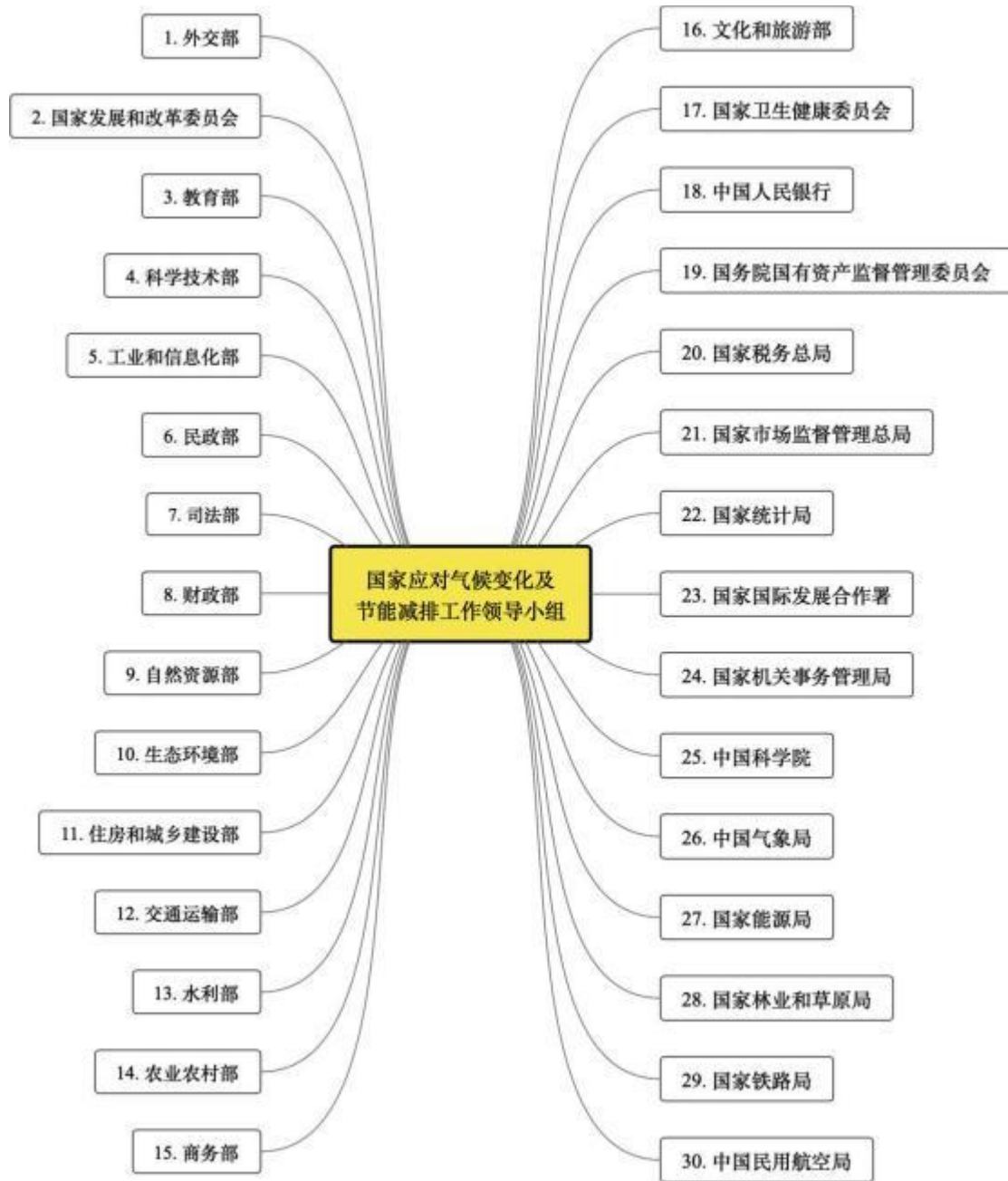


图 1-4 国家应对气候变化及节能减排工作领导小组成员单位

二、地方及部门（行业）层面

国家应对气候变化及节能减排工作领导小组各成员单位作为相关行业的政府主管部门，也明确了应对气候变化工作的部门分管领导，以及本部门应对气候变化工作的主要牵头司局，并加强了对所属行业协会应对气候变化工作的指导。各省（自治区、直辖市）人民政府按照中央政府的要求，相继成立了由省级人民政府主要领导任组长、有关部门参加的省级应对气候变化和节能减排领导小组，作为各地方应对气候变化和节能减排工作的跨部门综合性议事协调机构。2008年之后，全国许多省级地区相继在地方应对气候变化主管部门成立应对气候变化处室，作为省级应对气候变化主管部门的办事机构；同时，地方层面的应对气候变化科研机构建设也得到加强，对地方政府应对气候变化决策的科技支撑能力也在不断提升。

三、国家信息通报和两年更新报告

编制和提交国家信息通报和两年更新报告，包括国家温室气体清单工作，是一项不断深入的工作。从初始国家信息通报以来，中国政府已经初步建立了国家信息通报编制和报告的国家体系，当前已形成了较为稳定的国家信息通报和两年更新报告编制队伍（表 1-5），以及常态化的国家温室气体清单编制团队（表 1-6）。根据应对气候变化工作的部门职责分工，履约报告编制由国家应对气候变化主管部门负责，有关政府部门提供基础数据和信息，协调相关行业协会和典型企业提供相关资料，并建立国家温室气体清单数据库以支持清单编制和数据管理。

在应对气候变化国家信息通报和两年更新报告编写完成之后，经国务院批准，正式提交《公约》秘书处。

第一部分 国情及机构安排

表 1-5 履约报告编写单位

工作任务	主要编写单位	其他主要参与单位
国情及机构安排	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心	国家发展和改革委员会能源研究所、国家节能中心、国家海洋信息中心、住房和城乡建设部环境卫生工程技术研究中心、中国国土勘测规划院、各履约报告编制指导委员会成员单位等
国家温室气体清单	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心	清华大学、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所、中国科学院大气物理研究所、中国环境科学研究院、各履约报告编制指导委员会成员单位等
气候变化的影响与适应	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、 中国农业科学院	国家气候中心、国家海洋信息中心、清华大学、各履约报告编制指导委员会成员单位等
减缓气候变化的政策与行动	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、 清华大学	国家发展和改革委员会能源研究所、国家节能中心、住房和城乡建设部环境卫生工程技术研究中心、中国电子信息产业发展研究院、各履约报告编制指导委员会成员单位等
资金、技术和能力建设需求	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、 中国 21 世纪议程管理中心	生态环境部对外合作与交流中心、中国清洁发展机制基金管理中心、清华大学、各履约报告编制指导委员会成员单位等
实现《公约》目标的其他相关信息	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、 国家气候中心	国家发展和改革委员会能源研究所、国家节能中心、国家海洋信息中心、国家海洋环境预测中心、中国人民大学、中国气象科学研究院、中国国际民间组织合作促进会、各履约报告编制指导委员会成员单位等
香港特别行政区应对气候变化基本信息	香港环境保护署	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心等
澳门特别行政区应对气候变化基本信息	澳门地球物理暨气象局	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心等

表 1-6 国家温室气体清单编制单位

工作任务	主要编制单位	主要参与单位
能源活动清单	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心	国家发展和改革委员会能源研究所、清华大学、中国建筑材料联合会、中国石油和化学工业联合会、冶金工业规划研究院、中国有色金属工业协会、中国石油天然气集团有限公司、中国石油化工集团公司、中国海洋石油集团有限公司、陕西延长石油（集团）有限责任公司、国家石油天然气管网集团有限公司等
工业生产过程清单	清华大学、生态环境部对外合作与交流中心、北京航空航天大学苏州创新研究院	中国建筑材料联合会、中国石油和化学工业联合会、冶金工业规划研究院、中国有色金属工业协会等
农业活动（畜牧）清单	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所	全国畜牧总站、各养殖大省畜牧站、中国农业大学、河南农业大学、内蒙古农业大学等
农业活动（农田）清单	中国科学院大气物理研究所	农业农村部农业生态与资源保护总站、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、生态环境部卫星环境应用中心、中国农业科学院农业资源与区划研究所等
土地利用、土地利用变化和林业清单	中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所、自然资源部国土整治中心	国家林业和草原局林草调查规划院、中国自然资源航空物探遥感中心、中国林业科学研究院生态保护与修复研究所、中国林业科学研究院林业研究所、中国林业科学研究院资源信息研究所、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所等
废弃物处理清单	中国环境科学研究院	中国科学院生态环境研究中心、住房和城乡建设部环境卫生工程技术研究中心、中国城市建设研究院有限公司、生态环境部卫星环境应用中心、中国环境监测总站、中国科学院城市环境研究所、中国科学院广州能源研究所、中国科学院过程工程研究所、中国科学院武汉岩土力学研究所、清华大学、中国人民大学、北京师范大学、中国光大环境（集团）有限公司、北控水务（中国）投资有限公司等

第二部分 国家温室气体清单

根据《公约》的相关决定和中国的具体国情，2017 年国家温室气体清单编制和报告范围包括能源活动，工业生产过程，农业活动，土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF），废弃物处理等五个领域中二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）和六氟化硫（SF₆）的排放和吸收。根据《巴黎协定》有关实施细则，非附件一缔约方自 2024 年起，所提交的清单报告需参考《2006 年 IPCC 国家温室气体清单编制指南》^[23]（以下简称《2006 年 IPCC 清单指南》）进行编制。为提前做好技术储备和加强自身能力建设，顺利按照新规则完成履约工作，本轮清单编制方法正逐步向《2006 年 IPCC 清单指南》转型，主要遵循《2006 年 IPCC 清单指南》《IPCC 国家温室气体清单编制指南》（1996 年修订版）（以下简称《1996 年 IPCC 清单指南》）《IPCC 国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理》（以下简称《IPCC 优良做法指南》）和《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》（以下简称《IPCC 林业优良做法指南》）来进行估算。活动水平数据主要来自官方的统计资料，排放因子优先采用本国参数，其次采用 IPCC 指南缺省值。

第一章 2017 年国家温室气体清单

一、温室气体清单综述

2017 年中国温室气体排放总量（包括 LULUCF）约为 115.50 亿吨二氧化碳当量（见表 2-1），其中二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和含氟气体所占的比重分别为 80.9%、11.8%、5.1%和 2.2%（各类温室气体的排放和吸收情况见表 2-2）。土地利用、土地利用变化和林业的温室气体吸收汇约为 12.58 亿吨二氧化碳当量，若不包括土地利用、土地利用变化和林业，2017 年中国温室气体排放总量则约为 128.08 亿吨二氧化碳当量，其中二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和含氟气体所占的比重分别为 83.5%、10.0%、4.6%和 2.0%。

[23] IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change）是联合国政府间气候变化专门委员会。

表 2-1 2017 年中国温室气体总量（亿吨二氧化碳当量）

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	合计
能源活动	92.71	6.02	1.17				99.90
工业生产过程	14.15	0.00	1.35	1.64	0.20	0.67	18.00
农业活动		5.19	3.04				8.23
土地利用、土地利用变化和林业	-13.42	0.84	0.00				-12.58
废弃物处理	0.03	1.55	0.37				1.94
总量（不包括 LULUCF）	106.89	12.76	5.93	1.64	0.20	0.67	128.08
总量（包括 LULUCF）	93.47	13.59	5.93	1.64	0.20	0.67	115.50

注：1. 阴影部分不需填写；

2. 0.00 表示计算结果小于 0.005；

3. 由于四舍五入的原因，表中各分项之和与总计可能有微小的出入；

4. 全球增温潜势主要采用《IPCC 第二次评估报告》给出的 100 年时间尺度下的数值（表 2-3）

表 2-2 2017 年中国温室气体排放构成

温室气体	包括土地利用、土地利用变化和林业		不包括土地利用、土地利用变化和林业	
	排放量 (亿吨二氧化碳当量)	比重 (%)	排放量 (亿吨二氧化碳当量)	比重 (%)
二氧化碳	93.47	80.9	106.89	83.5
甲烷	13.59	11.8	12.76	10.0
氧化亚氮	5.93	5.1	5.93	4.6
含氟气体	2.50	2.2	2.50	2.0
合计	115.50	100.0	128.08	100.0

注：由于四舍五入的原因，表中各分项之和与总计可能有微小的出入

表 2-3 清单所涉及温室气体的 100 年时间尺度下的全球增温潜势

温室气体种类	全球增温潜势	温室气体种类	全球增温潜势
CO ₂	1	HFC-152a	140
CH ₄	21	HFC-227en	2900
N ₂ O	310	HFC-236fa	6300
HFC-23(CHF ₃)	11700	HFC-245fa	1030
HFC-32	650	HFC-365mfc	794
HFC-125	2800	PFC-14(CF ₄)	6500
HFC-134a	1300	PFC-116(C ₂ F ₆)	9200
HFC-143a	3800	SF ₆	23900

注：HFC-245fa 和 HFC-365mfc 全球增温潜势值采用《IPCC 第四次评估报告》中 100 年时间尺度下的数值

从排放所涉及的不同领域来看，2017 年中国能源活动、工业生产过程、农业活动和废弃物处理等领域的温室气体排放量分别为 99.90 亿吨二氧化碳当量、18.00 亿吨二氧化碳当量、8.23 亿吨二氧化碳当量和 1.94 亿吨二氧化碳当量，在不考虑土地利用、土地利用变化和林业的情况下，四个领域在排放总量中的比重分别为 78.0%、14.1%、6.4%和 1.5%，见图 2-1。



图 2-1 2017 年中国温室气体排放领域构成（不包括土地利用、土地利用变化和林业）

此外，2017 年中国国际燃料舱（国际航空和国际航海）的温室气体排放约为 7467.0 万吨二氧化碳当量（各类温室气体的排放和吸收情况详见表 2-4）。

表 2-4 2017 年中国二氧化碳、甲烷和氧化亚氮清单（万吨）

温室气体排放源与吸收汇的类别	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
总量（不包括LULUCF）	1068861.3	6075.1	191.3
总量（包括LULUCF）	934689.8	6473.6	191.4
能源活动	927102.2	2867.7	37.7
—燃料燃烧	927102.2	177.7	37.7
◆能源工业	418748.1	9.4	26.3
◆制造业和建筑业	335717.9	30.1	7.1
◆交通运输	96497.4	13.3	2.1
◆其他行业	76138.8	124.8	2.2
—逃逸排放		2690.0	
◆固体燃料		2518.7	
◆油气系统		171.4	
工业生产过程	141489.3	0.5	43.5
—非金属矿物制品生产	96474.4		
—化学工业生产	27442.2		43.5
—金属制品生产	17313.8	0.5	NO
—源于燃料和溶剂的非能源产品使用	258.9		
—卤烃和六氟化硫消费			
农业活动		2470.8	98.2
—动物肠道发酵		1112.3	
—动物粪便管理		354.8	22.0
—水稻种植		962.8	

中华人民共和国气候变化第四次国家信息通报

温室气体排放源与吸收汇的类别	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
—农用地			75.2
—秸秆田间焚烧		41.0	1.1
土地利用、土地利用变化和林业	-134171.4	398.5	0.1
—林地	-92842.0	0.1	0.0
—农地	-9643.3	IE	IE
—草地	-12101.3	0.1	0.1
—湿地	-8586.3	398.3	NE
—建设用地	-102.8		
—其他用地	118.3		
—木质林产品	-11014.0		
废弃物处理	269.7	736.1	11.8
—填埋处理		443.3	
—生物处理		2.1	0.2
—废水处理		290.6	11.3
—焚烧处理	269.7	0.1	0.4
信息项			
—国际航空	4280.2	0.0	0.1
—国际航海	3117.1	0.3	0.1
—生物质燃烧	29691.3		

注：1. 阴影部分不需填写；

2. 0.0表示数值低于0.05；

3. NE（未估算）表示对现有源排放量和汇清除没有计算，IE（列于他处）表示此排放源在其他子领域计算和报告，NO（未发生）表示不存在此排放源；

4. 由于四舍五入的原因，表中各分项之和与总计可能有微小出入；

5. 信息项不计入排放总量

二、二氧化碳排放

能源活动和工业生产过程是中国二氧化碳排放的主要来源。2017 年中国二氧化碳排放量（不包括 LULUCF）为 106.89 亿吨，其中能源活动排放 92.71 亿吨，占 86.7%；工业生产过程排放 14.15 亿吨，占 13.2%；废弃物处理排放 0.03 亿吨。土地利用、土地利用变化和林业活动吸收的二氧化碳为 13.42 亿吨，2017 年中国二氧化碳排放（包括 LULUCF）为 93.47 亿吨。

三、甲烷排放

中国的甲烷排放主要来源于能源活动和农业活动。2017 年中国甲烷排放量为 6473.6 万吨，相当于 13.59 亿吨二氧化碳当量，其中能源活动排放 2867.7 万吨，占 44.3%；农业活动排放 2470.8 万吨，占 38.2%；废弃物处理排放 736.1 万吨，占 11.4%；土地利用、土地利用变化和林业排放 398.5 万吨，占 6.2%。

四、氧化亚氮排放

中国的氧化亚氮排放主要来源于农业活动和工业生产过程。2017 年中国氧化亚氮排放量为 191.4 万吨，相当于 5.93 亿吨二氧化碳当量，其中农业活动排放 98.2 万吨，占 51.3%；工业生产过程排放 43.5 万吨，占 22.7%；能源活动排放 37.7 万吨，占 19.7%；废弃物处理排放 11.8 万吨，占 6.2%；土地利用、土地利用变化和林业排放 0.1 万吨，占比不到 0.1%。

五、含氟气体排放

中国的含氟气体排放来自工业生产过程。2017 年氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫 3 类含氟气体排放量约为 2.50 亿吨二氧化碳当量（各类含氟气体的排放情况详见表 2-5）。

表 2-5 2017 年中国氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫排放量（单位：万吨）

排放源类型	HFCs										PFCs		SF ₆
	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-152a	HFC-227ea	HFC-236fa	HFC-245fa	HFC-365mfc	CF ₄	C ₂ F ₆	
总排放量	0.16	2.21	2.29	4.03	0.23	0.07	0.15	0.01	0.04	0.00	0.26	0.03	0.28
能源活动													
工业生产过程	0.16	2.21	2.29	4.03	0.23	0.07	0.15	0.01	0.04	0.00	0.26	0.03	0.28
—非金属矿物制品													
—化学工业生产	0.16	0.08	0.07	0.08	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01		0.00	0.00	0.01
—金属制品生产											0.23	0.03	NO
—源于燃料和溶剂的非能源产品使用													
—卤烃和六氟化硫消费	0.00	2.13	2.22	3.95	0.22	0.06	0.14	0.01	0.04	0.00	0.03	0.00	0.27
农业活动													
土地利用、土地利用变化和林业													
废弃物处理													

注：1. 阴影部分不需填写；

2. 0.00表示数值低于0.005；

3. NO（未发生）表示不存在此排放源；

4. 由于四舍五入的原因，表中各分项之和与总计可能有微小出入

第二章 分领域温室气体排放

一、能源活动

（一）报告范围

能源活动清单的报告范围包括燃料燃烧和逃逸排放。燃料燃烧覆盖能源工业、制造业和建筑业、交通运输及其他行业的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放，废弃物处理领域没有报告的城市生活垃圾焚烧处理的甲烷和氧化亚氮排放、化石成因二氧化碳排在能源活动的能源工业类别下报告。逃逸排放覆盖固体燃料和油气系统的甲烷排放。能源活动清单还以信息项的形式，报告了国际燃料舱的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放以及生物质燃料燃烧的二氧化碳排放。

（二）编制方法

根据《巴黎协定》实施细则有关要求，自2024年起发展中国家温室气体清单应全面采用《2006年IPCC清单指南》。为提前做好技术储备和加强自身能力建设，顺利按照新规则完成履约工作，2017年中国能源活动清单编制方法在深入调研、实测、分析的基础上，由第三次国家信息通报主要参考的《1996年IPCC清单指南》《IPCC优良做法指南》过渡至《2006年IPCC清单指南》。

在2017年能源活动的清单中，对化石燃料燃烧的二氧化碳、甲烷、氧化亚氮排放均采用部门法来进行估算，同时还采用参考法从宏观上进行了总体估算，以验证层级2方法的结果。发电和供热的甲烷和氧化亚氮排放采用层级2方法，其他固定燃烧源甲烷和氧化亚氮排放采用层级1方法。移动燃烧源中道路交通采用了层级3的模型方法（COPERT模型），航空采用层级2方法，铁路、水运和管道交通采用层级1方法。生物质燃料中居民生活、废弃物燃烧等甲烷排放量计算采用层级2方法，其他部分采用层级1方法。

固体燃料甲烷逃逸排放中，井工矿开采和矿后活动排放采用层级2方法，露天煤矿开采采用层级1方法，废弃矿井采用层级3方法。油气系统勘探开发中的完井、油品储运及输送环节采用层级3方法，油气系统甲烷逃逸的其他子领域则采用层级1方法。

（三）活动水平数据和排放因子

2017年中国化石燃料燃烧活动水平数据主要来自国家统计局提供的能源统计数据以及其他政府部门相关统计资料。化石燃料燃烧活动水平数据来源主要有《中国能源统计年鉴—2018》。煤炭逃逸排放的活动水平数据主要来自《中国能源统计年鉴—2018》和《世界煤炭工业发展研究（2020）》。油气系统逃逸排放的活动水平数据主要来自国家统计局以及中国主要油气集团报告的基础数据等。

2017年主要能源活动水平数据见表2-6。

表 2-6 2017 年中国主要能源活动水平数据

	活动水平		活动水平
煤炭消费量（亿吨标准煤）	27.62	井工开采煤炭产量（亿吨）	29.74
石油消费量（亿吨标准煤）	8.62	露天开采煤炭产量（亿吨）	5.50
天然气消费量（亿吨标准煤）	3.15	国内天然气产量（亿立方米）	1480.35

电力行业燃煤的单位热值含碳量和碳氧化率来源于全国碳市场发电企业实测数据。天然气和液化天然气的单位热值含碳量采用中国主要油气田和进口天然气组分实测数据。全国平均的井工开采和矿后活动甲烷排放因子来源于全国煤矿矿井瓦斯等级鉴定信息。其他排放因子沿用2014年国家温室气体清单数据或《2006年IPCC清单指南》提供的缺省值。

（四）清单结果

2017年中国能源活动的温室气体排放量共计99.90亿吨二氧化碳当量，其中燃料燃烧排放94.25亿吨二氧化碳当量，占94.3%，逃逸排放5.65亿吨二氧化碳当量，约占5.7%。排放总量中，二氧化碳排放量为92.71亿吨，约占能源活动温室气体总排放量的92.8%，甲烷排放量为6.02亿吨二氧化碳当量，约占6.0%，氧化亚氮排放量为1.17亿吨二氧化碳当量，约占1.2%，如图2-2所示。

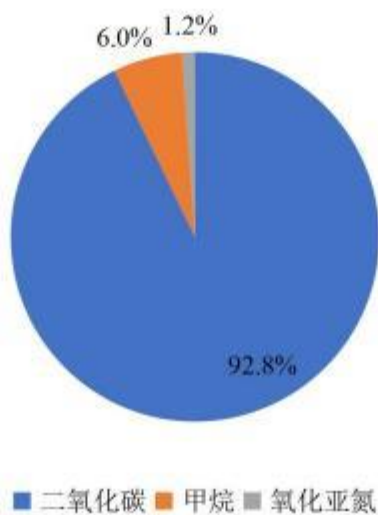


图 2-2 2017 年中国能源活动温室气体排放构成

二、工业生产过程

（一）报告范围

2017年中国工业生产过程温室气体清单报告内容包括非金属矿物制品生产、化学工业生产、金属制品生产、源于燃料和溶剂的非能源产品使用以及卤烃和六氟化硫消费等部分的温室气体排放。非金属矿物制品生产报告水泥生产过程、石灰生产过程和玻璃生产过程的二氧化碳排放。化学工业生产报告合成氨生产过程、硝酸生产过程、己二酸生产过程、己内酰胺生产过程、电石生产过程、二氧化钛生产过程、纯碱生产过程、甲醇生产过程、乙烯生产过程和氟化工生产过程的二氧化碳、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫排放。金属制品生产报告钢铁、铁合金、铝冶炼、镁冶炼和铅锌冶炼等生产过程的二氧化碳、甲烷和全氟化碳排放，其中因与能源活动中转炉煤气的排放存在重复计算，炼钢降碳产生的二氧化碳排放不再报告。源于燃料和溶剂的非能源产品使用报告润滑剂和石蜡作为非能源产品使用的二氧化碳排放。卤烃和六氟化硫消费报告氢氟碳化物使用、全氟化碳使用和六氟化硫使用等生产过程的氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫排放。

（二）编制方法

本次清单编制全面采用《2006年IPCC清单指南》，根据中国实际情况和数据基础，建立了排放因子法和碳质量平衡方法联合应用的方法学体系，对工业生产过程温室气体排放进行核算。其中乙烯、甲醇和钢铁生产过程采用碳质量平衡法，其余排放源主要采用排放因子法计算。其中除玻璃生产、己内酰胺生产、纯碱生产、铁合金生产、润滑剂和石蜡的使用采用层级1外，其余排放源均采用层级2的方法进行估算。

（三）活动水平数据和排放因子

水泥熟料产量来源于国家统计局的统计资料，合成氨、硝酸、钢铁、铝、镁、铅和锌产量主要来源于《中国工业统计年鉴》，甲醇和乙烯产量主要来自《中国化学工业统计年鉴》。电石产量主要来源于电石工业协会统计，石灰产量来源于中国石灰产业学会的调研数据，纯碱、己二酸产量主要来自企业统计等。2017年主要工业生产过程水平数据见表2-7。

水泥熟料、合成氨、己二酸、电石、甲醇、乙烯、氟化工和钢铁生产等排放源的排放因子相关参数采用典型企业调研方法所获取的2017年本国数据，铝冶炼、镁冶炼、铅冶炼生产等排放因子沿用2014年国家温室气体清单的数据。其余则借鉴《2006年IPCC清单指南》缺省排放因子。

表 2-7 2017 年中国主要工业生产过程活动水平数据

	活动水平		活动水平
水泥熟料产量（万吨）	140000	甲醇产量（万吨）	4529
粗钢产量（万吨）	87074	电解铝产量（万吨）	3329
合成氨产量（万吨）	4946	二氟一氯甲烷产量（万吨）	64.7

（四）清单结果

2017 年中国工业生产过程温室气体排放总量为 18.00 亿吨二氧化碳当量，其中非金属矿物制品生产排放所占比重为 53.6%，化学工业生产排放占 24.1%，金属制品生产排放占 10.6%，源于燃料和溶剂的非能源产品使用的排放占 0.1%，卤烃和六氟化硫消费排放占 11.6%。在排放总量中，二氧化碳占 78.6%，氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫排放各占 7.5%、9.1%、1.1%和 3.7%，甲烷排放占比不到 0.1%，如图 2-3 所示。

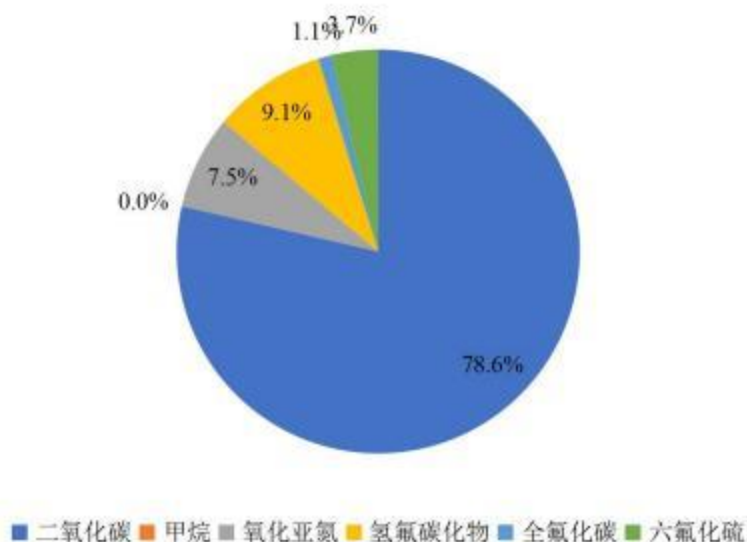


图 2-3 2017 年中国工业生产过程温室气体排放构成

三、农业活动

（一）报告范围

2017 年中国农业温室气体清单报告内容包括动物肠道发酵甲烷排放、动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放、水稻种植甲烷排放、农用地氧化亚氮排放以及秸秆田间焚烧的甲烷和氧化亚氮排放。其中，动物肠道发酵报告肉牛、奶牛、山羊和绵羊等 12 种家畜甲烷排放；动物粪便管理报告奶牛、肉牛、山羊、绵羊、猪和家禽等 14 种畜禽甲烷和氧化亚氮排放；水稻种植报告单季稻、双季早/晚稻和冬水田的甲烷排放；农用地报告非蔬菜旱作地、不同轮作的稻田、蔬菜地、果园

茶园和放牧地等 11 种农用地的氮输入就地转化引起的氧化亚氮直接排放，以及由于氮输入导致的挥发氮沉降和氮淋溶径流引起的氧化亚氮间接排放。

（二）编制方法

动物肠道发酵甲烷排放计算，对于肉牛、奶牛、水牛、绵羊、山羊等关键源，采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 2 方法，其他排放源采用层级 1 方法计算；在动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放计算，对于猪、肉牛、奶牛、家禽、水牛和山羊等关键排放源，采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 2 方法，其他排放源采用层级 1 方法计算。动物粪便管理氧化亚氮排放既包括直接排放，也包括挥发氮沉降和氮淋溶径流导致的氧化亚氮间接排放。

水稻种植甲烷排放中水稻生长季（单季稻、双季早/晚稻）继续采用《2006 年 IPCC 清单指南》的层级 3 中国稻田甲烷模型（CH4MOD）计算。它是基于水稻种植基础统计数据，计算各地市级甲烷排放并加和；冬水田非水稻生长季甲烷排放继续采用经验公式估算；农用地氧化亚氮排放采用区域氮循环模型（IAP-N 模型），基于中国农作物耕作制度，对各地市级不同类型的农用地氧化亚氮直接和间接排放进行估算并汇总，相当于《2006 年 IPCC 清单指南》层级 2 方法；秸秆田间焚烧的甲烷和氧化亚氮排放采用《1996 年 IPCC 清单指南》层级 1 方法。

（三）活动水平数据和排放因子

动物肠道发酵、动物粪便管理、水稻种植、农用地等温室气体清单采用的活动水平数据来源于《中国统计年鉴—2018》《中国畜牧兽医年鉴（2018）》、各省市统计年鉴、第三次全国农业普查和行业统计数据等。2017 年农业清单主要活动水平数据见表 2-8。

动物肠道甲烷排放关键源排放因子涉及的动物体重、采食量、饲料等生产特性参数，以及动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放因子需要的不同粪便管理方式使用比例均来自调研数据。猪、牛、家禽氮排泄量数据来自全国第一次污染普查畜禽养殖业产排污系数数据，羊的氮排泄数据来自国内公开发表的研究数据。动物粪便氧化亚氮间接排放因子采用《2006 年 IPCC 清单指南》缺省值。

单季稻、早/晚稻等不同类型稻田面积和产量数据来源于中国农业科学院农业信息研究所及各省市 2018 年统计年鉴，冬水田面积来源于文献调研。稻田前茬作物秸秆还田率来源于农业农村部农业生态和资源保护总站的分省、分早中晚稻的调研数据。不同类型稻田的水稻生长季甲烷排放因子采用中国稻田甲烷模型（CH4MOD）计算，冬水田非水稻生长季甲烷排放因子采用经验公式估算。

16 种主要农作物面积和产量、果园和茶园面积、耕地面积、氮肥和复合肥消费量、乡村人口等数据来源于中国农业科学院农业信息研究所、《中国统计年

鉴—2018》、各省市 2018 年统计年鉴和第三次全国农业普查数据。农作物秸秆还田率来源于农业农村部农村生态与资源保护总站分省、分作物（水稻、小麦、玉米等 9 种）的调研结果。乡村人口卫生厕所普及率数据来源于《中国环境统计年鉴—2018》。不同类型农用地输入氮的挥发和淋溶径流损失系数来源于田间观测数据。采用区域氮循环模型 IAP-N 计算不同类型农用地的氮输入量（化肥、粪肥和秸秆还田）。农用地氧化亚氮直接排放因子来源于超过 600 例田间观测数据，并根据中国种植制度，汇总整理成 6 个区域共计 11 种农用地类型（包括非蔬菜旱作地、不同轮作的稻田、蔬菜地、果园茶园等）的氧化亚氮直接排放因子。来源于农田施肥的挥发氮沉降到农田内引起的氧化亚氮间接排放的排放因子采用农田的直接排放因子，挥发氮沉降到农田外的间接排放因子和淋溶径流损失氮的氧化亚氮间接排放因子均采用《2006 年 IPCC 清单指南》提供的缺省值。

秸秆田间焚烧的甲烷和氧化亚氮排放因子采用《1996 年 IPCC 清单指南》的缺省值。秸秆田间焚烧率通过卫星数据和第一次全国污染源普查数据确定。

表 2-8 2017 年中国主要农业活动水平数据

	活动水平		活动水平
牛年末存栏量（万头）	9038.75	粮食作物播种面积（万公顷）	11798.9
生猪年末存栏量（万头）	44158.8	稻谷播种面积（万公顷）	3074.7
家禽年末存栏量（万只）	605302.2	氮肥消费量（万吨氮）	2221.8
羊年末存栏量（万只）	30231.6	复合肥折纯消费量（万吨）	2220.3
农作物总播种面积（万公顷）	16633.2		

（四）清单结果

2017 年中国农业活动温室气体排放约 8.23 亿吨二氧化碳当量，其中动物肠道发酵排放 2.34 亿吨二氧化碳当量，占 28.4%，动物粪便管理排放 1.43 亿吨二氧化碳当量，占 17.3%，水稻种植排放 2.02 亿吨二氧化碳当量，占 24.6%，农用地排放 2.33 亿吨二氧化碳当量，占 28.3%，秸秆田间焚烧排放为 0.12 亿吨二氧化碳当量，占 1.4%，如图 2-4 所示。排放总量中，甲烷排放占总排放量的 63.0%，氧化亚氮占 37.0%。

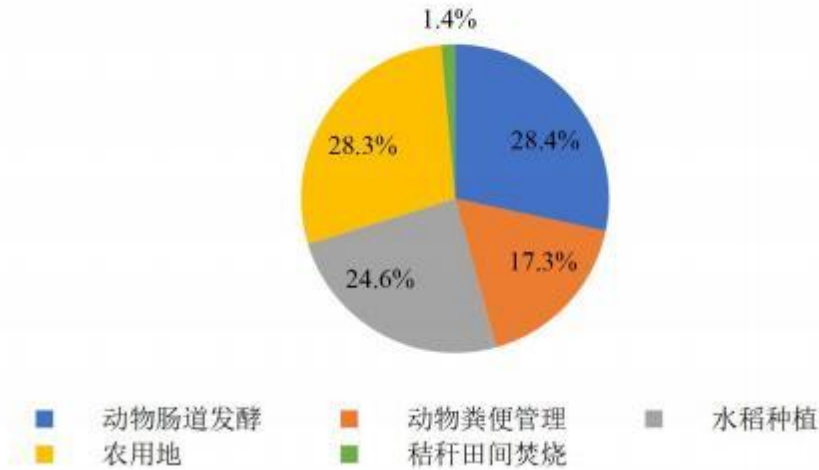


图 2-4 2017 年中国农业温室气体排放源构成

四、土地利用、土地利用变化和林业

(一) 报告范围

中国 2017 年土地利用、土地利用变化和林业温室气体清单报告范围包括 6 种土地利用类型，分别为林地、农地、草地、湿地、建设用地和其他土地。同时对每一种土地利用类型又考虑了 1997—2017 年“保持不变的土地”和“转化而来的土地”等两种利用变化类型。根据实际情况对每一类土地分别评估其地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤有机碳的碳储量变化。此外还包括森林之外的其他林木和木质林产品的碳储量变化、湿地甲烷排放以及森林和草原火烧引起的非二氧化碳温室气体排放。主要评估二氧化碳、甲烷和氧化亚氮 3 种温室气体的清除量或排放量。

(二) 编制方法

2017 年中国土地利用、土地利用变化和林业温室气体清单的编制主要参考了《2006 年 IPCC 清单指南》，同时也参考了《IPCC 优良做法指南》《IPCC 林业优良做法指南》以及《2006 年 IPCC 国家温室气体清单编制指南 2013 年增补版：湿地》等文献。

林地二氧化碳排放和清除量采用储量变化法（层级 2）来估算，其中将林地划分为乔木林地、竹林地、灌木林地、其他林地、果园、茶园和其他园地，碳库包括地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤有机碳，还包括散生木（竹）和四旁树的地上生物量与地下生物量。林地生物量燃烧排放采用层级 1 估算。

农地土壤有机碳储量变化采用层级 3 的模型方法（Agro-C 模型），通过模

拟秸秆、根系和有机肥等进入土壤引起的土壤有机碳储量增加以及通过分解作用引起的土壤碳排放过程，来计算土壤碳库的变化。

草地土壤有机碳储量变化、湿地二氧化碳排放和清除与甲烷排放及建设用地和其他土地的二氧化碳排放均采用层级 2 方法。草地生物量燃烧排放采用层级 1 估算。

木质林产品碳储量变化采用“生产法”（层级 2）来进行估算。

（三）活动水平与排放因子数据

土地利用类型的划分主要参考《第三次全国国土调查技术规程（TD/T 1055—2019）》。各类土地利用面积来源于自然资源部（原国土资源部）发布的数据，其中森林类型和活立木蓄积量等数据来源于国家森林资源连续清查资料和全国林草生态综合监测评估报告。在 2017 年清单中，主要土地利用、土地利用变化和林业活动水平数据见表 2-9。

表 2-9 2017 年中国土地利用、土地利用变化和林业主要活动水平数据

	活动水平		活动水平
乔木林面积（万公顷）	18323.8	农地面积（万公顷）	12936.6
竹林面积（万公顷）	655.3	草地面积（万公顷）	26736.2
灌木林地面积（万公顷）	5543.3	湿地面积（万公顷）	5408.7
其他林地面积（万公顷）	2146.4	建设用地面积（万公顷）	4401.9

主要排放因子数据和相关参数来源于国家行业标准、已发表的相关文献资料以及部分实测数据。模型及参数的校验环节还采用了国家发布的气象数据、土壤数据和植被数据。

（四）清单结果

2017 年中国土地利用、土地利用变化和林业吸收二氧化碳 13.42 亿吨，排放甲烷 398.5 万吨，排放氧化亚氮 0.1 万吨，净吸收 12.58 亿吨二氧化碳当量。林地、农地、草地、湿地、建设用地、木质林产品分别吸收 9.28 亿吨二氧化碳当量、0.96 亿吨二氧化碳当量、1.21 亿吨二氧化碳当量、0.02 亿吨二氧化碳当量、0.01 亿吨二氧化碳当量、1.10 亿吨二氧化碳当量。其他用地排放 0.01 亿吨二氧化碳。

五、废弃物处理

（一）报告范围

2017 年中国废弃物处理温室气体清单报告的范围包括填埋处理甲烷排放，生物处理和废水处理的甲烷和氧化亚氮排放，焚烧处理的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放。其中，焚烧处理仅报告危险废弃物和医疗废弃物焚烧的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放，以及污泥焚烧的甲烷和氧化亚氮排放。城市生活垃圾焚烧处理的甲烷和氧化亚氮排放、化石成因二氧化碳排放报告在能源活动领域，生物成因的二氧化碳排放报告在信息项。

（二）编制方法

填埋处理的温室气体排放计算采用一阶动力学衰减方法（层级 2 方法），焚烧处理和生物采用《2006 年 IPCC 清单指南》中提供的计算方法；

废水处理采用了《2006 年 IPCC 清单指南》，但是生活污水处理甲烷排放活动水平数据按照中国数据获取情况，采用了简化的方法。

（三）活动水平数据和排放因子

城市固体废弃物填埋处理活动水平相关数据来自《中国城市建设统计年鉴》和《中国人口和就业统计年鉴》。填埋处理、生物处理的处理量来自《中国城市建设统计年鉴—2017》。危险废弃物资料来自《中国环境统计年鉴—2018》，污泥的处理量来自《中国环境统计年鉴—2018》和《环境统计年报（2017）》。

生活污水和工业废水相关活动水平数据主要来自《中国环境统计年鉴—2018》《中国环境统计年报（2017）》等，人口数取自《中国统计年鉴—2018》。2017 年主要废弃物处理活动水平数据见表 2-10。

表 2-10 2017 年中国主要废弃物处理活动水平数据

	活动水平
城市生活垃圾填埋量（万吨）	12037.62
城市生活垃圾焚烧量（万吨）	8463.32
城市生活垃圾堆肥量（万吨）	533.22
废水化学需氧量排放量（万吨）	573.30

生活垃圾填埋甲烷排放因子采用本国数值。根据中国生活垃圾收集和填埋处理的特点，基于历史资料分析和对已有研究成果的再分析和加工，通过文献资料收集，获得中国历年垃圾成分，并利用广义球坐标转换法和 BP 神经网络模型，确定中国的生活垃圾成分数据，结合部分城市和垃圾填埋场的实际调研，确定出本地化的生活垃圾可降解有机碳（DOC）含量，结合中国废弃物填埋处理的发展趋势，确定出能反映中国实际情况的甲烷修正因子（MCF），并在中国南方

和北方通过实际采样和现场调研，验证了所使用的生活垃圾半衰期的本国特征值。

工业废水处理和生活污水处理甲烷和氧化亚氮排放因子采用本国当年值。废弃物生物处理甲烷和氧化亚氮排放因子采用《2006年 IPCC 清单指南》缺省值。

废弃物焚烧二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放因子根据《2006年 IPCC 清单指南》排放因子缺省值范围，结合中国具体情况确定。

（四）清单结果

2017年中国废弃物处理的温室气体排放总量为1.94亿吨二氧化碳当量，其中填埋处理排放为0.93亿吨二氧化碳当量，占48.0%，废水处理排放为0.96亿吨二氧化碳当量，占49.5%，焚烧处理排放为0.04亿吨二氧化碳当量，占2.0%，生物处理排放为0.01亿吨二氧化碳当量，占0.5%。二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放气体构成分别是1.4%、79.7%和18.9%，如图2-5所示。另外，城市生活垃圾焚烧排放0.26亿吨二氧化碳当量，报告在能源活动清单。

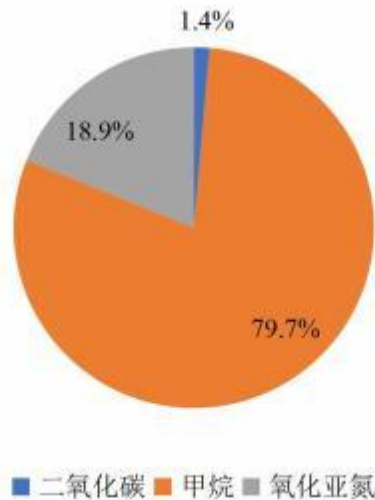


图 2-5 2017 年中国废弃物处理温室气体排放构成

第三章 数据质量及不确定性评估

一、数据质量控制

(一) 数据收集与核查

清单编制机构在《2006年 IPCC 清单指南》的数据优先收集原则指导下，开展统计数据、重要参数和排放因子等不同类型数据的收集工作（表 2-11）。

表 2-11 权威性数据收集原则和各领域数据收集概况

数据类型	权威性原则	各领域数据收集概况
活动水平数据	国家统计局的数据具有最高的权威性，其次为部门或行业协会数据，再其次为调研数据，最后是专家判断数据，其不确定性依次由±5%增大到±30%	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 能源活动，工业生产过程，农业活动，土地利用、土地利用变化和林业以及废弃物处理清单所涉及的统计数据大部分来自国家统计局和有关部门（如农业农村部、国家林草局、自然资源部、国家林草局、矿山安全监察局和生态环境部等）； ◆ 部分在统计部门不能获得的数据（如运输行业能源消费量、牧区放牧动物数量和其粪便作燃料的数据、土壤数据和植被数据等），通过相应的行业协会获得
重要参数/ 排放因子数据	采用国家/行业标准方法的大样本检测/行业调研数据（如国家/行业的普查数据）具有最高的权威性；其次是各研究机构发表的监测数据，其不确定性为 95% 置信区间的监测数据。最后是专家判断和 IPCC 缺省值，其不确定性应在 IPCC 缺省值的范围内	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 固体燃料单位热值含碳量和碳氧化率数据主要来源于全国碳市场发电企业实测、工业锅炉调研和测试；气体燃料的单位热值含碳量主要来源于中国主要油气田和进口天然气组分实测数据； ◆ 动物个体粪便年排泄氮量等数据来源于生态环境部在全国开展的污染源普查获得的监测数据；不同区域动物粪便管理方式来源于典型样县的调查结果

清单编制机构通过开展数据核查工作实施清单数据质量控制，主要开展三个方面的数据核查工作：

第一，各清单领域所使用的活动水平数据、重要参数数据和排放因子的录入数据与原始数据的相互校核。

第二，模型参数与其他相关模块的相互校核。比如，道路交通模型对燃料平衡模块进行年均行驶里程、路况分担率等参数的校核工作。

第三，不同领域清单所使用的数据一致性校核。比如，放牧动物数量、牧区放牧动物粪便作燃料的数量，以及农区动物放养和动物粪便作燃料的数量在农业各子清单之间的数据校核。又如，林地与能源活动中生物质作燃料的清单之间的数据校核。这些校核工作确保了我国各领域的清单数据完整性、准确性、一致性、科学性和可比性（见表 2-12）。

表 2-12 国家清单数据完整性、准确性、一致性、科学性和可比性工作概况

原则	工作概况
数据完整性	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 能源活动：进一步拆分细化制造业和建筑业，排放源由原先的 10 类细分至 13 类，油气系统逃逸环节新增了废弃油气井、冷放空和火炬排放源； ◆ 工业生产过程：增加了 6 个新的排放源； ◆ 农业活动：增加动物粪便管理氧化亚氮间接排放估算，增加放牧动物氧化亚氮间接排放估算； ◆ 土地利用、土地利用变化和林业：增加林地和草地因火烧导致的非二氧化碳的排放
数据准确性	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 能源活动：引入全国碳市场企业设施级数据对活动水平数据进行校核；采用中国主要油气集团的商品气、进口的管道气和进口的液化天然气单位热值含碳量国别数据；油气系统采用企业级实测因子进行计算；对道路交通 CH₄ 和 N₂O 排放计算的 COPERT 模型进一步进行升级，区分城市高峰和非高峰时段、纯电动和混合电动汽车； ◆ 农业活动：动物饲料结构以及粪便管理系统构成调研，进一步提高数据调查范围；本次畜牧业生产调查抽样县涉及 31 个省（自治区、直辖市），农用地类型划分增至 11 种，可提高农业温室气体清单准确性，降低其不确定性
数据一致性	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 与第三次国家信息通报相比，2017 年中国温室气体清单排放源和吸收汇分类与《2006 年 IPCC 清单指南》更为一致； ◆ 为避免重复计算和漏算，对交叉性领域的清单边界以及采用的基础数据进行了相互衔接和校核，例如： <ul style="list-style-type: none"> — 能源活动中钢铁行业清单同工业生产过程清单的边界以及数据来源； — 能源活动清单与农业活动清单中的放牧动物粪便及放牧动物饲养数据； — 农业活动清单与土地利用、土地利用变化和林业清单中的种植制度、农作物产量、有机肥施用量与秸秆还田率数据； — 能源活动清单与废弃物处理清单中的焚烧处理的边界
清单编制方法的科学性和可比性	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 遵照了《2006 年 IPCC 清单指南》《1996 年 IPCC 清单指南》《IPCC 优良做法指南》《IPCC 林业优良做法指南》的方法学； ◆ 主要排放源：结合中国的实际情况，采用层级 2 方法或层级 3 方法； ◆ 非主要排放源：采用层级 1 方法； — 能源活动：严格参考《2006 年 IPCC 清单指南》关于排放源类别与国际标准产业分类（ISIC）分类的对照表，调整了以往能源活动清单关于化石燃料燃烧排放源类别与国民经济行业分类中工业子行业的对应关系，使排放源分类与《2006 年 IPCC 清单指南》更加一致，保证了清单的可比性； — 工业生产过程：排放源已全面采用《2006 年 IPCC 清单指南》； — 土地利用、土地利用变化和林业：以第三次全国国土调查统计数据分类为整理标准，建立全国国土调查统计数据分类与 IPCC 分类的对应关系，保证清单的可比性； — 废弃物处理：细化了危险废弃物的分类估算，将危险废弃物（含医疗废弃物）拆分成危险废弃物和医疗废弃物两类

（二）文档管理

遵循《IPCC 优良做法指南》，各领域温室气体清单编制主要单位针对活动水平数据、排放因子和相关参数建立了数据库，并建立了信息来源和参考文献管理数据库。针对方法学选择依据及其改进过程，各领域以技术报告形式详细记载，并经过同行专家评审后留档保存。

二、数据质量保障

本次清单报告征询国家应对气候变化领导小组成员单位和有关行业协会的意见和建议，以保证清单活动水平数据的准确性以及参数、排放因子和方法学选择的合理性。把清单估算结果与国内外同行机构发表的相关估算结果进行了比对，保障了本次国家温室气体清单方法科学、数据可靠、结果可比。

三、清单的不确定性评估

（一）降低清单不确定性的措施

随着中国温室气体基础数据统计体系的建立和不断完善，各排放源和吸收汇活动水平数据的不确定性也在逐渐降低。本次国家温室气体清单对各排放源尽量采用本地的排放因子，这对降低清单的不确定性起到了很大的促进作用。各领域为降低清单不确定性所采取的具体措施如表 2-13 所示。

表 2-13 国家清单各领域降低清单不确定性的措施概况

领域	降低清单不确定性的措施
能源活动	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 化石燃料燃烧 CO₂ 排放采用部门法估算，并用参考法进行校核； ◆ 道路交通 CH₄ 和 N₂O 排放对 COPERT 模型进行进一步升级； ◆ 加强了单位热值含碳量和碳氧化率等数据的调查研究； ◆ 与以往国家能源清单相比，在样本代表性、覆盖度和数据质量等方面均有明显的提高，进一步降低了固体燃料燃烧排放的不确定性
工业生产过程	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 对部分重点行业（如合成氨、己二酸、电石等）通过对企业的实际调研来获取本地的排放因子
农业活动	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 细分了牛的分类（奶牛、肉牛、水牛、牦牛和其他牛），提高了用于估算肠道发酵甲烷排放因子相关参数的数据质量； ◆ 扩大了调研范围，抽样县涉及 31 个省（自治区、直辖市），调研了不同区域典型县的主要畜禽的生产性能、饲料结构、动物粪便管理方式构成； ◆ 细分农用地类型（11 种），提高农用地氧化亚氮清单估算的准确性
土地利用、土地利用变化和林业	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 与第三次信息通报相比，采用第三次全国国土调查统计数据分类为整理标准，建立全国国土调查统计数据分类与 IPCC 分类的对应关系，保证清单的可比性； ◆ 采用国家森林资源连续清查和分树种的生长模型相结合的方法来计算各年不同树种的生物量
废弃物处理	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 对生活垃圾的成分采用了文献资料收集和统计学的方法进行测算，获得重要参数

（二）清单的不确定性评估

2017 年中国温室气体清单的不确定性分析遵循《2006 年 IPCC 清单指南》。道路交通温室气体排放、水稻种植甲烷排放、农田土壤有机碳储量变化和木质林产品碳储量变化吸收等估算采用方法 2（Monte Carlo 方法）量化其不确定性，其他排放源采用方法 1（误差传递法）量化不确定性。采用方法 1 量化清单的总体不确定性，结果为-4.8%~5.0%，如表 2-14。

