

极地气候变化年报

STATE OF POLAR CLIMATE

2025



中国气象科学研究院

CHINESE ACADEMY OF METEOROLOGICAL SCIENCES

极地气候变化年报

STATE OF POLAR CLIMATE

(2025)

中国气象科学研究院

CHINESE ACADEMY OF METEOROLOGICAL SCIENCES

2026年3月

《极地气候变化年报（2025年）》 编写委员会

主 编 丁明虎

副主编 李志强 俞 勇 王 欣

编写专家（以姓氏笔画为序）

于亦宁 卞林根 王 赛 田 彪 朱孔驹

任诗鹤 苏 洁 吴清源 张文千 张东启

张 雷 林 祥 赵守栋 姜智娜

主编单位：中国气象科学研究院

参编单位：中国海洋大学

国家海洋环境预报中心

国家极地科学数据中心

摘要

2025 年南极大陆整体气温偏高，季节变化特征明显，区域性暖异常集中分布。2025 年，南极大陆年平均气温为 -31.29°C ，较常年偏高 0.55°C ；春、夏、秋三季均呈现暖异常特征，其中春季暖异常幅度最高，气温较常年偏高 2.14°C ，冬季则表现为冷异常，较常年偏低 0.63°C ；偏暖区域主要集中于西南极（含南极半岛）、东南极冰穹、毛德皇后地及维多利亚地沿岸，仅威尔克斯地、罗斯海西岸局部区域偏冷；南极半岛、维多利亚地冬季暖异常最强，东南极冰穹等区域春季暖异常达峰值，罗瑟拉站、圣马丁站、新拉扎列夫站年平均气温创历史最高，另有 8 个站点气温位列历史第二、三位。

北极地区延续加速增暖态势，巴伦支海周边是最强增温的核心区域。2025 年，北极地区年平均气温为 -6.40°C ，较常年偏高 1.14°C ；冬、春、夏、秋四个季节的平均气温分别为 -17.75°C 、 -9.37°C 、 6.43°C 和 -4.60°C ，四季均呈暖异常，冬季和秋季偏暖幅度最为强烈，异常值分别达 2.13°C 和 1.78°C ；巴伦支海周边成为极端增温核心区域，挪威博德岛、俄罗斯捷里别尔卡年平均气温创历史最高，格陵兰图勒、挪威新奥尔松气温偏高幅度居前，多地冬、夏季气温刷新历史极值。海表温度监测结果显示，2025 年北冰洋海表温度整体以暖异常为主，同时呈现出显著的季节与区域分布特征；8 月北极海域海表温度达历史第二高位，其中喀拉海创下该区域海表温度的历史最高纪录。

2025 年极地海冰持续呈萎缩态势，南北极海冰范围多项指标刷新或逼近历史极值。2025 年 3 月 1 日，南极海冰范围降至年度最低点 $1.96 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，年度最大值为 $17.85 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，年平均、年度最小及最大海冰范围均为 1979 年有观测记录以来的第三低值。北极海冰范围萎缩更为显著，

2025 年年度最大海冰范围 $14.35 \times 10^6 \text{ km}^2$ 创 47 年来新低，年平均海冰范围 $10.13 \times 10^6 \text{ km}^2$ 刷新历史最低纪录，年度最小海冰范围位列有记录以来第十低值，冬半年多个月份海冰范围刷新历史同期最低纪录。

2025 年南极臭氧洞较此前强损耗状态有所缓和，北极则经历近几十年来较为严重的臭氧损耗事件。2025 年南极臭氧洞最大单日覆盖面积约 $2.286 \times 10^7 \text{ km}^2$ ，为有观测记录以来历史第五小值，峰值期平均面积较常年偏小，11 月底前完整关闭，结束时间较近 10 年提前约 3 周。北极地区因 2024 年冬季至 2025 年早春异常强劲且持久的极涡过程，出现显著的臭氧耗损现象。2025 年 3 月，北极极区臭氧总量较常年大幅偏低，斯堪的纳维亚半岛及欧亚大陆北部上空形成明显臭氧低值区，成为近几十年来北极臭氧耗损较为严重的年份之一，与 2024 年同期臭氧浓度创历史新高形成鲜明反差。

极地地区大气中主要温室气体浓度与全球变化趋势一致，均呈持续稳定上升态势。2024 年，南极大气中二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和六氟化硫的年平均浓度分别为 419.99 ppm、1876.50 ppb、336.80 ppb 和 11.55 ppt；北极大气中二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和六氟化硫的年平均浓度分别为 426.13 ppm、2024.33 ppb、338.06 ppb 和 12.05 ppt，相较于 2023 年，极地地区四大主要温室气体平均浓度均有所升高，其中南北极六氟化硫浓度年增量均创下历史新高。

目 录

第一章 温度和气压	1
1.1 气温.....	1
1.1.1 南极.....	1
1.1.2 北极.....	4
1.2 海表温度.....	7
1.2.1 南大洋.....	7
1.2.2 北冰洋.....	8
1.3 气压.....	10
1.3.1 南极.....	10
1.3.2 北极.....	12
第二章 海冰	15
2.1 海冰范围.....	15
2.1.1 南极.....	15
2.1.2 北极.....	16
2.2 海冰密集度.....	17
2.2.1 南极.....	17
2.2.2 北极.....	18
2.3 海冰融化期.....	19
第三章 大气成分	22
3.1 主要温室气体.....	22
3.1.1 南极.....	22
3.1.2 北极.....	24
3.2 痕量气体.....	26
3.2.1 南极地面臭氧背景浓度.....	26
3.2.2 北极地面臭氧背景浓度.....	27
3.3 臭氧总量.....	28
3.3.1 南极臭氧洞.....	28
3.3.2 北极臭氧损耗.....	28
附录 I 主要数据来源	30
附录 II 术语	31

第一章 温度和气压

1.1 气温

1.1.1 南极

本节分析基于南极多个站点的气温观测数据以及国家气象信息中心发布的第一代全球大气再分析资料（CMA-RA）。其中，长城站和中山站的气温观测数据由中国气象科学研究所和国家极地科学数据中心提供，其他站点数据来源于英国南极调查局编制的南极环境研究参考数据集（Met-READER）。所有数据均经过严格的质量控制，以确保分析的准确性和可靠性。分析结果显示，2025年南极大陆的年平均气温为 -31.29°C ，较常年平均值偏高 0.55°C 。从季节分布来看，南半球夏季（12月至次年2月）、秋季（3月至5月）、冬季（6月至8月）和春季（9月至11月）的平均气温分别为 -20.87°C 、 -35.00°C 、 -38.88°C 和 -30.25°C 。值得注意的是，2025年南极大陆在夏季、秋季和春季较常年偏暖，气温分别增加了 0.74°C 、 0.10°C 和 2.14°C ；而在冬季则呈现冷异常，降温幅度为 0.63°C 。

从空间分布上来看，2025年南极大部分地区气温高于常年，偏暖区域主要包括西南极（含南极半岛）、东南极冰穹地区、毛德皇后地以及维多利亚地沿岸地区（图1.1）。仅有威尔克斯地以及罗斯海西岸等局部地区较常年偏冷。在此背景下，南极大陆共有3个站（罗瑟拉站、圣马丁站和新拉扎列夫站）的年平均气温达到历史最高；4个站（长城站、奥伊金斯站、法拉第站和昭和站）达到历史第二高；另有4个站（别林斯高晋站、帕尔默站、马布尔点站和曼努埃拉站）达到历史第三高。

2025年，南极半岛自秋季起气温呈现暖异常，其中5个站点秋季平均气温进入历史前三，奥伊金斯站更是创下历史新高（偏高 1.98°C ）。进入冬季，暖异常达到最强，所有9个站冬季平均气温均位列历史前三，其中罗瑟拉站和圣马丁站达到历史最高（分别偏高 5.63°C 和 6.56°C ）。至春季，暖异常稍有减弱，仅罗瑟拉站春季平均气温达到历史第三高（偏高 2.91°C ）。

类似地，维多利亚地的暖异常亦在冬季达到最强，该地区5个站点冬季平均气温全部进入历史前三，其中曼努埃拉站创历史新高（偏高 2.91°C ）；春季暖异常减弱，马布尔点站与罗斯角站分别达到历史第三高（偏高 2.16°C 和 1.44°C ）。

东南极冰穹、伊丽莎白公主地和毛德皇后地的暖异常在春季最强。东方站、戴维斯站、中山站和莫森站春季平均气温均达到历史第一高，分别偏暖 3.28°C 、 3.27°C 、 3.30°C 和 3.39°C ；昭和站和新拉扎列夫站则为历史第二高，分别偏暖 2.98°C 和 2.48°C 。

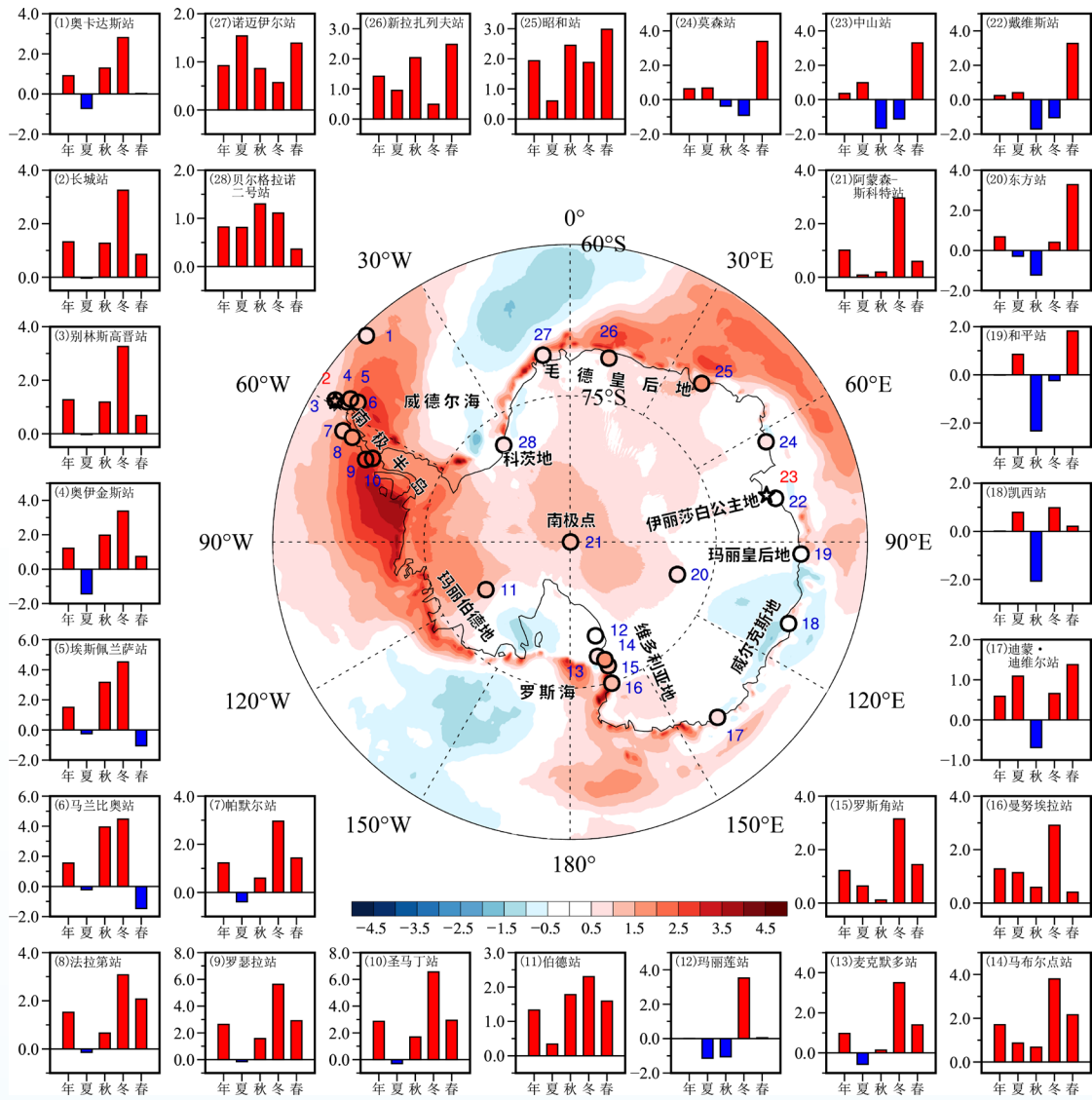


图1.1 2025年南极年平均气温距平空间分布及各站点年平均和季节平均气温距平(单位: °C)

1979-2025年期间, 全球气温呈现显著的上升趋势, 升温速率为 $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ($p < 0.01$; 图1.2)。在此背景下, 南极地区的变暖主要集中于南极陆地, 其升温速率 ($0.20^{\circ}\text{C}/10\text{年}$; $p < 0.05$) 略高于全球平均水平(图1.2)。进一步分析表明, 南极陆地气温在各季节均呈增温趋势, 但是增温幅度存在明显的季节差异: 其中夏季和春季增温趋势最为显著, 升温速率分别为 $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 和 $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ($p < 0.01$); 而在秋季和冬季, 升温趋势相对较弱, 分别为 $0.03^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 和 $0.09^{\circ}\text{C}/10\text{年}$, 且未通过显著性检验 ($p > 0.1$)。

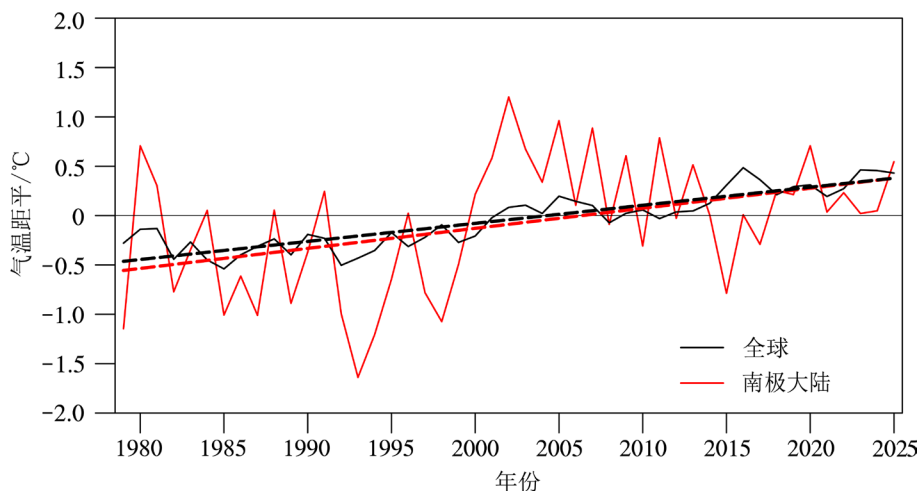


图1.2 1979–2025年南极大陆和全球年平均气温距平时间序列(实线)及其趋势(虚线)

南极大陆整体气温趋势与全球气温变化相当，但部分地区的增温趋势明显高于全球平均水平。其中，南极半岛是全球气温增暖速率最快的地区之一，该地法拉第站的气温以每10年 0.45°C

