

| 前 言 |

在全球应对气候变化的关键时期，碳达峰碳中和已成为世界各国实现可持续发展的核心议题。中国作为负责任的大国，积极为推动全球气候治理贡献中国智慧和力量。在这一宏大背景下，青海省因其独特的生态地位和资源优势，在国家“双碳”工作布局中扮演着举足轻重的角色。《青海省碳达峰碳中和战略研究》一书，在这样的时代需求下应运而生，它聚焦青海省，深入剖析其在“双碳”领域的现状、挑战与机遇，为探寻具有青海特色的低碳发展之路提供了全面而深入的思考。

青海省地处青藏高原东北部，是我国重要的生态安全屏障和战略资源储备基地。这里不仅拥有广袤的森林、草原和湿地，是众多珍稀动植物的栖息地，更是长江、黄河、澜沧江的发源地，素有“中华水塔”之称，其生态系统的稳定与健康，对维护国家生态安全至关重要。同时，青海省丰富的太阳能、风能、水能等清洁能源资源，以及盐湖资源等，为其在能源转型和绿色发展方面提供了得天独厚的条件。然而，青海省在经济发展过程中，也面临着生态系统脆弱、产业结构偏重、能源利用效率有待提高等问题，如何在实现“双碳”目标的同时，保障经济社会的可持续发展，成为青海省亟待解决的重大课题。

本书以科学严谨的态度，对青海省碳排放与生态碳汇现状进行了系统分析。通过大量翔实的数据和深入的研究，清晰地呈现了青海省碳排放的主要来源、产业分布以及生态碳汇的潜力和特点。在此基础上，运用先进的预测模型和方法，对青海省碳达峰情景进行了全面预测，识别主要的排放行业领域，分析减排目标，谋划区域降碳增汇的主要途径，为制定科学合理的碳达峰路径提供了有力支撑。

在经济转型升级策略研究方面，本书深刻剖析了青海省在“双碳”目标下所面临的挑战与机遇。传统高耗能产业比例较大，给碳减排带来了巨大压力，但共建“一带一路”倡议等的推进，也为青海省提供了产业转型和绿色发展的新契机。本书围绕重点高耗能产业绿色转型升级、特色盐湖产业高质量发展、清洁能源高质量发展、生态产业高质量发展以及城乡建设融合高质量发展等，提出了一系列具有针对性和可操作性的策略建议，旨在推动青海省经济实现绿色、低碳、可持续发展。

青海省碳中和示范区建设模式研究是本书的一大亮点。本书深入挖掘青海省在发电端、消费端、固碳端的独特优势，提出了切实可行的示范区建设总体路径和工作重点。从构建绿色能源体系到推动绿色消费，从加强生态保护与修复到促进区域协同发展，每一项举措都紧密结合青海省实际，为打造具有引领意义的碳中和示范区提供了清晰的蓝图。

此外，本书还对青海省“双碳”建设对我国“双碳”目标的贡献程度进行了系统分析。通过全面评估青海省在清洁能源开发、生态碳汇提升、产业绿色转型等方面的潜力和贡献，明确了青海省在国家“双碳”工作中的重要地位和价值。这不仅有助于提升青海省在全国“双碳”实践中的影响力，也为国家制定宏观政策提供了重要参考依据。

《青海省碳达峰碳中和战略研究》一书，凝聚了作者的心血和智慧，为青海省乃至全国在“双碳”领域的研究和实践提供了宝贵的经验与借鉴。希望本书的出版能够引起社会各界对青海省“双碳”工作的广泛关注和深入思考，推动更多的科研人员、政策制定者和企业投身到青海省的绿色发展事业中来。相信在各方的共同努力下，青海省一定能够在“双碳”征程中走出一条独具特色的发展之路，为实现国家“双碳”目标和全球气候治理做出重要贡献。

除了几位作者外，参与本书研究工作者还包括曾静静、钟方雷、刘莉娜、张辰、韩金雨等，本研究还得到了青海省及下辖市州发展和改革委员会等相关单位支持，特向支持和关心作者研究工作的单位与个人表示由衷的感谢。