表 2-14 2017 年国家温室气体清单不确定性分析结果

	排放量（亿吨二氧化碳当量）	不确定性
能源活动	99.90	-5.1%~5.4%
工业生产过程	18.00	-3.7%~3.7%
农业活动	8.23	-14.1%~14.1%
土地利用、土地利用变化和林业	-12.58	-13.1%~13.1%
废弃物处理	1.94	-23.0%~23.0%
综合不确定性		-4.8%~5.0%

第三部分 气候变化的影响与适应

气候变化已经并将继续对中国生态环境和社会经济产生重要影响，且以不利影响为主，未来气候变化对中国农业、水资源、生态系统、海岸带及近海生态系统、人群健康等行业或领域的影响将会更加严重。中国将适应气候变化纳入国民经济和社会发展规划纲要，坚持适应和减缓并重，全面落实《国家适应气候变化战略》，推动重点领域和重点区域进一步强化适应行动，不断提升适应气候变化能力。

第一章 气候变化特征、原因和未来趋势

一、气候变化特征与原因

(一) 气温

1901—2020年，中国年平均地面气温升高 1.6°C （图3-1），升温速率为 $0.15^{\circ}\text{C}/10$ 年，与全球大陆平均增温趋势接近，但增温幅度略高。1961—2020年，中国年平均地面气温上升速率达到 $0.26^{\circ}\text{C}/10$ 年，最明显的气候变暖始于20世纪80年代中期。

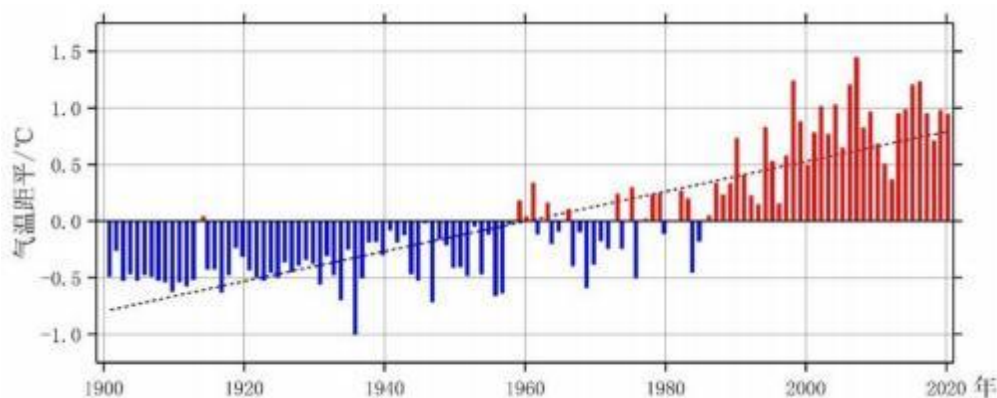


图 3-1 1901—2020 年中国年平均地表气温距平序列^[24]

二十世纪中期以来，气候变暖在北方地区和青藏高原最为明显；西南地区、四川盆地、秦巴山地和华北平原南部升温趋势则较弱。进入 21 世纪以来，中国年平均地面气温上升趋势出现变缓现象，冬、春季变暖的减缓趋势更为明显，但夏季气温仍以上升为主。

[24] 气温距平是相对于气候基准期（1961—1990 年）30 年平均值的差，点线表示线性趋势。

(二) 降水

二十世纪初以来，中国年降水量没有呈现出明显的趋势变化，但 1961—2020 年期间略有增加，近 10 余年降水量明显偏多（图 3-2）。1961 年以来，年降水量变化趋势表现出很大的空间差异，西北地区、青藏高原、东北北部增加明显，江淮、江南、华南地区有所增加，但华北地区、东北南部和西南地区降水量则明显减少（图 3-2）。中国降水量变化表现出明显的季节性。1961—2020 年期间，冬季降水量上升，秋季降水量下降，夏季降水量则出现南增北减的现象。

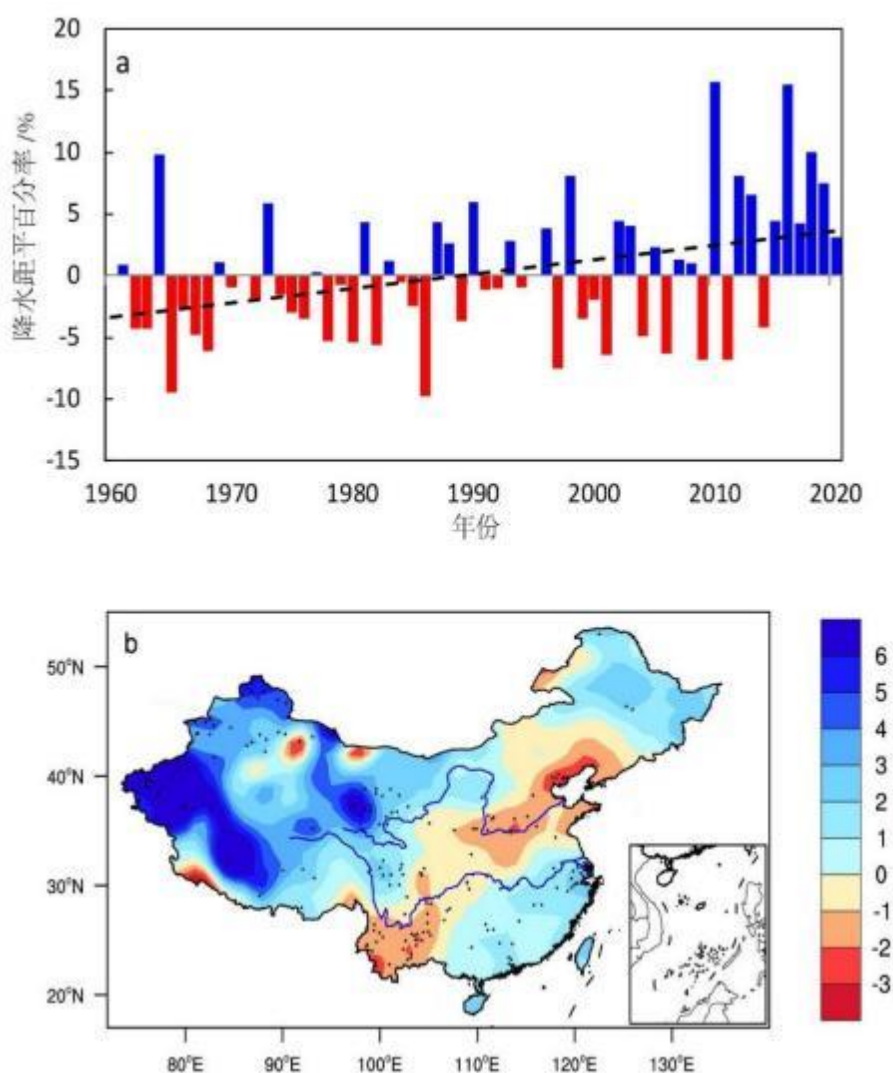


图 3-2 1961—2020 年中国年降水量距平百分率变化及趋势分布^[25]

[25] (a) 区域平均时间序列；(b) 站点趋势空间分布；(a) 中虚线表示线性趋势，距平是相对 1961—2020 年平均值的差值；(b) 中黑点表示趋势通过了 $p < 0.05$ 的信度检验，单位是%/10 年。

（三）太阳辐射和风速

目前缺少百年以上其他气候要素历史观测数据。1961 年以来，中国大部分地区日照时数（图 3-3）或太阳辐射呈明显下降趋势，20 世纪 90 年代初以后下降趋势减缓；华北地区和长江中下游地区日照时数下降更为显著，20 世纪 90 年代初之前下降最为剧烈。

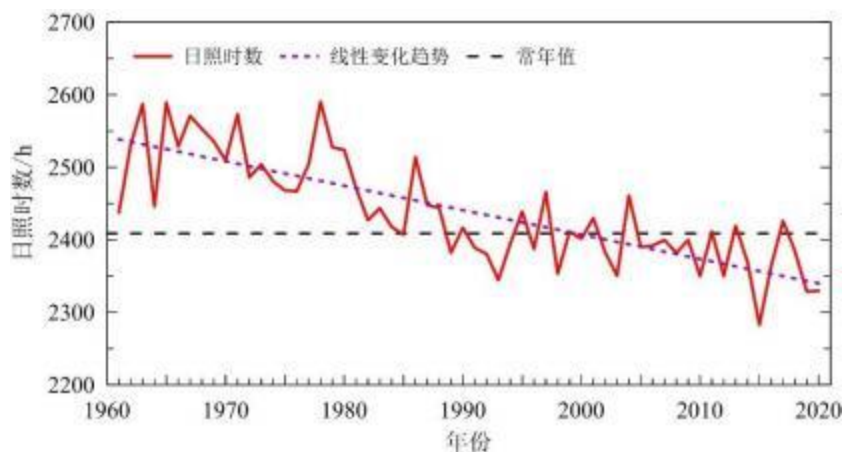


图 3-3 1961—2020 年中国平均年日照时数变化（单位：小时）

1961 年以来，中国近地面平均风速呈显著下降趋势，20 世纪 70 年代到 90 年代末下降趋势尤为显著，进入新世纪以来，下降趋势有所减缓（图 3-4）。风速下降在东部季风区比较明显。

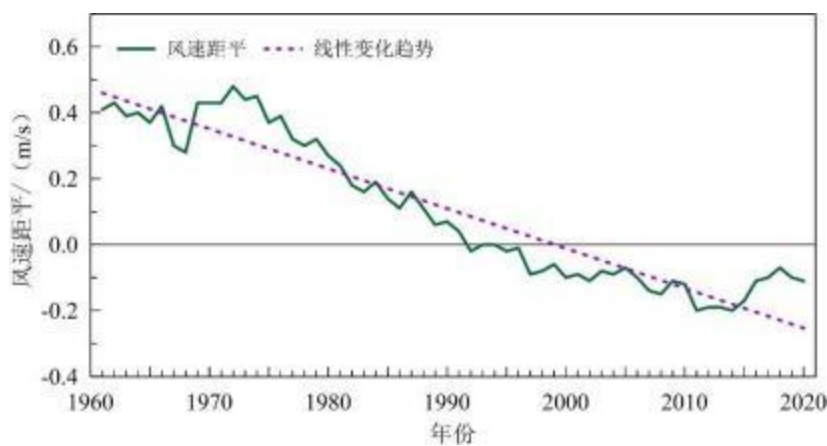


图 3-4 1961—2020 年中国平均地面风速变化（单位：米/秒）

（四）气候变化原因

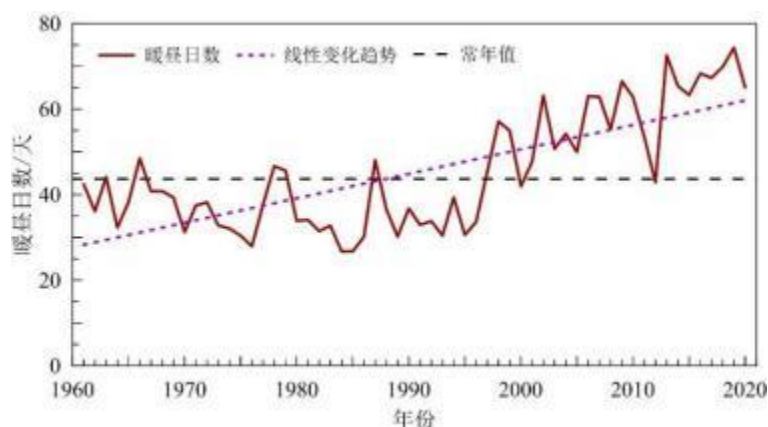
大气中温室气体浓度升高及其增强的温室效应，可能是中国地面气温明显上升的主要原因。城镇化及其增强的城市热岛效应，对 1961 年以来地面气温上升有显著影响，但消除了城镇化影响后，最近 60 年中国地面气温仍呈明显上升趋势。中国降

水量长期变化可能主要受自然气候变率影响。日照时数和太阳辐射长期减少，主要与人为排放的污染物和大气气溶胶浓度增加有关；观测到的近地面风速减弱，主要是城镇化或观测地点周围障碍物增加引起的，多年代尺度自然气候变率造成的大气环流变化和大尺度土地利用/土地覆盖变化也发挥一定作用；潜在蒸发量下降与太阳辐射和近地面风速减小有直接关系。

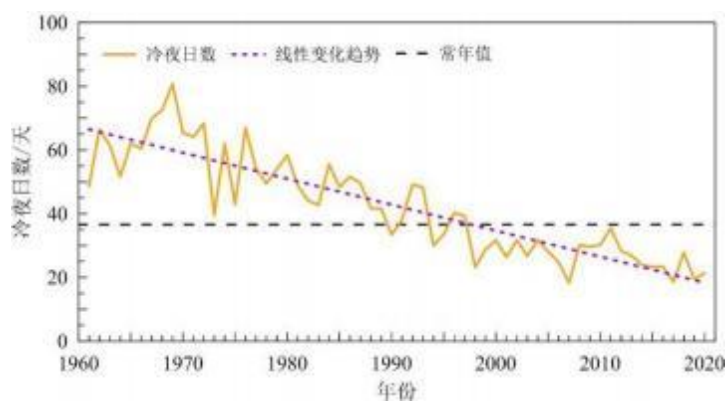
二、极端气候变化

(一) 极端气温

1961年以来，中国平均最高气温变化不大，平均最低气温上升明显；极端高温事件频数明显增加，但极端低温事件频数持续性减少（图 3-5）；东部高温热浪事件频数增加，低温寒潮事件频数显著减少。极端气温变化在中国北方地区较为明显。极端气温变化主要源于人为活动引起的全球气候变暖，城镇化气候效应加剧了城市区域的变化趋势。



(a) 暖昼日数



(b) 冷夜日数

图 3-5 1961—2020 年中国平均每年暖昼 (a) 和冷夜 (b) 日数变化

（二）极端降水

1961—2020 年间，中国年暴雨（24 小时降水量大于等于 50 毫米）降水量在多数地区有所增多，长江以南地区暴雨增多更为明显（图 3-6）。全国 1 日、连续 3 日和连续 5 日最大降水量均呈一定程度上升趋势，其中 1 日最大降水量明显增加。年暴雨降水量在东北西部、华北地区至四川盆地一带呈现出减少趋势。此外，东北、西北等部分地区强降雪事件频数有所增加。

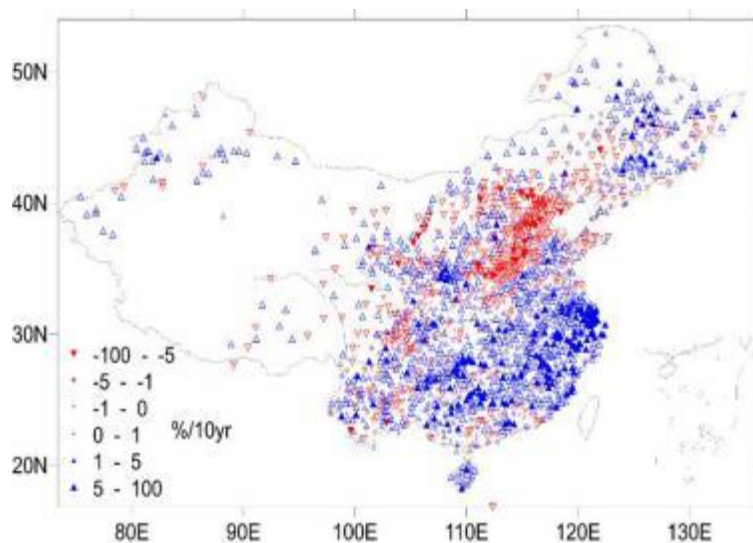


图 3-6 1961—2020 年中国年暴雨降水量变化趋势分布（单位：%/10 年）

1961 年以来，中国小雨日数明显减少，微量降水日数减少趋势十分显著。小雨和微量降水日数减少主要出现在东部季风区。

（三）气象干旱

1961—2020 年，中国区域性气象干旱事件频次变化不大，总体上略有增加，但最近 40 年没有增减趋势（图 3-7）。从各个地区来看，20 世纪 60 年代初以来，西北地区气象干旱频数下降，华北和东北南部气象干旱频数上升，进入 21 世纪以来，西南地区气象干旱问题变得比较突出。

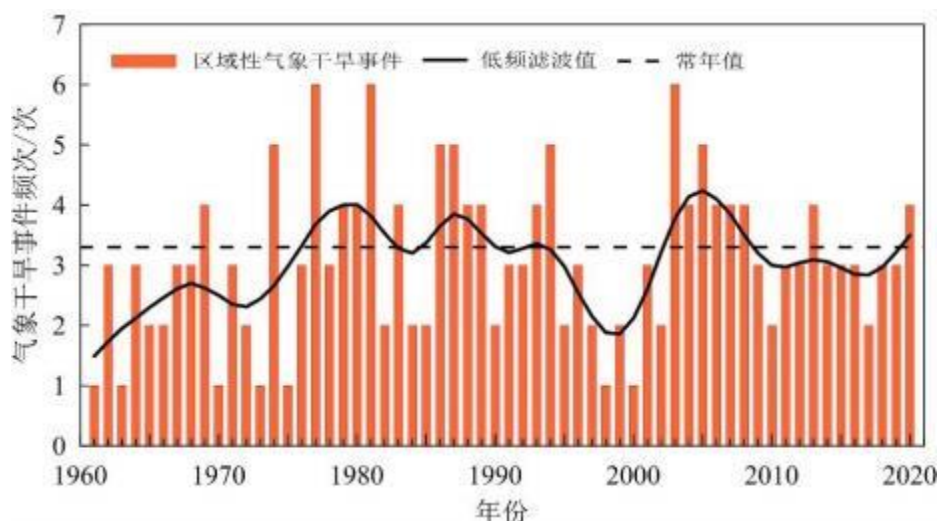


图 3-7 1961—2020 年中国区域性气象干旱事件频次

(四) 其他极端气候事件

二十世纪中叶以来，登陆或影响中国的热带气旋（台风）个数总体上变化不大（图 3-8），其造成的降水量有所减少，但最近 20 余年台风影响有所增强。

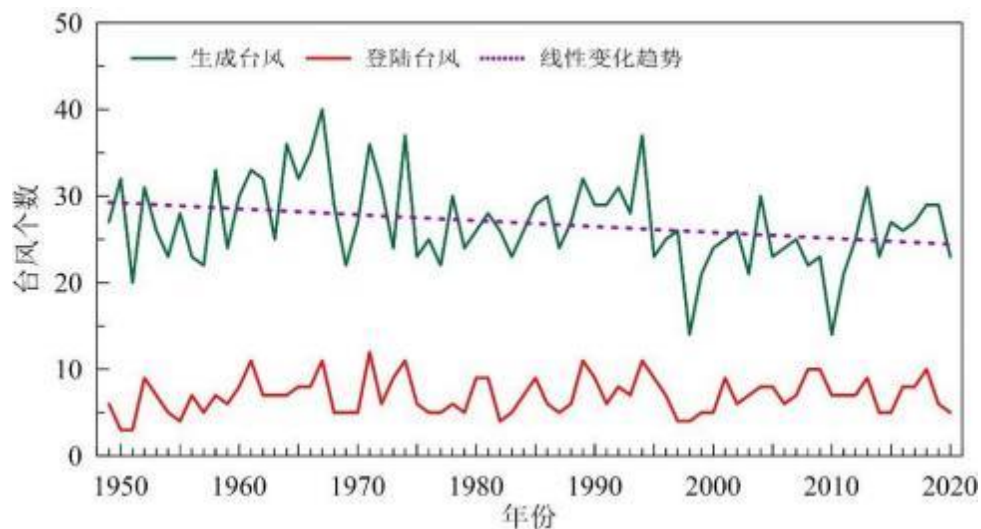


图 3-8 1949—2020 年西北太平洋和南海生成及登陆中国的台风个数

1961 年以来，中国北方的沙尘天气频数出现明显下降趋势，强沙尘暴天气频数显著减少。北方沙尘天气减少主要与近地面平均风速和大风日数显著下降、沙尘源区降水量增加和陆地植被改善有关。

1961 年以来，中国各类中小尺度强对流天气事件（雷暴、闪电、冰雹和龙卷风）发生频数总体上呈现出明显下降趋势，其中全国平均雷暴日数每十年减少 2.6 天。

三、未来气候趋势

(一) 气温与降水

未来中国年平均气温将持续上升，多数地区年降水量变化增加。在三种共享社会经济情景下，第六次全球气候模式比较计划的气候模式模拟结果表明，未来中国年平均气温将持续上升（图 3-9），北方地区增温幅度较大，其中青藏高原、新疆北部及东北地区增温更为明显。

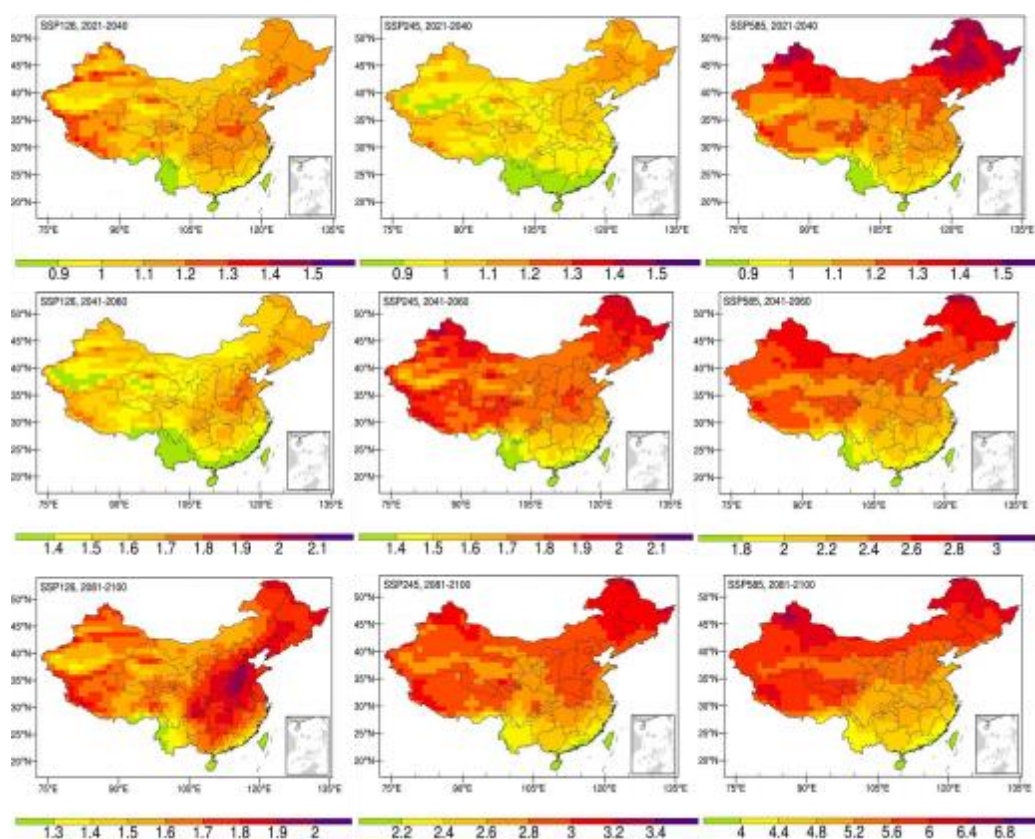


图 3-9 三种共享社会经济情景下第六次全球气候模式比较计划多模式对中国区域 21 世纪不同时期年平均气温变化预估（单位：°C）

第六次全球气候模式比较计划全球气候模式预估表明，未来中国年降水量变化在多数地区增加，到 21 世纪末全国平均增加幅度可达 2%~10%，其中西北地区、华北地区和东北地区年降水量相对增加幅度较大。

（二）极端气候

在不同温室气体排放情景下，全球和区域气候模式模拟结果表明，未来中国极端高温事件增加，极端低温事件减少，极端强降水事件在多数地区可能会增多、增强（图 3-10）。东部城市区域较乡村地区而言，极端强降水事件频数、强度变化趋势更明显。

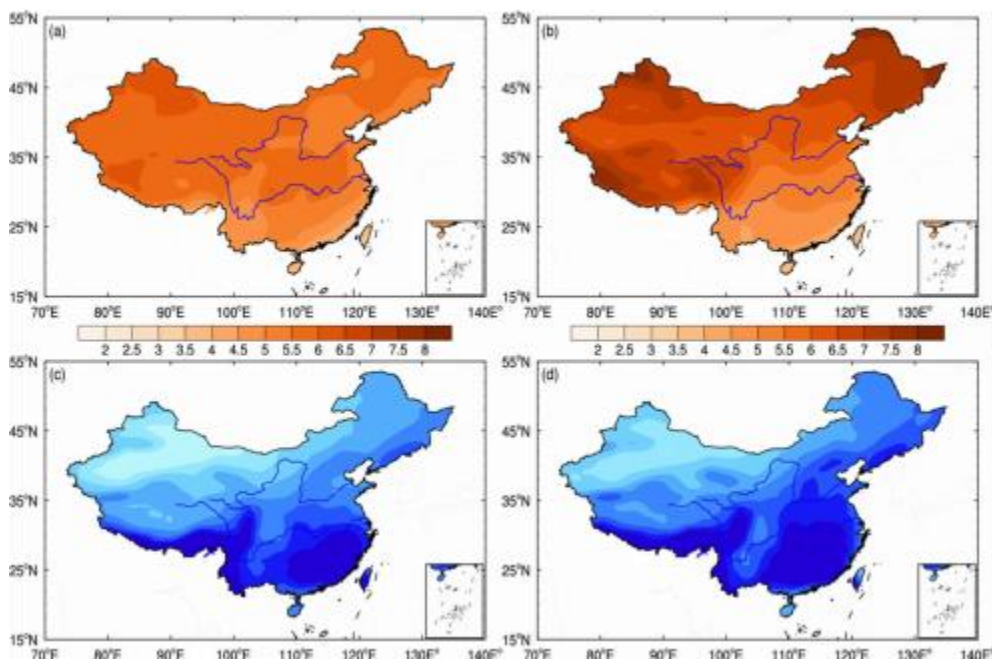


图 3-10 高排放情景下 21 世纪末期（2081—2100 年）中国极端高温、低温、降水量和总降水量的变化分布^[26]

（三）不确定性

过去气候观测数据仍存在一定偏差。主要偏差来自早期数据缺乏和城镇化对地面气候要素历史序列的影响。目前对地面气温资料中的城镇化影响偏差做了保守订正，但对于降水、日照或太阳辐射和近地面风速等要素资料，没有进行偏差订正。

全球和区域气候模式在再现真实气候要素变化特征和自然气候变率上，还存在一些不足，模拟能力有待提高。目前利用气候模式数据，结合观测资料，开展过去气候变化特别是极端气候事件变化归因研究，以及未来气候变化趋势特别是极端气候事件变化趋势预估研究，仍存在一定的不确定性。

今后气候变化观测、归因和预估研究，需要在早期观测资料拯救、城镇化对地

[26] (a) 极端高温、(b) 极端低温、(c) 极端降水量和 (d) 总降水量的变化分布 (a, b:°C;c,d:毫米) (相对于 1995—2014 年平均值)。

面观测记录的影响偏差订正以及气候系统模式开发、检验和改进等方面开展持续、深入的工作。采用观测约束技术对未来气候模拟进行约束，可以在一定程度上降低预估的不确定性。

第二章 气候变化影响与脆弱性评估

一、气候变化对农业的影响及其脆弱性

气候变化通过温度与降水变化的综合作用，使光、温、水、气等要素发生变化，进而对农业气候资源、种植制度、病虫害的发生发展和危害、农业气象灾害、农作物的生长发育和产量等都产生了显著的影响。

（一）气候变化对农业影响的事实

农业气候资源特别是热量资源显著增加，导致种植制度的明显变化。1960—2019年，全国约80%的地区水稻、玉米生育期期间有效积温增加100~300度·日，小麦有效积温增加150~350度·日，三种主要粮食作物生育期期间的有效积温增幅均表现出北方高于南方地区，生育期有效降水变化趋势不显著，日照时数呈现显著下降趋势。因热量资源增加和品种改良，作物种植北界北移。东北地区的水稻、华北和西北地区的冬小麦、东北和西北地区的玉米种植北界北移，多熟种植北界向高纬度高海拔地区扩展。一熟制向北推进200千米~300千米，两熟和三熟制向北推进500千米，作物多熟制面积扩大。复种指数以超过1.29%的速率逐年提高。中熟和中晚熟品种种植界限北移、面积扩大。喜温耐旱作物面积扩大，强冬性作物逐渐被冬性和弱冬性作物代替。

病虫害的危害程度有明显加重趋势，防控难度加大。气候变暖造成越冬基数增加，病虫害发生期、暴发期提前，危害期延长；主要农作物病虫繁殖代数增加，发生量增加，危害程度加重；病虫害发生北界北移、海拔上限高度提升，危害范围扩大。1970—2016年作物病虫害发生率迅速增加（图3-11），归因分析表明气候变暖对病虫害发生率增加的贡献超过五分之一，不同省份的贡献范围为2%~79%，小麦、玉米和水稻3种主粮作物的病虫害发生年增长速率显著增加。

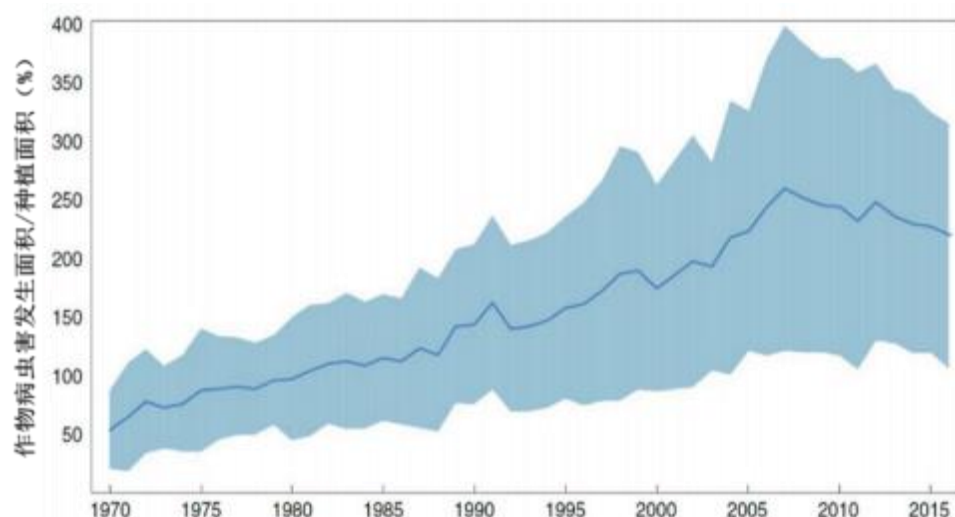


图 3-11 1970—2016 年病虫害发生的变化趋势^[27]

农业气象灾害加剧，主要表现为干旱、洪涝和高温灾害频数增加和强度增强。

近 50 年来（1961—2014），农业干旱灾害损失的范围和程度均明显增加，风险显著加大，综合损失率平均每十年增加 0.5% 左右。极端降水事件导致的农业洪涝成灾率为南方增强、北方减弱、总体呈上升的趋势。高温对夏玉米的影响最显著，对其他作物的影响也逐渐加重，如水稻受高温影响导致抽穗扬花期的光合作用效率显著降低。极端高温对中国农业全要素生产力和投入利用效率产生了负面影响。气候变化也导致干热风的频次和强度增加，发生区域扩大，对小麦灌浆和产量的危害加重。

气候变化对中国主要粮食作物的影响因作物和区域而异。利用多站点多年玉米大田试验结果评估气候变化对玉米产量的影响，结果表明，如果生长季平均温度和平均最低温度升高 1℃，玉米产量分别下降 0.83 吨/公顷和 0.67 吨/公顷，日较差降低 1℃和累积光合有效辐射减少 100 兆焦，玉米籽粒产量分别降低 1.0 吨/公顷和 0.85 吨/公顷，相同温升条件下，南方玉米减产幅度大于北方。根据农业气象站的日平均温度、双季稻物候期资料数据显示，与 1961—1970 年相比，2009—2018 年日平均温度升高 0.7℃，早稻和晚稻的高温致害指数分别增加 110%和 88%，气温每增加 1℃，早稻产量降低 8%，温度升高对晚稻产量没有负面影响。1961—2010 年，作物生育期内平均气温升高使全国冬小麦单产减少约 5.5%。辐射量降低也是影响作物产量的重要因素，1981—2009 年，辐射量降低导致稻麦轮作系统产量下降 1.5%~8.7%。

[27] 深蓝线表明国家尺度病虫害发生的平均值，浅蓝色区域为病虫害发生的标准差。来源于 Wang C, Wang X, Jin Z, et al. Occurrence of crop pests and diseases has largely increased in China since 1970[J]. Nature Food, 2022, 3(1): 57—65.

（二）未来气候变化对农业的影响及脆弱性

预计作物生育期内的平均温度升高、作物生育期缩短、多数种植界限北移。与2000s相比，预计2030s、2050s、2070s中国水稻生长季日均温分别增加0.8~2.7℃、1.7~3.4℃、2.3~4.1℃。在增温1℃、2℃和3℃的情景下，中国玉米生育期将缩短4.3%~13.0%、10.8%~22.5%和12.3%~30.3%，小麦生育期将缩短3.9%、6.9%和9.7%；在温升1.5℃和2.0℃的气候变化情景下，水稻生育期分别缩短了3~15天和4.5~18天，小麦生育期分别缩短6~15天和8~18天。气候变暖将导致中国多熟种植界限继续向高纬度和高海拔地区扩展，在中等温室气体排放情景下（A1B情景）^[28]，与1950—1980年相比，一年两熟种植界限和一年三熟种植界限在2011—2040年和2041—2050年都将不同程度地北移。

预计中国大部分农作物病虫害发生频次增加、面积扩大、危害加重。害虫春季北迁时间将提前，秋季南迁时间推迟，迁飞范围扩大，虫害发生趋势加重。这样会对农作物病菌的越冬和繁殖有利，病害发生地理范围扩大，并使原危害不严重的温凉气候区危害加重，同时喜温型、低温敏感型的病虫害暴发灾变的风险将会明显增加。未来气候变化情景下农作物害虫安全越冬界限北移1~3.5个纬度，繁殖代数增加1~2个世代。未来果树虫害，如樱桃绕实蝇、葡萄花翅小卷蛾、柑橘木虱等在中国的高适生区和中适生区面积增加。

二氧化碳施肥效应不能完全抵消气候变化对粮食产量的负面影响，气候变暖将降低产品蛋白质含量。根据对已有研究结果的汇总分析表明，未来气候变化情景下，在不考虑二氧化碳施肥效应时，2020s、2050s和2090s农作物产量将分别下降4%、10%和20%以上，如果考虑到二氧化碳施肥效应时，2050s前作物气候变化增加作物产量，2050s之后二氧化碳的施肥效应不能抵消气候变化造成的减产幅度，随着时间的推移，减产幅度逐渐扩大（图3-12）。中国学者还利用多作物模式、多气候情景集合预估了增温1.5℃和2.0℃对玉米、小麦和水稻产量的影响。尽管温升和未来二氧化碳浓度假设差异很小，但因模型其他输入参数的差异，导致温升1.5℃和2.0℃情景下作物产量影响模拟结果有较大的差异。虽然二氧化碳浓度增加可显著增加作物产量，但会降低谷物作物的蛋白质含量。

[28] IPCC 排放情景特别报告，A1B 情景。

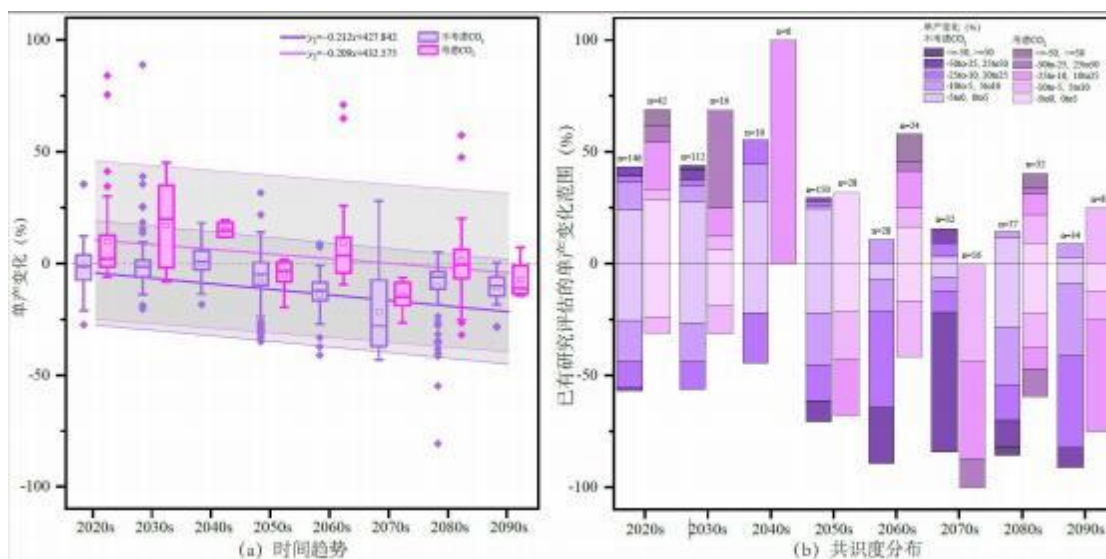


图 3-12 气候变化对中国农作物产量影响整合分析结果^[29]

二、气候变化对水资源的影响及其脆弱性

(一) 气候变化对水资源影响的事实

21 世纪以来，受气候变化影响，中国降水和水资源量呈现区域性变化。西北地区水资源量增加，黄河、海河、辽河等流域水资源量衰减明显。从 1956—2016 年系列看，中国水资源总量演变区域分异特征显著，呈增加趋势的地区集中在西北、东南两个区域，呈减少趋势的地区形成自东北到西南贯穿全国的一个条带。21 世纪以来，海河区、辽河区、松花江区、黄河区水资源总量分别偏少 22%、12%、10%、10%，西北诸河区、东南诸河区水资源总量分别偏多 13%、5%。

海河区、辽河区、松花江区、黄河区地表水资源量偏少，主要受气候变化和人类活动的共同影响。气候变化方面主要表现为：降水量和降水年内分配变化的影响，东北至西南呈现一条较为明显的降水减少带，降水年内分配、场次降水过程发生较大变化。2001—2016 年系列与 1956—2000 年系列相比，黄海辽地表水资源量减少 16%，地表水资源量减幅明显大于降水量减幅，其中海河区最为明显，降水量减少 5%，地表水资源量减少 36%。西北诸河区地表水资源量偏多，主要受近年来气候暖湿的影响，降水和冰川融水增多。与 20 世纪 60 年代比，西北地区冰川面积减少约五分之一，冰川水源调丰补枯作用减弱将给区域水资源带来不利影响。南方地区地

[29] 箱线图显示产量变化，箱线图图中的直线和小方框分别代表中位数和平均值，颜色表示是否考虑二氧化碳施肥效应（粉色代表考虑，紫色代表不考虑），图中两条粉色线之间的阴影部分表示考虑二氧化碳施肥效应时的不确定性区间，图中两条紫色线之间的阴影部分表示不考虑二氧化碳施肥效应时的不确定性区间。来源于 Huang C, Li N, Zhang Z, et al. What Is the Consensus from Multiple Conclusions of Future Crop Yield Changes Affected by Climate Change in China?[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(24): 9241.

表水资源量的变化主要受气候变化影响。

2001—2016年系列与1980—2000年系列相比，中国地下水资源量基本保持稳定。北方地区地下水资源量总体稳定，不同地区有增有减，其中淮河区、松花江区、西北诸河区分别偏多5%、3%、3%，辽河区、海河区、黄河区分别偏少14%、5%、4%。南方地区地下水资源量较稳定。

(二) 未来气候变化对水资源的影响及脆弱性

21世纪30年代，水资源系统的极端脆弱和高脆弱地区主要位于华北地区、东北地区、西北地区和西藏地区。西北地区水资源脆弱性上升，主要是由于新疆维吾尔自治区的脆弱性从中脆弱上升至极端脆弱，甘肃省和陕西省的脆弱性从中高脆弱上升至高脆弱。黑龙江和吉林两省的水资源脆弱性从低脆弱上升至中高脆弱，是东北地区脆弱性上升的主要原因。华北地区水资源脆弱性最为突出，京津冀地区和山东省为极端脆弱，内蒙古自治区、河南省和山西省为高脆弱。华东地区不同省份呈现明显的对比，安徽和江苏两省和上海市水资源系统为高脆弱，浙江省和福建省脆弱性有所上升，从低脆弱上升至中脆弱。华中地区水资源系统脆弱性有所上升，湖北省上升较为明显，从中低脆弱上升为中高脆弱，湖南和江西两省从中低脆弱上升至中脆弱。华南地区水资源脆弱性总体保持稳定，广西、广东、海南三省均为中脆弱，相较当前仅小幅度上升。西南地区除西藏地区的水资源脆弱性为中高脆弱，其他省份均为中脆弱和中低脆弱。未来气候变化下四川和云南两省水资源脆弱性最低，水安全风险相对其他地区略小。

三、气候变化对陆地生态系统的影响及其脆弱性

(一) 气候变化对陆地生态系统影响的事实

气候变化已对森林物候、分布、组成、生产力及林火和病虫害等产生了一定影响。森林植被生长季的开始期以提前为主，结束期以推迟为主。1960—2012年，714条木本植物的春、夏季物候期序列中有94%提前，平均提前2.55天/10年；294条木本植物秋季物候期序列中有77.5%推后，平均推后1.98天/10年。气候变化有利于木本植物西移，兴安落叶松、小兴安岭及东部山地的云杉、冷杉和红杉等树种的最适宜分布范围发生北移，中东部地区1983—2012年有80%木本植物分布范围北移。东北、秦岭、南方地区森林生物量增加；东北东部边缘、陕西东南部、云南南部、广西东部的净初级生产力显著增加。2000年以来北方降水增多导致三北防护林地区植

被生态质量持续好转；2000—2015 年由于太阳辐射强度的持续下降，造成喀斯特地区植被净初级生产量（NPP）下降，削弱了人类活动对喀斯特地区植被恢复的正面作用。

气候变化已对草原物候期、生产力产生了明显的影响。草原植物返青期略有提前，黄枯期推后，生长季延长。呼伦贝尔温性草甸草原春季气温每升高 1℃，羊草和贝加尔针茅返青期提前 1.7~1.9 天/10 年；夏、秋季气温每升高 1℃，枯黄期推迟 2.0~2.3 天/10 年。青藏高原高寒草甸和高寒草原的返青期分别提前 7.8 天/10 年和 7.2 天/10 年。1982—2012 年，青藏高原草地、南方草地植被生产力呈现显著增加的趋势，古典型草原和荒漠草原植被生产力呈下降趋势，下降幅度最大的是内蒙古中东部和甘肃东南部。西部草原地区的气候暖湿化使牧草产量和载畜量的影响因地区不同而异，牧草生产力增加最多的是新疆西南部和西藏东部，新疆北部和东部以及青海南部的降水量增加较少，牧草产量和载畜量有所下降。

气候变化影响湿地的物候、分布和生态功能。2001—2016 年东北地区湿地生长期开始日期每年提前 0.52 天。由于气候变暖，以冰雪融水为主要补给源的湿地面积逐年增加，如新疆额尔齐斯河流域沼泽、沼泽化草甸和湖泊面积增大，羌塘湖盆区的湿地面积增加了 5000 平方千米。以降水补给为主的湿地面积减少且功能下降，如长江中下游绝大部分湿地都以大气降水补给为主，21 世纪以来降水量呈减少趋势，造成了湿地水源补给减少，水分消耗增大，加快了湿地萎缩。1980—2015 年东北沼泽湿地面积减少了 31%，斑块数量增加了近 70%，景观破碎度指数增加，1987—2016 年，若尔盖高寒湿地呈现板块化，总面积减少约 900 平方千米，温度升高是影响东北沼泽湿地和若尔盖高寒湿地面积变化的主导气候因子。气候变暖严重威胁了湿地系统内的生物多样性，导致湿地生境质量下降和湿生生物种群数量减少。

气候变化对湖泊面积的影响因地制宜。1960—2015 年，中国大于 1 平方千米的湖泊的总面积增加了 5858.06 平方千米，但是呈现出较强的空间异质性：受冰雪融化影响，青藏高原和新疆湖泊面积显著上升，分别增加了 5676.75 平方千米和 1417.15 平方千米；在内蒙古地区，湖泊面积则减少了 1223.76 平方千米。

在人类活动和气候变化的共同影响下，野生动物和野生植物的种类减少、分布发生一定程度的变化。1950—2000年，中国县级252种重点保护脊椎动物物种有27.2%消失，物种损失与温度升高呈正相关。降水量增加与鸟类物种损失呈负相关，特别是在物种丰富和高生物多样性地区。气候变暖使青藏高原三江源地区40种濒危保护草本植物中的35种分布面积呈增加趋势，5种分布面积呈减少趋势。

（二）未来气候变化对陆地生态系统影响及脆弱性

气候变化将进一步影响森林生态系统的地理分布、结构和功能。未来气候变暖有利于森林向高海拔和高纬度地区迁移。北方和温带落叶林、温带常绿针叶林和热带森林带将北移，热带和暖温带森林的面积呈增加趋势，温带和北方森林面积呈减少趋势。小兴安岭地区森林将由白桦针阔混交林过渡到落叶针阔混交林。气候变化将导致森林净初级生产力发生变化，多模式集合评估结果表明，在低温室气体浓度情景下，森林净初级生产力降低的面积将减少，而在高温室气体浓度情景下，预计2050年之后森林净初级生产力降低的面积将增加，高风险面积将从5.4%（2021—2050）增加到27.6%（2071—2099）；在代表浓度路径（RCP）4.5和RCP8.5的温室气体排放情景下，2011—2040年和2041—2070年中国北方地区气候均呈现暖湿化趋势，利于巩固和扩大三北防护林和草原生态建设成果，缩短生态恢复的时间。

未来气候变化将改变中国草原生态系统的分布和生产力。温度升高将导致高山草原界线向更高海拔位移；受温度升高的影响，青藏高原的高寒草甸面积减少，高寒草原面积增加，温性典型草原的适宜区减小。与基线情景（1987—2016年）相比RCP4.5和RCP8.5两种温室气体排放情景下未来草地总生物量均呈显著下降趋势，温度升高是导致草地总生物量降低的主导因素。高寒草地生态系统净初级生产力降低；内蒙古西部大部分地区草地生产力下降，东北地区草甸及典型草原草地生产力增加。高寒草甸、高寒草原、温带草甸草原、典型草原、高寒荒漠和温带荒漠的土壤碳储量均呈下降趋势。

未来气候变化将影响湿地的分布和面积，中国湿地面积呈减少趋势。与1961—1990年相比，2011—2040年在未来高温室气体浓度情景下，东北三省湿地的气候适宜区大面积消退，湿地退化严重，到2050年和2100年大兴安岭约30%和60%的湿地将消失。青藏高原高寒湿地的气候适宜区分布发生变化、面积减少，在低温室气体排放情景下，预计21世纪中叶青藏高原高寒湿地面积将下降35.7%，羌塘流域湿地草甸和盐沼都将消失。与2010年基准年相比，RCP2.6温室气体排放情景下三

江平原湿地植物生产力显著提高，RCP4.5 和 RCP6.0 温室气体排放情景下植被生产力基本保持不变，RCP8.5 温室气体排放情景下植被生产力下降。未来气候变化情景下部分湿地的重要功能如固碳、水分涵养、野生动物栖息地生境将面临风险。

气候变化将改变野生动物的生活习性、迁徙时间和路线，且使一些濒危鸟类栖息地萎缩，导致野生植物适生区面积减少、物种灭绝等。表 3-1 为中国科学家评估的未来气候变化对野生动物、野生植物的潜在影响和风险。

表 3-1 气候变化情景下动植物类群适宜分布范围丧失比例及物种数量

类群	种类	未来气候变化影响	风险
野生动物	鸟类	向高纬度和高海拔迁徙迁移，部分分布范围减少，部分栖息地退化	分布范围大幅减少，栖息地退化； 5%~20%的物种面临较高濒危灭绝的风险
	兽类	大部分分布范围缩小，近期也有分布范围扩大的物种	
	两栖类	近期有所扩大，远期分布范围缩小，极端干旱等事件影响栖息地质量	
	爬行类	部分向高纬度迁移，分布范围缩小，破碎化	
野生植物	藻类	部分生物量改变，危害增加	气候变化将引起藻类暴发，范围扩大，危害增加
	苔藓植物	分布范围缩小，生境退化，部分向西部迁移	到 2050 年，9%~34%的物种面临较高的濒危风险
	蕨类植物	部分向高海拔和高纬度迁移，大多数植物分布范围缩小	
	裸子植物	部分向高海拔和西北及东北迁移，适生生境面积缩小、破碎化	
被子植物	多数向西部迁移，大多数植物适生生境范围缩小，西北和东北丰富度增加，东部和西南部区域丰富度下降		

四、气候变化对海洋和海岸带的影响及其脆弱性

(一) 气候变化对海洋和海岸带影响的事实

中国近海海温和海平面明显上升。20 世纪 60 年代以来，气候变暖引起中国近海海温和海平面明显上升，特别是 21 世纪以来，海平面加速上升。1958—2018 年，中国近海持续升温变暖，海面温度（SST）上升约 0.98 ± 0.19 °C，远高于全球海洋平均。其中，渤海、黄海和东海及台湾海峡在冬季的升温尤其明显（图 3-13）。1980—2019 年，沿海海平面上升速率为 3.4 毫米/年，高于同期全球平均水平，且区域变化特征明显，如长江口吕泗和海口验潮站的海平面上升速率又高于其他地区。

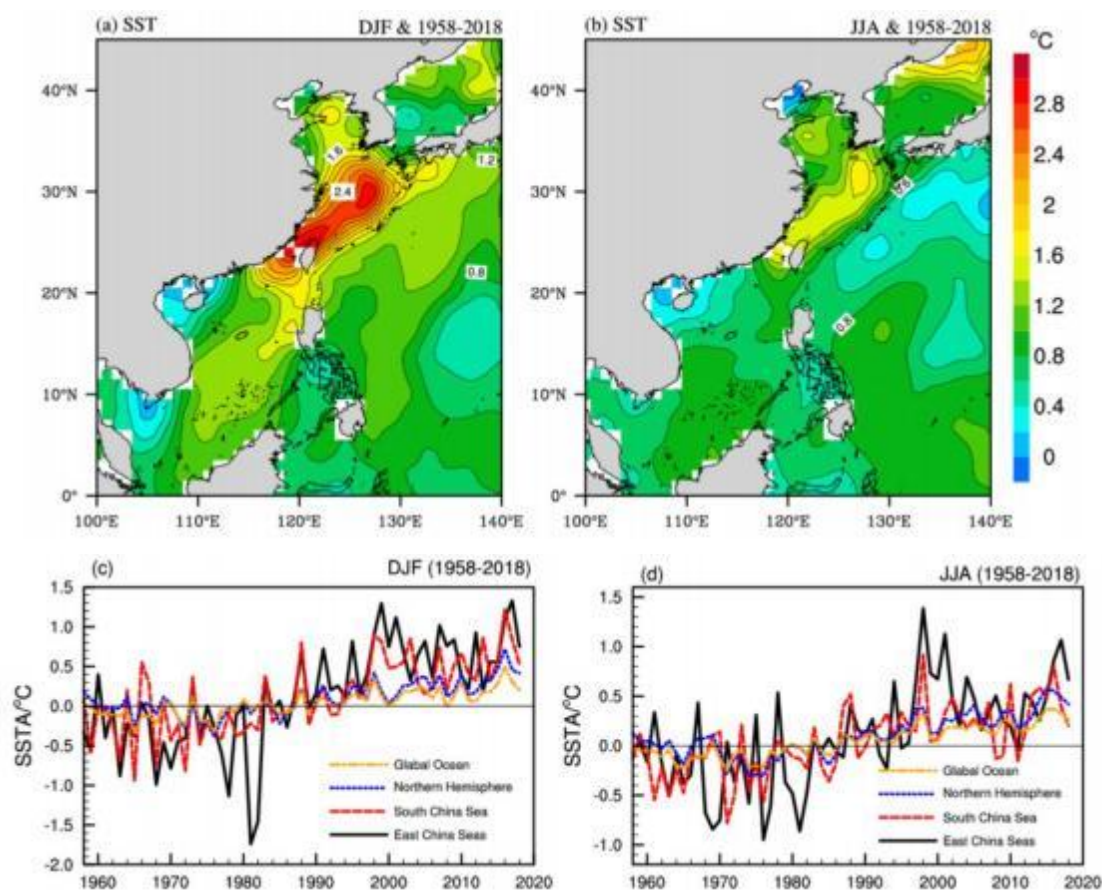


图 3-13 1958—2018 年冬、夏季渤海、黄海、东海和南海的 SST 线性上升幅度 (a、b, 单位: $^{\circ}\text{C}$) 及距平时间序列 (c、d, 单位: $^{\circ}\text{C}$) [30]