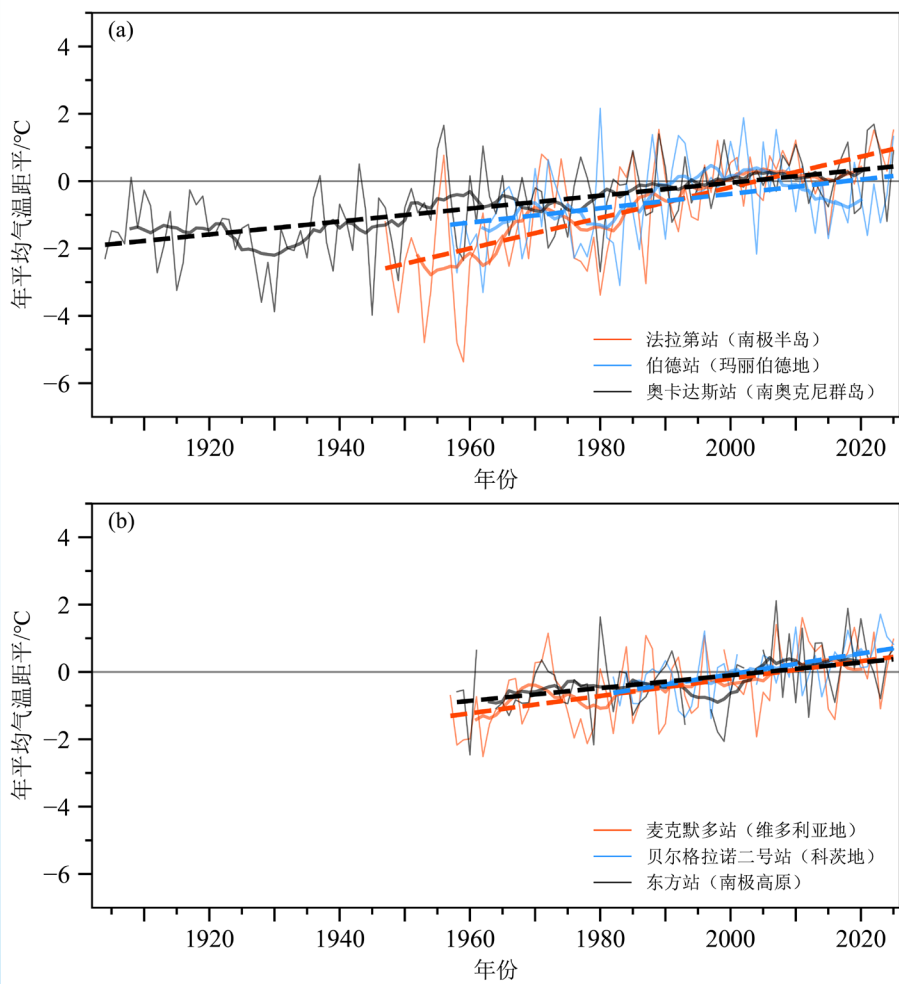


图1.3 西南极(a)和东南极(b)增暖地区各站点年平均气温距平时间序列(细实线),其对应的滑动平均值(粗实线)和趋势(虚线)

的速度升高（1947–2025年，图1.3a红线）。南奥克尼群岛、玛丽伯德地、维多利亚地、科茨地和南极冰穹地区的年平均气温也呈现上升趋势，但升温速度相对较缓，分别为每10年0.19℃（1904–2025年，图1.3a黑线）、0.21℃（1957–2025年，图1.3a蓝线）、0.26℃（1957–2025年，图1.3b红线）、0.31℃（1982–2025年，图1.3b蓝线）和0.19℃（1958–2025年，图1.3b黑线）。上述增温趋势均通过了 $p < 0.01$ 水平的显著性检验。相比之下，南极大陆其他地区的年平均气温变化则不明显（ $p > 0.1$ ）。

极端事件

2025年10月12日，南极中山站记录到一次罕见的降雨过程。此次降雨的形成与周边区域气温偏高有关，这一罕见现象也印证了东南极已受到全球变暖的显著影响。南极降雨会给当地生态系统带来严重冲击，冻雨及降雨后形成的结冰，可能会提升企鹅幼崽等本土极地生物的冻伤风险，甚至危及生存。

1.1.2 北极

本小节基于全球历史气候学网络（GHCN-D）和丹麦气象研究所的格陵兰天气观测数据集，结合CMA-RA再分析数据，对北极地区的气温变化进行了系统分析。所有数据均经过严格的质量控制程序。分析结果显示，2025年北极地区年平均气温为 -6.40°C ，较常年偏高 1.14°C 。从季节分布来看，北半球冬季（12月至次年2月）、春季（3–5月）、夏季（6–8月）和秋季（9–11月）的平均气温分别为 -17.75°C 、 -9.37°C 、 6.43°C 和 -4.60°C 。2025年各季节气温均高于常年水平，其中冬季和秋季偏暖最为明显，异常值分别达 2.13°C 和 1.78°C ；春季和夏季偏暖幅度相对较小，分别为 0.84°C 和 0.15°C 。

从空间分布来看，2025年北极大部分地区气温高于常年平均水平，仅东西伯利亚地区年平均气温呈现偏低态势（图1.4）。在北极各观测站点中，格陵兰图勒和挪威新奥尔松的年平均气温偏高幅度最大，较常年均偏高 2.2°C （图1.4–5、8）。巴伦支海周边存在一个暖异常中心，位于该地的挪威博德岛和俄罗斯捷里别尔卡的年平均气温创下历史最高纪录（图1.4–9、13）；挪威新奥尔松为历史次高（图1.4–8）；挪威特罗姆瑟和芬兰伊纳里则为历史第三高（图1.4–10、12）。年平均气温偏高幅度最小的站点是美国科策布，仅较常年偏高 0.2°C （图1.4–1）。

从不同季节来看，2025年北极地区冬季和秋季暖异常幅度大于春季和夏季。冬季，美国贝特尔斯平均气温较往年偏高 4.7°C ，为全北极冬季暖异常幅度最大的站（图1.4–3）。美国和加拿大所有站冬季平均气温均较往年偏高 3°C 以上。2025年春季，格陵兰图勒春季平均气温较往年偏高幅度最大，为 2.9°C ，达到历史次高（图1.4–5）。其余站点春季平均气温较往年偏高均在 1.5°C 以内，其中美国科策布、加拿大保拉图克、格陵兰达讷堡冬季存在冷异常（图1.4–1、4和6）。2025年夏季，巴伦支和喀拉海沿岸存在明显暖异常，其中俄罗斯马雷萨列和诺维港夏季暖

异常幅度最大，均较往年偏高 2.6°C （图 1.4-14和15），而挪威扬马延夏季平均气温创历史最高（图 1.4-7），挪威新奥尔松和俄罗斯诺维港夏季平均气温为历史次高（图1.4-8和15）。北美大陆夏季暖异常较弱，格陵兰图勒和达讷堡还出现了微弱的冷异常（图 1.4-5和6）。2025年秋季，北极地区呈现全面暖异常，其中加拿大保拉图克秋季平均气温较往年偏高 3.9°C ，为历史最高（图 1.4-4），俄罗斯捷里别尔卡秋季平均气温为历史次高（图1.4-13）。

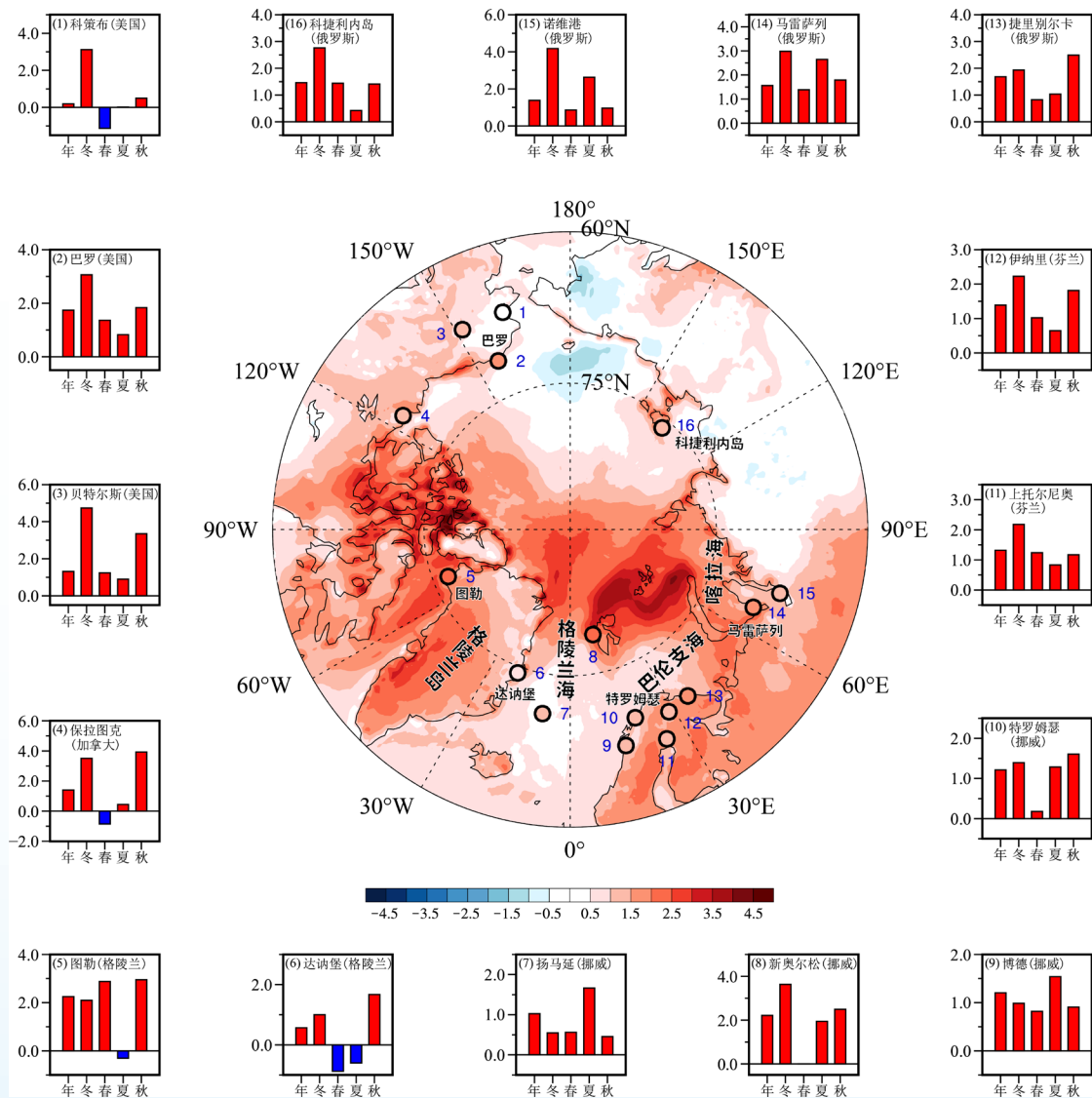


图 1.4 2025年北极年平均气温距平空间分布及各站点年平均和季节平均气温距平(单位: $^{\circ}\text{C}$)

在全球变暖背景下，北极地区年平均气温在1979-2025年期间呈现快速上升趋势（图 1.5），升温速率达 $0.52^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ （ $p < 0.01$ ），是全球平均升温速率的2.9倍，表明北极对全球变暖具有高度敏感性。从季节变化来看，北极增暖趋势在所有季节均表现显著，其中秋季和冬季的升温速率尤为突出，分别为 $0.75^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 和 $0.56^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ；春季和夏季的增温幅度相对较小，分别为 $0.49^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 和 $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 。

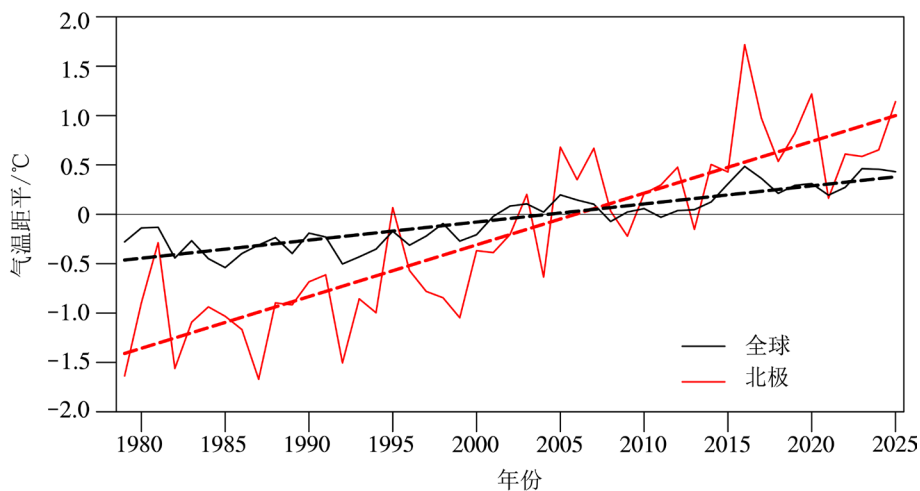


图1.5 1979–2025年北极和全球年平均气温距平时间序列(实线)及其趋势(虚线)

北极地区的快速增暖现象在北冰洋区域表现得尤为显著，而陆地地区的增暖速度虽然相对略缓，但仍显著高于全球平均升温速率。自有观测记录以来，北极地区所有站点均呈现出明显的升

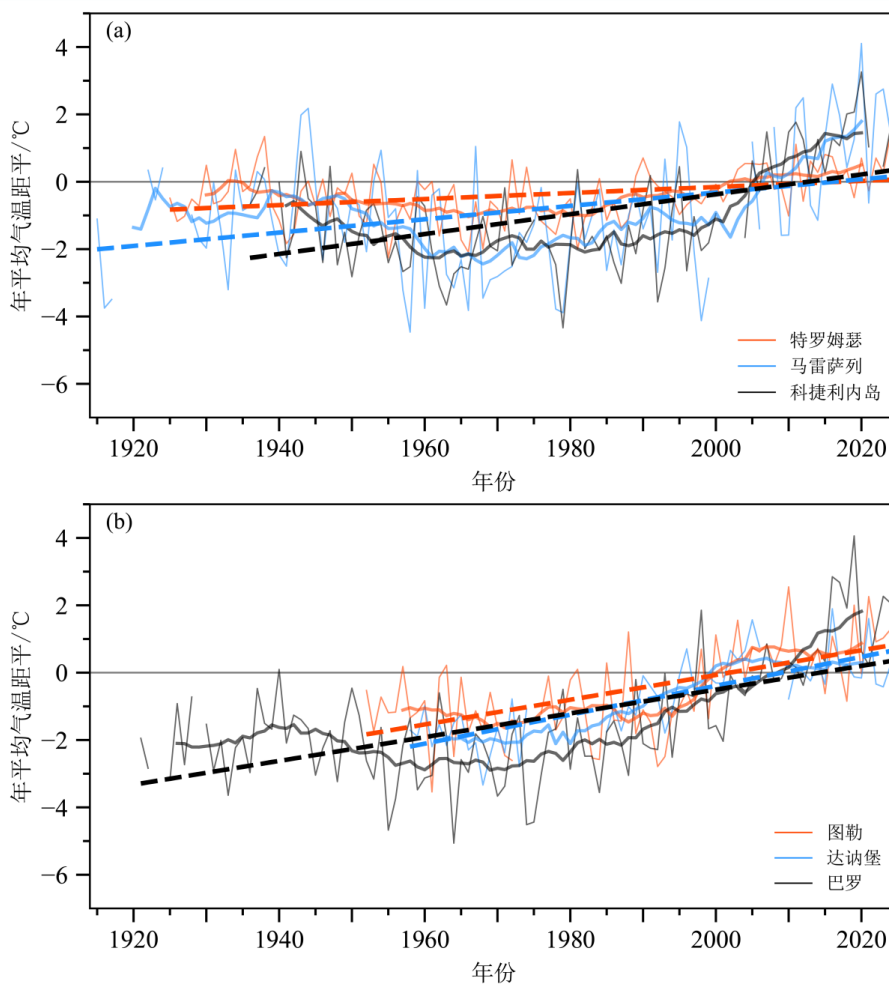


图 1.6 北极欧亚 (a) 和北美 (b) 部分增暖地区各站点年平均气温距平时间序列(细实线)，其对应的滑动平均值(粗实线)和趋势(虚线)

