

极地气候变化年报

STATE OF POLAR CLIMATE

2023



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

(2023)

中国气象科学研究院

CHINESE ACADEMY OF METEOROLOGICAL SCIENCES

2024年6月

《极地气候变化年报（2023年）》 编写委员会

主 编 丁明虎

副主编 王 欣

编写专家（以姓氏笔画为序）

卞林根 王 赛 曲智丰 朱孔驹 苏 洁

张文千 张东启 张 雷 林 祥 赵守栋

姜智娜 翟晓春 魏 婷

主编单位：中国气象科学研究院

参编单位：中国海洋大学

国家卫星气象中心

摘要

南北极是气候变化的敏感区，本年度报告利用多种气候资料分析表明，2023年南北极地区表现出持续的气候变化放大器效应，极端事件频发，对当地生态和全球天气造成显著影响。

南极地区气温略偏高，呈东 - 西区域差异大、极端冷暖事件并存态势。南极大陆年均气温为 -31.86°C ，较常年略高 0.05°C ；南极半岛和西南极地区年均温持续快速上升，2023年有3站秋季气温创历史第二高、7站创历史第三高记录；东南极则出现冷异常，维多利亚地、威尔克斯地等区域站点创有观测以来最冷记录。7月7日，南极点气温一日内飙升 40°C ；7月中旬至8月末，南极大部地区连续发生4次极端寒潮，13个站创造最低气温观测记录；11月，威德尔海 A23a 冰山脱离冰架，面积达 4000 km^2 ，成为世界上最大冰山。

北极地区增温放缓，仍经历了 1979 年以来最暖夏天，整体呈“陆暖海冷”分布。1979 - 2023 年，北极增温是同期全球升温速率 ($0.18^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$) 的 3.4 倍。2023 年北极地区年均气温为 -9.19°C ，较常年高 0.97°C ；春、夏、秋、冬四个季节的平均气温为 -12.74°C 、 4.52°C 、 -7.09°C 和 -21.14°C ，秋冬严重偏暖；环北冰洋大陆地区特别是加拿大北部、巴伦支海 - 喀拉海沿岸，增温幅度达到 2.0°C 以上；加拿大北部异常高温叠加少雨造成严重干旱，导致持续 5 个月的野火；6 月 26 日格陵兰冰盖最高点达到 0.39°C ，造成冰盖大面积融化。

南极海冰继续快速减少，再创消融记录，引起全球关注。2023 年 2 月 21 日，南极海冰范围低至 $1.788 \times 10^6\text{ km}^2$ ，再次刷新 2022 年的历史最低记录；南极海冰在过去一年中持续保持低位，年累积海冰范围远低于历史记录。**北极海冰** 2023 年最大范围为 $14.62 \times 10^6\text{ km}^2$ ，是历史第 5 低值，最小范围

为 $4.23 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，是历史第 6 低值；受春季海洋低温影响，北冰洋海冰开始消融较晚，但夏秋季高温导致冻结也同样推迟。

南极臭氧洞形成提前且生命长久，北极臭氧总量高于历史平均。2023 年南极臭氧洞提前约 10 天形成，9 月 21 日达到单日最大面积 $2.6 \times 10^7 \text{ km}^2$ ；受汤加火山喷发物质输送影响，南极平流层云偏多，使得南极臭氧洞持续到 12 月 20 日关闭。北极极涡偏弱且平流层气温较高，抑制了北极大规模臭氧损耗，使得臭氧总量偏高；2024 年 3 月中旬，北极臭氧总量飙升至近记录的 490 DU。

极地地区大气中温室气体浓度与全球变化趋势相似，均呈稳定的上升趋势。2022 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 414.40 ppm、1857.87 ppb、334.72 ppb 和 10.78 ppt；北极大气二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和六氟化硫的年平均浓度分别为 420.12 ppm、2004.02 ppb、336.08 ppb 和 11.28 ppt，相对于 2021 年，极地地区大气主要温室气体平均浓度均有所升高；其中，南极和北极地区六氟化硫较 2021 年平均浓度分别上升 0.38 ppt 和 0.42 ppt，均为历年最大增幅。

目 录

第一章 气温和气压	1
1.1 气温.....	1
1.1.1 南极.....	1
1.1.2 北极.....	5
1.2 气压.....	9
1.2.1 南极.....	9
1.2.2 北极.....	10
第二章 海冰	12
2.1 海冰范围.....	12
2.1.1 南极.....	12
2.1.2 北极.....	14
2.2 海冰密集度.....	15
2.2.1 南极.....	15
2.2.2 北极.....	16
2.3 海冰融化期.....	17
第三章 大气成分	20
3.1 主要温室气体.....	20
3.1.1 南极.....	20
3.1.2 北极.....	22
3.2 臭氧总量.....	24
3.2.1 南极.....	24
3.2.2 北极.....	25
附录 I 主要数据来源	26
附录 II 术语	27

