

我国去年夏季平均气温、沿海海平面高度等气候变化指标均创新高

# 全球变暖趋势下，中国气候风险水平有多高

巢清尘

## 大气圈

### 升温速率高于全球平均，极端事件频发

大气圈既是气候系统最重要的组成部分，也是气候系统中最不稳定、变化最快的圈层，不但受到水圈、生物圈、冰冻圈和岩石圈表层的直接作用与影响，而且与人类活动关系最为密切

我国大部分区域处于东亚季风区，天气气候受东亚季风活动影响。近60年来，东亚夏季风总体呈现减弱趋势，东亚冬季风波动性增强，南亚夏季风总体强度偏弱。与此同时，西北太平洋副热带高压夏季总体呈现面积增大、强度增强、西伸脊点位置西扩的趋势。

全球变暖趋势仍在持续。中国气象局全球表面温度数据集分析表明，2015至2022年是有气象观测记录以来最暖的8个年份。2022年，亚洲陆地表面平均气温较常年值(1981至2010年平均)偏高1.0℃，是1901年以来第二暖年份。1961至2022年间，我国平均年降水量平均每年增加0.8%，其中青藏地区平均年降水量平均每年增加9.4毫米，而西南地区平均年降水量平均每年减少9.6毫米。

长序列均一化气温观测资料分析显示，我国升温速率高于同期全球水平，极端高温事件频发趋势。1901至2022年，我国地表年平均气温呈显著上升趋势，平均每10年升高0.16℃，高于同期全球平均升温水平。1901年以来的10个最暖年份中，除1998年，其余9个均出现在21世纪。2022年，我国地表年平均气温较常年值偏高0.92℃，为20世纪初以来的3个最暖年份之一。

1961至2022年，我国极端天气气候事件发生频次显著增加趋势，气候风险指数也呈上升趋势。2022年，我国气候风险指数为10.7，属强等级，明显高于21世纪以来的平均值(7.2)，为1961年以来第五高值，其中高温和干旱风险指数均为1961年以来的最高值。

以极端高温事件为例，2022年我国共发生极端高温事件3501站日，较常年值多3221站日，极端高温事件频次为1961年以来最多；其中，重庆北碚(45.0℃)和江津(44.7℃)、湖北竹山(44.6℃)等共计366站日最高气温突破历史极值。

2022年，我国还发生了3次区域性气象干旱事件，强度均达到严重干旱等级；华东、华中等地出现阶段性春夏连旱；7月至11月上旬，长江中下游及川渝等地持续高温少雨，遭遇严重夏秋连旱，影响长江流域及其以南地区的农业生产、生态系统、水资源供给和能源供应。

与此同时，极端强降水事件增多。1961至2022年，我国极端日降水量事件平均每10年增多18站日；我国年累计暴雨(日降水量≥50毫米)站日数平均每年增加4.2%。2022年，海南三亚、云南麻栗坡等共计48站日降水量突破历史极值。

20世纪90年代后期以来，登陆中国的台风平均强度波动增强。2022年9月，台风“梅花”先后登陆浙江、上海、山东和辽宁，打破了1949年以来秋季登陆我国台风的北北位置纪录。

值得一提的是，1961至2022年，我国沙尘天气和酸雨总体呈减少趋势，近年来沙尘日数达最低值并略有回升。2022年，我国北方地区平均沙尘日数为5.6天，较常年值偏少3.9天；中国气象站74个酸雨站年平均降水pH值为5.85，全国年平均酸雨频率和年平均强酸雨(降水pH值低于4.50)频率分别为24.3%和2%。

## 水圈

### 海平面持续上升，青海湖水位18年回升

水圈由地表水和地下水组成，包括海洋、湖泊、河流及岩层中的水等。水在循环过程中不断释放或吸收热能，是气候系统各大圈层间能量和物质交换的主要载体，并为地球各种系统提供必需的水源