温趋势，且自1980年代起，升温速率进一步加快（图1.6）。1981–2025年，阿拉斯加巴罗每10年升高1.07℃，位于西伯利亚的马雷萨列和科捷利内岛每10年分别升高0.83℃和0.96℃，格陵兰图勒每10年升高0.68℃，而位于北大西洋扇区的达讷堡和特罗姆瑟升温速度略慢，每10年分别升高0.43℃和0.36℃。上述增温趋势均通过了 $p < 0.01$ 水平的显著性检验。

极端事件

2025年5月，罕见的热浪席卷格陵兰和冰岛，部分地区气温较历史同期均值偏高10℃以上。格陵兰东部伊托科尔托奥米特站5月19日的气温创下创纪录的14.3℃，较当地5月日最高气温的历史均值（0.8℃）偏高超13℃以上。由于气候变暖，格陵兰岛5月中旬的冰川融化是同期平均值的17倍。

1.2 海表温度

本节选取英国气象局发布的 OSTIA（Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis）全球高分辨率海表温度和海冰覆盖数据集，以1991–2020年的气候平均值作为基准分析海表温度距平变化。

1.2.1 南大洋

2025年3月，南极沿岸海冰处于年度消融高峰期，威德尔海和罗斯海的残留冰区成为主要的海冰覆盖区域。整个南大洋海表温度相较常年呈现全面偏暖特征，仅在大西洋扇区西部和太平洋扇区东部出现小范围冷异常（图1.7a）。相较于2024年同期，2025年3月南大洋海表温度仍以暖异常为主导，但冷异常的强度和空间范围相比气候正常值更为突出（图1.7c），反映了年际间海表温度异常结构的差异性。

2025年9月，南大洋海冰覆盖范围扩展至60°S附近。与气候基准期相比，整个南大洋海表温度仍表现为偏暖态势（图1.7b）。但年际对比显示，2025年9月的海表温度异常格局发生较大转变，以冷异常为主要特征（图1.7d）。其中，冷异常主要集中分布在太平洋扇区中部、印度洋扇区和大西洋扇区东部，而大西洋扇区西部和印度洋扇区西部则仍保持暖异常。这种区域性冷暖差异的出现可能与南大洋不同扇区春季海冰冻结过程的非均匀性，以及表面冷却强度的空间差异密切相关。

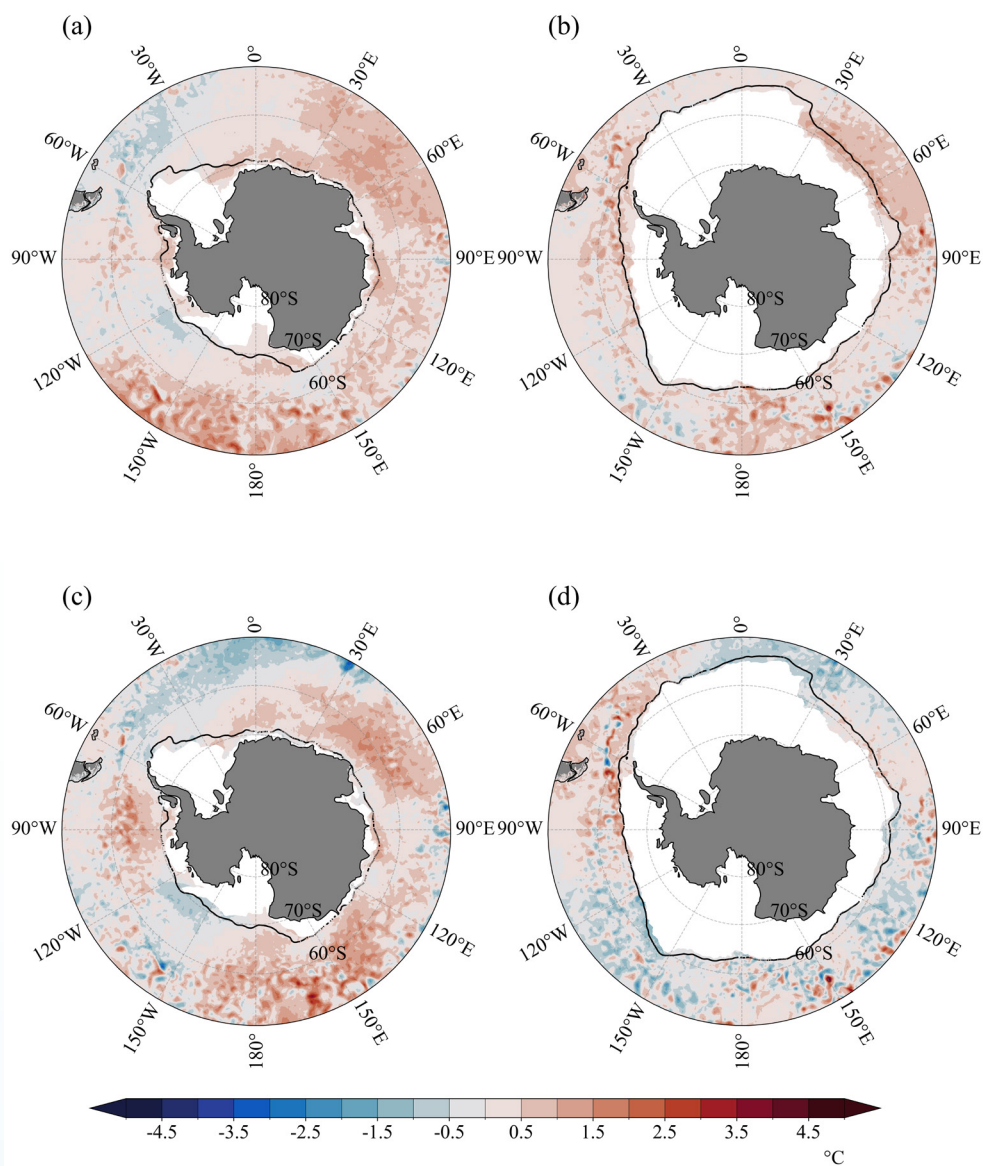


图1.7 2025年3月和9月南大洋海表温度距平分布

(a) 2025年3月南大洋海表温度距平(°C);(b) 2025年9月南大洋海表温度距平(°C);(c) 2025年3月相对于2024年3月的南大洋海表温度异常(°C);(d) 2025年9月相对于2024年9月的南大洋海表温度异常(°C)。所有图中,白色区域和黑色实线分别表示对应月份的平均海冰覆盖范围和海冰边缘线气候态平均位置。

1.2.2 北冰洋

与常年情况相比,2025年3月北冰洋海表温度呈现全面偏暖的特征,其中暖异常在北冰洋大西洋扇区(白令海峡和巴伦支海)表现最为突出(图1.8a)。年际对比显示,2025年3月北冰洋海表温度较2024年同期整体升高,升温信号在太平洋扇区的楚科奇海和波弗特海较强(图1.8c),这与该时期太平洋扇区海冰退缩进程的变化相对应。

2025年9月北冰洋海表温度较常年出现明显升温,其中仅楚科奇海和波弗特海南部沿岸海域

保持冷异常特征（图1.8b）。与2024年同期对比，2025年9月海表温度异常展现出较大的区域差异（图1.8d）：喀拉海、白令海和格陵兰海主要表现为持续的暖异常；而波弗特海、拉普捷夫海和部分巴伦支海则呈现冷暖交替分布。这种区域性差异格局反映了不同扇区海冰消融过程的阶段差异，以及大气环流异常对区域海表温度的调控作用。

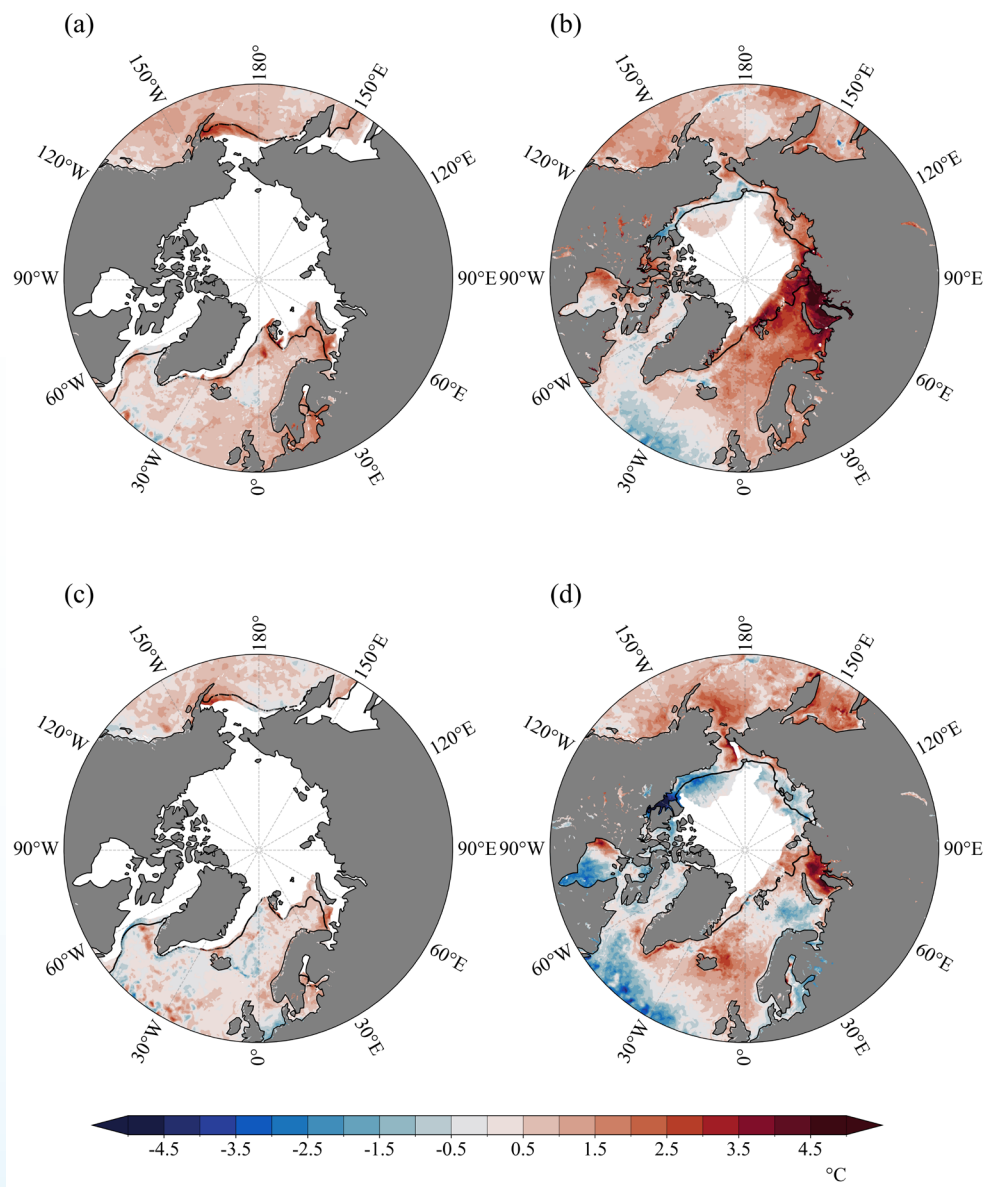
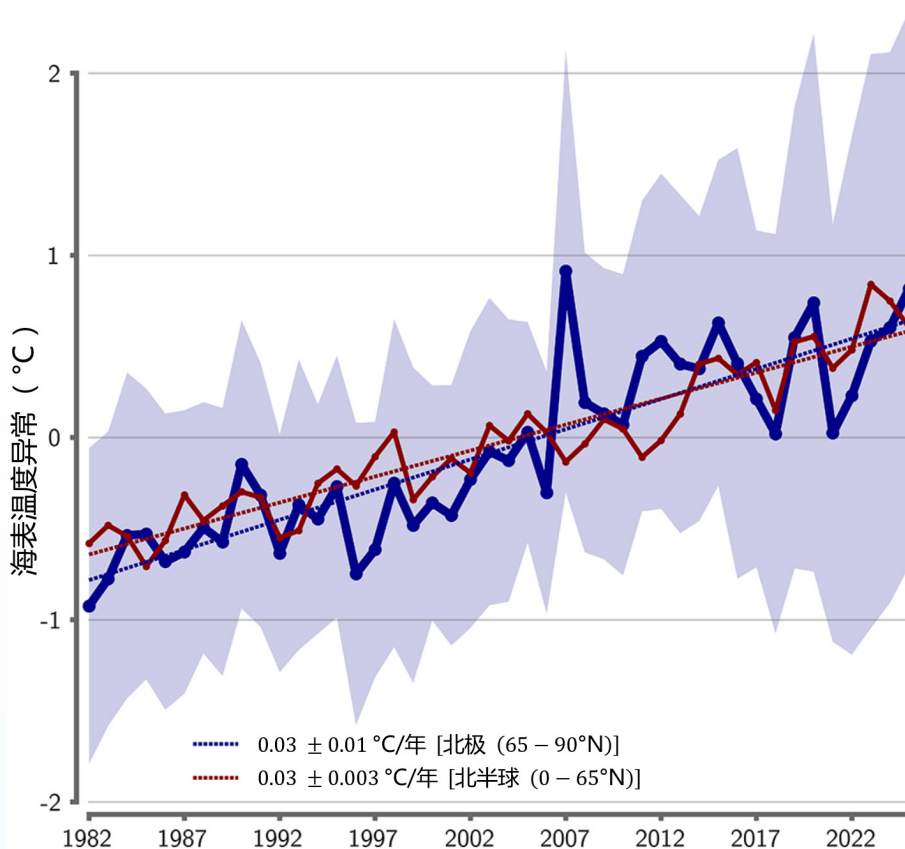


图 1.8 2025年3月和9月北冰洋海表温度距平分布

(a) 2025年3月北冰洋海表温度距平(°C);(b) 2025年9月北冰洋海表温度距平(°C);(c) 2025年3月相对于2024年3月的北冰洋海表温度异常(°C);(d) 2025年9月相对于2024年9月的北冰洋海表温度异常(°C)。所有图中,白色区域和黑色实线分别表示对应月份的平均海冰覆盖范围和海冰边缘线气候态平均位置。

极端事件

2025年8月，北极地区发生较强的海表温度极端事件。当月北极海表温度达历史第二高（仅次于2007年8月），较气候态平均偏高约0.8℃。其中喀拉海增温最为显著，海表温度创下了该区域历史最高纪录，较气候态平均偏高约5℃。



1982–2025年北极海域（65°N 以北；蓝色）和北半球（0–65°N；红色）8月海表温度（SST）距平序列（实线）及其线性趋势（虚线）（引自Arctic Report Card 2025）

1.3 气压

极地气压场变化是联系极地和全球气候的关键环节之一。本节分析的极地气压场变化包括2025年南北极气压场的空间异常特征，极涡和大气涛动等重要环流现象。北极极涡指数来自国家气候中心，涛动指数计算使用CMA-RA再分析数据。

1.3.1 南极

2025年夏季，南极大陆上空位势高度距平场呈微弱正距平，南印度洋至澳大利亚以南海域存在负距平中心，罗斯海以北海域为强正距平中心，整体呈现南极涛动（AAO）负位相特征

(图1.9a)。冬季环南极位势高度距平场呈近似三波型，阿蒙森海附近负距平中心强度最突出，南极大陆上空正负距平交替、无大范围一致的距平中心，环流特征接近南极涛动中性位相(图1.9b)。夏、冬季海平面气压距平场与500hPa位势高度距平场分布高度一致，体现出典型的正压结构特征(图1.9c,d)。