第一章 气温和气压

1.1 气温

1.1.1 南极

本节分析使用南极各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（CRA-40），其中长城站和中山站的气温观测数据来自中国气象科学研究院，其他观测数据来自英国南极办公室编制的南极环境研究参考数据集（Met-READER），所有数据均经过质量控制。经过分析，2023年南极大陆的年平均气温为 -31.86°C ，较常年略微偏高 0.05°C 。南半球夏季（12月至次年2月）、秋季（3至5月）、冬季（6至8月）和春季（9至11月）的平均气温分别为 -21.92°C 、 -34.56°C 、 -38.85°C 和 -31.77°C 。2023年南极大陆在冬季和夏季较常年偏冷，温度分布降低 0.06°C 和 0.21°C ，而在春季和秋季呈现出暖异常，增温分别为 0.53°C 和 0.15°C 。

2023年南极地区的偏暖主要发生在威德尔海及周边地区，而偏冷主要发生在罗斯海及周边地区（图1.1）。其中，威德尔海及周边地区的气温异常偏暖，延续了2022年的偏暖情况，或表明该地已进入整体偏暖阶段。夏季时期，暖异常主要位于南极半岛及其周边海域。其中位于南极半岛的长城站和别林斯高晋站气温较常年高出 0.75°C 和 0.74°C （图1.1-2和3），分别达到其历史第二高和第三高。秋季，除南极半岛外，科茨地和毛德皇后地也增温明显。这三个地区中，马兰比奥站、贝尔格拉诺二号站和诺迈伊尔站（图1.1-6、28和27）暖异常最强，较往年分别偏高 3.52°C 、 3.44°C 、 2.66°C 。此外，这三个地区共有3个站的秋季气温达到历史第二高（法拉第站、诺迈伊尔站、贝尔格拉诺二号站，图1.1-8、27和28），并有7个站达到历史第三高（奥卡达斯站、长城站、别林斯高晋站、马兰比奥站、帕默尔站、圣马丁站、新拉扎列夫站，图1.1-1、2、3、6、7、10和26）。冬季，科茨地、毛德皇后地和南极半岛仍依然保持偏暖。昭和站（图1.1-25）冬季气温达到历史第二高（偏高 2.65°C ），贝尔格拉诺二号站（图1.1-28）为历史第三高（偏高 2.41°C ）。而在春季，南极半岛由偏暖转为偏冷，但科茨地和毛德皇后地仍维持偏暖。诺迈伊尔站（图1.1-27）春季气温达到历史第二高（偏高 3.45°C ）。另一方面，罗斯海及周边地区的偏冷主要由冬季冷异常引起，维多利亚地、伊丽莎白公主地和玛丽皇后地为降温最为剧烈的地区。玛丽莲站（图1.1-12）冬季气温为历史最低（偏低 4.61°C ），罗斯角站和中山站（图1.1-15和23）为历史第二低（分别偏低 3.45°C 和 2.59°C ），马布尔点站（图1.1-14）为历史第三低（偏低 -3.67°C ）。