由于碳达峰碳中和研究涉及社会学、经济学、气候学、生态学、地理学等多个学科的知识，相关研究方法复杂，研究难度较大，再加上时间仓促，作者水平及资料所限，存在不足之处在所难免，恳请读者提出宝贵意见和建议。

作 者
二零二五年秋

| 目 录 |

前言

第 1 章 “双碳”研究概述	1
1.1 碳达峰碳中和的科学内涵	1
1.2 国际“双碳”研究背景	4
1.3 国内“双碳”研究背景	9
第 2 章 青海省碳排放与生态碳汇现状分析	14
2.1 青海省生态环境与社会经济特点	14
2.2 青海省二氧化碳排放现状	20
2.3 青海省生态系统碳汇现状	28
第 3 章 青海省碳达峰情景预测	32
3.1 青海省经济产出预测与碳强度预测	32
3.2 共享社会经济路径下青海省城市化与人口预测	53
第 4 章 碳达峰目标倒逼下的青海省经济转型升级策略研究	68
4.1 “双碳”目标下青海省经济转型升级策略需求	68
4.2 青海省经济转型升级与高质量发展目标及思路	71
4.3 目标倒逼下的经济转型升级和高质量发展重点	73
4.4 目标倒逼下的经济转型升级和高质量发展建议	102
第 5 章 青海省碳中和示范区建设模式研究	112
5.1 青海省碳中和示范区建设的优势条件	112
5.2 青海省碳中和示范区建设的总体路径与工作重点	132
5.3 青海省碳中和示范区建设的重点任务	162
5.4 青海省碳中和示范区建设的政策建议	193
第 6 章 青海省“双碳”建设对我国“双碳”目标贡献程度研究	195
6.1 青海省“双碳”建设工作基础	196

6.2 青海省重点行业碳排放预测	200
6.3 能源供给端：清洁能源高地的“双碳”贡献	208
6.4 固碳端：生态文明高地的“双碳”贡献	215
6.5 消费端：绿色有机农畜产品输出地的“双碳”贡献	219
6.6 消费端：盐湖产业高地的“双碳”贡献	221
6.7 综合示范：青藏高原碳中和先行示范区“双碳”贡献	226
6.8 结论与发展建议	227
参考文献	231

| 第 1 章 | “双碳” 研究概述

1.1 碳达峰碳中和的科学内涵

1.1.1 全球气候变化

1. 近百年来全球气候发生的变化

联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）新评估报告显示，截至目前，地球表面的平均温度比 19 世纪末（工业革命前）升高了 1.1°C ，是过去 10 万年来的最高水平。过去 10 年（2011 ~ 2020 年）是有记录以来最温暖的 10 年，而最近 40 年中，任何一个 10 年的平均气温都比 1850 年以来的任何一个 10 年更高。这表明近百年来全球气候出现了以变暖为主要特征的系统性变化。许多人认为气候变化主要意味着温度升高，但这还只是开始。由于地球是一个统一的系统，万事万物都相互关联，一个地区的变化可能会造成所有其他地区的变化。气候的变化是广泛、迅速和加剧的，降水模式改变、海平面上升、冰川融化、海洋变暖以及更频繁、更剧烈的极端天气事件，这些只是部分变化，就已经对数百万人产生了影响。其中，如海平面上升或冰盖融化等变化，在数百至数千年内是不可逆转的。部分人群对气候变化更为敏感，如生活在小岛屿发展中国家的人们。气候变化不仅会影响他们的健康、种植粮食的能力、住房、安全和工作，海平面上升和海水侵入等威胁更是发展到整个社区不得不搬迁的地步。未来，因气候变化而被迫流离失所的人口数量预计将持续增长。

早在古希腊（公元前 1200 年 ~ 公元 323 年），人们就在争论排干沼泽或砍伐森林会给该地区带来更多还是更少的降水，这也是早期人类对自身的行为与气候联系起来的实例，不管当初结论是怎样的，至少表明人类已经意识到自身活动对气候的影响。古希腊的辩论是最早有记录的气候变化讨论之一，但其关注点仅局限于局部地区。直到几千年后的 1896 年，瑞典科学家斯万特·阿伦尼乌斯（1859 ~ 1927 年）才成为第一个设想人类可以在全球范围内改变气候的人。

