



# 扭转气候临界点 青年行动指南

Action Guidance on Turning Climate  
Tipping Points for Youth

本指南与  
以下机构  
合作完成



青年行动计划

**愿景：**

**推动零碳未来**

**使命：**

**发挥零碳未来主力军作用**

**呼吁：**

**紧急转型减少气候灾难**

行动计划目标

致力于科学应对气候变化，并呼唤全社会立即行动，激发青年人在中国加快实现碳中和进程中的主力军潜力，提高并影响公众对气候危机和气候临界点的清晰认识，扭转气候系统气候临界点被激活的不利局面，促进全球气候科学治理与世界经济共同繁荣双赢。

行动计划寄语

面对多圈层气候变化趋势；  
面对全球变暖潜在的气候危机；  
面对极端事件频发与气象灾害日益严重；  
面对气候临界点激活与拯救行动失败；  
面对人类生存环境与社会可持续发展的矛盾，  
拯救气候变化行动迫切又紧急，  
培养青年科学素质和爱国奉献精神，  
科学探索发挥零碳未来主力军作用。  
气候系统临界点的客观评估，  
为采取紧急行动减缓气候变化，  
提供强有力的科学证据。  
应对区域和全球气候变化，  
扭转气候临界点激活的重任在肩。  
青年行动指南——  
致力于提高科学素质的理念，  
致力于提高全社会对气候临界点的认识，  
致力于唤起公众参与应对气候变化的觉悟，  
致力于零碳未来立即行动和卓越贡献，  
致力于“双碳”目标路线图的早日实现。  
插上科技创新与科学普及之双翼，  
参与全球气候治理，  
携手共建人类命运共同体。



© Marco Xu / Unsplash



## 前言

2020年初,一场疫情席卷全球,全球都在面临一场深刻而长远的改变。世界气象组织(WMO)《2022年全球气候状况》临时报告指出,近几年随着温室气体浓度不断上升,热量不断累积,过去八年成为有气象记录以来最热的八年。气候变化带来的影响愈发严重,极端热浪、干旱和毁灭性洪水影响了全球数百万人,并造成数十亿美元的损失。联合国环境规划署(UNEP)基于《2022年排放差距报告》指出各国、各地区和家庭之间的温室气体排放量非常不平衡,当前各国应对全球气候危机的行动不力,并呼吁全社会需紧急转型以避免加速的气候灾难!世界自然基金会(WWF)《地球生命力报告2022》指出,自1970年以来,监测范围内哺乳动物、鸟类、两栖动物、爬行动物和鱼类等野生动物种群平均下降了69%。英国埃克塞特大学全球系统研究所所长提摩西·莱顿团队长期关注全球气候变化如何触发地球自然系统的临界点。2022年9月9日,在《科学》(Science)期刊上发表了一项关于气候临界点的最新研究成果,表明地球系统已经受到气温上升的压力,全球气温上升可能相继激活16个临界点。气候临界点是科学、政治和公众关注的焦点,如果被激活必然产生一系列连锁反应,引发极地冰川崩塌、永久冻土融化、季风系统破坏以及森林和珊瑚礁死亡等现象。因此,为避免气候危机、阻止气候灾难、治理全球气候,人类需要紧急转型,采取拯救气候变化行动。

2012年以来,我国的二氧化碳排放增速放缓,原因包括整体经济重心从重工业和能源密集型产业转移、经济增速放缓、煤改气,以及可再生能源推广。国务院《新时代的中国能源发展》白皮书显示,2005-2019年中国单位GDP二氧化碳排放量减少了48.1%。联合国气候变化框架公约(UNFCCC)表明二氧化碳占全球温室气体(其他温室气体包括甲烷、一氧化二氮和氟化气体)排放量的80%左右。国际能源署(IEA)的最新分析数据显示,2021年全球二氧化碳排放反弹至历史最高水平,我国二氧化碳排放量超过119亿吨,占全球总量的33%。随着全球变暖加剧,2022年北半球高温热浪、北美洲世纪性干旱,澳大利亚百年一遇暴雨洪涝等极端破纪录事件频繁发生。

作为当下和未来多年社会进步的主力人群,青年的科学素质、科技能力和生活方式的选择,反映着他们看待世界和自然的态度,如果他们运用科学技术的力量投入到气候治理与气候变化适应中,成为社会主流,可以为更健康、低碳的决策做出重要且积极的直接贡献。青年群体的天然优势是具有高社会参与度、高学习能力,也是最有热情和能力接受新事物、新思想的群体。

面对后疫情时代,中国和全球是否能够迎来绿色复苏的机遇,在2060年前实现碳中和,离不开青年人的选择与参与,我们希望陪伴和支持更多青年人成为具有气候领导力的倡导者和行动者。

《扭转气候临界点青年行动指南》的主要内容包括5个部分,旨在为公众提供一份如何实际参与碳中和行动的指南。青年强,素质好,科技兴,则国家繁荣昌盛。《扭转气候临界点青年行动指南》可以量化地用“一三九二”来表述,具体是实现“一个”目标,致力于科学应对气候变化立即行动,激发中国青年作为加快实现碳中和主力军的潜力,提高并影响公众对气候危机和气候临界点的清晰认识,扭转或延缓气候系统气候临界点的激活,促进全球气候科学治理与世界经济共同繁荣。明确气候治理迫切重要提倡减-提-增“三字”方针,在应对气候变化过程中一是减少石化燃料消耗,二是提高能源使用效率,三是多渠道增加碳汇。同时,还包括气候临界点带来“三重”威胁,海平面上升、永冻层和森林等所储存的碳和甲烷开始释放,气候系统发生多米诺骨牌效应。最关键的是有效控制温室气体排放的“九个”抓手,2060年前实现碳中和,迫切需要加强控制减排力度,实现全社会紧急转型以科学应对气候变化,明确科技青年是推动和实现减排技术指南的中流砥柱,最后是扭转气候临界点希望的“两道”防线,人类不必惊慌失措!当今人类文明还会坚守科学防线和认知防线,科学理性地告诉人们地球承载力界限需要地球公域管理,需要人类命运管理好共同的家园;人类还有清晰的认知,可以依靠知识和科技,做有利于社会经济都好的事情。

扭转气候临界点青年行动指南是一份宣言,更是唤醒与加快全社会科学应对气候变化、树立思想意识的谆谆私语,是科技青年捍卫人类文明的自觉行动。



## 目录

第一部分 青年参与气候变化	1	4.2 科学评估减缓和适应进展	41
1.1 科学素质提升工程	1	4.3 青年参与气候治理	43
1.2 气候变化科学认知	2	4.4 气候适应经验与范例	44
1.3 极端事件频发频发	2	4.5 应对气候变化政策与对策	49
1.4 协约温室气体排放	4	4.6 可量化措施与行动	53
1.5 青年面临气候临界点	8	第五部分 实现碳中和青年主力军	58
1.6 捍卫人类文明防线	9	5.1 发挥助力生态文明建设	58
第二部分 全球变暖与极端事件	12	5.2 实现碳中和青年主力军	60
2.1 全球气候变化观察	12	5.3 实现双碳目标行动指南	64
2.2 中国气候变化事实	14	5.4 科技减排行动指南	65
2.3 人类活动对气候变化影响	16	附件1：知识框	69
2.4 全球变暖气候影响	20	A1 科学素质助推器	69
2.5 中国气象灾害	21	A2 天气、气候与气候变化	69
2.6 气候变化风险	24	A3 极端天气气候事件	70
第三部分 逆转气候临界点之对策	28	A4 气候临界点	71
3.1 气候临界点概要	28	A5 生物多样性	72
3.2 冰冻圈临界点	31	A6 碳达峰与碳中和	72
3.3 生物圈临界点	32	A7 全球碳循环	73
3.4 海洋圈临界点	35	A8 气候变化倡议行动	74
3.5 大气圈临界点	36	A9 气候变化利与弊	75
3.6 气候多米诺骨牌	37	A10 气候变化联合国大会	76
3.7 气候临界点的应对	38	B1 《气候变化与人类社会》中学课程	78
第四部分 气候治理与气候变化应对	40		
4.1 全球气候治理主渠道	40	封面照片：© Shrawi Rounice / Unsplash	

## 第一部分

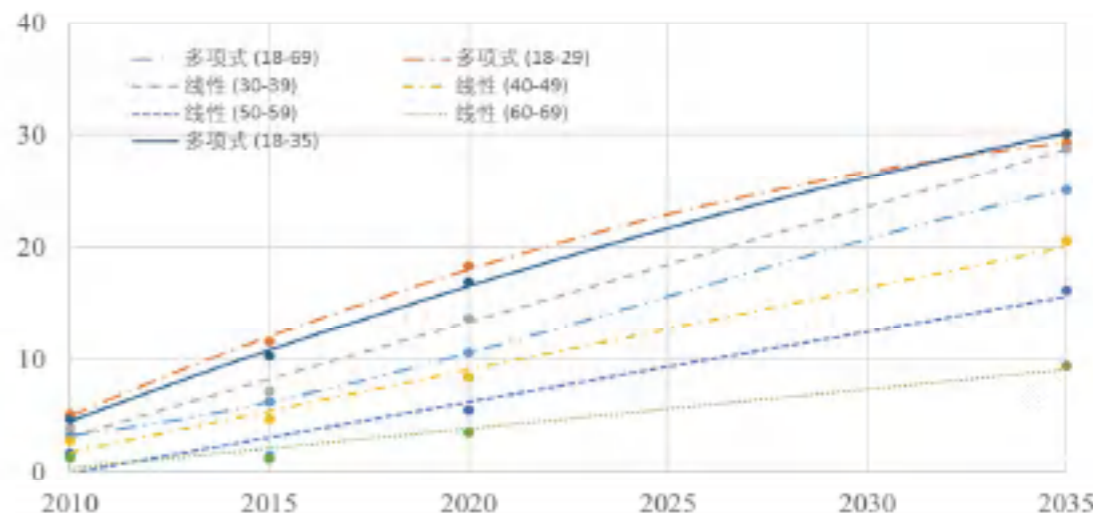
# 青年参与气候变化

## 1.1 科学素质提升工程

放眼当今世界，新一轮科技革命和产业革命正在加速演进，人类文明从原始文明、跨越农耕文明和工业文明，正以碳中和为台阶与驱动，迈向生态文明。青年是生态文明向往者、实践者和创造者。面对气候风险、气候危机和可能的气候灾难，青年有扭转气候临界点的美好理想和行动计划。青年正成长为堪当民族复兴重任的时代新人，成长为参与全球治理气候的时代精英。青年积极适应社会、融入社会、改造社会，参与社会发展进程，展现参与意识和能力。青年投身科技创新、科学普及实践是科技强国的中流砥柱。

不同年龄段  
全民科学素质现状及  
2035年预估

根据中国科协研究  
(任翥等, 2021)  
构建评估模型



中国科协发布的第十一次中国公民科学素质抽样调查结果显示，2020年我国公民具备科学素质的比例达到10.56%，比2015年提高了4.36个百分点，较2005年提高了8.96个百分点。其中，上海和北京的公民科学素质水平均超过24%，处于我国公民科学素质发展领先地位。18-29岁和30-39岁青年群体具备科学素质的比例分别为18.31%和13.68%，高出平均水平3-8个百分点。

依据国外分析模型和我国实际数据，预计到2030年，18-35岁青年群体的科学素质达标率超过25%，并在2035年可望超越18-29岁群体，达标率为30.1%。预计2035年我国公民具备科学素质的比例将达到25%，为社会文明程度达到新高度提供有力支撑。科学素质是国民素质的重要组成部分，国民素质的提高对于增强国家科技和文化的自主创新能力，实现碳中和目标具有重要意义。青年科学素养的提升和培养对呼唤青年人参与全球气候治理至关重要，有利于认识扭转气候临界点被激活的重要性，有利于全球拯救气候变化行动的成功。

## 1.2 气候变化科学认知

回顾气候变化科学的百年历程，其中有很多具有里程碑意义的发现。1827年，法国数学家和物理学家傅里叶发现了温室效应；1861年，英国物理学家约翰·丁达尔在实验室里证明二氧化碳将导致全球温度变化；1896年，瑞典化学家斯列列纽斯首次使用物理化学的基本原理计算大气二氧化碳浓

度增加导致地球表面温度升高的程度,1903年因建立电离学说获得诺贝尔化学奖;1901年,瑞典气象学家埃科赫姆第一次使用“温室效应”这个词来描述大气吸热与逆辐射过程;1949年,剑桥大学古迪提出利用辐射-对流过程来解释对流层和平流层低层温度的热力平衡;1956年加拿大物理学家普拉斯发表论文,对20世纪全球大气中二氧化碳水平的增加及其对地球平均温度的影响进行了预测,与半个世纪后的测量结果非常接近。

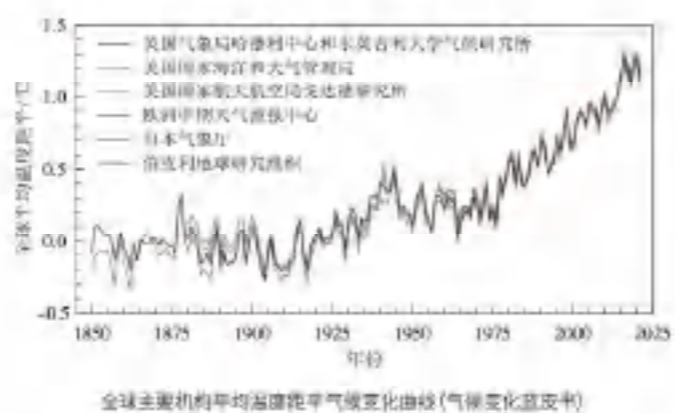
研究现代气候变化的先驱美国气象学家基林自1958年开始,在设立于夏威夷莫纳罗亚天文台的一个气象站里持续监测地球大气中的二氧化碳浓度及其变化,绘制了著名的基林曲线,为人类活动“干预”自然界提供了最有说服力的科学证据;1967年,美国普林斯顿大学真锅淑部和韦瑟尔德利用简化的一维辐射对流平衡模型,真实地模拟重现了观测的大气垂直温度廓线,并定量估算了二氧化碳导致的全球变暖,提出了其中水汽的重要反馈作用;1976年,德国学者哈塞尔曼提出了随机气候模型,提出包括温室气体在内的影响因子会在气候变化序列中留下特定的“指纹”信号,可以检测出人类活动对气候变化的影响。2021年,美国学者真锅淑部和德国学者哈塞尔曼因对“地球气候的物理建模、量化可变性和可靠地预测全球变暖”的开创性贡献获得诺贝尔物理学奖。

气候变化科学是人类认识气候变化问题和应对气候变化挑战的基础,气候变化应对又是自然科学和社会科学共同关注的焦点,是前沿交叉性、综合性的学科。2007年政府间气候变化专门委员会与美国前副总统戈尔获诺贝尔和平奖;2018年经济学家诺德豪斯将气候变化纳入长期的宏观经济分析,斯坦福大学经济学教授罗默将整合技术创新纳入长期的宏观经济分析,两者共获诺贝尔经济学奖。近百年间关于气候变化的科研论文数量不断增长,特别是2001-2020年的20年间,气候变化研究相关论文数量井喷式增长,总量占气候变化领域全部的95%。

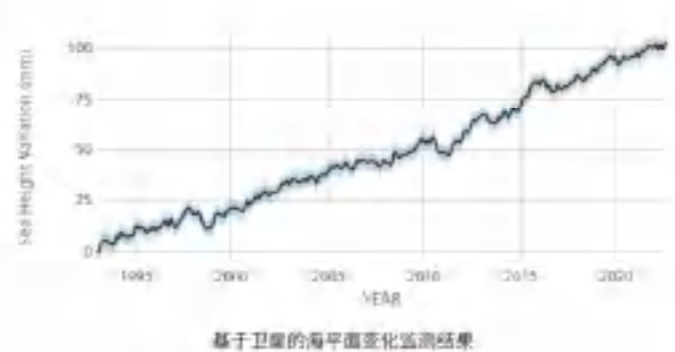
### 1.3 极端事件频发强发

世界气象组织(WMO)2022年发布了2份重要报告。其中,《欧洲气候状况》指出,过去30年欧洲地区气温升幅超过全球平均水平两倍,在1991年至2021年期间,欧洲地区气温显著升高,平均每十年气温上升0.5°C。从1997-2021年,高山冰川的冰层厚度减少了30米。格陵兰岛冰盖正在融化,导致海平面加速上升。对欧洲来说,最致命的极端天气气候事件是热浪,尤其是在西欧和南欧,气候变化、城市化和人口老龄化等因素将进一步加

剧人类面对高温的脆弱性。气候变化、人类行为和其他潜在因素为欧洲地区更频繁、更强烈、更具破坏性的火灾创造条件,并产生严重的社会经济和生态后果。



中国气象局气候变化中心发布《中国气候变化蓝皮书(2022)》显示,2021年全球地表平均温度较工业化前水平(1850~1900年平均值)高出1.11°C,是有完整气象观测记录以来的七个最暖年份之一。世界气象组织《2022年全球气候状况》临时报告指出,近几年随着温室气体浓度不断上升,热量不断累积,2022年的极端高温热浪、美国千年一遇气象干旱和巴基斯坦毁灭性洪水影响了全球数百万人,并造成巨大经济损失。美国莫纳罗亚(夏威夷)和肯纳马克/格里姆角(塔斯马尼亚州)的温室气体观测结果表明,二氧化碳、甲烷和氧化亚氮浓度水平在2022年达到了创纪录的水平。地球系统中积累的热量中约90%通过海洋热含量(OHC)储存在海洋中,。几乎可以肯定的是,自20世纪70年代以来,全球上层海洋(0-700米)已经变暖,且极有可能人类影响是主要驱动力。NASA基于卫星的海平面变化监测结果显示,全球年平均海平面呈继续上升趋势,每年上升估计值为3.4(±0.4)毫米。



2022年,欧洲阿尔卑斯山冰川损失异常严重,格陵兰冰盖连续第26年质量损失并首次出现9月降雨,全球海平面上升速度翻倍,暖水珊瑚大面积死亡,北半球俄罗斯永久冻土解封崩

塌,北半球欧洲和亚洲等多地遭遇破纪录高温热浪事件,澳大利亚百年一遇暴雨洪涝等气候问题,尽管赤道中东太平洋出现21世纪第一次“三重”拉尼娜冷水事件,意味着2022年并非最暖年份,但仍然是2015年以来最暖的八年,长期变暖趋势没有改变,事实上,2013-2022年期间的10年间温度平均估计比1850-1900年工业化前温度平均值基线高出1.14°C。

2022年6月13日至8月30日,我国中东部地区出现了罕见区域性高温热浪事件。此次事件具有持续时间长、影响范围广、高温强度大、极端性显著等特点,分析计算证实其综合强度为1961年有完整气象观测记录以来之最。《自然·气候变化》(Nature Climate Change)最新论文“评估人为导致气候变化造成的高温相关人类死亡率”结论指出,全球37%与高温有关的人类死亡可归因于气候变化。2022年巴基斯坦发生世纪性暴雨洪涝事件,6月全国降水量较常年同期偏多68%,7月偏多180%,8月偏多243%,其中7月和8月降水量均为1961年以来历史同期最多,发生流域性洪涝灾害,三分之一国土面积受淹。南部的俾路支省

和信德省7月降水量较常年同期分别偏多450%和307%,8月更是分别偏多590%和726%。信德省的Padidan站8月降水量高达1228.5毫米,其中8月19日降水量为355.0毫米,分别创下月和日降水量最大值历史纪录。WMO世界气候变化归因小组的分析表明,人为因素可能增加了巴基斯坦大部分地区的强降雨,使得极端降雨量增加了50%~75%。

### 1.4 协控温室气体排放

每排放1万亿吨二氧化碳,全球地表平均气温上升0.45°C(0.27°C-0.63°C)。自工业化以来至2019年,累积排放2.39万亿吨,导致升温1.07°C。在实际测得全球地表平均1.09°C升温中,人类活动的贡献超过95%,极大地影响了气候变化。2021年,与能源相关的二氧化碳排放创下历史新高,能源燃烧和工业过程排放增长与全球经济增长同为5.9%,标志着自2010年以来,二氧化碳排放量与全球生产总值增长之间出现最强耦合。全球经济产出的平均排放强度保持在每千美元排放0.26

表1 主要经济体国家GDP与碳排放和双碳时间

国家和地区	碳达峰(时间)	碳中和(时间)	2021年GDP		2020年碳排放	
			总量(万亿\$)	人均(万\$)	总量(万亿t)	人均(t)
美国	2007	2050	22.99	6.93	47.10	14.24
中国	2030	2060	17.73	1.26	106.70	7.41
欧盟(27)	1991	2050	17.09	3.81	26.00	5.79
英国	1991	2050	3.11	4.74	3.30	4.85
加拿大	2007	2050	1.99	5.21	5.40	14.20
日本	2013	2050	4.94	3.93	10.30	8.15
韩国	2013	2050	1.80	3.48	6.00	11.66
澳大利亚	2006	2040	1.54	1.22	3.90	15.37
南非	2009	2050	0.42	0.70	4.50	7.62
巴西	2012	2050	1.61	0.75	4.70	2.20
印度	2040	2070	3.17	0.23	24.40	1.77
俄罗斯	2030	2060	1.78	1.22	15.80	10.81

吨二氧化碳,中国单位GDP排放强度下降3%,目前为0.45吨。2020年9月22日,国家主席习近平在联合国大会首次承诺,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。美国、中国和印度年排放量位居全球前三位,预计碳中和时间分别为2050年、2060年和2070年。进入21世纪中叶,全球将全面实现碳中和,国际气候治理踏上生态文明新征程。

全球变暖越演越烈,极端天气频发强发,复合型气象灾害日益严重,气候变化致使全球气候风险进一步加剧,大气不稳定性增大,地球承载警示灯已经亮起,以气候和生物多样性为核心的风险大幅增加。目前气候系统各圈层的气候变化是过去几个世纪甚至几千年来前所未有的,全球多个气候临界点处于激活状态,冰盖崩塌、海洋环流突变、亚马逊热带雨林生物多样性丧失、撒哈拉及西非季风区植被覆盖度增加,喜马拉雅

冰川退缩,低概率高影响气候突变事件风险剧增!联合国环境规划署基于《2022年排放差距报告》,指出各地区、各国和各个家庭之间的温室气体排放量非常不平衡,2020年,世界人均温室气体排放量(包括土地利用、土地利用变化和林业)为6.3吨二氧化碳当量,UNEP发出呼吁,当前各国应对全球气候危机的行动不力,全社会需紧急转型以避免加速的气候灾难!

健康的地球始于健康的森林。从我们所呼吸的空气到使用的木材,森林已成为社会经济和个人健康的命脉,当前的森林正在面临重重危机(WWF,2021)。毁林是指森林永久转变为另一种土地用途或树木覆盖度长期显著减少,包括将天然林转变为树木种植园、农业、牧场、水库和城市地区;但不包括通过森林自然更新或造林措施进行管理的采伐森林区。世界自然基金会对生产和消费模式影响的分析发现,为了扭转2030年生物多样性丧失这一局面,全球生产和消费的足迹

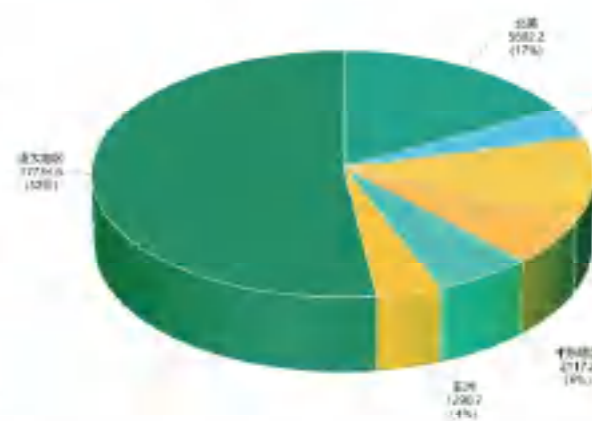
必须减半。扭转自然生态系统的破坏和退化,将提升生物多样性,并为大幅度减少化石燃料排放造福人类的气候行动带来巨大的协同效应。

由温室效应所造成的对人类生存不利的气候变化,已经严重制约了人类社会的可持续发展,社会经济发展与社会生活的代价越来越高。人类活动是造成全球变暖的主因,温室气体的排放是全球变暖的第一驱动力。据不完全统计,1751-2017年全球累计二氧化碳排放北美占全球的29%,总量高达4,570亿吨,其中美国排放量高达3,990亿吨;欧盟排放量占33%,总量为5,140亿吨,其中欧盟28国累计排放3,530亿吨;亚洲排放量占29%,与北美洲相当,其中日本为620亿吨,中国排放量为2,000亿吨,印度为480亿吨。

从2016年UNFCCC全球温室气体排放量的分类统计结果显示,一是能源利用占全部494亿吨二氧化碳当量的73.2%,其中工业能源消耗为24.2%、交通运输业为16.2%、建筑能源使用为17.5%、未分类燃料燃烧为7.8%、能源生产无组织排放为5.8%、农业和渔业能源利用1.7%;二是农业、林业和土地利用占18.4%,其中草原退化0.1%、农田退化为1.4%、森林覆盖毁坏为2.2%、作物燃烧为3.5%、水稻种植为1.3%、合成氮肥农田土壤为4.1%、牲畜和粪便为5.8%;三是工业过程占5.2%,其中水泥为3.0%、化学品和石化产品为2.2%;四是废水垃圾占3.2%,其中可收集废水系统为1.3%、垃圾填埋场为1.9%。由此可见,能源利用和农业、林业和土地利用是温室气体排放大户。

国际能源署(IEA)发布《全球能源回顾:2021年二氧化碳排放》报告指出,2021年,全球能源领域二氧化碳排放量达到363亿吨,同比上涨6%,超过了新冠肺炎疫情暴发前的水平,创下历史最高纪录。2021年飙升的天然气价让燃煤发电强势复苏,成为能源领域碳排放量“强劲反弹”的主要原因。2021年亚太地区碳排放量为177.35亿吨,碳排放量占比为52%,较2020年上涨5.3%;北美地区、中南美地区碳排放呈下降趋势,2021年碳排放量分别为56.02亿吨、17.13亿吨,碳排放量占比分别为17%和4%。全球核算最新数据显示,2022年全球二氧化碳排放量375亿吨,再创历史新高;增幅为1%,其中增幅最大的排放国是印度和美国,如果各国不大幅减少排放,将在未来九年内耗尽剩余的“碳排放”预算,全球变暖突破1.5°C,引发灾难性的气候影响。

2021年各地区二氧化碳排放量(占比百万吨)