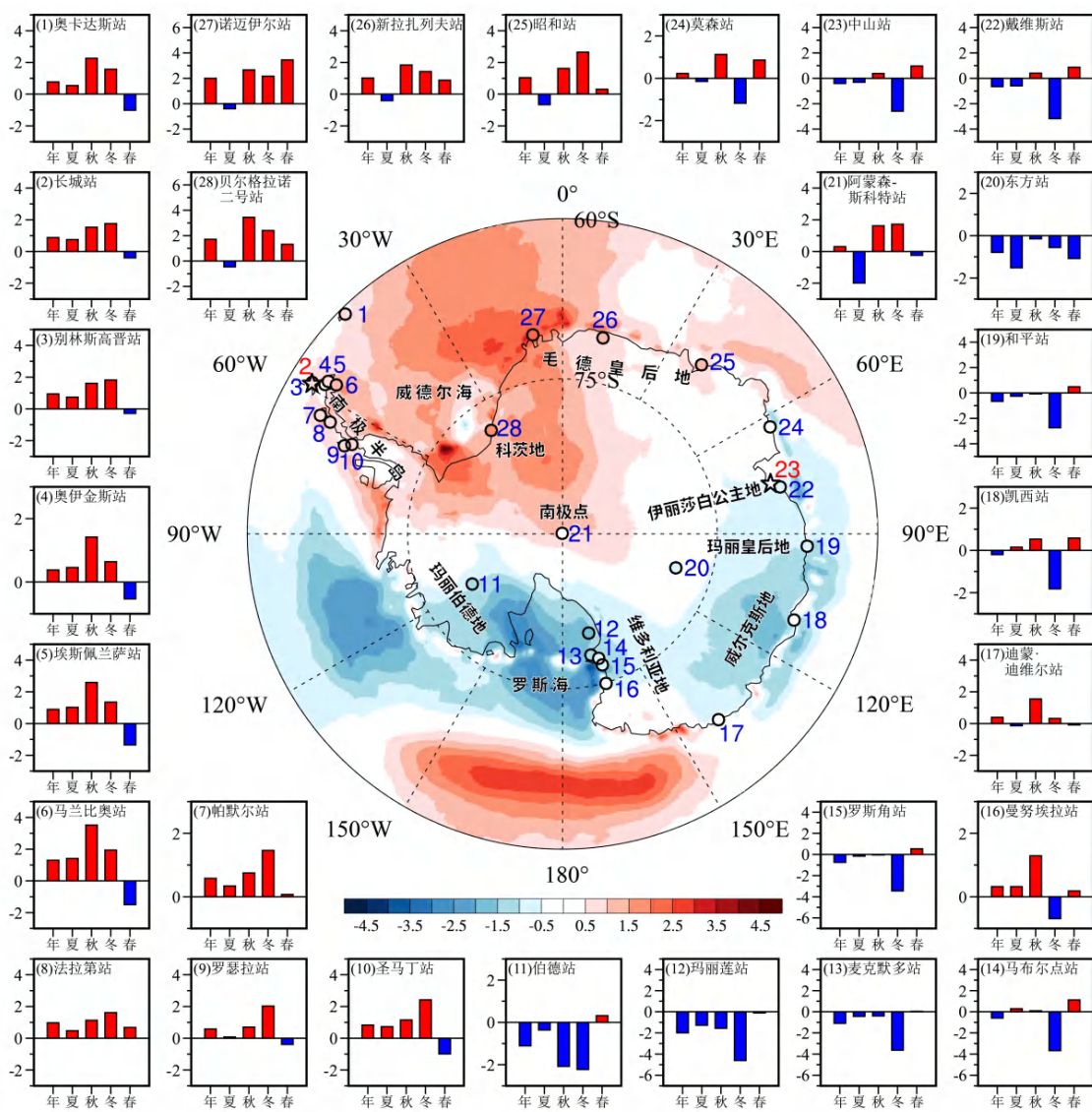


图1.1 2023年南极年平均气温距平空间分布及各站点年平均和季节平均气温距平(单位: °C)

全球气温在1979—2023年期间呈现明显的上升趋势，升温速率为 $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ （图1.2）。在此背景下，南极地区的变暖趋势主要位于南极陆地，南极陆地气温在此期间升温速率略大于全球气温，温度趋势为 $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ (图1.2)。此外，在南半球夏季、秋季和春季，南极陆地气温均呈现显著的上升趋势，增温速率分别为 $0.30^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 、 $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 和 $0.36^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ；冬季期间升温趋势仅为 $0.07^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ，未通过显著性检验。

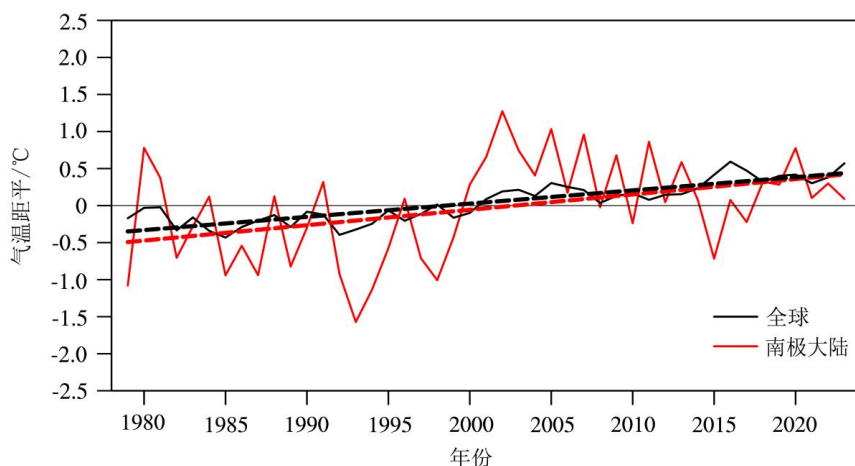


图1.2 1979—2023年南极大陆和全球年平均气温距平时间序列及其趋势(虚线)

南极陆地气温趋势变化呈现出明显的区域性特征。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 的速度升高（1947—2023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