在古代进行气候观测时，大多采用人工观测的方式，观测要素仅包括降水、温度要素，且观测工作多由官方组织开展，如中国的钦天监承担着观察天象、推算节气、制定历法等与气候息息相关的职责。中国最早的现代气候观测站为上海徐家汇观象台，由法国教会于 1872 年建立。随着时代与科技的进步，人类对气候观测的要素及手段也在不断发展。19 世纪后期到 20 世纪 30 年代，世界范围的气候观测只有地面气温、降水量和气压。美国最早绘制了 20 世纪以来北半球月平均海平面气压图。对流层气温序列相关工作最早开始于 1958 年，且仅限于北半球。1978 年以来，卫星观测得以应用，如国家航空航天局（NASA）网站的中分辨率成像光谱仪（MODIS）卫星及陆地卫星（Landsat），其观测范围可覆盖南北两个半球，成为获得覆盖最完整、分辨率均匀卫星影像数据的来源。近年来，科研领域已建立主要限于全球陆地的全球降水量的格点序列。气温、降水量和气压这三种要素观测序列最长，同时能够反映气候状况的基本要素，成为气候监测的最主要内容。

2. 引起气候变化的因素

气候变化是指温度和天气模式的长期变化。这些变化可能是由自然原因造成的，如太阳活动的变化和大型火山爆发。气候科学家表示，自 19 世纪以来，人类活动是过去 200 年来全球变暖的最主要原因。人类活动产生温室气体排放，特别是煤炭、石油和天然气等化石燃料的燃烧会产生温室气体排放，这些气体就像包裹着地球的毯子，捕获太阳的热量并使温度不断升高，导致世界变暖的速度比过去两千年的任何阶段都要快。

3. 温室气体对升温的影响

温室气体指的是大气中能吸收地面反射的长波辐射，并重新发射辐射的一些气体，如水蒸气、二氧化碳、大部分制冷剂。它们的作用是使地球表面变得更暖，类似于温室截留太阳辐射，并加热温室内空气的作用。这种温室气体使地球变得更温暖的影响被称为温室效应。水汽、二氧化碳、氧化亚氮、氟利昂、甲烷等是地球大气中主要的温室气体。

造成气候变化的主要温室气体是二氧化碳和甲烷。这些气体的来源包括汽车所用的汽油或为室内供暖而燃烧的煤炭。开垦土地和森林会释放二氧化碳。农业、石油和天然气作业是甲烷排放的主要来源。因此，能源、工业、交通、建筑、农业和土地使用均是温室气体主要的排放源。

1.1.2 气候变化的影响

气候变化的后果包括极端干旱、缺水、重大火灾、海平面上升、洪水、极地冰层融化、灾难性风暴，以及生物多样性减少等。极端干旱、缺水、灾难性风暴等极端天气对粮食安全产生了深远的影响，尤其是高温、暴雨带来的干旱洪涝灾害，会直接影响粮食产量和粮食品质。高温天气会促使作物生长加快、生长期缩短，进而导致作物质量下降，影响粮食品质，如口感、储存稳定性和食用价值等。在暴雨洪灾情况下，灌浆期的粮食作物会因光照不足而出现单产降低的情况，同时还会引起粮食霉变的问题，影响粮食品质。干旱引起的水分短缺会对农作物造成一定危害，使得作物颗粒不够饱满，收获脱粒时会有更多颗粒未能从秸秆上脱离下来，从而导致作物产量降低，甚至绝收；同时收获的粮食颗粒中往往也会混杂更多秸秆碎末，致使品质下降。IPCC 第六次评估报告指出，21 世纪气候变化对粮食产量的影响仍以负面为主，变化幅度随不同作物、时间、地区变化差异较大。气候变化使玉米、大豆、水稻、小麦产量每 10 年分别减少 2.3%、3.3%、0.7%、1.3%。