中国近海持续升温变暖, 超强台风和风暴潮的发生频数显著增加。21 世纪以来, 影响中国的超强台风和风暴潮的发生频次显著增加。2000—2019 年, 登陆中国的 (超) 强台风个数为 36 个, 超过 1980—1999 年的 2 倍 (15 个)。海平面的上升抬升了风暴潮的基础水位, 遇天文大潮和强降水时, 经常造成沿海地区严重的洪涝灾害。如 2013 年 10 月的强台风“菲特”、2021 年 7 月的台风“烟花”袭击闽浙沿海地区的厦门、宁波、舟山和嘉兴等地, 造成堤岸损毁、城区被淹、人员伤亡、经济损失, 其中, 2013 年 10 月, 宁波余姚市受强台风影响期间全城有 70% 地区被淹, 内涝达数天之久, 受灾人口达 83 万人。

海洋升温加剧了中国海洋生态灾害的暴发, 近海渔业资源严重衰退。1980 年以来, 中国海洋升温加剧了近海营养盐结构的失衡、海水酸化和低氧区扩大, 长江口和珠江口的河口区及附近海域尤为严重; 海洋变暖改变了海洋的物候, 并影响生物

[30] DJF 为冬季, 12 月—2 月, JJA 为夏季, 6 月—8 月。本土修改自 Cai R, Tan H, Kontoyiannis H. Robust surface warming in offshore China seas and its relationship to the East Asian monsoon wind field and ocean forcing on interdecadal time scales[J]. *Journal of Climate*, 2017, 30(22): 8987—9005. 采用 HadISST 数据, 更新至 2018 年。

生长发育的节律，海洋物候变化明显，并导致海洋物种组成和地理分布变异，加剧了海洋生态灾害的暴发，如赤潮、绿潮和水母暴发性繁殖等生态灾害频发，长江口及附近海域的赤潮呈现出年代际的增加，海洋生态系统稳定性明显下降，脆弱性明显增加。在海洋变暖和人类过度捕捞的共同作用下，中国近海渔业资源严重衰退。重要海洋渔业经济种类呈低龄化、小型化。长江口渔场、舟山渔场和渤海湾渔场变化尤其明显。渤海、黄海、东海的带鱼和小黄鱼平均体长分别减短 23%、32%，繁殖群体从 2 龄鱼为主变为 1 龄鱼为主，部分重要经济种资源接近枯竭，小黄鱼和带鱼等传统经济种类已无法形成渔汛。

中国沿海海平面上升加剧了海岸侵蚀、海水入侵和河口区咸潮入侵的影响。20 世纪 90 年代以来，中国海岸线约 22% 向陆地方向后退，损失的陆地面积达 224.48 平方千米，其中，黄河三角洲岸线后退较显著。中国沿海部分地区海蚀严重，如近 30 年来，广西防城港市受侵蚀的红树林海岸长度达 4 千米，最大侵蚀距离为 122 米；2011—2015 年，河北省、山东省等濒临渤海的平原地区海水入侵距离达 10 千米~43 千米，土壤盐渍化严重。1990 年以来，珠江口咸潮入侵严重影响上游饮用水。中国海岸带红树林生态系统还面临海平面快速上升和强台风增多的明显威胁；而海平面上升和围填海等人类活动的影响，还导致滨海湿地面积锐减、生境退化严重、生物多样性下降；过度捕捞、大型工程建设和生境退化还导致长江口等重要河口区的生物群落失去恢复力和完整性。2020 年中国开展了 24 个典型海洋生态系统健康状况监测，类型包括河口、海湾、滩涂湿地、珊瑚礁、红树林和海草床。在气候变化与人类活动双重影响下，7 个呈健康状态，16 个亚健康状态，1 个呈不健康状态。“十三五”期间，监测的河口和海湾优良（一、二类）水质点位比例呈上升趋势，氮磷比失衡问题有所缓解，沉积物质量总体良好；生物栖息地面积减少趋势得到有效遏制；多数河口和海湾浮游植物、浮游动物多样性指数有所升高，硅甲藻比例升高；但饵料生物桡足类占比有所下降，鱼卵仔鱼密度总体处于较低水平。滩涂湿地生态系统处于亚健康状态，植被面积基本稳定。红树林生态系统处于健康状态，监测区域红树林面积增加、群落结构稳定。珊瑚礁和海草床生态系统处于健康或亚健康波动状态^[31]。

[31] 资料来源于《2020 年中国海洋生态环境状况公报》。

（二）未来气候变化对海洋和海岸带的潜在影响及其脆弱性

在低、中和高温室气体排放情景下（RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5），中国沿海海平面将进一步上升，海洋还将大幅升温变暖。到 21 世纪末，高温室气体排放情景下渤海、黄海、东海和南海的升温幅度将分别超过 3.24。C 和 2.92。C，很可能将成为全球海洋升温最为显著的区域之一（表 3-2）。海洋升温将使得海洋酸化、缺氧和营养盐失衡进一步加剧，海洋气候变化致灾因子的危险性将进一步增加。这将引起海洋物种组成和地理分布呈现更显著的变化，海洋生物资源分布格局将发生更大变化，如物种继续北移，有害赤潮、绿潮和大型水母的暴发等生态灾害有增加的风险，河口区滨海湿地、红树林和暖水珊瑚礁等生态系统将面临被淹没或消失（RCP8.5）。渤海、黄海、东海的小黄鱼、鳀鱼等主要渔业资源中心将进一步北移，黄渤海的玉筋鱼、大头鳕等重要冷温性渔业资源将进一步衰退，甚至枯竭，长江口和黄河口渔业生态系统健康水平将明显降低。预计到 21 世纪中期，海洋热浪将更频繁，热带海域 70%~90% 以上的珊瑚礁可能消失。

表 3-2 在 RCP2.6、RCP4.5 和 RCP8.5 情景下，相对于 1980—2005 年，未来渤海、黄海、东海和南海平均 SST 变化（°C）

区 域	RCP2.6			RCP4.5			RCP8.5		
	2020-2029	2050-2059	2090-2099	2020-2029	2050-2059	2090-2099	2020-2029	2050-2059	2090-2099
渤海、黄海、东海	0.63±0.41	0.71±0.30	0.74±0.49	1.01±0.49	1.36±0.51	1.75±0.65	1.07±0.62	1.73±0.72	3.24±1.23
南海	0.58±0.35	0.65±0.41	0.69±0.50	0.87±0.38	1.16±0.40	1.51±0.45	0.89±0.42	1.47±0.44	2.92±0.77
全球海洋	0.53±0.45	0.60±0.51	0.62±0.53	0.78±0.51	1.13±0.54	1.47±0.62	0.87±0.63	1.35±0.77	2.89±1.32

在不同温室气体排放情景下，未来登陆中国大陆地区的（超）强台风数量增加，强度变强，并将极向扩展。在不同温室气体排放情景（RCP2.6，RCP4.5 和 RCP8.5）下，可能导致中国北方沿海地区更频繁地暴露在强台风—风暴潮的影响之下，并很可能进一步威胁中国沿海地区已建的核电站、滨海机场、港口工程、防洪排涝工程和石油平台等基础设施的安全。预估表明，未来全球和中国沿海海平面将显著上升，沿海许多地区的极值水位重现期将明显缩短，到 2050 年，上海市地区将位于沿海高潮线以下；到 2100 年，中国沿海多地区如长江口吕四验潮站和福建省厦门海域验潮站当前百年一遇的极值水位将分别变为几年一遇和低于一年一遇（RCP8.5），这表明未来极值水位的变化很可能对沿海地区构成更严重的威胁，有重大的灾害风险。

综上所述，在海洋持续变暖和气候致灾因子危险性增加的背景下，中国典型海岸带生态系统和沿海地区经济社会的人口与资产的暴露度增加，气候脆弱性和综合风险将明显增加。

五、气候变化对人群健康的影响及其脆弱性

（一）气候变化对人群健康影响的事实

气候变化导致的地表平均温度升高，海平面上升，降水模式的改变，以及极端天气事件发生的频数和强度的增加，正在严重威胁人类的生命健康和公共卫生安全，是 21 世纪人类健康面临的巨大威胁。气候变化对人群健康的影响主要通过以下三种路径：

极端气候或极端天气事件不仅可导致伤害和死亡增加，而且会导致患病的脆弱人群过早死亡，对人群生命和健康造成直接影响。全球气候变化背景下，高温热浪、洪涝、干旱、台风、野火等多种极端天气与气候事件的发生频数与强度均会显著增加，严重威胁人类生存环境和生命健康，给灾区人民带来巨大的疾病负担和经济损失。高温热浪可导致中暑、热射病、热衰竭和热痉挛等，甚至造成死亡。高温热浪可增加心脑血管疾病等气候敏感疾病患者的发病或过早死亡风险；热浪强度越高对死亡的影响越大，且健康效应存在区域差异。与 1986—2005 年相比，2020 年中国所有人群平均热浪暴露增加了 4.5 天，由此导致的过早死亡人数增加了 92%，约为 14500 人。降水改变导致中国南方洪涝、北方干旱模式增强，并继续驱动极端天气与气候事件的发生。2018 年，中国共有 5577 万人受到洪水和干旱影响，四川省在既往年份中受影响最大。洪涝可直接造成以溺水为主的人员伤亡，如 2021 年 7 月，中国人口

最多、最容易发生洪水的省份之一的河南，降水量破纪录，超过 300 人在洪水中死亡，相当于 2018 年中国洪水总死亡人数的近 80%。台风主要发生于中国南部沿海地区，其强大破坏力可直接导致各种伤害和死亡，近年来也有向内陆扩展趋势。

气候变化可通过自然生态系统导致疾病传播媒介生物和病原体的地理分布范围扩大、洪水泛滥和水质恶化等造成气候敏感传染病暴发流行，间接影响人群生命健康或公共卫生安全。气候变化通过对环境、生物、食物等产生系统性影响，增加了许多水传播、空气传播、媒介生物传播和食物传播病原体的传播适宜性。中国大多数地区受气候变暖影响，蚊虫分布向北扩展，且数量显著增加，使热带病更易流行。与 2004—2007 年相比，2016—2019 年中国登革热媒介伊蚊的活动区域扩大、季节延长、数量增多、覆盖风险人群更大，传播能力增长 25%，导致登革热流行范围和强度上升势头迅猛，呈现向内陆、高纬度和高海拔地区扩散的趋势，已成为中国重大公共卫生风险和挑战。2019 年，登革热对中国造成的人群健康损失比 2005 年增加了 21 倍。此外，一些水源性疾病、呼吸道疾病等多种气候敏感传染病也会随着气候变暖传播能力增强。洪涝会污染清洁水源、破坏消毒设施，导致各种病原微生物和媒介生物快速滋生，进而造成水源性疾病、媒介生物传染病和寄生虫病等的发生。干旱限制了清洁水源的可获得性，因此人们只能使用受污染的水源，从而增加了水源性和食源性传染病的传播风险。台风严重破坏城市基础设施、清洁水源和居住环境，造成传染性疾病的风险增加。此外，洪涝、干旱和台风等极端事件还可影响循环系统疾病、呼吸系统疾病等非传染性疾病。

气候变化可通过人类社会系统为中介因素间接影响人群健康，如极端天气事件频发导致人们劳动生产率下降及经济损失甚至流离失所，进而产生心理压力、精神疾病、营养不良等。2020 年，中国因高温造成的劳动时间损失为 315 亿小时，相当于全国劳动力损失 1.3%，由此造成的经济损失相当于 2020 年全国国内生产总值下降了 1.4%。受损失最严重的为广东、广西两省，占全国总损失的 27.5%。干旱可导致粮食减产，从而造成营养不良、营养缺乏等长期健康影响。

另外，随着中国城镇化的快速发展，老龄化加速和罹患基础疾病的人群增多，气温上升和极端气候事件增加已对这些脆弱人群造成了更大的健康风险和疾病负担。

（二）未来气候变化对人群健康的风险

从地区来看，中国东部中纬度沿海地区和西部中纬度地区受高温热浪的健康风险较高，而南方地区受低温寒潮的健康风险较高。未来气候变化情景下，随着老龄化加速和罹患基础疾病的人群增多，气温上升和极端气候事件增加将会对这些脆弱人群带来更大的健康风险。东北成为近五十年来增温最快、范围最大的地区之一，高温热浪所致的健康风险可能将会持续升高，而抗寒能力弱、取暖设施不足的南方因低温寒潮导致的健康风险可能加大。此外，华东地区和河流沿岸地区由于未来洪涝灾害的增加也会使得这些地区的健康风险升高。

绝大多数未来气候变化情景下，登革热、血吸虫病、菌痢、手足口等气候敏感传染病的分布区将进一步扩大。例如，基于登革热流行的生物驱动模型，未来不同温室气体排放情景、不同年代中国登革热的风险流行区均显著北扩，风险人口显著增加。未来气候变化会导致 2080—2090 年湖北钉螺分布区域将沿着东部路线向北扩展，血吸虫病的适生区和分布范围将扩大。中国大部分地区，由于平均气温升高，菌痢病例呈上升趋势，与基线相比，华北、东北、内蒙古、西北和华南地区将成为未来菌痢的高风险地区。

未来针对老年人、女性（尤其是孕妇）、儿童、低收入和罹患基础疾病者等气候变化脆弱人群，要加强健康教育和健康促进服务，提高人群健康适应气候变化的保障措施。

第三章 适应气候变化战略及目标

一、将适应气候变化纳入国民经济和社会发展规划纲要

中国高度重视适应气候变化工作，实施积极应对气候变化国家战略，一贯坚持适应和减缓并重，将适应气候变化理念和要求纳入国民经济和社会发展规划。

《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》首次将“积极应对全球气候变化”单设一章，在“增强适应气候变化能力”一节中提出要“制定国家适应气候变化总体战略，加强气候变化科学研究、观测和影响评估。在生产布局、基础设施、重大项目规划设计和建设中，充分考虑气候变化因素。加强适应气候变化特别是应对极端气候事件能力建设，加快适应技术研发推广，提高农业、林业、水资源等重点领域和沿海、生态脆弱地区适应气候变化水平。加强对极端天

气和气候事件的监测、预警和预防，提高防御和减轻自然灾害的能力”。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》（以下简称“十三五”规划《纲要》）继续设“积极应对全球气候变化”一章，在“主动适应气候变化”一节中强调“在城乡规划、基础设施建设、生产力布局等经济社会活动中充分考虑气候变化因素，适时制定和调整相关技术规范标准，实施适应气候变化行动计划。加强气候变化系统观测和科学研究，健全预测预警体系，提高应对极端天气和气候事件能力”。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（以下简称“十四五”规划《纲要》）在“积极应对气候变化”章节中明确要“加强全球气候变暖对中国承受力脆弱地区影响的观测和评估，提升城乡建设、农业生产、基础设施适应气候变化能力”，对下一阶段适应气候变化工作提出了新的要求。

二、国家适应气候变化战略（2014—2020）

为积极应对全球气候变化，统筹开展全国适应气候变化工作，2013 年中国 9 部门联合印发《国家适应气候变化战略》（以下简称《适应战略 2020》）（实施期限：2014—2020 年），明确了基础设施、农业、水资源、海岸带和相关海域、森林和其他生态系统、人体健康、旅游业和其他产业的重点任务。按照全国主体功能区规划有关国土空间开发的内容，统筹考虑不同区域人民生活受到气候变化的不同影响，具体提出各有侧重的适应任务，将全国重点区域格局划分为城市化、农业发展和生态安全 3 类适应区，为统筹协调开展适应工作提供指导。作为中国第一部专门针对适应气候变化方面的战略规划，对提高国家适应气候变化综合能力意义重大。

《适应战略 2020》坚持突出重点、主动适应、合理适应、协同配合、广泛参与的原则，提出到 2020 年适应能力显著增强、重点任务全面落实、适应区域格局基本形成的总体目标，为统筹协调开展适应工作提供指导。

适应能力显著增强。主要气候敏感脆弱领域、区域和人群的脆弱性明显降低；社会公众适应气候变化的意识明显提高，适应气候变化科学知识广泛普及，适应气候变化的培训和能力建设有效开展；气候变化基础研究、观测预测和影响评估水平明显提升，极端天气气候事件的监测预警能力和防灾减灾能力得到加强。适应行动的资金得到有效保障，适应技术体系和技术标准初步建立并得到示范和推广。

重点任务全面落实。基础设施相关标准初步修订完成，应对极端天气气候事件能力显著增强。农业、林业适应气候变化相关的指标任务得到实现，产业适应气候变化能力显著提高。森林、草原、湿地等生态系统得到有效保护，荒漠化和沙化土地得到有效治理。水资源合理配置与高效利用体系基本建成，城乡居民饮水安全得到全面保障。海岸带和相关海域的生态得到治理和修复。适应气候变化的健康保护知识和技能基本普及。

适应区域格局基本形成。根据适应气候变化的要求，结合全国主体功能区规划，在不同地区构建科学合理的城市化格局、农业发展格局和生态安全格局，使人民生活安全、农产品供给安全和生态安全得到切实保障。

三、国家适应气候变化战略 2035

2020年，生态环境部成立了《国家适应气候变化战略 2035》（以下简称《适应战略 2035》）编制工作领导小组和领导小组办公室，并组建了专家咨询委员会，牵头开展《适应战略 2035》编制各项相关工作。2022年6月，生态环境部等17个部门联合印发《适应战略 2035》，提出新阶段下我国适应气候变化工作的指导思想、基本原则和主要目标。《适应战略 2035》以习近平生态文明思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届历次全会精神，完整、准确、全面贯彻新发展理念，统筹发展与安全，实施积极应对气候变化国家战略，坚持减缓和适应并重，把握扎实开展碳达峰碳中和工作契机，将适应气候变化全面融入经济社会发展大局，推进适应气候变化治理体系和治理能力现代化，强化自然生态系统和经济社会系统气候韧性，构建适应气候变化区域格局，有效应对气候变化不利影响和风险，降低和减少极端天气气候事件灾害损失，助力生态文明建设、美丽中国建设和经济高质量发展。

《适应战略 2035》在深入评估气候变化影响风险和适应气候变化工作基础及挑战机遇的基础上，明确适应气候变化应坚持“主动适应、预防为主，科学适应、顺应自然，系统适应、突出重点，协同适应、联动共治”的基本原则，提出加强气候变化监测预警和风险管理、提升自然生态系统适应气候变化能力、强化经济社会系统适应气候变化能力、构建适应气候变化区域格局的重点任务，分三个阶段（2025年、2030年和2035年）对当前至2035年适应气候变化工作作出统筹谋划部署，为下一步开展适应气候变化工作提供了战略依据和指导。

到2025年，适应气候变化的政策体系和体制机制基本形成，气候变化和极端天

气候事件监测预警能力持续增强，气候变化不利影响和风险评估水平有效提升，气候相关灾害防治体系和防治能力现代化取得重大进展，各重点领域和重点区域适应气候变化行动有效开展，适应气候变化区域格局基本确立，气候适应型城市建设试点取得显著进展，先进适应技术得到应用推广，全社会自觉参与适应气候变化行动的氛围初步形成。

到 2030 年，适应气候变化政策体系和体制机制基本完善，气候变化观测预测、影响评估、风险管理体系基本形成，气候相关重大风险防范和灾害防治能力显著提升，各领域和区域适应气候变化行动全面开展，自然生态系统和经济社会系统气候脆弱性明显降低，全社会适应气候变化理念广泛普及，适应气候变化技术体系和标准体系基本形成，气候适应型社会建设取得阶段性成效。

到 2035 年，气候变化监测预警能力达到同期国际先进水平，气候风险管理和防范体系基本成熟，重特大气候相关灾害风险得到有效防控，适应气候变化技术体系和标准体系更加完善，全社会适应气候变化能力显著提升，气候适应型社会基本建成。

与《适应战略 2020》相比，《适应战略 2035》具有 4 个特征：一是更加突出气候变化监测预警和风险管理，提出完善气候变化观测网络、强化气候变化监测预测预警、加强气候变化影响和风险评估、强化综合防灾减灾等任务举措；二是划分自然生态系统和经济社会系统两个维度，分别明确了水资源、陆地生态系统、海洋与海岸带、农业与粮食安全、健康与公共卫生、基础设施与重大工程、城市与人居环境、敏感二三产业等重点领域适应任务，同时在经济社会系统中增加了“城市和人居环境”维度，在“敏感二三产业”中也纳入了除旅游业外的气象服务、金融、能源等重点行业的重点任务，将适应议题延伸到社会系统的方方面面；三是多层次构建适应气候变化区域格局，将适应气候变化与国土空间规划相结合，并考虑气候变化及其影响和风险的区域差异，提出覆盖全国八大区域和京津冀、长江经济带、粤港澳大湾区、长三角、黄河流域等重大战略区域适应气候变化任务；四是更加注重机制建设和部门协调，进一步强化组织实施、财政金融支撑、科技支撑、能力建设、国际合作等保障措施。《适应战略 2035》与《适应战略 2020》主要内容对比，见表 3-3。

表 3-3 《适应战略 2035》与《适应战略 2020》主要内容对比

	《适应战略 2035》		《适应战略 2020》	
加强气候变化监测预警和风险管理	完善气候变化观测网络		-	
	强化气候变化监测预测预警			
	加强气候变化影响和风险评估			
	强化综合防灾减灾			
提升自然生态系统适应气候变化能力	水资源		水资源	
	陆地生态系统		森林和其他生态系统	
	海洋与海洋带		海洋带与相关海域	
强化经济社会系统适应气候的能力	农业与粮食安全		农业	
	健康与公共卫生		人体健康	
	基础设施与重大工程		基础设施	
	城市与人居环境		-	
	敏感二三产业（气象、金融、能源、旅游、交通防灾和应急保障）		旅游业和其他产业	
构建适应气候变化区域格局	构建适应气候变化的国土空间		-	
	强化区域适应气候变化行动	东北地区	城市化地区	东部城市化地区
		华北地区		中部城市化地区
		华东地区		西部城市化地区
		华中地区	农业发展地区	东北平原区
		华南地区		黄淮海平原区
		西北地区		长江流域区
		西南地区		汾渭平原区
	青藏高原	河套地区		
	提升重大战略区域适应气候变化能力	京津冀协同发展战略区域	生态安全地区	甘肃新疆区
		长江经济带发展战略区域		华南区
		粤港澳大湾区战略区域		东北森林带
		长三角一体化战略区域		北方防沙带
		黄河流域生态保护和高质量发展战略区域		黄土高原—川滇生态屏障区
			南方丘陵山区	
			青藏高原生态屏障区	

四、“十四五”期间适应气候变化目标

新形势和新阶段下，“十四五”期间，中国将全面加强适应气候变化工作，进一步提高风险管理和适应气候变化的能力，农业、水利、林业、海洋、防灾减灾等各个领域也分别出台支撑适应气候变化行动的相关战略、规划，提出适应气候变化相关目标，推动适应工作的具体落地。其中各领域目标如下：

水资源领域。到 2025 年，水旱灾害防御能力、水资源节约集约安全利用能力、水资源优化配置能力、河湖生态保护治理能力进一步加强，国家水安全保障能力明显提升。全国用水总量控制在 6400 亿立方米以内，万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量均较 2020 年下降 16%左右，农田灌溉水有效利用系数提高到 0.58。水资源配置工程体系更加完善，新增水利工程供水能力 290 亿立方米，地级及以上城市应急备用水源基本建立，农村自来水普及率达到 88%，万亩以上灌区灌溉面积达到 5.14 亿亩^[32]。

陆地生态系统。到 2025 年，着重抓好国家重点生态功能区、生态保护红线、重点国家级自然保护地等区域的生态保护和修复，解决一批重点区域的核心生态问题。森林覆盖率达到 24.1%，森林积蓄量达到 190 亿立方米，草原综合植被盖度达到 57%，湿地保护率达到 55%，以国家公园为主体的自然保护地面积占陆域国土面积比例超过 18%，沙化土地治理面积 1 亿亩。

海洋生态系统。到 2025 年，海洋生态退化趋势根本遏制，受损、退化的重要海洋生态系统得到全面保护修复，海洋生物多样性得到有效保护，海洋生态安全屏障和适应气候变化韧性不断增强，海洋生态系统质量和稳定性稳步提升。自然岸线保有率不低于 35%，整治修复岸线长度不少于 400 千米，滨海湿地面积不少于 2 万公顷。推进 50 个左右海湾综合治理和美丽海湾建设。

农业领域。到 2025 年，耕地、水等农业资源得到有效保护、利用效率显著提高。耕地生态得到恢复，生物多样性得到有效保护，农田生态系统更加稳定，适应气候变化能力不断增强。建成高标准农田 10.75 亿亩，主要农作物化肥、农药利用率均达到 43%，农膜回收率达到 85%，畜禽粪污综合利用率达到 80%以上，新增退化农田治理面积 1400 万亩。

[32] 1 亩=1/15 公顷。

防灾减灾领域。到 2025 年，应急管理体系和能力现代化建设取得重大进展，形成统一指挥、专常兼备、反应灵敏、上下联动的中国特色应急管理体制，建成统一领导、权责一致、权威高效的国家应急能力体系，防范化解重大安全风险体制机制不断健全，应急救援力量建设全面加强，应急管理法治水平、科技信息化水平和综合保障能力大幅提升，安全生产、综合防灾减灾形势趋稳向好，自然灾害防御水平明显提升，全社会防范和应对处置灾害事故能力显著增强。

第四章 适应气候变化政策与行动

一、水资源领域

不断加大水资源节约保护力度。“十三五”以来，坚持“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路，推进水资源消耗总量和强度双控，把节约用水贯穿于经济社会发展和生态文明建设全过程。国家发展和改革委员会、水利部、住房和城乡建设部、工业和信息化部、农业农村部等有关部门联合印发《国家节水行动方案》《全民节水行动计划》《水效标识管理办法》《水效领跑者引领行动实施方案》《“十三五”水资源消耗总量和强度双控行动方案》等政策文件，大力推动全社会节水。实施 434 处大型灌区续建配套和节水改造，新增恢复改善灌溉面积 2 亿多亩，农田灌溉水有效利用系数提高到 0.565，为夺取农业连年丰收、保障国家粮食安全提供了坚实保障。

大幅提高水资源利用效率。强化水资源刚性约束，严格控制用水总量，合理开发利用水资源，大幅提高水资源利用效率。“十三五”期间，全国用水总量控制在 6100 亿立方米以内，万元国内生产总值用水量下降 28.0%，万元工业增加值用水量下降 39.6%，城市公共供水管网漏损率为 10% 左右。工业废水循环利用取得积极进展，规模以上工业用水重复利用率从 2015 年的 89% 提高至 2020 年的 92.5%。推进水资源高效循环以及海水淡化利用技术创新集成与示范应用，不断加强非常规水源开发利用管理工作，把非常规水源纳入水资源统一配置，特别是缺水地区，进一步扩大配置到工业、生态环境、城市杂用、农业等用水领域，2020 年全国非常规水源利用量达到 128.1 亿立方米，其中再生水利用量占 85%。推进污水资源化利用，缺水城市再生水利用率达到 32.7% 左右。

全面提升水资源管理水平。以提高国家供水安全保障体系整体韧性为出发点，实行最严格水资源管理制度，建立水资源开发利用、用水效率和水功能区限制纳污“三条红线”，每年对 31 个省（自治区、直辖市）实行最严格水资源管理制度情况进行考核。实施以南水北调工程为代表的流域区域水资源调蓄和配置工程，优化水资源配置格局，提高水资源调控能力。南水北调东、中线一期工程建成通水以来，截至 2020 年底，已累计向北方供水超过 394 亿立方米，极大地提高中国水资源调控能力。科学确定水资源工程建设布局，长江三峡、黄河小浪底、淮河临淮岗、嫩江尼尔基、广西百色等一大批控制性水利枢纽工程相继建成并投入使用，主要江河的调控能力明显增强，启动了太湖流域、松花江干流、辽河干流、新安江、乌江等 59 条跨省江河流域水量分配工作，统筹配置流域生活、生产和生态用水。

有效提升水旱灾害防御能力。研究编制《“十四五”水安全保障规划》，全面总结评估《水利改革发展“十三五”规划》实施情况，系统分析水安全状况及面临形势，研究提出“十四五”时期水安全保障的总体思路、目标任务、重大政策举措。长江、黄河、淮河等大江大河治理深入推进，淮河出山店、西江大藤峡、泾河东庄等一批控制性枢纽加快建设，病险水库除险加固、中小河流治理、山洪灾害防治等薄弱环节建设不断加强，重点河段和区域防洪减灾能力明显提升。强化洪水监测预报预警，精细组织调度运用，充分发挥水利工程水旱灾害防御作用，科学抗御长江、淮河、松花江、太湖流域等多次大洪水、特大洪水，成功处置多次堰塞湖险情，有效应对多次大范围干旱，有力保障了人民群众生命财产安全和国家经济安全。

持续改善水生态环境状况。持续开展长江上中游、黄河上中游、东北黑土区、西南石漠化等重点地区水土流失治理，新增水土流失综合治理面积 30 万平方千米，水土流失面积和强度“双下降”。强化水资源调度，实现黄河干流连续 21 年不断流。开展京津冀“六河五湖”综合治理与生态修复，永定河北京段时隔 25 年实现全线通水，持续推进塔里木河、黑河、石羊河等生态脆弱河流保护修复。采取“一减一增”综合措施，系统推进华北地区地下水超采综合治理，部分地区地下水水位止跌回升。实施小水电增效扩容改造，推进小水电清理整改，修复减脱水河道 9 万多千米，小水电 2020 年的发电量为 2500 亿千瓦时。

二、陆地生态系统

大力加强生物多样性保护力度。通过稳步推进国家公园体制试点，持续实施自然保护区建设、濒危野生动植物抢救性保护等工程，生物多样性保护取得积极成效。截至 2018 年底，中国已有各类自然保护区 2700 多处，90% 的典型陆地生态系统类型、85% 的野生动物种群和 65% 的高等植物群落纳入保护范围。大熊猫、朱鹮、东北虎、东北豹、藏羚羊、苏铁等濒危野生动植物种群数量呈稳中有升的态势。“十三五”期间，全国自然保护地数量增加 700 多个，面积增加 2500 多万公顷，总数量达到 1.18 万个，约占中国陆域国土面积的 18%。生态保护红线涵盖中国生物多样性保护的 35 个优先区域，覆盖国家重点保护物种栖息地。

持续推进生态系统保护和修复工作。统筹编制实施《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035 年）》等生态保护修复规划，通过三北、长江等重点防护林体系建设、天然林资源保护、退耕还林等重大生态工程建设，森林资源总量实现快速增长。截至 2018 年底，全国森林面积居世界第五位，森林蓄积量居世界第六位，人工林面积长期居世界首位。国土绿化“十三五”规划主要任务全面完成，全国森林覆盖率达到 23.04%，森林蓄积量超过 175 亿立方米，草原综合植被覆盖度达到 56%。积极实施京津风沙源治理、石漠化综合治理等防沙治沙工程和国家水土保持重点工程，启动了沙化土地封禁保护区等试点工作，全国荒漠化和沙化面积、石漠化面积持续减少，“十三五”期间完成防沙治沙 1000 多万公顷、石漠化治理 130 万公顷，区域水土资源条件得到明显改善。初步形成了湿地自然保护区、湿地公园等多种形式的保护体系，改善了河湖、湿地生态状况。截至 2018 年底，中国国际重要湿地 57 处、国家级湿地类型自然保护区 156 处、国家湿地公园 896 处，全国湿地保护率达到 52.2%。“十三五”时期，财政部、自然资源部、生态环境部会同相关部门启动实施山水林田湖草生态保护修复工程试点，在全国开展了 25 个试点项目，涉及全国 24 个省份，基本涵盖了以“三屏四带”为骨架的国家生态安全屏障，对提升生态系统质量和服务功能起到了重要作用。

三、海洋和海岸带生态系统

大幅提升海洋气候观测监测能力。中国在海平面变化、海洋生态环境、海洋极端气候、海洋防灾减灾、极地气候等方面的海洋观测能力显著提升，已建立起中国近海南海观测网络、岛屿与近岸水文气象监测、黄海和渤海观测网络，持续开展了相关预测与评估工作，为中国气候变化监测和研究提供基础数据保障。构建了国家全球海洋立体观测网，基本实现对中国管辖海域、西北太平洋、北印度洋、重要海峡通道以及南北极区的长期业务化观测。积极参与热带海洋和全球大气计划、世界大洋环流实验、全球实时海洋剖面观测网、全球热带海洋锚系浮标观测阵，热带太平洋观测系统 2020 等大型国际观测计划，并以中国为主成功发起西北太平洋海洋环流与气候实验计划，显著提升了中国对西太平洋海域海洋动力状况的实时监测能力。

持续开展海洋生态保护修复。发布实施《“十四五”海洋生态环境保护规划》，协同推进应对气候变化与海洋环境治理、生态保护修复，推进海洋应对气候变化的响应监测与评估，提升海洋适应气候变化的韧性。陆续开展了沿海防护林、滨海湿地修复、红树林保护等工作，局部海域生态环境得到改善，红树林、珊瑚礁、海草床、盐沼等典型生境退化趋势初步遏制，近岸海域生态状况总体呈现趋稳向好态势。落实 2018 年《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》部署要求，除国家重大战略项目外，全面停止新增围填海项目审批，严格保护滨海湿地，指导地方全面开展围填海历史遗留问题生态评估和修复工作，全面实施以自然恢复为主的生态修复措施。“十三五”期间累计修复滨海湿地 2.3 万公顷，自然生态系统服务得到提升，适应能力得到增强。

不断加强海岸带综合管理。出台了系列指导海岸带整治修复保护的政策，包括《海岸线保护与利用管理办法》等，有效加强了对海岸带的保护与利用管理。中央提供海域使用金支持地方实施海域、海岛和海岸带整治修复及保护项目。实施废弃码头拆除、废弃物清理、海域清淤、退养还滩、退堤还海、自然岸线修复、人工岸线整治、离岸潜堤建设、防潮堤修建、滨海观景长廊修建、沙滩整治修复和地质遗迹景观修复等措施，海岸带生态环境呈现明显改善和整体趋稳向好的积极态势。截至 2018 年底，全国累计修复海岸线约 1000 千米、海岛 20 个。

逐渐完善海洋工程建设标准和规划布局。推进海洋工程标准化体系建设，为海洋强国建设提供有效的技术支撑。制定蓝碳标准体系，开展海洋生态系统碳汇试点，

支持鼓励江苏、山东、浙江等地方探索开展蓝碳规划、研究、交易和试点等工作。在黄河口盐沼湿地、长岛海草床等典型生态系统区域开展蓝碳储量调查与评估试点。印发《全国海洋主体功能区规划》，根据海洋资源环境承载能力、海洋开发强度和海洋发展潜力，把开发活动严格限制在海洋资源环境承载能力范围内，控制近岸海域开发强度和规模，推动深远海适度开发。完善陆海一体化国土空间规划和用途管制，探索生态环境分区管控制度，构建陆域、流域、海域相统筹的海洋空间治理体系，统筹海岸带、海岛、近海海域、深海海域利用。

四、农业领域

切实提升农业防灾减灾能力。推动出台《全国农业可持续发展规划（2015—2030年）》《农业资源与生态环境保护工程规划（2016—2020年）》《全国农业现代化规划（2016—2020年）》等政策文件，强化政策对农业适应气候变化的引领作用，不断加强农业生态保护与建设，促进资源永续利用，增强农业综合生产能力和防灾减灾能力，提升与资源承载能力和环境容量的匹配度。着力加强农业基础设施建设，提高农业抗御自然灾害的能力。中央财政对各地农业重大自然灾害及生物灾害的预防控制、应急救援和灾后恢复生产工作给予适当补助。实施智慧农业工程，发展智慧气象，提高气象灾害监测预报预警水平。

持续加强农业生物多样性保护。以保护生物多样性为基础，强化种质资源保护与高效利用，出台《全国农作物种质资源保护与利用中长期发展规划（2015—2030年）》，为选育农作物新品种、发展现代种业、保障粮食安全提供坚实支撑。截至2020年，长期保存作物种质资源超过52万份，畜禽地方品种超过560个，遗传材料超过96万份，农业微生物资源超过10万份。开展国家重点保护农业野生植物调查，加大农业野生植物原生境保护力度，加强入侵物种调查和监测，开展预警与应急灭除。连续多年组织开展国家重点管理和区域性重大危害入侵物种调查，构建了“中国外来入侵物种数据库”，加强外来入侵生物防治工作日常管理，严格防范外来物种入侵。

不断优化种植结构和养殖管理。坚持农业发展生态优先，加强水土保持与生态防护，推广合理的间作套作体系。为适应气候变化带来的物候改变，北方春播期和南方早稻播栽期普遍提前，冬小麦播种期普遍推迟；为减轻气候波动和低温灾害的影响，大面积推广地膜覆盖；为应对干旱威胁普遍推广节水技术和保护性耕作；为

减轻水温升高引发的泛塘死鱼，淡水养殖场普遍推广了增氧机；为遏制气候暖干化导致的草原退化，大力推行退牧还草和围栏轮牧，提倡季节性放牧及与农区合作易地育肥，夏秋打草储存、冬春舍饲，近年来草地植被明显恢复。

有效保障粮食安全供给。以粮食生产功能区和重要农产品生产保护区为重点，以土地平整、土壤改良、灌排与节水设施等为主要建设内容，加强高标准农田和农田水利设施建设，提高农业综合生产能力，“十三五”期间全国新增高标准农田4亿亩，全国已完成9亿亩高标准农田建设任务，建成后的高标准农田，亩均粮食产能增加了10%~20%，稳定了农民种粮的积极性，为我国粮食连续多年丰收提供了重要支撑。在华北、西北等旱作区建立220个高标准旱作节水农业示范区，示范推广蓄水保墒、集水补灌、垄作沟灌、测墒节灌、水肥一体化、抗旱抗逆等旱作节水技术，提高水资源利用效率。农田有效灌溉面积达到10.2亿亩，农业抗旱能力稳步提升。在气候变化背景下，粮食安全供给得到有效保障。

五、公共健康领域

有效开展气候变化健康风险和适应评估。为科学规范开展与群众健康密切相关的饮用水、空气、土壤及气候变化等环境健康风险评估以及预警预测工作，2019年国家卫生健康委员会全面推动环境健康风险评估体系建设，当年遴选组织5家省级（河北、山东、河南、四川、江苏）、5家市级（济南、青岛、合肥、宁波、深圳）疾控中心作为首批国家级环境健康风险评估试点，率先开展环境健康风险工作的示范联合建设，达到先行先试、经验推广的预期效果。科学技术部国家重大科学研究计划项目“气候变化对人类健康的影响与适应机制研究”、国家重点研发计划“全球变化及应对”、重大专项“气候变化健康风险评估、早期信号捕捉及应对策略研究”，生态环境部项目“气候变化引起的公共卫生问题”，国家卫生健康委员会项目“气候变化健康风险评估策略与技术研究”等，对气候变化对人类健康的影响进行评估，为中国卫生健康领域适应行动提供决策支撑。

逐渐完善传染病监测报告信息系统。2009年中国疾控中心传染病所建立了“全国重要病媒生物监测系统”网络平台，2014年正式运行并于2022年2月完成系统升级。为科学、有效开展全国病媒生物监测与控制工作，2016年国家卫生健康委员会发布了《全国重要病媒生物监测方案》，中国疾病预防控制中心发布了《全国病媒生物监测实施方案》，加强了对病媒生物监测系统的督导、技术指导和培训。此外，

中国疾病预防控制中心传染病预防控制所针对媒介生物传染病防控需求，利用现代信息技术和通信手段，开发了病媒生物监测数据收集分析系统（Web 端）和登革热媒介伊蚊监测控制 app，为媒介生物传染病风险评估及防控奠定坚实基础。

逐步建立高温热浪监测预警系统。在上海市建立了中国首个“热浪与健康监测预警系统”，中国疾病预防控制中心环境与相关产品安全所在中国选择不同纬度的 4 个城市试点（南京、深圳、重庆、哈尔滨）启动“高温热浪与健康风险早期预警系统”，开展预警及健康宣教等干预以减少居民健康风险。国家卫生健康委员会多次印发《关于做好高温天气医疗工作的通知》，在每年高温天气到来前及早部署落实高温中暑卫生应急准备和处置，积极开展高温中暑监测预警和医疗救治，定期将就诊高温中暑病例报告至中国疾控中心“高温中暑病例报告信息系统”。

六、城市适应领域

系统推进气候适应型城市建设。2016 年和 2017 年先后印发《城市适应气候变化行动方案》《关于印发气候适应型城市建设试点工作的通知》，在全国范围内确定了 28 个地区以气候适应型城市建设试点创建为小切口，推动城市积极探索并尝试趋利避害的适应行动。2020 年生态环境部联合住房和城乡建设部印发《关于报送气候适应型城市建设试点工作情况的通知》，对第一批 28 个气候适应型城市建设试点工作情况进行系统梳理和总结。适应型试点城市采取了一系列行动措施，包括建立极端天气气候事件监测预警系统、编制城市适应气候变化行动方案、在关键适应领域采取适应行动等，在提高城市适应气候变化能力、发挥生态绿化功能、保障水安全、夯实适应气候变化基础能力等方面，取得了积极的进展和成效。

将适应气候变化纳入城市相关规划。自然资源部印发《市级国土空间总体规划编制指南（试行）》，要求地方加强气候变化影响和对策专题研究，主动应对气候变化带来的风险挑战。地方也结合各地气候变化影响、脆弱性评估及已有适应基础，在城市相关规划中融入城市适应气候变化理念，常德市编制《常德市气候适应型城市建设专项规划》《常德市国土空间总体规划》，将适应气候变化纳入相关专项规划；济南市出台《济南市适应气候变化行动方案》，以建设安全、韧性、宜居、品质现代泉城为总目标，从政策法规、体制机制、规划统筹、标准规范、建设管理等方面全方位推进适应气候变化行动；青岛市在充分评估气候变化影响的基础上，研究编制《青岛市适应气候变化规划》，为青岛市统筹协调开展适应气候变化工作提

供指导，充分发挥政策规划对城市适应气候变化能力的引领作用。

持续加强城市生命线系统建设。制定完善城市基础设施设计和建设标准，加强城市应急保障，提升城市适应能力。不断改进公路、铁路、机场、管道、城市轨道交通、水上公交等设计建设标准，加快老旧道路改造，提升国家公路网对低温冰雪、洪涝、台风等极端天气适应能力。围绕穿越冻土区青藏高原交通基础设施服役状况，开展气候变化影响下交通基础设施状态监测，提高交通运输系统抵抗气候风险的能力。大力开展城市更新和城镇老旧小区改造工作，指导各地将供水、排水等管网改造提升纳入改造内容。

全面开展城市生态修复和绿化工作。住房和城乡建设部推动开展生态修复城市修补试点工作，指导 58 个试点城市按照绿色发展理念和要求，修复被破坏的山体、河流、湿地植被，完善绿地系统，优化城市形态格局，拓展城市生态空间，推进城市转型发展。构建连续完整的绿色生态网络，加快推进公园绿地、绿道、绿廊等城市绿地建设和湿地保护修复，发挥园林绿化改善城市微气候的作用。截至 2019 年底，全国城市建成区绿地面积 228.45 万公顷，公园绿地面积 75.6 万公顷，人均公园绿地面积 14.36 平方米，城市建成区绿地率 37.63%，城市建成区绿化覆盖率 41.51%，城市生态和人居环境不断改善。

有效保障城市水安全。2015 年以来，住房和城乡建设部与财政部、水利部在 30 个城市开展海绵城市试点建设。深圳、珠海、萍乡、宁波、昆山、西咸新区等落实海绵城市理念，采用“渗、滞、蓄、排”等综合措施，有效缓解了城市内涝灾害。贯彻落实节水优先方针，全面推进节水型社会建设，创建 10 批共 130 个国家节水型城市，其用水量占全国城市用水总量的 58.5%，有力带动了全国城市节水工作。

七、防灾减灾领域

初步建立气候变化监测评估和预警体系。已初步建立气候变化影响与极端事件监测预警和响应系统，农、林、水、海与应急管理等领域逐步构建适应技术体系。推动建立全国县、乡、村、组四级群测群防体系，累计建设滑坡、崩塌、泥石流自动化监测点 5700 处，在 31 个省（自治区、直辖市）、323 个市（地、州）和 1679 个县开展了地质灾害气象预警工作，基本实现全覆盖。成功应对超强台风、特大洪水、严重干旱等重大气象灾害，建成多部门共享共用的国家突发事件预警信息发布系统。

大幅提升防灾减灾能力。印发《国家综合防灾减灾规划（2016—2020年）》等政策文件，坚持系统思维，科学把握全球气候变化背景下灾害孕育、发生和演变规律特点，优化整合运用各类科技资源，针对性实施精准治理，实现预警发布精准、预案实施精准、风险管控精准、抢险救援精准、恢复重建精准。建立自然灾害防治工作部际联席会议制度，实施自然灾害防治九项重点工程，启动第一次全国自然灾害综合风险普查，推进大江大河和中小河流治理，实施全国地质灾害防治、山洪灾害防治、重点火险区综合治理、平安公路建设、农村危房改造、地震易发区房屋加固等一批重点工程，城乡灾害设防水平和综合防灾减灾能力明显提升。与“十二五”（2011—2015年）时期相比，“十三五”期间全国自然灾害因灾死亡失踪人数、倒塌房屋数量和直接经济损失占国内生产总值比重分别下降37.6%、70.8%和38.9%。

八、国土空间规划领域

构建适应气候变化区域格局。根据不同区域的自然资源分布特征、资源环境承载能力和气候适应能力，兼顾经济社会发展要求，在国土空间规划编制实施中，加强气候资源条件、气候变化影响和风险评估，强化国土空间底线约束，把耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界作为调整经济结构、规划产业发展、推进城镇化不可逾越的红线，科学有序统筹布局农业、生态、城镇等功能空间，完善农业、生态安全战略格局，全面提升农产品主产区、重点生态功能区、城市化地区等不同主体功能区的适应能力，增强国土空间安全韧性。

推动形成绿色发展空间格局。统筹编制《全国国土空间规划纲要（2021—2035年）》，同时印发一系列政策技术指导文件，指导地方在各级各类国土空间规划编制中，主动应对气候变化带来的风险挑战，将生态优先、绿色低碳、安全韧性作为规划核心理念之一，统筹谋划未来国土空间开发保护新格局。组织开展生态保护红线划定（评估调整）和自然保护地整合优化工作，进一步夯实全国生态安全格局、稳定生态系统固碳作用。开展各类自然灾害的风险区划，在小比例尺（低分辨率）地震动参数区划图、综合自然灾害风险区划图基础上，部分地区已成功划定洪涝风险控制线等，全面提高对各类自然灾害的设防水平。在国土空间规划中建立空间战略留白机制，为城市未来发展预留空间，以应对未来城市发展的不确定性，提高城市安全韧性和应对气候变化能力。

第四部分 减缓气候变化的政策与行动

作为世界上最大的发展中国家，中国克服自身经济、社会等方面困难，以最大的决心提高应对气候变化力度，超额完成了中国对国际社会宣布的“到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%”目标。推动经济社会发展全面绿色转型，在能源、工业、建筑、交通、碳汇以及减污降碳协同等多个方面实施了一系列减缓温室气体的政策和行动，为全球应对气候变化做出了重要贡献。2020 年 9 月 22 日，中国国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣示：中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。中国正在为实现这一目标而付诸行动，印发实施《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》和《2030 年前碳达峰行动方案》两个顶层设计文件，各有关部门制定了分领域分行业实施方案和支撑保障政策，各省（自治区、直辖市）也都制定了本地区碳达峰实施方案，碳达峰碳中和“1+N”政策体系已经建立。

第一章 控制温室气体排放目标与进展

2009 年中国向国际社会宣布“到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%，非化石能源占一次能源消费比重达到 15%左右，森林面积比 2005 年增加 4000 万公顷，森林蓄积量比 2005 年增加 13 亿立方米”的国家适当减缓行动。

2016 年，中国发布了“十三五”规划《纲要》，明确提出了“十三五”时期“碳排放总量得到有效控制”，提出了到 2020 年，单位国内生产总值二氧化碳排放比 2015 年下降 18%，能源消费总量控制在 50 亿吨标准煤以内，单位国内生产总值能源消费比 2015 年下降 15%，非化石能源比重达到 15%，森林覆盖率达到 23.04%，森林蓄积量达到 165 亿立方米等相关目标。为加快推进绿色低碳发展，确保完成“十三五”规划《纲要》确定的低碳发展目标任务，中国政府印发《“十三五”控制温室气体排放工作方案》（以下简称《“十三五”控温方案》），部署了相关政策及行动。

“十三五”期间，中国在产业结构调整、能源结构优化、节能和提高能效，以及减污降碳协同增效等方面实施了诸多政策和行动，大幅降低了二氧化碳排放强度，有效地控制了温室气体排放。根据测算分析，中国在控制温室气体排放方面取得了

以下主要成效：

碳排放强度大幅下降。2015 年到 2020 年，中国单位国内生产总值能源活动二氧化碳排放累计下降约 18.8%，超额完成了“十三五”规划目标；2020 年相比 2005 年下降了 48.4%，超额完成了中国 2009 年对国际社会宣布的“2020 年比 2005 年下降 40%~45%”目标。

能源结构持续调整。2020 年，非化石能源占能源消费总量的比重为 15.9%，比 2015 年提高 3.9 个百分点，超额完成了“十三五”规划目标和 2009 年提出的到 2020 年“非化石能源比重达到 15%左右”目标。

森林碳汇持续增加。森林蓄积量超过 175 亿立方米，超额完成“十三五”规划目标和 2009 年提出的 2020 年森林蓄积量增量目标。

第二章 加快推动能源结构调整优化

“十三五”期间，通过大力发展非化石能源、推动化石能源的清洁高效利用、推动终端用能低碳化等一系列举措，中国积极调整和优化能源结构，着力构建清洁低碳、安全高效的能源体系。

一、优先发展非化石能源

优先推进非化石能源发展，非化石电力持续增长。2020 年，中国非化石能源发电装机总规模达到 9.8 亿千瓦，占总装机的比重达到 44.7%，非化石能源发电量达到 2.6 万亿千瓦时，占全社会用电量的比重达到 33.3%。2015—2020 年，中国非化石能源消费占一次能源消费比例变化情况如图 4-1 所示。