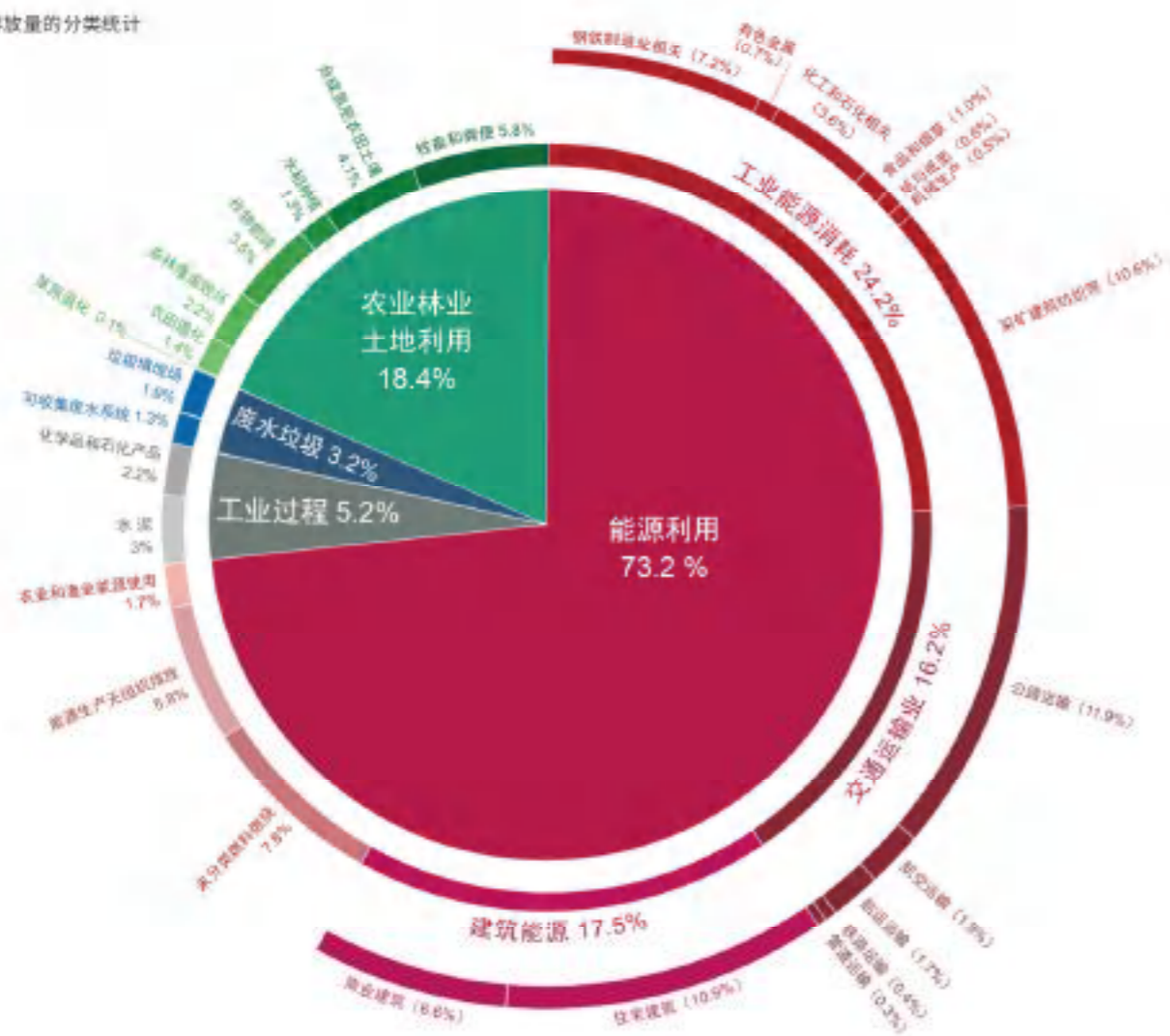


为了实现全球气候目标,必须减少甲烷排放,同时紧急减少二氧化碳排放。甲烷是一种极其强大的温室气体,自工业化前时代以来,它造成了约30%的全球变暖。甲烷排放来自三个领域:化石燃料、垃圾填埋场和废物、与牲畜有关的农业。美国国家海洋与大气管理局(NOAA)的数据显示,当前大气中的甲烷含量达到创纪录水平。减缓潜力因国家和地区而异,在欧洲和印度,最大的潜力在废物部门;在中国主要来自煤炭生产和牲畜;在非洲来自牲畜及石油和天然气。到2030年,必须采取紧急措施来减少这十年的甲烷排放,转向可再生能源、住宅和商业能效以及减少食物损失和浪费,可以将甲烷排放量再减少15%。如只计算甲烷滞留大气中20年时间,甲烷升温潜能值是二氧化碳的80倍以上。甲烷在大气中的寿命也比二氧化碳短:只存留12年,而二氧化碳却可能在大气中滞留数百年之久。因此,减少甲烷排放有助于更加迅速地限制全球升温。

### 1.5 青年直面气候临界点

美国埃克塞特大学全球系统研究所长期关注全球气候变化如何触发地球自然系统的临界点。2022年9月,最新证据表明全球气温上升可能相继超过16个临界点,从而引发极地冰川崩塌,永久冻土融化、季风破坏以及森林和珊瑚礁死亡。近年来全球各地的极端天气已经传递出越来越多令人不安的信号,人类活动正在把地球系统推向破坏性的临界点,这些是临界点涵盖冰冻圈、大气与海洋圈和生物圈,需要面对气候系统不可逆转的变化。

全球温室气体排放量的分类统计(以2016年为100)





目前比工业化前高出约1.1°C的全球变暖已经使五个气候临界点(格陵兰冰架、南极西部的冰架、北极冻土层、热带珊瑚礁、拉布拉多海副极地翻转环流)处于不确定性范围的下限,其中格陵兰冰架和南极西部冰架的临界点已经被突破。触发格陵兰冰架全面消亡的临界点是升温0.8°C,而触发南极西部冰架全面消亡的临界点是升温1.0°C。除了这5个临界点之外,其余11个临界点被触发所需的升温幅度是1.5°C。世界正朝着全球变暖的2-3°C迈进,气候系统临界点的评估为采取紧急行动减缓气候变化提供了强有力的科学证据。

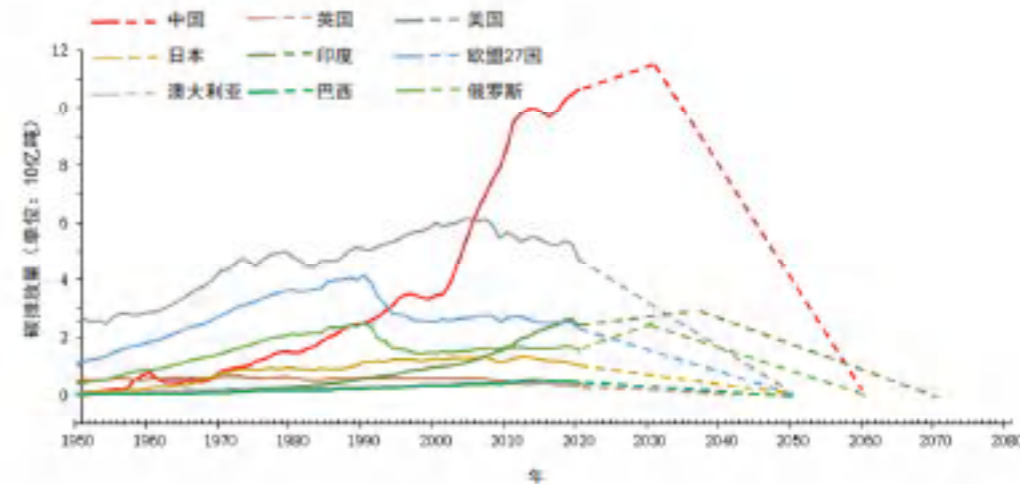
冰川消融、海平面上升、高温热浪与旱涝灾害增加、极端天气频发等诸多气候变化问题,正逐步由气候风险-气候危机-气候临界点,走向气候灾难!2022年全世界正在经历日益复杂的能源、粮食和生活成本危机,而乌克兰战争加剧了这些危机,所有这些危机都造成了巨大的人类痛苦,人类面对控制全球变暖低于2°C,最好是1.5°C以内的正在关闭的最后窗口期机会。到2030年,2°C路径每年的排放差距为150亿吨二氧化碳当量,1.5°C路径每年的排放差距为230亿吨二氧化碳当量。联合国秘书长古特雷斯表示:“干旱、洪水、暴雨和山火在整个世界肆虐,危害生命及生计,紧急气候情况造成日益严重的损失和破坏,全球和各国的气候承诺则少得可怜,控制全球升温在1.5°C以下的窗口期正在迅速关闭,温室气体排放必须在这十年内减少45%。”

为了走上实现《巴黎协定》目标的轨道,世界需要在未来八年内将温室气体减少到前所未有的水平。无条件和有条件的国家自主贡献将在2030年分别比基于现有政策的排放量减少5%和10%的全球排放量。2030年后,排放量必须继续快速下降,以避免耗尽剩余的大气碳预算。如此大规模的削减需要在全世界范围内进行大规模、快速和系统性的变革,电力供应、工业、交通、建筑、食品和金融系统等需紧急行动,自动转型是迈向碳中和未来的必要条件。如果目前的做法保持不变,排放量几乎会翻倍。金融系统必须克服内部和外部的限制,成为所有部门转型的重要推动者。全球向低碳经济的转型,预计每年至少需要4-6万亿美元的投资,这在所管理的金融资产总额中的份额相对较小(1.5-2%)。

### 1.6 捍卫人类文明防线

世界经济论坛(WEF)发布的2022年度《全球风险报告》认为,未来两年内的全球最主要的短期风险TOP3为:极端天气、生计危机、气候行动失败;未来2-5年中期风险TOP3为:气候行动失败、极端天气、社会凝聚力侵蚀;未来5-10年长期风险TOP3为:气候行动失败、极端天气、生物多样性破坏。气候变化已经迅速表现为干旱、火灾、洪水、资源短缺和物种丧失等影响,无序的气候变化将加剧不平等。

主要经济体  
年碳排放量及碳中和趋势  
(世界银行实时数据与各国政策承诺)



通过恢复退化的生态系统,有效和公平地保护地球上30%至50%的土地、淡水和海洋生境,深度削减碳排放;充足的资金、技术转让、政治承诺和伙伴关系可更有效地适应气候变化、减少排放、激发气候融资活力,推动绿色转型与可持续发展,避免“拯救气候变化行动失败”。

为确保在2030年前建立一个自然向好的世界,为避免未来气候灾难如多米诺骨牌在不经意间倒塌,为唤醒全人类向往生态文明的应对气候变化意识。依靠科技减少化石燃料消耗,迫使社会迅速转型;依靠科技提高能源利用效率,倡导节能减排适应型社会;依靠科技大力捕获利用封存二氧化碳,扩大金融碳市场机制和气候融资,增加全球碳汇能力。

气候治理与碳中和已成为人类命运共同体之共识,控制温室气体浓度攀升急需减少生产端排放、减少消费端浪费、多渠道多手段多形式增加碳汇。新能源与传统高排放企业转型高度依赖科技发展、依赖青年的成长。

21世纪世界各国的竞争集中体现在科技领域的竞争,其中青年人才的培养是增强国家未来竞争力的重要抓手,面对激烈的国际科技竞争和我国高质量发展的要求,必须夯实高质量青年科技人才培养体系,大幅度提升全体青年科学素质,唤醒青年应对气候变化和气候危机的意识和自觉性。扭转气候临界点被激活、抑制全球变暖加剧的局面。面向全球碳中和的目标,面向2035全民科学素质纲要,当代中国青年生逢其时,施展才干治理气候的舞台无比广阔,实现梦想化解气候危机的前景无限光明。

无论是转型还是增效或固碳,都需要青年的科技力量和

青年的创造力。青年是社会力量中最积极、最有生气的力量。国家的希望,民族的未来。青年是参与和见证本世纪中叶全球碳中和主力军,积极响应《扭转气候临界点青年行动指南》。接下来的十年,可能将会决定人类下一代居住在怎样的地球,是否会惊慌失措。好在当今人类文明还会坚守两道防线,科学防线和认知防线。科学理性地告诉人们地球承载力界限需要地球公域管理,人类可以依靠知识和科技,做有利于社会经济都好的事情,因此,扭转或延缓气候临界点,是捍卫人类文明的防线。





## 第二部分

# 全球变暖与极端事件

### 2.1 全球气候变化观察

世界气象组织全球气候状况公报指出, 2021年全球变暖趋势进一步持续, 2021年全球平均温度较工业化前水平(1850-1900年平均值)高出约1.1°C。随着全球变暖幅度增加, 极端事件的变化继续加大, 包括高温热浪、强降水、洪水、干旱, 以及一些并发和复合型事件, 极端海平面和强降水叠加造成复合型洪涝事件风险在城市区域会放大。



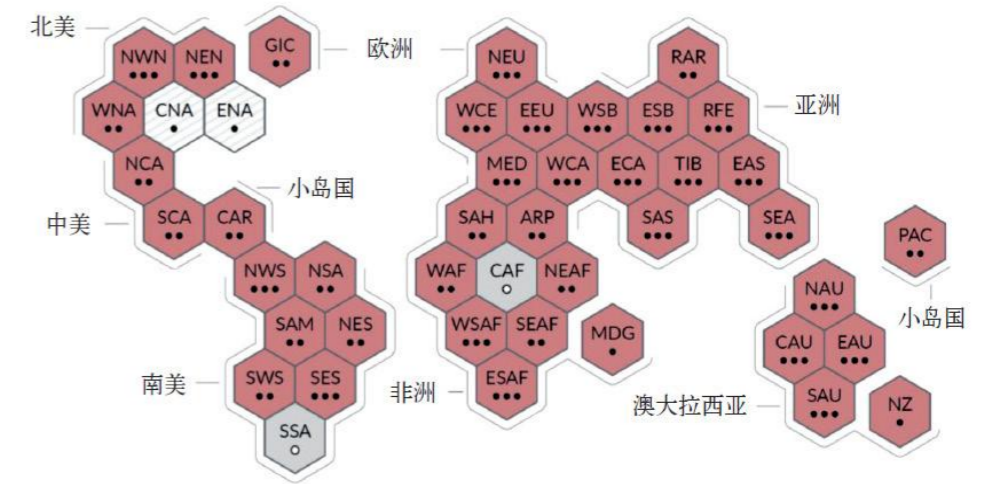
极端暖事件区域变化(周波涛和钱进, IPCC AR6报告解读: 极端天气气候事件变化. 气候变化研究进展, 2021, 17 (6): 713-718) media/12884)

观测的暖事件变化

- 增加 (41)
- 减少 (0)
- 变化一致性低 (2)
- 有限数据 / 文献 (2)

人为贡献的信度水平

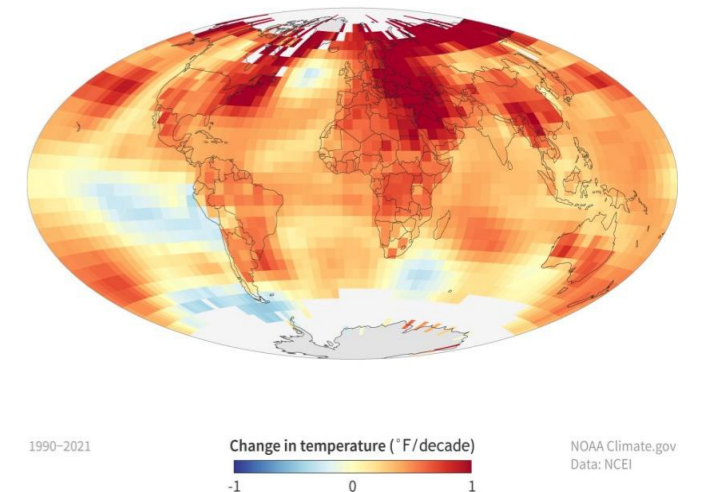
- 高
- 中等
- 低: 一致性有限
- 低: 证据有限



自20世纪50年代以来, 热浪和极端高温事件的频率正在增加。与全球变暖1.5°C时相对于目前的变幅相比, 极端事件强度的变化在2°C时至少会增加一倍, 在全球变暖3°C时会增加四倍。以工业化前(1850~1900年)气候状态计算的50年一遇极端高温事件, 其发生频率在目前已经扩大为50年发生4.8次, 未来在温升1.5°C、2°C、4°C时, 将分别扩大为8.6次、13.9次和39.2次。自20世纪80年代以来, 海洋热浪的发生频率几乎增加了一倍多, 与1995-2014年相比, 2081-2100年全球范围内的海洋热浪频率将增加4~8倍; 最大的变化将发生在热带海洋和北极。

在全球尺度上, 强降水量的增加将遵循大气变暖时可容纳的最大水汽含量的增加速率, 即全球变暖每升高1°C, 约增加7%

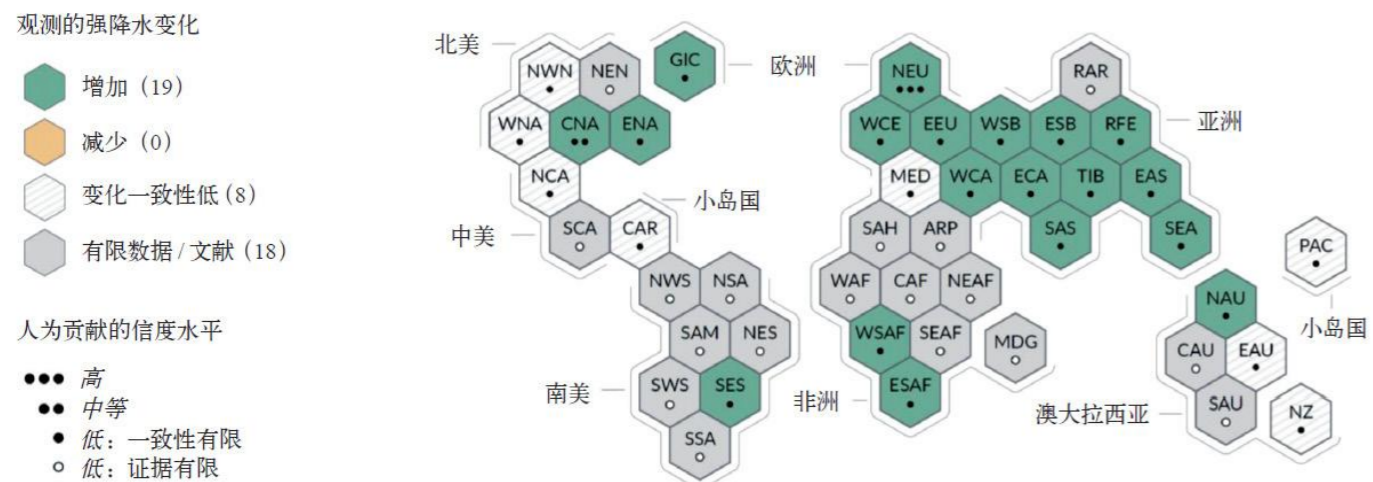
1990~2021年全球平均表面温度的趋势(<https://www.climate.gov/>)



强降水事件频率的增加将随着变暖幅度增大而加剧，且极端事件频率的变化更加剧烈；如10年一遇和50年一遇事件的频率在全球变暖4°C下，可能分别增加1倍和3倍。观测到的年最大日降水量在过去110年中增加了8.5%，极端降水事件在潮湿和干旱

地区的频率都在增加，自20世纪50年代起，强降水事件的发生频率和强度都显著增加，具有明显的区域差异。预计在俄罗斯北极区域、东南亚、南亚和南美洲西北部，洪水将变得更加频繁严重；而在西欧、中欧、东欧和地中海地区，洪水将减少和减弱。

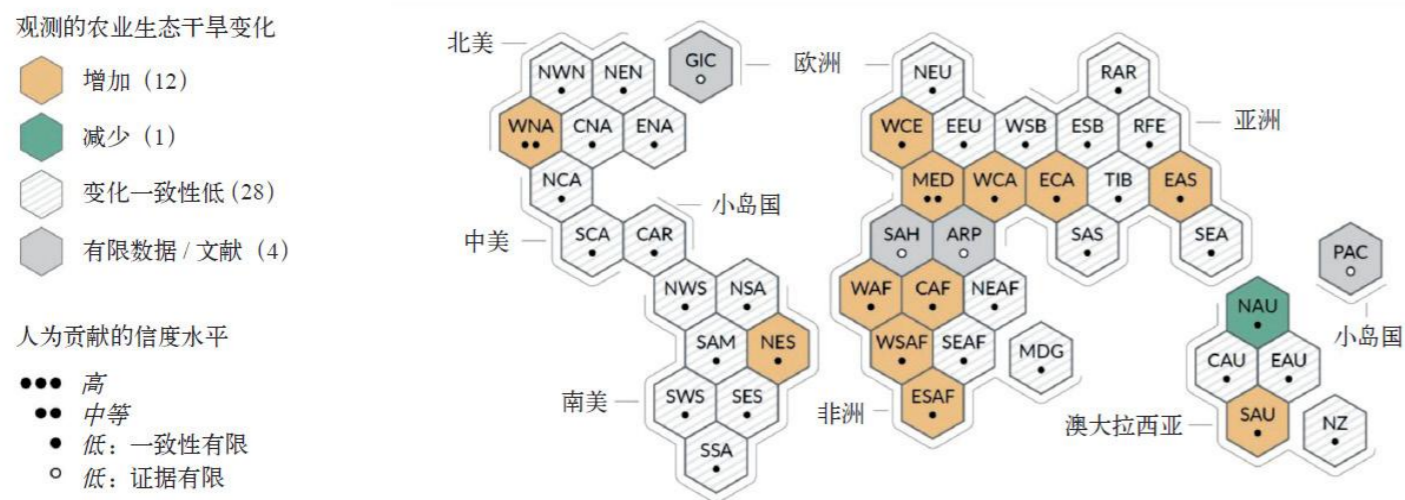
强降水事件区域变化(周波涛, 钱进. IPCC AR6报告解读:极端天气气候事件变化. 气候变化研究进展, 2021, 17 (6): 713-718)



非洲和南美的大部分区域气象干旱呈增加趋势；西伯利亚、澳大利亚北部和中部、欧洲北部、北美中部区域，气象干旱呈减弱趋势。在地中海、非洲南部、北美西南部、南美西南部、澳大利亚西南部以及中美洲和亚马逊盆地等地区，土壤湿度在21世纪将会减少，变得更干燥，并且干旱的持续时间和严重程度可能会增加。未来全球升温幅度越大，遭受农业生态干旱加重影响的区域就越多。全球变暖达4°C时，约50%的人类居住区将受到农业生态干旱影响，包括欧洲中西部、地中海、澳大利亚大部、亚洲大部、中美和南美大部、北美大部、非洲南部等，只有非洲东北部和亚洲南部的农业生态干旱会减少。

风暴包括热带气旋、雷暴和冬季风暴。对极端风暴的研究特别具有挑战性，关键在于极端风暴是较为罕见的短生命期事件。自1980年卫星的大力发展以来，热带气旋达到峰值强度的位置在北半球和南半球都已经向极地迁移，在过去的四十年里，全球主要的热带气旋(3~5类)出现的比例有所增加，同时人类活动引起的气候变化增加了与热带气旋相关的强降水。由于气温和湿度的升高，导致了对流能量的增强，进而导致能够促使强雷暴发生的条件增强；龙卷风活动发生的季节范围在逐渐增加，而雷暴的变化趋势可信度较低。

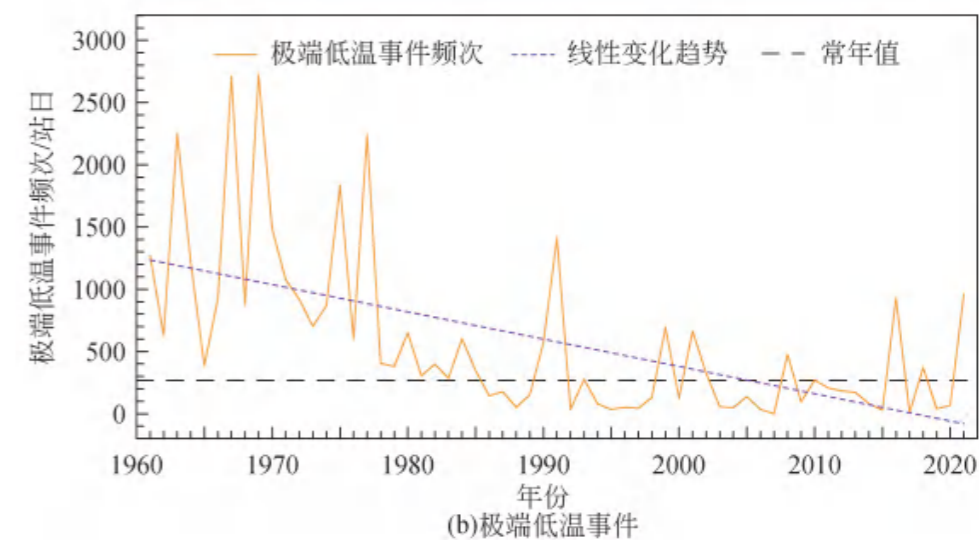
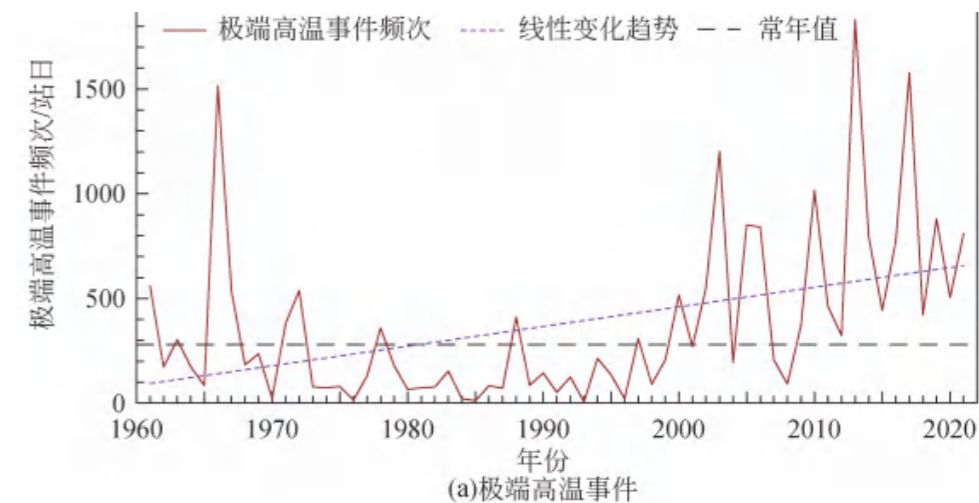
农业生态干旱区域变化(周波涛, 钱进. IPCC AR6报告解读:极端天气气候事件变化. 气候变化研究进展, 2021, 17 (6): 713-718)



复合型极端事件是指两种或以上极端事件同时或接连发生的现象。IPCC AR6报告指出，高温干旱复合型极端事件的概率将有所增加，欧亚大陆北部、欧洲、澳大利亚东南部、美国大部分地区、中国西北部和印度未来预估的高温干旱复合型极端事件都将增加。未来将面临更大的高温干旱复合型极端事件的风险。

极端降水增加和海平面上升将导致洪水的可能性加剧，特别是在大西洋沿岸和北海地区。在全球范围内，到2100年，高排放情景下复合洪水的概率将平均增加25%以上。由于海平面将

中国极端高温和极端低温事件逐年频次变化(中国气象局气候变化中心. 2021.《中国气候变化蓝皮书(2021)》. 北京: 科学出版社)



0.24/10年，北方增温率明显大于南方，冬春季增暖趋势大于夏秋季，日最低温度增暖趋势大于日最高温度。

从1961年以来，中国极端高温事件发生频次的年代际变化特征明显，极端高温事件发生频次呈现增长的趋势；极端低温事件发生的频次明显减少，中国群发性极端低温事件在近50余年发生频次显著减少。