极地冰层融化、洪水、灾难性风暴等引发的海平面上升现象对人类社会有着非常直接且多方面的影响，会进一步扩大海洋、气象和生态灾害的影响范围和程度。随着海平面上升，沿海地区面临更为频繁且剧烈的风暴和洪水，风暴潮（即风暴期间的洪水）将到达更远的内陆。同时，随着气候变化，海洋变暖可以为飓风提供更多的能量，使得飓风更强，并增加风暴潮的强度和影响范围。海平面上升也将重塑海岸线，淹没干旱地区，并侵蚀海滩、悬崖和沙丘等海岸地貌。海浪深入内陆会淹没湿地，并杀死固定沉积物的沼泽草。因失去植物的固定，沉积物会更易流失。海岸线的变化会直接影响到沿海经济社会生活和生产活动。海平面上升不仅带来水的问题，还有盐的问题。如果海水淹没沿岸的耕地和森林，一方面，原本生长的植物会被淹死；另一方面，当地土壤的化学性质乃至生态系统也会发生不可逆转的变化。此外，咸水也可以侵入地下，影响饮用水，这些过程称为盐水入侵。随着海平面上升，风暴潮和洪水事件加剧，盐水入侵将更加频繁。

气候变化对生态的影响主要体现在物候提前、植物生长季延长，生物多样性丧失风险增加，生态系统改变和退化等方面。在气候变暖的情景下，温带地区春季物候呈现提前的趋势，亚洲东部和北部一些区域植物的生长季有所延长；极端高温的加剧已致使数百个物种局地丧失，加快了物种丧失速度，其中一部分丧失（如物种灭绝）无法挽回；气候变化已经对一些陆地、淡水、沿海和海洋生态系统造成巨大破坏和难以逆转的损失。气候变化导致部分温带森林树木死亡，而热

带稀树草原和寒带苔原受树木侵蚀，这些变化对生态系统的结构、功能、恢复力及生态系统服务造成了重大影响；气候变化加快了动物疫病的传播，部分媒介、宿主动物因气候变化数量激增、分布范围扩大，进而导致疫病流行。

1.2 国际“双碳”研究背景

1.2.1 国际“双碳”政策的发展与进展

截至 2023 年，联合国人类环境会议已召开 12 届，其主要举办地为斯德哥尔摩、里约热内卢、纽约、约翰内斯堡等五个城市。1972 年，在斯德哥尔摩举行的联合国人类环境会议是首届将环境问题作为主要议题的世界会议，该会议提出“只有一个地球”的口号。与会者通过了一系列环境管理原则，包括《斯德哥尔摩宣言》和《人类环境行动计划》等若干决议。《斯德哥尔摩宣言》载有 26 项原则，将环境问题置于国际关注的首要位置，标志着工业化国家与发展中国家开始就经济增长、空气、水和海洋的污染以及全世界人民福祉之间的关联展开对话。《人类环境行动计划》包含三大类行动计划：①全球环境评估方案（观察计划）；②环境管理活动；③支持在国家和国际层面开展评估和管理活动的国际措施，这三大类行动计划再细分为 109 项建议。此外，建立联合国环境规划署也是该会议的主要成果之一。

《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC 是指联合国大会于 1992 年 5 月 9 日通过的一项公约。同年 6 月，在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展会议期间，该公约开放签署，150 多个国家以及欧洲经济共同体参与签署。1994 年 3 月 21 日，该公约生效。该公约由序言及 26 条正文组成，具有法律约束力，其终极目标是将大气温室气体浓度维持在一个稳定的水平，而在该水平上人类活动对气候系统的危险干扰不会发生。根据“共同但有区别的责任”原则，该公约对发达国家和发展中国家规定的义务以及履行义务的程序有所区别，要求发达国家作为温室气体的排放大户，采取具体措施限制温室气体的排放，并向发展中国家提供资金以支付其履行公约义务所需的费用。发展中国家只承担提供温室气体源与温室气体汇的国家清单的义务，制订并执行含有关于温室气体源与温室气体汇方面措施的方案，不承担有法律约束力的限控义务。此外，该公约建立了一个向发展中国家提供资金和技术，使其能够履行公约义务的机制。