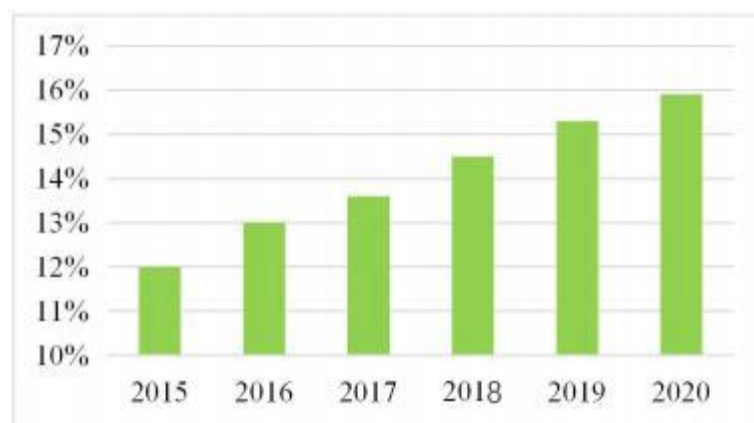


图 4-1 中国非化石能源消费占一次能源消费比例变化情况（2015—2020 年）

（一）推进水电绿色发展

坚持生态优先、绿色发展，在做好生态环境保护和移民安置的前提下，以西南地区主要河流为重点，科学有序推进水电开发。国家发展和改革委员会、国家能源局先后出台了《水电发展“十三五”规划（2016—2020年）》《关于鼓励社会资本投资水电站的指导意见》《关于在抽水蓄能电站规划建设中落实生态环保有关要求的通知》《关于做好水电开发利益共享工作的指导意见》等文件，促进水电行业健康发展。截至2020年底，水电装机规模达到3.7亿千瓦（含抽水蓄能3149万千瓦），主要流域水电利用率达到97%。2015—2020年，中国水力发电装机容量变化情况如图4-2所示。

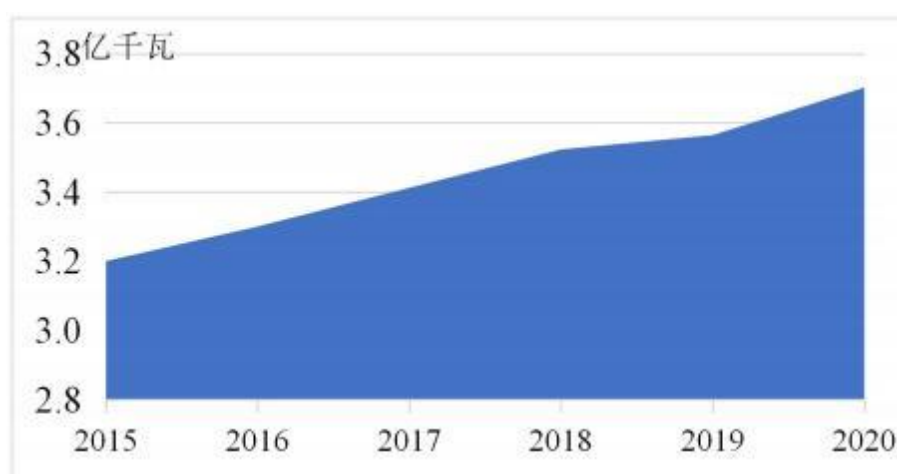


图 4-2 中国水力发电装机容量变化（2015—2020 年）

（二）积极安全有序发展核电

坚持发展与安全并重，实行安全有序发展核电的方针，加强核电规划、选址、设计、建造、运行和退役等全生命周期管理和监督，坚持采用最先进的技术、最严格的标准发展核电。“十三五”以来，中国核电在全球率先实现从二代向三代的转变，具有四代技术特征的高温气冷堆示范工程建设稳步推进。在运核电机组总体安全状况良好，未发生国际核事件分级2级及以上的事件或事故，年运行事件总数逐年下降。截至2020年底，中国在运在建机组共66台、装机7075万千瓦，其中，在运48台、装机容量位居世界第三；核准在建18台、装机容量2087万千瓦，居世界第一。核电发电量占全国发电量比重从2015年的3%提高到2020年的5%。2015—2020年，中国核电装机容量变化情况如图4-3所示。

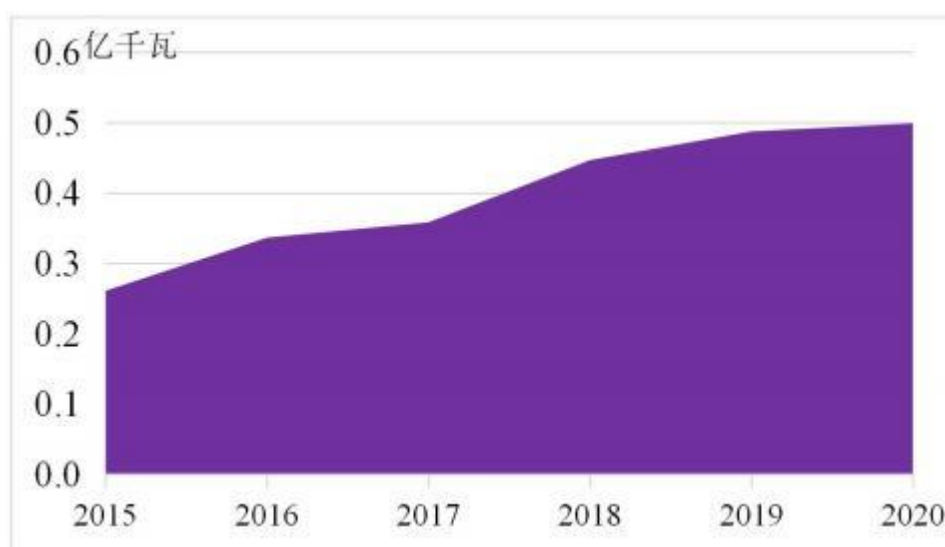


图 4-3 中国核电装机容量变化（2015—2020 年）

（三）全面协调推进风电和太阳能发电开发

制定印发《风电发展“十三五”规划》《太阳能发电发展“十三五”规划》，在做好风电光伏开布局和市场消纳衔接的前提下，有序推进风电光伏开发利用和大型风电光伏基地建设，平稳推进光热发电示范工程，积极开发分散式风电、分布式光伏发电。建立可再生能源开发利用目标导向管理体系和可再生能源发电全额保障性收购制度，建立健全可再生能源电力消纳保障机制，组织实施光伏发电“领跑者”计划和建设领跑基地，积极推进无补贴平价上网项目建设，有序推进市场化竞争性配置，建立绿色电力证书交易机制，建立并完善产业监测预警评价机制，风电和光伏发电实现跨越式发展。截至 2020 年底，风电、光伏发电装机容量分别达到 2.8 亿千瓦、2.5 亿千瓦，分别连续 11 年和 6 年稳居全球首位，风电、光伏发电利用率分别达到 97%、98%。2015—2020 年，中国风电和太阳能发电装机容量变化情况分别如图 4-3 和图 4-4 所示。

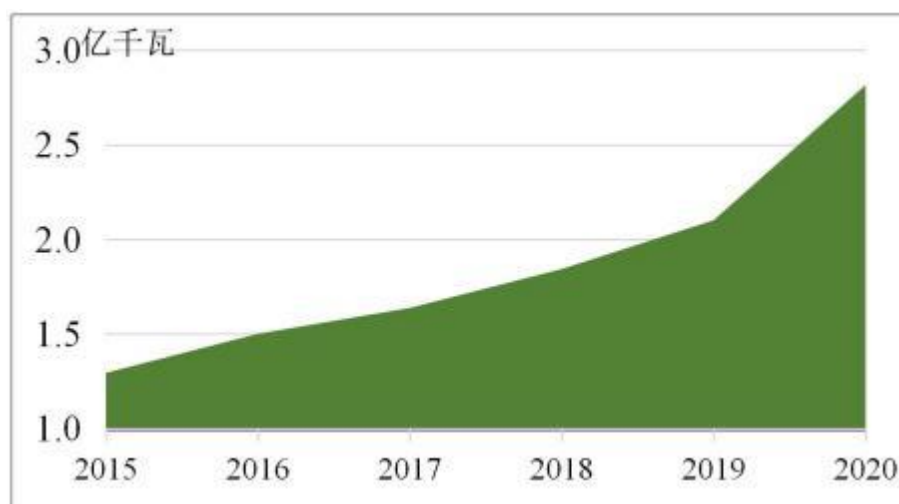


图 4-4 中国风力发电装机容量变化 (2015—2020 年)

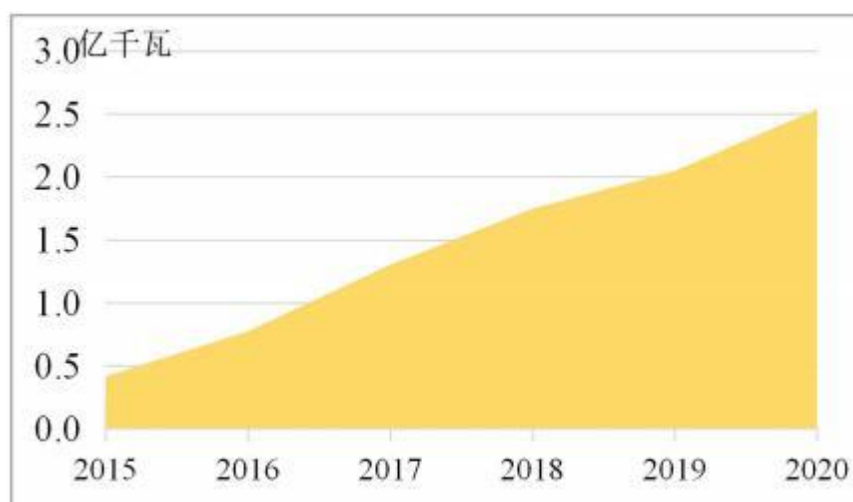


图 4-5 中国太阳能发电装机容量变化 (2015—2020 年)

(四) 因地制宜发展生物质能、地热能、海洋能等新能源

制定印发《生物质能发展“十三五”规划》，有序发展生物质发电，推动生物质发电向热电联产转型升级，积极发展生物质能供暖、生物天然气等非电利用，推动生物质能多元化、规模化开发利用。坚持不与人争粮、不与粮争地的原则，重点提升生物柴油产品品质，推进非粮生物液体燃料技术产业化发展。发展农村可再生能源。大力推广生物质能、太阳能等绿色用能模式，加快农村取暖炊事、农业设施等方面可再生能源替代，抵扣农业农村生产生活化石能源排放。2016 年将垃圾填埋沼气发电列入优惠目录，促进资源循环利用。截至 2020 年底，生物质发电装机容量

达到 2952 万千瓦；全年燃料乙醇产能约 500 万吨、产量约 280 万吨，调合使用 E10 乙醇汽油约 2900 万吨；全国大型沼气、生物天然气工程保有量 7395 余处，年产气量 14.1 亿立方米，供气 39.45 余万户；建成秸秆成型燃料厂及加工点 2664 余处，年产量近 1279.65 万吨；建设秸秆打捆直燃集中供暖 238 处，供暖户数 10.62 万户。

鼓励地热能利用技术推广发展，部署实施京津冀地热科技攻坚战。实施雄安新区地热清洁能源调查评价和开发利用潜力评价，探获华北地区温度最高、产能最大的地下热水储层，初步建成京津冀地热资源梯级综合利用示范基地，形成了京津冀地下深部热储高效利用新模式。自然资源部联合国家能源局等发布《中国地热能发展报告（2018 年）》。

推动海洋能产业发展，提升海洋能工程化应用水平。一是潮流能方面，2016 年 8 月，中国模块化大型海洋潮流能发电机组下海发电，2018 年，300 千瓦和 400 千瓦发电模块相继下海运行。截至 2020 年 6 月，模块化潮流能机组持续保持稳定运行，累计发电超过 180 万千瓦时。二是波浪能方面，2017 年 6 月，“鹰式”波浪能发电装置在珠海市大万山岛海域完成第二次海试，多项关键性指标已达国际先进水平。2018 年“南海兆瓦级波浪能示范工程”取得突破，2 台 500 千瓦波浪能发电装置于 2020 年完成建造。2019 年 6 月，全球首个波浪能养殖平台“澎湖号”交付使用，总装机规模 120 千瓦。

（五）可再生能源助力全球低碳发展

中国建立了完备的清洁能源装备制造产业链，光伏组件产量、多晶硅产量、光伏新增装机量、光伏累计装机量已连续多年居全球首位，是全球最大的可再生能源市场和设备制造国。不仅水电业务遍及全球多个国家和地区，光伏产业还为全球市场供应了超过 70% 的组件，有力推动世界各国清洁能源开发利用，为全球市场提供清洁、高质量的中国产品和中国方案。可再生能源在中国市场的广泛应用，有力促进和加快了可再生能源成本下降，进一步推动了世界各国可再生能源开发利用，加速了全球能源绿色转型进程。与此同时，中国在“一带一路”沿线国家和地区可再生能源项目投资额呈现持续增长态势，积极帮助欠发达国家和地区推广应用先进绿色能源技术，为高质量共建绿色“一带一路”贡献了中国智慧和力量。

二、推动化石能源清洁高效开发利用

（一）促进煤电清洁高效转型

持续淘汰煤电落后产能。2017年，国家有关部门联合印发《关于推进供给侧结构性改革防范化解煤电产能过剩风险的意见》。2019年，国家发展和改革委员会、能源局印发《关于深入推进供给侧结构性改革进一步淘汰煤电落后产能促进煤电行业优化升级的意见》。按年印发煤电行业淘汰落后产能目标任务，指导协调地方按要求开展年度煤电落后产能淘汰工作，持续开展煤电超低排放和节能改造。“十三五”期间，中国累计淘汰煤电落后产能4500万千瓦以上。截至2020年底，达到超低排放限值的煤电机组约9.5亿千瓦，节能改造规模超过8亿千瓦，火电厂平均供电煤耗降至305克标准煤/千瓦时。2015—2020年，中国煤炭消费占一次能源消费比例变化情况如图4-6所示。

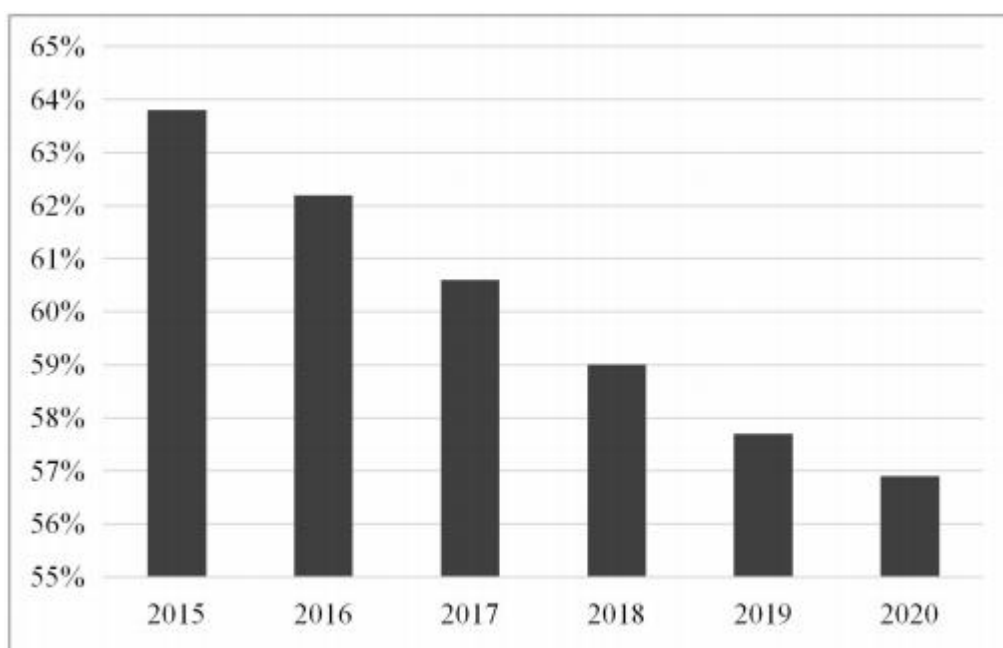


图 4-6 中国煤炭消费占一次能源消费比例变化情况（2015—2020 年）

（二）推动天然气产业高质量发展

中国政府出台《关于促进天然气协调稳定发展的若干意见》，国家发展和改革委员会印发实施《天然气发展“十三五”规划》，扎实推进天然气产供储销体系建设。2020年，天然气产量达到1925亿立方米，天然气消费量达到3340亿立方米，天然气消费比重达到8.4%，较2015年增加2.6个百分点。截至2020年底，累计建

成天然气管道 11.2 万千米，“全国一张网”基本成型；沿海液化天然气接收站接收能力达到 9300 万吨/年。储气调峰能力短板明显改善，基本形成了以地下储气库和沿海液化天然气接收站储罐为主，以其他调峰方式为补充的综合储气调峰体系。

（三）加强非常规天然气开发利用

国家能源局印发实施《煤层气（煤矿瓦斯）开发利用“十三五”规划》，坚持煤层气地面开发与煤矿瓦斯抽采并举，以煤层气产业化基地和煤矿瓦斯抽采规模化矿区建设为重点，推动煤层气产业持续、健康、快速发展。2020 年，建成了沁水盆地、鄂尔多斯盆地东缘 2 个煤层气产业基地，煤矿瓦斯抽采和综合利用水平持续提升，在增加清洁能源供应、促进煤矿安全生产的同时，产生了良好的减排效益。“十三五”期间，中国页岩气商业化开发驶入“快车道”，2020 年页岩气产量达 200 亿立方米，形成了以四川盆地及其周缘海相页岩气为代表的商业化开发示范区。通过财税政策鼓励非常规天然气开采利用。自 2019 年起，页岩气、煤层气、致密气等非常规天然气纳入补贴范围，根据“多增多补、冬增多补”的原则，按照增量考核的梯级奖励方式，以结果为导向，鼓励地方和企业增气上产。

（四）提升能源利用效率和节约能源

不断健全节能法律法规和标准体系。中国政府修订实施《中华人民共和国节约能源法》，建立完善工业、建筑、交通等重点领域和公共机构节能制度，健全节能督察、能源效率标识、固定资产投资项目节能审查、重点用能单位节能管理等配套法律制度。强化标准引领约束作用，健全节能标准体系，实施百项能效标准推进工程，发布实施 340 多项国家节能标准，其中近 200 项强制性标准，实现主要高耗能行业和终端用能产品全覆盖。加强节能执法监督，强化事中事后监管，严格执法问责，确保节能法律法规和强制性标准有效落实。

积极优化产业结构，提升重点领域能效水平。大力发展低能耗的先进制造业、高新技术产业、现代服务业，推动传统产业智能化、清洁化改造。推动工业、建筑业、交通运输业等领域能源水平全面提高。构建市场导向的绿色技术创新体系，促进绿色技术研发、转化与推广。推广国家重点节能低碳技术、工业节能技术装备、交通运输行业重点节能低碳技术等。推动全民节能，引导树立勤俭节约的消费观，倡导简约适度、绿色低碳的生活方式，反对奢侈浪费和不合理消费。

完善节能低碳激励政策，推动终端用能清洁化。大力推行合同能源管理，鼓励

节能技术和经营模式创新，发展综合能源服务。加强电力需求侧管理，推行电力需求侧响应的市场化机制，引导节约、有序、合理用电。建立能效“领跑者”制度，推动终端用能产品、高耗能行业、公共机构提升能效水平。推进终端用能领域以电代煤、以电代油，推广新能源汽车、热泵、电窑炉等新型用能方式。

实行能源消费总量和强度双控制度，按省、自治区、直辖市行政区域设定能源消费总量和强度控制目标，对各级地方政府进行监督考核。把节能指标纳入生态文明、绿色发展等绩效评价指标体系，引导转变发展理念。对重点用能单位分解能耗双控目标，开展目标责任评价考核，推动重点用能单位加强节能管理。

第三章 全面促进工业低碳转型

“十三五”以来，中国通过促进工业内部转型升级、加强节能改造、推广节能技术应用和加强高耗能、高排放（以下简称“两高”）项目管控等措施来降低资源和能源消耗，工业领域温室气体排放得到有效控制。中国规模以上工业单位增加值能耗在“十三五”期间下降 16%，2020 年单位工业增加值二氧化碳排放量较 2015 年下降约 22%。

一、推动工业转型升级

中国持续推进重点领域化解过剩产能，加快产业绿色低碳转型。2016 年，工业和信息化部印发了《工业绿色发展规划（2016—2020 年）》，推进供给侧结构性改革、促进工业稳增长调结构，推进节能降耗、实现降本增效，明确了优化工业结构和能源消费结构、推进能效提升、清洁生产、资源综合利用、削减温室气体排放等多个方面重要任务。石油化工、电力、煤炭、钢铁等重点领域加快转型升级，依法依规淘汰落后产能。国家发展和改革委员会等部门在“十三五”期间多次印发工作通知，明确了化解重点领域过剩产能的各年度工作目标和任务。公布 12 批重点工业行业淘汰落后产能企业名单，2018—2020 年连续开展淘汰落后产能督查检查，持续推动落后产能依法依规退出。中国已初步建立落后产能退出长效机制，钢铁行业提前完成 1.5 亿吨去产能目标，全面取缔“地条钢”^[33]产能 1 亿多吨，电解铝、水泥行业落后产能已基本退出。2020 年，十种主要品种再生资源回收利用量达 3.8 亿吨，

[33] 地条钢指以废钢铁为原料、经过感应炉等熔化、不能有效地进行成分和质量控制生产的钢，及其为原料轧制的钢材。

工业固体废弃物综合利用量约 20 亿吨。

坚决遏制高耗能高排放低水平项目盲目发展。中国持续严格控制“两高一低”项目盲目扩张。严格执行钢铁、铁合金、焦化等 13 个行业准入条件，提高在土地、环保、节能、技术、安全等方面的准入标准，落实国家差别电价政策，提高高耗能产品差别电价标准，扩大差别电价实施范围。组织各地区全面梳理摸排“两高”项目，分类提出处置意见，开展“两高”项目专项检查，严肃查处违规建设运行的“两高”项目，对“两高”项目实行清单管理、分类处置、动态监控。建立通报批评、用能预警、约谈问责等工作机制，逐步形成一套完善的制度体系和监管体系。生态环境部出台《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》，遏制“两高”项目盲目发展。实施“清单化”管理，建立拟建、在建、存量三类“两高”项目台账，并依托台账加强指导调度，梳理形成未批先建项目清单和立案查处项目清单，督促地方加快查处。加强环评审批管理，指导地方严格审批把关，指导有关地方理顺“两高”项目环评审批权限，启动一批“两高”行业环评准入规范文件修订。加强“两高”项目环评文件复核，强化源头准入把关。

二、培育发展高技术产业和战略性新兴产业

2016—2019 年，战略性新兴产业工业增加值年均增速为 10.5%，快于同期规模以上工业 4.4 个百分点；战略性新兴产业服务业营业收入年均增速为 15.2%，快于同期服务业营业收入 3.9 个百分点。2020 年，高技术制造业、装备制造业增加值占规模以上工业增加值比重分别达到 15.1%、33.7%，分别提高了 3.3 个百分点和 1.9 个百分点，已成为推动产业结构转型升级、经济高质量发展的重要动力源。

三、推进工业节能降碳

改进工业用能方式、提升用能效率方面。2016 年，国家发展和改革委员会与国家能源局联合印发的《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》提出要“开展工业领域电力需求侧管理专项行动，制定工作指南，并形成示范经验在交通、建筑、商业领域推广”，随后工业和信息化部印发《工业领域电力需求侧管理专项行动计划（2016—2020 年）》，明确了从工业企业、工业园区等方面形成系统的工业领域电力需求侧管理工作指南，为工业领域推动能源消费革命奠定基础，改善电能质量，加强用电设备改造和信息化建设，促进电能替代、分布式能源利用、能源清洁和循

循环利用，全面提升用能效率和需求响应能力。2019年，《工业领域电力需求侧管理工作指南》正式印发，指导工业企业（园区）优化用电结构，调整用电方式，优化资源配置，持续提高单位工业增加值能效，累计组织400余家机构为全国1.4万家企业提供节能诊断服务，提出节能改造措施建议2.5万项。同年，工业和信息化部还发布了《工业节能诊断服务行动计划》，首次在全国范围内针对能源管理基础薄弱的企业和重点高耗能行业开展节能诊断服务行动，以进一步提升工业能效水平、推动工业绿色发展。同时，通过每年度常态化地组织实施国家重大工业专项节能监察，推动企业依法依规合理用能。“十三五”时期，累计监察工业企业23470家。其中，违规企业比重由2016年的10.3%下降至2020年的2.9%，建材行业强制性能耗限额标准限定值达标率达到96%。

发挥能效标准引领方面，工业和信息化部聚焦工业绿色发展需求。围绕绿色产品、绿色工厂、绿色园区和绿色供应链构建绿色制造标准体系，支持制修订工业锅炉、电机、变压器等一批重点工业通用设备能效标准，提升工业绿色发展标准化水平。充分发挥企业在标准制定中的作用，鼓励制定严于国家标准、行业标准的企业标准，促进工业绿色发展提标升级。积极推进标准互认，提升标准国际化水平，鼓励企业、科研院所、行业组织等主动参与或主导节能环保、新能源、新材料、新能源汽车等领域国际标准的制定工作。加强强制性标准实施的监督评估，开展实施效果评价，建立强制性标准实施情况统计分析报告制度。另外，通过每年度常态化地实施能效“领跑者”行动，在钢铁、电解铝、水泥等重点行业遴选发布能效“领跑者”企业，引导行业企业对标达标。研究制定468项节能与绿色发展行业标准，建设2121家绿色工厂、171家绿色工业园区、189家绿色供应链企业，推广近2万种绿色产品，绿色制造体系建设已成为绿色转型的重要支撑。

加强财税政策优惠和引导。2017年，财政部、国家税务总局、国家发展和改革委员会、工业和信息化部、环境保护部^[34]联合印发节能节水和环境保护专用设备企业所得税优惠目录（2017年版），调整环境保护、节能节水专用设备优惠目录，实行环境保护、节能节水专用设备的投资额按比例^[35]实行企业所得税税额抵免政策。

[34] 2018年机构改革组建成生态环境部，不再保留环境保护部。

[35] 优惠内容为：企业购置并实际使用《节能节水专用设备企业所得税优惠目录》规定的节能节水专用设备的，该专用设备的投资额的10%可以从企业当年的应纳税额中抵免；当年不足抵免的，可以在以后5个纳税年度结转抵免。

第四章 持续推进建筑领域绿色低碳发展

“十三五”期间，通过大力推动城乡建设绿色发展，不断提高建筑能效水平，推进北方地区清洁取暖，开展绿色农房建设试点示范，中国建筑领域低碳发展水平得到明显提升。截至2020年底，全国城镇新建绿色建筑占当年新建建筑比例达到77%，累计建成绿色建筑面积超过66亿平方米；累计建成节能建筑面积超过238亿平方米，节能建筑占城镇民用建筑面积比例超过63%。

一、提高建筑能效水平

推动新建建筑和既有建筑节能工作。住房和城乡建设部等印发《绿色建筑创建行动方案》，提高城镇新建建筑节能标准，组织编制并发布了《建筑节能工程施工质量验收规范》《民用建筑能耗标准》《近零能耗建筑技术标准》等工程建设国家标准，以及《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》《温和地区居住建筑节能设计标准》等工程建设行业标准，积极督促各地加强工程勘察设计质量监管，确保建筑节能相关强制性标准落实，提升建筑领域能源利用效率。稳步实施既有居住建筑节能改造，“十三五”期间，完成既有居住建筑节能改造面积5.14亿平方米，公共建筑节能改造面积1.85亿平方米。

加强公共机构节能增效示范引领。国家机关事务管理局印发《节约型机关创建行动方案》《节约型公共机构示范单位及公共机构能效领跑者评价标准》《公共机构能源资源节约示范案例编制推广实施细则》《公共机构能源资源消费统计调查制度》等政策文件，推动出台《公共机构能耗定额标准编制通则》国家标准。截至2020年，35%左右的县级及以上党政机关建成节约型机关，中央和国家机关部门本级全部建成节约型机关，5114家公共机构建成节约型公共机构示范单位，376家公共机构遴选为能效领跑者，评定并推广全国公共机构能源资源节约示范案例768个。与2015年相比，2020年全国公共机构单位建筑面积能耗和人均综合能耗分别下降了10.1%和11.1%。

结合农村危房改造开展建筑节能改造。2018年，住房和城乡建设部、财政部联合印发《农村危房改造脱贫攻坚三年行动方案》，开展建档立卡贫困户等重点对象农村危房改造。2019—2020年，有关省份结合农村危房改造开展建筑节能示范，加强对农房建筑节能设计等关键环节的技术指导，推动建筑节能新技术、新产品、新

材料在农房建设和节能改造中的应用，对东北、西北、华北等“三北地区”和西藏地区的农房建筑节能示范户每年供暖能耗最少可减少 0.5 吨煤。

加大财政对建筑节能的支持力度。2011—2017 年，中央财政安排补助资金，支持 113 万户北方地区农户结合农村危房改造开展建筑节能示范。2018—2020 年，中央累计安排 452 亿元补助资金，实施农村危房改造和抗震改造，同时鼓励有条件的地区同步实施建筑节能改造。推进绍兴等 6 个城市试点在医院、学校等公共建筑中使用绿色建材，运用装配式、智能化等新型建造方式，纳入试点的工程项目金额达 1025 亿元。2016—2020 年，公共机构累计投入财政性资金超 145 亿元，实施空调通风系统节能改造面积达约 5050 万平方米。

二、推进北方地区清洁取暖

2017 年，国家发展和改革委员会等 10 部门联合印发《北方地区冬季清洁取暖规划（2017—2021 年）》，统筹部署清洁取暖工作。2017 年起，财政部会同住房和城乡建设部、环境保护部^[36]等部门深入实施北方地区冬季清洁取暖试点政策，推进试点城市以清洁方式取暖替代散煤燃烧取暖，引导农村地区居民形成绿色生活消费方式。2019 年，国家发展和改革委员会、财政部、生态环境部、住房和城乡建设部、国家能源局 5 部门联合印发《关于进一步做好清洁取暖工作的通知》，指导各地进一步积极稳妥做好清洁取暖工作。国家发展和改革委员会、国家能源局牵头建立清洁取暖部际联席会议、采暖季煤电油气运协调和天然气保障项目调度机制。能源局组织开展北方地区冬季清洁取暖专项监管。生态环境部每年以“自下而上”方式指导京津冀及周边地区、汾渭平原城市因地制宜合理制定散煤治理计划，并通过重点区域秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案予以部署，每年组织开展清洁取暖保障专项监督帮扶，实施清洁取暖保障问题驻点核实督办机制。住房和城乡建设部指导北方农村地区开展清洁取暖并同步推进建筑节能改造，指导地方优化城镇供热管网规划建设，加大对供热老旧管网、换热站等供热设施的节能改造力度。国家机关事务管理局推进北方采暖地区公共机构供热系统计量节能改造工作，完成改造面积达约 3600 万平方米。多部门形成合力推进清洁取暖，减少散煤消费，降低温室气体排放。截至 2020 年底，北方地区冬季利用天然气、电、地热、生物质、太阳能等清洁取暖率超过 60%。

[36] 2018 年机构改革组建成生态环境部，不再保留环境保护部。

三、开展绿色农房建设试点示范

开展绿色农房建设。2013年，住房和城乡建设部会同工业和信息化部印发《关于开展绿色农房建设的通知》，编印《绿色农房建设导则》，引导各地建成一批绿色农房试点示范，带动一批绿色建材下乡，持续提高农房质量、功能和风貌，同步提升建筑节能水平。

实施宜居型农房试点建设。2019年，住房和城乡建设部印发《关于开展农村住房建设试点工作的通知》，在浙江、河北、海南和青海等地多县开展了装配式钢结构农房、被动式阳光房等现代宜居农房试点建设工作，引导具备条件的地区和农户积极采用装配式建筑、被动式太阳房等建筑应用技术，提高农村住房建筑节能性能。在满足建筑功能要求的前提下，结合当地气候特点和用能实际，选用墙体保温与结构一体化技术等新型建筑保温体系，合理使用太阳能、生物质能、地热能、风能等可再生能源，建成了一批功能现代、结构安全、成本经济、绿色环保、与乡村环境相协调的宜居型示范农房。

第五章 积极构建低碳交通体系

“十三五”期间，中国印发了《推进交通运输生态文明建设实施方案》《“十三五”铁路发展规划》等文件，进一步推动公路、铁路、水运以及民航等交通领域节能降碳发展。

一、强化交通节能

交通运输部等部门印发《绿色出行行动计划（2019—2022年）》《绿色出行创建行动方案》，深入实施城市公共交通优先发展战略，深化国家公交都市建设，推动各地加大公共交通发展投入力度，加强政策支持，倡导公共交通引领城市发展的模式。交通运输部会同国家发展和改革委员会印发《绿色出行创建行动考核评价标准》，指导各地开展绿色出行创建行动，在全国87个城市开展国家公交都市建设示范工程。截至2019年底，全国41个城市开通运营城市轨道交通线路190条，城市轨道交通运营里程突破6100千米。截至2021年底，已有33个城市被命名为“国家公交都市建设示范城市”，全国已有100余个城市开展绿色出行创建行动。全面推广车辆安装使用电子不停车收费系统不停车快捷通行高速公路，严格实施道路运输

车辆达标管理制度，实时发布符合安全、节能技术标准要求的营运客货车达标车型，防止不符合标准的车辆进入道路运输市场。

铁路客运量稳步增长，2019 年中国铁路客运量达到 36.6 亿人次，旅客周转量 14706.6 亿人千米，较 2014 年分别增长 55%、27%。全国铁路货运量实现了快速增长，2021 年完成货运量 47.7 亿吨，完成货物周转量 33238 亿吨千米。铁路系统广泛应用环保新技术、新装备、新工艺，扩大应用新能源、新材料、新产品，加强对铁路节能环保、资源集约共享等技术方案把关，加强铁路工程及车站节能优化设计，注重将绿色发展理念贯穿到铁路规划建设全过程和各方面，同时注重引导绿色消费模式和出行方式，促进能源消耗强度持续下降。

民航局印发《关于深入推进民航绿色发展的实施意见》《民航贯彻落实〈打赢蓝天保卫战三年行动计划〉工作方案》，对“油改电”和飞机辅助动力装置替代项目实施提出明确工作目标和要求。截至 2019 年底，飞机辅助动力装置替代设备基本实现“应装尽装”“应用尽用”，年减少二氧化碳排放约 76 万吨；民航机场地面保障车辆设备中，电动车辆占比约 7.5%，有效降低机场汽柴油消费；机场能源结构持续优化，电力、天然气、外购热力占比达到 83%，太阳能、地热能等清洁能源占比约 1.4%。2019 年约有 37.3 万架次航班使用临时航线，缩短飞行距离 1570 万千米，节省燃油消耗 8.5 万吨，自 2019 年以来累计减少二氧化碳排放近 130 万吨。

二、推广新能源在交通领域的应用

工业和信息化部联合财政部等 14 个部门印发实施《推动公共领域车辆电动化行动计划》，明确要求“党政机关及公共机构优先选用新能源汽车”，对党政机关等公共机构车辆更新、使用等提出新能源汽车应用有关要求。各地区公共机构在“十三五”期间共推广应用新能源汽车约 26.1 万辆，建设充电基础设施约 18.7 万套；截至 2020 年底，全国新能源城市公共汽电车数量达 46.6 万辆，全国新能源出租汽车数量达 13.24 万辆。开展城市绿色货运配送示范工程创建活动，推广应用新能源城市配送车辆，截至 2019 年底，全国 46 个示范工程创建城市累计新增新能源物流配送车辆 3.8 万辆，保有量超过 12.2 万辆，平均日单车行驶里程提高 10%，有力推动货运行业节能减排。全国已有近百所高校建成数字化能源监管系统，为新能源汽车配套安装充电桩，在运营校车中增加新能源车辆比例。

中国通过多种财政手段推广新能源汽车，采取新能源汽车推广应用财政补贴政

策。财政部会同相关部门持续完善新能源汽车购置补贴政策，不断提高补贴技术门槛，合理把握补贴标准退坡力度和节奏，推动新能源汽车产业高质量发展。差别设置消费税税率，减免车购税、车船税，引导绿色低碳出行。根据“大排量多负税、小排量少负税”的原则，设置乘用车和摩托车消费税适用税率；对新能源汽车免征车辆购置税。2019年以来，工业和信息化部会同国家税务总局，累计发布《享受车船税减免优惠的节约能源使用新能源汽车车型目录》38批次、8712个车型，发布《免征车辆购置税的新能源汽车车型目录》38批次、14333个车型，发布《新能源汽车推广应用车型目录》29批次、5318个车型；对新能源车船免征车船税、对节能汽车减半征收车船税。截至2020年，中国累计推广的新能源汽车超过了450万辆，占全球的50%以上。

大力推进既有铁路电气化改造，逐步提高电气化铁路承担运输比重，路网电气化率大幅提高，路网电气化率由2015年的60.8%大幅提高到2021年的73.3%。同时积极推动货运铁路重载化，建成投产浩吉铁路、唐包铁路、瓦日铁路等重载铁路，大幅提高运输效率，持续降低铁路大宗货物运输碳排放。近年来，中国铁路运输能耗逐年降低，2020年国家铁路单位运输工作量综合能耗下降到4.07吨标准煤/千米，为推动交通运输低碳发展发挥了重要作用。

交通运输部积极推进船舶靠港使用岸电，制修订出台了《港口和船舶岸电管理办法》《港口工程建设管理规定》等部门规章和码头岸电设施建设、检测等强制性行业标准。深入推进液化天然气应用，出台了液化天然气动力船舶优先通过三峡船闸政策。

三、促进运输结构调整

中国持续推动大宗物资的公路运输转铁路运输、公路运输转水运，指导铁路运输企业与煤炭、矿石、钢铁等大型工矿和港口企业签订运量运能互保协议，提升铁路运输比例，拓展无专用线钢铁企业“铁路敞顶箱+汽车短驳”运输项目，提高金属矿石运量，深入开展多式联运示范工程建设，促进形成绿色低碳运输方式，减少能源消耗、大气污染物排放和碳排放。2020年底，沿海主要港口煤炭集港已全部改由铁路或水路运输，港口集装箱铁水联运快速增长，矿石采用铁路、水运和皮带机疏港的比例达到61.3%，较2017年增长了近20个百分点。

交通运输部会同公安部、商务部创建城市绿色货运配送示范工程，提高运输效

率，减少温室气体排放。示范工程创建城市通过整合各方物流资源，创新配送模式，完善干支衔接的公共货运枢纽设施，优化城市配送车辆便利通行政策，实现城际干线运输和城市末端配送的有机衔接，形成集约高效的的城市货运配送组织链条，提升了流通效率，促进了节能减排。在示范工程创建中，将新能源物流车推广应用作为重要内容，引导各地通过优化城市配送网络、出台运营补贴政策、完善通行环境、保障新能源车路权等途径加大推广力度，取得积极成效。

第六章 有效巩固和提升生态系统碳汇

“十三五”时期，中国坚持绿色发展，全面加大生态保护力度，从国土空间规划编制、严守生态保护红线、实施生态保护修复重大工程和强化森林资源保护等多个方面，持续提升生态系统质量和稳定性，稳步实现增汇、固碳，以及减少碳库损失。

一、强化固碳作用

2019年以来，自然资源部统筹开展《全国国土空间规划纲要(2021—2035年)》编制。同时指导地方在各级各类国土空间规划编制中，基于资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价，采取绿色低碳安全韧性的开发保护举措，筑牢生态安全屏障，改善生物多样性，构建国土空间开发保护新格局，增强生态系统服务功能。同时牵头组织开展全国生态保护红线划定(评估调整)工作，坚持保护优先、应划尽划原则，将生态功能极重要、生态极脆弱以及具有潜在重要生态价值的区域划入生态保护红线，并纳入国土空间规划“一张图”，实现一条红线管控重要生态空间。生态保护红线涵盖绝大部分天然林、草地、湿地等典型陆地自然生态系统，以及红树林、珊瑚礁、海草床等典型海洋自然生态系统，陆域生态保护红线面积占陆域国土面积比例超过30%，进一步夯实了全国生态安全格局，强化了生态系统固碳作用。

明确将气候变化纳入国土空间规划编制的技术要求。自然资源部相继印发《省级国土空间规划编制指南(试行)》等多份文件，明确要求各地在编制国土空间规划时，采取绿色低碳安全韧性的发展举措，统筹划定生态保护红线，控制能源消耗总量，推动本地清洁能源利用，建设低碳城市。将气候变化纳入国土空间规划实施监督的技术要求。自然资源部印发《国土空间规划城市体检评估规程》，要求全国市县级城市定期围绕“绿色低碳生产”“绿色低碳生活”等角度，设置“单位GDP二氧化碳

排放降低比例”“分布式清洁能源设施覆盖面积”“绿色交通出行比例”等低碳评价指标开展体检评估工作。

二、提升碳汇能力

国家林业和草原局先后出台《关于积极推进大规模国土绿化行动的意见》《深入推进造林绿化工作方案》等指导性文件，编制实施了《全国造林绿化规划纲要（2016—2020年）》和2016—2018年、2018—2020年营造林三年滚动计划，以增绿增质增效为主攻方向，开展大规模国土绿化行动，多途径、多方式增加绿色资源总量。大面积增加生态资源总量，深入推进退耕还林还草工程，加强三北等防护林体系工程建设，加快国家储备林建设，稳步推进城市绿化、乡村绿化行动，推进社会造林，提供更多绿色生态产品。全国绿化委员会出台《全民义务植树尽责形式管理办法（试行）》，将尽责形式丰富拓展到八大类。在全国15个省份开展了“互联网+全民义务植树”试点，初步实现义务植树线上线下融合发展。动员5亿多用户通过绿色出行、低碳生活参与义务植树。大幅提升生态资源质量，推动国土绿化由规模速度型向数量质量效益并进型转变，坚持走科学、生态、节俭绿化之路，精准提升林草资源质量，加强天然林、退化林改造修复，提升生态服务功能和林地、草原生产力。

“十三五”时期，实施25个山水林田湖草生态保护修复工程试点，在试点区域统筹各自然生态要素，实行整体保护、系统修复、综合治理。持续推动重点区域历史遗留矿山生态修复工作，以及沿海城市“蓝色海湾”整治行动、渤海综合治理攻坚战、海岸带保护修复工程等海洋生态保护修复。2020年6月，国家发展和改革委员会、自然资源部编制印发了《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035年）》，按照山水林田湖草沙生命共同体理念，围绕筑牢国家生态安全屏障，布局了青藏高原生态屏障区、北方防沙带、东北森林带、黄河重点生态区（含黄土高原生态屏障）、长江重点生态区（含川滇生态屏障）、南方丘陵山地带、海岸带等“三区四带”生态保护和修复重大工程，以及自然保护地及野生动植物保护、生态保护和修复支撑体系2项单项工程，共9个重大工程，对于持续提升生态功能重要地区碳汇能力具有重要意义。2020年9月，自然资源部印发《关于开展省级国土空间生态修复规划编制工作的通知》，省（自治区、直辖市）统筹谋划本地区国土空间生态修复工作。2020年印发的《红树林保护修复专项行动计划

（2020—2025年）》将进一步加大红树林保护修复力度，提高海洋生态系统固碳能力和水平。

“十三五”时期，中国共累计完成造林 5.45 亿亩，森林抚育 6.37 亿亩，建设国家储备林 4805 万亩，森林覆盖率提高到 23.04%，森林蓄积量超过 175 亿立方米，连续 30 年保持“双增长”，成为森林资源增长最多的国家。新增国家森林公园城市 98 个，城乡人居环境明显改善。草原保护修复重大工程项目深入实施，人工种草生态修复试点正式启动，天然草原综合植被盖度达到 56.1%，天然草原鲜草总产量突破 11 亿吨。2015—2020 年，开展人工种草 3274.75 万亩、补播改良 2599.65 万亩、围栏封育 18872.32 万亩，落实草原禁牧 12 亿亩、草畜平衡 26 亿亩。

三、减少碳库损失

中国进一步全方位加强自然资源保护，减少碳库损失。严格保护和合理利用各类自然资源，严厉打击毁林、毁草、毁湿等各类违法犯罪行为，严禁擅自改变林地、草地、湿地用途和性质，减少因不合理的土地利用、土地破坏等活动导致的温室气体排放。同时，全面加强森林草原防火，组织实施病虫害防治，努力降低火灾的发生频率、增强病虫害的防治力度，减少生态系统的碳库损失。“十三五”时期，森林火灾发生次数、火场总面积、受灾森林面积相比“十二五”时期分别减少 44%、34%、20%，其中，2020 年相比 2015 年分别减少 61%、24%、34%；森林病虫鼠害防治面积、森林病害防治面积、森林虫害防治面积分别增加 21%、68%、13%，其中，2020 年相比 2015 年分别增加 15%、143%、1%。

第七章 不断加强非二氧化碳温室气体排放控制

中国政府重视非二氧化碳温室气体排放控制，早在 2011 年印发的《“十二五”控制温室气体排放工作方案》中就明确提出：控制非能源活动二氧化碳排放和甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳、六氟化硫等温室气体排放取得成效等主要目标。在《“十三五”控温方案》中又进一步提出“氢氟碳化物、甲烷、氧化亚氮、全氟化碳、六氟化硫等非二氧化碳温室气体控排力度进一步加大”的要求。非二氧化碳温室气体排放主要来源于能源、工业、农业和废弃物处理等四大领域，各个领域非二氧化碳温室气体排放的产生机理有各自的典型的行业特点，各相关主管政府部门分别采取了系列鼓励性政策和行动开展非二氧化碳排放控制。

一、能源领域

能源领域的非二氧化碳温室气体排放主要来源于煤炭和油气开采过程中从地层或开采设备中释放或泄漏的甲烷。自“十二五”以来，出于安全生产或资源回收利用等目的，中国能源领域主动开展了甲烷排放控制或甲烷资源回收利用相关行动。

煤炭行业。一是淘汰落后产能，源头控制煤炭开采甲烷排放，2016年印发的《关于煤炭行业化解过剩产能实现脱困发展的意见》，提出利用3~5年时间退出产能5亿吨左右，减量重组5亿吨左右，控制落后产能煤炭开采甲烷排放。二是大力推进煤矿瓦斯先抽后采，加大低浓度瓦斯利用技术装备攻关，推动提升抽采瓦斯的利用率，减少甲烷逸散排放。2016年，财政部发布《关于“十三五”期间煤层气（瓦斯）开发利用补贴标准的通知》，将补贴标准由0.2元/立方米调高到0.3元/立方米。

油气行业。一是加强放空气和油田伴生气回收利用，创新零散气回收和销售的模式，减少放空。二是鼓励国内油气行业企业主动开展甲烷减排或回收利用行动，中国石油天然气公司2015年加入油气行业气候倡议组织（OGCI），参与制订《OGCI—2040年低排放路线图》，并制定《中国石油天然气集团公司甲烷排放管控行动方案》，承诺到2025年将油气供应链上游的甲烷排放强度降至0.25%以下；北京燃气集团公司2018年加入“天然气行业全价值链甲烷减排伙伴关系”（MGP），积极参与城市燃气行业甲烷减排技术及经验交流。三是开展油气行业甲烷与污染物协同治理，生态环境部2019年印发《重点行业挥发性有机物综合治理方案》，推动油气行业甲烷与挥发性有机物协同治理。

二、工业领域

工业领域的非二氧化碳温室气体排放来源包括硝酸、己二酸等生产过程中产生的氧化亚氮排放，电解铝、电力设备制造和运行、半导体生产和二氟一氯甲烷生产等工业生产过程的全氟碳化物、氢氟碳化物和六氟化硫等含氟气体排放。“十三五”期间，主要开展以下排放控制行动：一是淘汰部分行业落后及过剩产能，2015年底淘汰16万安培以下预焙槽，对吨铝液电解交流电耗大于13700千瓦时，以及2015年底后达不到规范条件的产能，用电价格在标准价格基础上上浮10%。2015年，国家发展和改革委员会、工业和信息化部联合发布《关于印发对钢铁、电解铝、船舶行业违规项目清理意见的通知》，遏制电解铝行业新增产能。2018年，中国政府发

布打赢蓝天保卫战三年行动计划，提出京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原等重点区域严禁新增钢铁、焦化、电解铝、铸造、水泥和平板玻璃等产能。二是加强末端排放控制，实施《硝酸工业污染物排放标准》限制硝酸工业尾气中氮氧化物的排放。工业和信息化部 2016 年印发《工业绿色发展规划（2016—2020）》提出要减少己二酸、硝酸、制冷剂生产等工业过程的氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳、六氟化硫排放。三是通过财政补贴方式激励企业开展三氟甲烷销毁处置。“十三五”期间，安排中央预算内投资和财政补贴支持开展三氟甲烷的销毁处置工作，累计销毁处理三氟甲烷 70727 吨，折合 8.28 亿吨二氧化碳当量，三氟甲烷的处理率从 2015 年的 55% 提升到 2020 年的 95.5%。

三、农业领域

农业领域产生非二氧化碳温室气体的排放源包括畜禽饲养过程中反刍动物胃肠道发酵产生的甲烷排放，畜禽粪便管理过程产生的甲烷和氧化亚氮排放，水稻种植过程中水田厌氧环境产生的甲烷排放，以及农用地土壤中的氮素在微生物作用下通过硝化和反硝化作用产生的氧化亚氮排放。“十三五”期间，主要开展以下相关控制行动：一是示范推广水稻高产低排放技术模式。构建水稻丰产与甲烷减排的稻作新模式，实现水稻增产 4.1%~8.8%、氮肥利用增效 30.2%~36.0%、稻作节本增收 8.3%~9.7% 和甲烷减排 31.5%~71.7%。在安徽、湖北、浙江、海南等地培育并推广节水抗旱稻，年种植面积超过 300 万亩，降低了甲烷排放。二是推广测土配方施肥技术，控制化肥施用量。从 2005 年起，农业农村部每年在全国范围内组织开展测土配方施肥技术普及行动，组织实施测土配方施肥补贴项目，采取整县、整乡、整村推进方式，促进测土配方施肥技术普及。2015 年，农业部^[37]颁布了《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》，提出了到 2020 年主要农作物化肥使用量实现零增长的目标，“十三五”期间，中国化肥使用量逐年下降，2020 年，三大粮食作物化肥利用率 40.2%，农用化肥施用量比 2015 年下降 12.8%；测土配方施肥 19.3 亿亩次，比 2015 年增加 17.7%。三是加强畜禽废弃物管理和资源化利用。2017 年，中国政府印发《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》，提出全国畜禽粪污综合利用率达到 75% 以上、规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到 95% 以上等目标。实施畜禽粪污资源化利用整县推进项目，支持 819 个生猪、奶牛、肉牛等养殖大县，强化粪污处理设施建设，探索市场化运营机制。实施农业面源污染治理、果菜茶有机肥替

[37] 2018 年机构改革组建成农业农村部，不再保留农业部。

代化肥、绿色种养循环农业试点项目，促进畜禽粪污处理和粪肥利用有机衔接。截至 2020 年底，全国畜禽粪污综合利用率达到 76%，规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到 97%，沼气工程年处理畜禽粪污 2 亿吨，为农业领域温室气体排放控制发挥了积极作用。

四、废弃物处理领域

废弃物处理领域非二氧化碳温室气体的排放源主要包括城市生活垃圾填埋处理的甲烷排放、焚烧和堆肥生物处理的甲烷和氧化亚氮排放，以及生活污水和工业废水处理产生的甲烷和氧化亚氮排放。控制行动包括：一是实行废弃物源头减量化、资源化。2017 年，国家发展和改革委员会、住房和城乡建设部印发《生活垃圾分类制度实施方案》，要求在 2020 年底前，部分重点城市的城区范围内先行实施生活垃圾强制分类，按照减量化、资源化、无害化的原则，回收利用率达到 35% 以上；截至 2020 年底，全国先行先试的 46 个垃圾分类重点城市，居民小区生活垃圾分类覆盖率达到 86.6%，部分城市已经出台垃圾分类地方性法规或规章；地级及以上城市全部制定出台垃圾分类实施方案，全面启动生活垃圾分类工作。二是改进和提升废弃物处理工艺和规模，推动垃圾填埋气收集利用技术发展。2016 年，住房和城乡建设部会同国家发展和改革委员会印发《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》，指导地方加快生活垃圾处理设施建设；截至 2020 年底，全国城市生活垃圾无害化处理能力 89.77 万吨/日，无害化处理率 99.32%，焚烧处理能力占比达 53.5%。三是实施《水污染防治行动计划》，要求全国所有县城和重点镇具备污水收集处理能力，县城、城市污水处理率分别达到 85%、95% 左右；推广废水和污泥厌氧消化工艺，促进沼气回收利用等技术发展。截至 2020 年底，全国县城和城市污水处理率实际分别达到 95.05% 和 97.53%，均超过了预期目标。