我国地处北太平洋、印度洋和亚洲大陆的交汇区，海洋变化及其与大气间的能量传输和物质交换是影响我国区域气候异常与气候变化的重要因素。

2022年，全球海洋变暖显著加速，海洋热含量再次创新高。

20世纪80年代之前，全球平均海表温度较常年值偏低，但2000年之后海温持续偏高。2022年，全球平均海表温度比常年值偏高0.23℃，为1870年以来的第五高值。2022年，海洋热含量以1.1×10<sup>22</sup>焦耳的增幅刷新了2021年的纪录，其中地中海、北太平洋、南大洋、北大西洋海区的热含量均创历史新高，2013至2022年也成为有现代海洋观测以来全球海洋最暖的10个年份。

气候变暖背景下，全球平均海平面持续上升，2022年达到有卫星观测记录以来的最高位。验潮站长期观测资料分析显示，我国沿海海平面总体呈加速上升趋势，1993至2022年上升速率高达4毫米/年，高于同时段全球平均水平(3.4毫米/年)。2022年，我国沿海海平面较1993至2011年平均高94毫米，比2021年高10毫米，为1980年以来最高。

再来看看陆地水。我国地表水资源量年际变化明显，青海湖水位连续十八年回升。2022年，我国地表水资源量较常年值偏少5.4%，长江、西南诸河和西北诸河流域分别较常年值偏少12.6%、11.2%和13.7%，其中长江流域地表水资源量为1961年以来第五少；海河、辽河、松花江和珠江流域则较常年值偏多，其中辽河流域地表水资源量为1961年以来第二高值。

湖泊在陆地水循环中起着重要作用，其面积与水位变化是反映区域生态气候和水循环的重要监测指标。

作为我国最大的内陆湖泊，青海湖是维系区域生态安全的重要水系。1961至2004年，青海湖水位呈显著下降趋势。2005年以来，受西北地区气候暖湿化影响，青海湖水位连续十八年回升，2022年达到3196.57米，明显超过20世纪60年代初的水位。

鄱阳湖8月水体面积自1989年以来年际波动明显，2022年8月为2009平方千米，较1991至2010年同期平均值偏小41.0%。洞庭湖8月水体面积自1989年以来呈减小趋势，2022年8月水体面积较1991至2010年同期平均值偏小50.2%。

我国是全球气候变化的敏感区和影响显著区。根据中国气象局气候变化中心最新发布的《中国气候变化蓝皮书2023》，2022年，我国夏季平均气温、沿海海平面高度、乌鲁木齐河源1号冰川末端退缩距离、多年冻土区活动层厚度等气候变化指标均创新高。

气候变化对国家粮食安全、人群健康、水资源、生态环境、能源、重大工程建设、经济社会发展等诸多领域带来严峻挑战。科学认识日益增高的气候风险水平，将有助于我们加深理解应对全球气候变化和实施“双碳”战略的重要性，为人与自然和谐共生协力与共。



## 冰冻圈

### 冰川消融加速，多年冻土退化

冰冻圈主要分布于高纬度和高海拔地区，是地球表层具有一定厚度且连续分布的负温圈层，储存了地球75%的淡水资源，是全球气候变化的调控器和启动器

我国是中低纬度冰冻圈最发育的国家，以退缩为明显特征的冰冻圈变化与气候安全、生态环境保护、水资源可持续利用，以及重大工程建设等息息相关。

1960至2022年，全球冰川整体处于消融退缩状态，1985年以来冰川消融加速。作为全球参照冰川之一的中国天山乌鲁木齐河源1号冰川的加速消融趋势与全球冰川总体变化一致。2022年，乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡量为-1251毫米水当量，是有连续观测记录以来的第二低值，该冰川东支和祁连山区老虎沟12号冰川末端退缩距离均为有观测记录以来的最大值。此外，阿尔泰山区木斯岛冰川、长江源区小冬克玛冰冰川和横断山区白水河1号冰川均呈加速消融趋势。