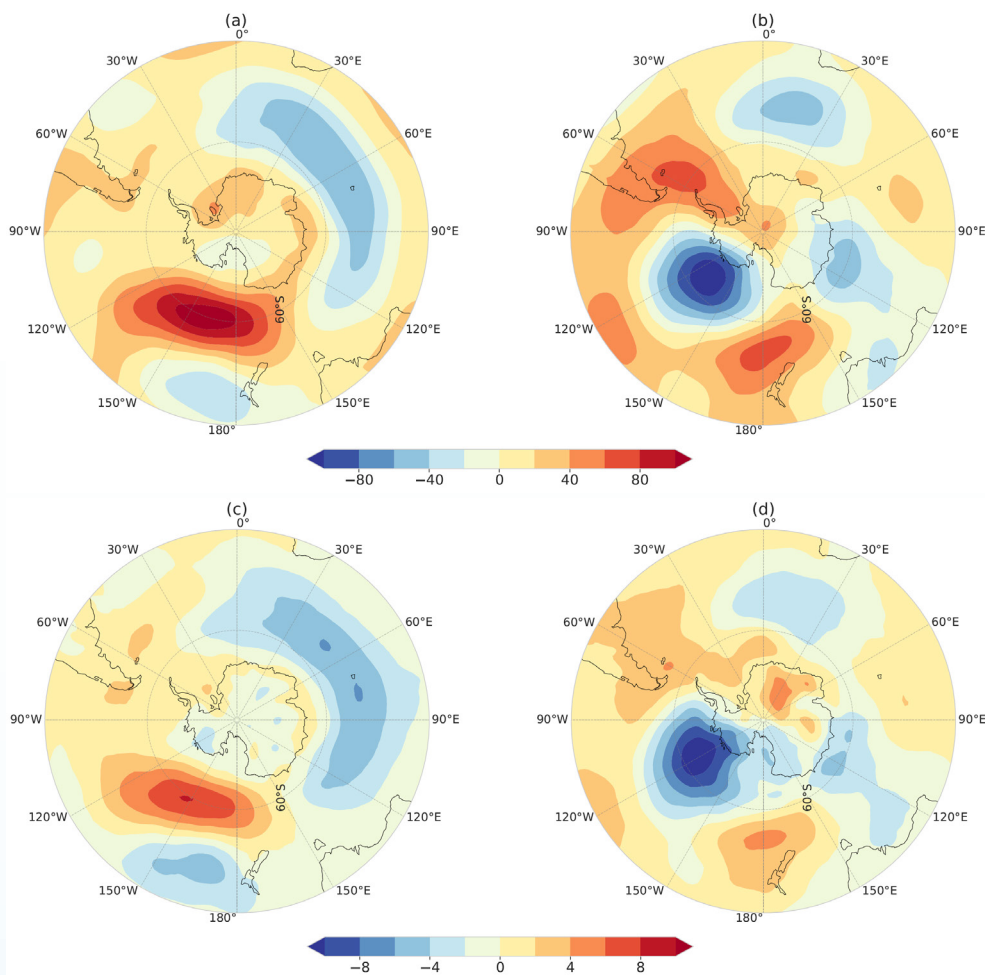


图1.9 2025年南半球(a)夏季(12-2月)和(b)冬季(6-8月)500hPa位势高度距平场(单位:位势米),
(c)夏季和(d)冬季海平面气压距平场(单位:hPa)

2024年AAO标准化指数在夏季创下1979年以来最大正值记录，在冬季是1979年以来第5强的负值。这种季节差异2025年有所减弱，2025年夏季AAO指数变为负值(-1.00)，是1979-2025年间第11强的负值；冬季AAO指数变为温和的正值(0.72)，年均AAO指数值0.16，零值附近对应中性的AAO位相特征(图1.10)。1979-2025年间AAO指数在夏季、冬季和全年的趋势值分别为0.39/10年、-0.01/10年和0.20/10年，夏季和全年趋势均达到0.05显著性水平，冬季趋势统计不显著。

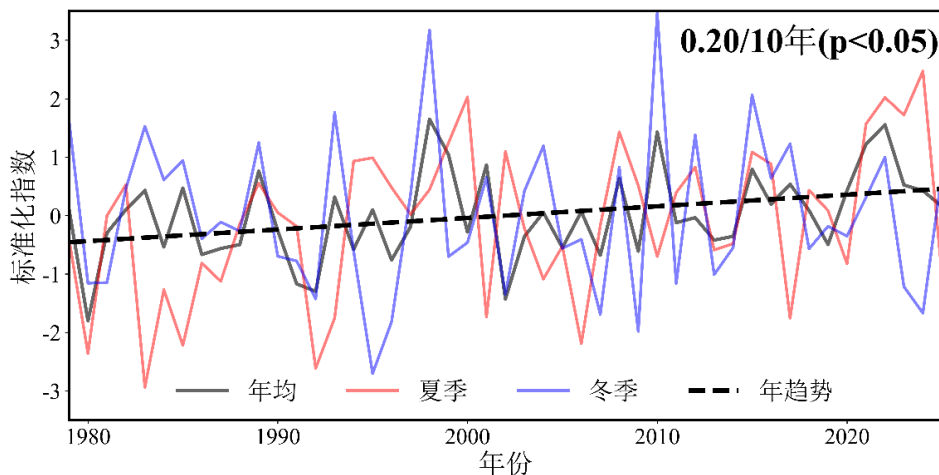
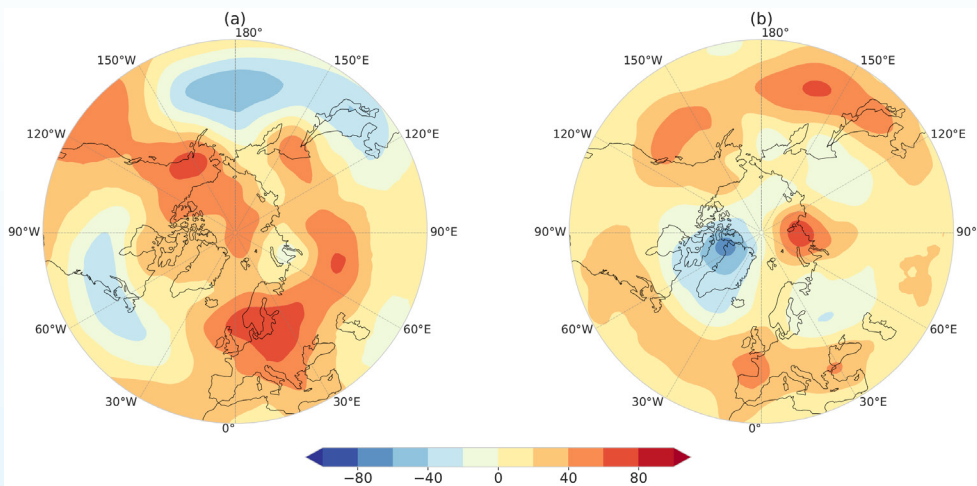


图1.10 1979–2025年南极涛动标准化指数

1.3.2 北极

如图1.11所示，2025年北半球冬季，500hPa高度场在北冰洋和欧亚大陆北部有多个分散的正距平中心，而在北太平洋-白令海峡与北美大陆-北大西洋附近有分布广阔且闭合的负距平中心；2025年北半球夏季，500hPa高度场在北冰洋多为负距平，中心位于格陵兰岛，而在该负中心之外的环北极地区基本由高度场正距平主导。综合来看，北极地区500hPa高度场在夏季表现出近似北极涛动正位相的特征，而在冬季没有明显的北极涛动位相特征。



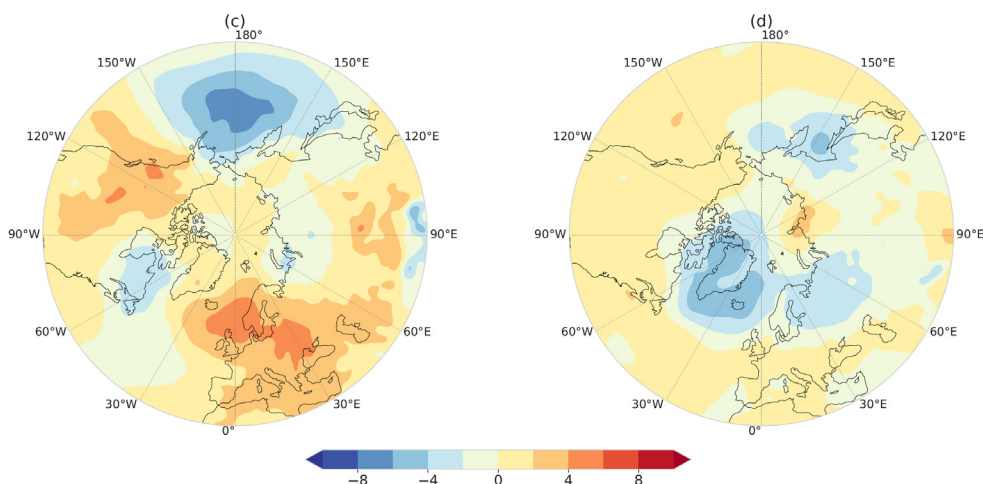


图1.11 2025年北半球(a)冬季(12-2月)和(b)夏季(6-8月)500hPa位势高度距平场(单位:位势米), (c)冬季和(d)夏季海平面气压距平场(单位:hPa)

如图1.12, 2025年北半球极涡面积指数标准化指数为 -2.228 (冬季) / -0.787 (夏季) / -1.857 (年均), 相对于2024年分别变化 -1.936 (冬季) / 0.853 (夏季) / 0.63 (年均), 可见北半球极涡面积指数在2025年冬季明显减小, 并且创下1979-2025年间冬季北半球极涡面积指

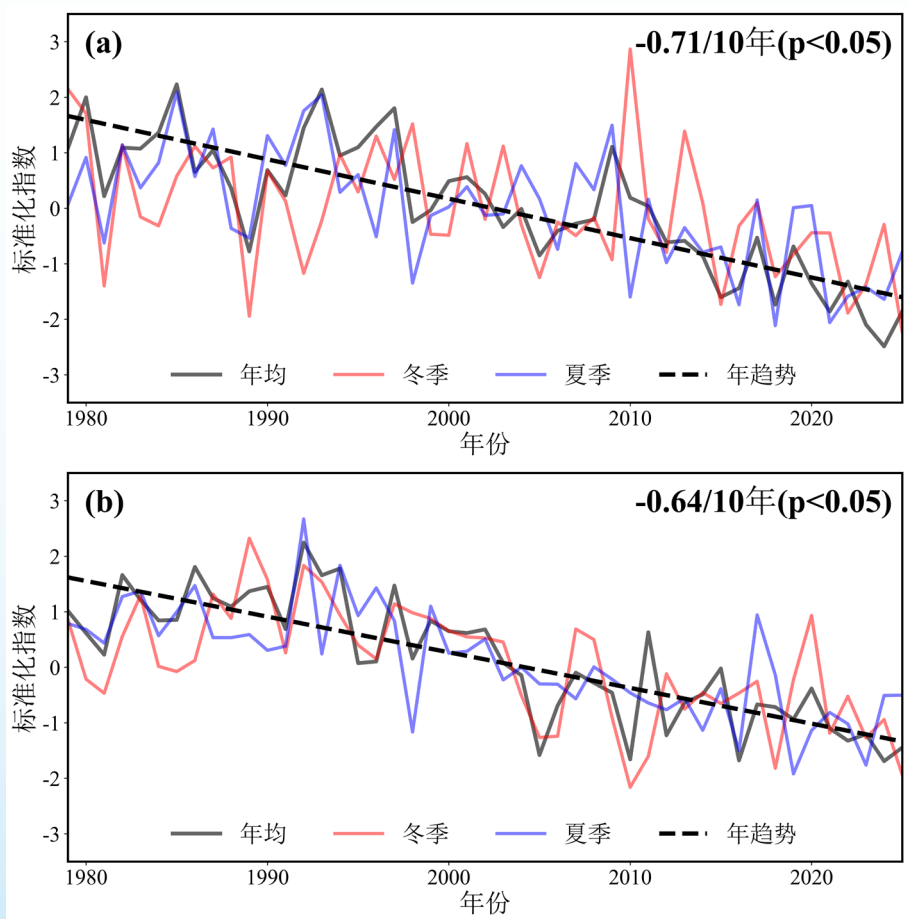


图1.12 1979-2025年间(a)北半球极涡面积和(b)北半球极涡强度的标准化指数

数的新低记录，同时极涡面积指数在夏季/年均则有所增大。2025年北半球极涡强度标准化指数值为-1.938（冬季）/-0.503（夏季）/-1.446（年均），相对于2024年分别变化-0.997（冬季）/0.005（夏季）/0.245（年均），极涡强度在2025年冬季明显增强，从绝对值大小看，2025年冬季极涡强度仅次于2010年。2025年冬夏和年均的极涡面积/强度变化，没有改变1979年以来北半球极涡面积/强度指数的显著负趋势。

如图1.13所示，2025年北极涛动标准化指数为0.06（冬季）/1.08（夏季）/0.58（年均），其中夏季是偏强的正距平。

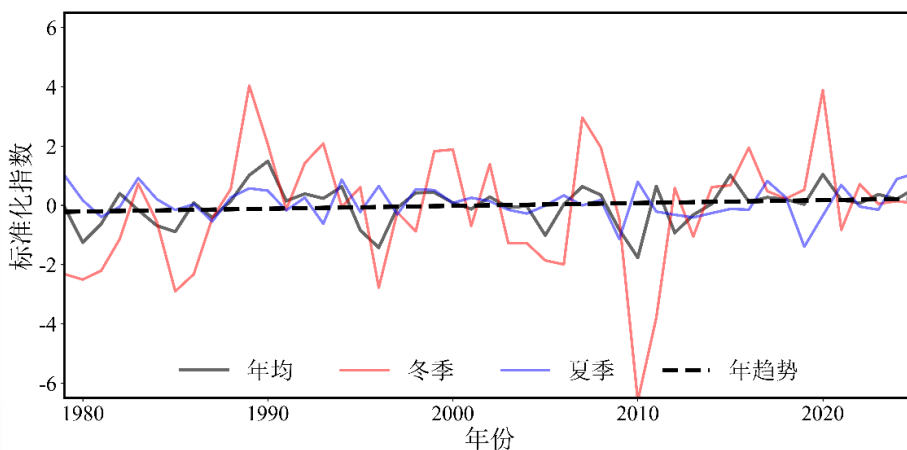


图1.13 1979-2025年北极涛动标准化指数

第二章 海冰

本章所用资料为美国国家雪冰数据中心（NSIDC）1979–2025年的海冰范围产品（G02135_v4.0），气候态定义为1991–2020年平均。此外，还用到中山大学和中国海洋大学（OUC）提供的基于我国风云系列卫星的海冰密集度产品，以及美国国家航空和航天局（NASA）和中国海洋大学（OUC）提供的海冰表面开始融化/冻结时间数据集。

2.1 海冰范围

2.1.1 南极

南极海冰范围¹呈现明显的季节变化特征（图2.1a）。每年3月至9月前后是南极海冰的结冰期，10月至次年2月为融冰期，全年海冰范围最小值通常出现在2月底至3月初。2025年3月1日南极海冰范围达到年度最低点，总面积为 $1.96 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，仅次于2023年（2月21日， $1.85 \times 10^6 \text{ km}^2$ ）和2022年（2月25日， $1.95 \times 10^6 \text{ km}^2$ ）的年度海冰范围最低记录，位于历史第三低值。2025年南极海冰范围年度最大值（ $17.85 \times 10^6 \text{ km}^2$ ）仅次于2023年（ $17.11 \times 10^6 \text{ km}^2$ ）和2024年（ $17.28 \times 10^6 \text{ km}^2$ ），为历史第三低值。总的来看，2025年南极海冰范围异常偏低，年平均海冰范围仅次于2023年和2024年，位于历史第三低值。从变化趋势来看，南极海冰范围在1979–2025年间表现出先缓慢增加后快速减少的变化趋势。自1979年起，南极海冰范围整体以 $7.15 \times 10^4 \text{ km}^2/10\text{年}$ 的速率减小（图2.1b）。