继续上升，其与风暴潮以及河流洪水之间的相互作用将导致沿海地区发生更频繁且更严重的复合洪水事件。

## 2.2 中国气候变化事实

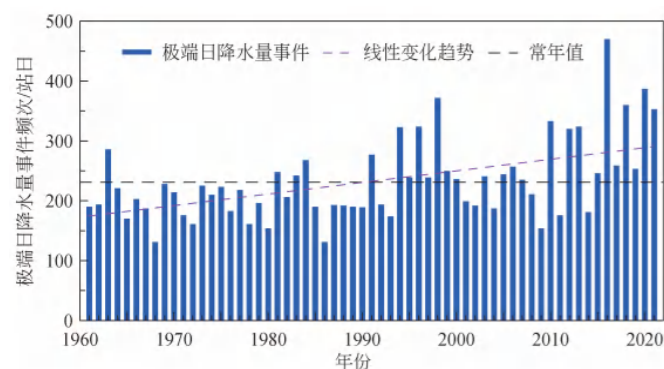
中国平均气温呈显著上升趋势，降水总体呈增加趋势。在全球气候变暖背景下，近百年来中国地表气温呈显著上升趋势，上升速率为1.56±0.20°C/100年，明显高于全球陆地平均升温水平(1.0°C/100年)。1951-2020年，中国区域平均气温上升率约为

中国平均年降水总体呈弱的增加趋势，平均每10年增多19站(日)。近50年来，我国暴雨日数存在显著的年代际变化特征和区域差异，20世纪90年代中后期暴雨频发；在我国华北中南部及四川中部等地区呈减少趋势，而江南和华南大部呈现显著的增加趋势。从降水变化趋势的空间格局来看，东北、西北、西藏大部

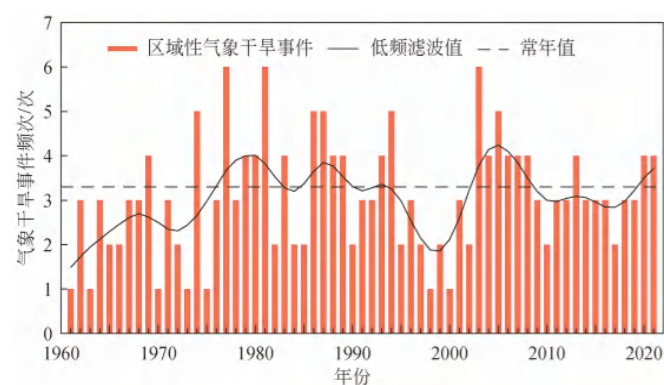
和东南部年降水量呈现明显的增多趋势;而自东北地区南部和  
华北部分地区至西南地区大部年降水量呈现减少趋势。

1961~2021年,我国共发生了189次区域性干旱事件,呈现  
增长的趋势,具有明显的年代际变化特征,20世纪70年代后期至  
80年代、2003~2008干旱事件偏多,90年代、2009年以来偏少。

中国极端日降水量事件逐年频次变化(中国气象局气候变化中心, 2021.《中国气  
候变化蓝皮书(2021)》.北京:科学出版社)



中国区域性气象干旱事件逐年频次变化(中国气象局气候变化中心, 2021.《中国气  
候变化蓝皮书(2021)》.北京:科学出版社)



## 2.3 人类活动对气候变化影响

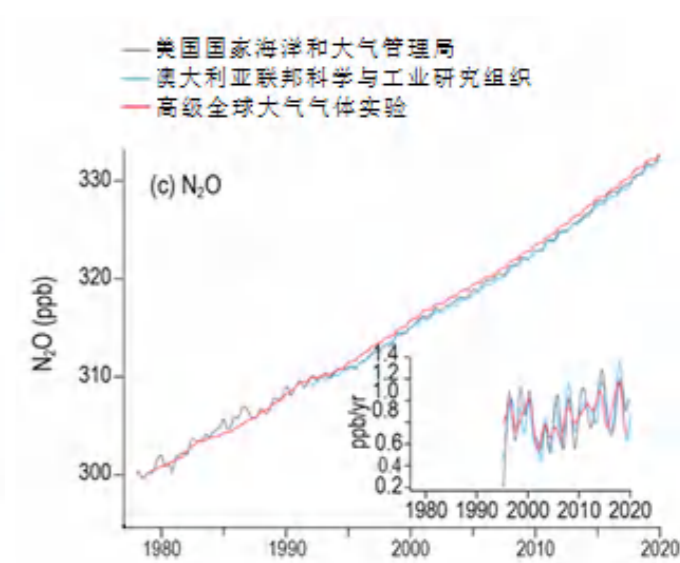
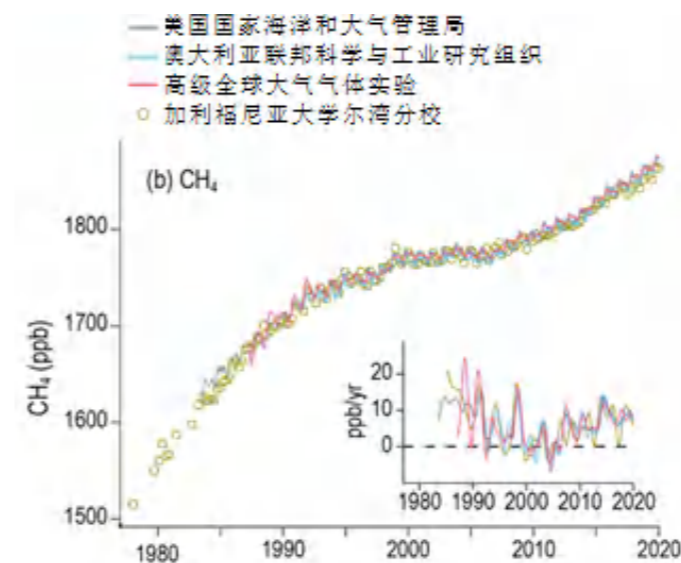
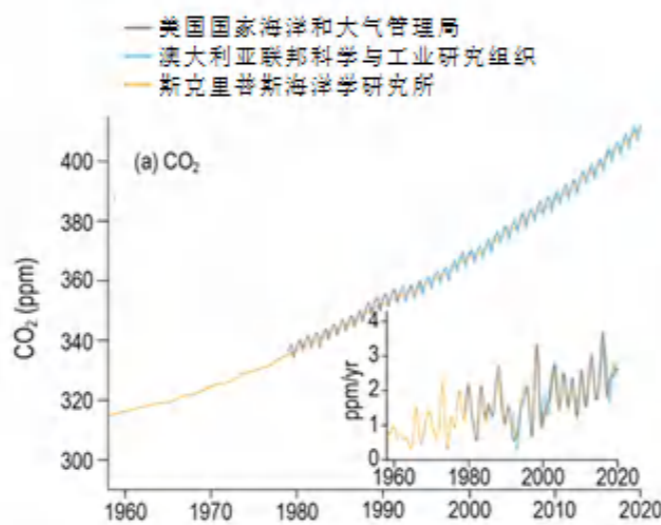
工业革命以来,大气中的二氧化碳等气体造成的“温室  
效应”使得地球表面平均温度由-18°C上升到当今自然系统和  
人类已适应的15°C。然而大气中温室气体浓度继续增加,进一  
步阻挡了地球向宇宙空间发射的长波辐射,为维持辐射平衡,  
地面必将增温、以增大长波辐射量。因此温室气体与全球温度  
变化密切相关。大气中的温室气体除了二氧化碳外,还有甲烷  
(CH4)、氧化亚氮(N2O)等。

当前二氧化碳浓度处于200万年来的最高水平,甲烷和氧化  
亚氮的浓度达到80万年来最高水平。仪器观测的三种温室气体  
随时间的变化情况,它们都呈现出准线性的上升趋势。

气候变化受到多种外部强迫因子的响应,二氧化碳等温室  
气体浓度的增加导致全球气候变暖,而气溶胶和土地利用等因  
子对气候变化也会产生影响,可以抵消掉部分变暖。气溶胶是空  
气中固体颗粒和液体颗粒的总称。气溶胶对气候的影响有两种  
效应,一是直接效应,即通过吸收和散射短波和长波辐射,有降  
温作用;二是间接效应,即作为云的凝结核,改变云和降水的形  
成过程。人为排放的气溶胶的总体辐射效应可使地球降温。另  
外,人类活动在工业化、城市化的进程中土地利用方式和土地覆  
盖物进行了改变,造成了陆地表面物理特性的变化,影响了地表  
的能量平衡,人类活动对大范围植被特性的改变会影响地表反  
照率,例如农田和森林的反照率不同。

温室气体在短时间内增加,气候系统中原有的稳定和能量  
平衡被破坏,导致了全球气候变暖。科学家们通过计算不同因子  
的辐射强迫可以度量各个因子对气候变暖的贡献。辐射强迫是  
一个物理量,可以度量地气系统的能量平衡是如何发生变化的。  
辐射是因为改变地球大气的入射太阳辐射和出射红外辐射之间  
的平衡,强迫表示地球辐射平衡正在被强制性地偏离其正常状  
态。正的辐射强迫可以使地表温度上升,导致全球变暖;负的辐  
射强迫则会使全球变冷。2010-2019年相对于工业革命前(1850-

器测时代以来(a)二氧化碳、(b)甲烷和(c)氧化亚氮的变化(IPCC 第六次评估报  
告 2021)

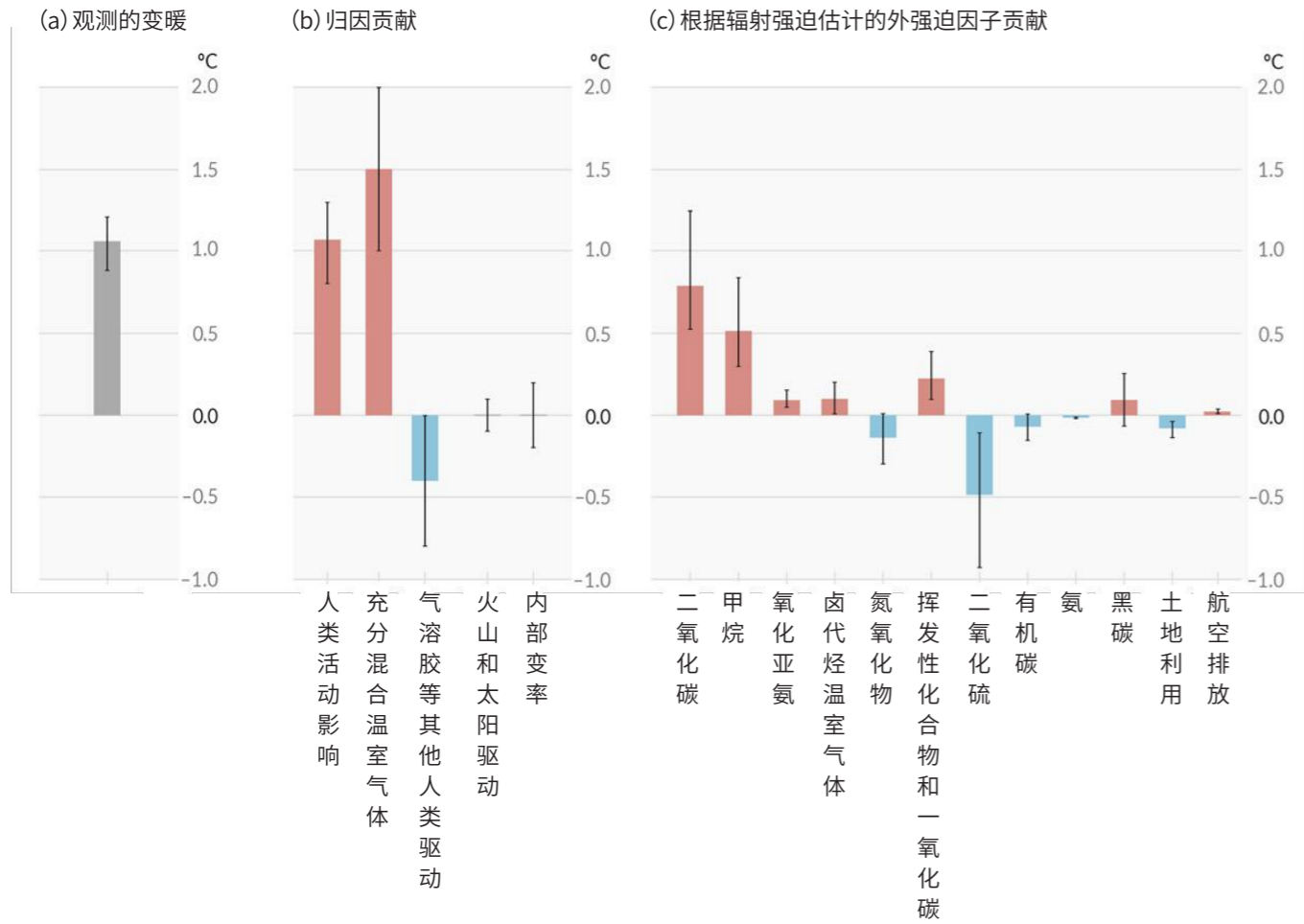


1900年)观测到的温度变化以及基于辐射强迫估计计算的人类  
活动影响的不同因子对气温变暖的可能贡献。可以看出所有温  
室气体的增加都导致了正的辐射强迫,在这些温室气体中,二氧  
化碳产生的辐射响应最大,对全球气候变暖的贡献最大。气溶胶  
有两方面的作用,其中黑碳气溶胶通过发射和吸收红外辐射产  
生正辐射强迫,其他气溶胶引起负的辐射强迫,综合来看气溶胶  
的辐射强迫为负,可以抵消部分温室气体变暖的影响。基于模式  
模拟和统计的归因研究显示2011-2020年全球地表温度比工业  
化前上升了1.09°C,其中约1.07°C[0.8°C, 1.3°C]的增温是人类活  
动造成的。IPCC第六次评估报告再次确认,全球气候变化与二氧  
化碳累积排放之间存在近似线性的关系,工业化以来的温室气  
体累积排放决定未来温升水平。因此为了限制全球变暖,需要  
对二氧化碳、甲烷以及其他温室气体进行强劲、快速持续的减排。

IPCC第六次评估报告所用的模式是全球模式比较计划第六  
代模式(CMIP6),最新一代气候模式,包括物理、化学和生物过  
程都有更好的表征,有了更高的分辨率,对地球系统许多方面的  
模拟都改进了。1850-2020年全球气温变化观测与CMIP6全强迫  
模拟(棕色)和只有自然强迫(绿色)模拟的比较发现只有加入人  
类活动的影响的时候才能够再现观测的变暖。只有自然强迫的  
模拟不能够再现观测的变暖特征。

人类活动的作用不仅体现在全球表面温度的变暖上,而且  
体现在低层大气变暖平流层变冷的模式上,还体现在海洋变暖、  
海冰融化和许多其他观测到的变化上。人类活动影响极有可能  
驱动1970s以来全球上层海洋温度显著变暖;人类活动排放的二  
氧化碳是当前全球表层海洋酸化的主要驱动因素;人类影响也  
导致了全球冰川退缩、北极海冰面积减少、北半球春季积雪面  
积和格陵兰冰盖表面融化。人类影响也是20世纪中期以来上层海  
洋区域氧气水平下降的主要驱动因素。人类在驱动气候变化中  
扮演的角色的另一条证据来自于近几十年来观测到的变暖速度  
与人类影响气候之前发生的变暖速度。来自树木年轮和其他古  
气候记录的证据表明,在过去50年观测到的全球地表温度的上  
升速度超过了过去2000年中任何一个期间发生的速度。

人类活动引起的气候变化已经增加了极端热事件的振幅和  
频率,减少了极端冷事件的振幅和频率,并在一些地区加剧了极  
端降水事件。在大多数地区,极端高温的频率和强度都有所增  
加,而极端低温的频率和强度有所减少。全球范围和大部分陆地  
区域强降水事件的频率和强度都有所增加。尽管陆地和海洋热  
浪、强降水、干旱、热带气旋以及相关的野火和沿海洪水等极端  
事件过去曾发生过,未来还将继续发生,但在一个更温暖的世界  
里,它们往往以不同的量级或频率出现。例如,未来的热浪将持  
续更长时间,温度将更高,未来的极端降水事件将在一些地区更  
加强烈。随着气候变暖,我们将经历规模、频率、时间或地点都前



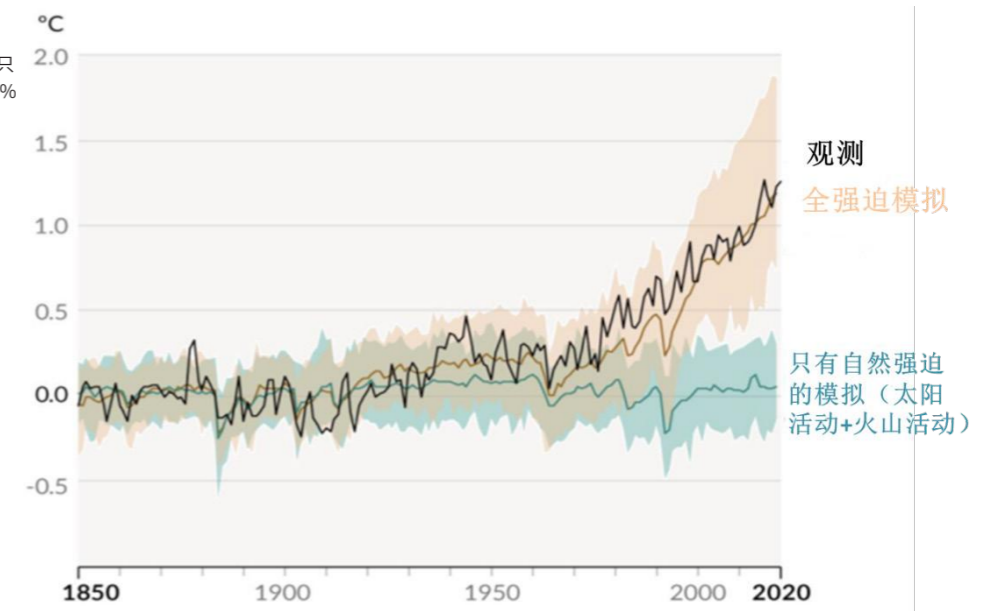
所未有的极端事件。这些前所未有的极端事件发生的频率将随着全球变暖的加剧而上升。此外，多个前所未有的极端事件的联合发生可能导致大规模和前所未有的影响。

对于极端天气气候事件的检测归因，最常用的方法是利用气候模式模拟对某一类极端天气气候事件在不同强迫因子驱动下的模拟结果和观测进行对比。这种直观的对比主要用到的就是多模式集合的两种试验，包括：人类和自然因子共同强迫的试验（“真实世界”）和仅有自然因子强迫的试验（“非真实世界”）。对于某一类极端事件来说，根据极端事件对应的气候变量或某项表征该极端事件的指数在两种试验中的分布，可以计算出人类活动对于这种极端事件发生风险变化的贡献。

近年来已经在大量的极端天气气候事件中发现了人类活动

影响信号，例如2018年中国东部地区春季经历了一次破纪录高温事件。日最高气温超过35°C的站点有900多个气象站，这次春季的极端高温事件对华东地区的农业、植物生长、电力传输和人体健康都产生了重要影响。通过对比有人类活动和无人类活动这类春季的极端高温事件的发生概率密度，发现人类活动引起的气候变化导致这一类极端高温事件发生概率增加约10倍。2021年7月，河南省遭遇了历史罕见极端强降水，引发了严重洪涝灾害，造成了重大人员伤亡和财产损失，研究发现与工业化革命前的气候状态相比，当前人类活动导致的大气变暖变湿使得这次极端降水的过程总降水量增加了约7.5%，人类活动引起的气候变暖加剧了河南暴雨事件的强度。2022年夏季，极端热浪和干旱席卷整个北半球，在欧洲遭遇500年来最干燥的夏季，北美和中国也经历了长时间干旱和严重的热浪。本轮极端干旱天气多大程度上受到人类引起的气候变化的影响？世界气候归

观测到的变暖(1850-2019年)与CMIP6全强迫和只有自然强迫的模拟(阴影区表示单个模拟的5-95%范围) (IPCC 第六次评估报告 2021)



因组织 (World Weather Attribution) 发布了最新的研究报告，报告指出，人为气候变化引起的气温上升使得2022年北半球温带地区严重干旱发生的可能性增加了20倍以上，气候变化带来的强烈的高温是促使干旱概率增加的主要因素。需要指出的是，对于极端天气气候事件的归因，由于事件的定义不同，选取的区域或者使用的模式不同，所得到的人类活动影响这类事件发生概率可能存在差异。

## 2.4 全球变暖气候影响

### 气候变化对农业的影响

气候变化对全球大部分地区作物和其他粮食生产的负面影响比正面影响更为普遍，正面影响仅见于高纬度地区。在大多数情况下二氧化碳对作物产量具有刺激作用，增加水分利用效率和产量，尤其对水稻、小麦等作物。气候变化对作物产量的不利影响比有利影响更普遍。气候变化已经对许多区域小麦和玉米产量及全球总产量产生了不利影响。未来气候变化对农业的影响有利有弊，并逐渐以负面影响为主，且区域性差异显著。具体地，将影响我国的农业生产布局、结构以及生产条件；并将大幅增加农业成本和投资需求；对粮食安全、作物产量、国际市场农产品价格产生重大影响。其主要表现为，因气候变暖，三熟制的北界约北移500公里，即将从长江流域移至黄河流域；两熟制地区将北移至目前一熟制地区的中部；一熟制地区的面积将减少20%以上。

### 气候变化对人群健康的影响

气候变化通过热浪、干旱和暴雨等极端天气事件频率的变化，直接影响人体健康；以自然生态系统为中介，通过传播有害致病微生物和过敏原、加重空气和水污染等，间接影响人体健康；以人类社会经济系统为中介，通过影响食物生产和分配、精神压力等造成人体健康水平的不断恶化。高温热浪会显著增加人体呼吸、循环、泌尿等系统的死亡风险；极端洪涝、干旱、台风等天气气候事件会导致水源性和食源性疾病的传播风险增加，并对精神心理健康产生不利影响。

在整个21世纪，预计气候变化会导致很多地区，特别低收入发展中国家的健康不良状况进一步加剧。例如，更强烈的热浪和火灾造成的疾病和伤亡的可能性加大；贫困地区粮食减产导致营养不良的可能性增加；脆弱群体面临工作能力丧失和劳动生产率降低的风险；以及食源和水源疾病和病媒疾病增加的风险。

### 气候变化对水资源的影响

过去100多年，在人类活动和气候变化的共同影响下，中国主要江河的实测径流量整体呈减少态势。气候变化导致水循环过程加速，引起了水资源及其空间分布变化。未来中等排放情景下，中国水资源量总体减少5%以内，但各区域存在较大差异，东北地区水资源量可能增加，西北大部分地区则可能减少。气候变化将导致需水进一步增加，中国水资源供给压力将进一步加大。

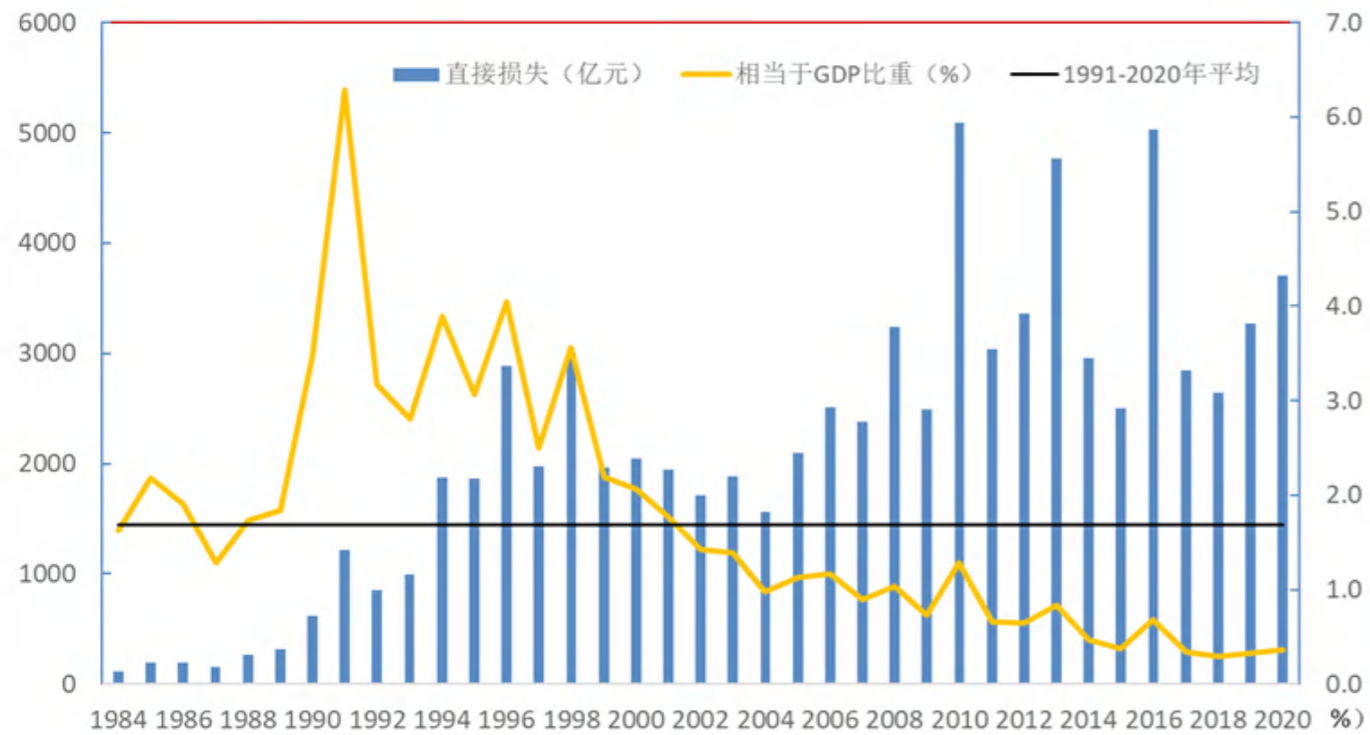
## 气候变化对生态系统的影响

气候变暖导致的热量资源增加、降水格局改变、极端气候增多以及大气二氧化碳浓度的升高改变了生态系统的生物多样性和群落结构,从而影响陆地和海洋生态系统的结构和功能、生态系统的平衡,以及对人类的服务功能。

全球气候变化导致中国沿海海平面上升、海洋环境发生变化,加剧海岸带灾害以及环境与生态问题。海水酸化影响太平洋牡蛎等钙化生物的生长代谢等过程,危害贝类等养殖业。赤潮等灾害发生频率增加,引起虾、贝类的大面积死亡,严重影响沿海养殖业。

## 2.5 中国气象灾害

1961~2020年全国气象灾害直接经济损失(中国气象局, 2021. 中国气象灾害年(2020). 北京:气象出版社)



1990年以来我国年气象灾害直接经济损失比呈现增加趋势,2010年损失最大。1991~2020年,我国平均每年气象灾害直接经济损失2587.3亿元,总体呈增加趋势,直接经济损失占生产总值(GDP)的1.6%,占比呈现明显减少趋势。根据2003~2020年气象灾害损失统计,暴雨洪涝灾害直接经济损失占比最大(44.8%),其次为干旱(19.4%)、台风(17.8%),强对流天气灾害为9.8%。因暴雨洪涝死亡人数占比最多(63.4%),其次为强对流天气(24.7%)。