多年冻土是冰冻圈的重要组成部分，青藏高原是全球中纬度面积最大的多年冻土分布区。多年冻土的存在和变化，会对区域气候、碳循环、生态环境和水资源安全、寒区重大工程建设和安全运营等产生显著影响。

多年冻土与大气之间水热交换的界面被称为活动层，活动层厚度是多年冻土区气候变化最直观的监测指标，其变化是多年冻土区陆面水热综合作用的结果。综合分析表明，青藏公路沿线多年冻土退化趋势明显。1981至2022年，青藏公路沿线多年冻土区活动层厚度呈显著增加趋势，平均每10年增厚19.9厘米；2022年多年冻土区平均活动层厚度为256厘米，是有连续观测记录以来的最高值。在西藏中东部地区，15个气象站1961至2022年季节冻土最大冻结深度总体呈减小趋势，2022年季节冻土最大冻结深度较常年值偏小13.5厘米。此外，东北地区监测到的最大冻结深度也在减小，2022年该数值比常年值偏小5.9厘米。

卫星遥感监测表明，过去20年，我国东北-内蒙古积雪区和新疆积雪区平均积雪覆盖率均呈弱下降趋势，而青藏高原积雪区则略有增加，积雪日数与过去20年均值基本持平。

## 生物圈

### 春季物候期提前，珊瑚热白化频现

地球上全部生物及其无机环境的总和构成地球上最大的生态系统——生物圈。陆地生物系统通过调节水循环、碳氮循环和能量流动过程从而影响着整个气候系统，海洋生态系统同样在调节气候方面起着重要作用

我国植被覆盖整体稳定增加，呈现持续变绿趋势。2000至2022年，年平均归一化植被指数(NDVI)呈显著上升趋势，2022年平均NDVI为0.379，较2011至2020年均值上升8.7%，是2000年以来的第二高值。

根据中国物候观测网对全国主要观测区域代表性木本植物18个典型物候期的观测，近60年，中国代表性植物春季物候期呈提前趋势。1963至2022年，北京站玉兰、沈阳站刺槐、合肥站垂柳、桂林站枫香树和西安站色木的展叶期均呈提前趋势，平均每10年分别提前3.3天、1.5天、2.4天、2.8天和2.8天。与春季物候期相比，各站代表性植物落叶期均呈提前趋势，2022年沈阳站刺槐落叶期较常年值提前20天，为1963年以来第二晚。