第八章 大力推进减污降碳协同增效

二氧化碳等温室气体和常规污染物的排放具有同源性，大部分来自化石能源的燃烧和利用。控制二氧化碳排放对经济结构、能源结构、交通运输结构和生产生活方式都将产生深远的影响，有利于倒逼和推动经济结构绿色转型，助推高质量发展；有利于减缓气候变化带来的不利影响，减少对人民生命财产和经济社会造成的损失；有利于推动污染源头治理，实现二氧化碳与污染物协同减排，改善生态环境质量。中国把握污染防治和气候治理的整体性，以结构调整、布局优化为重点，以政策协

同、机制创新为手段，推动减污降碳协同增效一体谋划、一体部署、一体推进、一体考核，协同推进环境效益、气候效益、经济效益多赢，走出一条符合国情的温室气体减排道路。

实施减污降碳协同治理、实现减污降碳协同增效是中国新发展阶段经济社会发展全面绿色转型的必然选择。中国 2015 年修订的《中华人民共和国大气污染防治法》专门增加条款，为实施大气污染物和温室气体协同控制、开展减污降碳协同增效工作提供法治基础。为加快推进应对气候变化与生态环境保护相关职能协同、工作协同和机制协同，2018 年，中国调整相关部门职能，由新组建的生态环境部负责应对气候变化工作，强化了应对气候变化与生态环境保护的协同。先后制订研究了《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》《减污降碳协同增效实施方案》，锚定美丽中国建设和碳达峰碳中和目标，对推动减污降碳协同增效作出系统部署。

中国坚定不移走绿色、低碳、可持续发展道路，经济稳步增长，碳排放强度大幅下降，生态环境质量显著提高。2020 年国内生产总值比 2005 年增长超 4 倍，与此同时，碳排放强度下降率超额完成“十三五”约束性目标，自 2005 年以来相当于累计少排放二氧化碳约 58 亿吨，基本扭转了二氧化碳排放快速增长的局面，“十三五”规划《纲要》确定的生态环境约束性指标均圆满超额完成。坚决打好污染防治攻坚战、打赢蓝天保卫战，京津冀及周边地区、长三角、汾渭平原等大气污染防治重点区域内新建、改建、扩建用煤项目，实行煤炭减量替代，以京津冀及周边地区、汾渭平原为重点，推动散煤治理，推行天然气、电力和可再生能源等替代煤炭。“十三五”期间，新增电能替代规模约 8200 亿千瓦时，公共机构淘汰燃煤锅炉约 6.7 万台。

此外，据有关专家估算，1991—2020 年，中国积极履行《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》，已累计淘汰全氯氟烃、哈龙、四氯化碳、甲基氯仿、甲基溴、含氢氯氟烃 6 类消耗臭氧层物质生产量和消费量合计约 50.4 万吨，在完成各阶段履约目标的同时协同避免了约 260 亿吨二氧化碳当量的温室气体排放^[38]。

[38] 信息来源为吴婧等在 Science of the Total Environment 上发表的“Banks, emissions, and environmental impacts of China's ozone depletion substances and hydrofluorocarbon substitutes during 1980 - 2020”（中文：1980-2020 年中国臭氧层消耗物质和替代品氢氟碳化物的库存、排放和环境影响）。

第九章 加快推进控制温室气体排放体制与机制建设

中国政府积极履行国际承诺，积极应对气候变化，采用多种手段加大减缓气候变化相关工作力度，通过加强法律法规建设、推进编制应对气候变化规划、在环评领域协同推进减碳工作、建立健全国土空间规划技术标准、开展控制温室气体排放目标责任考核、指导地方自主开展低碳发展创新行动以及创立低碳试点等方式，工业、能源、建筑、交通等多个部门和行业积极配合响应，多种措施并举减少能源消费和温室气体排放。

一、推动法律法规建设

中国高度重视应对气候变化立法工作，2009年全国人大常委会《关于积极应对气候变化的决议》提出“要把加强应对气候变化的相关立法作为形成和完善中国特色社会主义法律体系的一项重要任务，纳入立法工作议程”。为落实这一任务，2011年成立了包括全国人大环资委、全国人大常委会法工委、原国务院法制办，以及国家发展和改革委员会等相关部门在内的应对气候变化法律起草工作领导小组。2016年应对气候变化立法项目首次被列入国家年度立法计划中的研究项目。应对气候变化主管部门组织专家团队持续修改完善法律草案，在深入研究和广泛调研的基础上，完成了法律草案框架设计和草案起草工作，通过书面征求意见、组织专家座谈会、办理两会建议提案等形式，广泛征求了相关部门、行业专家和社会各界的立法意见。青海、山西、南昌、石家庄、深圳、天津等省市出台了促进应对气候变化或低碳发展的地方性法规规章，为全国立法积累了经验。积极推动《碳排放权交易管理暂行条例》立法进程，夯实碳排放权交易的法律基础，规范全国碳市场运行和管理的各重点环节。推动《中华人民共和国环境影响评价法》修订，提出将温室气体排放管控及应对变化要求纳入环境影响评价的修法建议。

二、开展控制温室气体排放目标责任考核

根据《“十三五”控温方案》要求，中国综合考虑各地区发展阶段、资源禀赋、战略定位、生态环境等各方面因素的情况下，碳排放强度国家控制目标分解落实到省（自治区、直辖市），按照20.5%、19.5%、18%、17%和12%五个档次分类确定各省级地区“十三五”时期的碳排放强度下降目标。2017年，中国出台“十三五”期间的省级控温考核办法，结合《“十三五”控温方案》相关要求，将考核指标扩

充为十大类 27 项指标，并随后不断优化调整考核细则。中国政府围绕目标完成情况、任务与措施落实情况、基础工作与能力建设落实情况及体制机制开创性探索四个方面，对各地区控制温室气体排放工作进行年度监督考核，追踪各地区控制温室气体相关工作的完成情况，分析各地区五年规划目标的完成进度，对未能完成目标任务的地方政府进行调度，对各地区“十三五”期间控制温室气体排放工作起到了很好的指导和监督作用。

中国将控制温室气体排放纳入中央生态环境保护督察范围，敦促“十三五”控制温室气体目标和任务完成不力地区，加快调整产业结构和能源布局，切实解决地区碳排放强度不降反升的问题。

三、发挥市场机制作用

持续推动地方碳排放权交易试点建设。2011 年，碳排放权交易（以下简称“碳市场”）地方试点工作在北京、天津、上海、重庆、广东、湖北、深圳 7 个省、市启动，覆盖了电力、钢铁、水泥等多个行业近 3000 家重点排放单位。各试点碳市场不断深化制度体系建设，逐步扩大覆盖范围，探索优化配额分配方法，改进和完善碳排放监测、核算、报告和核查技术规范及数据质量管理，优化碳市场管理流程，强化市场监管力度，加强履约管理，创新碳普惠等业务形式。试点碳市场履约率保持较高水平，并呈逐年递增趋势，企业低碳意识不断提升，有力地推动了试点范围内碳排放总量和强度双降，对试点地区完成温室气体减排目标发挥了积极作用。截至 2020 年底，试点碳市场均组织开展了配额有偿分配，有偿竞价发放共计 38 场次，累计成交量约为 4229.9 万吨。

加快推进全国碳排放权交易市场建设。国家应对气候变化主管部门印发《全国碳排放权交易市场建设方案（发电行业）》，以发电行业为突破口，分阶段、有步骤地建立全国碳市场；印发《碳排放权交易管理办法（试行）》《2019—2020 年全国碳排放权交易配额总量设定与分配实施方案（发电行业）》《纳入 2019—2020 年全国碳排放权交易配额管理的重点排放单位名单》；要求各地区组织重点排放单位年度开展碳排放数据监测、报告和核查，开展发电行业配额分配基准值研究并组织开展电力行业配额分配试算，稳步推进全国碳排放权注册登记系统和交易系统建设，组织开展面向地方应对气候变化工作队伍和发电行业重点排放单位的大规模能力建设培训活动，为全国碳排放权上线交易做好准备。

推动完善自愿减排交易机制。2012年，中国建立了温室气体自愿减排交易机制。“十三五”期间，中国持续完善温室气体自愿减排交易机制，开展《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》修订工作，截至2020年底，自愿减排交易呈稳中有升态势，国家核证自愿减排量累计成交量约为2.68亿吨。中国的部分省市也自主开展了碳普惠相关工作。广东省印发《广东省碳普惠制试点工作实施方案》《广东省碳普惠制试点建设指南》《碳普惠制核证减排量管理的暂行办法》《广东省碳普惠制核证减排量交易规则》等，在广州、东莞、中山、惠州、韶关、河源地区开展碳普惠制，围绕碳币、普惠核证减排量（PHCER）建立了碳普惠行为的量化方法和交易机制。北京碳市场开展“我自愿每周再少开一天车”活动，以碳普惠交易鼓励公众绿色出行。“我自愿每周再少开一天车”平台2017年上线运行，截至2018年8月底，已累计注册用户11.8万人，累计碳减排量超2.2万吨，单日形成碳减排量达70吨左右。

四、推进低碳省区和低碳城市试点

在2010年和2012年组织开展两批低碳省区和城市试点工作的基础上，2017年在内蒙古自治区乌海市等45个城市（区、县）开展第三批国家低碳城市试点工作。自此，中国共计开展了87个低碳省市试点，以及51个低碳工业园区试点、400余个低碳社区试点和8个低碳城（镇）试点，初步形成全方位、多层次的低碳试点体系。各试点主动将低碳发展融入地区发展规划体系，探索以碳排放峰值目标为导向的创新体系，实施碳排放目标责任评价考核体系，推动形成绿色低碳循环的产业体系，探索低碳发展制度创新，完善低碳发展体制机制，强化温室气体排放数据统计和管理体系建设，倡导绿色低碳生活方式和消费模式，积极推进低碳相关试点示范，探索各具特色低碳发展新举措，在加强组织领导、完善配套政策、建立市场机制、健全统计体系、强化评价考核、深化试点示范和开展合作交流等方面开展了广泛探索。试点地区碳排放强度下降幅度总体快于全国平均水平，形成了一批因地制宜、各具特色的低碳发展模式。

截至2020年6月，有34个低碳省市试点编制“十三五”时期的低碳发展相关规划36份（其中26份已发布），将低碳发展融入地区发展规划体系，明确本地区低碳发展的主要目标、重点领域任务与保障措施，以低碳发展理念引领城镇化进程和城市空间优化。17个低碳省市试点开展了碳排放峰值目标及实施路线图研究，提升决策支撑水平。组织研究开展低碳试点经验评估推广工作。鼓励地方探索开展近

零碳排放示范工程建设。组织召开有关试点省市开展低碳试点经验交流，在推动低碳发展方面取得积极成效。

五、加强绿色金融支持

中国不断加大资金投入，支持应对气候变化工作。加强绿色金融顶层设计，先后在浙江、江西、广东、贵州、甘肃、新疆等六省（区）九地设立了绿色金融改革创新试验区，强化金融支持绿色低碳转型功能，引导试验区加快经验复制推广。出台气候投融资综合配套政策，统筹推进气候投融资标准体系建设，强化市场资金引导机制，推动气候投融资试点工作。大力发展绿色信贷，完善绿色债券配套政策，发布相关支持项目目录，有效引导社会资本支持应对气候变化。截至 2020 年底，中国绿色贷款余额 11.95 万亿元，其中清洁能源贷款余额为 3.2 万亿元，绿色债券市场累计发行约 1.2 万亿元，存量规模达 8000 亿元，位于世界第二。

六、将低碳要求纳入环境影响评价体系

生态环境部开展《环境影响评价技术导则 总纲》等系列生态环境标准制修订，修订发布了《规划环境影响评价技术导则 产业园区》，将碳减排融入各评价章节，明确了以减污降碳为目标的碳排放评价要求。按照协同增效、分步实施、分类管理的原则，在生态环境分区管控、政策生态环境影响分析、规划环评、建设项目环评等领域，提出减污降碳协同增效、环评制度助力碳达峰的总体思路，制定分阶段任务目标和工作方案。

积极推进多层次试点。在宏观层面，组织 16 个地区开展“三线一单”^[39]减污降碳协同管控试点，推动将碳达峰目标与生态环境分区管控要求相融合，探索在 12 项试点政策的生态环境影响分析中统筹考虑气候变化因素。在中观层面，选取 7 个产业园区作为第一批试点，探索减污降碳协同增效的技术方法。在微观层面，组织 9 个省（自治区、直辖市）聚焦电力、钢铁、建材、有色、石化化工、煤化工等“两高”行业，研究碳排放水平和减排潜力，探索协同管控，共 336 个建设项目纳入试点。在生态环境部《规划环境影响评价技术导则 产业园区》《重点行业建设项目碳排放环境影响评价技术指南(试行)》引导下，试点地区积极探索，先后发布体现区域

[39] 三线一单是指生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单，是推进生态环境保护精细化管理、强化国土空间环境管控、推进绿色发展高质量发展的一项重要工作。

和行业特色的评价方法技术指南 12 项，其中产业园区环评指南 2 项，建设项目综合性环评指南 4 项，电力、钢铁、化工、煤化工等重点行业指南 6 项，初步建立了温室气体管控纳入环评管理的工作路径与技术方法。

第十章 “十四五”重点目标和任务

2021 年 3 月，中国发布了“十四五”规划《纲要》，明确提出：落实 2030 年应对气候变化国家自主贡献目标，制定 2030 年前碳排放达峰行动方案。到 2035 年，碳排放达峰后稳中有降。努力争取 2060 年前实现碳中和，采取更加有力的政策和措施。各领域也分别提出了相应的目标和任务保证中国碳达峰碳中和目标的顺利实现。

能源领域：单位国内生产总值能源消耗和二氧化碳排放分别降低 13.5%、18%，非化石能源占能源消费总量比重提高到 20%左右；可再生能源消费总量达到 10 亿吨标准煤左右，占一次能源消费的 18%左右；非化石能源发电量比重达到 39%左右，可再生能源年发电量达到 3.3 万亿千瓦时左右。

工业领域：规模以上工业单位增加值能耗下降 13.5%，单位工业增加值二氧化碳排放降低 18%。

建筑领域：完成既有建筑节能改造面积 3.5 亿平方米以上，建设超低能耗、近零能耗建筑 0.5 亿平方米以上，全国新增建筑太阳能光伏装机容量 0.5 亿千瓦以上，地热能建筑应用面积 1 亿平方米以上，城镇建筑可再生能源替代率达到 8%；公共机构能源消费总量控制在 1.89 亿吨标准煤以内，二氧化碳排放总量控制在 4 亿吨以内；“十四五”公共机构单位建筑面积能耗下降 5%、人均综合能耗下降 6%，单位建筑面积碳排放下降 7%。

交通领域：交通运输二氧化碳排放强度下降 5%，城市新能源公交车辆占比提高到 72%。

生态系统碳汇领域：森林覆盖率提高到 24.1%。

非二氧化碳温室气体控制领域：2021 年 4 月 22 日，习近平主席在“领导人气候峰会”上进一步强调，中国将继续加强非二氧化碳温室气体管控；《〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉基加利修正案》于 2021 年 6 月被中国政府接受并于 2021 年 9 月 15 日对中国正式生效（暂不适用于香港特别行政区）。

第五部分 资金、技术和能力建设需求

中国是拥有 14 亿人口的发展中国家，同时也是受到气候变化影响最严重的国家之一，正面临发展经济、改善民生、保护环境、应对气候变化等多重挑战，发展不平衡、不充分的矛盾突出。作为《公约》非附件一缔约方，中国遵循共同但有区别的责任原则，积极承担《公约》相应义务。中国深入贯彻习近平生态文明思想，立足新发展阶段，贯彻新发展理念，构建新发展格局，坚持系统观念，坚持减缓和适应气候变化并重，虽然在不断加大资金和政策支持力度、不断强化科技支撑、不断完善社会参与机制、开展国际合作等方面取得了积极进展，但与全面落实国家自主贡献的资金、技术、能力需求相比，仍存在较大缺口。

第一章 应对气候变化资金需求及获得的支持

一、中国应对气候变化的资金需求

如本报告第一部分“国情及机构安排”中所述，尽管中国如期完成了消除绝对贫困的艰巨任务，但人均 GDP 仍略低于世界平均水平，与主要发达国家相比，还有较大差距，仍是世界最大发展中国家。持续、稳定、足量的资金投入是中国有力推动减缓和适应气候变化工作的关键基础。中国落实国家自主贡献目标及相关政策、行动和措施不仅需要充分动员国内公共与私营部门资金，同时也需要寻求发达国家提供的气候资金支持。

依照 2015 年提交的国家自主贡献中所提政策目标与行动，第三次国家信息通报报告了 2016—2030 年中国实现减缓目标和任务的累计资金需求约为 32 万亿元（2015 年不变价），年均约为 2.1 万亿元；2016—2030 年中国实现国家自主贡献适应目标的资金需求约为 24 万亿元，年均约为 1.6 万亿元。综合来看，中国 2016—2030 年履约的总资金需求规模将达到约 56 万亿元，年均约 3.7 万亿元，相当于 2016 年中国全社会固定资产投资总额的 6.3%。

2020 年，中国国家主席习近平宣布中国将力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和；2021 年，中国提交了《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》，强化了减缓和适应气候变化目标与行动。依照此新目标与行动，相关研究估算中国

2021—2030 年减缓行动的总资金需求规模将达约 19.8 万亿元，年均约 2.0 万亿元；2021—2060 年减缓行动的总资金需求规模将达约 260 万亿元，年均约 6.5 万亿元。其中，中国减缓气候变化的资金需求主要包括电力部门（2021—2030 年约 9.8 万亿元，2030—2060 年约 57.6 万亿元）、交通运输部门（2021—2030 年约 6.3 万亿元，2030—2060 年约 31.1 万亿元）、建筑部门（2021—2030 年约 3.9 万亿元，2030—2060 年约 18.4 万亿元）等。关于中国适应气候变化资金需求的研究较少，针对更新的国家自主贡献的适应资金总需求暂无评估数据更新。但相关研究指出，随着气候变化风险增加，中国应对气候变化适应资金需求呈持续加速增长态势。

总体来看，中国面临巨额的应对气候变化资金需求。同时，中国在实现碳达峰后，在短短 30 年内为实现碳中和目标所需的资金需求，将远高于实现碳达峰之前的需求。综合减缓和适应，中国从 2021—2030 年的总资金需求规模约为 35.8 万亿元，年均约 3.6 万亿元^[40]；中国从 2021—2060 年的总资金需求规模约为 324 万亿元，年均约 8.1 万亿元^[41]。

二、中国应对气候变化的资金投入

为填补巨额的应对气候变化资金缺口，中国政府已采取一系列资金投入和动员的政策举措。通过《完整准确全面贯彻新发展理念 做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030 年前碳达峰行动方案》《适应战略 2035》等顶层设计文件，中国也对应对气候变化资金投入的未来优先事项做出安排。

“十三五”期间，中国政府应对气候变化的财税支持明显增强，绿色金融快速发展。2022 年，财政部印发《财政支持做好碳达峰碳中和工作的意见》，从总体要求、支持重点方向和领域、财政政策措施、保障措施 4 个方面支持碳达峰碳中和工作。在财政投入方面，中央财政预算在气候变化减缓、适应、科技支撑等方面的投入持续增加，稳定大力支持发展清洁能源；在税收政策方面，对新能源汽车、可再生能源、节能和提高能效等领域实施优惠减免和补贴政策；在绿色金融方面，持续推动标准体系建设，完善金融机构监管和信息披露要求，构建政策激励约束体系，创新绿色金融产品和市场体系，加强绿色金融国际合作。截至 2020 年底，中国绿色

[40] 年均减缓资金需求规模为多个研究平均所得，2021—2030 年均适应资金需求沿用第三次国家信息通报原有数据，即年均约为 1.6 万亿元；

[41] 由于 2021—2060 年适应需求数据研究缺失，2021—2060 年适应资金年均需求仍沿用第三次国家信息通报原有数据，即年均约为 1.6 万亿元。

贷款余额近 12 万亿元，位居世界第一。绿色债券存量 8132 亿元，位居世界第二。绿色金融资产质量较高，绿色贷款不良率低于平均值，绿色债券尚未出现违约案例。

下一步，中国计划重点完善投资政策，充分发挥政府投资引导作用，严控煤电、钢铁、电解铝、水泥、石化等高碳项目投资，加大对节能环保、新能源、低碳交通运输装备和组织方式、碳捕集利用与封存等项目的支持力度，激发市场主体绿色低碳投资活力，引导银行、证券、保险、基金等商业性金融机构投资气候对减缓和适应项目建设加大资金投入；积极发展绿色金融，有序推进绿色低碳金融产品和服务开发，加强转型金融研究探索，鼓励社会资本设立绿色低碳产业投资基金，鼓励发展可持续发展挂钩债券、巨灾保险、重点领域气候风险保险等创新型产品；推进市场化机制建设，加快建设完善全国碳排放权交易市场；引导创业投资基金、私募股权投资基金、信托基金等市场资源，争取国际资金及双边或多边合作的贷款和赠款；完善财政价格政策，完善政府绿色采购标准，加大绿色低碳产品采购力度；多维度强化财政金融政策、绿色金融市场及气候投融资在气候适应领域的支撑作用。

三、中国获得的气候变化资金支持及问题与挑战

2016—2020 年，中国通过《公约》下资金机制、多边发展机构和双边合作机制等多种渠道获得赠款和优惠贷款等国际资金支持^[42]。

（一）从《公约》下资金机制获得的资金支持

2016—2020 年，中国通过《公约》下资金机制共获得资金支持约 2.16 亿美元，其中从全球环境基金（GEF）获得赠款支持的气候变化领域国别项目共计 12 个，合同金额总计约为 1.16 亿美元（54%）；从绿色气候基金（GCF）获得气候变化优惠贷款支持的国别项目共计 1 个，合同金额计为 1 亿美元（46%）。项目重点涉及能源转型及能效提升、绿色交通和建筑等领域，具体项目信息如表 5-1 所示。

[42] 该部分国际气候支持资金以美元作为货币单位统计金额。对于以其他货币计价的项目，采用换算汇率为 CNY/USD = 0.1533 和 EUR/USD = 1.2217。

表 5-1 中国从《公约》下机制获得的资金支持（美元）

	项目名称	资金来源	资金性质	合同金额
1	中国小型水电(SHP)升级项目	GEF	赠款	8,925,000
2	中国燃料电池汽车发展和商业化项目	GEF	赠款	8,233,560
3	固态照明市场转型和发光二极管照明推广项目	GEF	赠款	6,242,694
4	浙江省物流业绿色化项目	GEF	赠款	2,913,700
5	中国新能源汽车综合应用项目	GEF	赠款	8,930,000
6	中国可持续发展城市综合方法试点项目	GEF	赠款	32,727,523
7	公共部门建筑能效提升项目	GEF	赠款	8,932,420
8	中国基于市场的能效项目	GEF	赠款	17,800,000
9	高效、绿色货运发展项目	GEF	赠款	8,246,095
10	草原生态系统气候智能管理项目	GEF	赠款	3,769,083
11	中国分布式可再生能源规模化项目	GEF	赠款	7,278,600
12	中国加强透明度能力建设项目	GEF	赠款	1,650,000
13	山东绿色发展基金项目	GCF	优惠贷款	100,000,000

（二）从多边机构获得的资金支持

2016—2020年，中国与多边机构开展密切合作。根据可获得数据，中国从亚洲开发银行（ADB）获得赠款支持金额达2026万美元，重点支持领域包括能源、交通、农业、金融、技术等。2016-2020年，世界银行（WB）对华气候变化主权贷款支持金额为25亿美元；亚洲开发银行（ADB）对华气候变化主权贷款支持金额为14.49亿美元；亚洲基础设施投资银行（AIIB）对华气候变化主权贷款支持金额为5亿美元；新开发银行（NDB）对华气候变化主权贷款支持金额为19.95亿美元；欧洲投资银行（EIB）对华气候变化主权贷款支持金额为16.88亿美元，重点支持能源、林业、水与卫生设施、城镇发展等领域，赠款和部分贷款支持情况见表5-2和5-3。

表 5-2 中国从多边机构获得的赠款支持（美元）

	项目名称	资金来源	资金性质	累计支付
1	山东泉城绿色现代无轨电车示范项目	ADB ^[43]	赠款	342,995
2	青岛农村废弃物资源化项目	ADB	赠款	240,334
3	国家生物质供热发展战略项目	ADB	赠款	297,772
4	贵州石漠化地区水资源高效利用示范项目	ADB	赠款	567,007
5	黑龙江绿色城市和经济振兴项目	ADB	赠款	38,055
6	推广和扩大碳捕集与封存示范项目	ADB	赠款	/ ^[44]
7	大京津冀地区农村清洁能源供给研究项目	ADB	赠款	346,309
8	绿色金融催化机制项目	ADB	赠款	846,519
9	交通运输领域空气污染与碳排放协同控制战略政策研究项目	ADB	赠款	301,848
10	支持河长制在长江经济带生态保护中的应用项目	ADB	赠款	369,831
11	中国城市气候变化适应工作主流化项目	ADB	赠款	335,406
12	陕西交通物流港项目	ADB	赠款	927,946
13	京津冀城市固体废弃物区域综合管理模式研究项目	ADB	赠款	399,317
14	支持长江经济带绿色发展的生态保护与乡村振兴政策研究	ADB	赠款	/
15	支持长江经济带绿色发展的生态保护和乡村振兴政策研究——赤水河流域保护的公私融资机制（子项目 1）	ADB	赠款	316,150
16	先进可再生能源技术示范项目	ADB	赠款	396,578
17	完善国家碳排放交易体系设计项目	ADB	赠款	264,776
18	选定河流流域创新山洪预警系统试点项目	ADB	赠款	286,159
19	湖北襄阳市可持续发展综合交通物流规划与战略研究	ADB	赠款	379,980
20	西北大学“国家与地方碳捕集封存与利用（CCUS）技术联合工程研究中心”能力建设支持（子项目 1）	ADB	赠款	780,161
21	通过市场和融资创新发展气候友好型制冷行业项目	ADB	赠款	452,916
22	广东产业绿色增长指标和创新机制项目	ADB	赠款	217,035
23	《中华人民共和国长江保护法》政策建议项目	ADB	赠款	97,287
24	长江经济带自然资本投资的知识共享发展伙伴关系	ADB	赠款	96,878
25	乡村振兴——农村污水处理和环境管理	ADB	赠款	498,220
26	农业绿色生产和废物管理项目	ADB	赠款	762,983

[43] 数据来源为 ADB 官网项目列表，现所列赠款项目均为技术援助项目；由于部分已结项项目支付金额与合同金额差额较大，故所有项目（已结项、运营中）均以实际支付金额作为统计口径。

[44] “/”表示此为一系列项目的总项目，具体金额计入“子项目”，避免重复计算，或表示该项目已签署，经费尚未支付；下同。

	项目名称	资金来源	资金性质	累计支付
27	筹备可持续发展项目	ADB	赠款	1,072,719
28	筹备环境和农村发展项目	ADB	赠款	3,094,820
29	城市气候融资路线图研究项目	ADB	赠款	217,652
30	促进和扩大碳捕集与封存示范——大型碳捕集与封存（CCS）示范项目可行性评估及对延长石油集团的发展支持（子项目2）	ADB	赠款	3,584,196
31	筹备丝绸之路生态保护与恢复工作	ADB	赠款	676,999
32	湟水源地自然向好发展政策和规划提升项目	ADB	赠款	65,630
33	青海湟水流域综合治理规划政策研究项目	ADB	赠款	39,847
34	黄河流域绿色农田建设和农业高质量发展项目	ADB	赠款	164,200
35	发展黄河流域生态保护的立法和规划机制项目	ADB	赠款	300,000
36	以经济集约用水促进黄河流域生态保护和高质量发展的战略研究	ADB	赠款	/
37	加强能力、机构和政策以促进黄河生态走廊的高质量绿色发展	ADB	赠款	/
38	黄河生态补偿机制	ADB	赠款	53,482
39	库布其沙漠生态评估和补偿机制项目	ADB	赠款	79,028
40	大别山绿色发展生态补偿框架	ADB	赠款	171,554
41	支持《中华人民共和国国家生态补偿条例》的实施	ADB	赠款	71,243
42	可持续金融和区域合作支持项目	ADB	赠款	463,279
43	加强云南和贵州与大湄公河次区域的可持续合作	ADB	赠款	68,680
44	农村和中小城镇低碳发展模式项目	ADB	赠款	210,420
45	绿色循环经济零废弃城市项目	ADB	赠款	82,809
46	创新驱动黑龙江资源枯竭型城市绿色经济多元化发展项目	ADB	赠款	50,301
47	气候变化融资加速平台项目	ADB	赠款	235,862

表 5-3 中国从多边机构获得的部分贷款支持（美元）

	项目名称	资金来源	资金性质	合同金额
1	中国气候变化框架贷款（CCCFL）——贵州森林项目	EIB ^[45]	贷款	30,542,500
2	CCCFL——湖北森林项目	EIB	贷款	30,542,500
3	CCCFL——江西森林项目	EIB	贷款	30,542,500
4	CCCFL——黑龙江项目	EIB	贷款	30,542,500
5	呼和浩特能效项目	EIB	贷款	197,915,400
6	内蒙古森林项目	EIB	贷款	36,651,000
7	陕西森林项	EIB	贷款	61,085,000
8	安徽森林项目	EIB	贷款	48,868,000
9	中国进出口银行气候框架贷款	EIB	贷款	366,510,000
10	湖南森林项目	EIB	贷款	122,170,000
11	包头能效项目	EIB	贷款	122,170,000
12	长江流域森林保护项目	EIB	贷款	244,340,000
13	伊玛尔通辽沙丘防护林项目	EIB	贷款	366,510,000
14	京津冀低碳能源转型和空气质量改善项目	AIB	贷款	500,000,000
15	河北清洁取暖项目	WB	贷款	100,000,000
16	宁波可持续城市化项目	WB	贷款	150,000,000
17	鄱阳湖流域城镇水环境治理项目	WB	贷款	150,000,000
18	辽宁安全和可持续城市供水项目	WB	贷款	250,000,000
19	江西城乡供水和污水综合治理项目	WB	贷款	200,000,000
20	浙江千岛湖和新安江流域水资源与生态环境保护项目	WB	贷款	150,000,000
21	贺州城市供水基础设施和环境改善项目	WB	贷款	150,000,000
22	陕西可持续城镇发展项目	WB	贷款	150,000,000
23	中国可再生能源和电池储能推广项目	WB	贷款	300,000,000
24	长江流域上游地区森林生态系统改善计划	WB	贷款	150,000,000
25	四川供水和卫生设施政府和社会资本合作项目	WB	贷款	100,000,000
26	河南绿色农业基金项目	WB	贷款	300,000,000
27	湖北智能和可持续农业项目	WB	贷款	150,000,000
28	江西生态工业园项目	WB	贷款	200,000,000
29	临港分布式太阳能发电项目	NDB	贷款	34,115,465
30	莆田平海湾海上风力发电项目	NDB	贷款	307,692,308
31	江西工业低碳化改造和绿色发展试点项目	NDB	贷款	200,000,000

[45] 数据来源为相关机构官网项目列表。

	项目名称	资金来源	资金性质	合同金额
32	广东阳江沙坝海上风电项目	NDB	贷款	306,518,107
33	江西天然气输送系统开发项目	NDB	贷款	400,000,000
34	崇左市水资源恢复和生态保护项目	NDB	贷款	300,000,000
35	浙江绿色城市项目——嵊州城乡一体化供水和环卫项目第二阶段	NDB	贷款	126,923,077
36	宁夏银川市绿色交通综合发展项目	NDB	贷款	323,076,923
37	江西新余孔目江流域洪水防控及环境治理项目	ADB	贷款	150,000,000
38	陕西省加快节能增效与环境改善融资项目	ADB	贷款	150,000,000
39	青海省海东市城乡生态发展项目	ADB	贷款	150,000,000
40	河南鹤壁淇河流域环境治理及生态保护项目	ADB	贷款	150,000,000
41	山东省地下水漏斗区域综合治理项目	ADB	贷款	150,000,000
42	山西省城乡水源地保护与环境示范项目	ADB	贷款	100,000,000
43	湖南湘江流域存量垃圾综合治理项目	ADB	贷款	150,000,000
44	重庆市龙溪河流域洪水与环境风险综合治理项目	ADB	贷款	150,000,000
45	山东绿色金融促进基金项目	ADB	贷款	100,000,000
46	贵州省贵安新区新型城镇化智慧交通体系发展项目	ADB	贷款	199,460,000

（三）从双边渠道获得的资金支持

2016—2020年，中国与《公约》附件二缔约方积极开展应对气候变化国际合作，与德国、法国、英国、挪威、瑞士、美国、日本等多国开展配备气候资金支持的项目达213项，资金支持总额达16.19亿美元。其中，赠款、优惠贷款分别为1.40亿美元（9%）、14.79亿美元（91%），减缓、适应和跨领域部门所获得的资金支持分别为10.01亿美元（62%）、2.08亿美元（13%）及4.10亿美元（25%）。具体支持领域和金额见表5-4。

表 5-4 中国从双边渠道获得的资金支持（美元）

资金来源	资金性质	支持领域	合同金额
奥地利	赠款	能源、跨领域	32,849
加拿大	赠款	环境政策与管理	548,701
瑞士	赠款	跨领域、水和卫生设施	18,168,445
德国	赠款	能源、农业、林业、一般环保	63,491,844
	优惠贷款	能源、林业、水和卫生设施、工业、跨领域	919,783,637
丹麦	赠款	环境政策、水运、城市发展与管理	788,157
西班牙	赠款	跨领域、水和卫生设施、旅游、一般环保	119,954
	优惠贷款	能源	388,010
法国	优惠贷款	能源、水和卫生设施、生物多样性、城市发展与管理	557,993,236
英国	赠款	环境研究、跨领域	22,520,000
意大利	赠款	环境政策与管理、农业、能源、跨领域	1,519,697
	优惠贷款	农业	1,425,502
日本	赠款	跨领域、水和卫生设施、农业、能源	5,478,104
挪威	赠款	能源、渔业、社会基础设施与服务、一般环保	19,123,082
瑞典	赠款	环境政策、一般环保	555,103
美国	赠款	能源、跨领域	7,160,000

（四）存在的问题与挑战

一是发达国家向中国提供应对气候变化资金支持的意愿降低。经过多年努力发展，中国 GDP 位居全球第二，经济发展和民生得到极大改善，发达国家以此为由削减对中国的应对气候变化资金支持。尽管经济体量可观，然而中国作为拥有 14 亿人口的发展中国家，2020 年人均 GDP 仍低于世界平均水平，不及欧盟的 1/3、美国的 1/6，甚至低于部分小岛屿国家。中国在推动落实碳达峰碳中和目标和适应气候变化战略时，仍需同步解决发展经济、改善民生、保护生态环境等多重挑战，应对气候变化仍面临巨大的资金缺口。

二是发展中国家总体获得发达国家气候资金支持的难度加大。发达国家依据《公约》规定的法定义务，在“坎昆协议”中所承诺的到 2020 年实现每年集体动员 1000 亿美元支持发展中国家应对气候变化的目标尚未实现，且 2025 年后新的集体出资目标谈判进展缓慢。同时，发达国家着眼于强调全球气候投融资规模达到上万亿美元。发达国家混淆提供气候资金的国际义务与全球投融资的商业行为，不利于包括中国在内的发展中国家在《公约》及其《巴黎协定》下保障其应有的权利。

三是中国不断强化应对气候变化行动力度，但相应资金需求的评估尚较为初步。科学评估表明，气候变化对中国和全球带来的自然生态环境和经济社会发展风险越来越严峻。应对气候变化不是别人让我们做，而是我们自己要做。中国按照科学要求并基于发展阶段、资源、技术等可行条件出发，做出不断强化的应对气候变化政策决策。然而全球不断提高应对气候变化的政策预期，气候影响、技术发展和资源条件存在巨大不确定性，给全球应对气候变化资金需求评估带来很大挑战，中国也同样如此，当前对于更新后的国家自主贡献目标、碳中和目标所需的资金需求评估还很初步。

第二章 应对气候变化技术需求及获得的支持

一、中国应对气候变化的技术需求

中国在第三次国家信息通报中明确提出了减缓与适应气候变化技术需求清单，确立了 13 个行业和领域的减缓技术需求，以及 4 个领域的适应技术需求。结合中国近期出台的应对气候变化相关技术战略规划与行动方案，本报告在第三次国家信息通报报告的技术需求基础上，突出面向碳中和目标的技术导向，对中国应对气候变化技术需求进行了更新。在减缓技术需求方面，确定了包括火力发电、可再生能源、核能、智能电网、钢铁、建筑材料、交通运输、废弃物处理利用、温室气体化工利用、CO₂封存、生态系统固碳增汇等重点领域的技术需求；在适应技术需求方面，确定了农业节水和抗逆育种、城市气候韧性基础设施建设以及适应气候监测与灾害预警等重点领域的技术需求。

（一）减缓方面技术需求

尽管中国在减缓技术方面已具备一定技术积累，但仍存在薄弱环节。中国正严控煤炭消费增长，加强煤炭清洁高效利用；进一步提高可再生能源、核能等非化石能源规模，强化新能源消纳，优化能源结构。新型储能技术、氢能技术、先进太阳能光伏技术、海上风电技术、生物质能转化利用技术、新一代先进核能技术、碳捕集利用与封存（CCUS）技术等是中国能源行业当前亟需的减缓核心技术。此外，钢铁、交通运输、建筑建材、有色金属、化工等是亟待实现技术突破的行业，其中炼钢制钢全工序降碳技术体系、零碳水泥、新能源清洁能源船舶、新能源汽车、新能源航空发动机、船运数字化技术、零碳建筑、城市生活垃圾处置及综合利用技术、石油化工碳减排技术、CO₂驱油（CO₂—EOR）等均为优先需求的技术。

另外，提升生态系统碳汇功能对中国实现碳中和目标具有重要意义，其中森林、农田、草地、近海和湿地等系统固碳增汇属于亟需的技术。详细需求列表见表 5-5。

表 5-5 部分减缓气候变化技术需求

技术名称	技术描述	支持类型	支持部门	子部门	转让技术需求	预期实施周期	预期实施效果
新型储能技术	通过应用新型储能技术提升能源电力系统调节能力、综合效率与安全保障能力，提高可再生能源消纳水平，满足能源系统不同应用场景储能需求。	减缓	能源	电力；电网	压缩空气储能、飞轮储能、燃料电池、液流电池、超导储能、超级电容器等技术。	2022—2030	降低储能成本，实现大比例可再生能源发展。
氢能技术	通过发挥氢能大规模、长周期储能优势，促进异质能源跨地域跨季节优化配置，推动氢能、电能与热能系统融合，形成多元互补的清洁能源供应体系；推动交通、工业等用能终端绿色发展。	减缓	能源；工业；交通	电力；钢铁；电网；交通	涉及氢气制备、储运、加注及燃料电池与系统集成等不同环节。制氢技术主要包括电解、光解等水分解制氢，生物质制氢等技术。储运技术主要包括氢气长距离管输、低温液氢储运、固态氢储运、纯氢/掺天然气管道输运等技术装备。加注技术主要包括高可靠性低能耗加氢机、压缩机等关键装备及核心零部件。燃料电池设备与系统集成技术主要包括质子交换膜燃料电池、固体氧化物燃料电池、熔融碳酸盐燃料电池等技术。	2022—2030	实现氢能的规模化、低成本、安全高效利用，实现氢能与电力、交通、工业系统的耦合发展。
太阳能光伏技术	通过发展低成本、高效、稳定太阳能光伏技术与太阳能热化学转化及综合利用技术，支撑太阳能高质量开发利用。	减缓	能源	可再生能源；电力；建筑	高效叠层电池、新型晶体硅电池，以及太阳能热化学转化与其他可再生能源互补、中温太阳能驱动热化学燃料转化、太阳能热化学发电等技术及装置。	2022—2030	实现太阳能光伏技术更高效率、更低成本，与建筑等系统实现更好的集成耦合。
海上风电技术	通过发展高效、低成本深远海域海上风电及超大型海上风电技术，支撑海上风能高质量开发利用。	减缓	能源	可再生能源；电力	超大功率海上风电机组整机设计集成与关键部件制造技术，远海深水区漂浮式风电机组基础一体化设计与建造技术等，具体包括永磁同步发电机、双馈异步发电机、直驱电机、双馈电机柔性齿轮箱、海上风机基础等装备设施及海底电缆设计铺设、风机抗台风等技术。	2022—2030	实现海上风电技术的低成本、高效率、安全性利用。
海洋能发电技术	通过发展海洋能高效俘获及能量转换技术，实现海洋能高效可靠发电与综合利用。	减缓	能源	可再生能源；电力	海洋能发电及综合利用技术，包括波浪能、潮流能、海洋温差能等高效、可靠发电技术。	2022—2030	因地制宜实现海洋能的低成本、高效利用。

第五部分 资金、技术和能力建设需求

技术名称	技术描述	支持类型	支持部门	子部门	转让技术需求	预期实施周期	预期实施效果
生物质能转化利用技术	通过发展生物质能高效转化利用技术实现生物质高值利用，支撑电力、城市供暖、工业供热、交通运输等部门清洁转型。	减缓	能源；工业	可再生能源；电力、工业、建筑；交通	生物质转化制备生物航空燃料及交通运输燃料、低碳能源产品，高效转化乙醇、定向热转化制备燃油、油脂连续热化学转化制备生物柴油等系列技术。生物质原料预处理、高效稳定厌氧消化、气液固副产物高值利用等生物燃气全产业链技术。	2022—2030	因地制宜实现低成本生物质能源利用。
新型先进核电技术	通过推进三代和四代先进核电技术创新发展，结合非能动设计理念，持续提升固有安全性水平。	减缓	能源	核能；电力；工业	先进快堆、移动式核电源等新一代先进核能技术，先进核燃料、高性能材料等关键核心技术。	2022—2030	增强电力基荷部分稳定供应，实现核能安全、高效和综合利用。
智能电网关键技术	通过发展新型智能电网技术，支撑建设适应大规模可再生能源和分布式电源友好并网。	减缓	能源	电网	输电环节减损提效技术，主要包括特高压直流输电、灵活交流输电、柔性直流输电、分频输电、直流电网等技术，超导材料、绝缘材料等输电材料。电力网络智能化技术，主要包括多向能源自动配置、能量携带信息、神经网络控制、预测控制、电网自愈自动控制、互联网远程控制等技术。	2022—2030	实现电网的智能、稳定和灵活。
碳捕集利用与封存（CCUS）技术	通过应用新一代高效、低能耗 CO ₂ 捕集技术及装置，实现火力发电部门 CO ₂ 排放控制与减排。	减缓	能源；工业	电力；钢铁；水泥	高效率、低能耗、低成本的燃烧前和燃烧后碳捕集、利用与封存技术。	2022—2030	支撑燃煤发电、钢铁、水泥等行业降低碳排放。
焦化工序节能技术	通过钢铁冶炼焦化、炼铁、铸造与精加工全流程节能降碳技术创新与装备改造，实现钢铁行业温室气体减排。	减缓	工业	钢铁；冶金	炼焦煤调湿、高温高压干熄焦技术，厚料层烧结、小球烧结、降低烧结漏风率等烧结技术等。	2022—2030	实现钢铁行业焦化工序的节能降耗。
炼铁工序节能技术		减缓	工业	钢铁	高炉炉顶煤气余压发电、常规高炉炉顶气再循环、高炉煤气脱除 CO ₂ 循环利用、高炉汽动鼓风、高炉高效喷煤、转炉干法除尘等技术和工艺等。	2022—2030	实现钢铁行业炼铁环节的节能降耗。
铸造、精加工工序节能技术		减缓	工业	钢铁	铸造工序的钢包高效预热技术、薄板坯/近净成型铸造工艺技术，厚板坯连铸和板材直接带钢铸造工艺技术，带钢集成连铸连轧、热压厂过程控制等热轧工技术等；精加工时热轧机中的节能驱动器和除垢器中的变频驱动器技术及退火线上的热回收技术等。	2022—2030	实现钢铁行业铸造和精加工工序的节能降耗。

技术名称	技术描述	支持类型	支持部门	子部门	转让技术需求	预期实施周期	预期实施效果
低碳钢铁冶炼技术	通过富氢直接还原炼铁等原料替代与流程再造技术降低温室气体排放。	减缓	工业	钢铁	全氧/富氧高炉、高炉富氢喷吹、富氢直接还原、氢气直接还原、电化学炼铁、大型电炉高效冶炼、钢铁厂富碳气体联产化学品固碳等技术。	2022—2030	实现稳定有效的氢能炼铁工艺。
工业余热利用技术	通过回收工艺环节余热，转化为电力或热量使用，实现钢铁行业节能减排。	减缓	工业	钢铁；冶金	热电联产技术和汽轮机蒸汽供热技术集成，实现能源梯级利用。焦炭（焦炭干熄焦）显热发电、高炉炉顶煤气干式余压发电、全燃高炉煤气锅炉发电等再发电技术。	2022—2030	实现钢铁等行业的节能减排。
零碳水泥	通过原料替代、流程再造及 CCUS 技术实现建材行业温室气体减排。	减缓	工业	建材	减少水泥生产碳排放量的技术，主要包括原料替代、生物质/垃圾衍生燃料替代、二代新型干法分解窑、多通道煤粉燃烧器等新型高效燃烧器、行进式稳流等先进篦式冷却机、水泥窑 CO ₂ 捕集利用与封存等技术与高效分解炉预热器系统。	2022—2030	实现水泥行业低碳化生产工艺流程。
石油、化工碳减排技术	通过系列流程再造和优化工艺，实现化工重点行业温室气体减排。	减缓	工业	化工	乙烯产业提升能效技术，主要包括燃气吹灰、耐高温材料及裂解炉耐高温辐射涂料等技术。烧碱产业提升能效技术，主要包括蒸发环节工艺流程、降膜蒸发和电解—膜极距离子膜、膜过滤、烷化净化原料气等技术。	2022—2030	促进石油、化工行业技术工艺优化，减少排放。
CO ₂ —EOR 技术	通过 CO ₂ 驱油技术等提高开采效率，实现 CO ₂ 高值利用。	减缓	能源	石油	超临界 CO ₂ 注入提高原油采收率技术，强化天然气、深部咸水等开采，增强地热系统，铀矿地浸开采等技术。	2022—2030	提高石油采收率的同时，实现 CO ₂ 安全有效封存
新能源清洁能源船舶		减缓	交通	水运交通	液化天然气、氢、氨、甲醇等燃料以及锂离子电池等技术。	2022—2030	实现传统柴油船舶有经济竞争力的低碳可持续能源替代。
新能源汽车	通过液化天然气、甲醇、氢能、生物质能、氢能、太阳能、风能等清洁能源替代，智能化电动汽车、氢燃料电池车船等，实现交通运输绿色低碳发展。	减缓	交通	公路交通	包括以氢为载体的燃料电池汽车，以锂离子动力电池为载体的纯电动汽车，以及新能源汽车性能监控与保障、交通能源互联网、基础设施等支撑技术。	2022—2030	实现传统内燃机汽车有经济竞争力的绿色低碳可持续能源替代。
新能源航空发动机		减缓	交通	航空交通	氢能、生物燃料等新能源驱动的航空发动机技术，机翼改良等飞机结构优化与节能技术。	2022—2030	实现传统航空器有经济竞争力的绿色低碳可持续能源替代。

第五部分 资金、技术和能力建设需求

技术名称	技术描述	支持类型	支持部门	子部门	转让技术需求	预期实施周期	预期实施效果
交通运输数字化技术	通过发展智能数字化技术，实现交通运输节能减排。	减缓	交通	公路、水运、航空运输	应用大数据、物联网、云计算、人工智能、区块链等新一代信息技术的创新交通能源互联网、多源多态能源转换控制与管理、分布式可再生能源并网、充（换）能设施网络布局、能耗与排放实时监测、运输信息共享与智能调配等技术。	2022—2030	提升交通规划与控制系统的智能化水平和效率，支撑可持续交通系统发展。
零碳建筑	通过发展建筑节能、电气化、光伏一体化等技术实现建筑部门温室气体减排。	减缓；交叉	能源、建筑	电力、电网、建筑	建筑围护结构深度优化、炊事电气化、低品位余热高效利用等建筑节能技术，建筑光伏一体化等技术，建筑储能、直流配电改造、与电动车智能充电桩联动等建筑用能柔性化技术。	2022—2030	降低建筑建造和使用能耗，提升建筑与电力、电网等系统的集成度。
城市生活垃圾处置及综合利用技术	通过发展废弃物综合处置技术实现温室气体捕集与高值利用。	减缓	废弃物处置	市政；电力	主要包括城市固体废弃物热解气化制备合成气、焦油、焦炭等技术。填埋场存量垃圾加速稳定及碳封存利用技术，填埋气捕集提纯后发电利用，填埋场稳定后有机碳形成碳封存。厨余垃圾低碳安全土地利用技术，包括厨余垃圾高效发酵产甲烷与制备有机肥等技术。高热值其他垃圾制备替代燃料技术。	2022—2030	有效解决城市生活垃圾处置问题的同时，实现部分燃料的绿色替代。
CO ₂ 封存技术	通过发展封存技术实现 CO ₂ 长时间固存，减少大气 CO ₂ 浓度。	减缓	能源；工业	电力；地质	集成地质勘查、数据挖掘、人工智能与大数据分析等技术形成 CO ₂ 封存地质测度及建模技术，CO ₂ 地质封存潜力综合评价技术以及 CO ₂ 注入—运移—长期封存技术体系。封存安全性检测、资源协同等技术。	2022—2030	更准确地评估和选择合格封存场地，实现安全、稳定和低成本封存。
生态碳汇	通过发展增汇技术提升生态系统固碳能力。	减缓；交叉	农业；林业；生态	生态；造林；可持续林业	森林、草地、农田、荒漠、湿地等生态系统固碳能力提升与可持续管理技术，退化生态系统快速恢复与增汇协同技术，红树林、盐沼、海草床等典型海岸带生态系统增汇技术。	2022—2030	有效提升生态系统固碳能力。

（二）适应方面技术需求

中国是农业大国，且易遭受气候变化不利影响。中国在适应方面的技术需求与其他发展中国家具有相似性。其中，农林业领域的技术需求量最大，农业节水灌溉技术、农作物抗逆育种与病虫害防治技术等是中国农业目前需要的适应性技术。此外，在其他领域还有敏感生态系统保护修复、海洋及海岸带综合适应、气候韧性城市建设、人体健康影响与适应、气候监测和灾害预警技术需求，以及气候变化引发的多种自然灾害及复合链生灾害的监测预警与防治技术需求等。详细需求列表见表5-6。