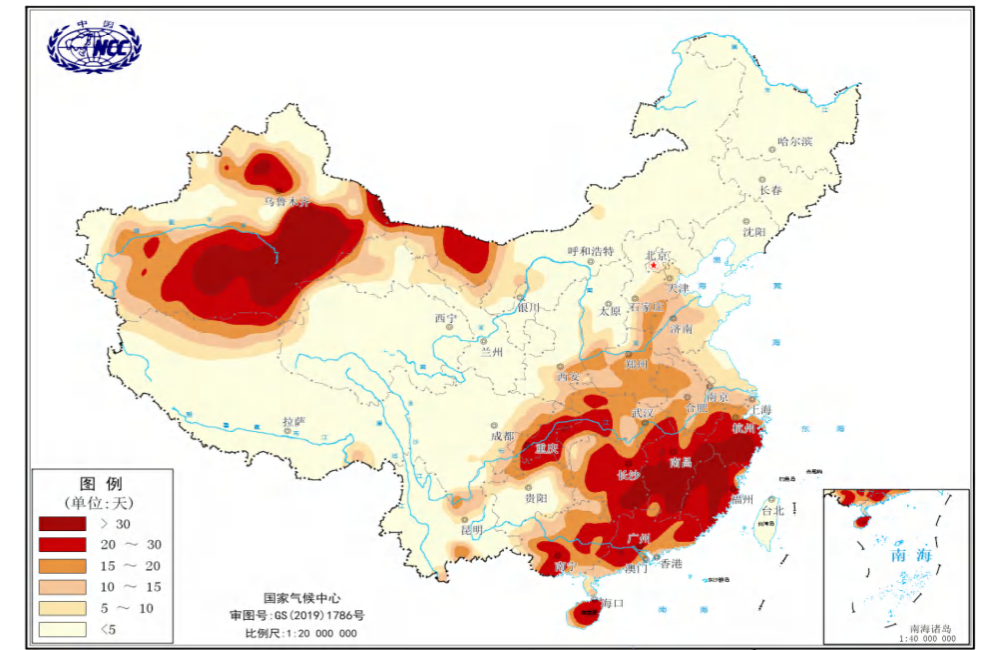
我国年高温日数有东南和西北两个高值区。西北部的高值区在南疆地区,年高温日数一般20天以上,新疆吐鲁番更达109天,为全国之最;东南部的高值区在江南、华南北部及四川东部和重庆一带,年高温日数一般也有20天以上,江南部分地区的高温日数也可达30天以上。

干旱是指因水分的收与支或供求不平衡而形成的水分短缺现象。是危害农牧业的第一灾害。干旱对作物危害程度与其发生的季节、作物的种类、品种、生育期有关。气候暖干化造成湖泊和河流水位下降,部分干涸和断流。干旱灾害会引发其他自然灾害发生,冬春季的干旱易引发森林火灾和草原火灾。

台风引发的狂风、暴雨、风暴潮常常给沿岸的国家造成巨大的人员伤亡和经济损失。2020年热带气旋引发的直接经济损失为309.4亿元,占有气象灾害直接经济损失的8.4%,仅次于暴雨洪涝造成的直接经济损失。1990年来热带气旋造成的直接经济损失有增加的趋势,特别是近10年的平均直接经济损失高于19世纪90年代和20世纪前10年。

世界气象组织发布近50年灾情报告显示,1970~2019年天气、气候和水的危害占有所有灾害的50%,死亡人数占比45%,经

我国年高温日数(1961~2021年平均)



济损失占比74%。其中,超过91%的死亡发生在发展中国家。受气候变化、极端天气气候事件频发的共同影响,灾害数量增加了5倍,灾害损失增加7倍多;但由于灾害早期预警和灾害管理水平

的提升,死亡人数减少2/3左右。全球因气象灾害损失增多,但因灾死亡人数减少。1970~2019年,排名前十的灾害中人员伤亡最重的灾害是干旱、台风

1970~2019年全球气象灾害经济损失TOP10

排序	灾害类别	年份	国家	经济损失(十亿美元)
1	风暴(卡特里娜)	2005	美国	163.61
2	风暴(哈维)	2017	美国	96.94
3	风暴(玛利亚)	2017	美国	69.39
4	风暴(厄玛)	2017	美国	58.16
5	风暴(桑迪)	2012	美国	54.47
6	风暴(安德鲁)	1992	美国	48.27
7	洪涝	1998	中国	47.02
8	洪涝	2011	泰国	45.46
9	风暴(艾克)	2008	美国	35.63
10	洪涝	1995	朝鲜	25.17

和洪水和极端高温。其中,台风和干旱造成人员死亡占比分别为38%和34%;死亡人数从上世纪70年代的5万多人下降到本世纪10年代的不到2万人,减少约2/3。造成损失最严重的10次灾难中有3次发生在2017年:飓风“哈维”(969.4亿美元)、“玛利亚”(693.9亿美元)和“厄玛”(581.6亿美元)。仅这三次飓风就占了1970年至2019年全球十大灾害经济损失总额的35%。而2005年大西洋飓风“卡特琳娜”造成的直接经济损失高达1636.1亿美元,灾情程度居历史首位。

亚洲占全球与天气、气候和水等相关灾害的31%、相关死亡人数的47%和经济损失的31%。这些灾害大多与洪水和风暴有关。风暴造成的人员伤亡最严重,占比72%,而洪水造成的经济损失最大,占比57%。欧洲与天气、气候和水等有关灾害中洪水(占比38%)和风暴(占比32%)最普遍,但极端温度造成的死亡人数最多(占比93%)。北美洲占全球与天气、气候和水等有关灾害的18%,相关死亡人数的4%、相关经济损失的45%。风暴和洪水是常见的灾害,风暴造成的死亡人数(71%)和经济损失(78%)占比最大。美国占全球天气、气候和水等灾害造成的经济损失的38%。非洲占全球与天气、气候和水等相关灾害的15%、相关死亡人数的35%和经济损失的1%。虽然与洪水有关的灾害较多,但干旱导致的死亡人数最多,占该地区所有死亡人数的95%。南美洲有记录的前十大灾害占总死亡人数的60%,占经济损失的38%。在死亡人数排名前十的灾害中,洪水占90%,在经济损失排名前十的灾害中,洪水则占41%。西南太平洋与天气、气候和水等有关灾害中大多与风暴(45%)和洪水(39%)有关,其中风暴造成的死亡人数最多(71%)。

## 2.6 气候变化风险

### 气象灾害风险

气象灾害风险的产生和危害性,与自然事件、社会条件、承载体等因素相互作用,共同构成复杂而有机的灾害风险体系。自然灾害风险(Disaster Risk)的大小,不单单取决于致灾因子或极端天气气候事件本身(Hazard or Extreme Events),更取决于承载体暴露度(Exposure)和脆弱性(Vulnerability)等诸多因素。

IPCC将与气候变化相关关键风险定义为与《联合国气候变化框架公约》主要目标相关的潜在严重风险,以避免人类对气候系统的危险干扰,且覆盖全球至局地各种规模的风险。IPCC AR6

第二工作组报告显示,未来生态系统和人类面临的多种气候变化相关的风险将进一步增强,风险的等级取决于近期的温升水平、脆弱性、暴露度、社会经济发展水平和适应措施。在陆地生态系统中,在全球温升水平为1.5°C时,预计3~14%的物种将面临灭绝的高风险;而在温升水平2°C、3°C、4°C和5°C时,这一比例将分别增长到3~18%、3~29%、3~39%和3~48%。在未采取适应措施条件下,温升2°C和3°C水平下的粮食损害相对温升1.5°C将分别增加1.4~2.0倍和2.5~3.9倍。

IPCC AR6报告风险框架的新内涵(王蕾,张百超,石英,等. IPCC AR6 报告关于气候变化影响和风险主要结论的解读. 气候变化研究进展, 2022, 18 (4): 389-394)



IPCC首次在3个工作组之间统一了风险框架的定义,报告全面评估了适应措施在应对气候变化风险中的作用,包括适应有效性、潜在可行性和限制,由此加深了风险和适应之间的联系。

气候风险在全球各地普遍存在,报告确定了127个关键风险,并进一步分析和聚类,归纳了8个具有代表性的关键风险(representative key risk, RKR),包括沿海社会生态系统、陆地和海洋生态系统、关键基础设施与服务、生活水平与公平、人群健康、粮食安全、水安全、安全与人口流动。代表性的关键风险可以在区域到全球尺度内发生,对全球范围内的地区和系统具有广泛的潜在意义。

IPCC AR6报告中“关注理由”(reasons for concern, RFC)风险等级分4级,包括未检测到、中等风险、高风险和非常高风险。

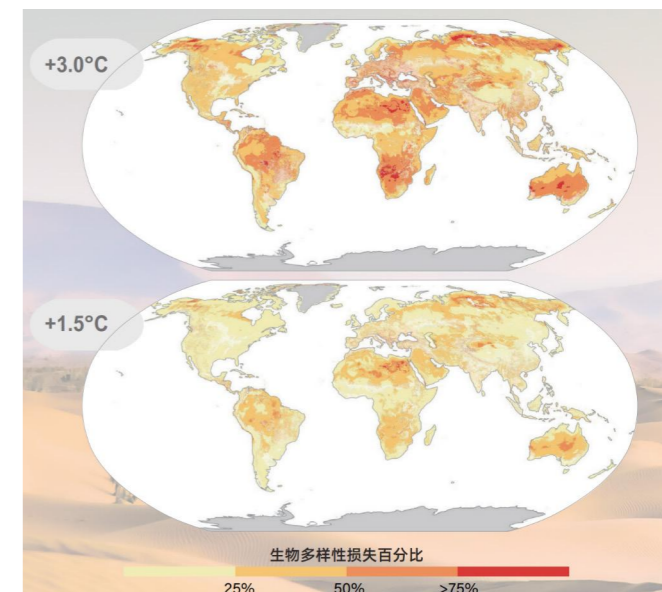
在RFC评估方面,AR6报告获得了更新、更全面的评估结果。在较低增温水平上5个RFC的风险均增加到了高和非常高的水平上,风险转变范围的信度更高。AR6中当前的濒危系统风险等级被评估为高,风险等级由高转变为非常高开始于温升1.2°C,并在2°C完成转变;极端天气事件风险等级在温升1°C时已经开始转变为高风险,在温升2°C时风险等级则进一步转变为非常高;影响的分布风险向中等风险的转变已经发生,预计在增温1.5~2.0°C时中等风险将转变为高风险,增温2.0~3.5°C时影响的分布在高到非常高风险等级的转变;全球综合影响和大范围、影响大的事件风险现已过渡到中等水平,并将在全球增温1.5~2.5°C和2.5~4.5°C时分别过渡到高等级和非常高等级。

全球约有33~36亿人生活在高脆弱地区,特别在西非、中非和东非、南亚、中美洲和南美洲、小岛屿发展中国家和北极。大量物种暴露在高度脆弱的环境中。全球不足15%的陆地、21%的淡水和8%的海洋受到保护,但在多数保护区仍缺少足够的管理措施来抵御或者适应气候变化影响。自然和人类系统对气候变化的脆弱性在区域之间和区域内有很大差异。对2010—2020年洪水、干旱和风暴造成的死亡率评估表明,与脆弱性非常低的区域相比,高度脆弱区域的死亡率高出15倍。人类社会的脆弱性和生态系统的脆弱性是相互依存的。当前不可持续的社会经济发展模式正在增加自然和人类的暴露度。

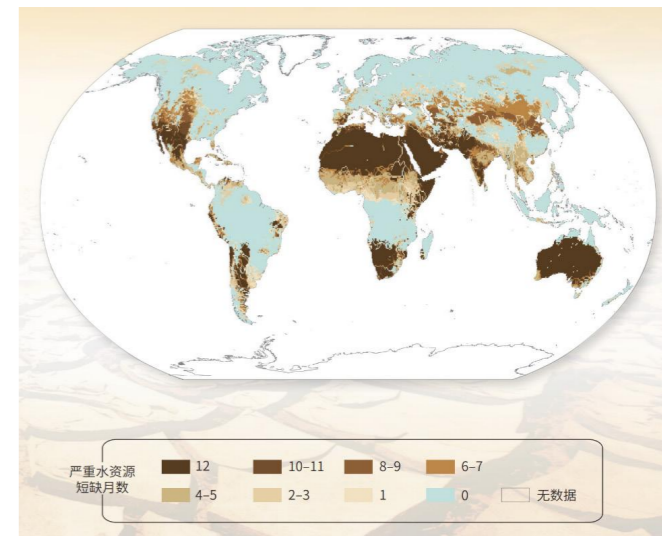
未来近期(2021—2040)的风险水平主要取决于暴露度和脆弱性。未来中期至远期(2041—2100),在2°C温升水平下,陆地高灭绝风险物种占比达10%,融雪灌溉降低20%。农业、健康、城市和基础设施、经济等领域的风险均随着全球温升水平的升高而增加,如与1.5°C温升水平相比,3°C下直接洪水损失继续增加2.5~3.9倍。一旦升温幅度超过1.5°C,尽管几十年后还回到1.5°C或以下(称为1.5°C过冲/overshoot),也可能造成一些不可逆的影响,例如海冰和冰川融化对极地和高山区造成的影响,海平面上升对沿海生态系统的影响等。

水循环变化产生的影响大部分是负面的,这由气候和非气候因素共同导致。全球约40亿人每年遭遇至少一个月的严重水资源短缺问题。由人类活动造成的气候变化显著改变了全球水循环,影响了水安全,并增加了水资源脆弱性。已有的适应气候变化行动中,约有60%都在应对水安全风险。

未来不同温升水平下生物多样性的损失(袁佳双 韩振宇 陆波 王蕾 秦云 王荣. 气候风险日益加剧—IPCC第六次评估报告《影响、适应



每年严重水资源短缺月数的全球分布(袁佳双 韩振宇 陆波 王蕾 秦云 王荣. 气候风险日益加剧—IPCC第六次评估报告《影响、适应



### 第三部分

# 扭转气候临界点之对策

## 3.1 气候临界点概要

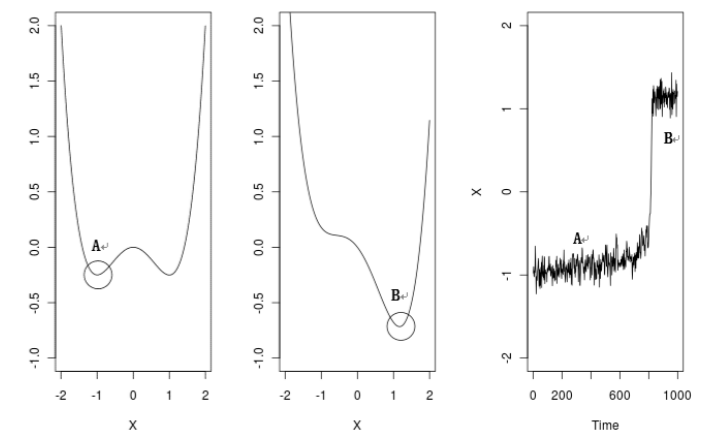
气候临界点是科学、政治和公众关注快速发酵之源。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 对于气候临界点 (Climate tipping points) 的定义是：“就气候系统来说，临界点 (Tipping point) 指的是全球或区域气候从一种稳定状态到另外一种稳定状态的关键门槛”。一旦临界点被激活，系统将无法回至原来的稳定状态。全部“气候临界点”被激活后，地球系统可能将重新洗牌。2018年经济学诺奖得主威廉·诺德豪斯曾有个比喻：一叶水面上漂浮的独木舟，当独木舟开始倾斜进水的时候，尚能保持平衡；但当倾斜达到一定程度时，独木舟就会倾覆——造成这个不可逆后果的倾斜角就是临界点。

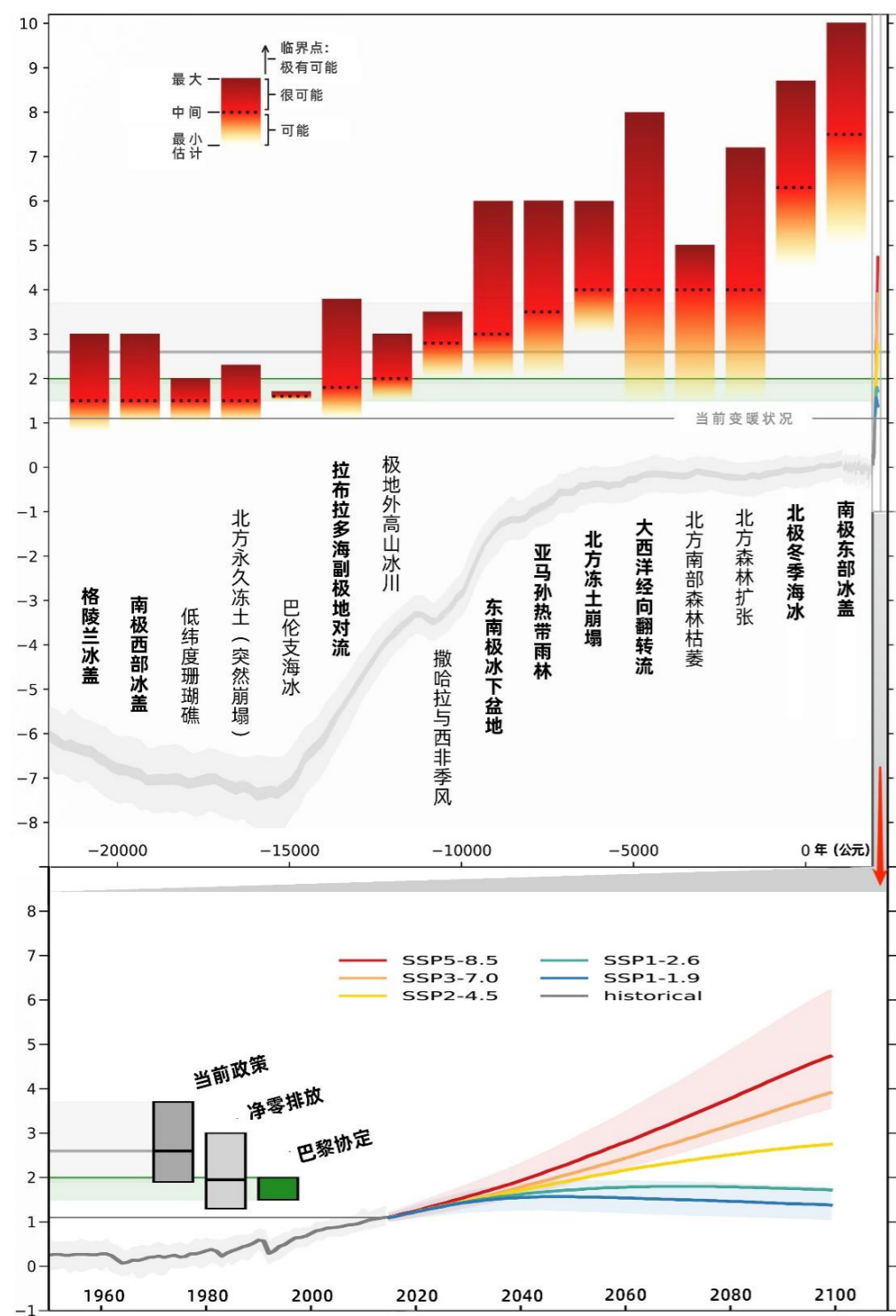
气候临界点全球分布图 (来源: McKay等, 2022)media/12884)



### 气候临界点的类型

自IPCC发布第三次评估报告以来，科学家已识别出许多影响地球系统平衡的气候临界点。英国埃克塞特大学全球系统研究所所长提摩西·莱顿 (Timothy Lenton) 教授在过去二十年间一直关注全球气候变化如何触发地球自然系统的临界点。2008年，莱顿研究小组发表“地球气候系统中的临界要素”学术论文，第一次提出了气候系统9个临界点。自工业革命以来，人类造成的全球升温已达 $1.1^{\circ}\text{C}$ ，全球有5个临界点已处于危险区。假使全球升温达到 $1.5^{\circ}\text{C}$ ，其中4个临界点很可能会被触发乃至越过，同时另外5个临界点将进入危险区；若全球升温达到 $2^{\circ}\text{C}$ 以上，将触发最后6个临界点。





全球变暖(°C, 相对于工业化前)  
16个气候临界点图(来源: McKay等, 2022)

十多年来,气候临界点这一概念正在引起各界越来越多关注。2020十多年来,气候临界点这一概念正在引起各界越来越多的关注。2020年,莱顿团队在《自然》杂志发文指出,全球超过一半已被辨识出的气候临界点已呈现出活跃状态。2022年9月9日发表于《科学》杂志上的一个研究报告中,科研人员引用200多篇发表于2008年以后的论文指出,在全球范围内气候临界点的数量实际上有16个,如亚马孙热带雨林的枯萎、北极海冰面积减

少、全球珊瑚礁大规模死亡等等。近几年来全球各地的极端天气已经传递出越来越多令人不安的信号,人类活动正在把地球系统推向破坏性的临界点,这些是临界点涵盖冰冻圈、大气与海洋圈和生物圈,需要面对气候系统不可逆转的变化。

在最新研究中,对逐个临界点被触发所需的气温升幅进行了计算,结果发现有5个临界点已处于“危险区”,已经或很快就会被突破。这5个临界点是格陵兰冰架、南极西部的冰架、北极冻

土层、热带珊瑚礁,以及北大西洋西北部“拉布拉多海”副极地翻转环流,其中格陵兰冰架和南极西部冰架的临界点已经被突破。触发格陵兰冰架全面消亡的临界点是升温0.8°C,而触发南极西部冰架全面消亡的临界点是升温1°C。除了这5个临界点之外,其余11个临界点被触发所需的升温幅度是1.5°C,被归于“有可能”激活。

### 气候临界点的特性

“气候临界点”的第一个特性是不可逆性。全球增暖引起“气候临界点”被突破,进一步引发多米诺骨牌式的正反馈效应,可能会将全球的森林、海洋、冰盖等系统推向不可逆转的死亡深渊。且跃过临界点后,气候变化可能转为更加陡峭的非线性指数级数变化。到达临界点的累积时间可能很长,在这个累积时间段,避免触发临界点的努力是有意义的,而一旦触发临界点,系统可能会很快地翻入坏结果——在临界点之后,系统会进入新的平衡,但不会再是原来的状态。

第二个特点是难以预测性,而这也是其最危险的地方:尽管人们知道危险将会来临,却无法准确预见临界点何时到来。这有点像人类学家对于“灾难系统”的定义——我们经常能够预测危险的情况将出现,但是我们却不能预测灾难发生的准确时间。当我们意识到临界点来临时,临界点实际上已经被触发。在“气候临界点”被激活后,迈过“气候临界点”的世界将会变成什么样,我们的答案只能是——不知道。

## 3.2 冰冻圈临界点

### 极地冰盖崩塌

几百年来,格陵兰冰盖的消减保持着平衡。但从20世纪90年代开始,格陵兰冰盖以越来越快的速度融化。1992 -2018年间损失了近4万亿吨冰。现在它的融化速度开始失控。2019年8月间,,格陵兰冰盖在短短4天内融化了550亿吨。

尽管由于温度升高,大部分融化还只是发生在冰面,但随着冰盖高度不断降低,表面暴露在较低海拔的温暖空气中,融化速度将会加快。此外,降雪越少,冰面越暗,冰面就会吸收更多来自太阳的热量,升温速度更快。

格陵兰冰盖如果全部融化成水,将会让全球海平面升高约2米多,实际上其融化速度越来越快。格陵兰冰盖可能存在一个临界点,虽然它突然解体的可能性很小,但如果超过临界点,将出现数千年内都不可逆转的解体。科学家们推测格陵兰冰盖发生不可逆解体的临界温度范围是升温幅度介于0.8°C~3.2°C。

在2012年就有科学家称南极西部冰盖上冰层的融化已经导

致拉森B冰架出现解体。伯德科研工作站监测的南极地区温度变化图,可以看出南极西部升温幅度明显。一项新的研究发现,当前的政策下将升温近3°C,这将导致2060年后南极冰层流失突然加速,而其他研究表明西南极冰盖的临界点介于升温幅度达到1.5°C和2.0°C之间的某刻。

南极西部海冰与格陵兰冰盖的大规模消退这是目前识别出的临界点中,科学研究相对最为充分的一项。2019年IPCC发布的《海洋与冰冻圈特别报告》认为,全球冰川大规模融化对应的升温范围,应在升温1°C到4°C之间。而且当夏季升温在2°C时,就可能触发格陵兰冰盖的大规模消融。

事实上,一些区域性的临界点可能已经被触发。过去十年的研究表明,南极洲西部阿蒙森海的冰川消融可能已经突破了临界点——各个模型的演进都显示,在这片区域,海洋、陆地和基岩相遇的“交界线”正在持续后撤,且这种后撤的趋势不可逆转。有模型研究表明,当这部分冰川消失时,它可能会带来多米诺效应,使南极冰盖的其余部分遭到破坏,并可能致使全球海平面在未来数百年到几千年的时间上升约3米。

在北半球,格陵兰冰盖正在加速融化。模型研究表明,格陵兰冰盖融化的临界点在升温1.5°C时就可能被触发——考虑到现在的世界已经升温1°C,按照当前的排放趋势,升温1.5°C的世界可能在2030年就会到来。如果格陵兰冰盖全部融化,它会在数千年的时间内使海平面增加7米。

如果南极西部冰川和格陵兰冰盖融化的临界点被触发,这意味着,我们将会把子孙后代置于数千年之后生活在海平面升高十米的情境中。在海平面升高十米的世界里,洛杉矶、圣彼得堡、新奥尔良、上海、爱丁堡等主要城市,也许已经被海水淹没而不复存在。

### 北方永久冻土解冻

地球的北方冻土封存着大约相当于当前大气中两倍数量的碳,这些沉睡在冻土层里的碳一旦解封,将会持续释放很长一段时间——就像是一台启动时间超长的机器,一旦被发动,就很难停下来。IPCC报告写到:到2100年,即使全球升温控制在2°C,全球约四分之一的永久冻土也将会消融;而如果按照当前的排放速度,全球约70%的永久冻土会在本世纪末消融。随着温度升高,大面积的永久冻土将在本世纪以及接下来的若干个世纪里持续“复苏”,那些从远古时代就被永久冻土封存的有机碳,将在微生物作用下转变为二氧化碳和甲烷,进一步加强温室效应。

研究推测,北极永冻层中冻结了14,000亿吨碳。而北极变暖的速度是地球其他地方的两倍,永冻层变暖和解冻的同时释放



出二氧化碳和甲烷,进而加剧气候变暖和冰川融化。美国国家海洋大气局(NOAA)的《2019年北极报告》发现,北极融化的永冻层每年可能向大气中释放3~6亿吨碳,全球变暖升温2°C可能有40%的永冻层消失。

### 3.3 生物圈临界点

当前自然生态面临严峻挑战,必须刻不容缓地采取变革行动,扭转生物多样性退化趋势。人类正以前所未有的规模开发和破坏自然,地球上的第六次生物大灭绝。世界气象组织发布《2022年全球气候状况》临时报告指出,温室气体浓度不断上升,热量不断累积,海洋暖化达到创纪录水平,全球气候影响越发严重,已使《巴黎协定》中较低的1.5°C目标几乎遥不可及。

#### 生物多样性面临严重风险

联合国千年生态系统评估指出,目前气候变化已成为威胁生物多样性的主要因素之一,且预计在未来的几十年中,将越来越成为其变化的重要驱动力。由于气候变化,一些脆弱的生态系统正逐渐退化甚至消失,栖息于其中的物种正受到生存威胁。极地是对气候变化最敏感的地区,由于海冰的逐渐消失,依赖其休息、捕食和繁殖的北极熊的生存首当其冲受到威胁。

气候变暖打破了物种与其分布的区域内生态因子长期作用达到的平衡,迫使许多物种向更高的纬度和海拔迁移。当物种无法再迁移时,就会造成地方性的甚至是全球性的灭绝。美国奥林匹克国家公园内的乔木已经入侵山地草原造成其分布面积的减少;追踪35种非迁移性的欧洲蝴蝶,发现63%的蝴蝶分布范围向北移动了35~240千米;北太平洋的海水变暖正压缩红鲑的分布范围,迫使它们向白令海迁移。