《京都议定书》于 1997 年 12 月 11 日获得通过，由于批准过程复杂，该公约于 2005 年 2 月 16 日正式生效作为落实《联合国气候变化框架公约》的重要文

件，它要求工业化国家和转型经济体承诺根据商定的具体目标限制和减少温室气体（GHG）排放。目前，《京都议定书》共有192个缔约方。《京都议定书》以《联合国气候变化框架公约》的原则和规定为基础，并遵循其基于附件的构架。值得注意的是，该公约只对发达国家有约束力，并根据“共同但有区别的责任和各自能力”原则，要求发达国家承担更多责任，这是由于《京都议定书》认定发达国家对目前大气中温室气体排放量负有主要责任。

《巴黎协定》是已经到期的《京都议定书》的后续，是由全世界178个缔约方共同签署的气候变化协定，是对2020年后全球应对气候变化的行动作出的统一安排。《巴黎协定》的长期目标是将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在2.0℃以内，并努力将温度上升幅度限制在1.5℃以内。该协定于2015年12月12日在《联合国气候变化框架公约》第21次缔约方大会上通过，于2016年4月22日在美国纽约联合国大厦签署，并于2016年11月4日起正式实施。

1.2.2 主要国家地区“双碳”政策框架和行动计划

自《巴黎协定》签订以来，全球越来越多的国家作出碳中和承诺。根据英国能源与气候智库统计，截至2021年12月，全球已有136个国家和地区承诺碳中和。实现碳中和无疑极具挑战性，达到净零排放需要完全不同于以往的发展模式、技术基础和产业体系，需要在实践中逐步探索，并高度依赖政策的驱动作用。

1. 美国“双碳”政策框架及行动计划

美国于2000年碳达峰，美国气候政策受制于两党制博弈多次出现反复。1992年5月通过了《联合国气候变化框架公约》，但是该公约没有明确的减排目标。1993年10月，《气候变化行动方案》确定了2000年把美国温室气体排放量减少到1990年水准的目标。2001年3月，美国政府宣布单边退出《京都议定书》，并确立到2025年美国将遏制温室气体排放继续增长态势的目标。2008年，美国确定了以总量减排方式设定温室气体减排的具体目标和时间表，计划到2020年把美国的温室气体排放减少到1990年的水平，随后还提出2030年使所有新建建筑物的碳排放保持不变或实现零排放。2017年6月，美国特朗普政府宣布正式退出《巴黎协定》。2021年，美国拜登政府宣布重返《巴黎协定》，并制定了一系列应对气候变化推动碳中和进程的行业措施，试图弥补中央在气候政策方面的缺失。

美国在碳中和的进程中始终保持推进。美国温室气体排放控制法案的蓝本是

1963 年的《清洁空气法案》并沿用至今。1992 ~ 1999 年，美国政府出台了《联合国气候变化框架公约》《1992 年能源政策法》《气候变化行动方案》《2005 年国家能源政策法案》和《2007 年能源独立和安全法案》等，综合评估了美国温室气体排放情况，制定了温室气体减排的政府行动计划，不断推动节约能源、提升能源使用效率、促进可再生清洁能源使用及国际能源合作。在美国计划退出《京都议定书》和《巴黎协定》期间，《美国清洁能源与安全法案》“电力计划”和《总统气候行动计划》陆续出台，规定了一系列关于低碳经济发展的法规与激励政策，旨在提高能源效率，并对相关规划和具体实施方案进行了详细规定。

2021 年，美国重返《巴黎协定》，提出了《清洁能源革命与环境正义计划》《建设现代化的、可持续的基础设施与公平清洁能源未来计划》和《关于应对国内外气候危机的行政命令》。在经济上，新政府计划投入两万亿美元在交通、建筑和清洁能源等领域加大投入力度；在政治上，把气候变化纳入美国外交政策和国家安全战略并加强国际合作；在技术上，加速清洁能源技术创新，继续推动美国“3550”碳中和进程。