表 5-6 部分适应气候变化技术需求

技术名称	技术描述	支持类型	支持部门	子部门	转让技术需求	预期实施周期	预期实施效果
农业节水灌溉技术	通过减少农业灌溉用水需求和损失，提高农业用水效率。	适应	农林业	节水灌溉	减少农业灌溉用水需求和损失的相关技术，提高农业用水效率。	2022—2030	提高农业用水效率。
农作物抗逆育种与病虫害防治技术	通过增加作物对气候变化不利影响的韧性，提升适应能力。	适应；交叉	农林业	农业	主要包括水稻耐热育种、水稻抗旱育种、小麦抗旱育种、玉米抗旱育种以及病虫害防治等技术，识别并培育对气候变化影响抗逆性好的作物品种，如抗高温、抗低温、抗旱、抗涝、抗盐等抗逆特性。	2022—2030	提升农作物气候韧性。
农业巨灾保险技术	通过发展农业巨灾保险技术实现农业气候风险转移分担。	适应	农林业	农业	主要包括农业巨灾保险定价定损技术，支撑农业天气指数保险应用推广，实现农业气候灾害风险分担和转移。	2022—2030	提升农业保险服务水平。
气候敏感生态系统保护与修复技术	通过发展生态系统保护与修复技术提高敏感生态系统适应能力。	适应	生态系统	敏感生态系统	生物多样性保护技术，气候暖化地区退化草地恢复与湿地保护、气候剧变地区森林演替与珍稀动植物保护技术等。	2022—2030	提升敏感生态系统气候韧性。
海岸带综合适应技术	通过发展综合适应技术实现海洋生态系统与海岸带基础设施保护。	适应；交叉	生态系统	海洋及海岸带	海平面与风暴潮监测及海岸带防护技术，滩涂、红树林、珊瑚礁保护技术，咸潮应对技术，海洋生态护岸立体绿化绿植技术，海岸带堤坝区域生态系统修复技术等。	2022—2030	提升海岸带区域和相关生态系统气候韧性。
气候韧性基础设施建设技术	通过发展低影响开发雨水系统，实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力。	适应	城市建设	城市基础设施	集成城市基础设施建设和雨水处理等多种综合技术，结合“智慧城市”“海绵城市”和“韧性城市”概念实现城市抗风险建设，提升城市气候韧性。	2022—2030	提升城市基础设施气候韧性。
人体健康综合适应技术	通过监测预警、公共卫生等技术减少气候变化对人体健康的不利影响。	适应	健康	人体健康	极端天气气候事件人体健康影响监测、预警与风险评估技术，气候变化条件下媒传疾病发生流行的评估与防控技术等。	2022—2030	提升人类适应气候变化不利影响的能力。

中华人民共和国气候变化第四次国家信息通报

技术名称	技术描述	支持类型	支持部门	子部门	转让技术需求	预期实施周期	预期实施效果
监测预警技术	通过发展灾害监测预警技术减少气候变化引起的自然灾害风险。	适应	灾害防治	气候监测和灾害预警	大气圈与多圈层及互馈作用智能精密监测技术；气候系统监测分析、精准预报预测，以及极端天气气候事件、重大自然灾害和复合链生灾害监测预警技术等。	2022—2030	提升气候灾害监测预警能力。
灾害情景模拟与复盘技术	通过发展灾害情景模拟与复盘技术加强对气候变化引起自然灾害的研判与干预。	适应	灾害防治	气候监测和灾害预警	灾害情景模拟与复盘技术，包括巨灾情景构建、灾害链快速研判与主动干预、数据分析与数据底座建设、数字孪生技术等。	2022—2030	提升灾情预测能力。
风险评估与综合防范技术	通过发展风险评估与综合防范技术加强对气候变化引起自然灾害的综合防治。	适应	灾害防治	气候监测和灾害预警	敏感领域和重点区域气候变化影响与风险评估、关键风险阈值测度、适应行动效果评估等技术，以及灾害风险防范、应急处置与综合治理技术。面向灾害应对的灾情信息获取、应急指挥通信、特种应急交通保障、生命搜索与救援抢险、紧急医学救援与卫生防疫等技术装备。	2022—2030	提升气候相关灾害的风险评估与综合防范能力。

二、中国应对气候变化的技术投入

基于《国家创新驱动发展战略纲要》总体部署，中国结合低碳发展和适应气候变化目标要求，制定并不断完善应对气候变化科技发展战略、规划与政策，持续加大应对气候变化技术投入，推动明确未来技术发展方向。

“十三五”期间，中国科技研发投入明显加大，市场导向的绿色技术创新体系逐步建立。国家重点研发计划“全球变化及应对”等多个重点专项、“变革性洁净能源关键技术与示范”等中国科学院先导专项开展应对气候变化领域科技研发。2019年中国发布了《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》，强化了企业绿色技术创新的主体地位，要求到2022年基本建成市场导向的绿色技术创新体系。发布《节能减排与低碳技术成果转化推广清单》《国家重点节能低碳技术推广目录》，加快工程示范性好、减排潜力大的低碳技术成果的转化应用与推广。面向行业和地方需求开展了气候变化影响和灾害风险评估、适应气候变化的机理和机制等基础研究。

“十四五”以来，中国通过国家重点研发计划“地球系统与全球变化”“可再生能源技术”“氢能技术”“煤炭清洁高效利用”“碳达峰碳中和关键技术与示范”等超过20个重点专项，系统部署和支持能源、工业、建筑、交通、碳汇、CCUS等各领域绿色低碳技术研发攻关，支撑低碳发展、气候变化应对和国际履约。

下一步，中国将按照《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）》提出的行动和保障举措，统筹推进科技创新，支撑2030年前碳达峰目标实现，并为2060年前实现碳中和目标做好技术研发储备。该方案包括能源绿色低碳转型科技支撑，低碳与零碳工业流程再造技术突破，城乡建设与交通低碳零碳技术攻关，负碳与非二氧化碳温室气体减排技术能力提升，前沿颠覆性低碳技术创新，低碳零碳技术示范，碳达峰碳中和管理决策支撑，碳达峰碳中和创新项目、基地、人才协同增效，绿色低碳科技企业培育与服务，碳达峰碳中和科技创新国际合作等十大行动。

三、中国获得的应对气候变化技术支持及问题与挑战

（一）中国获得的应对气候变化技术支持

通过多边国际合作，国际组织对中国开展了一系列气候技术开发与转让活动。如表5-7所示，相关活动围绕先进技术可行性研究、能力建设与试点示范等方面开展，但缺少针对关键技术需求的实质性技术转让。

在有关双边合作机制下，中国与《公约》附件二缔约方开展了一系列应对气候变化技术开发与转让活动。从活动目的看，技术活动集中在能力建设、技术转移和

政策支持方面；从领域看，合作项目集中在减缓领域。相关活动主要集中在能源部门，且仍以激励政策、能力建设和技术可行性研究为主，缺乏针对具体需求的实质性技术转移，未来可按照技术需求清单，加强减缓与适应领域核心技术的研发与转让合作。

表 5-7 国际组织对中国的部分技术支持

项目名称	支持机构	领域	批准时间	实施机构	执行机构	主要内容
浙江绿色物流平台协作示范工程	全球环境基金	交通	2016	联合国开发计划署	国家发展和改革委员会、地方政府	浙江省节能绿色物流技术推广应用和实践。
促进中国燃料电池汽车商业化发展	全球环境基金	交通	2016	联合国开发计划署	科学技术部	促进燃料电池汽车商业化生产与应用。
小水电增效扩容改造增值	全球环境基金	能源	2016	联合国工业发展组织	水利部、财政部、国际小水电中心	支撑农村小水电项目升级改造。
中国能效市场机制	全球环境基金	能源	2017	世界银行	国家发展和改革委员会、地方政府、华夏银行	支持重点节能项目开发与实施，完善节能计量核查体系，发展市场化机制。
公共建筑能效提升	全球环境基金	建筑	2017	联合国开发计划署	住房和城乡建设部	推动公共建筑节能与能效提升。
可持续发展城市综合方式试点	全球环境基金	规划	2017	世界银行	财政部、住房和城乡建设部、地方政府	推动试点城市将以公共交通为导向的可持续发展战略纳入当地规划。
新能源汽车与可再生能源综合应用商业化推广	全球环境基金	交通	2017	联合国工业发展组织	工业和信息化部、中国汽车工程学会	推动电动汽车—智能电网—可再生能源集成系统建设与应用推广。
货运系统高效绿色发展制度体系构建	全球环境基金	交通	2018	世界银行	交通运输部	聚焦多式联运与城市货运系统优化，提高货运效率和环境可持续性。
分布式可再生能源应用推广	全球环境基金	能源	2019	世界银行	国家能源局	推动分布式可再生能源、电池储能等技术推广应用。
气候智慧型草地生态系统管理	全球环境基金	林草	2019	世界银行	农业农村部	青海省祁连县气候智慧型草地管理实践试点。
催化气候融资（山东绿色发展基金）	绿色气候基金	综合	2019	亚洲开发银行	财政部及地方政府	推动能源、工业部门减缓及水资源、农业、沿海和生态适应等领域先进技术推广与气候融资。

（二）存在的问题与挑战

一是气候友好技术转让受到逆全球化相关政策阻碍。尽管在《巴黎协定》目标引导下绿色低碳转型已成为全球趋势，但近年来逆全球化主义、国家安全概念泛化主义的抬头使得气候友好技术转让难度加大。发达国家倾向于将保障国内供应链安全和产业优势作为重要任务，对外转让气候技术的主动性有所减弱，在部分领域实施贸易限制或技术封锁政策，加强对外资的所谓安全审查，因此对相关产业气候友好技术的转让，尤其是向发展中国家的技术转让造成不利影响。

二是跨国公司技术垄断倾向加剧，技术流动不畅。目前多数先进气候技术多由发达国家私营部门掌握，企业作为科技创新与传播推广的主体地位越发凸显。随着全球技术发展速度加快、技术产品研发上市周期压缩，为实现利润最大化、获取技术垄断价值，以及占据东道国市场优势，跨国公司对外开展科技研发投资的方式逐渐从合资为主向控股、独资演化，或在产权和控制权范围内对海外分支机构开展内部技术转移，其实质为封闭相关技术转让路径，对国家间的气候友好技术流动形成障碍。

第三章 应对气候变化能力建设需求及获得的支持

一、中国应对气候变化的能力建设需求

总体而言，中国应对气候变化的体制机制、决策和实施、测量报告和核实（MRV）体系、科学研究、舆论传播、公众认知、企业管理、社会行动等能力都得到提高，但距离实现国家应对气候变化长期战略和国家自主贡献目标还存在很大差距。中国仍需要加强能力建设和工作机制保障，全面提升应对气候变化管理能力，包括：

（1）强化新一代信息技术对气候变化监测、影响及评估的支撑，建立动态性、系统性的气候变化监测评估体系；

（2）做好重大工程和国土空间规划等气候可行性论证支撑服务，进行极端气候事件预警和风险管理；

（3）推动气候变化领域工作与经济支撑政策挂钩，建立财政支持、生态保护补偿、转移支付、风险分担等多元化政策支撑体系；

（4）建立健全应对气候变化工作协调与信息共享机制，促进跨领域合作与协同创新；加强应对气候变化干部培训、专业技术培训、公众宣传和教育；

(5) 形成多部门参与、协调联动的工作机制和全社会广泛参与的行动机制。

二、中国应对气候变化的能力建设投入

中国作为人口众多的发展中国家，致力于通过推动建成人人贡献的应对气候变化整体环境。

“十三五”时期，中国全社会应对气候变化意识总体不断增强。中国持续开展全国节能宣传周和低碳日活动，普及节能和低碳发展理念。充分发挥并积极运用传统媒体和新兴媒体的各自优势，加大应对气候变化活动的宣传力度。利用校内外教育场所，将应对气候变化内容融入教学课程、实践教育、家庭教育和干部培训。发布《公民生态环境行为规范（试行）》，鼓励全国公众通过节约能源资源、绿色消费等举措践行低碳生活方式，引导公众特别关注气候变化下的粮食安全问题，在全国范围内推广“光盘行动”，减少粮食浪费。

下一步，中国计划重点建设碳达峰碳中和人才体系，加强适应气候变化基层人才队伍建设，把绿色低碳发展纳入国民教育体系，鼓励高等学校增设碳达峰碳中和相关学科专业，编制适应气候变化科普教育系列丛书，开展适应气候变化主题宣传；培育一批节能降碳和新能源技术产品研发国家重点实验室、国家技术创新中心、重大科技创新平台；建立完善绿色低碳技术评估、交易体系和科技创新服务平台；倡导绿色低碳和气候适应型生活方式，开展绿色低碳社会行动示范创建，广泛动员企业、社区、社团、公民积极参与适应气候变化工作，凝聚全社会共识，加快形成全民参与的良好格局。

三、中国获得的应对气候变化能力建设支持

（一）中国获得的应对气候变化能力建设支持

2016—2020年，中国继续与《公约》附件二缔约方和国际组织开展应对气候变化能力建设项目。

这一阶段，中国获得的能力建设支持主要集中于履约透明度提升、气候政策和规划制定、人才培养、知识中心建设等方面。通过多边渠道，中国在全球环境基金资金支持下启动开展透明度能力建设第一阶段项目，进一步强化国家温室气体清单编制、应对气候变化统计与考核，以及国家履约报告编制能力。部分发达国家如法国、意大利、日本、德国等支持中国开展应对气候变化能力建设专题系列培训项目，

以及通过签署合作备忘录的方式建立联合研究中心，依托发达国家现有经验基础，为中国推进应对气候变化工作提供理论工具、实践案例，以及专业队伍支持。

（二）存在的问题与挑战

在获取能力建设支持历程中，中国注意到当前全球层面缺失一项支持供需信息共享和匹配机制，中国的许多需求难以得到及时响应和支持匹配。尽管中国等发展中国家通过国家自主贡献报告、国家信息通报、两年更新报告等，识别了各自国情下应对气候变化的重点领域以及能力建设需求，但目前尚未形成有效全面、透明公开的供给信息平台 and 对接匹配机制，发展中国家难以及时高效地获取相对应的能力建设支持，同时也包括关联气候资金和技术支持。

第四章 应对气候变化资金、技术、能力建设的透明度需求

一、有关应对气候变化资金、技术、能力建设的透明度挑战

中国应对气候变化资金、技术、能力建设涉及的领域、政策、行动、项目众多，资金数量庞大、渠道多样，技术研发、应用和转让主体多元，能力建设活动社会参与面广。在编制本节内容过程中，中国发现现有应对气候变化资金、技术、能力建设的信息统计和报告体系尚不健全，面临较大的透明度履约挑战，包括：

（1）应对气候变化国际资金、技术转让、能力建设支持信息尚未纳入国家统计体系，相应统计指标缺乏统一的方法学，尚未开展关于这些信息的常规识别、跟踪和报告工作；

（2）应对气候变化资金需求评估缺乏权威方法学，由于方法学不同导致专家评估结果差异较大，难以有效支撑决策；

（3）应对气候变化技术门类众多，研发、应用和转让需求随全球气候政策变化不断调整，国际先进技术合作受地缘政治等影响干扰，难以建立稳定的统计体系和及时更新统计信息；

（4）应对气候变化全民参与度高，资金、技术、能力建设信息渠道分散，国家统计体系和主管部门不完全掌握全局信息。

二、有关应对气候变化资金、技术、能力建设的透明度需求

为加强应对气候变化资金、技术、能力建设的透明度，中国针对应对气候变化资金、技术、能力建设的透明度需求包括：

(1) 加强国别交流，学习其他国家行之有效的统计和报告经验；

(2) 开展统计方法学研究，针对中国应对气候变化资金、技术开发和转让、能力建设的国内和国际合作特点，研究开发既符合中国统计和行政管理体制又与国际接轨的统计方法学；

(3) 建立统一的国家应对气候变化资金、技术开发和转让、能力建设活动统计体系等；

(4) 在《公约》秘书处的协调下建立国与国结对的稳定的应对气候变化资金、技术开发和转让、能力建设帮扶关系。

以上均需《公约》附件二缔约方提供支持。

第六部分 实现《公约》目标的其他相关信息

“十三五”期间，中国政府认真履行《公约》。不断加强气候变化系统观测、基础科学研究、教育宣传与培训，中国气候系统观测得到长足发展，应对气候变化的科技能力得到了全面提高，公众参与气候变化行动的意识不断增强；开展气候变化国际合作与交流，务实推进南南合作，支持其他发展中国家提高应对气候变化能力等一系列重要活动，为促进中国经济社会高质量发展、维护全球生态安全做出了新贡献。

第一章 气候系统观测

一、中国气候系统观测现状

观测是认识气候系统现状的基础。“十三五”期间，中国综合气象观测能力达到世界先进水平，海洋综合观测能力明显增强，生态监测系统建设得到加强，气候变化信息服务和支撑能力明显提升。

（一）大气观测

综合陆基气象观测。中国已基本建立了地面、高空和空间三位一体的立体气象观测系统（表 6-1）。截至 2020 年底，气象部门建设陆（海）基台站超过 6 万个，全面覆盖城市和乡村，并实现地面观测自动化。全国共有国家观象台 24 个；新一代气象雷达 224 部，有效覆盖面积达中国陆地区域面积的 30%^[46]。全国共有国家级地面气象观测站 10920 个，其中基准站 216 个，基本站 626 个，常规站 10078 个。上述国家级地面气象观测站中包含 345 个酸雨观测站，28 个沙尘暴观测站，以及 7 个大气本底站。中国将继续积极推动大气本底观测、多圈层气候系统和生态系统监测评估体系建设。

气象卫星观测。截至 2020 年底，中国共发射了 17 颗气象卫星，其中 7 颗在轨运行，并建有 6 个国家级地面接收站。

[46] 按仰角 0.5 度距地 1 千米高度计算。

表 6-1 中国气象观测站点/设施数量统计^[47]

站点/设施	数量 (个)	站点/设施	数量 (个)
国家级地面气象观测站	10920	卫星数据接收站	309
省级气象观测站	53064	自动土壤水分观测	2488
浮标	40	雷电观测	499
L 波段高空气象观测站	120	风能观测站	142
国家级新一代天气雷达	224	太阳辐射观测	138
农业气象观测	653	酸雨观测	345
大气本底站	7	大气成分观测	270
沙尘暴观测	28	风廓线雷达	156
GNSS/MET 观测	1060	空间天气观测站	56
在轨运行风云气象卫星	7	移动观测设施	1026

温室气体观测。继续维护和运行 1 个全球本底站和 6 个区域大气本底站（图 6-1），同时建设中国温室气体观测网，推进高精度温室气体 CO₂ 浓度观测、全要素温室气体本底观测、温室气体卫星遥感观测。此外，风云 3D 卫星搭载了我国首台干涉型温室气体观测载荷，可为全球温室气体排放监测、温室气体与气候变化关系等问题的研究提供强有力的数据支持；我国第一颗高光谱观测卫星“高分五号”搭载了大气主要温室气体监测仪，采用空间外差光谱技术进行高光谱分光，遥感观测温室气体，进行大气环境监测，将为中国气候变化研究提供基础数据。

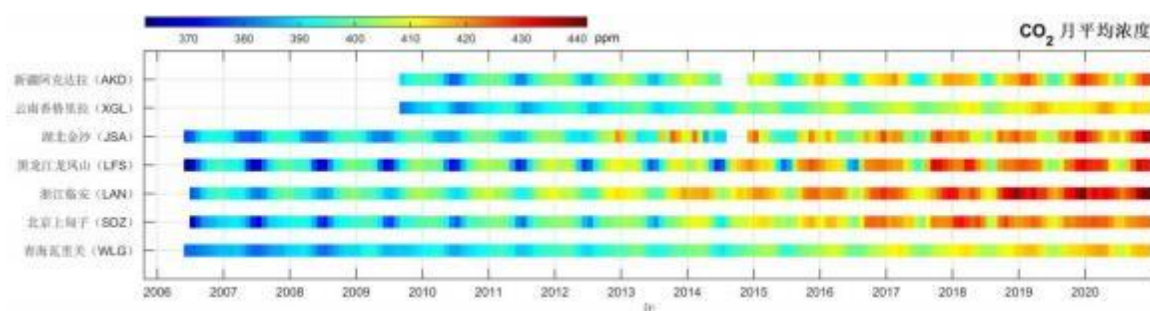


图 6-1 中国 7 个大气本底站 2006—2020 年大气 CO₂ 月平均浓度

[47] 数据统计截至 2020 年。

气候变化监测和气象灾害预警。2011 年开始每年发布《中国气候变化监测公报》（2016 年更名为《中国气候变化蓝皮书》），监测大气圈、水圈、冰冻圈、生物圈，以及气候变化驱动因子。2012 年开始每年发布《中国温室气体公报》，介绍中国温室气体本底监测情况。气象灾害风险管理能力得到全面提升，气象灾害风险管理系统从国家级向省级应用延伸。气象灾害预警和信息发布能力进一步增强，暴雨预警准确率达 90%，强对流天气预警可提前至 40 分钟，灾害预警信息传播时效由 30 分钟缩短到 3~10 分钟，预警信息发布公众覆盖率达 95%，充分发挥了气象防灾减灾第一道防线作用。

（二）海洋观测

海洋综合观测网。2008 年启动海—气 CO₂ 通量监测工作，规划设计了 29 条船基走航监测断面、6 个岸/岛基站和 5 个浮标站，形成走航与长时间序列定点监测相结合的立体化监测体系。海洋观测布局得到优化，“十三五”期间新增 47 个国家基本海洋观测站点，布设 84 套锚系和漂流浮标，国家基本海洋观测站点达到 155 个，各类浮标 143 个，中国自主设计建造的首批 2 艘 3000 吨级专业浮标作业船正式入列。海洋观测体系得到完善，不仅在典型海湾、河口、特殊生境部署了长期定点观测站，而且针对全球气候变化、海洋生态系统演变、生物资源变动等建立了以浮标阵和潜标阵为主的近海和大洋长期观测网，构建了海洋综合观测体系网。

海洋卫星观测。“十三五”期间发射了海洋一号 C、海洋二号 B、中法海洋、海洋一号 D、海洋二号 C、高分三号 6 颗卫星，截至“十三五”期末，共有 7 颗海洋卫星在轨运行。构建了由海洋站网、雷达网、浮标网、海底观测网、志愿船、断面调查、卫星遥感以及机动观测能力，组成并涵盖岸基、海基、空基、天基海洋观测系统的国家全球海洋立体观测网。基本实现从单一型号到多种型谱、从试验应用向业务服务的转变，提供全球化的中国海洋卫星海面风场、海浪、流场、海面温度和赤潮、绿潮等环境要素融合信息产品。

海洋监测和灾害预警。2019 年出版了《第一次海洋与气候变化科学评估报告》，阐述海洋与气候变化事实、影响和适应对策。自 2018 年开始每年编制发布《中国气候变化海洋蓝皮书》，分析海洋气候状况和变化趋势。海洋灾害预警预报能力进一步提升，预报时效由 3 天提高至 5~7 天，准确率提升 5%；海啸预警时效由 15~20 分钟缩短至 8 分钟。每年开展海平面变化监测和影响评估，发布年度《中国海平面

公报》，为国土空间规划和海洋防灾减灾等工作提供参考。

（三）生态观测

陆地生态系统观测。截至 2020 年底，国家生态系统观测研究网络建有 18 个国家农田生态站、17 个国家森林生态站、9 个国家草地与荒漠生态站、7 个国家水体与湿地生态站。中国生态系统研究网络在全国不同生态区建有 44 个生态站，含 48 个综合观测场、120 个辅助观测场、1100 个定位观测点和 15000 个固定调查样地，可开展基于农田、森林、草地与荒漠、湿地和城市等多种生态系统类型的生物、水文、土壤、气象等生态要素观测；中国陆地生态系统通量观测研究网络自 2002 年建立开始，连续观测积累 20 年的碳、氮、水和能量通量的原始数据，观测点包括 79 个站，累计获取 400 余个站点、50 个指标项、数据量达 100 万亿字节的年通量和气象数据，形成了国家层面的生态系统碳、氮、水和能量通量观测研究网络体系。

海洋生态系统网络。实施全国海洋生态预警监测，布设站位 1100 余个，完成 12 条近海标准断面调查。针对全国 36 个赤潮高风险区开展早期预警监测，及时应对 31 次赤潮过程。2020 年，在沿海省（自治区、直辖市）共布设了 409 个点位，实现监测点位与海水水质国控点位有效衔接，开展了 24 个典型海洋生态系统健康状况监测，涵盖河口、海湾、滨海湿地、红树林、珊瑚礁和海草床海洋生态系统，监测指标包括水质、沉积物质量、生物质量、栖息地状况和生物群落五大方面，相关成果发布于《中国海洋生态环境状况公报》。

物候观测。中国物候观测网现有观测站 44 个，其中人工观测点 39 个，包括 34 个常规性站点和 5 个观赏性花木物候观测基地，另有相机观测站点 9 个，四川成都、河南信阳、海南儋州为人工和相机共同监测站点。各地观测站的观测对象包含 35 种共同观测植物、127 种地方性观测植物、12 种动物、4 种农作物和 12 种气象水文现象。

（四）水资源观测

地表水观测。中国水文站网得到快速发展，形成比较完善的水文站网监测体系。水文测站数量大幅增加，基本实现对全国大江大河和重要支流的全覆盖，实现对主要江河水文情势的有效控制。截至 2020 年底，建有国家基本水文站 3265 处、专用水文站 4492 处、水位站 16068 处、雨量站 53392 处、蒸发站 8 处、墒情站 4218 处、

实验站 61 处，可发布预报站 2608 处。

地下水观测。建成并运行国家地下水监测工程，水资源管理和安全保障能力得到提升。截至 2020 年底，建有地下水站 27448 处、水质站 10962 处。构建国家级地下水分层自动监测网络，开展 29 个主要平原和盆地的浅层地下水监测和 23 个深层地下水监测，监控面积 350 万平方千米，实现 2 万余个监测站点信息共享，形成对中国主要平原、盆地和岩溶含水层等的有效监测，动态掌握全国地下水水位与水质变化情况。

（五）冰冻圈观测

高寒网。在中国海拔较高、气候寒冷的地区，中国科学院组织院属 17 个野外站（点），与其他系统的野外站联合组建“高寒区地表过程与环境监测研究网络”。该网络实现了对高寒区地表过程与环境变化的长期连续监测，为地球系统集成研究、关键区域对全球变化的影响与响应、量化辨识人类活动在全球变化中的作用等研究提供平台支撑。

南北极观测。常态化开展年度南北极科学考察。南北极走航观测依托“雪龙号”和“雪龙 2 号”，船上设有大气、水文、生物、计算机数据处理中心和气象分析预报中心，以及海洋物理、海洋化学、生物、地质、气象和洁净等一系列科学考察实验室。南北极气象观测包括走航期间气象观测，以及基于自动气象站的连续气象观测，其中在南极建立了 4 个自动气象站，在北极建立了 1 个自动气象站，拥有在超低温地区开展连续自动气象观测的能力。开展南极冰盖内陆科学考察，对冰盖物质平衡、冰雪状况等进行观测。

二、资料管理和数据情况

中国气候系统各组成部分的观测资料由各领域业务部门，以及中国科学院等研究单位和机构分别收集和管理。搭建了“数字海洋”信息基础框架，在数据产品生产过程中进行了严格的质量控制；在世界气象组织全球大气监视网框架下，中国温室气体观测方法、标准、流程均与国际接轨；与气候变化紧密相关的生态系统科学数据，基本源自长期观测研究数据积累，各种数据集以公开、协议共享、限制共享等多种方式获取；冰冻圈科学数据由过去的单要素观测积累，逐渐发展为多要素的系统观测，且冰冻圈各要素已形成相应的观测标准或规范，数据的生产也遵循相应

的标准/规范。

经过多年的不断努力，中国已积累较长时间序列的气候变化科学数据，数据的空间覆盖率、数据精度等方面不断提高，且多数可公开获取以及注册访问。规范了国家科技资源管理，加强了国家级科学数据中心的建设（表 6-2）。

表 6-2 气候系统观测相关的中国国家级科学数据中心

国家平台名称	依托单位	主管部门
国家对地观测科学数据中心	中国科学院遥感与数字地球研究所	中国科学院
国家极地科学数据中心	中国极地研究中心	自然资源部
国家青藏高原科学数据中心	中国科学院青藏高原研究所	中国科学院
国家生态科学数据中心	中国科学院地理科学与资源研究所	中国科学院
国家冰川冻土沙漠科学数据中心	中国科学院西北生态环境资源研究院	中国科学院
国家地球系统科学数据中心	中国科学院地理科学与资源研究所	中国科学院
国家农业科学数据中心	中国农业科学院农业信息研究所	农业农村部
国家林业和草原科学数据中心	中国林业科学研究院资源信息研究所	国家林草局
国家气象科学数据中心	国家气象信息中心	中国气象局
国家海洋科学数据中心	国家海洋信息中心	自然资源部

第二章 气候变化基础研究

中国高度重视应对气候变化科技创新能力建设，科学技术部联合有关部门发布《“十三五”应对气候变化科技创新专项规划》，对“十三五”中国应对气候变化的科技工作进行了总体部署。科学技术部、国家自然科学基金委员会、中国科学院、中国社会科学院等有关部门，以及高等院校和地方政府设立了一系列气候变化研究项目，“国家重点研发计划”开展了 10 余个应对气候变化科技研发重点专项，积极推广温室气体减排和回收利用领域 143 项技术应用。中国应对气候变化科学研究与技术开发取得重要进展，应对气候变化的科技能力得到了全面提高。

一、气候变化研究现状及主要成果

（一）基础科学

气候变化基础科学取得了一批原创性成果，多学科交叉研究能力明显增强。形

成了植被叶绿素荧光反演图、全球海洋温度与盐度格点数据、多源气象数据融合与再分析数据等一批具有国际影响力的气候变化研究数据集（库）。在季风亚洲—西太平洋—印度洋区域地球系统动力学、地球系统过程与机制、次季节—季节—年际尺度一体化气候模式预测、重大天气气候事件归因、全球变化条件下碳氮海洋生物地球化学循环、热带西太平洋海温年代际变化机理、古季风与西风相互作用对干湿古气候时空格局影响、大规模风电和太阳能发电设施对区域气候和生态环境影响方面获得了新认识与新发现，建立了中国版本的气候变化综合评估模型和政策模拟平台。实现了农业生产脆弱性的定量评估，构建了基于暴露度—敏感度—恢复力的城市适应气候变化能力评估框架，发展了气候变化风险的定量评估方法，针对突发事件和渐变事件进行了理论阐述和案例剖析。科学技术部会同中国气象局、中国科学院、中国工程院等 16 个部门启动《第四次气候变化国家评估报告》编制工作。中国的 8 个气候系统（地球系统）模式参与了第六次国际耦合模式比较计划，在政府间气候变化专门委员会第六次评估报告得到体现，并已应用于中国气候模拟研究与短期气候预测业务。

（二）减缓技术

前沿能源技术研发迈向新阶段。实施了西部复杂地质条件下油气、页岩气、煤层气和深海油气资源的高精度地震勘探和开采技术研发，完成了中国具有自主知识产权的“华龙一号”核电关键技术设计，并开始建造全球首堆商用示范工程—福清核电站 5 号机组；完成了高温气冷堆关键技术攻关，开建了石岛湾 20 万千瓦级高温气冷堆核电站示范工程。加快了煤炭绿色开发、煤炭高效发电、煤炭清洁转化、煤炭污染控制、碳捕集利用与封存等核心关键技术研发，示范推广了一批先进适用技术，燃煤发电及超低排放技术实现了整体领先，现代煤化工和多联产技术实现了重大突破。发展了大规模可再生能源并网调控、大电网柔性互联、多元用户供需互动用电、智能电网基础支撑技术。完成了特高压输电技术和张北柔性输电技术研发、中国首个海上浮动式风机研制，以及为世界上首台百万千瓦级白鹤滩电站水轮机研制出高品质电渣模压叶片。开展了绿色智能内河船舶，以及船用氢燃料电池、船用电池动力、船用混合动力等系统工程化应用研究。

持续推进二氧化碳地质封存技术研究。发布《中国碳捕集利用与封存技术发展路线图（2019 版）》。评价新疆准噶尔盆地东部奇台地区二氧化碳地质利用与封存

潜力，优化盆地尺度二氧化碳地质储存潜力评价和储存工程场地选址评价方法，完成准噶尔盆地二氧化碳地质储存潜力与适宜性评价和图集编制，明确盆地内碳储源汇匹配条件。在新疆准东主导实施了二氧化碳强化深部咸水开采与封存先导性现场试验，注入二氧化碳 1010 吨，验证了二氧化碳驱水技术可行性和地质安全性，研发了深部地下储层中二氧化碳扩散运移示踪监测技术。

（三）适应技术

发展气候变化风险评估技术，提高灾害防御能力。开展第二轮中国八大区域气候变化评估。初步建立了从零时刻到月季年，从中国区域到全球，涵盖基本气象要素、灾害性天气和气候事件及其影响预报、风险预警等较为完整的无缝隙气象预报预测业务体系。构建了西北地形云-空-地联合探测方法和催化技术。研发全国自然灾害风险调查、评估和区划技术，开展九个灾种的国家、省、市、县四级的气象灾害单灾种和综合风险评估和区划。2020 年 7 月，启动了全国第一次自然灾害综合风险普查，涉及地震灾害、地质灾害、气象灾害、水旱灾害、海洋灾害、森林和草原火灾等六大类 22 种灾害致灾信息。形成生态保护红线划定技术方法体系，支撑了以国家公园为主体的自然保护地管理体制建立。

各领域适应技术进一步发展。完成冬小麦节水新品种与配套技术集成应用，提出了从病虫害防治到专用联合收获机械的综合解决方案。在华北、西北等旱作区建立 220 个高标准旱作节水农业示范区，示范推广蓄水保墒、集雨补灌、垄作沟灌、测墒节灌、水肥一体化、抗旱抗逆等旱作节水技术，提高水资源利用效率。开创了寒地早粳稻育种的独特理论与技术体系。研究流域水污染控制、湖泊富营养化防治和水环境生态修复关键技术，突破饮用水源保护和饮用水深度处理及输送技术，开发安全饮用水保障集成技术和水质水量优化调配技术。开展极端天气事件对人群健康影响、气候变化对寄生虫病传播影响等研究。开展了针对沿海典型地区以及粮食丰产等领域的适应技术集成示范和推广应用。

（四）国际科技合作

开展与联合国开发计划署、联合国环境规划署、亚洲开发银行、GEF、世界气象组织、世界自然保护联盟、政府间气候变化专门委员会、全球气候观测系统、未来地球等国际组织机构的项目合作和技术研讨。成立全球适应中心（中国办公室），

发布《立即适应：呼吁增强气候恢复力的全球领导力》报告。成立“技术转移南南合作中心”，面向发展中国家开展应对气候变化技术转移与能力建设等合作研究。开展“基于生态系统的适应性治理”“基于自然的解决方案”等专题研究。发布《金融机构环境风险分析概论》《环境风险分析方法案例集》《中—英合作气候变化风险评估——气候风险指标研究》等，举办中美、中印、中德等气候变化专家对话会。深入推动气象卫星服务“一带一路”建设，为国际用户无偿提供碳卫星数据。在卫星监测、海洋监测以及农业、水资源、清洁能源开发利用等领域加强与发展中国家的技术交流合作。2011年以来，中国为近120个发展中国家，就气候变化政策、减缓和适应技术方法以及措施，培训了约2000名官员和技术人员，帮助其提高应对气候变化能力。

二、气候变化研究存在的不足和未来研究方向

中国气候变化应对科技研究总体水平仍有待加强，在地球系统的多层圈、多尺度、多要素相互作用，全球与区域的相互反馈等机理方面的研究极为薄弱；在基础数据研制、高分辨率地球系统模式研发等方面缺乏原创性；量化的气候变化影响和风险评估能力偏弱，重点区域、行业的适应技术不足，温室气体核算和监测能力和标准有待完善，低碳能源系统的技术替代新方法欠缺。因此，亟需一系列新数据、新理论、新方法、新模式、新技术的系统支撑，包括：

(1) 多源数据融合与气候变化规律研究。重点发展更加集成化、统一化、智能化的全球气候系统观测技术，健全高分辨率观测监测体系，整合海—陆—空观测监测体系与基础数据，研发具有自主知识产权的全球和关键区域数据产品，研究气候变化对关键物种及生态系统的影响。

(2) 地球系统模拟器和区域气候变化模式研发。研究季节至年代际变化的气候系统多圈层—多尺度相互作用机理，开展气候系统模式中耦合大气化学、气溶胶等更多人类活动和其他地球系统分量过程的耦合器研发。构建千米级分辨率、适合中国复杂地形的区域气候模式。发展气候变化及极端事件的检测归因技术。

(3) 气候变化影响、脆弱性、风险评估与适应关键技术研发。发展气候变化多尺度影响的指标体系及量化分析技术，加强不同区域气候变化差异化适应策略研究，量化重点行业和沿海地区、农业区、贫困地区、生态脆弱区、青藏高原、生物

多样性热点区等不同区域气候变化适应能力和恢复力评估。研发重点行业/区域适应气候变化效果监测与评估技术、效益与成本评估技术、适应的技术限制与不良后果识别技术、适应规划与区划技术。

(4) 气候变化减缓关键和适用技术研发和推广。研发温室气体等人为排放监测、核算、数据存储、加工利用技术，节能及能效提高、零碳及负排放关键技术，碳汇管理（生态恢复、植树造林等）及对全球减排贡献评估技术。未来能源系统将以多元化、低碳化、波动性为特征，从系统层面考虑能源供需双方的安全、高效、互动需要多能融合、源网储荷智能优化、供需平衡等新技术。针对不同行业和区域，评估、遴选、构建最具可行性和操作性的减缓气候变化技术，并进行有效技术集成，形成可推广的中国减缓气候变化技术体系。

第三章 教育、宣传与公众意识提高

一、教育与培训

(一) 强化应对气候变化教育

中国不断强化中小生态文教育，在科学、综合实践活动等课程中明确要求学生了解关于气候变化、生态环境等基本知识概念及其危害和影响。另一方面，中国也同步加强巩固了高等教育气候变化专业建设。

加强中小生态文基础教育。发布《中小学德育工作指南》，将生态文明教育作为中小学德育的主要内容之一。提出要加强节约教育和环境保护教育，开展节粮节水节电教育活动，推动实行垃圾分类，倡导绿色消费，引导学生养成勤俭节约、低碳环保、保护环境的行为习惯。指导各地开展生态文明等主题校园文化活动，利用植树节和地球日、“六五环境日”等，开展爱护环境等主题教育活动。发挥校外场所的生态文明教育作用，“十三五”期间，遴选命名了 622 个全国中小学研学实践教育基地。鼓励各地各校结合地方自然地理特点、传统文化等，因地制宜开发地方和学校课程，推进生态文明教育。密切家校协作育人，积极培养中小学生的生态文明意识，充分发挥家庭教育阵地作用。

加强高等教育气候变化专业建设。截至 2020 年底，全国共设有大气科学类、能源动力类和自然保护与环境生态类三大类 10 余个气候变化教育相关专业，涉及高校

300 余所，新批准设置气象技术与工程、储能科学与工程、能源服务工程、氢能科学与工程、可持续能源、湿地保护与恢复等 10 余种本科专业。创新大气科学拔尖人才培养模式，启动一流专业建设“双万计划”，认定 113 个气候变化教育相关专业为国家级本科一流专业建设点。在一级学科权限下自主设置应对气候变化相关二级学科，在应用经济学、地质学、农业资源与环境等一级学科下自主设置了气候变化经济学、地球气候与环境、农业生态与气候变化等与应对气候变化领域密切相关的 50 余个二级学科点。在学位授权点动态调整工作方面，调整增列了应对气候变化领域相关一级学科博士点 12 个、硕士点 61 个，专业学位硕士点 21 个。对工程领域专业学位类别进行调整优化，调整后，在全国范围内共设置材料与化工、资源与环境、能源动力、土木水利等应对气候变化相关专业学位类别博士点 73 个、硕士点 736 个，优化了相关专业的人才培养布局。积极推进相关领域交叉学科建设，2020 年 12 月，经国务院学位委员会批准设置第 14 个学科门类——“交叉学科门类”，为设置应对气候变化领域相关交叉学科建立了专门发展通道和平台。

（二）组织开展应对气候变化培训

中国政府各有关部门组织应对气候变化能力建设培训。自 2018 年以来，生态环境部举办了六期生态环境系统应对气候变化能力建设培训班和一期中意气候变化、可持续发展和环境管理能力建设培训班，共培训各省（自治区、直辖市）生态环境系统干部 356 人次，其中厅局级干部 100 人次，处级及以下干部 214 人次，通过多层次、分领域、有针对性的培训，推动地方更好地落实应对气候变化各项工作任务。自 2019 年起，国家林业和草原局在公务员法定培训中增设了“林业和草原应对气候变化”相关课程。此外，教育部、民政部、住房和城乡建设部、水利部、国家卫生健康委员会、应急管理部、国家机关事务管理局、中国气象局等有关部门均组织了不同规模的应对气候变化能力培训，全面提升相关领域应对气候变化工作能力。

地方政府积极开展应对气候变化等方面培训。地方政府积极参加国家相关培训活动，加强相关领域人才培养和队伍建设。据不完全统计，2019 年仅“防灾减灾周”期间，全国举办培训及讲座约 5 万场。2019 年 10 月 22 日至 12 月 8 日，生态环境部主办的碳市场配额分配和管理系列培训班在多个城市顺利召开，提升企业对碳排放的了解与重视，拓宽了不同省市企业碳排放管理认知。

二、宣传与普及

（一）会议宣传

中国政府各有关部门多次举办应对气候变化相关会议。近年来，国家有关部门在低碳绿色发展、城市低碳转型、适应气候变化和碳市场建设等领域召开会议，宣传中国应对气候变化领域的最新成果。中国气象局积极推进应对气候变化科普宣传和教育培训，圆满完成第十六届气候系统与气候变化国际讲习班，成功举办第十五届亚洲区域气候监测、预测和评估论坛。中国环境与发展国际合作委员会在美国纽约举办气候协同治理与联合国 2030 年可持续发展议程圆桌会。

地方政府层面积极举办以气候变化为主题的各类国际会议。2016 年，北京市主办的第二届中美气候智慧型/低碳城市峰会，加强了中美低碳城市发展务实合作。“十三五”期间，深圳市连续举办深圳国际低碳城论坛，吸引了国内外高级别政府领导、绿色低碳领域知名专家、知名企业家与国际组织代表等通过线上、线下的方式参加论坛。

借助国际平台积极开展宣传交流。在《公约》缔约方大会期间，中国代表团组织举办了“中国角”边会等系列宣传活动。2019 年在瑞士达沃斯举办的世界经济论坛年会期间，来自全球 8 所大学联合发表声明建立世界气候大学联盟；同年第一届世界大学气候变化联盟研究生论坛在清华大学举办，来自六大洲 55 所大学的学生代表参加。

（二）媒体宣传

人民日报社、新华社、中央广播电视总台、中国日报社和中国新闻社等主要新闻媒体及互联网媒体，对联合国气候变化大会和中国发布国家自主贡献目标等应对气候变化领域的重大新闻事件给予高度关注，利用图片、文字、视频等多种形式进行全方位报道，对低碳领域重要战略规划及应对气候变化政策文件的出台，包括碳排放权交易市场、绿色“一带一路”建设等进行及时宣传报道和深入解读，引导公众关注。

在生态环境部和中国气象局指导下，中国国际气候影视大会自 2015 年开始举办以“应对气候变化”为主题、以影视为传播手段的公益绿色活动，通过影视作品征集推优、行业专业论坛、科普讲座、公益展映、能力工作坊等形式宣传普及气候变

化知识、理念。通过电视台采访、网络直播、气候征文、宣传画、公益短信等传统媒体和新媒体相结合的方式对低碳日进行全方位宣传。中国气象局联合各大媒体共同报道“应对气候变化·记录中国”系列气候变化实地考察与科普宣传活动，从科学角度见证气候变化、面向公众宣传应对气候变化。2020年，生态环境部政务新媒体开通“应对气候变化”栏目，四川省生态环境部门摄制首部省级气候变化宣传片——《全球议题·四川奉献》。

（三）主题宣传

国家发展和改革委员会、生态环境部联合教育部、科学技术部、工业和信息化部等16个部门和单位，每年举办全国节能宣传周，并在宣传周期间举办“全国低碳日”。2016—2020年全国节能宣传周的主题分别为“节能领跑，绿色发展”“节能有我，绿色共享”“节能降耗，保卫蓝天”“绿色发展，节能先行”“绿水青山，节能增效”；全国低碳日的主题分别为“绿色发展，低碳创新”“工业低碳发展”“提升气候变化意识，强化低碳行动力度”“低碳行动，保卫蓝天”“绿色低碳，全面小康”。2020年，教育部与国家发展和改革委员会联合印发《教育部办公厅国家发展和改革委员会办公厅关于印发〈绿色学校创建行动方案〉的通知》，在各级各类学校中广泛开展贴近师生生活的节能减排宣传教育活动，结合全国节能宣传周、全国低碳日等主题宣传活动，普及相关法律法规、垃圾分类常识、能源节约案例等。

中国每年也积极组织相关主题的宣传活动。2012年以来，不断深入开展“光盘行动”，全民掀起“光盘”热潮。国家机关事务管理局等部门在“公共机构节能宣传周”开展公共机构节约能源资源宣传，传递绿色低碳发展理念，培育绿色文化氛围。生态环境部结合“六五环境日”和“全国低碳日”等，每年开展形式多样的应对气候变化主题宣传活动。交通运输部联合多部门每年组织开展绿色出行宣传月和公交出行宣传周活动，积极引导社会公众优先选择公共交通等绿色出行方式。自然资源部每年在世界海洋日开展海洋与气候变化科普宣传。2019年，水利部主办首届全国节约用水知识大赛，在全社会大力普及节约用水知识，增强社会公众的节水意识和能力。2020年，教育部印发了《教育系统“制止餐饮浪费培养节约习惯”行动方案》的通知。

三、公众广泛参与

中国公众参与应对气候变化相关议题活动的积极性与多样性也不断增加。自媒

体平台纷纷涌现气候变化故事的博主，以“冰川哥”为代表的王相军以普通人的视角，向大众展现了西藏地区冰川的消融，呼吁公众关注全球气候问题。2018年9月的加州气候行动峰会上，来自中国一些民间机构的代表共同启动“气候变化全球行动”倡议。在2019年马德里气候大会上，“熊猫女孩”黎子琳介绍了自己在应对气候变化中做出的贡献。运用新媒体“互联网+”、微博话题、微信公众号、短视频等多种渠道，向公众推送相关科普知识，新媒体平台在应对气候变化政策信息和媒体报道中发挥愈加重要的作用。调查显示，中国公众为环境友好型产品买单的意愿不断增强，参与应对气候变化行动的意识不断提高。

第四章 国际交流与合作

一、多双边交流与合作

（一）与欧美等主要发达国家开展多双边交流与合作

气候变化一直是中欧、中美合作重点和亮点。在“十三五”期间，围绕碳市场、中欧城镇化伙伴关系和绿色低碳投融资等议题，中欧展开了务实的对话与合作项目。2018年7月中欧领导人共同发表气候变化和清洁能源联合声明，2019年4月中欧双方签署了《关于落实中欧能源合作联合声明》等文件。2020年9月，中国和欧盟领导人宣布成立中欧环境与气候高层对话。中欧双方开展的政府间能源合作项目包括能源培训合作项目、能源环境项目、清洁能源中心等。中国还与欧美各国在气候变化和绿色低碳发展领域展开交流与合作，包括：

中德双边交流与合作。2019年，中德就电动汽车和燃料电池汽车发展现状和战略趋势进行沟通交流，并在此前合作基础上继续扩大合作范围，促进双方在新能源汽车领域的可持续发展。2019年10月生态环境部在京举办第六届中德环境论坛，签署了《中德环境与气候变化工作组工作大纲文件》，在中德环境与气候变化工作组机制下，开展气候伙伴关系二、三期合作项目；建立中德气候变化与可持续发展二轨对话机制，加强中德智库和专家沟通交流。自然资源部与德国开展低碳和韧性城市国土空间规划综合行动（中国部分）项目，在海洋和海岸带保护与减灾、生态系统修复、国土空间规划等方向与欧洲加强应对气候变化国际合作。

中法双边交流与合作。2018年1月，法国总统访华期间，双方共同发表联合声

明，决定启动“中法环境年”。同年11月，双方在京举办“中法环境年”启动活动。习近平主席与马克龙总统互致贺电，应对气候变化合作被列为环境年重要内容。2019年3月，习近平主席访法期间，中法双方发表联合声明重申两国将共同应对气候变化挑战，全方位履行《巴黎协定》。同年11月，法国总统来华访问期间，双方共同发表《中法生物多样性保护和气候变化北京倡议》，传递了中法加强生物多样性保护和应对气候变化领域合作、努力实现2030可持续发展目标的积极信号。

中荷双边交流与合作。2018年10月，中国和荷兰等国共同发起成立全球适应委员会，2019年6月，共同推动成立全球适应中心第一个区域办公室——中国办公室，李克强总理、荷兰首相马克·吕特、全球适应委员会主席潘基文等出席仪式，生态环境部与荷兰基础设施与水管理部签署“加强适应工作计划的联合声明”。生态环境部积极参与全球适应中心理事会会议、高级别对话活动等。2019年，交通运输部选派专家担任世界道路协会气候适应性技术委员会技术委员，了解国际社会在公路领域应对气候变化的最新发展动态，同时也将中国经验、中国技术纳入委员会成果报告。

中美在多领域开展气候变化合作。2016年3月，中美两国元首发布气候变化联合声明，提出双方将通过中美气候变化工作组等努力继续深化和拓展双边合作。两国在气候变化工作组和能源环境十年合作框架下共同开展绿色港口与船舶合作，并在中美交通论坛上正式启动了“零排放竞赛”项目，两国通过该项目推广部署电力和其他零排放公交车的成功经验。国家发展和改革委员会和美国能源部在中国召开CCUS研讨会，开展提高石油采收率项目实地考察。国家林业和草原局与美国国务院、美国林务局在“林业相关温室气体的测量、报告与核查技术”“林业减缓和适应气候变化协同技术和政策”方面，开展研讨、考察、培训合作。2016年，在中美气候智慧型/低碳城市峰会上，中国11个省（市）与美国18个州（市）签署了《中美气候领导宣言》。在智库合作方面，国务院参事室等中方智库与世界资源研究所等美方智库，共同举办了“中美能源与气候变化高端智库研讨会”等系列交流活动，加州大学伯克利分校和清华大学共同成立了加州—中国气候研究所。

中国与加拿大在气候变化领域持续加强伙伴关系。2017年12月李克强总理与加拿大总理特鲁多发表中国—加拿大气候变化和清洁增长联合声明。中加双方在气候变化和清洁增长合作方面建立部长级对话，为气候变化领域全面政策对话提供平台。

中国与新西兰在气候变化领域持续保持交流合作。2014年习近平主席访新期间

两国政府签署了《气候变化合作安排》，2017年中国总理访新期间签署了部门间《关于加强气候变化合作的实施安排》。2019年新西兰总理访华期间，共同发表《中国—新西兰领导人气候变化声明》。中新定期召开气候变化部长级对话，就双方共同关心的气候变化议题进行交流。

中国、欧盟、加拿大共同发起相关会议机制。2017年，中国与欧盟、加拿大共同发起并在加拿大蒙特利尔举办了首次气候行动部长级会议。2019年12月，中国商务部与挪威外交部签署“中挪碳交易排放体系项目”协议，支持中国碳排放交易体系的建立和顺利运行。截至2020年年底，已连续举办四届气候行动部长级会议。

（二）与联合国机构及其他国际组织合作机制

中国与联合国机构及其他国际组织通过签订备忘录、举办重大国际会议等形式，开展了卓有成效的合作，加强了与国际社会的合作交流。

2018年，中国与国际能源署签署《关于应对气候变化合作的谅解备忘录》。2019年，中国和新西兰应邀共同牵头联合国气候行动峰会“基于自然的解决方案”领域对话，并发布《基于自然的气候解决方案政策主张》等。加强国际和地区合作，强化资金投入，扩大在森林和陆地其他生态系统、海洋和水资源、农业和粮食、自然在可持续发展中的系统性作用等关键领域的务实行动。同年，中国组织了世界林业大会、联合国森林论坛、2019虎豹跨境保护等重要会议。2020年，中国积极参加第40届经济合作与发展组织可持续发展圆桌会议，参与IPCC等渠道下气候变化议题讨论与交流。与世界自然保护联盟签署谅解备忘录，制订合作工作计划，联合发布基于自然的解决方案全球标准中文版以及中国典型实践案例，推动共建基于自然的解决方案亚洲中心。