气候变暖造成了生物物候期的变化,这种变化正造成生态紊乱。全球范围内,大于80%物种的物候期每十年提前或延后了2.3~5.1天,仲夏之前开花的物种物候期提前,仲夏之后开花的物种物候期延迟。而物候期的提前或延迟,可能引起其他物种的入侵和群落组成与结构的变化。

预计气候变化的影响在今后几十年将更加显著。大多数情景预测气候变化对生物多样性和生态系统功能造成不利影响,在某些情况下,这种影响随着全球变暖的加剧而成倍恶化。即使在全球升温1.5°C至2°C的情况下,大多数陆地物种的分布范围也将大大缩小。分布范围的改变可能对陆地保护区保护物种的

能力产生不利影响,导致地方物种更替速度大幅加快,并使全球灭绝风险显著上升。综合多项研究估算出面临与气候相关灭绝风险的物种比例在升温2°C的情况下为5%,在升温4.3°C时上升至16%。

预计21世纪末气候变化将导致物种和植被类型地理分布改变,其分布范围将向两极推进几百至几千千米,温暖水域海洋生物将迁向较寒冷的水域,导致热带海洋多样性降低,温带和北方森林面临大范围枯死的危险。由于定向选择和快速迁移,气候变化将使种群的遗传多样性降低。气候变化可能会通过影响食物和栖息地条件而影响生物多样性整体特征。一些物种对气候变化响应改变将可能会对依赖这些物种而活动的物种造成一定的间接影响。千年生态系统评估预测,气候变化影响下5%~20%陆地生态系统将转变,特别是寒针叶林、苔原带、灌木、草原和北方森林。气候变化影响下,高海拔和高纬度地区的高寒和北方森林范围预计将向北扩展,树线及苔原和高山群落将上移,使物种灭绝,一些湖泊可能变干;海水变温热并且变得更酸,热带珊瑚礁将白化。

随着多个物种暴露在空前的温度下,可能会出现突然的大规模死亡。在高排放情景下,热带海洋、热带雨林以及高纬度地区预计将分别在2030年和2050年达到这种前所未有的温度状况。如果全球变暖保持在2°C以下,只有不到2%会经历突然的暴露事件。然而,如果全球变暖保持在4°C以下,风险就会加剧,将有15%的生物群落受到威胁。气候变化导致生物多样性面临突然并且非常严重破坏的风险迫在眉睫,想要延缓这种破坏,需要大规模、快速地减少温室气体排放。

#### 暖水珊瑚大面积死亡

暖水珊瑚作为热带和亚热带海域的浅水生物,生活在水深50米以浅的海域,其适温范围大约为18~29°C。当海水温度较长时间超过这个范围将导致暖水珊瑚的虫黄藻等共生体逸出和珊瑚共生体系的崩溃,从而引起暖水珊瑚白化甚至死亡。

自1980年代以来,全球频频发生的海洋热浪,导致珊瑚频繁白化,增加了受损珊瑚恢复的难度,也改变了珊瑚礁生态系统的现状。自1997年以来,强厄尔尼诺事件和海水温度异常升高事件导致大规模珊瑚白化事件的频繁发生。其中,1998年和2007年海水温度的异常升高更是引发了澳大利亚大堡礁和南海海域发生严重的大规模珊瑚白化和死亡。强热带气旋也给珊瑚带来严



重的影响和破坏。近几十年来，全球变暖背景下强热带气旋如破纪录强飓风不断增加，其数量和强度对珊瑚礁结构的影响与破坏作用，超过了珊瑚礁长期以来形成的自然适应能力，风暴潮造成的水体混浊度增加将影响到珊瑚幼虫(体)的附着和生长发育。

珊瑚礁特别容易受到气候变化的影响，预计在升温1.5℃的情况下，珊瑚礁覆盖率将下降到原来的10%至30%，而在升温2℃的情况下，将下降至不到原来的1%。因此，各种情景表明，将全球升温幅度限制在远低于2℃，对于减轻自然及其对人类贡献所受的不利影响具有关键作用。

按中国近海升温的速率估算，到本世纪中叶，中国南海升温很可能远超过2℃。换言之，南海暖水珊瑚礁生态系统很可能正在快速逼近其气候临界点，即全球升温2℃时，90～99%以上的暖水珊瑚将消失。令人担忧的是，一旦暖水珊瑚礁生态系统突破气候临界点，可能不仅是暖水珊瑚礁生态系统将发生崩溃，而且恐将引起其他生态系统多米诺骨牌式连锁反应，从而可能对人类社会的可持续发展造成严重的冲击。

为减缓或避免暖水珊瑚礁生态系统逼近气候临界点的速度与可能，增强暖水珊瑚适应气候与环境变化的能力，修复受损珊瑚礁生态系统是当今人类社会迫在眉睫之事。当前受损珊瑚礁的修复主要包括有无性或有性繁殖等修复方式，但是，前者除了需要大量的人力和物力，不易开展规模化的修复之外，还易造成遗传结构单一和生物多样性降低，而后者虽然符合“自然恢复为主，人工干预/支持为辅”的生态修复理念，有助于提高暖水珊瑚礁的气候恢复力，只是迄今世界范围内成功的案例仍极少。

#### 亚马逊热带雨林干旱化

亚马逊作为最大的热带雨林，是全球十分之一已知物种的栖息地，也是世界最大的储碳、固碳森林。被称为“地球之肺”的亚马逊丛林在过去20年里一直在变干。如果目前亚马逊地区的干旱趋势持续下去，雨林可能会达到无法正常运作的程度，这将导致许多树木和物种灭绝。在森林砍伐和气候变化的双重作用下，自1970年以来亚马逊雨林已有大约17%被毁。目前的推测是，在亚马逊雨林的毁林率在20%~40%之间时，雨林的临界点将会到来，亚马逊雨林将可能进入非雨林气候，失去固碳作用。

作为缓解气候变化的得力帮手，亚马逊雨林长期储存的碳

大概相当于全人类十年的排放总量。一旦这样高数量的碳被释放到大气中，将使全球二氧化碳浓度激增10%。事实上，已有研究发现，在过去的十几年间，世界各地的热带雨林已经开始变成净碳排放源，其中近60%的排放来自于美洲。为此，科学家们发出警告：“理智的做法应该是要尽可能地将毁林率控制在远低于20%。因为众所周知，你不可能去为了准确地了解到毁林的临界点，而去触发这个临界点。”

越过这个临界点还将导致生物多样性和生态系统服务丧失，影响全球天气模式，并威胁到3000万人的生命。一项研究发现，如果变暖幅度达到3℃，这种消亡就会发生。

## 3.4 海洋圈临界点

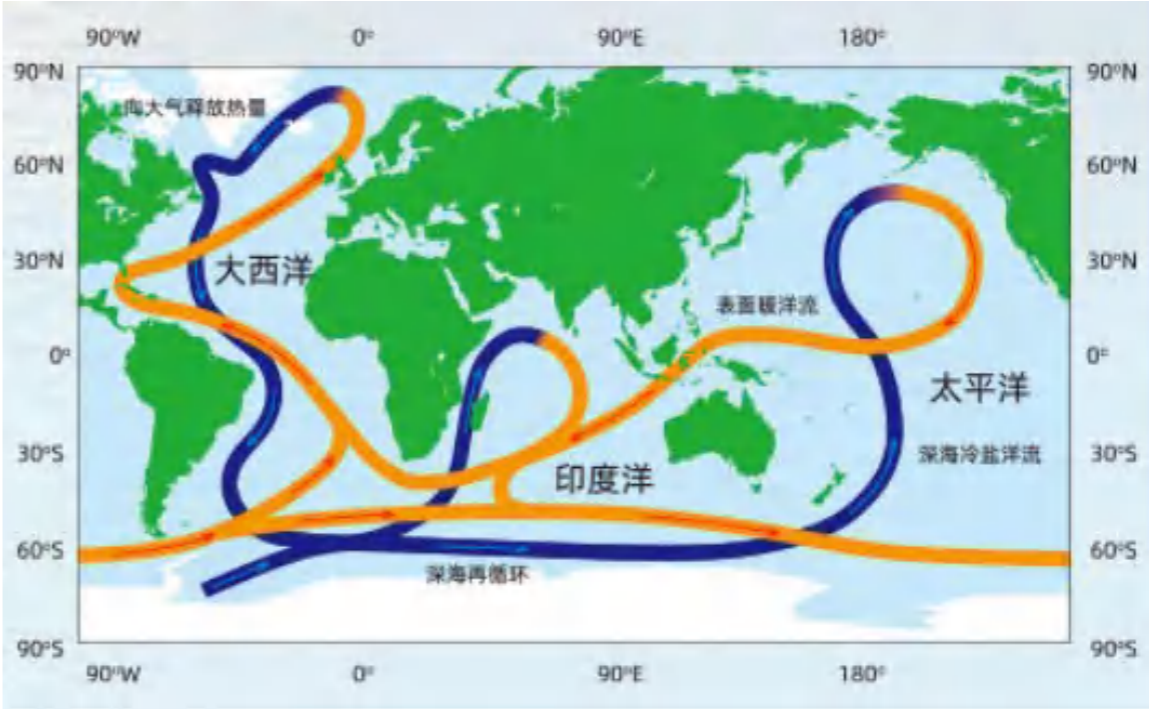
#### 大西洋经向翻转环流崩溃

大西洋经向翻转环流是全球主要洋流之一，在调节气候方面有重要意义。大西洋经向翻转环流将热带地区的暖水向北输送到海洋表面，将冷水向南输送到海洋底部，与欧洲相对温和的温度联系密切。大西洋经向翻转环流还影响全球天气系统，它的潜在崩溃可能会产生严重的后果——使欧洲大幅降温，并对热带季风系统产生强烈影响。

2021年丹麦哥本哈根大学和德国波茨坦气候影响研究所的一项研究指出，大西洋的这一主要洋流在20世纪可能已经失去稳定性。研究表明，目前大西洋经向翻转环流处于1000多年来的最弱状态。动力稳定性减弱意味着大西洋经向翻转环流已经接近临界阈值，超过这个阈值可能发生实质性的不可逆转的向弱模态的转变。

如果大西洋经向翻转环流完全停止，将导致美国东海岸和西欧沿岸地区大幅降温，使海平面上升，导致更多干旱，并使英国的农业减产，还会引发其他临界点出现。科学家们认为，在上一个冰河时代发生过这种情况，当时一个冰川湖破裂并将淡水注入大西洋。随着大西洋经向翻转环流停止，北半球进入了持续1000年的寒流期。

最新的气候模型预测，到2100年，全球持续变暖可能会使大西洋经向翻转环流减弱34%~45%。虽然仍有许多不确定性，但一些研究表明，大西洋经向翻转环流的临界点可能会在全球升温3℃~5.5℃之间时达到。



全球温盐环流示意图

#### 拉布拉多深海对流崩溃

拉布拉多洋流为一个在北大西洋西北部的冰冻洋流，由北冰洋南部沿着加拿大拉布拉多省岸边，经过纽芬兰岛，再向南流向新斯科舍和美国新英格兰。拉布拉多洋流为巴芬岛洋流及西格陵兰洋流的伸延。

拉布拉多洋流与温暖的墨西哥湾流在纽芬兰大浅滩相会，另外两者亦在北卡罗莱纳州外滩群岛的北方再次相会。以上两个洋流的融合形成大雾，造成全球最富饶的渔场之一。在春天及早夏，拉布拉多洋流运送由格陵兰冰川而来的冰山向南至大西洋航运航线。拉布拉多洋流的水对加拿大近大西洋的省份及美国新英格兰地区有冷却效果，但其在鲑鱼角南方的温度影响并不明显。

拉布拉多海这片区域存在深层对流运动，能向大气释放热量，保持一定温度。但在全球变暖的影响下，这种释放热量的对流有减弱甚至完全停止的风险，从而导致这一部分突然变冷，10年内可降温3℃。这种寒冷的异常现象将产生大范围影响，例如使西欧持续凉爽，使萨赫勒地区持续干燥。

## 3.5 大气圈临界点

#### 厄尔尼诺和南方涛动发生变化

厄尔尼诺和南方涛动(ENSO)是发生于赤道东太平洋地区

的风场和海面温度震荡，在海洋方面表现为厄尔尼诺-拉尼娜的转变，在大气方面表现为南方涛动(南方涛动指发生在东南太平洋与印度洋及印尼地区之间的反相气压振动，是热带环流年际变化最突出、最重要的现象之一)。随着海洋变暖，厄尔尼诺和南方涛动可能会超过一个临界点，使厄尔尼诺现象更加严重和频繁，并可能加剧亚马逊地区的干旱。

#### 印度季风和西非季风崩溃

印度季风在6-9月带来的降水占全年降水总量的70%，对当地农业生产和社会经济发展起到至关重要的作用。大气的南方涛动与印度季风降水的异常存在密切关系。热带中东太平洋海水一"发烧",也就是发生我们常说的厄尔尼诺现象，印度季风带来的降水就会偏少，随后印度出现大面积干旱。2021年的一项研究表明，未来气候变暖可能会导致印度季风及其变异性的加剧，表现为降雨时间更短、降雨量更大。2022年季风降雨在巴基斯坦造成的大规模洪水是过去30年来未曾有过的，1/3的巴基斯坦土地已经被洪水淹没，大片国土几乎成了海洋。

西非夏季季风季节开始于4月下旬或5月初,结束于6月下旬或7月初，主要集中在几内亚海岸线北纬4°附近。随后，迅速北跳，到达撒哈拉地区。这样的变化也被称为西非季风跳跃。西非季风系统在夏季会给萨赫勒地区带来较多的降水，撒哈拉地区在变绿。

### 3.6 气候多米诺骨牌

随着对气候临界点认识的深入，人们逐渐意识到临界点之间会产生连锁反应，一个被激活，其他也会被接二连三地激活。北极冻土层的融化会向大气释放更多的碳，而这会导致地表和海洋温度进一步上升，并进一步加速冰架融化和珊瑚礁退化。

诸如冰盖融化、洋流变化、雨林砍伐等气候临界点之间会相互影响。最新的研究表明，在全球变暖程度低于预期的情况下，气候临界点相互作用最终也能引发突变。例如海洋环流的突变经常发生在适度的变暖（小于2°C）。

科学家们担心，突破一个系统的临界点，可能会增加突破其他系统临界点的风险。如果破坏性的临界点级联事件发生，则全球的级联效应将变得不可避免，最终形成对人类生存与文明的威胁。

一项关于西南极冰盖、格陵兰冰盖、大西洋经向翻转环流、厄尔尼诺和南方涛动和亚马逊热带雨林临界点的研究发现，它们可以在升温幅度达到2°C之前相互作用，这种交互将使临界点在过去预期的阈值到达之前出现。风险分析发现，由于冰盖的临界阈值较低，级联反应可能会从冰盖融化开始。例如，随着格陵兰冰盖向北大西洋释放淡水，大西洋经向翻转环流可能会放缓，这将导致向北输送的热量减少。随着北方变冷，它可能有助于稳

定格陵兰冰盖。然而，这也会导致南大洋的海水变暖，这可能会导致亚马逊部分地区更加干旱，而其他地区则会出现更多降雨。大西洋经向翻转环流的变化也可能引发厄尔尼诺和南方涛动的变化，导致厄尔尼诺状态持续时间更长，其影响可能会使亚马逊雨林消减的阈值降低。

科学家们表示，这些变化会在很长一段时间内发生，而且计算能力的限制导致无法准确表示每个气候系统的临界点或它们之间的相互作用。

### 3.7 气候临界点的应对

根据全球公共联盟的一项民意调查，G20国家中有73%的人认为地球已接近气候临界点。大量研究表明，如果不立即控制碳排放将全球变暖控制在2°C以下，事情将走向不可逆转的灾难性状况。

要使地球维持一个人类宜居环境，我们必须尽可能去守护每一个临界点不被突破。这并非易事。要使全球变暖幅度控制在1.5°C以下，2030年前人类温室气体的排放量必须减半，2050年前必须归零。但以现在的进度来看，这个目标几乎不可能达到。

《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方大会（COP27）会议期间，“未来地球计划”、“地球联盟”和“世界气候

气候临界点之间的连锁反应示意图  
(来源:Wunderling等, 2021)



研究计划”联合发布了《2022年气候科学的十大新见解》，报告指出适应气候变化的潜力并非无限。不断上升的海平面持续淹没沿海社区，愈发频繁的酷热超出人体忍受极限等，都是人类对气候变化适应能力的“硬”限制。人类不能无休止地适应气候变化，适应不是减缓的替代品，关于气候适应的新限制，可能会以冲突、流行病和既有的发展挑战的形式出现。

#### 全社会系统紧急转型以避免气候危机

气候危机急需社会快速转型。只有紧急的全系统转型才能避免加速的气候危机。在电力供应、工业、交通和建筑方面推进转型的关键行动包括避免锁定新的化石燃料密集型基础设施、进一步推进零碳技术、市场结构和公正转型的规划、应用零排放技术和行为改变，以维持减排，达到零排放；粮食系统重点领域包括需求方的饮食改变（包括解决食物浪费问题）、保护自然生态系统、改善农场层面的食品生产以及食品供应链的去碳化。政府可以通过改革补贴和税收计划促进转型。私营部门可以减少食物损失和浪费，使用可再生能源，开发新型食品，减少碳排放。

#### 加强减缓行动，避免排放反弹

关键行动包括：电力部门进一步刺激和扩大可再生能源的增长，同时迅速淘汰化石燃料，加快提高能源效率，推进电网数字化和节能；交通部门引入将燃料转换为零碳燃料、大规模电气化和模式转换的政策与措施；最迟必须在2035年之前在全球范围内禁止销售内燃机汽车；工业部门提高能源和材料效率（转向零碳能源，如可再生能源、电气化和绿氢），并提高材料的回收利用；建筑部门注重现有建筑物的改造和电气化，以减少能源需求；要求所有新建筑达到高效标准，并配备零排放的供暖和制冷技术；农业部门提高生产力，保护生物多样性，将高肉类饮食转向植物性饮食，并通过减少粮食损失和浪费来减缓对农田的需求。

#### 减少甲烷排放有助于在短期内缓解全球升温

甲烷排放是导致全球变暖的第二大原因。如只计算20年时间，甲烷升温潜能值是二氧化碳的80倍以上。甲烷在大气中的寿命比二氧化碳短：甲烷只存留12年，而二氧化碳却可能在大气中滞留数百年之久。这意味着相较二氧化碳减排，减少甲烷排放在限制全球升温方面有更立竿见影的效果。仅凭现有的免费或低成本技术缓解措施，就可以将每年的人为甲烷排放量减少20%左右。实施所有可用措施以及更广泛的结构和行为措施，有助于将人为甲烷排放量减少约45%。

#### 青年人应该积极参加减排行动破解危机

生活方式的改变是持续减少温室气体排放和弥合排放差距的先决条件。在减缓气候变化的各项活动中，青年人要不断创新应对方式，提升应对气候变化参与度，积极践行低碳生活方式。低碳生活是要从日常生活的衣、食、住、行等各个环节挖掘低碳潜力，涉及内容很广泛。低碳生活首先是减量，例如减少食物浪费、节水节电等；其次是提升能效，比如选用节能家电和节能建筑；最后是模式转变，比如从开私家车转为使用公共交通。青年要积极参与生物多样性保护与应对气候变化协同工作。

## 第四部分

# 气候治理与气候变化应对

## 4.1 全球气候治理主渠道

为了有效地应对气候变化问题,1992年的联合国环境与发展大会上通过了《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC),于1994年3月正式生效,奠定了世界各国紧密合作应对气候变化的国际制度基础,也形成了全球气候治理的主渠道。UNFCCC是世界上第一个为全面控制二氧化碳等温室气体排放,应对全球气候变暖给人类经济和社会带来不利影响的国际公约,也是国际社会在应对全球气候变化问题上进行国际合作的一个基本框架。



©Mika Baumeister/unsplash

《京都议定书》是第一个达成的有法律约束力的议定书,其提出将在2008-2012年承诺期内,主要工业发达国家的温室气体排放量要在1990年的基础上平均减少5.2%的约束性目标,这是人类历史上第一次以国际法律形式限制温室气体排放。《京都议定书》首次为需减排的国家规定了具有法律约束力的定量减排目标,并引入排放贸易(ET)、联合履约(JI)和清洁发展机制(CDM)三个灵活机制。

《巴黎协定》是全球气候治理进程的重要里程碑。《巴黎协定》及其实施细则在UNFCCC确定的框架和原则下,确立了各方2020年后强化气候行动、开展国际合作的目标愿景、制度安排和具体规则。把全球平均气温升幅控制在工业化前水平 $2^{\circ}\text{C}$ 之内,并努力将气温升幅限制在工业化前水平 $1.5^{\circ}\text{C}$ 之内,是UNFCCC下继《京都议定书》后第二份有法律约束力的气候协议。

### 缔约方大会对适应工作的推动

人们更深刻地意识到应对气候变化是一项全球性的、长期

的任务,不能一蹴而就,需要一个立即行动但循序渐进的过程。世界科学、政治、经济和技术的发展也在不同程度上与各个阶段的全球气候治理进程相互作用。全球气候治理的趋势与世界科学、政治、经济和技术的发展,将共同塑造未来应对气候变化国际合作进程。通过历年《公约》缔约方会议谈判,目前已经从资金与技术转让、国家适应规划与行动计划、国家信息通报与盘点、国际技术支持等几方面,初步建立起适应气候变化的国际机制。

### 适应措施的可行性评估结果

类别	目的	示例
资金与技术转让机制	支持发展中国家适应行动,促进技术开发和转让	全球环境基金、气候变化特别基金、适应基金、最不发达国家基金、绿色气候基金、技术机制等

国家适应规划与行动计划的编制机制	确立国家适应气候变化的指导思想或原则、解决和适应国家主要气候变化风险	国家适应行动方案、《国家适应计划》等
------------------	------------------------------------	--------------------

国家信息通报与盘点机制	提供国家气候变化影响与脆弱性评估、国家适应信息、适应目标、通报适应行动的法律法规框架、适应相关措施和行动的信息等	国家信息通报、国家自主贡献、年度报告以及国家适应信息通报等
-------------	--	-------------------------------

国际能力建设支持机制	国家信息通报、国家自主贡献、年度报告以及国家适应信息通报等	内罗毕工作计划、坎昆适应框架、适应委员会、华沙国际损失与损害机制、适应技术检查流程等
------------	-------------------------------	--

### COP27突破及争议点

《沙姆沙伊赫实施方案》重申了《巴黎协定》的温升目标,强调要采取快速行动和公正转型。首次同意就损失与损害建立一个新的资金机制,对应对损失与损害基金机制和基金运作也作了安排,但在落实资金的时间表、出资方等这些关键要素上未作

出明确规定,为该资金机制是否能够及时、有效落地和实施带来了不确定性。

《方案》指出全球在2030年前需要每年对可再生能源投资约4万亿美元才可能在2050年前实现净零排放。此外,全球向低碳经济转型预计需要每年4到6万亿美元的投资。对于发达国家每年出资1000亿美元的资金缺口,《方案》敦促发达国家对发展中国家履行出资责任并扩大对发展中国家的资金支持。

从全球气候治理的角度看,COP27有得有失,在徘徊多年的损失损害资金安排方面,取得了历史性突破,虽然所有细节尚待敲定;公正转型也多次出现,强调了可持续发展、脱贫在气候治理中的重要性,呼应了发展中国家的关切;在减缓方面,大体重申了前一次会议共识,没有新的进展,与目前严峻的应对气候变

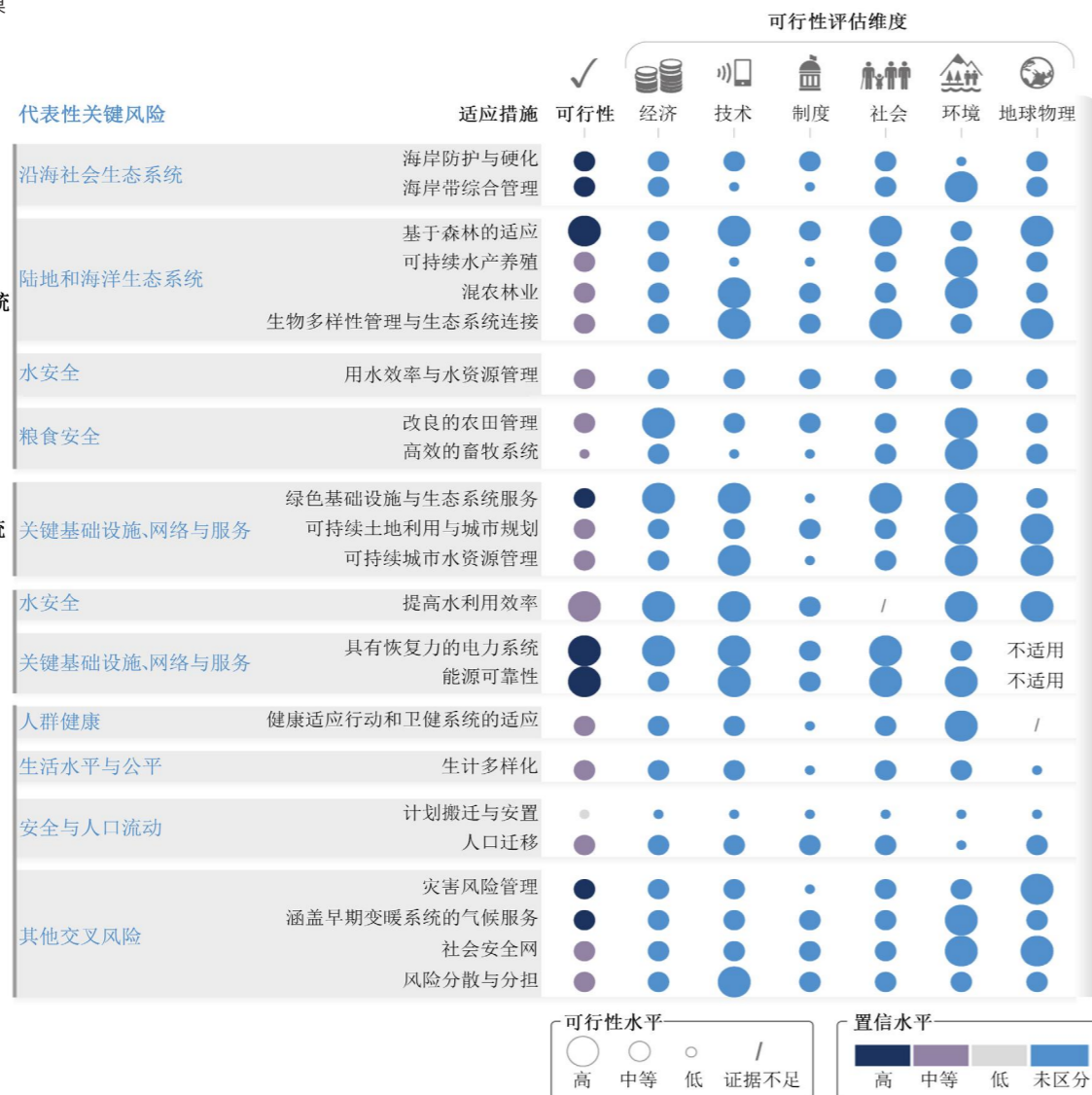
化形势所不符。

## 4.2 科学评估减缓和适应进展

1988年WMO和UNEP联合创立了联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC),专门负责评估气候变化科学事实及其影响、应对,为了国际社会共同采取应对气候变化行动提供科学技术支持。