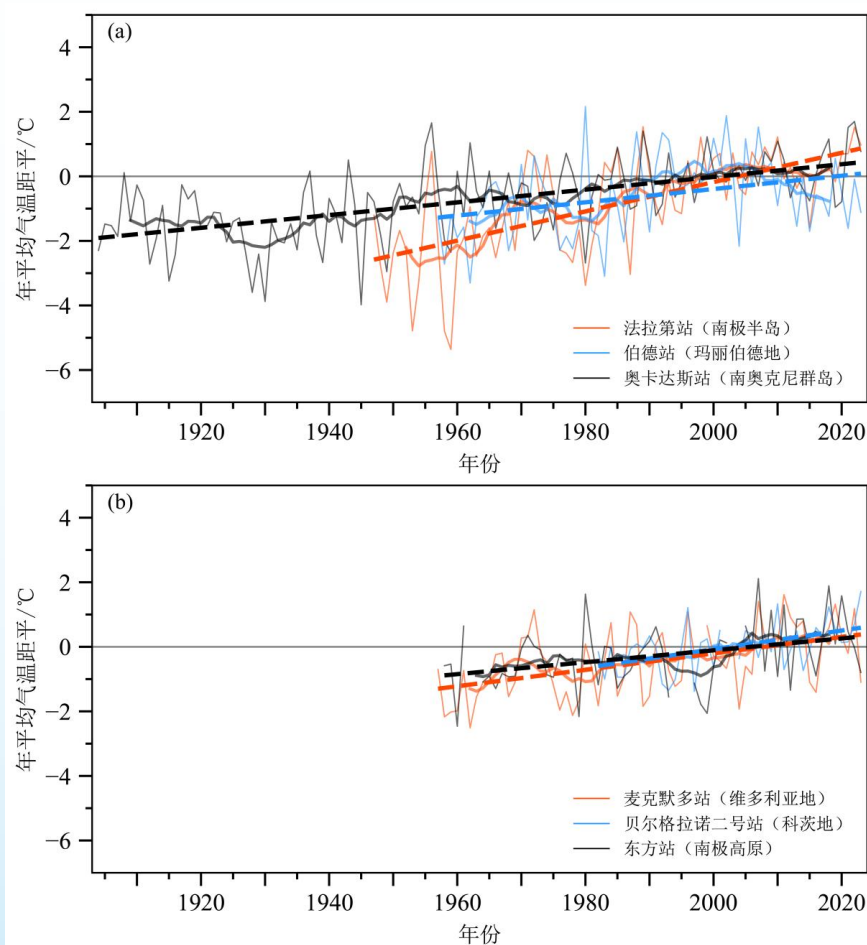
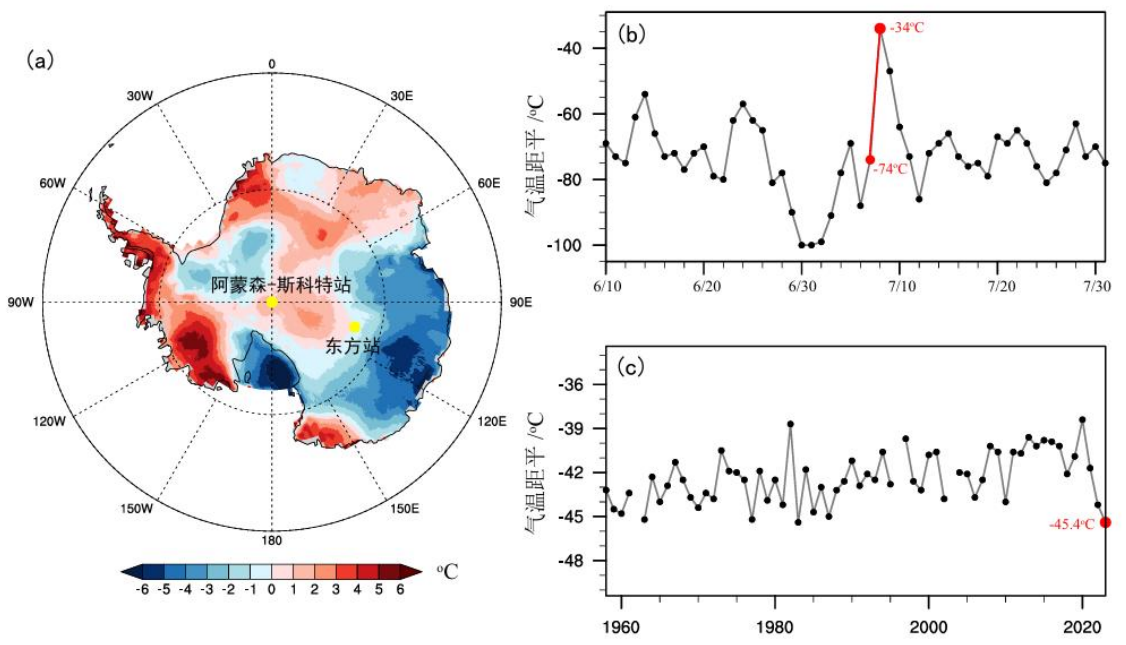


图1.3 西南极(a)和东南极(b)增暖地区各站点年平均气温距平时间序列(细实线)及其滑动平均值(粗实线)和趋势(虚线)

升温速度相对较缓，分别为每10年 0.20°C （1904–2023年，图1.3a黑线）、 0.21°C （1957–2023年，图1.3a蓝线）、 0.26°C （1957–2023年，图1.3b红线）、 0.29°C （1982–2023年，图1.3b蓝线）和 0.18°C （1958–2023年，图1.3b黑线）。而南极大陆其他地区的年平均气温变化则不明显。