（三）区域性国际合作机制

近年来，中国与其他政府的区域合作日渐增多，包括搭建中日韩、中国—东盟、澜沧江—湄公河、“一带一路”沿线、中非等重要区域环境与气候合作平台和机制。

在中日韩环境部长会机制下展开相关合作。2018年，在中国北京召开第一次中日韩低碳城市研讨会。12月，中国国家应对气候变化战略研究和国际合作中心（NCSC）、日本地球环境战略研究机构（ICES）及韩国环境研究院（KEI）在波兰卡托维兹COP24上举办联合国边会活动。2019年，在日本横滨召开第二次中日韩低碳城市研讨会，三国研究机构共同发布《中日韩地方低碳行动综合报告》《中日韩

低碳城市最佳实践案例》等报告。

持续加强与“基础四国”和“立场相近发展中国家”沟通协调。中国主办或参加“基础四国”气候变化部长级会议、主办“立场相近发展中国家”北京会议，并积极参加历次“立场相近发展中国家”协调会。

积极开展与非洲、太平洋岛国和最不发达国家对话。2018年，习近平主席在中非合作论坛北京峰会开幕式上表示，中国愿同非洲加强在应对气候变化等生态环保领域的交流合作。中国与南非两国政府签署《关于气候变化领域合作的谅解备忘录》，双方就相关合作领域情况保持沟通交流。2020年，“中非环境合作：应对气候变化与生物多样性保护青年圆桌对话”在北京举行。中非青年与来自国际组织、高校和企业的代表围绕应对气候变化的青年力量、应对气候变化与保护生物多样性、创新模式支持应对气候变化与生物多样性行动等议题进行深入讨论。2018年，习近平主席在巴布亚新几内亚与建交太平洋岛国领导人集体会晤时表示，将向各国提供力所能及的帮助。2019年，中国—太平洋岛国经济发展合作论坛成功举办，并同时举办了环境保护和气候变化分论坛，加强与太平洋岛国环境领域政策的交流与合作。

与共建“一带一路”国家合作，共同应对气候变化。习近平主席出席了2019年第二届“一带一路”国际合作高峰论坛，生态环境部牵头与中外方合作伙伴共同发起成立“一带一路”绿色发展国际联盟，来自43个国家的150余家中外合作伙伴，包括26个共建国家的环境主管部门参与。在“一带一路”绿色发展国际联盟下，建立了“全球气候变化治理及绿色转型”等10个专题伙伴关系，并成立“一带一路”绿色发展国际研究院，发布《“一带一路”绿色发展案例报告》《“一带一路”项目绿色发展指南》等研究报告，推广应对气候变化优秀实践。“一带一路”绿色发展国际联盟举办“一带一路”绿色发展圆桌会、“一带一路”绿色创新大会、“一带一路”绿色发展国际联盟专题政策发布、“一带一路”绿色金融与低碳发展论坛以及高级别专家对话等绿色低碳领域主题活动。

第五章 应对气候变化南南合作

中国是《公约》的非附件一缔约方和《巴黎协定》的发展中国家缔约方，不承担向其他发展中国家提供资金、技术、能力建设支持的义务。中国秉持构建人类命运共同体理念，积极同广大发展中国家开展应对气候变化南南合作。

2015年，习近平主席出席巴黎大会时提出实施应对气候变化南南合作“十百千”

倡议，即在发展中国家开展 10 个低碳示范区、100 个减缓和适应气候变化项目及提供 1000 个应对气候变化培训名额，帮助其他发展中国家提高应对气候变化能力。2019 年 4 月，习近平主席在第二届“一带一路”国际合作高峰论坛上提出“一带一路”应对气候变化南南合作计划，加强国际合作，共同应对气候变化。近年来，中国通过合作建设低碳示范区，援助清洁炉灶、太阳能光伏发电系统、电动大巴车、遥感卫星、气象机动站、环境监测设备等绿色低碳物资和科技产品的方式帮助其他发展中国家尤其是最不发达国家、非洲国家和小岛屿国家提高应对气候变化能力。截至 2020 年底，中国已与近 30 个发展中国家签署近 40 份气候变化南南合作文件，同时积极开展应对气候变化能力建设培训项目，累计举办 40 余期应对气候变化南南合作培训班，为超过 120 个发展中国家培训约 2000 名气候变化领域的官员和技术人员。

中国将继续落实好应对气候变化南南合作“十百千”倡议和“一带一路”应对气候变化南南合作计划，立足发展中国家切实需求，在力所能及的范围内加大对包括非洲国家、小岛屿国家、最不发达国家在内的其他发展中国家应对气候变化领域的支持，创新性设计减缓和适应气候变化项目，推动低碳示范区建设，丰富能力建设培训形式和内容，为相关发展中国家持续提供应对气候变化帮助。



图 6-2 中国与老挝关于合作建设万象赛色塔低碳示范区的签约仪式

2019 年，中国在北京及深圳组织召开中国—东盟应对气候变化政策与行动研讨活动，凝聚东盟各方应对气候变化领域共识，提升东盟国家应对气候变化能力。2021 年，以线上形式举办“澜沧江—湄公河低碳工业园区建设暨应对气候变化与可持续发展论坛”，澜沧江—湄公河相关国家环境部门、国际组织、行业协会、金融组织

代表就可再生能源促进低碳园区发展、应对气候变化合作进展与展望、气候安全和澜湄区域可持续发展治理、可持续金融推动低碳发展等议题进行交流。同年，以线上线下相结合形式举办“澜沧江—湄公河区域与全球环境治理圆桌对话：应对气候变化与可持续基础设施”，就区域应对气候变化行动、可再生能源实践等议题进行深入交流与探讨。

第七部分 香港特别行政区应对气候变化基本信息

香港是中国特别行政区，是一个气候温和、天然及土地资源短缺、人口密度较高、服务业高度发展和充满活力的城市，也是举世知名的国际金融、贸易和航运中心。

第一章 基本区情

一、自然条件与资源

香港特别行政区（以下简称“香港”）位于中国南部，北邻广东省深圳市，三面环海。2020年香港陆地面积为1106.81平方千米，主要分为港岛、九龙、新界及离岛，地势多山，少于300平方千米的土地面积用于市民生活和工作，超过500平方千米的土地用于自然保育，包括郊野公园及其他保育相关地区。香港位于亚热带，气候温和，过去30年（1991—2020年）的年平均气温为23.5℃，年均降水量约2430毫米。常见的极端天气包括热带气旋、强季风、季风槽及强对流天气等。香港的主要植被是亚热带常绿阔叶林，鱼类、甲壳类等海洋生物物种丰富。香港的淡水资源较为匮乏，本地收集雨水供应量占香港饮用水供应量的20%~30%，其余70%~80%由从广东输入的东江水补足。

二、人口与社会

2020年香港人口约为748万人，从2010年到2020年，人口平均年增长率为6%。2020年香港劳动人口约有389万人，其中男性占49.9%，女性占50.1%。2020年香港就读于公立和资助小学的儿童约有31万人，就读于公立和资助中学的学生约有30万人。在2019—2020财政年度，香港教育方面的总开支达1253亿港元，占政府开支总额的20.6%。

三、经济发展

香港是高度城市化的经济体。2020年以当时市价计算的香港本地生产总值（GDP）约为2.68万亿港元，人均约35.76万港元，2019年和2020年的本地生产总值按年变动百分率分别为+0.3%和-6.0%。2020年三产^[48]结构为0.1：6.4：93.5。第一产业增加值及从业人数比重均较低，自20世纪80年代初开始，制造业大量转移到内地，对香港经济的增加值贡献逐步降低；第三产业（服务业）贡献逐步增加，其中金融服务业、旅游业、贸易及物流、专业服务及其他工商业支持服务是香港的支柱产业，2020年外贸总值达8.2万亿港元，金融及保险业的增加价值为5980亿港元，受2019年新冠疫情的影响，访港旅客人次由2019年的5591万（其中内地旅客约4377万人次）大幅减少至2020年的357万（其中内地旅客约271万人次）。

香港本地基本没有一次能源生产。香港的电力消费以本地火电为主，广东省输入核电为重要补充。2020年煤电约占香港年用电量的24%、气电约占48%、可再生能源发电和核电约占28%。

香港公共交通高度发达。公共交通工具包括铁路、电车、巴士、小型巴士、的士和渡轮等，2020年公交系统日均载客893万人次，占日出行人次近九成。截至2020年底，香港共有领牌机动车辆约80.3万辆，其中私家车约57.3万辆，每千人登记机动车辆和私家车保有量分别为122辆和87辆。

表7-1给出了2020年香港基本情况的统计数据。

[48] 第一产业包括农业、渔业、采矿及采石；第二产业包括制造、电力、燃气和自来水供应及废弃物管理和建筑业；第三产业包括服务业。

表 7-1 2020 年香港基本情况

指标	数据
人口（万人）	748.1
面积（平方千米）	1106.81
以当时市价计算的本地生产总值（亿港元）	26753.1
以当时市价计算的本地区生产总值（港元每人，以年中人口计算）	357600
工业占地区生产总值的百分比 ^[49]	6.4
服务业占地区生产总值的百分比	93.5
农业、渔业、采矿及采石占地区生产总值的百分比	0.1
用于农业目的的土地面积（平方千米） ^[50]	49
牛（头）	1140
马（匹）	1951
猪（头）	64883
有林地面积（平方千米）	289
预期寿命（岁）	83.4（男）；87.7（女）

[49] 工业包括制造、电力、燃气和自来水供应及废弃物管理和建筑业。

[50] 采用的是耕地面积。

四、编制气候变化相关信息的机构安排

香港特别行政区政府（以下简称“香港特区政府”）积极履行《公约》的相关规定，通过与各相关政策局、部门和其他团体紧密合作，统筹协调当前与未来应对气候变化的工作及活动，并提升减缓和适应气候变化的能力及增强公众对气候变化的意识和认知。

《巴黎协定》于 2016 年 11 月生效，并适用于香港。为此，香港特区政府于 2016 年成立了气候变化督导委员会，由政务司司长担任主席，成员包括各政策局局长，参考香港以外地方应对气候变化的经验，考虑如何加强香港在减缓、适应等方面的应对气候变化工作。

香港的温室气体排放已于 2014 年达到峰值，为落实国家《国家自主贡献》目标，在 2060 年前实现碳中和的承诺，香港特区政府争取于 2050 年前实现碳中和，并力争在 2035 年前达到把香港的温室气体排放量从 2005 年的水平减半的中期目标。香港特区政府于 2021 年 10 月公布《香港气候行动蓝图 2050》，针对发电、运输和废弃物这三大主要温室气体排放源，提出“净零发电”“节能绿建”“绿色运输”和“全民减废”四大减碳策略，带领香港迈向碳中和。为此，在 2021 年，香港特区政府行政长官亲自主持新成立的跨部门气候变化及碳中和督导委员会，取代由政务司司长领导的气候变化督导委员会。新的督导委员会负责制订整体策略和监督各行动协作，并在最高层次就有关策略和行动进行审议和做出决策。环境及生态局^[51]也将会成立新的气候变化与碳中和办公室，加强统筹和推动深度降碳工作，鼓励社会各界特别是青年人积极参与气候变化行动。另外，环境及生态局 / 环境保护署会编制及每年发布香港的温室气体清单及年度趋势^[52]。

[51] 前身为环境局。香港特区政府于 2022 年 7 月 1 日进行重整架构，成立新的环境及生态局，扩大以往环境局的职能，整合环境保护、自然生态保育、环境卫生、食物安全、渔农和动物福利等政策和工作，发挥协同作用，更有效提升香港的整体环境和保持环境卫生，以及推动应对气候行动、生物多样性等相关工作。

[52] 香港温室气体排放统计结果的网址：<https://cnsd.gov.hk/sc/climate-ready/ghg-emissions-and-trends/>。

第二章 2017 年香港温室气体清单

香港温室气体清单的编制参考了《IPCC 优良做法指南》及《2006 年 IPCC 清单指南》，报告年份为 2017 年，报告范围包括能源活动、工业生产过程、农业活动、土地利用变化和林业、废弃物处理等领域。估算的温室气体种类包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳及六氟化硫等。

一、温室气体清单综述

2017 年香港温室气体净排放总量约为 3962.40 万吨二氧化碳当量（包括土地利用变化和林业，LUCF），其中土地利用变化和林业的碳吸收汇约为 46.39 万吨二氧化碳。在不包括土地利用变化和林业的情况下，香港温室气体排放总量约为 4008.78 万吨二氧化碳当量，其中二氧化碳约为 3577.02 万吨，占排放总量的 89.23%；甲烷约为 266.27 万吨二氧化碳当量，占排放总量的 6.64%；氧化亚氮约为 56.01 万吨二氧化碳当量，占排放总量的 1.40%（见表 7-2、表 7-3）；含氟气体^[53]约为 109.48 万吨二氧化碳当量，占排放总量的 2.73%（见表 7-4）。表 7-3 列出了 2017 年香港分排放领域的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放清单。表 7-4 列出了 2017 年香港含氟气体的排放清单。

[53] 含氟气体包括氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫。

表 7-2 2017 年香港温室气体排放总量（万吨二氧化碳当量）

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	合计
能源活动	3513.19	8.19	34.62				3555.99
工业生产过程	60.68	NO	NO	102.77	NO	6.71	170.16
农业活动		1.13	1.67				2.80
土地利用变化和林业	-46.39	NE	NE				-46.39
废弃物处理	3.16	256.94	19.73				279.83
总量（不包括 LUCF）	3577.02	266.27	56.01	102.77	NO	6.71	4008.78
总量（包括 LUCF）	3530.64	266.27	56.01	102.77	NO	6.71	3962.40

注：1) 阴影部分不需填写，由于四舍五入的原因，表中各分项之和与总计可能有微小的出入，0.00表示有计算结果，但因数字太小显示为0.00；

2) NO（未发生）表示在境内没有发生温室气体排放和汇清除；

3) NE（未估算），对现有源排放量和汇清除量没有估计

表 7-3 2017 年香港二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放量（万吨）

温室气体排放源与吸收汇的种类	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
总量（不包括LUCF）	3577.02	12.68	0.18
总量（包括LUCF）	3530.64	12.68	0.18
能源活动	3513.19	0.39	0.11
—燃料燃烧	3513.19	0.26	0.11
◆ 能源工业	2649.72	0.07	0.06
◆ 制造业和建筑业	72.12	0.01	0.00
◆ 交通运输	671.96	0.18	0.05
◆ 其他部门	119.40	0.00	0.00
—逃逸排放		0.13	
◆ 固体燃料		NO	
◆ 油气系统		0.13	
工业生产过程	60.68	NO	NO
—水泥生产	60.68		
—卤烃和六氟化硫生产			
—卤烃和六氟化硫消费			
农业活动		0.05	0.00
—动物肠道发酵		0.02	
—动物粪便管理		0.04	0.00
—水稻种植		NO	
—农用地		NO	NO
—农业土壤		0.00	0.00
—限定性热带草原烧荒		0.00	0.00
土地利用变化和林业	-46.39	NE	NE
—森林和其他木质生物质储量变化	-46.39		
—森林转化	0.00	NE	NE
废弃物处理	3.16	12.24	0.06
—固体废弃物处理	3.16	11.67	0.00
—废水处理		0.56	0.06
信息项			
—特殊地区航空	172.62	0.01	0.01
—特殊地区航海	1409.19	0.13	0.04
—国际航空	1476.06	0.01	0.05
—国际航海	2013.62	0.19	0.05

注： 1) 阴影部分不需填写；由于四舍五入的原因，表中各分项之和与总计可能有微小的出入；0.00 表示有计算结果，但因数字太小显示为 0.00；

2) NO（未发生）表示在境内没有发生温室气体排放和汇清除；

3) NE（未估算）表示对现有源排放量和汇清除没有估计；

4) 信息项不计入排放总量；

5) “特殊地区航空”及“特殊地区航海”为香港往返国内（包括澳门特别行政区和台湾地区）

的航空及航海

表 7-4 2017 年香港含氟气体排放量（百吨）

温室气体排放源类型	HFCs					PFCs	SF ₆
	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-227ea		
总量	0.04	0.07	7.21	0.04	0.19	NO	0.03
能源活动							
工业生产过程	0.04	0.07	7.21	0.04	0.19	NO	0.03
—非金属矿物制品							
—化学工业							
—金属冶炼						NO	
—卤烃和六氟化硫生产	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
—卤烃和六氟化硫消费	0.04	0.07	7.21	0.04	0.19	NO	0.03
农业活动							
土地利用变化和林业							
废弃物处理							

注： 1) 阴影部分不需填写；由于四舍五入的原因，表中各分项之和与总计可能有微小的出入；0.00 表示有计算结果，但因数字太小显示为 0.00；

2) NO（未发生）表示在境内没有发生温室气体排放和汇清除

能源活动是香港温室气体的主要排放源。2017 年能源活动温室气体排放量占总排放量（不包括 LUCF）的 88.71%，其他依次为废弃物处理、工业生产过程和农业活动排放，所占比重分别为 6.98%、4.24%和 0.07%（见图 7-1）。

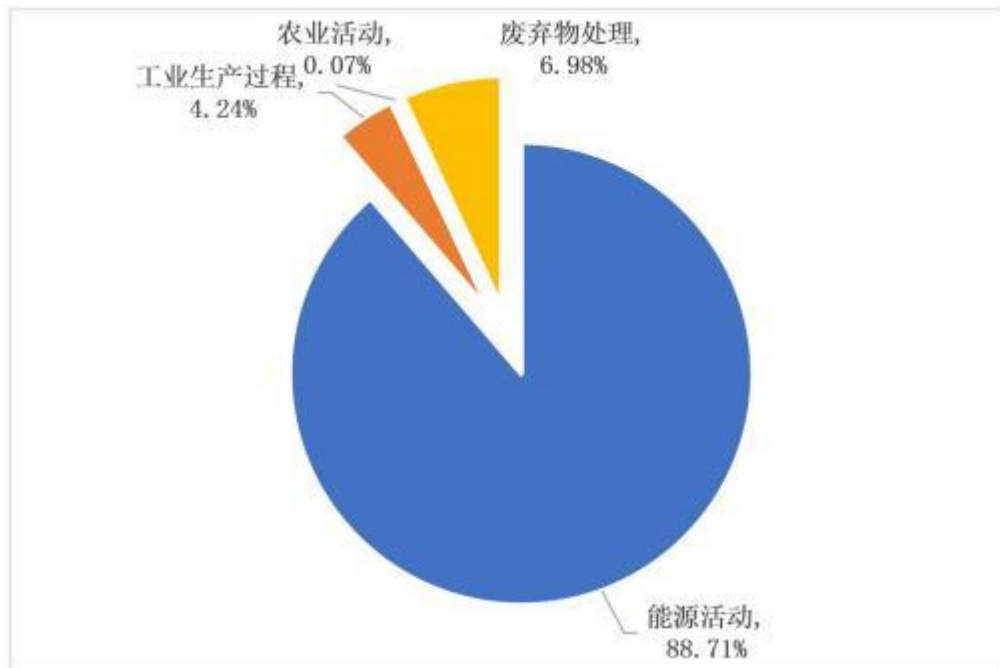


图 7-1 2017 年香港温室气体排放领域构成（不包括 LUCF）

香港排放的温室气体主要是二氧化碳。以二氧化碳当量计算，2017年二氧化碳的排放量占总排放量的89.23%，其他依次为甲烷、含氟气体和氧化亚氮，所占比重分别为6.64%、2.73%和1.40%（见图7-2）。

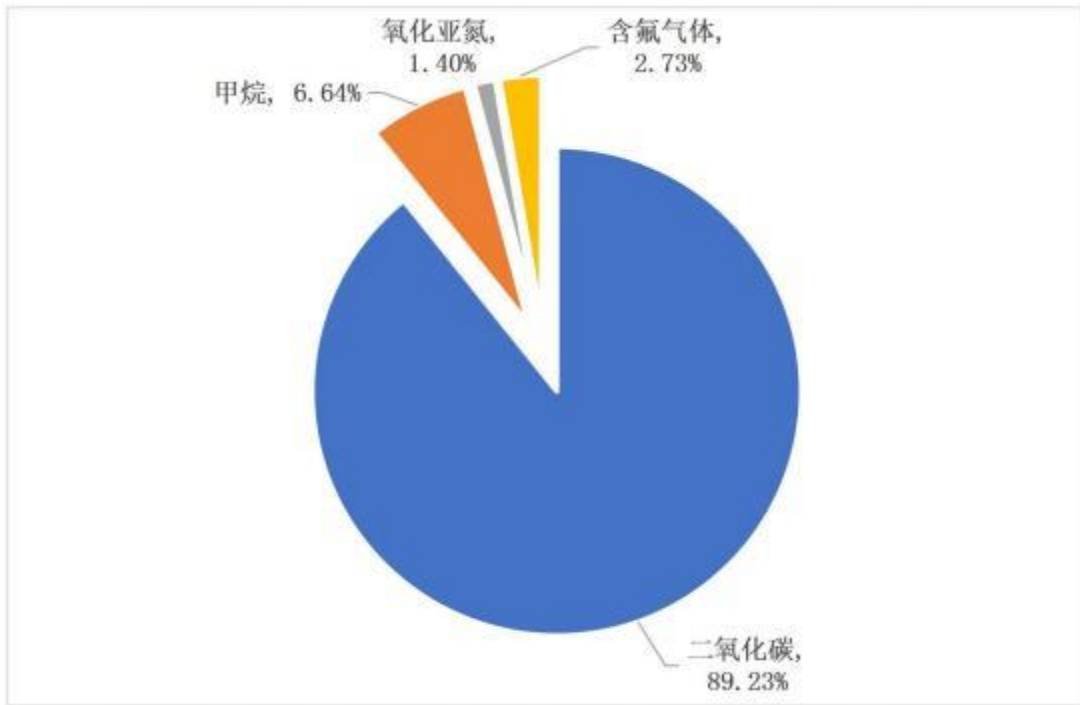


图 7-2 2017年香港温室气体排放气体构成

2017年香港的特殊地区和国际燃料仓（航空及航海）温室气体排放量约为5122.71万吨二氧化碳当量，其中特殊地区航海和航空运输排放量为1597.86万吨二氧化碳当量，国际航海和航空运输排放量为3524.84万吨二氧化碳当量，上述排放均作为信息项单列，不计入香港排放总量，但特殊地区航海和航空运输已作为国内航空、航海排放计入中国温室气体清单总量。

二、能源活动

（一）清单报告范围

能源活动的报告范围主要包括能源工业、制造业和建筑业、交通运输和其他部门化石燃料燃烧的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放，以及油气系统甲烷逃逸排放。

（二）清单编制方法

香港能源活动排放计算主要依据《2006年IPCC清单指南》。电力生产的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放采用层级3方法计算。煤气生产的二氧化碳排放采用层级2方法计算，甲烷和氧化亚氮排放采用层级1方法计算。用于能源用途的填埋气体燃烧产生的二氧化碳排放采用层级2方法计算，甲烷和氧化亚氮排放采用层级1方法计算。制造和建筑业及其他部门的二氧化碳排放采用层级2方法估

算，甲烷和氧化亚氮排放采用层级 1 方法进行估算。

对于本地航空、本地水运、铁路、非道路和道路运输移动源的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放，采用层级 1 方法和层级 2 方法计算。

特殊地区运输是指出发地为香港，目的地为中国其他地区（包括澳门特别行政区及台湾地区）的航空及海上运输活动；国际运输是指出发地为香港，目的地为中国（包括澳门特别行政区及台湾地区）以外其他地区的航空及海上运输活动。特殊地区及国际航空的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放采用层级 3 方法(a)估算，特殊地区及国际海运的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放采用层级 1 方法估算。

除燃气管道输送的甲烷逃逸排放采用层级 1 方法估算外，其他甲烷逃逸排放均采用层级 3 方法估算。

（三）清单结果

2017 年，香港能源活动温室气体排放量约为 3555.99 万吨二氧化碳当量，其中二氧化碳、甲烷和氧化亚氮分别为 3513.19、8.19 和 34.62 万吨二氧化碳当量。能源活动排放的二氧化碳量占二氧化碳排放总量的 98.22%。

2017 年香港能源活动排放中，能源工业（发电及煤气生产）排放量为 2670.77 万吨二氧化碳当量，占 75.11%；交通运输排放量为 690.38 万吨二氧化碳当量，占 19.41%；其他燃料燃烧（包括商业和住宅）排放量为 119.59 万吨二氧化碳当量，占 3.36%；制造业和建筑业排放量为 72.49 万吨二氧化碳当量，占 2.04%；甲烷逃逸排放量约为 2.76 万吨二氧化碳当量，约占 0.08%。

三、工业生产过程

（一）清单报告范围

工业生产过程的报告范围主要包括水泥生产过程中的二氧化碳排放，制冷、空调和灭火设备中氢氟碳化物和全氟化碳排放，以及电气设备的六氟化硫排放。

（二）清单编制方法

基于香港熟料产量和相关资料，采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 2 方法，计算水泥生产过程的二氧化碳排放；制冷和空调子领域氢氟碳化物使用的排放采用《2006 年 IPCC 清单指南》的层级 2 方法计算；溶剂的全氟化碳排放采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 1 方法计算；灭火设备的氢氟碳化物和全氟化碳排放采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 1 方法计算；电气设备应用的六氟化硫排放采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 3 方法计算。

（三）清单结果

2017 年，香港工业生产过程温室气体排放量约为 170.16 万吨二氧化碳当量，占香港排放总量的 4.24%，其中，水泥生产过程的二氧化碳排放量为 60.68 万吨，制冷和空调、灭火及电气设备使用的氢氟化碳和六氟化硫排放量分别为 102.77 万吨和 6.71 万吨二氧化碳当量。

四、农业活动

（一）清单报告范围

农业活动的报告范围主要包括动物肠道发酵、粪便管理的甲烷和氧化亚氮排放，农业土壤的氧化亚氮排放和草原烧荒的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放。

（二）清单编制方法

肠道内发酵的甲烷排放采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 1 方法计算；农业用地直接和间接氧化亚氮排放采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 1 方法计算；限定性热带草原烧荒的甲烷和氧化亚氮排放采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 1 方法计算。

（三）清单结果

2017 年，香港农业活动排放量约为 2.80 万吨二氧化碳当量，占香港排放总量的 0.07%。其中动物的肠道发酵及粪便管理的甲烷和氧化亚氮排放量共 1.54 万吨二氧化碳当量，而农业土壤氧化亚氮排放量约为 1.24 万吨二氧化碳当量。

五、土地利用变化和林业

（一）清单报告范围

土地利用变化和林业活动的报告范围主要包括林地、农田和草地转化所引起的生物量碳储量的变化。

（二）清单编制方法

林地、农田和草地转化所引起的二氧化碳排放采用《2006 年 IPCC 清单指南》层级 1 方法，并参考相关的排放因子计算；森林和其他木本生物量碳储量变化的二氧化碳排放和吸收也采用层级 1 方法计算。

（三）清单结果

2017 年，香港土地利用变化和林业活动为碳汇，净吸收二氧化碳约 46.39 万吨，全部来自林地及草地转化所引起的森林和其他木原生物量碳储量变化碳吸收。

六、废弃物处理

（一）清单报告范围

废弃物处理的报告范围主要包括固体废弃物填埋处理的甲烷排放，生活污水和工业废水处理的甲烷和氧化亚氮排放，以及废弃物焚烧的二氧化碳排放。

（二）清单编制方法

废弃物处理排放计算主要是基于《2006年IPCC清单指南》，固体废弃物填埋处理的甲烷排放采用层级2方法计算，废水处理的甲烷和氧化亚氮排放采用层级1方法计算，化学废料处理的二氧化碳排放也采用层级1方法计算。

（三）清单结果

2017年香港废弃物处理排放量为279.83万吨二氧化碳当量，占香港排放总量的6.98%，其中大部分为甲烷，排放量为256.94万吨二氧化碳当量，占香港甲烷排放总量的96.50%。

七、质量保证和质量控制

（一）开展的质量保证和质量控制工作

清单编制机构在清单编制过程中已注意加强清单编制质量保证和质量控制工作，以提高清单编制质量。开展的活动主要包括：

1. 编制指南上，严格按照IPCC提供的指南进行编制，以保障清单编制的科学性、可比性和透明度；
2. 在编制方法的选择上，根据资料的可获得性，尽量选用高层级方法进行清单计算，以保障清单结果的准确性；
3. 在活动水平数据的收集和分析过程中，与相关部门密切配合，获取权威的第一手官方数据，并安排专门的人员进行管理、校核和检查，以保证所采用数据的权威性和合理性；
4. 在确定排放因子时，尽量使用符合香港实际情况的排放因子，如果没有反映香港特征的排放因子，则参考IPCC指南提供的缺省排放因子，以确保清单结果的准确性。

降低不确定性所采取的措施主要包括以下两个方面：一是完善数据收集工作。利用官方公布的统计数据、本地实测排放因子及参数，同时参考《2006年IPCC清单指南》最新的相关参数。二是选择适当的方法学。根据数据的可获得性，来选用高层级方法进行清单计算。

（二）不确定性分析

根据《2006年IPCC清单指南》的误差传递法分析，2017年香港温室气体清单的综合不确定性约为4.33%，其中发电过程的燃煤排放是清单编制不确定性的最大来源，主要原因是电厂煤耗的品种和数量等统计数据方面的局限。

第三章 气候变化的影响与适应

现有观测和评估结果显示，香港的气候变暖趋势加快，海平面上升和极端天气事件发生频率增加。香港特区政府已采取加强基础设施建设、建立相关工作机制等多种措施，以提高适应气候变化能力。

一、气候变化特征和趋势

（一）气候特征

总体来看，香港气候变化趋势与全球整体趋势基本一致。香港天文台对气象参数进行的系统观测始于19世纪80年代（图7-3），从温度变化趋势来看，1885—2020年的气温平均上升速度为每10年0.13℃；而在1991—2020年，上升速度增加至每10年0.24℃。

从海平面上升趋势来看，1954—2020年香港维多利亚港海平面上升明显，平均每年上升3.1毫米。从极端天气事件来看，1947—2020年香港年大雨日数（当天有一小时降水量超过30毫米）平均每10年增加0.3天，同期的年雷暴日数平均每10年增加2.1天。

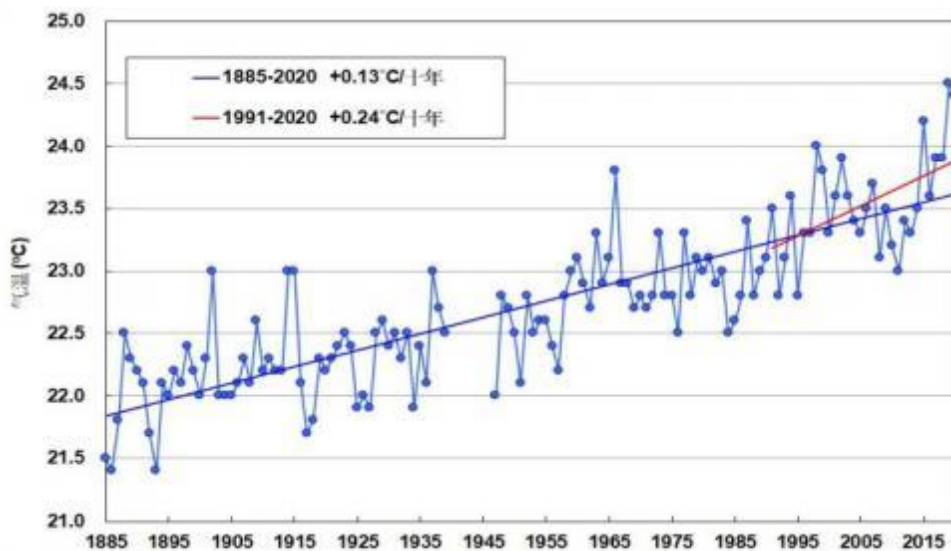


图 7-3 香港天文台总部记录的年平均气温（1885—2020 年）

（二）未来气候变化趋势

香港天文台根据 IPCC《第六次评估报告》的全球气候模式数据，更新了香港的气候推算，结论如下：一是在低、中、非常高温室气体排放情景下^[54]，与 1995—2014 年的年平均气温 23.4℃相比，2081—2100 年将分别高出约 1.2℃、2.0℃和 3.6℃，而 2081—2100 年的平均年最高气温较 1995—2014 年的平均值 34.4℃分别高出约 1.2℃、1.9℃和 4.1℃；二是在低、中及非常高温室气体排放情景下，与 1995—2014 年的年平均降水量 2456 毫米相比，2081—2100 年将分别高出约 8%、7%和 9%，而 2081—2100 年的平均年最高日雨量较 1995—2014 年的平均值 203 毫米分别高出约 9%、16%和 28%^[55]；三是在低、中及非常高温室气体排放情景下，与 1995—2014 年的年平均海平面（香港海图基准面以上 1.45 米）相比，2100 年香港年平均海平面将分别高约 0.42 米、0.56 米和 0.78 米（以中位数计算），海平面上升带来的极端水位也将显著提高。

二、主要脆弱性领域及适应气候变化行动

香港最易受到气候变化影响的领域分布在生物多样性、水资源、卫生健康以及基础设施等方面。

针对气候变化可能带来的影响，香港特区政府大力推进适应气候变化的行动，目前已在多个领域取得进展。

（一）生物多样性

增加市区植被多样性是香港特区政府制订及推广城市林务策略的一个重点。通过推广种植各类物种，可使城市林木更能抵御病虫害，防止树木大量枯萎，以及减少长期维护保养工作。同时，在市区种植原生物种不仅有利于生物多样性，也可以提升市区与周边自然保护区的生态联系。此外，种植多层次的植被能过滤更多灰尘和污染物，可进一步降低城市热岛效应，提供更可持续的城市景观，使周边环境更宜居。

（二）水资源

香港缺乏淡水资源，没有天然湖泊、河流或大量地下水源。除了本地收集雨水，香港也从广东输入东江水补足，现行东江水供水协议中的年供水量上限为 8.2 亿立方米。2020 年香港全年耗水量为 13.45 亿立方米，其中 59%为广东输入的东江水，17%来自本地集水区收集的雨水，其余 24%是冲厕用海水。面对气候变化、人口及经济快速增长使饮用水需求持续增加，以及珠三角地区水资源竞争等挑战，自 2008 年起，香港特区政府已将适应气候变化纳入水资源管理政策，

[54] 其他温室气体排放情景下的推算可参 https://www.hko.gov.hk/sc/climate_change/future_climate.htm。

[55] 由于雨量变化较大，虽然整体雨量有上升趋势，但不排除个别年份发生雨量偏少的情况。

以确保香港的供水稳定及支持可持续发展。除一些硬件措施（如使用节流器等）外，水务署还开展了宣传和推广节约用水，降低管网的用水损失，加大用于饮用的海水淡化量，增加用于非饮用的再造水、中水^[56]重用和雨水回收量，以及继续探索本地水资源高效利用的方法。

（三）卫生健康

为预防气候变化所引发的媒介传播疾病及跟高温有关的疾病，卫生署通过多种渠道推广相关健康信息。除了向公众发放有关蚊媒传染病和预防蚊子叮咬的资讯，卫生署更与天文台合作，在天气酷热时发出新闻公报，提醒市民采取适当措施预防中暑及紫外线。

食物环境卫生署辖下的食品安全中心（以下简称“食安中心”）以风险为本，制定食物监测计划，在进口、批发和零售层面抽取食物样本进行微生物、化学和辐射检测。考虑到气候变化可能带来的影响，食安中心会定期评估食物监测计划，以确保市面出售的食物适宜食用。

（四）基础设施建设

香港特区政府的气候变化基建工作小组（以下简称“工作小组”）自2016年成立以来，一直协调基建领域适应气候变化的工作，并统筹相关研究，以提升基础设施的抗逆力。工作小组由土木工程拓展署召集，成员来自发展局、建筑署、屋宇署、渠务署、机电工程署、路政署、天文台及水务署。上述政府部门已采取多种应对气候变化的措施：

（1）土木工程拓展署已参考IPCC《第五次评估报告》并于2018年更新《海港工程设计手册》。土木工程拓展署也进行多项研究，例如在2017年为香港重要公共基础设施展开策略性研究及评估，制订提升工程的范围。研究报告在2020年完成，政府相关部门会根据报告建议，制订提升重要基础设施抗逆力的措施和执行计划。此外，工作小组通过相关政府部门将研究经验及结果分享予公营机构及公用事业，协助社会整体提升基础设施的抗逆力。土木工程拓展署还在推行“长远防治山泥倾泻计划”，以应对与人造斜坡和天然山坡有关的山泥倾泻风险。

（2）多年以来，渠务署持续检视全香港各区的雨水排放整体计划，以评估雨水排放系统的排洪能力及水浸风险，并投放资源进行雨水排放系统改善工程。渠务署也积极推动在新发展区引入更多“蓝绿建设”，包括蓄洪池、蓄洪湖泊、可泛洪地点^[57]、河道活化、雨水回用，以及其他可持续排水系统，以助减低排洪设施的负荷。

[56] 从浴室、洗手盆、厨房洗涤盆和洗衣机等地方收集得来的水称为中水。

[57] 一般而言，“可洪泛地点”的概念是在严重极端天气下，容许在特定和可控制范围内发生一定程度的水浸，从而减少洪水对大范围或有重要城市设施地区的破坏，也能降低传统排水系统的压力和社会经济损失程度，提高城市耐洪能力。

(3) 水务署正继续应用科技推行各项加强用水管理的措施，包括逐步建立“智管网”，在饮用水供应管网内设立监测区域，持续监测饮用水供应管网的状况，从而制订处理监测区域的优先顺序及最符合成本效益的措施，包括：

- (i) 水压管理；
- (ii) 主动测漏及控制；
- (iii) 为爆裂和渗漏的水管进行优质和快速维修；
- (iv) 更换或修复不符合维修成本效益的老化水管。

在“智管网”下，香港饮用水供应管网将会分成约 2400 个监测区域。截至 2020 年底，水务署已设立约 1440 个监测区域，预期余下的监测区域将于 2024 年建立完成。

(4) 香港电灯公司在南丫发电厂装设防洪设施和加固防洪墙，新发电机组及变电站也采用了较高的地台设计，而可能受风暴潮侵袭的变电站则安装防洪警报系统、壅墙及水泵等，以降低影响。中华电力公司同样制定适合的防洪措施，包括采用地面排水系统、沿发电厂海岸线建造海堤，以及安装防水闸及防洪坝。另外，中华电力公司也继续对新建和现有变电站进行洪涝评估及实施缓解措施，以及加固架空电缆架构。

(五) 应变能力

受气候变化影响，极端天气情况越趋频繁。香港特区政府持续加强对天灾的准备和应变工作，以及提升灾后的善后和复原能力。不同政府部门也会加强信息发布的安排，让公众做好准备、应变和善后工作，务求尽量减轻天灾带来的影响。

保安局已制定《天灾应变计划》。香港特区政府会在准备、应变及善后各阶段提早进行及加强形势评估、制定应变策略和计划，以及适时调配资源和人手以应对天灾。一旦发生大规模天灾如特大暴雨或严重水灾，需要政府全面展开紧急应变行动，紧急事故监察及支援中心会立即启动做全方位应变。另外，金融监管机构制定金融业应急计划，确保重大金融基建、交收系统、证券及期货市场运作有序，令突发事件（包括极端气候事件）对金融业的影响降至最低；制定电力系统极端天气抵御方案，包括优化高风险建筑和电塔的结构、安装智能开关设备、建立水浸预报和预防机制，以及提升设备规格以应对更高的操作温度，还制定了紧急程序和人手调动计划，配合定期演练，为紧急事故做好准备。

香港特区政府于 2018 年 9 月超强台风“山竹”袭港后进行了跨部门检讨，以改善日后应对超强台风或其他大规模天灾的准备、应变和善后工作的机制。其中一项措施是当遇上超强台风或其他大规模天灾时，香港特区政府会按个别情况和有需要时成立高层次的跨部门督导委员会，由政务司司长主持和监督各部门的

工作，共同制定解决问题的优先次序。若超强台风或其他大规模天灾造成城市瘫痪，严重影响在职市民有效复工，政务司司长经考虑督导委员会的意见后，会视乎情况，决定是否需要做出适用于全港的“极端情况”公布以延迟复工时间，减少市民受伤机会。各政策局及政府部门会定期举行不同形式的演习，以助各相关单位做更好的准备及提升协调能力，应对各类型的天灾，保障市民的生命和财产。

各政府部门也为应对极端天气及天灾设立恒常监测，在应对灾害时，及早向公众发出预警。天文台密切监察天气情况，有需要时会发出恶劣天气警告和信息，提醒公众特别是在较受影响地区的市民留在安全的地方，以及采取相应的预防措施，尽量减少损失。香港海岸线复杂，不同地点受热带气旋带来的风暴潮影响程度存在明显差异。天文台已联同民政事务处及渠务署设立一个预警机制，当天文台预测水位在热带气旋影响期间会达到相应警戒线时，会发出手机短信给相关政府部门。民政事务处会通知有关居民及管理处做出适当安排。渠务署会调派人员到水浸风险较高的地区协助居民。渠务署也设有“紧急事故控制中心”，中心内的水浸监察及报告系统会实时监控主要雨量及河流和水道的水位。该署已在超过140个地点安装遥测系统，在现场收集潮位和水位等数据后传送至监察中心，以助快速分析水浸情况，并在有需要时通知其他部门，为进行救援、疏散和开启临时庇护中心做好准备。通讯事务管理局办公室已委聘本地流动网络营办商设立紧急警示系统，让政府可在极端天气等紧急情况下，通过流动网络向流动服务用户发出有迫切性的公告及信息，令公众可迅速采取应变措施。

三、未来适应气候变化措施

香港特区政府进一步加强适应气候变化的主要措施包括：

强化基建设施：气候变化基建工作小组会根据气候变化参数，适时更新各种基建设施的设计标准；统筹针对气候变化对基建设施潜在影响的相关研究，制订提升基建设施抗逆力的措施和执行计划；

应对海平面上升及保护海岸：按优次为部分沿海较低洼或当风地点推展合适的改善工程和制订管理措施，并进行有关海岸管理的策略性研究，以制订长远合适的应对策略及防御措施；

应对极端暴雨及热带气旋：运用“防洪三招”的策略，即上游截流、中游蓄洪、下游疏浚的方法，制定合适的防洪和排水管理措施，并消除水浸黑点。为应对山泥倾泻风险，继续推行《长远防治山泥倾泻计划》，巩固政府人造斜坡及为天然山坡进行风险缓减工程，并强化斜坡抵御极端暴雨的能力；

应对极端干旱及保障供水：推行“全面水资源管理策略”，控制饮用水需求增长，应用智能科技推行各项加强用水管理的措施，扩大使用次阶水作非饮用

途，及兴建海水淡化厂，提升饮用水供应的应变能力；

应对酷热天气：推广绿色建筑设计和可持续建筑环境，并推动城市林务，以缓和及应对气温上升；

加强应对天灾：根据《天灾应变计划》，在准备、应变及善后各阶段提早进行及加强形势评估、制定应变策略及计划，适时调配资源和人手以应对天灾，并在需要政府全面展开紧急应变行动时立即启动“紧急事故监察及支援中心”。利用紧急警示系统，在极端天气等紧急情况下，通过流动网络向公众发出紧急公告。

第四章 减缓气候变化相关政策与行动

香港作为中国的国际城市，一直积极参与应对气候变化的工作，针对发电、运输和废弃物这三大本地主要温室气体排放源，制定有效减缓气候变化的相关政策与行动，为有效控制温室气体排放做出了积极努力。

一、政策及目标

香港特区政府一直致力推行减缓温室气体排放的政策和措施，继 2014 年公布《香港应对气候变化策略及行动纲领》及 2017 年公布《香港气候行动蓝图 2030+》后，香港特区政府分别于 2020 年和 2021 年宣布香港将致力争取于 2050 年前实现碳中和的目标及于 2035 年前把温室气体排放量由 2005 年水平减半的中期目标，并于 2021 年 10 月公布《香港气候行动蓝图 2050》，针对发电、运输和废弃物这三大香港主要温室气体排放源，提出“净零发电”“节能绿建”“绿色运输”和“全民减废”四大减碳策略。预计 2035 年人均碳排放量将降至 2~3 吨，并争取在 2050 年前实现碳中和的目标。

二、能源工业

淘汰燃煤发电：香港约三分之二的碳排放源自发电，减少碳排放最有效的方法是改变发电的燃料构成。现有的两家电力公司在过去几年新增燃气发电机组，以取代燃煤发电机组。为进一步降低碳排放，实现 2035 年碳减排目标，香港将进一步减少燃煤发电，在 2035 年或之前淘汰燃煤发电，替换成更低碳的能源发电。

推广可再生能源：香港特区政府除了带头在不同建筑物和设施加装可再生能源系统，并发展更多先进的转废为能设施，也采取多项措施支持私营界别发展可再生能源，包括引入上网电价计划鼓励各界装置可再生能源系统、免费为学校和非政府机构安装太阳能光伏系统，以及推出便利措施协助私营界别在室外停车场安装太阳能光伏系统等。香港特区政府将通过促进本地项目、区域合作和共同投资等，力争在 2035 年或之前把可再生能源在发电燃料组合中所占的比例，增加

至 7.5%~10%，未来进一步提升至 15%。

发展零碳能源：香港特区政府争取 2035 年或之前将零碳能源比例增至 60%~70%，试验使用新能源和加强与邻近区域合作，长远达至 2050 年前净零发电的目标。

三、建筑业

提高建筑物能效：2018 年完成对《屋宇装备装置能源效益实务守则》的修订，并于 2019 年生效。新标准实施后，预期到 2028 年可为所有新建建筑物和现有建筑物节能 270 亿度电，相当于减少排放约 1900 万吨二氧化碳。《建筑物能源效益条例》还要求商业建筑物的拥有人依据《建筑物能源审核实务守则》，每隔 10 年为中央屋宇装备装置进行强制性能源审核，《建筑物能源审核实务守则》也每三年修订一次。香港特区政府以身作则，为政府建筑物制定明确的节电目标：政府建筑物在运行情况与 2013—2014 年度相似的基础上，2015—2016 年至 2019—2020 年五个年度内节约用电 5%；香港特区政府最终在 2019—2020 年度以节电 7.8% 的成绩完成目标。目前已完成约 340 栋主要政府建筑物的能源审核。为协助相关决策局及部门进行能源审核所制定的节能项目，香港特区政府已预留至少 9 亿港元以逐步推行有关项目，例如装置高能效的空调及控制系统、高能效的照明及控制系统、发光二极管及泛光灯等。香港特区政府还鼓励相关决策局和部门通过委任环保经理及能源管理员，加强节约能源的工作并改善内部管理措施，推行节电计划。

提升器具能效：香港特区政府推行强制性能源效益标签计划（以下简称“计划”），规定于市场上供应的订明产品^[58]均须贴上能源标签，使消费者得知其能源效益表现。计划分阶段扩展，截至 2020 年底，计划涵盖 8 类订明产品。第三阶段已于 2019 年 12 月 1 日起全面实施。第三阶段全面实施后，估计整个计划每年可协助消费者节省约 6.25 亿度电，相当于每年可减少约 44 万吨二氧化碳排放。香港特区政府会继续分阶段把更多器具纳入强制性能源效益标签计划，并提升能源效益评级的标准。

开展建筑物温室气体排放核算：香港特区政府致力推动碳审计，2008 年推出《香港建筑物（商业、住宅或公共用途）的温室气体排放及减除的核算和报告指引》，并自 2017—2018 年度起带头为主要政府建筑物定期进行碳审计，在碳审计完成后披露结果。有关碳审计工作涉及超过 300 座不同大小及用途的主要政府建筑物。

从地区发展方面提升能效：为配合启德发展区的低碳发展，香港特区政府在

[58] 订明产品是《能源效益（产品标签）条例》中指明的产品。

该区设立了区域供冷系统，为区内的建筑物提供冷水以作空调之用，该系统已于 2013 年年初开始运行。此外，为应对启德发展区内各发展项目对制冷量的预计需求增长，新增的区域供冷系统工程已于 2020 年展开。与传统气冷式空调系统和独立使用冷却塔的水冷式空调系统比较，区域供冷系统可分别节省约 35% 和 20% 的用电量。由于区域供冷系统的能源效益较高，在整个系统完成后，估计每年可节约高达 1.38 亿度电，减少排放 9.65 万吨二氧化碳。与此同时，香港特区政府会研究关于更多新发展区兴建区域供冷系统的可行性，以继续推广能源效益和推动低碳发展。

总体而言，香港特区政府通过推广绿色建筑，提高能源效益和实行低碳生活来减少建筑物的能源需求。目标是在 2050 年或之前，商业楼宇用电量较 2015 年减少三成至四成，以及住宅楼宇用电量减少两成至三成；并在 2035 年或之前能达到以上目标的一半。

四、交通运输

扩展铁路网络：香港以铁路为客运系统的骨干，融合运输与土地用途规划。过去数年香港的铁路发展迅速，先后开通西港岛线、观塘线延线、南港岛线（东段）、广深港高速铁路香港段，屯马线以及东铁线过海段。目前，香港铁路的总长度已增加至 270 千米以上，铁路服务范围覆盖超过 70% 本地人口。在响应运输需求、合乎经济效益、配合新发展区和其他新发展项目的发展需要三大前提下，加上考虑铁路发展可能带来潜在的房屋供应，香港特区政府现时正有序地推展《铁路发展策略 2014》建议的新铁路项目，目标是把铁路网络覆盖全港约 75% 人口居住的地区和约 85% 的就业机会。长远而言，香港特区政府正进行《跨越 2030 年的铁路及主要干道策略性研究》，探讨全港性的铁路及主要干道基建的布局，让有关规划能配合甚或预留容量以满足包括《北部都会区发展策略》等香港整体长远发展的需要。

推广电动车使用：为应对全球气候变化，运输系统全面电气化已成为全球的大趋势。为改善空气质素及长远达至车辆零排放的目标，香港特区政府决心推动使用电动车，并已落实以下主要措施：

(a) 香港特区政府自 1994 年起豁免电动商用车首次登记税（直至 2024 年 3 月 31 日）；自 2018 年 2 月起实施电动私家车“一换一”计划，向更换旧私家车的车主提供首次登记税宽减额，2020 年的宽减额上限为 25 万港元，而一般购买新电动车的宽减额上限则为 9.75 万港元，并在 2021 年将“一换一”计划的税务宽减额上限增加至 28.75 万港元（直至 2024 年 3 月 31 日）；

(b) 企业购买包括电动车在内的环保车时，其资本开支可用于买车首年在计

算利得税^[59]时全数扣减；

(c) 2011年3月成立3亿港元“绿色运输试验基金”，鼓励公共运输业、货车营运人士和非营利机构试验绿色创新及低碳运输技术（包括电动商用车）。为进一步鼓励试验及更广泛使用绿色创新运输技术，香港特区政府于2020年额外投放8亿港元资金，以扩大基金的资助范围，并于同年9月将“绿色运输试验基金”更名为“新能源运输基金”；

(d) 全额资助专营巴士公司购置36辆单层电动巴士和相关充电设施，在多条路线试验行驶，以全面测试它们在本地环境下的运作情况；

(e) 宽减配备电动汽车充电基本设施的新建私人楼宇停车场计入总楼面面积，鼓励发展商在新建楼宇的停车场配备电动车充电装置的基本设施（包括充足的电力供应、电缆及管道等），方便以后根据需要安装充电装置；

(f) 香港特区政府在2020年10月推出20亿港元“EVI^[60]屋苑充电易资助计划”，资助现有私人住宅楼宇停车场安装电动车充电基础设施。安装充电基础设施后，电动车车主可以根据个人需要安装合适的充电器，轻松在家充电。此计划初步预料将在3年内覆盖逾6万个现有私人住宅楼宇的停车位；

(g) 为70个公众停车场于2022年底前安装超过1000个中速（7千瓦）电动车充电器；

(h) 在香港特区政府内建立了一支专职队伍和服务热线，对有意愿安装充电设施的人士提供信息及技术支持，香港特区政府并就安装充电设施的安排及技术要求发布了指引。

(i) 香港特区政府于2021年推出香港首份《香港电动车普及化路线图》^[61]，为未来路面交通全面电动化定下清晰的方向。

推进其他相关措施：香港特区政府持续采取适当措施，控制私家车数量，加强各种公共交通服务的协调，以减轻道路交通的拥堵，来更好地满足乘客出行的需求。香港特区政府还会继续推动“香港好，易行”，建设行人友善环境，并继续在新市镇及新发展区缔造“单车友善”环境，方便市民踏单车作短途代步或消闲用途。

为了争取于2050年前实现碳中和，香港特区政府致力推动车辆和渡轮电动化、发展新能源交通工具及改善交通管理措施。香港特区政府在2021年宣布在2035年或之前停止新登记燃油和混合动力私家车，也会在未来与专营巴士公司

[59] 在香港经营行业、专业或业务，所得的利润均按利得税税率缴纳利得税 (https://www.ird.gov.hk/chs/tax/bus_pft.htm)。

[60] EV：电动车 (Electric Vehicle)。

[61] 《香港电动车普及化路线图》的网址：https://www.eeb.gov.hk/sites/default/files/pdf/EV_roadmap_chi.pdf。

合作，试行以氢燃料电池驱动的巴士；并计划与其他相关机构合作，试行以氢燃料电池驱动的重型车辆。

五、废弃物处理

提倡废弃物减量化：香港特区政府持续推动废物源头分类及干净回收，除在源头设立废物分类设施外，也透过全港性的宣传教育运动及个别社区的外展服务，鼓励减少废弃物、提倡干净回收及资源循环再用。2020 年香港市区的都市固体废物回收率为 28%。

强化资源回收利用：所有运作中的填埋场均利用填埋气作为燃料生产能源，供填埋场基础设施使用，同时也为渗滤液处理设施提供热能。此外，剩余的填埋气经处理后会输出至煤气公司的供气管道网络，或用作发电并接驳至公共电网。香港现有 4 家大型二级污水处理厂，产生的污泥经厌氧消化释放出的生物气被用作发电和供热，供厂内设施使用，消化后的污泥会被运送至污泥焚化设施处理，转废为能。香港还有一间有机资源回收中心。该中心利用厌氧消化技术把厨余转化成生物气。以上两所转废为能设施，同时会将剩余电力输送至公众电网。

为了争取于 2050 年实现碳中和，香港特区政府致力在 2035 年或之前发展足够的转废为能设施，以摆脱依赖填埋场处理生活垃圾，以及支持循环经济发展；通过推行都市固体废物收费及其他减废回收措施，把都市固体废物的每日人均弃置量逐步减少 40%~45%，同时把回收率提升至约 55%，并计划较先前建议的 2025 年更早实施首阶段管制即弃塑料餐具。

六、植树及市区绿化

2010—2020 年，香港种植了大约 7400 万棵乔木和灌木，其中约 700 万棵为乔木。近年来，香港特区政府以全面和可持续的作业方式来推动优质的城市景观设计和树木管理，包括因应地区特色制定和以“植树有方，因地制宜”为原则，选择合适的品种实施绿化总纲图，推行绿色基建如垂直园境、屋顶园境、雨水花园，以及采用透水铺地物料和雨水收集等措施。2020 年香港共设立了 24 个郊野公园及 22 个特别地区，总面积约达 443 平方千米，约占香港土地的 40%。这些保护区不但有利于维持丰富的生物多样性，也有助于保护天然“碳汇”工具的效能，提高香港的二氧化碳吸收能力，持续地为减缓气候变化做出贡献。

第五章 其他相关信息

香港在加强气候系统观测与研究，提高气候变化教育、宣传和培训工作，鼓励公众参与，增强气候变化意识，拓展国内外合作与交流等方面也开展了一系列的活动。

一、气候系统观测与研究

香港天文台负责香港的气候观测及气候变化研究。香港天文台的观测工作始于 19 世纪末，至今累积了超过 130 年的气候数据，有助分析香港的气候趋势。此外，香港天文台根据联合国政府间气候变化专门委员会的第六次评估报告，更新香港气温、雨量和平均海平面的未来推算。香港天文台的研究为政府相关各局/部门进行的减缓、适应及应变措施和工作提供科学支持。

二、教育和宣传及公众意识

香港天文台举办学校讲座、制作教育短片和在香港天文台网站发布有关全球气候变化的文章及最新研究结果，以提高市民对气候变化的认识。就公众教育工作，香港天文台于 2019—2020 年推出“气候变化的影响”网页，向大众介绍不同类别的气候变化影响；并与可观自然教育中心暨天文馆合作编制了《地理电子学习教材套装：气候变化》，提高地理科及相关学科师生对气候变化及其影响的认识；与渔农自然护理署合作出版《气候变化与香港生物多样性》，讲述气候变化及其对生物多样性的影响。

为增强市民应对气候变化的意识，并重点介绍香港特区政府将会推出的主要应对措施，环境及生态局在推出宣传活页、电视和电台宣传信息、宣传短片、海报、气候变化专题网站及“低碳生活计算器”^[62]。此外，环境及自然保育基金委员会也会资助非营利组织开展以气候变化为主题的公众教育活动及项目。

教育局与环境及生态局及可持续发展委员会合作，于 2020/21 学年建立“长远减碳网上学习平台”，以提升高中通识教育课程下可持续发展课题的学与教成效，并计划于 2022/23 学年将该平台扩展至支持初中的环境教育。教育局也会持续邀请政府部门、保育团体和学校，为香港中小学教师举办有关气候变化的研讨会，并为学校提供有关气候变化的学与教资源，以提升学生对环境保育的意识及培育他们对减缓气候变化相关的正面价值观、态度和行为。教育局继 2017 年 4 月向所有学校发出一份有关“学校的环保政策及节约能源措施”通告，用以提醒各学校制订校本环保政策和推行节约能源措施的重要性，并提供最新的相关资料和资源后，于 2019 年 9 月发出一份有关“学校参加‘上网电价’计划”通函，

[62] “低碳生活计算器”的网址: <https://www.carboncalculator.gov.hk/sc>.