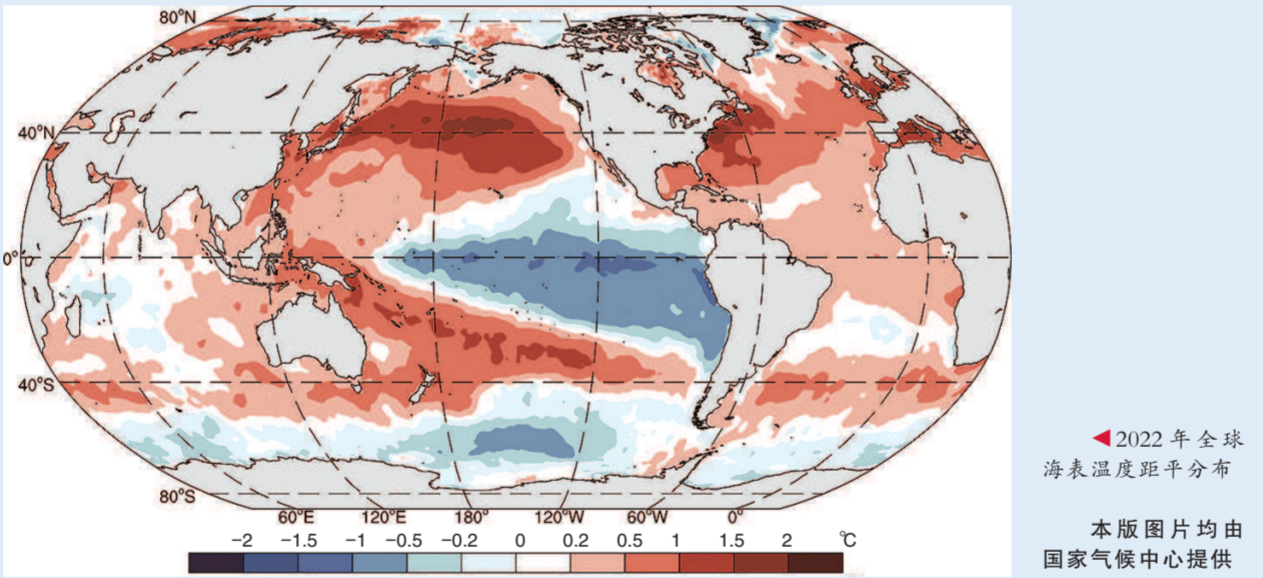
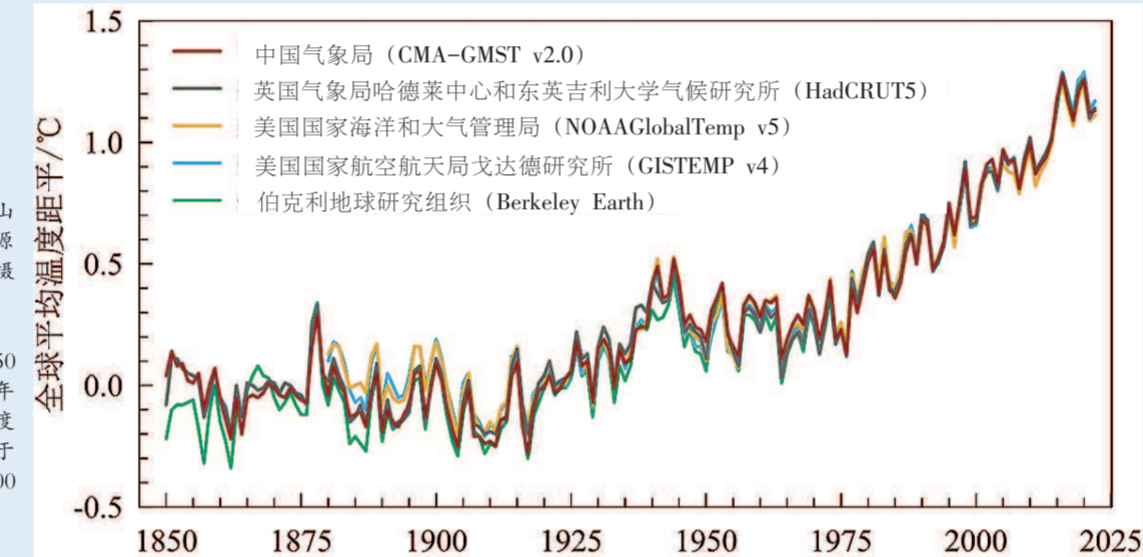
区域生态气候方面，我国荒漠化、石漠化生态环境趋于好转。位于河西走廊东部的石羊河流域是西北地区气候变化敏感区和生态脆弱区。卫星遥感监测显示，2005至2022年，该流域荒漠面积呈显著减小趋势，沙漠边缘外延速度总体趋缓。这是该流域降水量波动增加、2006年启动人工输水工程共同影响的结果，流域生态环境明显好转。

石漠化是广西岩溶区突出的生态问题。近年来，广西石漠化土地面积持续减少，岩溶区生态状况稳步向好。卫星遥感监测显示，2000至2022年，广西石漠化区秋季NDVI呈显著增加趋势，植被覆盖明显改善的地区占石漠化区总面积的28.3%。