¹ 本年度年报所用海冰范围产品为G02135_v4.0，与之前使用的v3.0版本中的海冰范围量值有所差异

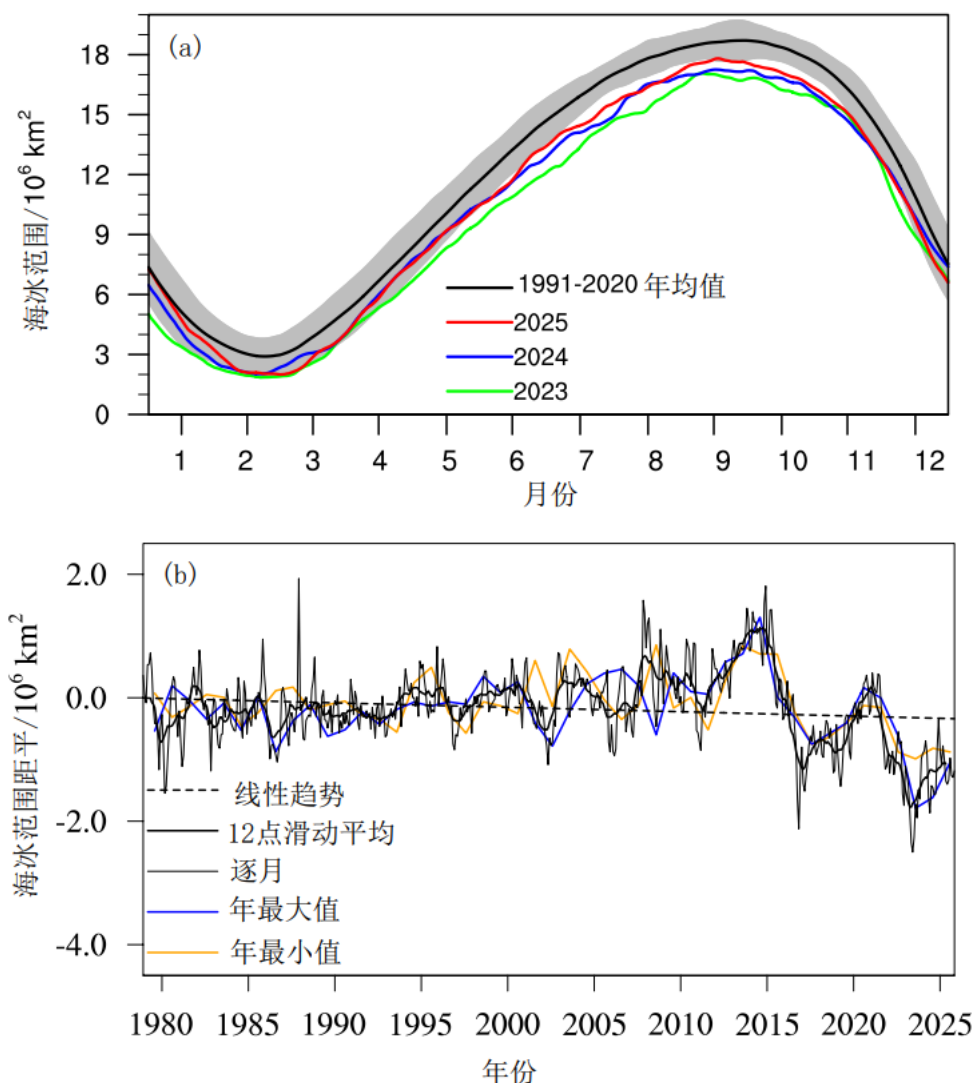


图2.1 (a) 多年平均的逐月南极海冰范围和2倍方差 (灰色阴影), 以及2023年、2024年和2025年逐月南极海冰范围变化; (b) 1979-2025年南极海冰范围最小值 (橙色)、最大值 (蓝色) 距平时间序列, 逐月南极海冰范围距平时间序列 (黑细线) 及其12个月滑动平均 (黑粗实线) 和线性趋势 (单位: 10^6 km^2)

2.1.2 北极

北极海冰范围同样具有明显的季节变化特征 (图2.2a)。每年9月下旬至次年3月是北极海冰的结冰期, 4月至9月中旬为融冰期, 全年海冰范围最小值通常出现在9月中旬。虽然2025年北极海冰范围年度最低记录位于第十低值, 但年度最高记录创47年来新低 ($14.35 \times 10^6 \text{ km}^2$, 3月21日)。此外, 北极海冰月平均范围在冬半年的多个月份均刷新历史最低纪录, 致使2025年北极海冰年平均范围异常偏低, 最终创下历史新低 ($10.13 \times 10^6 \text{ km}^2$)。从变化趋势来看 (图2.2b), 自1979年起, 北极海冰范围整体以 $5.13 \times 10^5 \text{ km}^2/10$ 年的速率减小, 且年最小范围的下降趋势是 $7.65 \times 10^5 \text{ km}^2/10$ 年, 年最大范围的下降趋势是 $3.91 \times 10^5 \text{ km}^2/10$ 年。

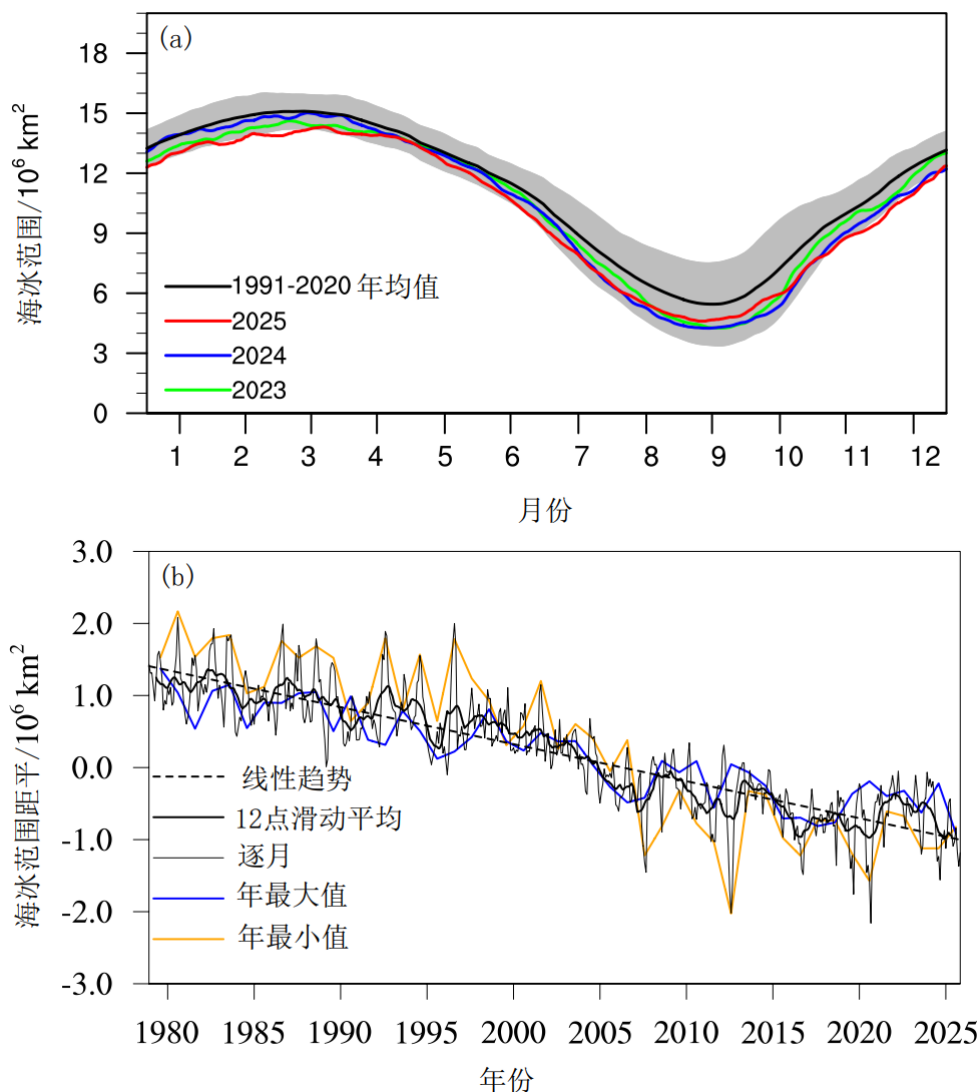


图 2.2 (a) 多年平均的逐月北极海冰范围和2倍方差(灰色阴影), 以及2023年、2024年和2025年逐月北极海冰范围变化; (b) 1979-2025年北极海冰范围最小值(橙色)、最大值(蓝色)和逐月北极海冰范围距平时间序列(黑细线)及其12个月滑动平均(黑粗实线)和线性趋势(单位: 10^6 km^2)

2.2 海冰密集度

2.2.1 南极

图2.3为2025年2月和9月南极海冰密集度月均值和距平分布。总体来看, 2月南极海冰密集度低于多年平均水平, 海冰主要分布在西南极威德尔海、阿蒙森海及罗斯海区域, 东南极沿海分布较少。罗斯海海冰密集度明显高于多年平均水平, 其他海域以偏低为主。值得注意的是, 威德尔海西侧海冰密集度较多年平均值略高, 而东侧海冰密集度则偏低明显。9月海冰环绕南极大陆, 西南极海冰范围更大。相比多年平均水平, 海冰边缘区的海冰密集度变化明显, 增加区域略

多于减少区域。威德尔海、罗斯海海冰密集度增加；别林斯高晋海、印度洋扇区西侧的海冰密集度则以减少为主，印度洋扇区东侧海冰密集度变化较为复杂，无统一变化特征。

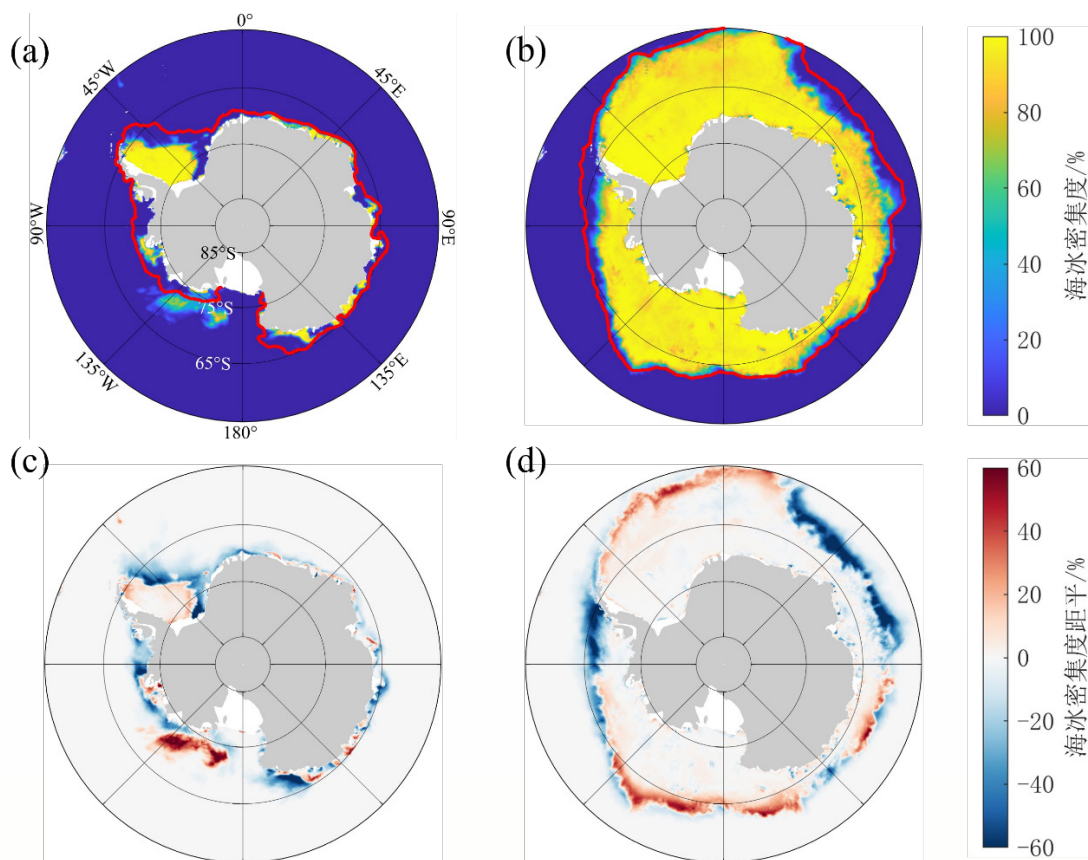


图2.3 我国风云系列气象卫星监测的2025年南极海冰密集度及其距平

(a) 2月海冰密集度；(b) 9月海冰密集度；(c) 2月海冰密集度距平；(d) 9月海冰密集度距平。红色实线表示2012-2025年平均海冰范围

2.2.2 北极

图2.4为2025年3月和9月北极海冰密集度月平均值和距平分布。2025年3月北冰洋中部的海冰密集度与2011-2025年多年平均状态相近，北冰洋边缘区的海冰密集度有较明显的异常信号。格陵兰海等海冰边缘区密集度增加，白令海海冰密集度变化较为复杂，北部密集度增加，南部密集度减少；鄂霍茨克海以密集度减少为主，但西部湾顶密集度增加。2025年9月海冰密集度减少区域主要包括波弗特海、加拿大群岛、格陵兰海、巴伦支海。海冰密集度增加的区域主要集中于拉普捷夫海、东西伯利亚海的高纬度区域。