2. 欧盟“双碳”政策框架及行动计划

在欧盟完整的体系法规约束下，欧盟的减排速度较为突出，欧盟整体于 1990 年实现了碳达峰，时间横跨约 20 年。尽管在 2011 年欧盟委员会就提出了针对 2050 年的低碳路线展望，但直到 2018 年 11 月，碳中和的愿景才被首次提出。2050 年碳中和的目标确立主要经历了三个阶段：2011 年，欧盟委员会提出了到 2050 年实现具有竞争力的低碳欧洲路线图，按期执行欧盟能够实现国际上议定的 80% ~ 95% 的温室气体减排目标；欧盟委员会于 2018 年 11 月提出了气候中性欧盟的愿景；欧洲理事会于 2019 年 12 月批准了 2050 年前使欧盟达到气候中和的目标。欧盟于 2020 年 3 月向《联合国气候变化框架公约》提交了其长期战略。

欧盟作为碳中和理念提出较早、法律体系最完善的大型经济体，对于不同时间设有阶段性的减排规划。2007 ~ 2020 年，欧盟陆续提出了《2020 年气候和能源一揽子计划》《2030 年气候与能源政策框架》《2050 长期战略》《欧洲绿色协议》和《欧盟氢能战略》等政策，设定了在不同阶段应达到的目标，并在交通、建筑、能源等七大领域提出了具体举措。

3. 英国“双碳”政策框架及行动计划

在应对全球气候变化、实现碳中和目标上，英国通过制定一系列的承诺和改革举措，在该领域保持世界领先地位。早在 1972 年，英国就已实现本土碳达峰，

2008 年正式颁布《气候变化法案》，确定了到 2050 年温室气体排放量比 1990 年减少 80% 的长期减排目标，成为世界上首个以法律形式明确中长期减排目标的国家。在法案通过后的 10 年，英国温室气体减排初具成效，2018 年温室气体排放量比 2008 年下降了 30%。2019 年 6 月，英国正式确立到 2050 年实现温室气体净零排放的目标。2020 年 11 月，英国宣布了一项涵盖 10 个方面的“绿色工业革命”计划，包括大力发展海上风能、推进新一代核能研发和加速推广电动车等。2020 年 12 月，英国宣布了最新减排目标，承诺到 2030 年英国温室气体排放量与 1990 年相比，至少降低 68%。

英国签署《巴黎协定》后，加快了迈向碳中和的步伐。以 2008 年《气候变化法案》及 2019 年《气候变化法案（2050 目标修订案）》为核心的一系列政策框架，规定了英国 2050 年实现碳中和的社会目标。表 1-1 显示了英国在电力、能源、交通等五大领域制定的更为具体的 10 个战略子目标。

表 1-1 英国“2050 年碳中和”战略 10 个子目标

目标类型	目标内容
内部目标	2050 年或更早实现公司运营绝对零碳排放 2050 年或更早实现上游油气生产绝对零碳排放 2050 年或更早实现产品碳强度低于 50% 2023 年主要的油气加工现场实现甲烷排放强度的测量、透明报告降低 50% 增加对非油气业务的投资
外部目标	停止对共公司剩余广告宣传，将资源用于积极宣传气候政策，如碳价等 鼓励员工实现低碳，并在员工年度奖励中体现气候因素 重新审视国际贸易联盟，并适时退出，表达气候变化观点 成为行业透明披露的工人领袖，支持气候变化相关财务信息工作组等组织信息披露 成立帮助国家、城市和公司去碳的团队

4. 俄罗斯“双碳”政策框架及行动计划

自 1997 年签署《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》以来，俄罗斯气候政策几经变化。1997 年，俄罗斯政府签署了《京都议定书》，并于 2004 年正式完成了国内的批准程序。2009 年，俄罗斯能源部通过了《2030 年前能源战略》。2013 年，俄罗斯总统签署了第 752 号法令“关于减少温室气体排放”。同年，俄罗斯计划到 2020 年将人为温室气体限制在 1990 年水平的 75%，到 2030