珊瑚礁生态系统是热带和亚热带海洋最突出、最具代表性的生态系统。近几十年来，由于全球气候变化和人类活动的双重压力，全球范围内的珊瑚礁出现严重退化趋势。2010年以来，中国南海珊瑚热白化现象不断出现。野外调查研究显示，2022年夏季，海南文昌和三亚鹿回头海域海表温度明显高于2003至2022年夏季平均温度水平，两地均观测到明显的珊瑚白化事件，但均为生理性白化，珊瑚后续多发恢复，同期南海其他海域未见珊瑚白化。

我国红树林面积总体呈先减后增趋势。1973至2000年面积减小，2000至2022年又稳步增加，至2022年达到240平方公里，基本恢复至1980年水平，其中广东、香港和澳门红树林总面积基本恢复至1990年水平。

(作者为国家气候中心主任、《中国气候变化蓝皮书2023》主编)



# 气候变化“驱动器”怎么变

气候变化是在诸多因素的复杂相互作用与驱动下发生的，其主要驱动力包括自然外强迫因子、气候系统的内部变率和人为强迫因子变化。其中，自然外强迫因子包括太阳活动、火山活动和地球轨道参数等。

工业化时代，人类活动通过化石燃料燃烧向大气排放温室气体，还通过排放气溶胶改变大气成分构成，从而影响着地球大气辐射收支平衡。同时，大范围土地覆盖和土地利用方式改变，会导致地气之间能量、动量和水分传输变化，进而影响全球及区域气候变化。

## 太阳活动进入快速上升阶段

作为地球能量的重要来源，太阳辐射对地球气候有着重要影响。太阳活动表现为11年左右的周期性变化，

活动强弱会改变辐射到地球的能量。观测显示，目前太阳活动已进入第25周的快速上升阶段。2022年，太阳黑子相对数年平均值明显高于2021和2020年，也略高于第二十四活动周同期水平。上世纪90年代以来，太阳总辐射量处于偏低阶段，而在2022年，我国每平方公里的平均年总辐射量较常年值偏高38.5千瓦·时。

## 大气二氧化碳浓度再创新高

全球主要温室气体浓度逐年上升。青海瓦里关全球大气本底站是我国最先开展温室气体监测的观测站，也是目前欧亚大陆腹地唯一的大陆型全球本底站。1990至2021年，该站的大气二氧化碳浓度逐年上升，月平均浓度变化特征与同处北半球高海拔地区的美国夏威夷冒纳罗亚全球大气本底

站基本一致，反映了北半球中纬度地区本地大气二氧化碳浓度长期变化趋势。2021年，瓦里关站大气二氧化碳年平均浓度达到417.0±0.2ppm，与北半球平均浓度大体相当。

## 地面臭氧浓度呈上升趋势

地面臭氧是重要的光化学污染物，对大气氧化过程、人类健康与植被影响显著。青海瓦里关全球大气本底站长序列地面臭氧连续观测显示，1999至2022年，地面臭氧年平均浓度总体呈上升趋势。2004至2022年，北京上甸子区域大气本底站地面臭氧年平均浓度呈上升趋势；2006至2022年，浙江临安区域大气本底站地面臭氧年平均浓度呈弱上升趋势。

## 气溶胶光学厚度波动下降

气溶胶通过散射和吸收辐射直接影响气候变化，也可通过在云形成过程中扮演凝结核或改变云的光学性质和生存时间而间接影响气候。2004至2022年，中国气溶胶光学厚度(AOD)总体呈下降趋势，阶段性变化特征明显。2004至2014年，北京上甸子、浙江临安和黑龙江龙凤山区域大气本底站AOD年平均波动增加，之后均呈波动降低趋势。2022年，北京上甸子站和浙江临安站可见光波段(中心波长440纳米)AOD平均值较2021年均略微降低，黑龙江龙凤山区域大气本底站AOD平均值则较2021年略有升高。