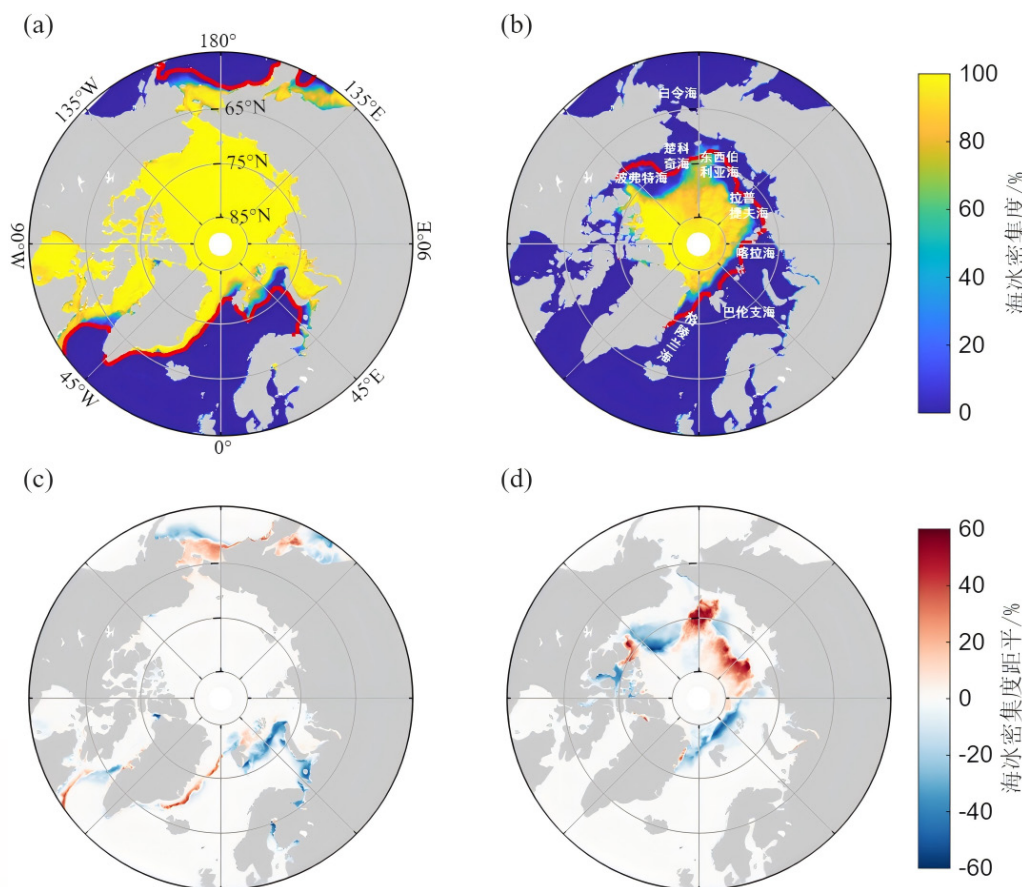


图2.4 我国风云系列气象卫星监测的2025年北极海冰密集度及其距平

(a) 3月海冰密集度; (b) 9月海冰密集度; (c) 3月海冰密集度距平; (d) 9月海冰密集度距平。红色实线表示2012-2025年平均海冰范围

2.3 海冰融化期

海冰的开始融化和开始冻结代表着海冰融化期的起止。开始融化时间 (MO) 为海冰在夏季持续融化的第一天; 开始冻结时间 (FO) 为新冰在开阔水域生长, 裸露的或轻度积雪覆盖的冰面持续重新冻结的第一天。MO与FO之间的时间段即为海冰融化期。

2025年北极海冰表面MO跨度从海冰边缘区域的3月下旬到北极中央区的6月 (图2.5a)。相较于2011-2025年平均情况, 2025年MO距平呈现空间不一致性, 总体上北极中央区以MO推后为主要特征, 海冰边缘区MO以提前为主。在拉普捷夫海、鄂霍次克海以及哈德逊湾区域, MO 呈现出明显的提前趋势。与之形成鲜明对比的是, 在北极中央区的欧亚大陆一侧、波弗特海、楚科奇海、喀拉海以及巴芬湾等边缘海域, MO 较常年显著偏晚, 部分地区的正距平值超过20天 (图2.5c)。2025年MO在70°N以北海区平均为第158天, 仅比2011-2025年平均值早1.3天。SMMR-SSM/I-SSMIS数据显示, 1979-2022年北极MO为提前趋势, 而风云3B/3D卫星运行期间, 两套数据均显示MO具有推迟的趋势, 2011-2025年MWR1数据得到的MO以

3.6天/10年的变率推迟（图2.6a）。

2025年北极海冰表面FO跨度从北极中央区的8月到海冰边缘区域的次年1月（图2.5b）。相较于2011-2025年平均情况，2025年FO在太平洋扇区一侧以偏早为特征，尤其是东西伯利亚海的北部和楚科奇海，局部距平较多年平均值提前超过20天，与9月海冰密集度明显正距平的区域基本一致（图2.4）；在北极中央区及其余边缘海区FO以偏晚为主。2025年FO在70°N以北海区的区域平均为第284天，比2011-2025年平均值晚5.2天。风云3B/3D卫星数据显示，2011-2025年间FO以5.1天/10年的变率推迟（图2.6b）。

1979-2022年北极70°N以北区域海冰融化期长度呈延长趋势（6.3天/10年），2011-2025年则呈现微弱的缩短趋势，变化率为0.1天/10年（图2.6c）。由于该时段MO和FO均推迟，融化期长度的变化趋势较弱。

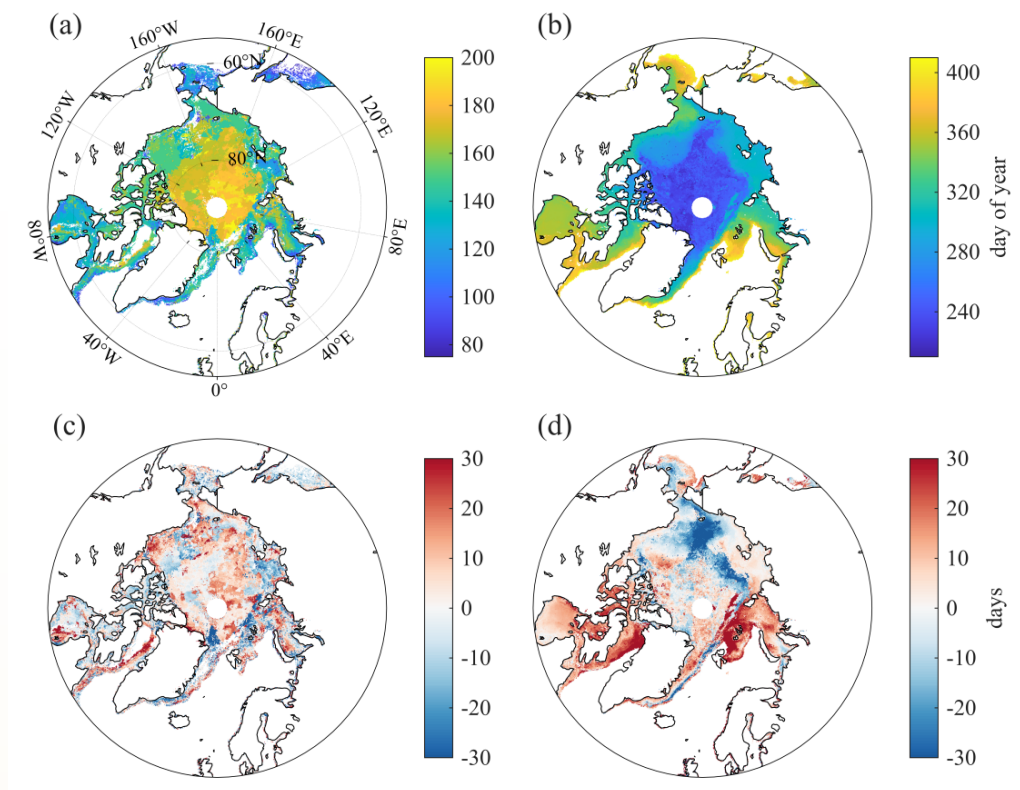


图 2.5 北极海冰表面开始融化时间和开始冻结时间

(a) 2025年北极海冰表面开始融化时间; (b) 2025年北极海冰表面开始冻结时间; (c) 2025年北极海冰表面开始融化时间距平; (d) 2025年北极海冰表面开始冻结时间距平

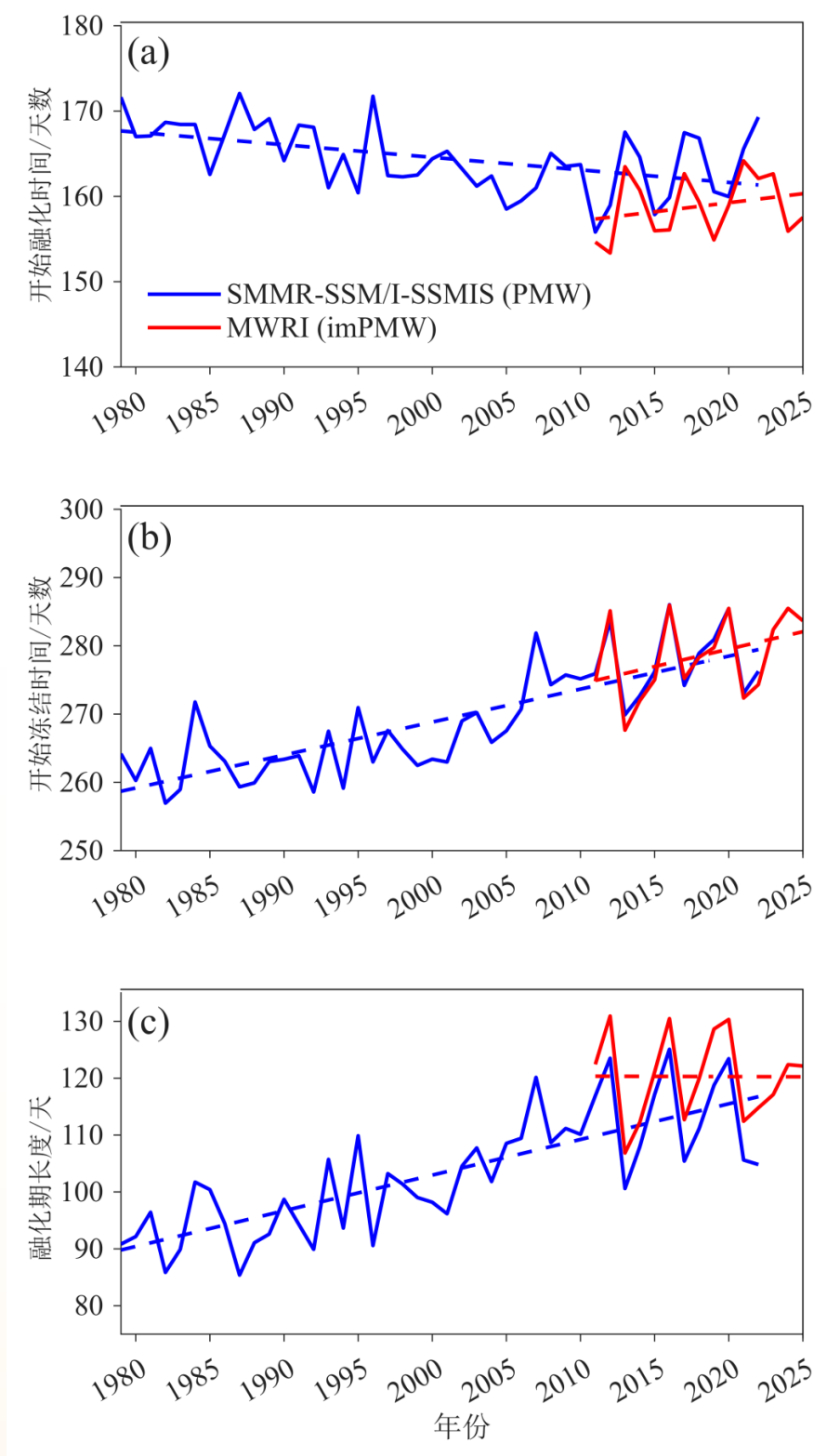


图 2.6 1979–2025 年北极海冰表面开始融化时间
(a) 开始冻结时间 (b) 和融化期长度 (c) 在 70°N 以北海区的区域平均值的时间序列

第三章 大气成分

3.1 主要温室气体

温室气体指大气中自然或人为产生的，能够吸收并释放地表、大气和云发出的长波辐射的气体成分，该特性可导致温室效应。地球大气中的主要温室气体包括《京都议定书》规定的二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）以及六氟化硫（SF₆）、氢氟碳化物（HFC）、全氟化碳（PFC）等气体。本节采用世界温室气体数据中心（WDCGG）的极地站点和我国中山站监测数据进行分析，其中南极地区共 13 个站，北极地区共 16 个站（图 3.1），时间范围是 1984–2024 年（目前上述温室气体浓度仅公布到 2024 年）。本节主要分析四种主要温室气体（二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、六氟化硫）的变化。

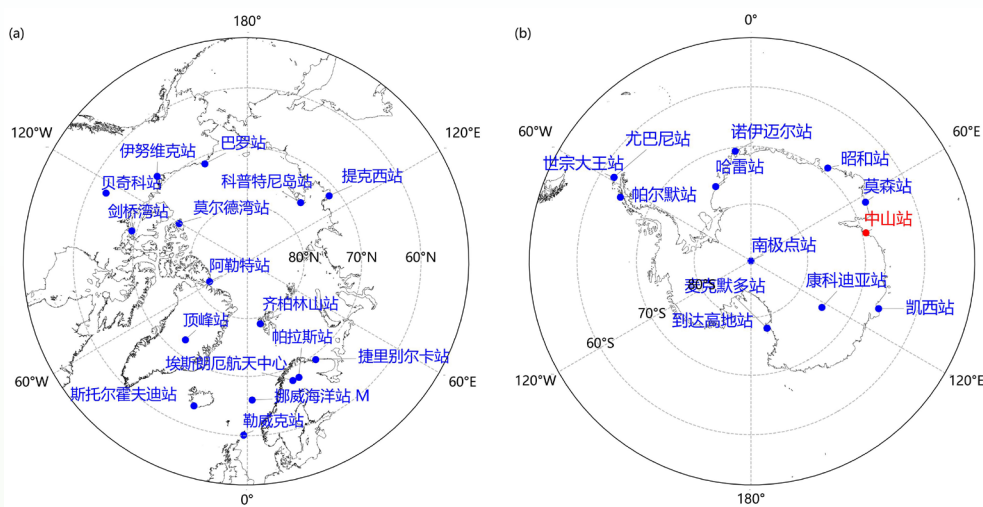


图3.1 世界温室气体数据中心的极地站点和中山站
(数据引自 The World Data Centre for Greenhouse Gases (WDCGG))

3.1.1 南极

(1) 二氧化碳和甲烷

从1984年到2024年，南极大气中的二氧化碳浓度呈逐年稳定上升的趋势，年平均绝对增量为1.92 ppm/年，总体与全球趋势一致，平均浓度比全球平均值低3.96 ppm（图3.2a）。在2024年，南极大气中的二氧化碳年平均浓度达到了419.99 ppm，相比2023年，平均浓度上升了3.6 ppm，其中中山站大气中二氧化碳 2024年平均浓度为 419.21 ppm。

同样，从1984年到2024年，南极大气甲烷浓度呈逐年稳定上升的趋势，年平均绝对增量为

7.27 ppb/年，总体与全球趋势一致，平均浓度比全球平均值低65.3 ppb（图3.2b）。在2024年，南极大气中甲烷年平均浓度达到了1876.5 ppb，相比2023年，平均浓度上升了5.82 ppb，其中中山站大气中甲烷2024年平均浓度为1875.09 ppb。

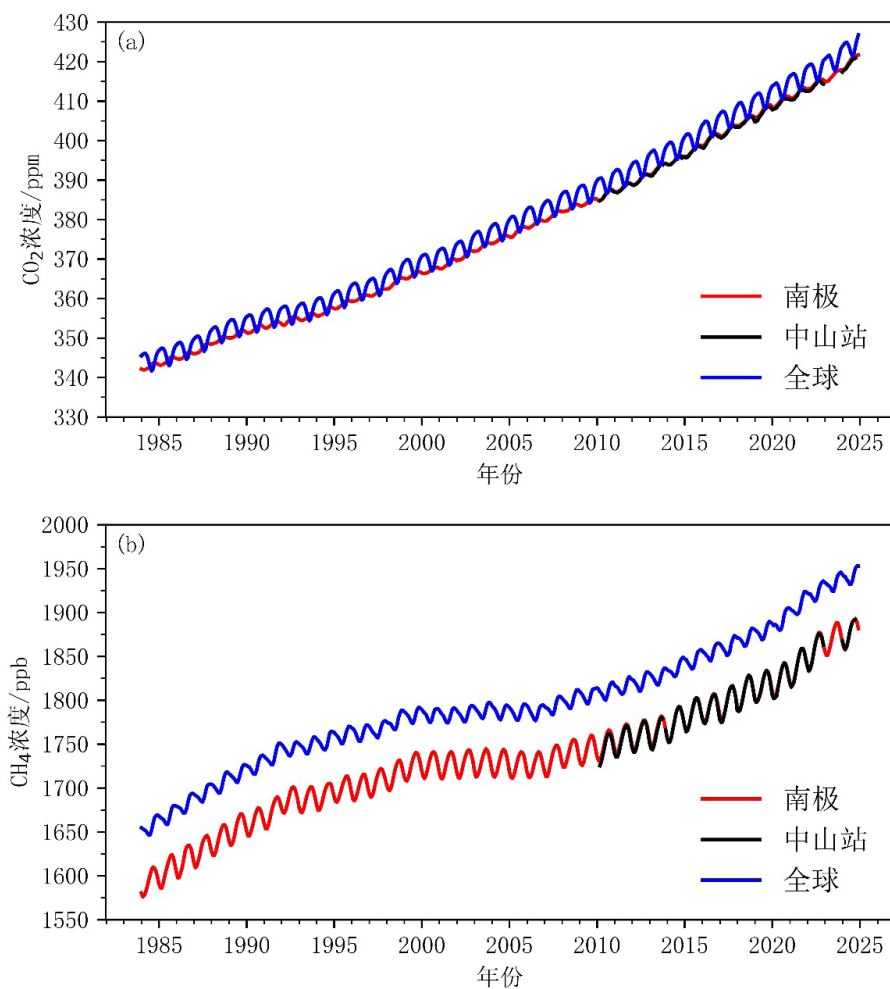


图 3.2 1984–2024 年南极与全球二氧化碳浓度变化 (a) 和甲烷浓度变化 (b)