年限制在 70%。2014 年，俄罗斯政府通过了第 504-p 号决议“关于减少温室气体排放”。2015 年 3 月，俄罗斯向《联合国气候变化框架公约》提交了新的气候行动计划。同年 12 月，该国在联合国气候峰会上通过了《巴黎协定》。2016 年 4 月，俄罗斯签署了《巴黎气候协定》，并于 2019 年正式完成国内批准程序。2020 年，俄罗斯政府批准了《2023 年前第一阶段适应气候变化的国家行动计划》。2020 年初，该国政府发布了《长期低碳经济发展战略草案》和《使经济适应不利气候变化的国家计划草案》。2020 年的行动计划中明确规定了俄罗斯第一阶段（2020~2022 年）应对气候变化具体工作，包括：制定行动措施和实施方案、出台法律法规、起草行业部门及地区章程，以及提供信息与科研保障支持等。2021 年 11 月 1 日，俄罗斯批准了《俄罗斯到 2050 年前实现温室气体低排放的社会经济发展战略》。该战略对俄罗斯低碳发展和减排前景提出了以提高森林等生态系统固碳能力、实现能源转型为基础的目标计划，并指出俄罗斯将在经济可持续发展的同时实现温室气体低排放，并计划到 2060 年之前实现碳中和。

1.2.3 全球碳排放现状

20 世纪 70 年代至今，全球碳排放与全球经济发展基本呈现出正相关关系，随着全球经济发展，碳排放量和人均排放量均有大幅增长。从排放总量和增速来看，全球碳排放量与经济总量呈现同步上升趋势，但近年来增速有所放缓。

在排放总量方面，经济总量与碳排放同步增长的原因是经济增长加大了各经济部门对电力、石油等能源的需求，而电力生产、石油和天然气等化石能源使用都会产生大量碳排放。然而，经济衰退时期能源使用量下滑，碳排放量也同样出现阶段性下滑特征，如 2008 年国际金融危机、2020 年新冠疫情都带来了阶段性的碳排放量下降。2018 年，全球碳排放量达到 340.5 亿 t 的历史峰值，是 1965 年的 3 倍。在增速方面，随着气候问题逐步成为全球共识，各国纷纷采取措施控制碳排放，碳排放增速开始放缓，直到 2019 年，全球碳排放增长率已接近 0。

从区域结构来看，亚洲在中国、日本等国家经济增长的驱动下碳排放量快速增加，逐步成为世界第一大碳排放地区；北美洲、欧洲的碳排放量则逐步走低，进入负增长阶段。大洋洲、非洲、南极洲的碳排放量较小。

从区域碳排放总量来看，亚洲是当前世界第一大碳排放地区，碳排放量远超其他区域。这是由于二战后很多亚洲国家开始进行大规模经济建设，随着中国、日本、韩国、印度等国家经济的快速发展，对能源、工业产品等的需求剧增，从而带动了碳排放量的快速增长。亚洲的碳排放量在 1985 年超过北美洲，在 1992 年超越欧洲，成为世界碳排放最多的地区，碳排放量从 1965 年的 16.46 亿 t 增长

到 2019 年的 202.42 亿 t，增幅超过 11 倍。而欧洲和北美洲年度碳排放量大体上在 2008 年前后开始逐渐减少。从区域碳排放增速来看，亚洲增速开始进入下行通道，欧洲、北美洲增速已经保持在负值。在 2011 年以前，亚洲除个别年份外均保持着较高的排放增速，随着各国逐渐重视碳排放问题，2011 年以后该地区增速进入下行阶段；而欧洲在 1990 年以后碳排放增速多保持在负值，北美洲亦在 2007 年后的多数时间里呈现负增长态势。

从排放来源来看，电、热生产活动，制造产业和建筑业以及交通运输业是碳排放最主要的来源，预计未来仍将是减排的关键领域。电、热生产活动是全球主要的碳排放来源。目前，供电行业以煤炭、石油、天然气等化石燃料燃烧作为最主要的发电方式，供热产业也同样以燃烧化石燃料作为主要的供热方式。然而，化石燃料燃烧会带来大量碳排放。2018 年，全球主要电、热生产活动产生的碳排放达到 139.80 亿 t，占全球当年碳排放量的 41.7%。交通运输产业是全球第二大碳排放来源。目前，陆上交通、航空、航海仍将燃油作为最主要的动力来源，对燃油的高需求导致了大量碳排放。制造产业与建筑业是另一个重要的碳排放来源。钢铁冶炼、化工制造、采矿、建筑等行业对能源需求量大，其生产过程中原材料分解也会带来碳排放。