极端事件：2023年西南极和东南极先后出现极端暖事件和极端冷事件。在南极洲一年中最冷的7月，南极半岛地区气温异常偏高，位于南极极点附近的阿蒙森-斯科特站观测到明显的极端暖事件，该站气温从7月7日的 -74°C 飙升到7月8日的 -34°C ，一天内升温幅度高达 40°C 。而位于东南极大陆的东方站11月平均气温创1958年有记录以来的历史最低值，达到 -45.4°C 。7月中旬至8月末，从南极洲东部到罗斯冰架、从西南极到南极半岛，南极大部分地区发生了4次极端冷事件，11个站创造最低气温观测记录，造成进出南极航班严重延迟。2023年1月25日A81冰山从布伦特冰架上断裂，新冰山面积约为 1550 km^2 ，厚度约为 150 m 。2023年11月，A23a巨型冰山在威德尔海停留40多年后，首次离开南极水域，向南大西洋移动，冰山面积约 4000 km^2 ，厚度超过 280 m ，成为目前世界上最大的冰山。



(a) 2023年7月南极温度距平（相对于1991–2020年）及站点分布；(b) 2023年6–7月阿蒙森–斯科特站日气温变化；(c) 1958–2023年11月南极东方站月均气温变化

1.1.2 北极

本小节利用来自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，以及CRA-40再分析数据，对北极地区的气温变化进行分析。所有数据均经过质量控制。2023年，北极地区年平均气温为 -9.19°C ，相对于常年偏高 0.97°C 。此外，2023年北极地区四个季节的温度都较常年偏高，其中，秋季（9-11月）增温最强，增温幅度为 1.87°C ，平均气温达到 -7.09°C ；冬季（12月至次年2月）、春季（3-5月）和夏季（6-8月）的平均气温分别为 -21.14°C 、 -12.74°C 和 4.52°C ，相对于常年偏高 1.16°C 、 0.53°C 和 0.68°C 。

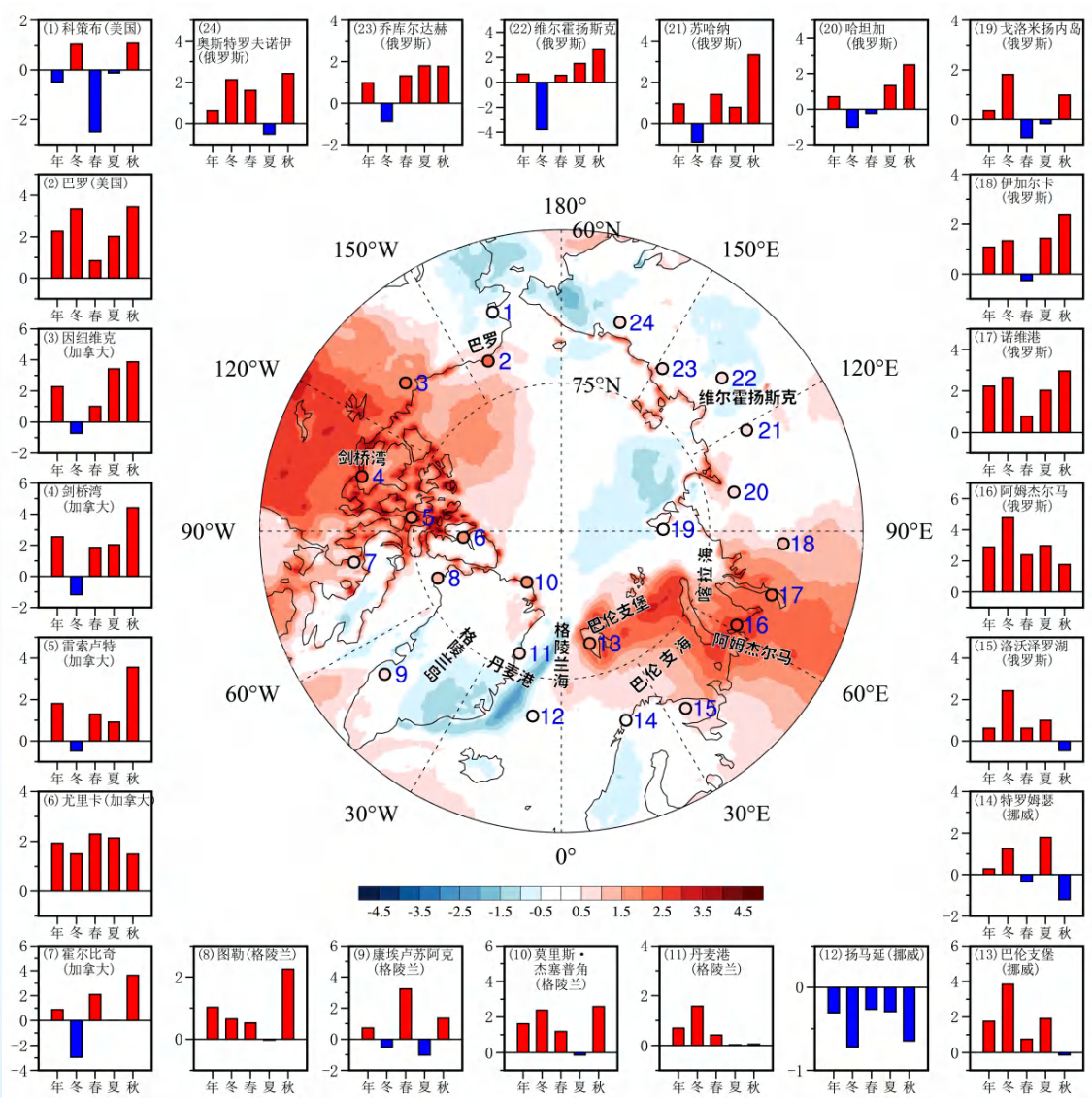


图1.4 2023年北极年平均气温距平空间分布及各站点年平均和季节平均气温距平(单位: $^{\circ}\text{C}$)