(2) 氧化亚氮和六氟化硫

目前，南极开展氧化亚氮观测的6个站点数据显示，氧化亚氮年平均浓度由1997年的312.09 ppb升高至2024年的336.80 ppb，年平均绝对增量为0.91 ppb/年（图3.3a）。2024年，南极氧化亚氮年平均浓度相对于2023年的绝对增量为1.10 ppb，相对增量为0.33%，低于2022年至2023年的绝对增量1.20 ppb，略高于过去十年（1.06 ppb/年）的平均增长率。与全球相比，南极氧化亚氮年平均浓度2023年至2024年的绝对增量高于全球平均的绝对增量（1.0 ppb）。

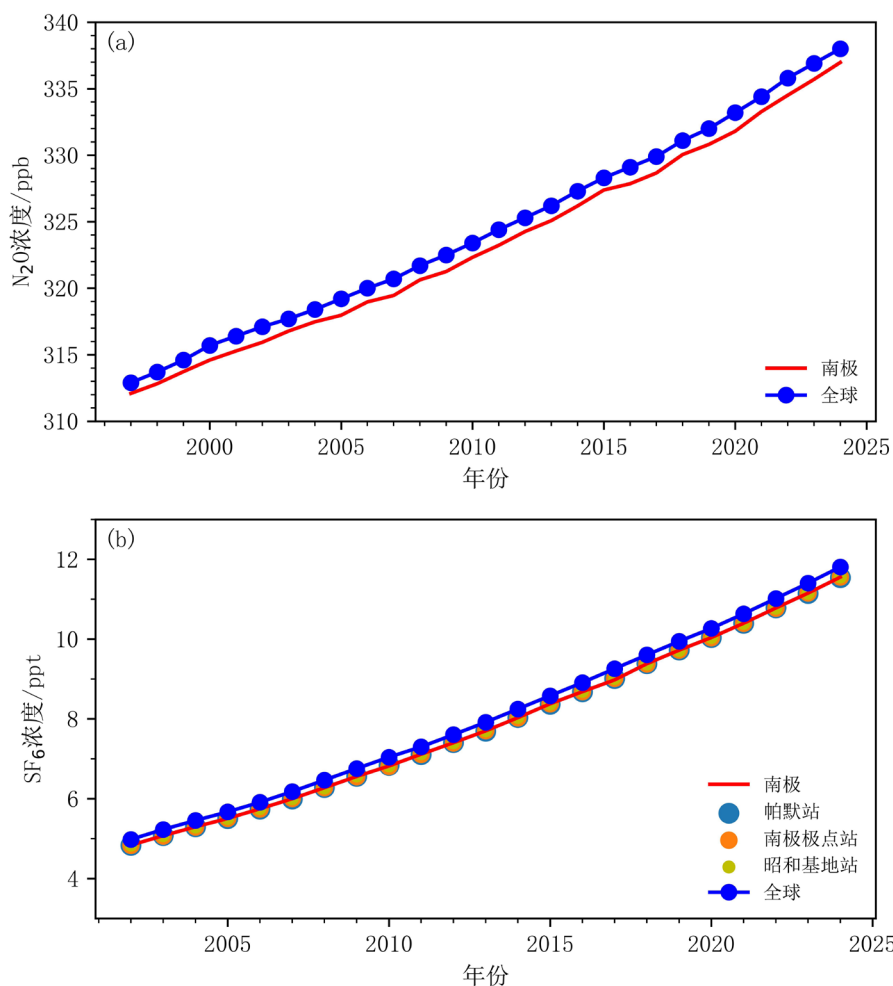


图3.3 1997–2024年南极(a)氧化亚氮和(b)六氟化硫年平均浓度变化
注：六氟化硫全球平均浓度数据来自NOAA

1997–2024年期间，南极地区仅有3个站点开展大气中六氟化硫浓度观测，年平均浓度均呈显著上升趋势（图3.3b），由1997年的3.83 ppt 升高至2024年的11.55 ppt，增长了约3.0倍，年平均绝对增量为0.29 ppt/年。2024年，南极3个站点六氟化硫年平均浓度较2023年平均浓度上升0.40ppt，是历史上相邻两年增长量最高的一年。

3.1.2 北极

(1) 二氧化碳和甲烷

从1984年到2024年，北极大气中二氧化碳浓度呈逐年稳定上升的趋势，年平均绝对增量为2.01 ppm/年，总体与全球趋势一致，平均浓度比全球平均值高2.18 ppm（图3.4a）。2024年，北极大气中二氧化碳年平均浓度达到了426.13 ppm，相比2023年，平均浓度上升了2.94 ppm。

同样，从1984年到2024年，北极大气中甲烷浓度呈逐年稳定上升的趋势，年平均绝对增量为7.6 ppb/年，总体与全球趋势一致，平均浓度比全球平均值高82.52 ppb（图3.4b）。2024年，北极大气中甲烷年平均浓度达到了2024.33 ppb，相比2023年，平均浓度上升了8.56 ppb。

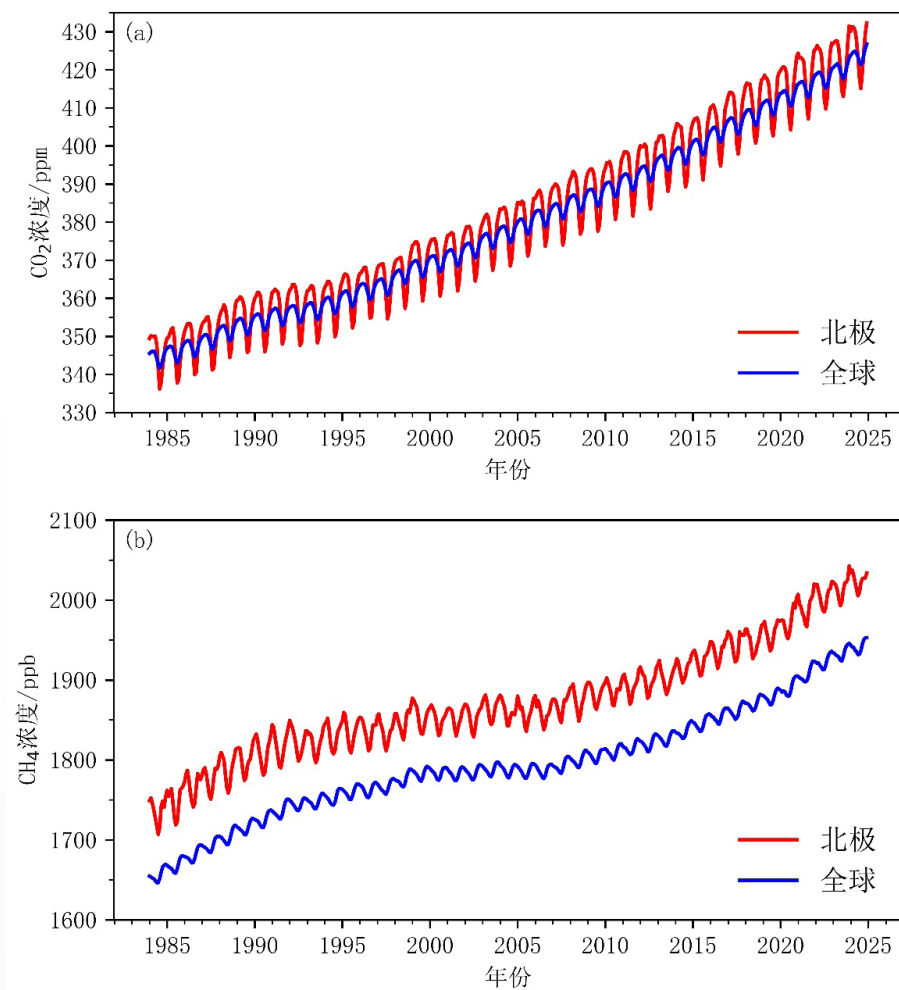


图 3.4 1984–2024年北极与全球二氧化碳浓度变化(a)和甲烷浓度变化(b)

(2) 氧化亚氮和六氟化硫

目前北极地区有6个大气本底站开展氧化亚氮观测，这6个站的平均氧化亚氮浓度由1997年的313.31 ppb升高至2024年的338.06 ppb，年平均绝对增量约0.90 ppb/年（图3.5a）。2024年，北极氧化亚氮年平均浓度较2023年上升1.02 ppb。

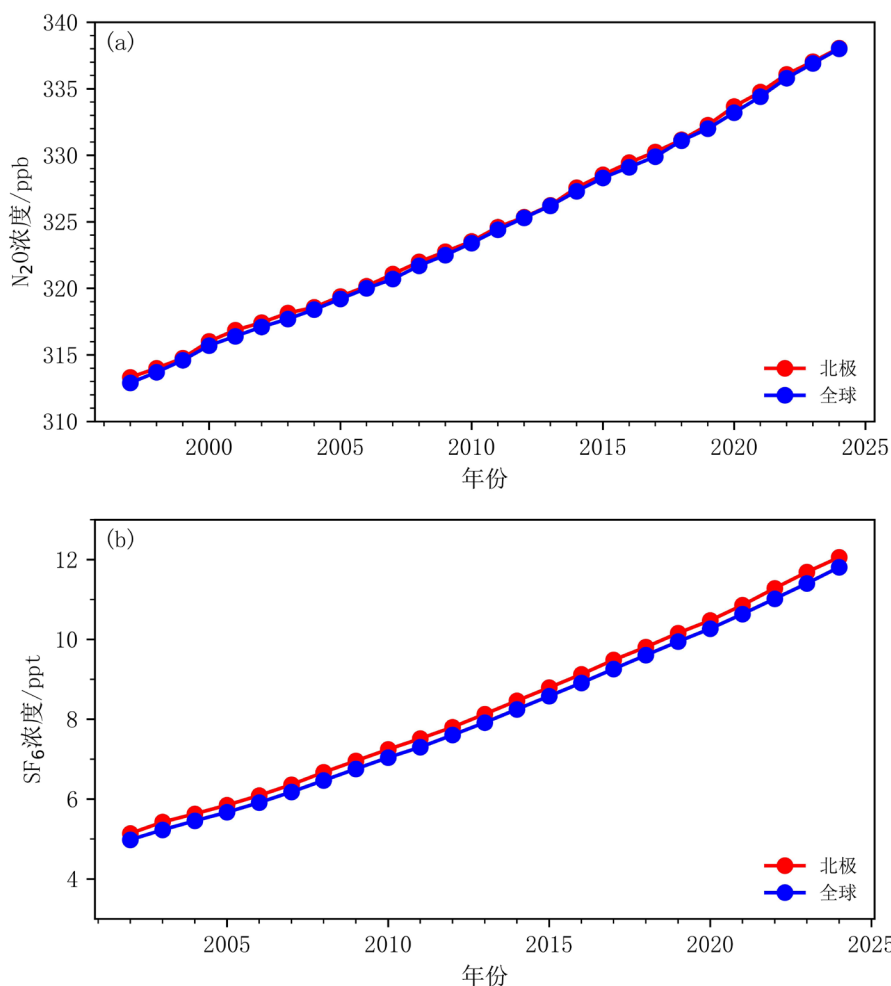


图3.5 北极地区(a)氧化亚氮(1997–2024年)和(b)六氟化硫(2002–2024年)平均浓度变化
注: 六氟化硫全球平均浓度数据来自NOAA

根据北极地区开展六氟化硫观测的6个站点数据，六氟化硫年平均浓度由2002年的5.14 ppt 升高至2024年的12.05 ppt，年平均绝对增量约为0.31 ppt/年（图3.5b）。2024年，北极六氟化硫年平均浓度较2023年上升0.41 ppt。

3.2 痕量气体

本节采用由挪威气候与环境研究所（NILU）成立的GAW世界反应性气体数据中心（WD-CRG）中极地站点和我国中山站的地面臭氧监测数据进行分析，其中南极地区共6个站，北极地区共4个站，时间范围是1996–2024年（目前上述部分站点地面臭氧浓度仅公布到2024年）。

3.2.1 南极地面臭氧背景浓度

相较于北极地区，南极地面臭氧浓度呈现明显的时空变化特征。2024年高纬度内陆站点（南极点站、康科迪亚站）浓度较高，平均浓度达30.34 ppb，沿海站点（中山站、哈雷站、诺伊迈

尔站, 昭和站) 浓度偏低, 平均浓度为22.00 ppb。其中, 中山站自2018年起地面臭氧浓度呈现明显下降趋势, 年均降幅约0.96 ppb/年, 2024年平均浓度为21.15 ppb。总体来看, 南极地面臭氧浓度未呈现长期线性变化趋势, 年际波动为主导特征(图3.6)。

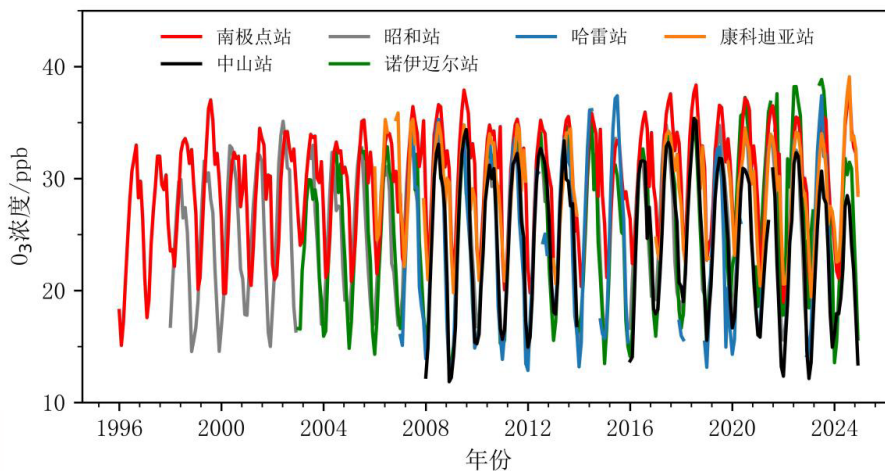


图3.6 1996年至2024年6个南极大气本底站地面臭氧月平均浓度时间序列

3.2.2 北极地面臭氧背景浓度

1996–2024年, 北极地区进行地面臭氧观测的4个站点的平均浓度由1999年30.89 ppb升高至2024年的35.26 ppb, 变化幅度约为0.17 ppb/年。2024年北极地面臭氧平均浓度较2023年平均浓度下降0.08 ppb, 未呈现长期线性变化趋势。但是, 北极不同区域地面臭氧平均浓度呈现较大差异, 2024年顶峰站平均地面浓度最高达50.70ppb, 巴罗站平均地面浓度最低仅为16.19 ppb(图3.7)。