1.3 国内“双碳”研究背景

1.3.1 我国应对气候变化的措施

气候变化是全人类的共同挑战。应对气候变化，不仅事关中华民族永续发展，更关乎人类前途命运，中国对气候变化问题高度重视。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，系统推进应对气候变化的战略、措施和行动，积极参与全球气候治理，在应对气候变化方面取得了积极成效。

1972 年 6 月 5 日，在斯德哥尔摩召开的人类环境会议作为新中国重返联合国后参与的首次联合国大会，是中国开始审视自身和全球环境问题的起点。此后，中国积极推动全球气候治理多边进程并取得积极成果，逐渐成为国际气候治理的引领者。

1992 年 11 月 7 日，经中华人民共和国全国人民代表大会批准，中国加入《联合国气候变化框架公约》；自 1994 年 3 月 21 日起，该公约正式对中国生效。2005 年，在中国与其他发展中国家的积极努力下，经过一系列艰难谈判，全世

界共有 180 多个国家签署了《京都议定书》，《京都议定书》开始生效。2012 年，中国积极与其他发展中国家协力促成了《京都议定书》“多哈修正案”的通过，并努力争取气候资金支持的延续，中国高度重视应对气候变化工作，并将其作为建设生态文明和美丽中国的重要组成部分，列入国家发展规划，开展大量适应和自主减缓行动。2015 年，《联合国气候变化框架公约》第 21 次缔约方大会达成具有里程碑意义的《巴黎协定》。中国为《巴黎协定》的达成、签署、生效和实施作出了历史性的贡献。作为《巴黎协定》的重要推动力量之一，中国始终坚持多边主义，坚持《联合国气候变化框架公约》和《巴黎协定》所确定的公平原则、共同但有区别的责任原则和各自能力原则。

党的十八大以来，在习近平生态文明思想的指引下，中国贯彻新发展理念，将应对气候变化摆在国家治理更加突出的位置，不断提高碳排放强度削减幅度，不断强化自主贡献目标，以最大努力提高应对气候变化的力度，推动经济社会发展全面绿色转型，建设人与自然和谐共生的现代化。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，达到降低碳排放的目标。中国正在为实现这一目标而付诸行动。

(1) 大力推动绿色低碳发展。新能源、节能环保等战略性新兴产业快速壮大，并逐步成为支柱产业。高技术制造业和装备制造业增加值在规模以上工业增加值中的占比达 46.9%；新能源产业蓬勃发展，新能源汽车生产和销售规模均居全球第一；风电、光伏发电设备制造已形成全球最完整的产业链。

(2) 中国积极与全球各国开展气候对话和务实合作，并取得了显著成效。截至 2025 年 10 月，中国已与 43 个发展中国家签署了 55 份气候变化南南合作谅解备忘录。中国积极推进应对气候变化南南合作能力建设项目，累计举办 200 余期以气候变化和生态环保为主题的研修项目，为相关国家培训了 5000 余名人员。

(3) 通过绿色“一带一路”建设引领全球气候治理实践。绿色“一带一路”建设是中国向世界贡献的国际公共产品，对全球气候治理实践发挥着积极的引领作用。2021 年，中国与 28 个国家共同发起“一带一路”绿色发展伙伴关系倡议，呼吁各国应根据公平原则、共同但有区别的责任原则和各自能力原则，结合各自国情采取气候行动以应对气候变化。

中国是拥有 14 亿多人口的最大的发展中国家，面临着发展经济、改善民生、污染治理、生态保护等一系列艰巨任务。尽管如此，为实现应对气候变化目标，中国迎难而上，积极制定和实施了一系列应对气候变化战略、法规、政策、标准与行动，推动中国在应对气候变化的实践不断取得新进步。