2023年北极增暖最为剧烈的地区位于巴伦支-喀拉海沿岸和加拿大北极地区，增暖幅度均达 2°C 以上（图1.4）。位于北极地区的站点中，增温幅度最大站点为位于喀拉海沿岸的阿姆杰尔马（图1.4-16），年平均气温为 -2.4°C ，较常年偏高 2.9°C ，为历史第三高。莫里斯·杰塞普角

(图1.4-10)年平均气温达到历史次高,因纽维克、剑桥湾和巴伦支堡(图1.4-3、4和13)年平均气温为历史第三高。所有站点中只有美国科策布和位于格陵兰海的扬马廷(图1.4-1和12)偏冷,年平均气温分别较常年偏低0.5℃和0.3℃。冬季,偏暖主要发生在巴伦支-喀拉海沿岸,其中阿姆杰尔马(图1.4-16)为全北极冬季增温幅度最大的站,冬季气温较常年偏高4.8℃。春季,暖异常主要位于加拿大北极地区,其中霍尔比奇(图1.4-7)夏季气温偏暖2.1℃,为历史第三高,而剑桥湾、尤里卡和格陵兰康埃卢苏阿克(图1.4-4、6和9)夏季气温较常年偏高1.9-3.2℃。夏季,偏暖主要发生在巴伦支-喀拉海沿岸和加拿大北极地区,其中因纽维克、剑桥湾和巴伦支堡(图1.4-3、4和13)夏季气温为历史最高,阿姆杰尔马和巴罗(图1.4-16和2)夏季气温为历史次高。秋季,除了格陵兰海沿岸站点偏冷外,其余所有站点均偏暖,其中因纽维克和剑桥湾(图1.4-3和14)秋季气温分别为4.4℃和3.9℃,均为历史最高,而霍尔比奇、雷索卢特和莫里斯·杰塞普角(图1.4-7、5和10)秋季气温为历史次高。

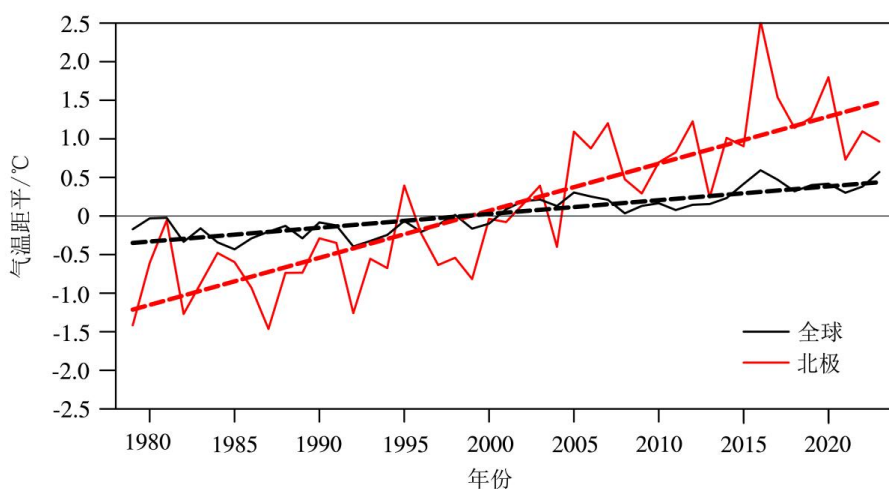


图1.5 1979—2023年北极和全球年平均气温距平时间序列及其趋势(虚线)

在全球变暖背景下,北极地区年平均气温在1979年至2023年期间出现快速上升趋势(见图1.5),升温速率为0.61℃/10年,是全球升温速率的3.4倍,表明北极对全球变暖具有较强的敏感性。此外,北极的快速增暖在不同季节都可见,其中秋季和冬季的增温速率较高,分别为0.87℃/10年和0.67℃/10年,而夏季的增温幅度最小,为0.33℃/10年。

北极快速增暖主要发生在北冰洋,而陆地增暖速度相对较慢,但仍远高于全球平均升温速率。有记录以来北极各站均呈现升温趋势,1980年代后升温速率进一步加快(图1.6)。1981-2023年,位于阿拉斯加的巴罗每10年升高1.07℃,位于巴伦支-喀拉海沿岸的巴伦支堡和阿姆杰尔马每10年分别升高1.00℃和0.90℃,而丹麦港、剑桥湾和维尔霍扬斯克升温速度较慢,每10年分别升高0.61℃、0.58℃和0.52℃。