IPCC的成立反映了国际社会对气候变化问题的认识和态度,表达了人类对气候变化事实、影响和应对的普遍关注,同时也大力促进了气候变化科学评估的发展。IPCC由三个工作组组成:第一工作组研究气候变化背后的科学;第二工作组研究影响、适应和脆弱性;第三工作组研究减缓气候变化。

适应措施的可行性评估结果



IPCC第六次评估报告指出,将人类活动造成的全球升温控制在一个特定的水平需要限制累积的二氧化碳排放,即至少实现净零二氧化碳排放,同时大力减少其他温室气体排放[2]。除了减少温室气体排放,IPCC还评估了其他两种方法:一种是二氧化碳移除,即通过人为的方式增加海洋或陆地碳汇,或直接从大气中捕捉二氧化碳并封存;另一种是太阳辐射干预,即通过人为的方法减少到达地-气系统的太阳辐射,或增加逃逸到太空的长波辐射。

大气二氧化碳的变化取决于人为二氧化碳排放率、二氧化碳移除率,以及陆地与海洋对二氧化碳的吸收率。二氧化碳移除率和人为二氧化碳排放率之间的差值为净二氧化碳排放率。当海洋和陆地对二氧化碳的吸收率超过净二氧化碳排放率,大气二氧化碳浓度开始下降。如果二氧化碳移除率超过二氧化碳排放率,将产生净负二氧化碳排放,进而降低大气二氧化碳浓度,扭转海表酸化的趋势。

IPCC第六次评估报告对不同二氧化碳移除方法,包括植树造林、生物碳等从碳移除潜力、地球系统反馈等方面进行评估后指出,二氧化碳移除方法会对生物化学循环和气候产生深远影响。这些影响可能会减弱或加强二氧化碳移除去除大气二氧化碳和降温的潜力,影响水资源、食物生产和生物多样性。从地球气候系统响应的角度来看,通过二氧化碳移除从大气中去除的二氧化碳,抵消部分被陆地和海洋释放的二氧化碳。多模式模拟结果显示,从大气中一次性移除1000亿吨二氧化碳的100年后,移除的二氧化碳中约49%和29%被陆地和海洋释放的二氧化碳所抵消,仅有23%“真正”从大气中被移除。

IPCC第六次评估报告指出,太阳辐射干预有潜力作为大幅度减排的补充措施。由于云-气溶胶-辐射过程的相互作用和微物理过程不确定性大,太阳辐射干预的冷却潜力和气候效应有很大不确定性。太阳辐射干预可以在全球和区域尺度上抵消一部分温室气体增加引起的气候变化,比如降低全球温度、稳定洋流、减少飓风发生频率、减缓极端高温、抑制海冰融化、稳定区域降水变化等,但太阳辐射干预无法在全球和区域尺度上完全抵消温室气体增加引起的气候变化。

IPCC第六次评估报告评估沿海社会生态系统,陆地和海洋生态系统,关键基础设施、网络与服务,生活水平与公平,人群健康,粮食安全,水安全,安全与人口流动等8类代表性关键风险,

主要包括海岸带调控、沿海基础设施、战略性退出沿海地区、修复或新建自然保护区等几十种适应措施。综合可行性评估中,基于森林的适应、具有恢复力的电力系统和能源可靠性这3个适应措施具有高信度的高可行性,计划搬迁与安置具有低信度的低可行性。

## 4.3 青年参与气候治理

气候变化是全人类共同关注的重大议题,青年力量在气候行动中必不可少。一方面,循环经济是实现碳中和目标的重要路径,青年是消费的主力群体,其消费决策关系到整个生产生活方式的绿色低碳转型。另一方面,成长于电子信息时代的青年对新技术、新思想、新信息有更深见解,这也意味着他们能为应对气候变化贡献更多智慧与力量。

### 联合国气候变化青年会议

2022年11月10日,在COP27首届青年主导的气候论坛——青年大会(COY17)上,全球青年大使代表六大洲的青年们向全球领导人发出《全球青年声明》,它由来自超过149个国家的年轻人协商而成,包括15个主题的关键政策要求,涉及气候融资、能源、损失和损害以及气候正义等,强调需要利用青年人的技能,让他们在采取紧急气候行动上发挥出强大的推动力。会议讨论了青少年和儿童气候教育的作用及其在加强气候行动和社区恢复力方面的作用,表达了青年对建立以损失和损害为重点的资金机制、进一步走向公正转型以及针对弱势群体需求的地方适应和恢复力解决方案的大力支持。

在今年的COP27会议上,UNFCCC首次设立了“儿童和青年馆”,这是首次专门针对年轻人设立主题馆,希望进一步提高儿童和青年在气候变化议题中的参与度和知名度,也希望进一步向他们赋能,并促进青少年在全球气候对话和政策制定中的参与度。

### 世界大学气候变化联盟

世界大学气候变化联盟(Global Alliance of Universities on Climate,简称GAUC)由清华大学于2019年1月达沃斯世界经济论坛牵头发起,并于2019年5月正式成立。联盟现有成员高校15所,遍布全球六大洲九个国家。该组织旨在鼓励广大青年群体,以地球接班人的身份主动担当,加入这场绿色革命,引领社会走向可持续发展。

2022年1月, GAUC联盟秘书处向联合国气候变化公约秘书处 (UNFCCC) 正式提议, 将每年联合国气候变化大会前一周设立为“全球青年气候周”。首届全球青年气候周将于今年10月31日至11月4日举行。联盟希望能通过这次活动, 激励世界各国青年树立和践行绿色发展理念, 积极创新实践, 为实现碳中和贡献青春力量。

#### WWF积极参与气候行动宣传

WWF与生态环境部宣传教育中心联合发起“气候行动周”活动, 邀请青年演员作为气候行动大使, 宣传“双碳”目标, 支持气候行动。增强全民节约意识、环保意识、生态意识, 倡导简约适度、绿色低碳、文明健康的生活方式, 把绿色理念转换为全体人民的自觉行动。

#### 我国的青年行动

青年应对气候变化行动网络 (CYCAN) 是中国第一个专注于推动青年应对气候变化的非营利性环保组织。CYCAN主要通过青年网络搭建、气候倡导、本土实践和国际交流四个方面有力地推动青年了解并积极参与应对气候变化的进程, 为有志青年提供引领绿色变革的平台。目前已有500+所中国高校参与到CYCAN组织发起的行动中来, 影响100000+青年。CYCAN在2019年4月确定未来战略发展目标, 将以“2030行动”为目标, 致力于2030年前推动青年及公众为应对气候变化做出立即的行动和卓有成效的改变。

## 4.4 气候适应经验与范例

多数发达国家先后制定了适应气候变化的国家战略及行动计划。截至2011年底, 发达国家资助47个发展中国家制定适应行动计划并开始实施。如2020年俄罗斯联邦政府批准了“2025年前第一阶段适应气候变化的国家行动计划”, 明确规定了第一阶段 (2020-2022年) 应对气候变化的具体工作, 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。2021年2月24日, 欧盟委员会通过《打造具有气候韧性的欧洲——新的欧盟气候变化适应战略》, 基于2013年气候变化适应战略, 重点从理解问题向制定解决方案和实施转变, 旨在通过更明智、更系统和更快速的适应以及加强国际行动, 实现具有气候恢复力的欧盟2050年愿景。

#### 国家适应规划或行动计划

中国政府制定的《中国应对气候变化国家方案》明确了到2010年中国应对气候变化的具体目标、基本原则、重点领域及其政策措施。《国家适应气候变化战略》目标是到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。《国家应对气候变化规划 (2014-2020)》到2020年, 应对气候变化工作的主要目标是控制温室气体排放行动目标全面完成、低碳试点示范取得显著进展、适应气候变化能力大幅提升、能力建设取得重要成果、国际交流合作广泛开展。《城市适应气候变化行动方案》主要行动包括加强城市规划引领、提高城市基础设施设计和建设标准、提高城市建筑适应气候变化能力、发挥城市生态绿化功能、保障城市水安全、建立并完善城市灾害风险综合管理系统、夯实城市适应气候变化科技支撑能力等。《关于印发气候适应型城市建设试点工作的通知》将适应气候变化理念纳入城市规划建设管理全过程, 完善相关规划建设标准, 到2020年, 试点地区适应气候变化基础设施得到加强, 适应能力显著提高。《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》制定2030年前碳排放达峰行动方案, 完善能源消费总量和强度双控制度, 重点控制化石能源消费。《国家适应气候变化战略2035》目标是到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等。

#### 广泛开展国际合作

气候适应国际合作机制为气候倡议、气候援助、气候投融资、多边合作基金等; 主要形式为多边和双边合作、气候援助、政府间项目援助、委托国际组织资金援助和适应援助; 合作内容包括发达国家/集团向发展中国家, 特别是向最不发达国家和小岛屿国家提供资金支持, 区域性国际合作与南南合作等。重点合作领域包括农业、自然生态系统、水资源、海岸带资源环境和其他受气候变化影响的脆弱与敏感领域。

欧盟、东南亚、中南美、南亚和非洲先后开展了区域适应气候变化国际合作。中英瑞合作中国适应气候变化项目 (ACCC) 先后进行了两期。中国农业农村部把适应气候变化纳入与发展中国家的南南合作计划。2018年10月16日, 由联合国前秘书长潘

国内适应行动政策文件

2022

《国家适应气候变化战略2035》

明确面向2035年气候适应总体要求及目标, 提出气候变化监测预警、自然生态系统适应、社会经济系统适应以及构建适应气候变化区域格局等要求

2021

《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》

制定2030年前碳排放达峰行动方案

2017

《关于印发气候适应型城市建设试点工作的通知》

明确气候适应试点城市的工作任务和要求

2016

《城市适应气候变化行动方案》

规划引领、制定基础设施设计和建造适应能力提升、城市绿化、水安全、灾害风险管理系统、科技支撑、试点示范

2014

《国家应对气候变化规划 (2014-2020)》

法律体系、评价指标、管理和监督考核体系、适应纳入规划、编制适应气候变化方案、风险分析、国际合作

2013

《国家适应气候变化策略》

法律法规、管理应急体系、监测预警机制、资金机制、科学技术清单、基础设施、敏感领域适应能力、生态系统

2007

《中国应对气候变化国家方案》

农业、林业、水资源、海岸带、海平面适应能力

基文、微软创始人比尔·盖茨和世界银行CEO克里斯塔利娜·格奥尔基耶娃领导的“全球适应委员会”在荷兰海牙宣布成立, 旨在推动国际社会提高适应气候变化力度和加强伙伴关系, 帮助气候脆弱型国家提升适应能力, 实现可持续发展目标。全球适应中心是全球适应委员会的执行机构。2019年6月27日, 全球适应中心中国办公室在北京揭牌。

#### 英国形成完善的国家适应战略框架

2000年发布了气候变化国家战略, 2005年发布了国家层面的适应政策框架, 提出了一套以风险分析与策略评估为基础的决策和工作指南, 2008年颁布了《气候变化法》, 规定了适应气候变化措施的监察、评估和报告制度; 2013年颁布了首部《国家适应计划》, 部署了重点领域适应气候变化的具体目标、行动方案、责任部门和进度安排; 2018年发布了《第二次国家适应计划 (2018-2023年)》, 针对6个优先适应领域确定了未来5年的关键适应行动。此外, 英国还发布了一系列影响监测、风险评估和实施行动的计与政策等。根据《气候变化法》, 国家气候变化委员会从2010年起, 每年发布适应行动的进展报告, 并建立了由政府各部门组成的灾害预警和防范系统, 为公众和政府及时、准确地提供灾害预警和防灾减灾服务。英国相关政府部门也发布了部门“气候变化适应规划”, 英格兰发布了《英格兰适应气候变化: 行动框架》。

#### 德国设立国家气候变化适应委员会

德国于2005年在《气候保护计划》中, 首次提及气候变化适应问题, 并提出将制定全国性的适应气候变化战略。为此, 德国建立了“德国气候变化适应委员会”和“适应气候变化部际工作组”, 分别于2008、2011年发布了《德国适应气候变化战略》(DAS)、《适应行动计划》(APA), 并于2014年对DAS措施开展了评估, 2015年还发布了《气候变化适应战略的进展报告》。德国虽然目前尚没有专门的气候变化立法, 但通过在相关立法中纳入气候变化适应内容, 来提高其应对能力。如《空间规划法》中规定“为预防洪灾应保护海岸和内陆环境, 确保或者恢复植被、缓冲区域以及洪灾损坏的区域”; 《水平衡管理法》中也规定了“洪水防治”的相关内容等。资金支持方面, 德国于2013年设立了森林气候基金, 每年约3500万欧元被用于支持适应气候变化工作。

## 瑞士山脉和冰川气候变化风险与机会评估

将瑞士划分为六大区域,每个区域选择一个典型的行政区开展详细评估,而后将结果扩展到相应的区域,并以此为基础,于2012年颁布了包含适应总体目标和原则、部门战略和跨部门挑战等三部分要点的《瑞士国家适应战略》。该《战略》要求瑞士9个重点适应部门,制定“部门适应子战略”,并在识别部门重点适应行动的基础上,制定相应的适应目标和可行路径。此后,瑞士启动了两项《国家适应战略》支持行动,一是面向国家及区域层面政策制定者与管理机构、开展适应行动的联合会、工作网络和专家的“适应信息网络平台”等,旨在促进信息共享和交流;二是瑞士联邦政府环境办公室牵头发起的“适应气候变化试点方案”,旨在实施创新的跨部门适应项目,提高试点地区的适应能力。日本的适应气候变化工作由环境省牵头协调和组织。1993年发布的《环境基本法》将全球气候变暖对策纳入环境法体系,1998年10月公布的《全球气候变暖对策基本法案》,从宏观上确立了国家应对气候变化的基本政策,但未涉及气候变化适应的具体措施。

## 日本建立了气候变化适应委员会

定期发布气候变化适应委员会追踪报告,并开展了政府部门机构之间的协作项目、构建气候变化统计信息平台,建立了专家和决策者之间的交流机制。日本于2015年出台了《气候变化适应计划》,制定了未来10年内适应气候变化的基本方针,该计划由环境省制定,拟每五年更新一次。此外,日本环境省、农林水产省、国土交通省、文部科学省等相关部门,也发布了相应的应对气候变化的研究报告、战略、计划、指南等。

## 澳大利亚从体制机制高度重视适应问题

2006年5月,澳政府发布了《适用于风险管理指南之初始风险评估的气候变化情景》《气候变化影响和风险管理:企业和政府指南》以指导政府机构和企业的气候变化风险管理。2007、2010和2015年,则又分别发布了《国家气候变化适应框架》《澳大利亚适应气候变化:政府立场》和《国家气候韧性和适应战略》。体制机制方面,2007年成立“澳大利亚气候变化适应中心”,12月3日成立“气候变化部”(在2010年的政府机构改革中成立“气候变化与能效部”),2011年成立气候变化特别委员会,以支持国家级气候变化政策的有效实施,并为联邦政府在政策执行过程中加强与州、地区和地方政府的联系提供平台。针对海岸线的气候变化脆

弱性高的问题,澳大利亚重点开展了沿海脆弱性评估,2009年发布《澳大利亚海岸气候变化风险》、2011年发布《沿海建筑和基础设施的气候变化风险》。

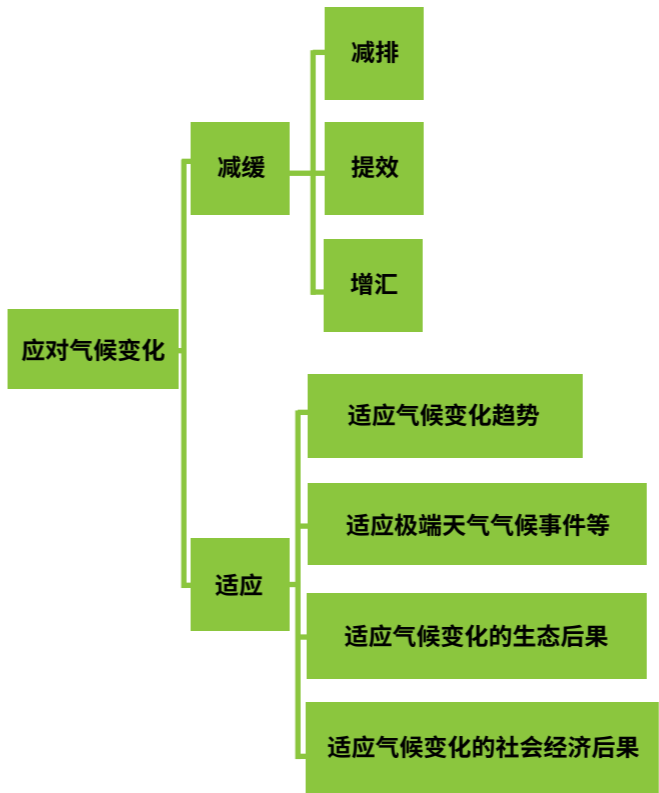
## 4.5 应对气候变化政策与对策

中国是最早参与国际气候变化科学评估的国家之一。为实现应对气候变化目标,中国成立应对气候变化组织机构,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,推动中国应对气候变化实践不断取得新进步。中国对气候问题的认知也在发生转变,由原来的“应对气候变化会限制中国的发展”转变到“应对气候变化会促进中国的发展”。这种观念的变化成为中国在世界气候谈判大会上政策立场发生转变的重要原因。也就是说在气候问题上形成了新观念,这种观念最终推动了国内政策和国际气候外交的转变。同时,中国也通过国内一系列行动的实施,如生态文明理念的推广、生态红线工作的实施为全球气候治理贡献中国智慧。提出气候治理关键诉求;成立应对气候变化组织机构;促进应对气候变化国际合作。

2021年成立了碳达峰、碳中和工作领导小组。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。未来,中国还将继续积极参与全球气候谈判,继续捍卫发展中国家权益,继续以人类命运共同体理念引领凝聚全球气候治理共识,以“共商共建共享”全球治理观引领构建全球气候治理体系,以绿色“一带一路”建设引领全球气候治理实践。

应对气候变化措施包括减缓和适应。其中,减缓是指通过节能和以低碳、无碳能源替代化石能源来减少温室气体的排放,并通过植树和封存固碳增汇;适应是指通过调整自然和人类系统以应对实际发生的或预估的气候变化或影响。在应对气候变化过程中迫切需要提倡“减-提-增”三字方针:一是减少石化燃料消耗。大范围推广使用清洁能源,发展绿色低碳能源和可再生能源;同时,减少能源消耗端的浪费,减少与生活方式和消费习惯相关的人均排放;构建新型的电力系统或能源供应系统。二是提高能源使用效率。依靠提高公民科学素质与提高社会科技进步,推动社会生产与经济紧急转型,提高公众应对气候变化、防范气

应对气候变化的减缓和适应对策



候风险的意识和能力,认识自身碳足迹与国家碳中和的关系。三是多途径增加碳汇。加大研发CCUS技术,通过生态建设、植树造林、土壤固碳、海洋固碳、碳捕获与利用和封存等措施,把原本将会滞留在大气中的二氧化碳吸收或去除。

### “减”——减排

“减煤限煤”被视为能源绿色低碳转型的主要举措。转变生产方式和消费模式,推进能源技术变革与新材料、信息化、智能化等协同创新,实现先进技术与绿色消费理念、行为模式转变等深度融合,是目前的主要减缓对策。从近年能源消费结构数据看,我国天然气、水电、核电、风电、太阳能等清洁能源消费量占能源消费总量的比重由2011年的13%上升到2021年的25.3%,增幅较大,能源消费清洁化、低碳化趋势明显。煤炭具有高碳属性,煤炭燃烧的碳排放占到能源二氧化碳排放总量的近八成。

中国经济进入新常态以来,经济增速、产业结构和发展动力都呈现不同于以往的特点,基本扭转了温室气体排放快速增长的局面,有助于我国尽早实现碳排放达峰。2015年我国第三产业占比首次超过50%,2020年我国第三产业占比达到54.5%,经济结构向形态更高级、分工更优化、结构更合理的阶段演化,预计2030年第三产业占比可达到60%。电力部门的减排潜力主要

非二氧化碳温室气体减排的主要潜力来自煤炭开采、一氟二氟甲烷生产、家用空调、动物肠道发酵,氮肥施用和汽车空调等领域。甲烷减排行动可从能源、农业、废弃物三大人为源入手。2020年10月,欧盟委员会发布的《欧盟甲烷战略》指出,石油、天然气和煤炭产业的整个供应链中排放的甲烷,至少有三分之一可以在不增加净成本的基础上实施减排。从经济效益、环境效益和社会效益最大化角度考虑,减少放空和火炬燃烧,减少油气生产、输送和燃烧过程中的泄漏,减少煤矿甲烷排放等,都是可以优先选择的减排领域。联合国粮食及农业组织发布的《通过畜牧业解决气候变化问题:排放与减排机遇全球评估》报告指出,畜牧业有望实现大规模温室气体减排。针对废弃物减排,应强化分类收集、源头管控,并严格管控垃圾填埋等末端治理。

政策对特定国家、部门和技术的减缓产生了明显的影响,在全球范围内避免了几十亿吨规模的排放。以市场为基础的政策和管制性政策都具有不同但互补的作用。受减缓政策约束的全球温室气体排放份额迅速增加。在政策覆盖范围方面仍存在巨大差距,许多政策的严格程度还不足以产生强有力的减缓成果。

减排政策分类

类别	常用减排工具类型
经济性手段	碳税、碳排放权交易机制、化石能源税、税收减免、赠款、可再生能源补贴、化石能源补贴削减、抵消机制、研发投入、贷款担保
规制性手段	能效标准、可再生能源发电占比、机动车排放标准、禁止使用SF6、生物燃料含量要求、排放标准、甲烷规制、土地使用控制
其他工具	信息计划、自愿协议、基础设施、政府技术采购政策、企业碳报告

### “提”——提效

长期来看,要实现“双碳”目标,需要提升清洁能源占比、加大电能替代力度,构建以新能源为主体的新型电力系统。但考虑到清洁能源和电能替代是一个长期过程,因此,通过相关技术提升能源使用效率对于大多数工业园区来说仍是中短期实现绿色低碳发展的有效途径。2021年,我国大宗固废综合利用率达到了

56.8%，比2012年提高了近16个百分点。其中，2021年，煤矸石的综合利用率达到了72.1%、粉煤灰达到了71.4%、冶炼渣达到了62.7%、工业副产石膏达到了72.3%、农作物秸秆达到了86%以上。

## 增汇——增汇

### (一) 生态系统增汇

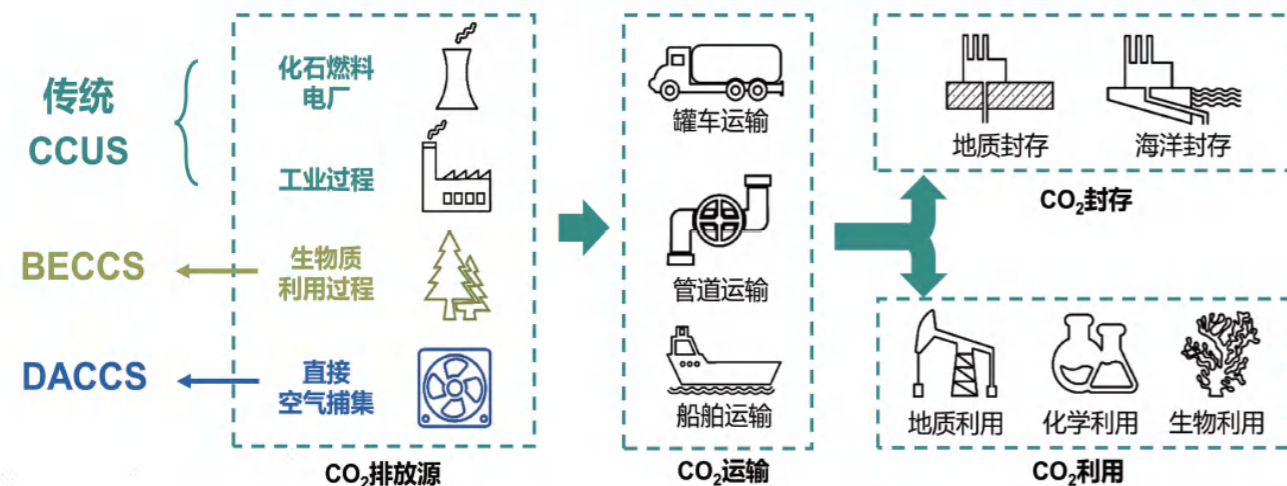
生态系统碳增汇主要有两种方式，即陆地绿碳和海洋蓝碳。

陆地绿碳的增汇方式主要有扩大森林绿地面积、提高森林抚育质量、保护湿地等。海洋蓝碳的增汇方式主要有三种：第一，海水自然溶解大气中的二氧化碳；第二，通过海洋盐沼、海草床等浮游植物及红树林进行光合作用吸收二氧化碳，并通过植物残体沉积海底进而实现二氧化碳的转化和捕获；第三，海洋贝类、珊瑚礁类将二氧化碳转化为碳酸钙沉积，实现二氧化碳的固存。

### (二) 二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS)

CCUS是实现碳中和目标技术组合的重要组成部分。《中国碳捕集利用与封存技术评估报告》指出，CCUS技术可实现煤炭大规模低碳利用，促进我国从化石能源为主的能源结构向低碳多元供能体系平稳过渡，在满足减排需求的前提下保障我国能源安全。此外，CCUS技术涉及电力、化工、水泥、钢铁等多个行业，在强减排条件下可实现行业低碳持续稳定发展。与传统CCUS技术相比，生物质能结合碳捕集与封存 (BECCS) 和直接空气碳捕集与封存 (DACCS) 技术在向深度减排迈进过程中可降低系统的总成本。

全流程CCUS技术示意图



## 应对气候变化政策与行动

中国在适应气候变化体制、机制、法制与能力建设方面做出了不懈的努力：开始气候变化适应与碳中和的研究；适应理论与方法研究取得进展，公众适应意识和科技支撑能力不断增强；在发展中国家率先制定和实施国家适应气候变化战略，设计有序适应路线图。在重点领域与区域开展一系列适应气候变化的行动并取得明显成效，实施了若干重大工程和示范项目。提出适应与减缓的协同措施以有效支撑碳中和的实现，提倡加快构建气候适应型社会，加快形成节约资源、保护环境和气候适应的生产方式与生活方式，强调突出协同增效，协同推动适应气候变化与生态保护修复。初步建立气候变化影响与极端事件比较系统和完整的监测预警和响应系统，在农业、林业、水资源、人体健康领域及脆弱生态系统、海岸带与城市等重点区域逐步构建适应气候变化政策法规与管理技术体系。越来越重视适应与减缓的统筹协调，实施适应行动兼顾减排增汇，如华南加高加固海堤与栽培红树林护坡护滩结合。加强适应气候变化与生态建设、社会经济转型相结合，建设可持续的气候适应性韧性社会。

### 有序适应气候变化策略与技术

应对气候变化减缓和适应两手并重，减缓和适应二者相辅相成，适应与减缓并重，构建气候适应型社会。适应是通过调整自然和人类系统以应对实际发生或预估的气候变化或影响，实现气候变化的趋利避害目标。坚持生态优先、绿色发展，推动形成减缓和适应气候变化的能源结构、产业结构、生产方式和生活方式。做到四个适应：一是适应气候变化趋势。针对温度升高、降