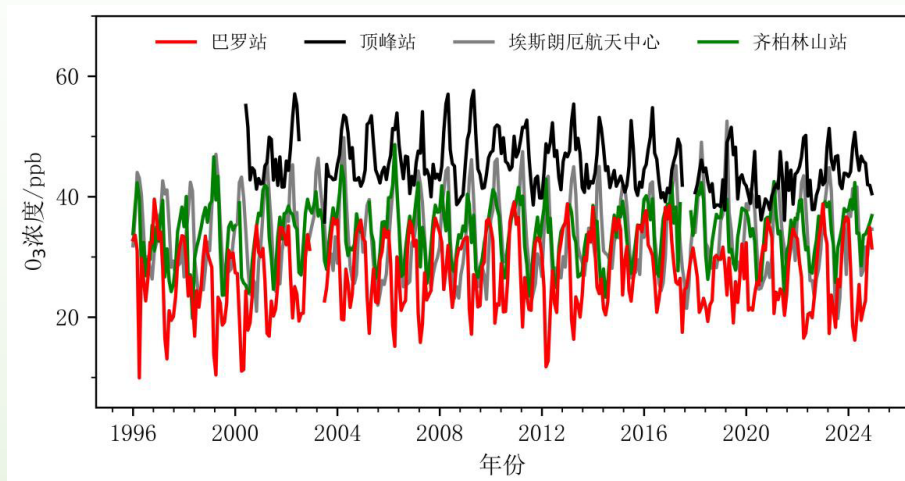


图3.7 1996年至2024年4个北极大气本底站地面臭氧月平均浓度时间序列

3.3 臭氧总量

3.3.1 南极臭氧洞

2025年南极臭氧洞总体表现出规模小、持续时间短、提前消退的特征。从臭氧洞面积变化上看，最大单日覆盖面积约为2286万平方公里，明显小于2022年和2023年约2500万平方公里的峰值水平，比2006年纪录的最大值小约30%，是有长期观测记录以来历史上第五小值。9月7日-10月13日臭氧洞峰值期平均面积为1870万平方公里，规模较常年偏小。从臭氧洞生命周期上看，臭氧洞开始形成于8月下旬，形成时间与1979-2021年长期平均水平基本一致；其面积在9月9日左右达到年度最大值，并在11月底前完整关闭，结束时间比近10年平均提前了约3周左右。

2025年度南极臭氧洞特征是长期治理成效叠加短期大气状态变化的综合结果。有关研究表明，较弱的极地平流层极涡和略高的平流层温度均抑制了极地平流层云形成与臭氧破坏化学反应的速率，从而减少了臭氧洞的规模与寿命。其次，《蒙特利尔议定书》及其修正案的长期实施，降低了破坏臭氧物质的排放，正持续推动全球臭氧层缓慢恢复。

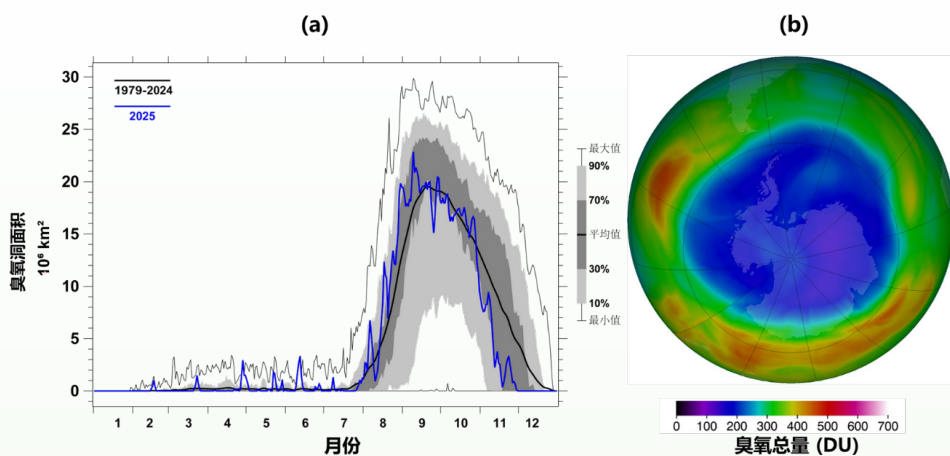


图3.8 (a) 2025年南半球臭氧洞面积变化与1979年以来历史平均对比情况
(b) 2025年南极臭氧洞单日最大覆盖范围空间分布情况

3.3.2 北极臭氧损耗

2025年春季，北极平均臭氧总量为414 DU，相对于2024年偏低，略低于1980年以来平均水平。2024年冬季至2025年早春，北极平流层经历了异常强劲且持久的极涡过程，导致部分区域臭氧总量出现大幅下降。2025年2月上旬，北极平流层50 hPa高度温度一度探低至 -94°C ，创下近年来的观测极值，且全月大部分时间维持在极地平流层云形成的临界温度（ -78°C ）之下，导致氯、溴等消耗臭氧物质被大量激活。2025年3月北极极区臭氧总量较常年平均水平大幅偏低，斯堪的纳维亚半岛及欧亚大陆北部上空出现了明显的臭氧低值区。与2024年同期出现的“历

史最高”臭氧富集状态相比，2025年北极臭氧呈现出典型的“损耗型”特征，虽然其损耗规模未超过2011年和2020年的历史极值，但仍属于近几十年来北极臭氧损耗较为严重的年份之一。

从长期演变趋势来看，2025年的状况再次印证了北极平流层臭氧极高的年际变率特征。北极臭氧层并不像南极那样呈现相对稳定的逐步恢复曲线，而是受到大气动力学的强烈调制作用。未来，随着温室气体增加导致的平流层进一步冷却效应，类似2025年的北极“冷冬”及伴随的臭氧低值事件仍可能间歇性发生，北极臭氧的完全恢复仍需数十年之久。

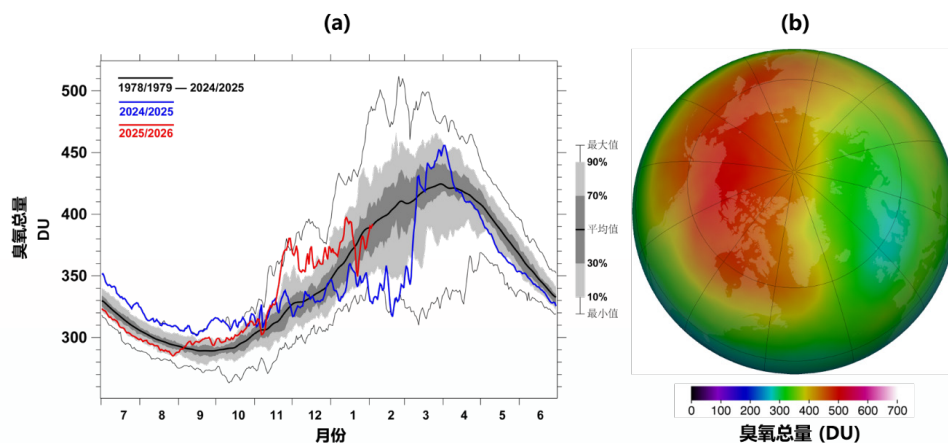


图 3.9 (a) 2025年北极地区臭氧总量平均值与1979年以来历史平均对比情况
(b) 2025年3月北极臭氧柱浓度空间分布情况

附录 I 主要数据来源

1. 国家极地科学数据中心 (NADC) 气象观测产品
<https://datacenter.chinare.org.cn/data-center/dindex>
2. 中国第一代全球大气再分析产品 (CMA-RA)
<http://idata.cma/idata/web/fact/toTechReport2>
3. 全球历史气候学网络 (GHCN-D) 逐日气象资料
<https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datasets>
4. 全球地面逐日气象资料 (GSOD) 逐日气象资料
<https://registry.opendata.aws/noaa-gsod>
5. 英国南极局南极环境研究参考数据集
<https://www.bas.ac.uk/project/reader/#data>
6. 丹麦气象研究所格陵兰天气观测数据集
<http://research.dmi.dk/data/>
7. 全球高分辨率海表温度和海冰覆盖数据集 (OSTIA)
https://data.marine.copernicus.eu/product/SST_GLO_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_011/description
8. 美国雪冰数据中心 (NSIDC) 海冰指数数据
<https://nsidc.org/data/nsidc-0051/versions/2>
9. 中国风云三号极轨系列气象卫星微波成像仪 (MWRI) 数据集
<http://data.nsmc.org.cn/portalsite/default.aspx>
10. 中山大学基于风云系列卫星的FY-3 MWRI逐日海冰密集度
<http://www.orsc.hellosea.org.cn/#/product-detail?ProductId=1896894818039107586>
11. 美国国家航空和航天局 (NASA) 基于SMMR-SSM/I-SSMIS系列传感器的PMW算法数据
<https://www.earthdata.nasa.gov/>
12. 中国海洋大学 (OUC) 基于FY-3B、FY-3D/MWRI数据集
<http://coas.ouc.edu.cn/pogoc/sjgx/list.html>
13. 世界温室气体数据中心 (WDCGG) 数据
https://gaw.kishou.go.jp/publications/global_mean_mole_fractions#content1
14. 美国海洋大气管理局 (NOAA) 数据
<https://gml.noaa.gov/ccgg/data/getdata.php?gas=SF6>
15. 世界反应性气体数据中心 (WDCRG) 数据
<https://ebas-data.nilu.no>
16. 美国航空航天局臭氧观测数据
<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>

附录 II 术语

南极：南纬60° 以南的广大区域。

北极：北纬60° 以北的广大区域。

距平：某一变量与其多年平均值之间的差值，本报告中多年平均指1991-2020年。

再分析资料：用先进的、固定的资料同化系统和数值预报模式，将模式预报和历史观测资料融合，从而获取变量丰富、空间覆盖完整、时间均一稳定的长序列历史天气资料。在本报告中，再分析资料特指及国家气象信息中心发布的第一代全球大气再分析数据（CMA-RA）。

南大洋：指环绕南极大陆，北边无陆界的独特水域。由南太平洋、南大西洋和南印度洋连同南极大陆周围的威德尔海、罗斯海、阿蒙森海、别林斯高晋海等组成，区域为50°S以南区域。

北冰洋：主体位于北极圈（66.5°N）以北，其核心海域纬度为65°N至90°N。

南极涛动：南极和南半球中纬度之间的气压场跷跷板变化现象，又称南半球环状模，是南半球大气环流的主要特征模态之一。

北极涛动：北极和北半球中纬度之间的气压场跷跷板变化现象，又称北半球环状模，是北半球大气环流的主要特征模态之一。

涛动指数：采用CMA-RA再分析数据，根据环纬圈平均海平面气压的差值计算得到，其中北极涛动指数是35°N和65°N之间的差值，南极涛动指数是40°S和70°S之间的差值。

极涡：极地对流层和平流层的大尺度低压涡旋现象，对极地和南北半球中高纬气候具有重要影响。

北极极涡指数：用于描述和衡量北极极涡特征和变化的指标。

海冰密集度：海区内海冰面积所占百分比。

海冰范围：海冰密集度大于15%的海冰覆盖面积。本年度年报中所用海冰范围产品为G02135_v4.0，与上年度年报中提到的海冰范围量值有所差异。

海冰表面开始融化时间（MO）：指春季海冰表面（含上覆积雪层）首次进入稳定持续融化状态的日期，物理本质上对应海冰表面开始稳定生成液态水、正式进入夏季融化期的起始时间点。

海冰表面开始冻结时间（FO）：指秋季至初冬，海冰表面（含上覆积雪层、积雪 - 冰界面）首次进入稳定持续冻结状态的日期，物理本质上对应海冰表面温度稳定降至对应盐度的海水冰点以下，表层液态水彻底完成冻结、海冰正式进入不可逆季节性增长阶段的起始时间点。

温室气体：指大气中自然或人为产生的，能够吸收并释放地表、大气和云发出的长波辐射气

体，是产生温室效应、驱动全球气候变化的核心因子该特性可导致温室效应。地球大气中的主要温室气体包括《京都议定书》规定的二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）以及六氟化硫（SF₆）、氢氟碳化物（HFC）、全氟化碳（PFC）等气体。

ppm: 干空气中每百万（10⁶）个气体分子所含的该种气体分子数。

ppb: 干空气中每十亿（10⁹）个气体分子所含的该种气体分子数。

ppt: 干空气中每万亿（10¹²）个气体分子所含的该种气体分子数。

北极温室气体观测站点: 科普特尼岛站（俄罗斯，KOT）、提克西站（俄罗斯，TIK）、阿勒特站（加拿大，ALT）、莫尔德湾站（加拿大，MBC）、巴罗站（美国，BRW）、贝奇科站（加拿大，BCK）、剑桥湾站（加拿大，CBY）、伊努维克站（加拿大，INU）、齐柏林山站（挪威，ZEP）、顶峰站（丹麦，SUM）、捷里别尔卡站（俄罗斯，TER）、帕拉斯站（芬兰，PAL）、斯托尔霍夫迪站（冰岛，ICE）、勒威克站（英国，SIS）、挪威海洋站 M（挪威，STM）。

南极温室气体观测站点: 世宗大王站（韩国，KSG）、尤巴尼站（阿根廷，JBN）、帕尔默站（美国，PSA）、凯西站（澳大利亚，CYA）、莫森站（澳大利亚，MAA）、昭和站（日本，SYO）、哈雷站（英国，HBA）、到达高地站（新西兰，ARH）、麦克默多站（美国，MCM）、南极点站（美国，SPO）、中山站（中国，ZOS）。

北极地面臭氧观测站点: 提克西站（俄罗斯，TIK）、巴罗站（美国，BRW）、齐柏林山站（挪威，ZEP）、顶峰站（丹麦，SUM）、埃斯朗厄航天中心（瑞典，ESR）。

南极地面臭氧观测站点: 昭和站（日本，SYO）、哈雷站（英国，HBA）、康科迪亚站（新西兰，ARH）、诺伊迈尔站（德国，NMY）、南极点站（美国，SPO）、中山站（中国，ZOS）。

多布森单位 (DU): 测量地球表面上方一个垂直柱内的臭氧总量(总臭氧柱)的一个单位。多布森单位数是以10⁻⁵米为单位的臭氧厚度，即：在压力为1013 hPa、温度为0°C时，如果被压缩在密度均衡的一层内臭氧柱所占据的体积。一个DU单位相当于每平方米有2.69 × 10²⁰个臭氧分子的臭氧柱体积。尽管差异很大，地球的大气中一个臭氧柱数量典型值为300DU。

臭氧层损耗物质 (ODSs): 工业生产和使用的氯氟碳化合物、哈龙等物质，当它们被释放到大气并上升到平流层后，受到紫外线的照射，分解出 Cl自由基或 Br自由基，这些自由基很快地与臭氧进行连锁反应，使臭氧层被破坏。这些破坏大气臭氧层的物质被称为“消耗臭氧层物质”，英文名称为 Ozone-Depleting Substances，简称 ODS。

臭氧层: 平流层存在一个臭氧浓度最高的气层，称为臭氧层。臭氧层的范围大约从12公里延伸至40公里。臭氧浓度约在20至25公里处达到最高。每年，在南半球的春季,南极区域上空的臭氧层都出现非常强的损耗，是由人为氯化物和溴化物与该地区特定的气象条件共同造成的。这一现象被称之为臭氧洞。

极地气候变化年报

STATE OF POLAR CLIMATE

2025