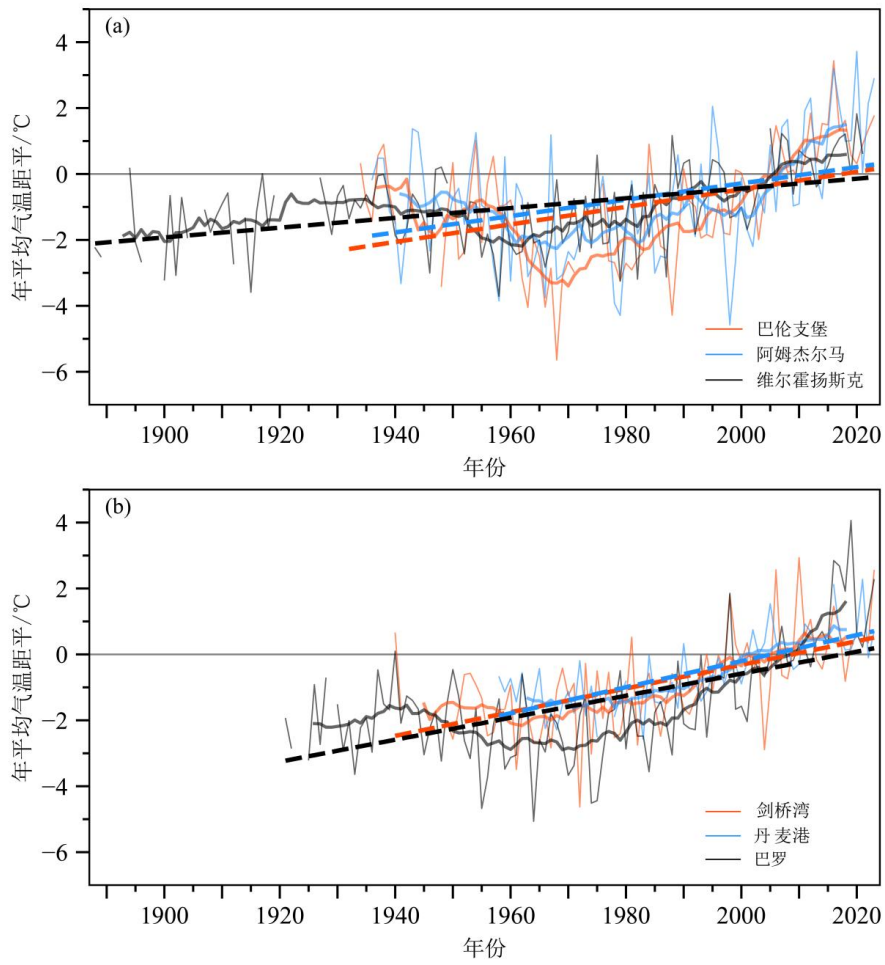
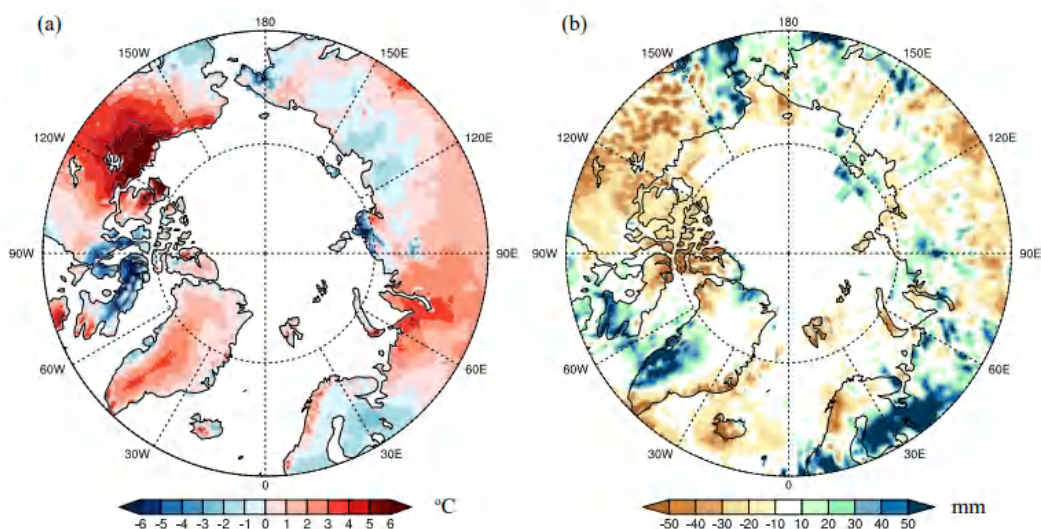