水时空分布改变、二氧化碳浓度增大、太阳辐射与风速减弱、近地面臭氧浓度增加、到达地面紫外辐射增加等气候变化问题采取的一系列适应措施。二是适应极端天气气候事件。针对极端天气气候事件、气候波动加剧、自然灾害等问题采取的一系列适应措施。三是适应气候变化的生态后果。针对海平面上升、生物多样性减少、生物地球化学循环改变、生态系统演替、环境质量改变等问题采取的一系列适应措施。四是适应气候变化的社会经济后果。针对气候敏感产业、区域与国际经济发展不平衡、生态脆弱区的气候致贫等问题采取的一系列适应措施。

## 4.6 可量化措施与行动

### 碳金融助力碳中和

绿色金融不仅是一种特殊的金融服务，也是一种特殊的制度安排和体系构建。中国的碳交易体制由碳排放权和减排项目交易体系构成，2011年我国碳市场试点工作启动，北京、天津、上海、重庆、湖北、广东及深圳成为首批碳排放权交易试点地区。2016年底，四川与福建的碳市场也正式开业，我国试点地区增加至9个。截至2020年10月30日，一、二级现货市场累计成交4.25亿吨，成交额为98.6亿元。

自2016年启动以来，其年发行规模保持在2000亿元人民币以上，2020年达2786.62亿元，截至2020年末绿色债券存续余额达到8132亿元，位居世界第二。《中国碳中和债发展报告2021》显示，到2021年9月末，碳中和债累计发行192只，募集规模达1904.72亿元。2017年全国统一的碳市场正式启动，并于2021年7月正式上线。全国碳市场的平均价格预期从2020年的49元/吨升至2025年的71元/吨，并在2030年增至93元/吨。2050年的平均碳价预期为167元/吨。然而，与大多数碳市场一样，实际价格水平仍有很大的不确定性，尤其是在更遥远的未来。

### 可再生能源价格趋势

国际可再生能源机构 (IRENA) 发布的《2021可再生能源发电成本》显示，2021新增可再生能源装机中，有近三分之二 (163吉瓦) 的成本低于G20国家中最便宜的燃煤发电方案。IRENA估计，考虑到目前化石燃料价格居高不下，2021新增的可再生能源将为2022年的全球发电成本节约550亿美元。

出行方式与碳排放量及占用空间

出行方式	碳排放量 (克/人·千米)	占用面积 (平方米/人)
一般汽油轻型车	243.8	9.7
性能最优电动车	209.1	9.7
汽油车(双人乘坐)	121.9	4.9
摩托车	119.6	1.9
火车	28.6	0.5
有轨电车	20.2	0.6
汽油公交车	17.7	0.8
性能最优电动车(绿色)	0	9.7
自行车	0	1.5
步行	0	0.5

2021年新投产的太阳能光伏 (PV)、陆上和海上风电项目的全球加权平均成本下降。2010年至2021年期间，可再生能源的竞争力显著提高。2010年至2021年间，新投产的公用事业规模太阳能光伏项目的全球加权平均LCOE下降了88%，陆上风电下降了68%，聚光太阳能CSP下降了68%，海上风电则下降了60%。中国在2021年再次主导了新增陆上风电装机容量，并且与其他地区的趋势相反，风力涡轮机价格在下降。

### CCUS成本降低趋势

CCUS技术被认为是最具潜力、最具实效的减排手段，是实现碳中和的重要方式之一。CCUS技术能耗及成本因排放源类型及CO<sub>2</sub>浓度不同有明显差异。一般来说，CO<sub>2</sub>浓度越高，捕集能耗和成本越低，从而CCUS减排系统的CO<sub>2</sub>避免成本越低。现阶段全球主要碳源(煤电厂、燃气电厂、煤化工、天然气加工厂、钢铁厂及水泥厂)的CO<sub>2</sub>避免成本为15~262美元/吨。从CCUS各技术环节看，CO<sub>2</sub>捕集成本占比最大，CO<sub>2</sub>运输与封存成本占比相对较小。



全球加权平均总装机成本

	总装机成本			平均能源成本		
	(2021 USD/kwh)			(2021 USD/kWh)		
	2010	2021	变化百分比(%)	2010	2021	变化百分比(%)
生物质发电	2,714	2,353	-13%	0.078	0.067	-14%
地热发电	2,714	3,991	47%	0.050	0.068	34%
水电	1,315	2,135	62%	0.039	0.048	24%
太阳能光伏	4,808	857	-82%	0.417	0.048	-88%
聚光太阳能	9,442	9,091	-4%	0.358	0.114	-68%
陆上风电	2,042	1,325	-35%	0.102	0.033	-68%
海上风电	4,876	2,858	-41%	0.188	0.075	-60%

**应对气候变化政策与行动**

公众碳足迹主要是针对个人或家庭的生活方式和消费行为，计算出相关的温室气体或二氧化碳排放量。针对个人碳足迹的计算，目前已有许多机构提供了专门的“碳足迹计算器”，只要输入一定的生活数据，就可以计算出相应的“碳足迹”。2018年发布的IPCC《1.5度特别报告》显示，要实现《巴黎协定》1.5度目标，需要在2030年将与生活方式和消费相关的人均排放量减至约2~2.5t二氧化碳当量，并在2050年进一步减少到0.7t。在生活排放的众多来源中，最重要的是出行、居住和饮食，分别占生活方式排放量的17%、19%和20%。这也意味着，生活排放领域有极大的减排潜力。中国环境与发展国际合作委员会指出，公共汽车每百km的人均能耗仅为燃油小汽车的8.4%，城市地铁则大约是燃油小汽车的5%。如果1%的个人小汽车出行转乘公共交通，全国可减少0.44亿tCO<sub>2</sub>的排放量。当乘坐飞机来回距离超过1000

km时，每人每km将排放0.139kg的CO<sub>2</sub>，北京到上海的单程排放163.7kg。若计算全世界每天天上飞的所有航空飞行器的CO<sub>2</sub>排放量。亿tCO<sub>2</sub>的排放量。当乘坐飞机来回距离超过1000km时，每人每km将排放0.139kg的CO<sub>2</sub>，北京到上海的单程排放163.7kg。若计算全世界每天天上飞的所有航空飞行器的CO<sub>2</sub>排放量。

推行绿色低碳全民行动，就是要培养公众绿色生活意识，从身边点滴小事做起，积少成多，聚沙成塔，逐渐在全社会形成绿色低碳的生活方式。持续加强生态文明宣传教育，广泛宣传绿色低碳基础知识，充分调动广大人民群众参与碳达峰碳中和的积极性。积极推广绿色低碳生活方式，引导居民优先购买使用节能节水器具，倡导步行、公交和共享出行方式，杜绝食品浪费。

	行动	参与数量	每年减排CO <sub>2</sub> (万吨)
衣	少买不必要的衣服	全国每年有2500万人做到	16
	减少住宿宾馆时的床单换洗次数	全国8880家星级宾馆采纳“绿色客房”标准的建议，3天更换一次床单	4
	采用节能方式洗衣	全国1.9亿台洗衣机都因此每月少用一次，全国3.9亿个家庭平均每户每年少用1千克洗衣粉，全国每年有10%的普通洗衣机更新为节能洗衣机	114

节能减排三十六计

	行动	参与数量	每年减排CO <sub>2</sub> (万吨)
食	减少粮食浪费	全国平均每人每年减少粮食浪费0.5千克	61
	减少畜产品浪费	全国平均每人每年减少猪肉浪费0.5千克	91
	饮酒适量	全国2亿“酒民”在夏季的3个月里平均每月少喝1瓶啤酒，平均每年少喝0.5千克白酒	98
	减少吸烟	全国每年2000万户左右的家庭装修能做到减少1千克装修用铝材，减少1千克装修用钢材，少使用0.1立方米装修用的木材	13
住	节能装修	全国每年2000万户左右的家庭装修能做到减少1千克装修用铝材，减少1千克装修用钢材，少使用0.1立方米装修用的木材	173
	农村住宅使用节能砖	我国农村每年有10%的新建房屋改用节能砖	2212
	合理使用空调	全国1.5亿台空调夏季空调温度在国家提倡的基础上调高1°C，全国每年10%的空调更新为节能空调，全国1.5亿台空调出门提前几分钟关闭	424
	合理使用电风扇	全国约4.7亿台电风扇都使用中、低档转速	108
	合理采暖	每年有10%的北方城镇家庭完成供暖改造	770
	农村住宅使用太阳能供暖	我国农村每年有10%的新建房屋使用被动式太阳能供暖	308
	采用节能的家庭照明方式	全国每年更换1亿支白炽灯，全国3.9亿户家庭都能做到在家随手关灯	874
采用节能的公共照明方式	国所有的商场、会议中心等公共场所白天全部采用自然光照明，全国每年有10%的传统光源被半导体灯代替	1651	

	行动	参与数量	每年减排CO <sub>2</sub> (万吨)
行	每月少开一天车	全国1248万辆私人轿车的车主都做到	122
	以节能方式出行200公里	全国1248万辆私人轿车的车主都这么做	46
	选购小排量汽车	全国每年新售出的轿车排气量平均降低0.1升	35
	选购混合动力汽车	混合动力车的销售量占到全国轿车年销售量的10%	32
	科学用车, 注意保养	全国1248万辆私人轿车每天减少发动机空转3-5分钟	130
用	用布袋取代塑料袋	全国减少10%的塑料袋使用量	3
	减少一次性筷子使用	全国减少10%的一次性筷子使用量	10.3
	尽量少用电梯	全国60万台左右的电梯采取较低楼层改走楼梯、多台电梯在休息时间只部分开启等行动	288
	使用冰箱注意节能	每年新售出的1427万台冰箱都达到节能冰箱标准, 全国1.5亿台冰箱普遍采取每天减少3分钟的冰箱开启时间并及时给冰箱除霜措施	849
	合理使用电脑、打印机	全国7700万台电脑都在不用电脑时以待机代替屏幕保护并调低电脑屏幕亮度, 全国约4000万台CRT屏幕都被液晶屏幕代替, 全国约3000万台打印机都在不使用打印机时将其断电	369
	合理使用电视机	全国有十分之一的电视机每天少开半小时, 全国约3.5亿台电视机调低电视屏幕亮度	251
	适时将电器断电	全国约4000万台饮水机不用时断电, 全国3.9亿户家庭都在用电后拔下插头	1602

	行动	参与数量	每年减排CO <sub>2</sub> (万吨)
	合理用水	全国有1000万台热水器被包裹隔热材料, 全国1千万盆浴使用者能用淋浴代替盆浴并控制洗浴时间, 全国有20%的人将淋浴温度调低1°C, 全国有3亿人洗澡时及时关闭凉水开关, 全国每年200万户家庭更换节水龙头, 全国3.9亿户家庭用水时避免跑、冒、滴、漏, 全国1.8亿户城镇家庭都用盆接水洗菜	3155
	用太阳能烧水	全国每年新增20%的太阳能热水器使用面积	555
	采用节能方式做饭	全国1.8亿户城镇家庭都在煮饭提前淘米并浸泡十分钟, 全国8000万台抽油烟机每天减少空转10分钟, 我国5%的烹饪工作用微波炉进行, 全国每年有10%的城镇家庭更换电饭锅时选择节能电饭锅	334
	合理利用纸张	全国每年有三分之一的教科书得到循环使用, 国10%的打印、复印能做到双面利用, 全国5%的出版图书、期刊、报纸用电子书刊代替, 全国三分之一的纸质信函用电子邮件代替, 全国2%的纸张使用改为再生纸, 全国每年有10%的纸巾使用改为用手帕代替	304
	减少使用过度包装物	全国每年减少10%的过度包装纸用量	312
	合理回收城市生活垃圾	全国城市垃圾中的废纸和玻璃有20%加以回收利用	690
	夜间及时熄灭户外景观灯	全国的户外景观灯在午夜至凌晨时段及时熄灭	846
	在农村推广沼气	全国每个农户建8~10立方米的沼气池	2165
	积极参加全民植树	全国3.9亿户家庭每年都栽种1棵树	734

## 第五部分

# 实现碳中和青年主力军

### 5.1 双碳助力生态文明建设

从人与自然的角度来看,人类文明的发展可以分为原始文明、农业文明、工业文明和生态文明等阶段,其中生态文明是人类文明发展的新阶段,原始文明时期人类对自然敬畏和崇拜,农业文明时期人类对自然模仿和改造,在工业文明时期人类开始对自然征服和控制,最初的人类对自然有较小的破坏,但随着生产技术的进步,人类在创造大量财物的同时,对自然也造成了严重的破坏,逐渐超出自然界的调节能力,人与自然的关系矛盾凸显。人类对自然的破坏最终会伤害到人类自身,人类只有尊重自然、顺应自然、保护自然,才能实现与自然和谐发展,走向生态文明。



©Anne Nygård/unsplash

生态文明是人类为保护和建设美好生态环境而取得的物质成果、精神成果和制度成果的总和。通过大力推进生态文明建设,转变发展方式才能保持良好的生态环境,实现经济效益、环境效益和社会效益的协调统一。气候变暖特别是极端气候事件的增加已经对生态系统、粮食安全和经济社会的可持续发展造成了威胁,稳定大气中温室气体浓度,实现碳中和是经济社会发展和生态文明建设的必然需求。过去30年来,全球应对气候变化的科学认知、政治进程和产业行动不断深入和加速前进,在全球气候治理的大背景下,实现碳中和是全球各国应对气候的必然阶段。

政府间气候变化专门委员会(IPCC)第一次评估报告(1990)指出人类活动引起的排放对大气中温室气体浓度增加的影响是显著的;第二次评估报告(1995)明确了人类活动对全球气候造成了“可辨识”的影响;第三评估报告(2001)进一步明确了近50年观测到的大部分增暖“可能”归因于人类活动造成的温室气体浓度上升;第四次评估报告(2007)对哥本哈根气候变化大会上

各方形成共识起到了积极作用;第五次评估报告(2013)提出将升温限制在2°C以内的必要性和升温超过2°C的风险,推动了国际社会达成《巴黎协定》;第六次评估报告(2021)促进全球应对气候变化迈上新台阶。

2018年发布的《IPCC全球温控1.5°C特别报告》简称《1.5°C特别报告》指出实现1.5°C升温需要大幅减少二氧化碳、甲烷以及其他温室气体,避免气候变化给人类社会和自然生态系统造成不可逆转的负面影响,需要各国共同努力在2030年实现全球净人为二氧化碳排放量比2010年减少45%,在2050年左右达到净零排放;实现2°C升温需在2070年左右达到净零排放。IPCC第六次评估报告第一工作组报告评估了从极高排放到极低排放5个排放情景的升温,评估人类只有在极低和低排放两总情景可分别实现1.5°C和2°C的升温控制目标;在极低排放情景下,全球温室气体排放量需从20世纪20年代开始下降,到2060年代左右实现二氧化碳的净零排放并在之后达到二氧化碳负排放,在低排放情景下,全球温室气体排放量同样需从20世纪20年代开始下降,到2080年代左右实现二氧化碳的净零排放并在之后达到二氧化碳负排放。实现1.5°C和2°C温控目标还需要大幅减少甲烷等其他温室气体的排放量。国际社会随着对气候变化认识的不断深化,已经意识到应对气候变化面临着严峻挑战,积极采取应对气候变化措施。

碳中和作为全球气候治理的重要议题,不但能够减缓气候变化引起的极端灾害,而且能够推动新一轮的技术革命和产业升级。气候变化既是环境问题也是发展问题。全球应对气候变化实质上一场国家之间发展转型的竞争。随着国际间对碳排放行为的认知不断改变,各国都在积极探索既能减少碳排放又能实现经济增长的绿色发展模式。创新是经济增长的根本动力,随着全球能源转型和新能源技术的发展,各国也逐步意识到应对气候变化推动的技术进步和创新突破将对全球经济发展、产业格局产生深远影响。抢占低碳技术制高点、实现经济发展的低碳转型将逐步演变成各国发展的内在诉求和主导全球产业格局的主要驱动力。

2009年9月联合国气候行动峰会上,66个国家组成气候雄心联盟承诺碳中和目标,2020年5月,有449个城市参与由联合国气候领域专家提出的零碳竞赛。目前,不丹和苏里南已经实现了碳中和目标,英国、瑞典、法国、丹麦、新西兰、匈牙利等将碳中和目标写入法律。碳中和作为国家自主的承诺,已经覆盖了全球一半以上的排放。欧盟、美国、日本等发达经济体将碳中和行动

作为提升未来经济竞争力的重要机遇，提出较为积极的减排目标，通过技术路线规划、政策法规和财政支持等来确保碳中和目标最大程度的实现。

### 中国碳中和面临挑战

碳达峰碳中和是我国实现可持续发展、高质量发展的内在要求，也是推动构建人类命运共同体的必然选择。2020年10月，党的十九届五中全会审议通过《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标的建设》明确提出到2035年我国将广泛形成绿色生产生活方式，碳达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽中国建设目标基本实现。2021年10月24日国务院出台了《2030 年前碳达峰行动方案》，做出了构建碳达峰碳中和“1+N”政策体系，以及重点实施“碳达峰十大行动”等总体部署。

我国碳排放的基本特征是碳排放总量大和强度高，在当前和今后的一段时间，我国仍处于工业化和城市化后期，处于经济上升期、排放达峰期。经济发展与碳排放没有实现脱钩，而且我国的能源结构仍然以煤炭为主，2019年煤炭消费占能源消费总量的比重为57.7%。碳排放强度上我国高于欧美发达国家，也高于印度和俄罗斯等发展中国家。在人均排放方面，我国已超过世界人均水平，也超过了欧盟28国的人均水平，近年来经过努力，我国碳排放强度持续下降。截至2019年底，我国单位国内生产总值二氧化碳排放较2015年和2005年分别下降约18.2%和48.1%，实现了能源结构的持续优化和碳排放强度的大幅下降。

欧洲和美国等发达国家已实现经济发展与碳排放脱钩，但是我国和广大发展中国家由于正处在工业过程中，尚未实现经济发展与碳排放脱钩。自2015年以来我国呈现了GDP增长与碳排放脱钩的初步趋势，要实现进一步脱钩，需要降低高碳能源比重，确保我国碳排放强度的下降速度大于GDP增长速度。

世界发达国家均已实现碳达峰，我国实现碳中和的时间更加紧迫。欧盟与1979年实现碳达峰进入平台期，70年的时间实现碳中和，美国2005年实现碳达峰，用约45年时间实现碳中和，欧盟和美国等的碳达峰是一个自然的过程，碳达峰之后有一个平台期才开始缓慢下降，现在即将快速下降，实现碳中和。我国从碳达峰到碳中和仅用约30年的时间，我们要在这30年中从二氧化碳排放100多亿吨到实现碳中和，排放呈现快速上升然后陡然下降的路径，这个减排速在人率对任何国家均是一场巨大的挑战。更重要的是，我们还要在实现碳中和的过程中，实现经

济增长，这对我国的能源结构调整和科技创新都提出了紧迫的要求。

2018年，习近平总书记提出共建生态文明和人类命运共同体，指出“生态文明建设关乎人类未来，建设绿色家园是人类的共同梦想，保护生态环境、应对气候变化需要世界各国同舟共济、共同努力，任何一国都无法置身事外、独善其身”。生态文明理念充分展现了中国积极应对全球气候变化、推动全球可持续发展的责任担当，增强了中国在全球气候治理中的主动权和影响力，为世界各国树立了标杆和典范。

## 5.2 实现碳中和青年主力军

全球气候变化已成为21世纪人类面对的最严峻挑战，是当前国际社会关注的焦点。气候变化及其不利的影 响，已经日益成为人类社会共同关心的问题。气候变化带来的危害不是急速的，而是缓慢却剧烈的。作为当下和未来多年的主力消费人群，青年的消费决策和生活方式的选择，反映着他们看待世界和自然的态度，这些态度也会影响着他们与世界和自然的相处方式。青年群体的集体影响力不容忽视，而且可以预见会越来越强。青年的天然优势是具有高社会参与度、高学习能力，也是最有热情和能力接受新事物新思想的群体，全球是否能够迎来绿色复苏的机遇，和青年人的参与密不可分。

2020年初，一场疫情席卷中国与全球，其规模与影响已经远远超过公共卫生领域，全球都在面临一场深刻而长远的改变。2022年2月爆发的俄乌冲突导致全球17亿人至少面临粮食、能源和金融体系三种风险之一，全球能源市场遭遇第二轮危机。全球气候变化已从未来挑战变成眼前的危机，人类行动有可能决定未来的气候走向，但全球应对气候变化进展严重不足，在不进一步加强的情况下，目前实行的政策表明会有2.8℃的上升，只有紧急的全系统转型才能避免加速的气候灾难。在这个历史时刻，扭转气候临界点青年行动计划具有着特殊的历史性意义。

### 国际青年参与全球气候治理

《联合国气候变化框架公约》在1992年里约热内卢举行的地球峰会上签署成立。在历年《公约》大会中（简称COP）中，青年一直以个体参与不同环境和可持续发展问题有关的国际谈判。在20世纪90年代末和21世纪之初，欧洲和美国的区域性青年组织开始形成合力，青年们得以以青年代表团的形式参与到联合国气候谈判之中。2004年北美青年气候网络“能源行动联盟”成立，2006年加拿大和澳大利亚相继成立青年气候联盟，2007年

中国青年应对气候变化行动网络（CYCAN）成立，2008年英国青年气候联盟和印度青年气候网络成立。在世界各地，青年们能够通过通过这些地区性联盟或行动网络，对气候变化采取积极行动。

自2005年COP11开始，每个地区性青年气候联盟或行动网络都会派出代表各自国家的青年代表团来到大会现场。2009年哥本哈根气候大会是青年参与《公约》进程的里程碑，青年被正式认为《公约》的独立利益相关者团体其名为“YOUNGGO”，这些“青年非政府组织”，由25个国家和地区的青年气候行动网络以及国际青年组织组成。青年个体和青年非政府组织可以通过YOUNGGO参与缔约方大会期间的公开会议、阵营会议以及部分受邀请的双边会议或接待。YOUNGGO由志愿者组成的团队进行组织与管理，他们组成不同的工作组，这些工作组作为国际青年气候运动的中心枢纽，帮助成员们参与到气候谈判中。青年最主要的诉求是代际公平，就此议题青年取得了一项重大成就，在2015年《巴黎协定》中促成将代际平等原则纳入法律的多边环境条约。

随着国际青年气候行动的迅速发展，在谈判桌之外，青年的行动也成为推动国际气候进程的重要力量。2007年美国的能源行动联盟将6000多名青年活动家聚集到华盛顿特区，召开了美国有史以来第一次皆在解决气候危机的全球青年会议，2009年，该会议以“权利转移峰会”的名义重新召开，吸引了一万多名年轻人，这些美国年轻人聚集起来，依托年轻选民的选票施压，要求总统和国会推进气候的相关立法以及国家计划。权利转移峰会逐渐蔓延到其他国家，澳大利亚的峰会吸引了一万五千名年轻人，英国、印度的青年也加入了这个行列。目前，青年应对气候变化运动已遍布全球，大量青年个体、地区性的青年组织和世界性的青年组织都在开展气候行动，这些群体形成了一股强大的气候传播力量和行动力量，同时转化为政治力量推动着全球气候进程。

《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方大会（COP27）于2022年11月6日在埃及沙姆沙伊赫举行。以往的COP大会青年论坛并不在气候变化大会的主会场而是另有一个活动区域，略显边缘。这次COP27把青年纳入了主会场，使青年参与到政策讨论和政策制定，通过青年的力量换来更多政府、公益机构和企业积极参与应对气候危机。

气候变化的影响对年轻人的健康、营养、教育和未来有重大影响，青年受气候进程中做出的的决定的影响最大。COP27主席国

此前已宣布了一系列措施，以确保青年和未来一代的声音被纳入其中，包括在缔约方大会上首次设立儿童和青年馆，在该进程中引入青年特使，支持青年大会（COY17），启动首个由青年主导的气候论坛。青年非洲论坛展示了对200多名非洲青年进行的调查结果，展示了来自埃及和非洲大陆其他国家的由青年主导的应对气候变化方案。对非洲大陆实现其可持续发展目标至关重要，在青年非洲论坛上，非洲青年专家、企业家和解决方案制定者介绍了他们在适应和减缓气候方面的创新活动和基层举措。

在青年参与全球气候治理的诸多形式中，青年学者的学术研究是重要的组成部分。气候变化成为全球学术研究的热点问题仅有短短30年左右。关于气候变化成因与对策的研究，大都发生于近百年内。直到21世纪，大学才开始设立专注于气候变化研究的研究生项目，推动气候变化问题的学术研究。在未来，青年学者将成为全球气候变化研究的中流砥柱。更全面的气候知识、更系统的气候教育赋予了青年学者更强的理论基础和研究优势。意识到正在发生的、日益严重的气候变化负面影响威胁着人类社会的发展，是青年人参与学术研究的重要动力来源。

青年学者的气候研究呈现更明显的学科交叉特征。来自世界大学气候变化联盟学校剑桥大学的涂沁仪博士从事气候变化、政治学与经济学的交叉研究，探讨国家行为体在国际气候合作中的角色。来自印度科技大学的Anand Narayana Sarma博士从事环境与气候科学方向的研究，重点关注大气污染对卫星地球光学通信连接的气候影响；来自帝国理工学院的Courtnae R.M. Bailey博士则关注气候谈判中的损失损害议题、发展中国家的气候融资问题等。气候变化是一个复杂的、跨领域的全球性议题，需要跨学科的、全球合作的解决方案，需要青年气候学者跨领域、跨专业的思考与研究。

放眼世界，无论是联合国教科文组织青年气候行动网络、世界青年地球科学家联盟等世界青年气候行动组织的纷至沓来，还是青年积极参与世界气候变化谈判，众多国外青年气候活动家的涌现，都表明青年日益成为全球气候变化治理的重要推动力量。

### 青年引领应对气候变化行动

青年作为当下和未来多年主力消费人群，青年拥有的绿色低碳技术和消费习惯将引领全球应对气候变化行动。

在COP27企业主题展中，展出来自中国青年在其工作领域

为应对气候变化问题所提出的解决方案。有为赤贫人口提供耐用、实用、可负担的清洁能源产品，展品正是为推动贫困地区（特别是非洲地区）能源普及而创造的——太阳能供电多媒体便携式播放器和太阳能照明阅读灯；展示了公司使用回收PET塑料制作的校服及其他产品；以及为地方政府、企事业单位和个人提供城市可再生资源回收、气候信息披露等城市气候与环境治理等智慧科技产品解决方案。

从2020年我国正式提出碳达峰、碳中和计划，到2060年实现碳中和正好是现在青年职业生涯的年龄，青年能否成为我国碳达峰碳中和的生力军和未来的主力军不仅是关系到实现碳达峰碳中和宏伟目标的关键命题，更是关系到青年未来能否扛起我国生态文明建设大旗，让绿水青山永固的历史性课题。

研究表明，与中老年群体相比，青年对气候变化成因的认知更加全面且准确，对气候变化危害的严重性也具有更高的认知度，这是青年参与全球气候治理的基础。对气候变化认知的提升主要源于教育程度的整体提升、社会媒体的广泛传播和气候科学的不断发展，这也为涌现更多的青年气候行动提供了肥沃的土壤。一方面，得益于对气候变化问题的全面与深入理解，气候行动者在实际生活中积极践行适度消费、节能减排等理念，通过改变生活习惯助力低碳发展，并积极影响身边人共同参与；另一方面，气候行动者通过高校社团、国际组织、政府项目聚集到一起，共同设计并推进气候与环保项目的实施。