鼓励学校配合学校的环保政策在校舍内安装可再生能源系统，并积极向社区及持份者展示推行校本环保政策的成果，进一步推广环保教育。

环境及生态局与机电工程署自 2015 年起推出“全民节能”运动。2020 年，继续在运动下推行“节能约章”和“慳神大比拼”^[63]比赛等活动。为响应“世界环境日”，香港特区政府设立的环境运动委员会于 2019 年 6 月以“撑走塑”^[64]为主题，举行“走塑 FUN 墟”^[65]，鼓励市民购买外卖餐时不取用即弃餐具，养成“走塑走即弃”^[66]的生活习惯。活动汇聚近 30 个政府部门、非政府组织、绿色团体、大专院校及小区组织，透过摊位、环保工作坊及音乐表演等活动，令大众关注并减少使用即弃塑料制品。另外，政府也透过环境及自然保育基金资助非营利组织，开展以气候变化为主题的公众教育活动及项目，自 2017—2020 年共资助了 23 个气候变化特定主题项目。

三、加强区域合作

香港特区政府支持研究区域清洁能源及可再生能源发展战略，并助推其研发和应用，支持企业节能减排，加强应对气候变化相关的科学研究、技术开发应用、宣传教育和基础能力建设等方面的交流与合作。

基于香港的环境和地理因素，在香港大规模发展可再生能源的潜力相对有限，因此加强区域合作是香港实现低碳发电的关键。香港特区政府会与电力公司研究在周边地区探索更多零碳能源供应，包括寻求共同投资和共同开发等机会，参与和营运邻近香港的零碳能源项目。

香港自 2011 年成为 C40 城市气候领导联盟指导委员会成员，推动世界各大城市群策群力，共同应对气候变化。粤港继续就应对气候变化在减缓、适应和应变方面进行交流及共同推进各项相关工作的落实，包括交流实现碳达峰和碳中和的策略和路径研究进展、使用可再生能源的技术和项目、现有建筑物重新校验装置技术和新能源车辆的技术和发展等。

[63] “慳神”是推广节约能源的吉祥物。“慳神大比拼”计划旨在鼓励业界通过重新校验和应用创新科技来提高建筑物能源效益及鼓励青少年就节能和可再生能源发展发挥创意和激发其想像空间，为实现碳中和出一份力。得奖者将获邀以典范身份在业界的参观或研讨会中分享节能和/或可再生能源技术的作业模式。

[64] “撑走塑”意为支持不用塑料，该口号鼓励市民减少使用塑料制品（走塑），建立绿色生活习惯。

[65] “走塑 FUN 墟”是一个包含环保摊位、专家分享、升级环保工作坊及音乐表演等元素的活动，参与单位包括政府部门、非政府组织、绿色团体、大专院校及小区组织，旨在向大众推广减少使用塑料制品的生活习惯。

[66] “走塑走即弃”重点鼓励市民购买外卖带食物时不取用一次性（即弃）餐具，推动源头减废。同时鼓励社会各界支持自备可重用的餐具，减少制造一次性塑料废料。

四、资金、技术和能力建设需求

（一）资金需求

实现低碳转型需要投入大量资源，香港特区政府在过去约 10 年已拨款超过 470 亿港元推行各项节能和可再生能源措施、推广电动车，以及引入创新转废为能和转废为材设施，以协助减废减碳。在未来 15~20 年，香港特区政府将再投放约 2400 亿港元，推行各项减缓和适应气候变化的措施，主要包括可再生能源、节能绿建、绿色运输和废物管理等范围。

另外，香港特区政府也会为编制温室气体清单、组织能力建设研讨会和讲习班、实施减缓和适应措施，以及参与国际会议和培训等活动提供资金。

创新科技对于实现碳中和可以起关键作用。香港特区政府在 2020 年拨款 2 亿港元成立“低碳绿色科研基金”，提供更充裕、对焦和切合研发项目所需的资助，以推动减碳技术和绿色科技的研发及应用，加速香港低碳转型和加强环保。香港特区政府并在 2022 年向该基金额外注资 2 亿港元。

（二）技术需求

在减缓气候变化方面的技术需求主要包括零碳能源技术、建筑节能系列产品技术、新型墙体材料技术、电动车技术、高效能快速汽车充换电技术、高性能电池及材料技术、可再生能源（特别是建筑光伏一体化系统）技术及转废为能技术等。“低碳绿色科研基金”有助推动开发和应用切合香港环境需要的减碳技术，重点支持有助推动净零发电、节能绿建、绿色运输和全民减废等领域的科研项目。另外，建筑物的能源效益标准会参照相关技术及国际标准，达致善用创新智能科技，确保屋宇装备装置的能源效益标准得以持续提升并且能够与时俱进。

在适应气候变化方面的技术需求主要包括环境和生态系统保护技术、为建筑环境及基建开发气候风险评估技术、能源需求及供应变化预测技术，以及对食物链影响、食物危害和水资源影响的分析技术等。

（三）能力建设

在能力建设方面的需求主要包括加强信息通报和温室气体清单编制队伍的建设及相关培训、强化现行法例及管理、制定新法例、加强监测、提高政府及企业能力、更新灾害管理及应变计划、调研政府及社会各界对气候变化问题的了解并提升其应对能力。

香港特区政府会在学校层面提升教师对气候变化的知识。学校可在不同科目加强相关的学习内容和安排多元化的学习经历，提升学生对气候变化及其影响的

认识，推动知行合一，低碳转型。为了培训专业人才，大学和专上学院^[67]需要及时在相关学科课程增添与气候变化、低碳技术和绿色金融等相关的学习内容，并加强大学和专上学院之间的合作和交流，让师生都能与时俱进，装备相关的专业知识和技能。

[67] 专上学院是指在大学以外提供专业教育的高等教育院校、专业教育学院和机构。

第八部分 澳门特别行政区应对气候变化 基本信息

澳门是中国的特别行政区，是一个气候温和、资源短缺、人口密度高、博彩业高度发展和充满活力的城市，也是世界闻名的旅游和休闲目的地。

第一章 基本区情

一、自然条件与资源

澳门特别行政区（以下简称“澳门”）位于中国华南沿岸珠江三角洲的西侧，北接广东省珠海市，南临中国南海，东望珠江口东侧的香港，西与珠海市的湾仔和大小横琴岛隔水相望。三面环海的澳门主要由澳门半岛、氹仔岛、路环岛组成。

澳门属亚热带海洋性气候，且季风显著，气候温和。1991—2020年30年间的气候资料显示，澳门年平均气温为22.8℃，1月最冷，月平均气温约为15.2℃；7月最热，月平均气温约为28.4℃。澳门年均降水量约1966.6毫米，降水的季节性差异显著，4~9月是雨季，降水量占全年的84%以上，期间出现的极端强降雨事件的日降水量可高达300毫米以上。常见的极端天气及气候事件包括热带气旋和所伴随的风暴潮、暴雨、雷暴以及强烈季风等，澳门每年约受5~6个热带气旋影响，其中1~2个会导致澳门风力达8级或以上。

澳门土地资源极为有限，历年来一直通过填海造地增加土地面积。2009年获中央政府核准新城填海计划，填海造地共计约3.6平方千米。2020年包含新城A区及港珠澳大桥珠澳口岸人工岛澳门口岸管理区的陆地面积达32.9平方千米，较2016年增加了约7.9%。

澳门本地蓄水设施不足，超过98%的饮用水源由广东省珠海市输入。2020年澳门用水量达8552万立方米，其中家庭用水占50%，工商业用水占43%，其余7%则用于政府部门和其他设施等。

二、人口与社会

澳门是世界上少有的人口高密度地区。2020年，澳门总人口约为68.3万人，较2016年增加了5.9%，平均人口密度为每平方千米约2.1万人。澳门劳动人口约有40.5万人，其中就业人员约39.5万人。第一产业就业人口数仅占就业人口总量的0.23%，第二产业就业人口数占11.43%，第三产业就业人口数占88.34%。

根据 2020—2021 学年教育数据统计，澳门正规教育^[68]学校有 75 所，学生人数约有 8.29 万人。高等教育机构有 10 所，学生人数约有 3.9 万人，其中本地生占 40.8%，外地生占 59.2%。

2020 年，澳门共有医生 1789 人，护士 2568 人，医院床位 1715 张，在医疗卫生方面的开支约为 104 亿澳门元，占政府总开支的 10.5%，相当于地区生产总值的 5.1%。

三、经济发展

2020 年受新型冠状病毒肺炎疫情影响，澳门地区生产总值（支出法以当年价格计算，下同）约为 2044 亿澳门元，人均地区生产总值约为 30.0 万澳门元，均较 2019 年下跌超过 50%。澳门地区生产总值（生产法）中第一产业几乎为零，第二和第三产业比例分别为 8.7% 和 91.3%，其中比较重要的行业是博彩业、不动产业、银行业和公共行政，分别占地区生产总值的 21.3%、17.6%、13.0% 和 10.0%。2020 年访澳旅客人数大幅减少至约 589.7 万人次，主要客源来自内地，占总访澳旅客的 80.6%。

2020 年澳门一次能源消费总量约为 45.7 万吨标准煤，其中轻柴油、汽油、天然气、石油气、煤油和重油占能源消费总量的比例分别为 23.9%、22.5%、21.5%、11.7%、10.8% 和 9.6%。从行业分类来看，道路交通占 34.4%，能源加工转化占 26.9%，商业、饮食业和酒店占 11%，航空运输占 10.4%，工业和建筑业占 9.6%，居民生活占 5.8%，水上运输占 1.2%，其他占 0.7%。

澳门电力主要是从广东省输入，以本地发电作为补充。自 2007 年起，澳门持续增加电力输入，逐渐减少本地发电量。2020 年，澳门总输入电量为 48.5 亿千瓦时，本地发电量仅为 5.6 亿千瓦时。

澳门的运输系统包括陆路、水路和航空三种运输方式。2020 年，澳门道路行车线总长度约 453.4 千米，行驶车辆总数约为 24 万余辆，客运船班次约为 2 万次，按目的地和出发地统计的澳门国际机场商业航班数目均为 0.7 万个。

表 8-1 给出了 2020 年澳门基本情况的统计数据。

[68] 澳门非高等教育包括正规教育和持续教育两个类型。正规教育分为幼儿教育、小学教育和中学教育（包括初中教育和高中教育）三个阶段；持续教育指正规教育以外的各种教育活动，包括家庭教育、社区教育、职业培训及其他教育活动。

表 8-1 2020 年澳门基本情况

指标	数据
年末人口数（万人）	68.3
面积（平方千米）	32.9
地区生产总值（支出法以亿美元计，1 美元=7.9888 元澳门元）	255.9
人均地区生产总值（支出法以美元计）	37553
工业增加值占本地区生产总值（生产法）比重（%） ¹⁾	8.7
服务业增加值占本地区生产总值（生产法）比重（%）	91.3
农业增加值占本地区生产总值（生产法）比重（%）	0
农用地面积（平方千米）	0
城市人口占总人口的百分比（%）	100
牛（头）	6
马（匹）	375
猪（头）	3
羊（只）	1
有林地面积（平方千米）	5.12
受惠于定期经济援助的家庭数目（户）	3364
预期寿命（岁）	男 81.1 岁，女 86.9 岁
识字率（%） ²⁾	96.5

注：1) 此处的工业行业包括采矿业、制造业、水电及气体生产供应业；

2) 该数据表示的为 15 岁以上人口的识字率，数据来源于澳门 2016 年中期人口统计

四、应对气候变化相关的机构安排

澳门特别行政区政府（以下简称“特区政府”）一直高度重视气候变化问题。为有效管理和统筹应对气候变化工作，澳门已成立应对气候变化跨部门专责小组（以下简称“气候变化小组”），负责协调与《公约》履约相关的工作，包括制定“可测量、可报告、可核查”的减排行动，将减缓和适应气候变化工作推广至私营机构和广大民众，动员全民参与应对气候变化工作。

气候变化小组由运输工务司司长牵头特区政府各相关部门开展应对气候变化的相关工作。近年来，为配合特区政府行政架构优化，主要部门由原来的 14 个调整为 12 个，包括市政署、经济及科技发展局、旅游局、统计暨普查局、教育及青年发展局、卫生局、海事及水务局、环境保护局、交通事务局、民航局、房屋局和地球物理暨气象局。其中，地球物理暨气象局负责统筹和编写国家信息通报及两年期更新报告中澳门应对气候变化的基本信息。

第二章 2017 年澳门温室气体清单

2017 年澳门温室气体清单编制主要参考《2006 年 IPCC 清单指南》和《IPCC 2006 年国家温室气体清单指南 2019 修订版》，个别计算参数及排放因子参考了《1996 IPCC 清单指南》的缺省值。根据澳门实际情况及相关数据的可获得性，2017 年澳门温室气体清单报告范围主要包括能源活动和城市废弃物处理的温室气体排放，估算的温室气体种类包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮。

一、2017 年澳门温室气体清单综述

2017 年澳门温室气体排放总量为 174.6 万吨二氧化碳当量（见表 8-2 和表 8-3），其中能源活动排放量约占总排放量的 95.9%，废弃物处理排放量约占总排放量的 4.1%（见图 8-1）。2017 年澳门温室气体排放总量中二氧化碳约为 164.9 万吨，约占排放总量的 94.5%；甲烷约为 1.4 万吨二氧化碳当量，约占排放总量的 0.8%；氧化亚氮约为 8.3 万吨二氧化碳当量，约占排放总量的 4.7%（见图 8-2）。

表 8-2 2017 年澳门温室气体总量（万吨二氧化碳当量）

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	合计
能源活动	164.6	0.6	2.3				167.5
工业生产过程	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
农业活动		NO	NO				NO
土地利用变化和林业	NE	NE	NE				NE
废弃物处理	0.4	0.8	6.0				7.1
总量（不包括土地利用变化和林业）	164.9	1.4	8.3	NE	NO	NO	174.6
总量（包括土地利用变化和林业）	164.9	1.4	8.3	NE	NO	NO	174.6

注：1) 由于四舍五入的原因，表中各分项之和与总计可能有微小的出入；

2) NO（未发生）指在境内没有发生温室气体源排放和汇清除，NE（未估算）指对现有源排放量和汇清除量没有估计

表 8-3 2017 年澳门温室气体清单（单位：百吨）

温室气体排放源与吸收汇的种类	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
总量（不包括LUCF）	16491.8	6.7	2.7
能源活动	16455.4	3.1	0.7
—燃料燃烧	16455.4	3.1	0.7
◆能源工业	9296.1	1.9	0.4
◆制造业和建筑业	1111.0	0.0	0.0
◆交通运输	4073.0	1.0	0.4
◆其他行业	1975.4	0.0	0.0
—逃逸排放	NE	NE	NE
工业生产过程	NE	NE	NE
农业活动		NO	NO
土地利用变化和林业	NE	NE	NE
废弃物处理	36.4	3.6	1.9
—固体废弃物处理	36.4	0.0	0.0
—废水处理		3.6	1.9
信息项			
—特殊地区航空	3808.4	0.0	0.1
—特殊地区航海	2082.2	0.2	0.1
—国际航空	2541.6	0.0	0.1
—国际航海	NO	NO	NO
—生物质燃烧	2762.7		

注：1) 由于四舍五入的原因，表中各分项之和与总计可能有微小的出入；

2) NO（未发生）指在境内没有发生温室气体源排放和汇清除，NE（未估算）指对现有源排放量和汇清除量没有估计；

3) 工业生产过程未能收集计算氢氟碳化合物、全氟碳化合物和六氟化硫等相关活动数据，这部分在总计中以未估算表示；

4) 燃料的逃逸排放、土地利用变化和林业因统计体系仍在建设中，故未能估算相关排放量；

5) 信息项不计入排放总量，其中的生物质燃烧CO₂排放只包括生物成因的废弃物燃烧活动；

6) 特殊地区水运和特殊地区空运，指澳门往返国内（包括香港特别行政区和台湾地区）的航运；

7) 0.0表示计算结果小于0.05

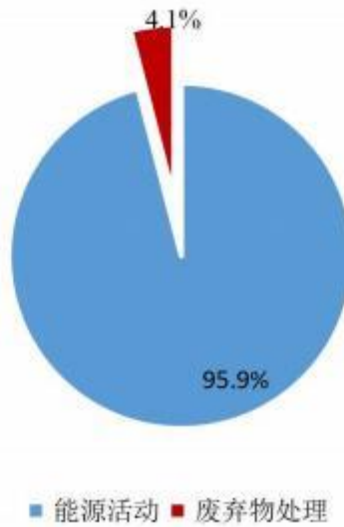


图 8-1 2017 年澳门温室气体排放领域构成

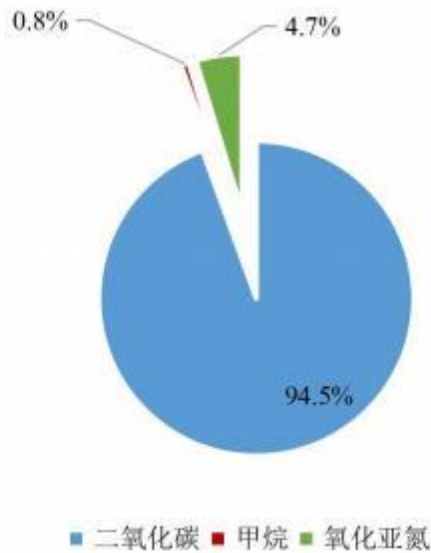


图 8-2 2017 年澳门温室气体排放气体构成

2017 年澳门国际航空及特殊地区航空的温室气体排放量约为 64.1 万吨二氧化碳当量，特殊地区航海排放量约为 21.0 万吨二氧化碳当量，城市废弃物中的生物质燃烧所产生的二氧化碳约为 27.6 万吨，均作为信息项单列。上述活动的温室气体排放量合计约为 112.7 万吨二氧化碳当量，均未列入澳门温室气体排放总量。

二、能源活动

（一）清单报告范围

能源活动温室气体清单编制和报告的范围主要包括能源工业、制造业和建筑业、道路交通以及其他部门化石燃料燃烧的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放。考虑到澳门城市废弃物主要采取焚烧形式处理，焚烧过程中产生的热量会被回收进行发电并输送至澳门电网，故将化石成因废弃物（布料及塑料等）焚烧发电的温室气体排放纳入能源活动计算，而城市废弃物中生物质焚烧产生的二氧化碳排放不计入排放总量，只在信息项中记录。

（二）清单编制方法

能源活动清单中能源加工转换、制造业和建筑业、道路交通、其他部门及特殊地区水上运输化石燃料燃烧产生的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放均采用《2006年 IPCC 清单指南》方法 1 的部门法进行估算，国际航空和特殊地区航空的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放均选择采用《2006年 IPCC 清单指南》方法 2 进行估算。

活动水平数据均来源于澳门官方的统计数据和相关行业数据，领域分类和燃料品种分类与《2006年 IPCC 清单指南》的分类方式基本相同。

排放因子主要参考《2006年 IPCC 清单指南》《IPCC 2006年 国家温室气体清单指南 2019 修订版》，该指南中没有的排放因子采用《1996年 IPCC 清单指南》中提供的缺省值。

（三）清单结果

2017 年澳门能源活动的温室气体排放量约为 167.5 万吨二氧化碳当量，占澳门温室气体排放总量的 95.9%，其中二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放量分别约为 164.6、0.6 和 2.3 万吨二氧化碳当量。能源活动的二氧化碳排放量占澳门二氧化碳排放总量的 99.8%。

2017 年澳门能源活动的排放中，能源加工转换排放量约 94.5 万吨二氧化碳当量，占 56.4%；道路交通排放量约 42.1 万吨二氧化碳当量，占 25.1%；其他部门（包括商业、饮食业、酒店和住宅）排放量约 19.8 万吨二氧化碳当量，占 11.8%；制造业和建筑业的排放量约为 11.1 万吨二氧化碳当量，占 6.7%。

三、废弃物处理

（一）清单报告范围

废弃物处理温室气体清单编制和报告的范围包括城市生活污水处理的甲烷和氧化亚氮排放，以及废弃物焚烧处理造成的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放。

（二）清单编制方法

澳门废弃物处理过程的温室气体排放采用《2006年 IPCC 清单指南》《IPCC 2006年 国家温室气体清单指南 2019 修订版》提供的方法 1。

废水处理过程的氧化亚氮排放活动水平数据来源于澳门统计局提供的人口数量和联合国粮食及农业组织提供的 2017 年度澳门人均全年蛋白质含量，排放因子来源于 IPCC 缺省值；废弃物焚烧产生的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放直接采用澳门统计局和环境保护局提供的活动水平数据和 IPCC 推荐的排放因子缺省值。

（三）清单结果

2017 年，澳门废弃物处理产生的温室气体排放量约为 7.1 万吨二氧化碳当量，占澳门温室气体排放总量的 4.1%，其中废水处理和固体废弃物处理排放量分别为 6.7 万吨二氧化碳当量和 0.4 万吨二氧化碳当量，分别占废弃物处理排放量的 94.8%和 5.2%。

四、质量保证和质量控制

（一）开展的质量保证和质量控制工作

为了降低温室气体清单估算结果的不确定性，在清单编制方法方面，澳门清单编制机构采用了《2006年 IPCC 清单指南》《IPCC 2006年 国家温室气体清单指南 2019 修订版》的方法，保证清单编制方法的科学性、可比性和一致性。在条件允许的情况下，根据所能获得的活动水平数据，尽可能选用高级方法，例如国际航空和特殊地区航空均采用较为详细的方法 2 进行估算。在活动水平数据方面，为保证数据的权威性，尽可能采用经特区政府部门核实后的官方数据，包括澳门统计暨普查局、民航局、环境保护局和交通事务局等的政府部门数据。在清单编制过程中，邀请国家温室气体清单编制团队作为第三方独立专家对清单进行了评审。

（二）不确定性分析

在准备 2017 年澳门温室气体清单过程中，尽管澳门清单编制机构已在报告范围、清单方法、清单质量等方面进行了大量准备工作，但是澳门温室气体清单

仍存在一定的不确定性。

澳门清单编制机构采用《2006年IPCC清单指南》提供的不确定性计算方法1，以及参考《2006年IPCC清单指南》《IPCC 2006年国家温室气体清单指南2019修订版》排放因子的不确定性。2017年澳门温室气体清单的综合不确定性约为9.9%，其中能源活动和废弃物处理领域的不确定性分别为7.8%和158.7%。如表8-4所示。

表 8-4 2017 年澳门温室气体清单不确定性分析结果

	排放量（万吨二氧化碳当量）	不确定性
能源活动	167.5	7.8%
废弃物处理	7.1	158.7%
综合不确定性		9.9%

第三章 气候变化的影响与适应

特区政府组织有关部门和相关研究单位开展了气候变化对水资源、陆地生态系统等影响的监测和评估，为制订减缓和适应气候变化的政策做好准备。此外，利用澳门历史气候观测数据与全球气候模式模拟资料，对澳门气候变化进行了评估与预测方面的研究。

一、评估方法与模型

澳门有关气候变化影响的评估，主要是利用澳门1901—2020年较为完整的气候观测资料，进行气候变化的时间序列分析；并采用IPCC第五次评估报告（AR5）中所用到的温室气体排放情景和全球气候模式模拟资料，利用多模式集合评估方法对未来澳门的气候变化进行了预测。

二、澳门气候变化分析与预测

（一）气候变化特征

根据1901—2020年日平均气温和降水资料分析，澳门的气候变化特征如下：

澳门过去120年气温变化情况与全球平均气温变化基本一致。100年的线性变暖趋势为 0.88°C ，且70年代以后变暖速率有加大趋势。在120年里10个最暖年份中，有8个最暖年份出现在21世纪。澳门不同季节气温均呈上升趋势，其中以春季升幅最大，约为 $0.10^{\circ}\text{C}/10$ 年，其次分别为冬季（约 $0.096^{\circ}\text{C}/10$ 年）和秋季（约 $0.095^{\circ}\text{C}/10$ 年），夏季升幅最小，约为 $0.061^{\circ}\text{C}/10$ 年。澳门日最高气温和最低气温同样呈明显上升趋势，最高气温并有明显的年代际变化。日最高气温超过 33°C 以上的酷热日数年代际变化明显，但酷热日数未见显著增加。而与日

最低气温有关的冷夜（最低气温在 12℃或以下）和热夜（最低气温在 27℃或以上），则有较显著且持续的变化趋势，其中冷夜每 10 年约减少 1.4 天，热夜则每 10 年约增加 1.9 天。此外大雨（大于 50 毫米/日）和暴雨（大于 100 毫米/日）的频率也有所增加，100 年的线性趋势分别为 3.6 日和 1.4 日。

澳门降水的年代际变化明显。20 世纪整体呈增加趋势，每 10 年降水增加量约为 37.9 毫米。其中以夏季降水增幅最为显著，其余季节变化并不明显。根据气候变化检测、监测和指数专家小组（ETCCDI）的定义，澳门地球物理暨气象局计算了各气候变化指数（见表 8-5），整体变化情况也反映了变暖的趋势，同时降水强度和最大连续 5 天降水也有显著增加趋势。

表 8-5 澳门气候变化指数表（根据 1901—2020 年资料）

指数	概念	每 10 年变化
ID12	冷日	-0.138 日
CD12	冷夜	-1.44 晚
SU33	酷热日	0.30 日
TR27	热夜	1.91 晚
TXx	年最高温度	0.058℃
TNx	年最高的日最低温度	0.051℃
TXn	年最低的日最高温度	0.072℃
TNn	年最低温度	0.087℃
SDII	平均日降水强度	0.42 毫米/日
Rx5 day	最大连续 5 日降水	7.72 毫米

（二）未来气候变化趋势

根据澳门过去的气候资料，并采用 IPCCAR5 中不同温室气体排放情景和气候模式模拟结果，评估了未来澳门气候变化的情况。

主要结论如下：一是澳门平均气温将继续呈上升趋势。在所有情景下，到本世纪中期（2050—2059 年）气温将较 1956—2005 年的平均值升高 1.4℃~2.2℃；到 21 世纪末（2090—2099 年）气温将升高 1.4℃~3.9℃（表 8-6）；到本世纪末所有季节气温同样呈上升趋势（表 8-7）。二是澳门 21 世纪中期、末期雨季降水强度有增大的趋势，最高可达 14%。

表 8-6 澳门未来气温变化的多模式评估（相对于 1956—2005 年）

温室气体排放情景	温度（℃）	
	2050—2059 年	2090—2099 年
RCP2.6	1.4	1.4
RCP4.5	1.6	2.1
RCP6.0	1.3	2.5
RCP8.5	2.2	3.9

表 8-7 澳门未来不同季节气温变化情况（相对于 1956—2005 年）

温度(°C) (2090—2099 年)				
温室气体排放情景	春	夏	秋	冬
RCP2.6	1.3	1.3	1.4	1.5
RCP4.5	2.1	2.0	2.3	2.3
RCP6.0	2.2	2.4	2.6	2.7
RCP8.5	3.8	3.8	4.1	4.1

三、澳门主要脆弱领域

（一）水资源

澳门 98% 以上的供水来自珠江支流西江，其未来水资源的变化情况主要取决于珠江流域的降水变化、上游水资源利用状况及南海海平面变化等情况。根据国家分析结果，近 30 年南方河流径流量变化不大，但因澳门经济高速发展，在 2001—2020 年的 20 年间用水增加至 1.7 倍多。由于南海海平面上升，海水在珠江枯水期入侵珠江流域的情况更为严重，造成的咸潮现象也较为普遍，直接威胁澳门的供水安全。

珠江流域径流量难以满足珠三角高速城镇化和人口增长对水资源需求的增长。此外，华南降水未来有可能更集中于夏、秋两季，冬、春两季的降水将出现持续减少的情况，在全球变暖、海平面上升的大背景下，未来冬春枯水期咸潮出现的可能性增加。如何妥善储存和运用夏秋大雨频发季节的降水显得尤其重要。

（二）陆地生态系统

近几十年来，澳门山林植被中的热带藤本植物生长速度加快，其大面积覆盖使树木因无法进行光合作用而持续衰弱至死亡，林下的苗木也因无法获得足够阳光而影响正常成长，导致林区无法自然更新，且外来植物的入侵已影响到林分结构和其他植物的正常生长。同时，山林发生病虫害现象也呈上升趋势，初步评估认为可能与二氧化碳浓度和气温升高有关。进一步区分是气候变化还是城镇化人为因素造成的影响仍然相当困难。

为进一步了解气候变化对澳门生态的影响，除建立特定的自然保护区外，特区政府联合国内科研单位自 2011 年起持续开展动物基础调查和对气象条件敏感的动植物进行定期的监测研究，以建立更完善的资料，为未来的气候变化评估做准备。

（三）海平面变化与海岸带生态系统

澳门是一个沿海城市，其中以澳门半岛西岸地势最低，是受海平面影响最脆弱的地区，每当有较强的热带气旋移近珠江口沿岸或从珠江口登陆，可能会引发风暴潮，若适逢天文大潮，可造成严重的海水倒灌和大范围淹没。根据澳门

1925—2020 年潮测站的资料分析，澳门海平面平均以每年 1.7 毫米的速率上升，近 20 年上升速率有所加大，约为 2.5 毫米/年。自 20 世纪 70 年代至今，澳门曾受风暴潮严重影响共计 14 次，其中 9 次出现在近 20 年内。预计未来因天文潮海水倒灌淹没的程度和频率都会加剧，受强风暴潮影响的概率也会增加。

四、已采取的适应措施

澳门特区政府积极应对气候变化带来的影响，并持续开展相关的适应对策研究，近年来已采取了一系列适应气候变化的措施和行动，取得了积极成效。

（一）水资源

为稳定澳门的水资源供应、减少咸潮发生频率，澳门水资源适应对策主要包括加强水资源管理和构建节水型社会两方面。近年来，澳门已采取的措施和行动包括：2008 年，成立推动构建节水型社会工作小组，统筹和协调各项应对咸潮措施，推广节水知识，管理和规划水资源；2009 年，拨款 8 亿人民币支持广西大藤峡水利枢纽工程移民安置、水土保持和环境治理；2009 年，委托研究单位完成《澳门总体节水规划研究报告》；2010 年，制定《澳门节水规划大纲》，确立澳门未来 15 年的节水工作发展路线；通过粤澳合作于 2011 年建成广东珠海竹银水库，澳门获得约 1600 万立方米的总运作水量；2015 年完成澳门大水塘水厂工程，澳门的日供水能力从 33 万立方米增加到 39 万立方米；2018 年开始兴建路环石排湾净水厂；2019 年第四条珠海供澳原水管道投入运作，提高了供水系统效能；2020 年平岗-广昌原水保障工程通水，大幅增加珠海对澳供水的稳定性和抗风险能力。

（二）陆地生态系统

2001 年，特区政府在位于路氹填海区西部的湿地建立了首个生态保护区，总面积约 55 公顷，保护动植物种类达 100 多种。在 2019 年和 2020 年的非鸟季期间，开展生态一区滩涂优化工作，改善水鸟、底栖动物和鱼类的生活环境，使近年候鸟返澳数字基本保持稳定。此外，为了避免藤本植物继续影响林区的生态功能，特区政府持续开展对各区山林的护理及清藤工作，并对林区进行林分改造。

（三）海平面及海岸带

为减少风暴潮和天文大潮导致的淹没对经济发展和城市运行所造成的损失，特区政府采取了多项措施，主要包括：2017 年，开展研究于湾仔水道兴建挡潮闸工作，减低风暴潮和天文大潮造成的低洼地区水浸；2018 年完成了《低洼地区新建筑物电力装置的技术规范》，强制规范新建的变压房、分线电箱及电表等电力设施设置在“防浸高程”之上的位置，以提高城市基础设施的防洪标准；同年，优化风暴潮警告制度，提高政府部门和市民做好预防和应变工作的能力。此

外，已对红树林开展定期的监测和保护工作，持续改善沿岸滩涂的红树林生长环境，确保滩涂生态系统的物种多样性。

五、未来拟采取的适应措施

2019年，特区政府公布了《澳门特别行政区防灾减灾十年规划（2019—2028年）》，评估澳门在自然灾害、事故灾难、公共卫生事件、社会安全事件等领域主要面临的风险和挑战，确立澳门未来应急能力建设的优先领域，制定9个方面的规划任务主线，并用37项指标以全面反映未来10年澳门防灾减灾与应急能力建设的成效。其中，包括加强基础设施防灾减灾能力、完善应急管理体系、强化风险管理与监测预警能力、提高社会协同应对能力等，以应对因气候变化可能加剧的极端和恶劣天气事件、水资源短缺问题等，并提高城市整体应对气候变化能力。

第四章 减缓气候变化相关政策与行动

特区政府一直高度重视减缓气候变化的工作，致力于采取优化能源结构、节约能源、提高能效，以及城市绿化、公交优先等政策措施，推动绿色低碳经济社会建设，为有效控制温室气体排放贡献力量。

一、控制温室气体排放的政策和目标

2016年，澳门制定了《澳门特别行政区五年发展规划（2016—2020年）》，确定积极配合国家绿色发展战略，大力推动绿色、低碳、减排之文明健康生活模式的行动纲领。2021年，公布了《澳门特别行政区经济和社会发展第二个五年规划（2021—2025年）》，进一步确立了控制温室气体目标为：2025年单位地区生产总值温室气体排放在2005年基础上降低55%，并争取在2030年或之前实现碳达峰。

为系统开展澳门环境保护工作，完成控制温室气体排放的目标，2010年制定了《澳门环境保护规划（2010—2020）》。该规划围绕“可持续发展、低碳发展、全民参与、区域合作”四大核心理念，以改善人居环境、保障居民健康为目标，分近期（2010—2012年）、中期（2013—2015年）及远期（2016—2020年）三个阶段实施。为监督规划的实施，特区政府分别于2014年及2016年对规划进行成效评估，并于2022年发布了《澳门环境保护规划（2010—2020）实施及成效评估》，对执行情况进行全面总结，评估了规划期间环境质量、资源利用的变化以及环保工作的完成情况，为下一阶段环境保护规划的制订提供借鉴及建议。2022年发布了《澳门环境保护规划（2021—2025）》，从推动电动车应用、节能减排、绿色城市建设、绿色生活和消费、企业环保等方面制定了应对气候变化

及推动低碳发展相关的多项措施行动计划。

二、减缓温室气体排放行动

（一）能源工业

优化能源供应结构。电力供应方面，继续通过内地南方电网输入电力以满足澳门主要用电需求。根据《关于 2010—2020 电力合作框架协议》的补充协议，自 2017 年起输入电力中清洁电能（包括水电、核电、风电和太阳能发电）的比例为 40% 以上，未来将根据南方区域内电源结构的优化状况逐步提高相关比例。本地发电将以天然气为主要能源，现有燃油机组为应急备用，未来将在更新燃气发电机组时研究引入碳捕集技术。此外，将继续充分利用包括垃圾焚化和厨余等在内的生物质能生产的电力。

推动清洁能源的使用。为推动清洁能源的使用，澳门引入了大量天然气以代替重油，并于 2008 年正式实现天然气发电。2020 年，澳门天然气发电比例由 2017 年的 52.9% 上升至 57.1%，发电相关的温室气体排放减少；未来，澳门将进一步提高天然气发电比例。此外，特区政府已于 2012 年启动了公共天然气管网的建设工程，2017 年基本完成路氹区天然气主干管网建设工程，2021 年开展了连接氹仔与澳门半岛之间过海供气管道的建造，建成后供气网络将延伸至澳门半岛南部。同年修订了《建筑物中燃气管路供气设施的技术规章》，要求新建楼宇须兼容天然气使用。未来将在具备条件的公共项目中优先使用天然气，同时推动酒店和旅游设施等转用或扩大使用天然气。

扩大可再生能源应用。为推动太阳能光伏发电，特区政府在上网电价和光伏电力收购合同方面创造激励因素，鼓励安装相关系统以逐步扩大绿色能源的使用。2015—2021 年期间，已有 5 个部门或机构在安装太阳能光伏系统后并网售电。

《澳门特别行政区经济和社会发展第二个五年规划（2021—2025 年）》提出了新建公共房屋天台的光伏发电系统或植被面积不少于露天面积的 30%。未来，将继续加大力度推动太阳能光伏发电利用，鼓励私人安装太阳能光伏系统，在具备条件的新建公共项目楼顶优先选择安装太阳能光伏系统。

（二）交通运输

实施陆路交通公交优先政策。特区政府继续执行 2010 年推出的《澳门陆路整体交通运输政策（2010—2020）》。2019 年，全长约 9.3 千米的轻轨氹仔线正式开通，共设 11 个车站，覆盖氹仔市中心的主要住宅区、旧城区及旅游区，开通首月载客量超过 82 万人次。

推动电动车普及使用。按照《澳门特别行政区五年发展规划（2016—2020 年）》，为完善电动车充电配套设施，2020 年完成了特区首个五年规划的建设

目标，分阶段于全澳门 42 个公共停车场及 7 处公共道路共建 200 个轻型汽车和 2 个电单车充电位。2022 年度施政报告以及《澳门特别行政区经济和社会发展第二个五年规划》（2021—2025 年）已提出澳门的电动车应用方向。政府将继续带头推动电动车使用，在现有公共停车场适当增设充电设备，未来新建公共停车场、新建公共楼宇的全部停车位将预留充电容量及基础设施。在具备法律条件下，新建私人楼宇全部停车位也会引入同类的要求。

参加“机场碳排放认可计划”。澳门国际机场自 2014 年起获得国际机场协会（亚太区）“机场碳排放认可计划”中“减少”级别（即第二级别）认证后，于 2017—2020 年继续推行各项措施，包括逐步将照明系统更换为节能灯泡，将机场车队的车辆替换为环保车辆，并计划调节空调温度及灯光开关时间。由于 2019 年后澳门国际机场的起降架次大幅减少，然而，机场还需以最基本的能耗以维持日常运作，因此，2020 年机场每起降架次之碳排放量比 2012 年有所增加。

（三）节能和提高能效

公共部门和机构能源效益及节能计划。2016 年开始实施公共部门及机构能源效益评估计划，在持续推行能源管理机制的同时，参考邻近地区的能耗限额标准，制定了适合澳门情况的能耗限额标准（部门人均年耗电 3000 度或部门每平方米年耗电 150 度），让各部门确定更清晰的节能目标，持续改善和优化能源管理工作。相关计划持续至今，并定期举办“能源管理基础工作坊”，新加入能源管理小组的成员介绍能源管理的机制、相关知识及节能方法。

公共户外照明系统节能。2008 年，制定了《澳门公共户外照明设计指引》，推动 LED 灯在公共户外照明中的应用。经先后在石排湾公屋区及新口岸皇朝区应用 LED 路灯后，于 2017 年 6 月启动了路灯更换工程，计划逐步把约 14,000 盏标准杆的高压钠灯更换为 LED 路灯，达到节能、美观和安全的作用。到 2021 年底更换计划已基本完成，全澳门 LED 街灯占全部街灯总数约 54%。

（四）酒店和旅游业

推动酒店业减排。自 2007 年开始，每年举办“澳门环保酒店奖”，以鼓励酒店及相关产业实现环保、低碳及清洁发展的目标。自该奖励计划设立以来，特区政府持续优化及完善评审标准，参与的酒店数目不断增加，截至 2020 年，环保酒店数目由首届的 8 家增加至 57 家，占全澳酒店总数约 50%，得奖酒店均安装了 LED 照明灯具，部分得奖酒店更设置太阳能设施，产生再生能源供酒店使用。得奖酒店设置电动车充电位的数目与去年相比增加超过 70%，使用电动车辆作穿梭巴士的得奖酒店数目也增加超过 30%。此外，特区政府持续推动酒店业碳审计工作，推动酒店企业参与节能减排。

（五）城市绿化

增加绿地面积。特区政府持续种植新树木，积极提高澳门的绿化面积比例，每年在公园、休憩区及人行道开展植树工作。2017—2020年，氹仔海滨休憩区沿岸种植红树苗逾万株，路环林区改造植树逾6000株。2017年，澳门经历了超强台风吹袭后，山林树木受到了不同程度损害。2018年，特区政府启动山林修复工作，并通过补种和换植等方式，打造具有高生态效益和特色景观的生态廊道，全面推进森林的高质量重建。此外，特区政府每年举行“澳门绿化周”，通过各类绿化宣传活动带动全民参与澳门绿化建设工作。

扩大绿化空间。为实现绿色城市目标，扩大绿化空间，特区政府自2011年起还将绿化深度扩展至公共垃圾房、行车天桥桥墩及候车站等顶部及立面。2017—2020年，继续于广场、街道加设植物荫棚，并通过道路斜坡绿化、中间隔离带绿化及规划建设空中绿廊，通过各种方式加强道路绿化、发展立体绿化、屋顶绿化，以增加澳门各区的立体绿化空间。2020年起，分阶段建设澳门半岛南岸海滨绿廊，通过调整绿化带布置，增植树木及绿化植物，为市民提供休闲、舒适的林荫大道。

第五章 其他相关信息

澳门在加强气候系统观测和研究，组织开展气候变化教育、宣传和培训工作，鼓励公众参与，增强气候变化意识等方面也开展了一系列活动。

一、气候系统观测

澳门面积虽小，但设有较为密集的大气和海洋观测网络，其中包括16个自动气象监测站、1个气候观测站、1个大气辐射监测站、6个空气质量监测站、2个潮汐监测站。另外，因风暴潮和天文潮海水倒灌问题，2020年陆地自动水位监测站增设至20个，分布在西部沿岸低洼地区，以监测沿岸水位的变化和淹没情况。

二、气候变化研究

澳门的气象观测历史悠久，资料系统而翔实，地球物理暨气象局通过整理历史资料，建立起1901—2000年的百年数据体系，为开展气候变化和相关研究提供了坚实的基础，并获得了高水平研究成果。澳门除继续加强常规气象和海平面高度监测和分析研究外，还对资料相对较少、观测时间较短的生态监测进行了补充，对候鸟状况开展了监测、对各类植物进行了深入的基底调查等。

研究制定澳门应对气候变化相关行动方案。为此需要进行多项基础研究和专

题调研，为政策制定提供支持。主要研究工作包括：整理 1901 年以来的气象资料；引进多种全球气候变化模型，通过降尺度分析评估气候变化对澳门的影响，特别是对水资源供应的影响；研究气候变化对台风及强降水等极端天气事件的影响，评估灾害性天气的风险，特别是台风引起的风暴潮对澳门社会经济可能造成的损失。

三、教育、宣传与公众意识

特区政府十分注重应对气候变化的宣传和教育，增强公众意识，倡导共同保护全球气候环境。自 2008 年以来，特区政府每年举办“澳门国际环保合作发展论坛及展览（MIECF）”，为各界环保合作提供高效平台，得到各界欢迎和肯定。

气候变化教育方面。在向市民开展气候变化的宣传和教育过程中，特区政府尤其重视培养学生良好的观念和行为习惯。在正规教育方面，特区政府于 2014/2015 学年起有序实施《本地学制正规教育课程框架》，并于 2015/2016 学年起有序实施《本地学制正规教育基本学力要求》的相关规定，确保按不同教育阶段学生的学习特点，规范及引领学校将环保教育相关内容渗透到科目中，包括关心环境变化、环境保护、珍惜资源、建立可持续发展观等，并掌握与环保教育相关的知识、技能、能力、情感、态度和价值观，让学生从幼儿教育阶段起逐步认识环保教育的内涵及其影响，建立爱护环境和珍惜资源的意识与责任感。2013 年公布了《澳门青年政策（2012—2020）》，使各项青年事务能有效实施，当中更强调增强青年的环保意识和逐步培养青年参与环境保护习惯，树立绿色低碳发展理念，以节能减排为重点提倡绿色简朴生活。

气候变化宣传方面。澳门有关部门和团体不但通过电视、网络、报纸等多种媒体宣传节能减排和绿色低碳生活理念，还编写出版多种气候变化相关的宣传材料，如《能源故事之认识清洁煤之旅》《节能梦游记》《琵鹭宝宝发现了》等宣传小册子。

另外，特区政府也致力向公众推广珍惜水资源的信息。为培养学生的节水观念，相关部门推出了“校园节水推广计划”。2015 年起，推出了校园节水宣传剧《威水超人》，编制了《威水超人》节水故事册及《澳门水资源小知识》等刊物；2019 年推出“校园节水计划”，培养学生建立珍惜水资源的价值观。为加强推广节水知识，举办了“海安全·水优质”社区巡礼，以工作坊、话剧等形式，让市民认识澳门水资源状况，以及保护珍贵水资源的重要性。针对酒店和商户，也推出了“酒店节水计划”及“商厦节水计划”等，务求唤起大众节约水资源的意识。

四、技术和能力建设需求

澳门重视气候变化领域的技术和能力建设。设立了“环保与节能基金”，用于资助中、小型企业和社会团体等组织及机构，以提升对环保节能的参与度，拓展环保节能产业的发展空间，推动环保节能的多元发展。同时在政府各部门预算中，都对研究和落实应对气候变化相关工作做出了相应的资金安排。虽然澳门在应对气候变化工作上已采取了一系列政策措施与行动，但在多个领域中仍受到技术能力不足的制约。

在减缓气候变化方面，澳门正积极提高能源效率和再生资源的利用，以减少本地碳排放，因此需要的主要技术包括建筑节能技术、高效太阳能利用技术、垃圾回收利用和循环再造技术、氢能发电技术、碳捕集与封存技术、电动车快速充电技术等。

在适应气候变化方面，澳门急需加强对海岸带的防护，因此需要的主要技术包括：再生水的利用技术、海平面上升预测评估技术、高效防洪技术、生态系统恢复和重建技术以及气候变化造成的灾害性天气评估方法和手段等。

在能力建设方面，需要建立一套“能源—经济—环境—人口”耦合的非线性动态模型，用于评估澳门未来对能源的需求；提升政府机构的执行能力，进行教育和宣传来提高对气候变化的认知，从而加速低碳社会经济的建设。

澳门希望通过开展广泛合作和能力建设，提高技术水平，共同应对气候变化。

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/China_NC4_Chinese.pdf