联合国儿童基金会在埃塞俄比亚学校间开展学生植树活动，培养青年跨领域的技能和景观知识，促进青年有效参与应对气候变化，共吸引5万名青年学生参与，在亚的斯亚贝巴地区共植树5万棵。在中国生态环境部牵头的“千名青年环境友好使者”项目中，大量中国青年深入机关、学校、社区、军营、企业、展会、公园和广场开展环保宣讲活动，以一传千，广泛传播低碳减排知识，推动公众参与低碳行动。中国各地方政府组建当地“河小青”志愿服务队，组织青年学生开展巡河护河行动，改善当地河流与河岸环境质量。2020至2022年中国气象学会联合国家气候中心、南京信息工程大学青年科学家在北京交通大学附属中学第二分校实施了《气候变化与人类社会》高中课程。课程结合大气科学、地理学、历史学等多学科知识和最前沿研究成果，培养地理学科核心素养。课程内容的设计从“地对人的影响”、“人对地的影响”、“人与地如何协调”和“人类生存发展与气候变化紧密相关”等多个方面出发，让学生理解人与社会、人与自然环境之间的关系，帮助学生树立了科学的环境观，增强了学生气候变

**扭转气候临界点青年行动指南**

化对人类生活生产影响的认识，提高了学生的环境保护意识和责任担当。2022年6月由中国气象局、教育部、共青团中央等主办，20余所相关高校协办的第十四届“气象防灾减灾宣传志愿者中国行”活动，在形式上，以短视频等人民群众喜闻乐见的方式，并结合AR、VR等现代科技手段，让气象科普知识贴近百姓需求、走进百姓生活；让群众收得到、听得懂、用得上各种气象信息，提高了社会对气象灾害及气候变化的共同关注和应对能力，增强了人民群众气象防灾减灾和应对气候变化的意识和能力。相较于气候研究者与活动家，大量气候行动者通过实施更为实际的气候与环保项目，改善区域环境、传播气候理念，成为全球青年应对气候变化的最广泛力量。

## 5.3 实现双碳目标行动指南

我国青年对于碳达峰、碳中和行动的重要作用日益显现。2007年国家发布的《节能减排全民行动实施方案》提出了青少年行动。《中国应对气候变化的政策与行动（2011）》、《国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知》、《中共中央国务院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》等政策文件也都强调了全民绿色低碳行动的重要性。青年是全民绿色低碳行动的先锋队、宣传队和创新者。当前我国有关团组织和不少高校、社会组织等已经在青年中开展了多种形式的碳达峰、碳中和宣传教育活动。例如，全球气候变化青年领袖项目、清华大学第二届模拟气候变化大会、青少年气候变化挑战艺术创作作品征集等。中国共青团组织引领广大青年服务我国生态文明建设，广泛推动我国青年和各类青年气候行动组织为我国碳达峰、碳中和战略建功立业。

当代青年越来越趋向网络化、数字化的生活学习方式，青年对气候变化认知和行动力也存在区域差异、中西差异、年龄和职业差异等鲜明特点。我们应从培养青年气候意识，大幅提升青年行动力的基本价值目标出发，对青年建功碳达峰、碳中和战略的职能定位、活动范围、理论基础等进行系统的理论建构，形成具有鲜明青年特色、涵盖不同青年群体的理论指南。碳达峰、碳中和目标体现了我国积极应对全球气候变化的决心与雄心。作为未来时代发展的主力军，青年群体应该积极采取行动参与到气候治理中，发出青年声音，助力我国的碳达峰、碳中和目标的早日实现。

**主动获取气候变化知识**

青年人可以通过选修环境与可持续发展相关课程、关注气

候变化相关新闻政策、参加论坛等方式主动涉猎排放与气候变化相关知识，增加对我国碳达峰、碳中和目标的了解。青年强、则国家强。青年积极贡献智慧、能量和创造力，成为双碳实践之中流砥柱，共同拥抱和创造更绿色、更美好的未来。

**传播绿色低碳理念**

青年在全球气候治理的进程中要发挥了绿色低碳理念传播者的作用。随着互联网的发展，社交媒体成为全球气候传播的重要阵地。青年人通过在社交平台上发起气候挑战、推广讨论话题等，以轻松、愉快且易被人接受的表达方式与活动形式，提高全民的气候意识、普及气候知识，起到更好的气候传播效果。通过日常交流、网络社交等形式向身边家人、朋友传播气候变化知识，提高全社会对碳排放的关注，推动形成节能减排社会意识。

**减少个人碳足迹**

青年人应减少日常生活中产生的碳足迹，量入为出，适度消费，绿色消费；选择自行车、公共交通等绿色环保的出行方式；践行“光盘”理念，减少粮食浪费；主动进行生活垃圾分类；改善饮食结构，多吃素食等，以身作则并用积极行动影响他人，减少碳排放。

**积极采取气候行动**

青年在国际气候谈判中的观察者角色不容忽视，也是气候赋权行动计划实施的重要目标群体。青年人应将知识理念落实到气候治理行动中，通过参与大学生环保社团、《联合国气候变化框架公约》缔约方大会青年代表团、环境与气候变化相关非政府组织（NGOs）项目、气候变化领域学术机构科研实践等方式表达青年态度，提升青年应对气候变化领导力，发挥青年在气候行动中的重要作用。

## 5.4 科技减排行动指南

气候变化是当代面临的最大挑战之一。从融化的冰盖到巨大的珊瑚礁，全球变暖正以确定无疑的方式改变着人类居住的星球。埃克塞特大学地球系统科学家David Armstrong McKay团队从古代气候记录、现代观测、模型预测和目前最好的评估中收集证据，最新证据，表明全球气温上升可能相继超过16个临界点，从而引发极地冰川崩塌、永久冻土融化、季风破坏以及森林和珊瑚礁死亡。地球许多系统已经受到气温上升的压力，即使在限制全球变暖的最雄心勃勃的方案下，地球仍然会发生巨大变化。在当前全球变暖的水平下，（自前工业化时代以来升温1.1℃）地球已经超过了5个临界点的低端风险评估，使珊瑚礁、永久冻土和极地冰层处于危险之中。

气候临界点带来三重威胁。一是海平面上升；二是永冻层和

森林等所储存的碳和甲烷开始释放；三是气候系统发生多米诺骨牌效应。其中一个到了临界点，下一个距离也不远了。地球每升温1℃，就会有十亿人被迫居住在现今标准认定的不适宜的地方，这不是气候危机，是星球危机。面对“气候临界点”，科技青年行动计划目标是致力于科学应对气候变化立即行动，激发中国加快实现碳中和青年主力军潜力，提高并影响公众对气候危机和气候临界点的清晰认识，扭转或延缓气候系统气候临界点的激活，促进全球气候科学治理与世界经济共同繁荣。

为完成创造零碳未来的愿望，应对气候变化过程中迫切需要倡导科技青年敢创造推陈出新，树立带动周边人群树立气候危机意识，在扭转或减缓气候临界点方向贡献智慧，在抑制全球变暖方面践行“减-提-增”三字方针，并发挥积极作用。一是减少石化燃料消耗。二是提高能源使用效率。三是多途径增加碳汇。

2060年前实现碳中和，迫切需要碳减排，对科技青年实现碳减排技术指南推举了九大抓手：

一、节能降碳与保卫蓝天协同推进，碳达峰与空气质量治理协同管理；

二、依靠科技节能增效，使得单位GDP能耗最少效率最高。能源强度每降低1%，二氧化碳可直接减排1亿多吨；

三、大力开发非化石能源电力，提高风能、光能、生物质能、地热能、潮汛能等的比例，积极发展储能技术；

四、在交通运输方面，发展电代油、氢代油，推广使用新能源公共交通工具，推进交通运输的减污与降碳协同增效；

五、以产业结构调整和工业能源技术进步推动工业减排，由降碳向脱碳转型,以城市降碳推动提前实现碳达峰；

六、发展电气化、数字化和智能化建筑，大力提升建筑节能；

七、发展循环经济，减少垃圾处理过程中产生的碳排放；

八、发展碳金融，助力碳市场，解除碳减排困难，提经济发展效率；

九、多途径增加碳汇。发展森林碳汇；合理土地利用增强全球陆地生态系统碳汇功能；加快二氧化碳捕集利用与封存技术研发与应用。

人类不必惊慌失措!当今人类文明还会坚守两道防线，科学防线和认知防线。科学理性地告诉人们地球承载力界限需要地球域管理，需要人类命运共同体管理好共同的家园；人类还有清晰的认知，可以依靠知识和科技，做有利于社会经济都好的事情。因此，青年行动扭转或延缓气候临界点，是捍卫人类文明的防线。

# 引用文献与报告

[1]李秀菊等, 青少年科学素质的现状、问题与提升路径, 科普研究, 2021,16(4):52~57

[2]任磊等, 新时代公民科学素质发展目标的制定研究, 科普研究, 2021,16(4): 44-51

[3]王挺, 夯实中华民族伟大复兴的科学根基, 科普研究, 16(4): 5-13

[4]世界气象组织(WMO),《2022年全球气候状况》临时报告,2022

[5]世界自然基金(WWF),伦敦动物学会(ZSL), LIVING PLANET REPORT 2022

[6]国际能源署(IEA),《全球能源回顾:2021年二氧化碳排放》,2022

[7]世界自然基金(WWF),全球森林生命力展望—保护现状与对策, 2021

[8]《第四次气候变化国家评估报告》编写委员会. 2022. 第四次气候变化国家评估报告. 北京:科学出版社

[9]秦大河等. 2021. 中国气候与生态环境演变:2021第一卷科学基础. 北京:科学出版社

[10]中国气象局气候变化中心. 2022.《中国气候变化蓝皮书(2021)》. 北京:科学出版社

[11]蔡榕硕,等.全球变化背景下暖水珊瑚礁生态系统的适应性与修复研究. 应用海洋学学报, 2021, 40(1): 12-25

[12]王文涛,刘燕华.(2019). 全球气候治理格局与中国战略. 中国社会科学出版社

[13]郑大玮, 潘志华. 怎样适应气候变化[M]. 北京: 气象出版社, 2022

[14]巢清尘 等编著. 气候变化与碳达峰、碳中和. 气象出版社. 2022

[15]郑晓雯,付亚男,张佳萱等. 应对气候变化行动的青年参与:历史、现状与展望.2020年气候变化绿皮书.

[16] David I. A. McKay et al., Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points, Science, 377,6611(2022), DOI: 10.1126/science.abn7950

[17] T. M. Lenton et al., Tipping elements in the Earth’s

climate system. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 105, 1786–1793 (2008). doi: 10.1073/pnas.0705414105

[18] T. M. Lenton et al., Climate tipping points - too risky to bet against. Nature 575, 592–595 (2019). doi: 10.1038/d41586-019-03595-0

[19]WMO, 2021. WMO Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2019). WMO, Geneva.

[20]World Meteorological Organization. 2021. State of the Global Climate 2021.

[21]IPCC, Special Report on Global Warming of 1.5°C, 2018, <https://www.ipcc.ch/sr15>

[22]United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2022: The Closing Window — Climate crisis calls for rapid transformation of societies. Nairobi

[23] Katzenberger, A., et al., Robust increase of Indian monsoon rainfall and its variability under future warming in CMIP6 models. Earth System Dynamics, 2021:12, 367–386.

[24] IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability[R]. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, New York: 2022.

[25] IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. pp.3–32.doi:10.1017/9781009157896.001.

[26] Stott P.A., Stone D.A., Allen M.R. 2004. Human contribution to the European heatwave of 2003. Nature, 432: 610-614

[27] Jänicke, M. (2017). The Multi-level System of Global Climate Governance – the Model and its Current State. Environmental Policy and Governance, 27(2), 108–121. <https://doi.org/10.1002/eet.1747>

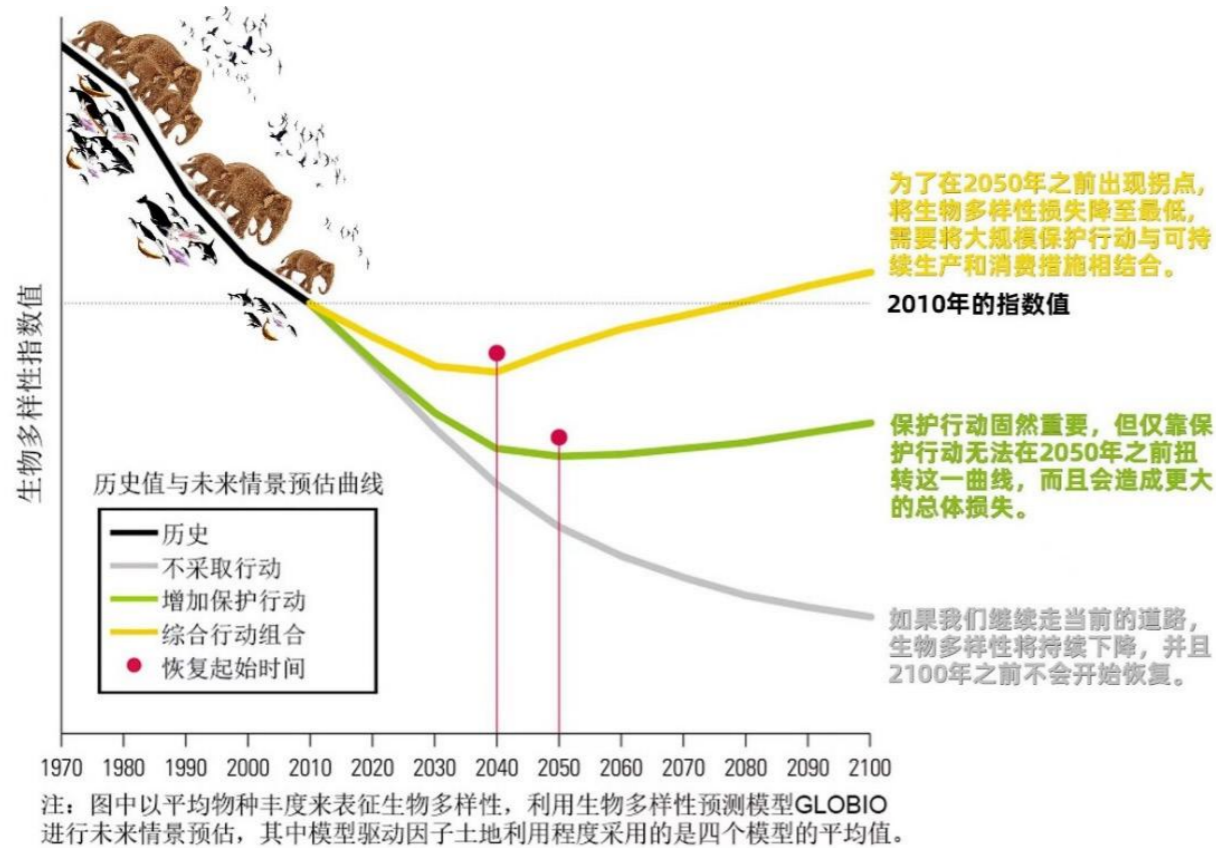
[28]世界自然基金会(WWF),全球森林生命力展望—保护现状与对策, 2021, 1-125



气候临界点带来三重威胁。一是海平面上升；二是永冻层和森林等由碳汇变成碳源；三是气候系统出现多米诺骨牌效应。人类的文明开创于稳定气候、生物多样性丰富的环境之下。文明社会在宜居带之中兴盛，既不太热，也不太冷。地球每升温1摄氏度，就会有十亿人被迫居住在现今标准认定的不适宜的地方，这不但是气候危机，而且是星球危机。好在当今人类文明还会坚守两道防线，科学防线和认知防线。科学理性地告诉人们地球承载力界限需要地球公共区域科学管理；人类可以依靠知识和科技，做有利于社会经济有益的事情。因此，扭转或延缓气候临界点是何等的重要，为采取紧急行动减缓气候变化提供了强有力的科学证据。

## A5 生物多样性

生物多样性是生物(动物、植物、微生物)与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和,包括生态系统多样性、物种多样性和基因多样性三个层次。世界自然基金会(WWF)《地球生命力报告2022》指出,当前自然生态面临严峻挑战,全球监测范围内的野生动物种群数据自1970年以来平均下降了69%,淡水物种种群下降幅度高达83%,拉丁美洲和加勒比地区野生动物种群数量平均下降了94%之多。发展中国家和最脆弱的群体及社区最容易受到气候变化和生物多样性丧失的负面影响。

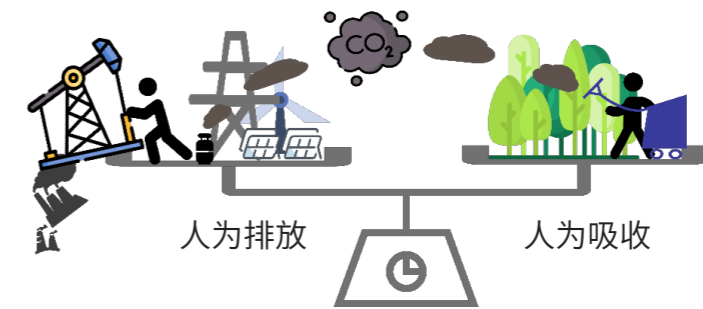


生物多样性丧失和气候变化主要是由人类经济活动驱动的。这些驱动因素包括持续增加的温室气体排放，以及对于自然资源的不可持续生产和消费。采取行动阻止生物多样性丧失，对自然、气候和人类来说是三赢的，减轻和适应气候变化带来的破坏性影响。为了到2030年扭转生物多样性丧失局面，通过可持续、健康和更为合理的饮食，可以至少减少41%的农用地和高达46%的野生动物丧失。人类应刻不容缓地采取变革行动，利用温升窗口关闭前最后的契机，扭转生物多样性退化趋势，确保在2030年前建立一个自然向好的世界。

## A6 碳达峰与碳中和

人类文明的发展和繁荣很大程度上得益于全新世的宜人气候环境。如果未来人类不加以限制排放温室气体，地球系统将丧失恢

复能力。中国作为世界上最大的发展中国家，同时也是碳排放大国，在全球气候治理进程中提出合作共赢、构建人类命运共同体的中国方案，为应对气候变化国际进程做出了历史性贡献。2020年9月22日，习近平在第75届联合国大会一般性辩论上向国际社会郑重提出中国“将提升国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争在2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”。在全球经济社会能源变革的大趋势下，有助于推动中国加快发展方式转型，加快构建起绿色低碳的经济体系。



碳达峰的含义是在2030年到来之后，二氧化碳排放不再增长，已经达到了峰值。碳中和则指一段时间内，特定组织或整个社会活动产生的二氧化碳，与通过植树造林、工程封存等人为手段被吸收和抵消，实现人类活动二氧化碳相对“零排放”。实现“双碳”目标不是要完全禁止二氧化碳排放，而是在降低二氧化碳排放的同时，促进二氧化碳吸收，用吸收抵消排放，促使能源结构逐步由高碳向低碳甚至无碳转变。实现“双碳”目标，是一场广泛而深刻的系统性变革，而能源革命将是这场系统性变革的重中之重，需要建立以可再生能源为主导、多能互补的能源体系。

## A7 全球碳循环

IPCC\_AR6第一工作组报告确认全球气候变暖的幅度与二氧化碳累积排放量之间的关系，指出人类活动每排放1万亿吨二氧化碳，全球地表平均气温上升0.45°C (0.27°C-0.63°C)。自工业化以来到2019年，累积排放2.39万亿吨，导致升温1.07°C。毋庸置疑，人类活动极大地影响了气候变化，二氧化碳排放是根本原因。





这个库中的碳活动缓慢，实际上起着贮存库的作用，称作慢速碳循环。还有3个碳库为大气圈库、水圈库和生物库，碳在生物和无机环境之间迅速交换，容量小但十分活跃，实际上起着交换库的作用，称作快速碳循环。在大气中二氧化碳是含碳的主要气体，也是碳参与物质循环的主要形式。碳循环途径包括：在光合作用和呼吸作用之间的细胞水平上的循环；大气二氧化碳和植物之间的个体水平上的循环；大气二氧化碳—植物—动物—微生物之间的食物链水平上的循环；碳以动植物有机体形式深埋地下，在还原条件下，形成化石燃料，碳进入地质大循环。

## A8 气候变化拯救行动

气候变化拯救行动实质上是应对气候变化采取的行动，应对气候变化已成为全球政治共识。具体包含减缓和适应两大方面：减缓是指通过节能和以低碳、无碳能源替代化石能源来减少温室气体的排放，并通过植树和封存固碳增汇；适应是指通过调整自然和人类系统以应对实际发生的或者预估的气候变化或者影响。

减缓措施主要包括各个部门通过改善能源消费结构、提高终端能源效率等方式减少温室气体的排放，通过生态系统增加二氧化碳的固定量，以及采取二氧化碳捕集利用和封存技术等工程技术手段将二氧化碳从大气中移除。

适应措施主要包括海岸带调控、沿海基础设施、战略性退出沿海地区、修复或新建自然保护区、减小生态系统压力、基于生态系统的适应、基础设置改造、建筑规范、空间重定向开发、保险、生计多样化、社会安全网等。

2018年发布的IPCC《1.5度特别报告》显示，要实现《巴黎协定》的1.5度目标，需要在2030年将与生活方式和消费相关的人均排放量减至约2-2.5吨二氧化碳当量。在生活排放的众多来源中，最重要的是出行、居住和饮食，分别占生活方式排放量的17%、19%和20%。全球三分之二的碳排放都与家庭碳排放有关，世界最富有的1%人口排放量是50%最贫困人口累计碳排放量的两倍多。诸如减少粮食浪费、重复使用和回收、绿色出行、节约用水、理智购物、保护生物多样性活动、提高自身及周边人群科学素质等都是树立气候变化意识和拯救行动的体现。

## A9 气候变化利与弊

气候变化导致全球变暖与极端天气气候事件频发，在短期和中长期对人类的影响利弊共存，会是一把双刃剑，但总体是弊大于利。气候变化应对就是要治理气候，减少气候风险或气候灾难，实现趋利避害的目的。

气候变化的主要弊端表现在：导致海平面上升，降水重新分布，改变了当前的世界气候格局；破坏和影响了生物链、食品链，带来更为严重的自然灾害；导致极端天气和气候事件增多，对人类和生态系统带来了更多的风险；海洋中蒸发的水蒸气量大幅度提高，加剧了变暖现象；直接影响全球水循环，使某些地区出现旱灾或洪灾，导致农作物减产；导致云层中的含水量增加，吸收更多的红外辐射；直接导致部分地区夏季出现超高温，导致更多的人因为心脏病及引发的各种呼吸系统疾病而死亡；导致臭氧浓度增加，引发哮喘或其他肺病等人体健康不良影响；造成大气污染和某些传染性疾病的传播；造成不同的自然灾害，直接导致粮食减产；对世界各国经济发展产生制约性作用。

可能的小利表现为：农作物的播种范围扩大、内陆带来更多的雨水、全球的植物更加繁茂、北方冬季取暖所需的能源使用量减少、高原农作物成长产生积极影响、西北航道开放时间更长等。全球变暖的负面成本和影响很可能在本世纪内远远超过收益，更多极端事件带来的灾难性影响的可能性也会增加。

## A10 气候变化缔约方大会

1992年，巴西里约热内卢，环境与发展世界大会，通过《联合国气候变化框架公约》

1995年，德国柏林，COP1，通过《共同履行公约的决定》

1996年，瑞士日内瓦，COP2，争取通过法律减少发达国家温室气体排放量

1997年，日本东京，COP3，通过《京都议定书》

1998年，阿根廷布宜诺斯艾利斯，COP4，指定落实《京都议定书》的工作计划

1999年，德国波恩，COP5，通过《京都议定书》时间表

2000年，荷兰海牙，COP6，未达成预期协议

2001年，摩洛哥马拉喀什，COP7，通过《马拉喀什协定》

2002年，印度新德里，COP8，通过《德里宣言》

2003年，意大利米兰，COP9，成果有限

2004年，阿根廷布宜诺斯艾利斯，COP10，成效甚微

2005年，加拿大蒙特利尔，COP11，通过双轨路线的“蒙特利尔路线图”

2006年，肯尼亚内罗毕，COP12，达成“内罗毕工作计划”

2007年，印度尼西亚巴厘岛，COP13，通过“巴厘岛路线图”

2008年，波兰波兹南，COP14，正式启动2009年气候谈判进程

2009年，丹麦哥本哈根，COP15，发表《哥本哈根协议》

2010年，墨西哥坎昆，COP16，通过《坎昆适应框架》

2011年，南非德班，COP17，确立最不发达国家《国家适应计划》机制

2012年，卡塔尔多哈，COP18，通过《哈多修正》，确立适应委员会工作机制

2013年，波兰华沙，COP19，建立华沙损失与危害国际机制并设立执行委员会

2014年，秘鲁利马，COP20，就2015年巴黎大会协议草案的要素基本达成一致

2015年，法国巴黎，COP21，通过《巴黎协定》，努力将升温控制在1.5摄氏度

2016年，摩洛哥马拉喀什，COP22，推进为实现《巴黎协定》目标的必要进程和结构

2017年，德国波恩，COP23，讨论如何落实《巴黎协定》

2018年，波兰卡托维兹，COP24，达成《巴黎协定》的实施细则

2019年，西班牙马德里，COP25，就采取气候行动的紧迫性达成共识

2021年，英国格拉斯哥，COP26，通过《格拉斯哥气候协议》

2022年，埃及沙姆沙伊赫，COP27，首次设立“损失和损害”基金

# 附件 案例B

## B1 《气候变化类社会》 中学课程

在国家“双碳目标”提出的背景下，2020至2022年中国气象学会联合国家气候中心在北京交通大学附属中学第二分校实施了《气候变化与人类社会》高中课程。课程结合大气科学、地理学历史学等多学科知识和最前沿研究成果，培养地理学科核心素养——人地协调观要求学生能够理解自然环境是人类生存、发展的基础，并能够辩证看待自然环境对人类活动的各种影响。课程内容的设计从“地对人的影响”“人对地的影响”“人与地如何协调”“人类生存发展与气候变化紧密相关”等多个方面出发，让学生理解人与社会、人与自然环境之间的关系，帮助学生树立科学的环境观，增强学生气候变化对人类生活生产影响的认识，提高学生的环境保护意识和责任担当。课程坚持关注天气预报与气候热点事件；通过课题研究和专题课程讲解，了解温室效应的相关知识、气候变化的自然原因和人为原因，校园低碳（减排与适应），掌握资料收集处理和课题研究的方法；通过实践活动，验证温室效应是否真实存在，设计一份可行的校园减排计划；通过专题课程讲解，了解减缓与适应气候变化不同国家的观点和政策，组织模拟联合国气候谈判的辩论。

通过此课程的开展，不仅优化和完善了课程，让《气候变化与人类社会》更适用于高中教学，同时提升学校地理教师的理论水平和科研能力。更为重要的是学生通过全程参与课题的研究实践，对气候变化的科学认识普遍增强，初步掌握撰写调查报告和科学小论文的方法，同时自我规划能力有所提高；社会责任感增强；还提升了学生分析问题和解决问题的能力，培养了学生的科学探究精神，学生的整体学业水平也得到普遍提高。

A person with a backpack is seen from behind, looking out over a vast mountain landscape. The person is wearing a yellow and black backpack and a grey cap. The landscape features rolling green hills, dense forests, and distant mountains under a cloudy sky. The text is overlaid on the image in large white characters.

# WWF使命是 遏止地球自然环境的恶化 创造人类与自然和谐相处 的美好未来



我们致力于  
遏制地球自然环境的恶化,创造人类与自然  
和谐相处的美好未来

together possible . panda.org

© 2022

WWF® 以及 ©1986 熊猫标志为世界自然基金会的注册商标。

世界自然基金会(瑞士)北京代表处,北京市东城区花园东巷城市空间1921文化产业园3号楼五层  
网站 [www.wwfchina.org](http://www.wwfchina.org)