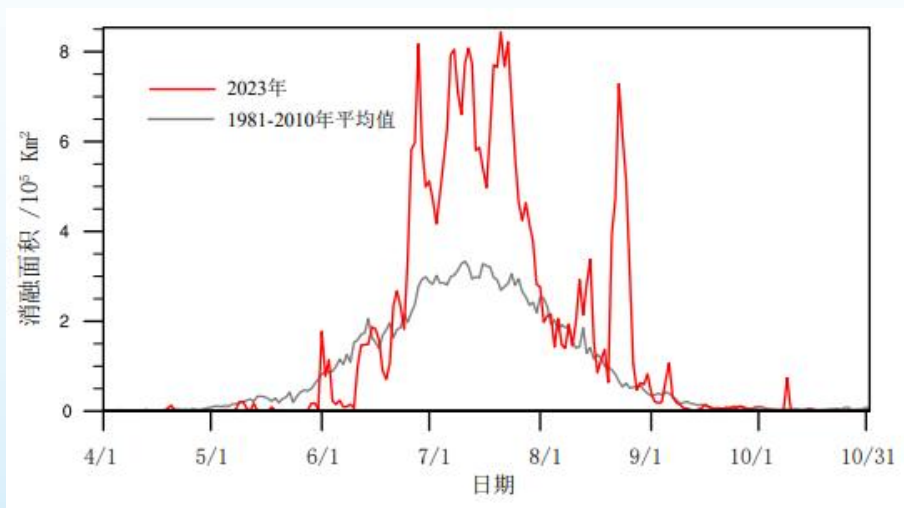
图1.6 北极欧亚(a)和北美(b)部分增暖地区各站点年平均气温距平时间序列及其滑动平均值(粗实线)和趋势(虚线)

极端事件：2023年，6-8月泛北极（60-90°N）地表平均气温9.96℃，是1979年以来最热的夏季。加拿大北部异常高温和少雨造成了严重干旱，并导致2023年夏季加拿大西北部发生破纪录野火，野火持续时间超过5个月，过火面积达416万公顷，是有记录的44年中烧毁面积最大的一次。



2023年7月北极气温和降水异常分布

2023年格陵兰冰盖出现有记录以来最暖的一个夏天，6月26日冰盖最高点气温达到0.39℃。高温造成格陵兰冰盖日累积融化面积在45年的卫星观测记录中位居第2。7月20日，格陵兰冰盖表面 $8.44 \times 10^5 \text{ km}^2$ （67%的表面）发生消融，是本年度单日最大融化面积。



格陵兰冰盖表面消融面积（数据来源于NSIDC）

1.2 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2023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CRA-40再分析数据。

1.2.1 南极

2023年夏季（12 - 次年2月）和冬季（6 - 8月）的500 hPa位势高度场显示，南极上空受低压系统控制（图1.7）。夏季南极大陆上空呈位势高度负距平，中纬度上空呈正距平。冬季南极大陆上空负距平面积略大于正距平面积，环南极和南大洋上空正负距平交替出现，环流纬向性特征偏强（图1.7）。

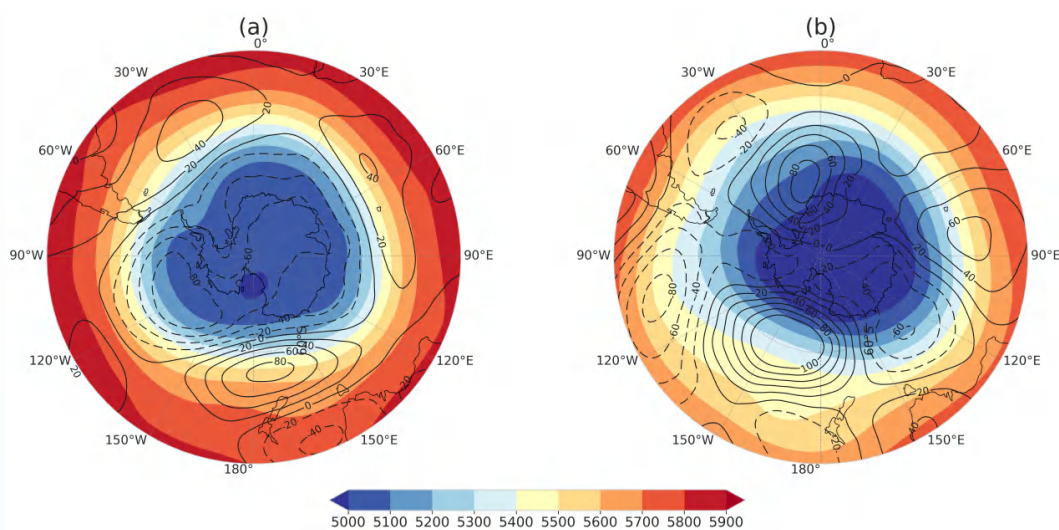


图1.7 2023年南极(a)夏季(12月-2月)和(b)冬季(6月-8月)的500 hPa位势高度场(填色图)及其距平场(等值线图), 单位: 位势米。

1979 - 2023年间南极涛动指数有所增强（0.21/10年），其中夏季增强主导了趋势（0.40/10年），而冬季变化较小。2023年南极涛动指数冬季和夏季的距平分别为-1.25和1.92，与2022年相比，冬季从正距平变成负距平，夏季维持较常年略偏强的正距平，年均从偏强正距平变为温和正距平（图1.8）。

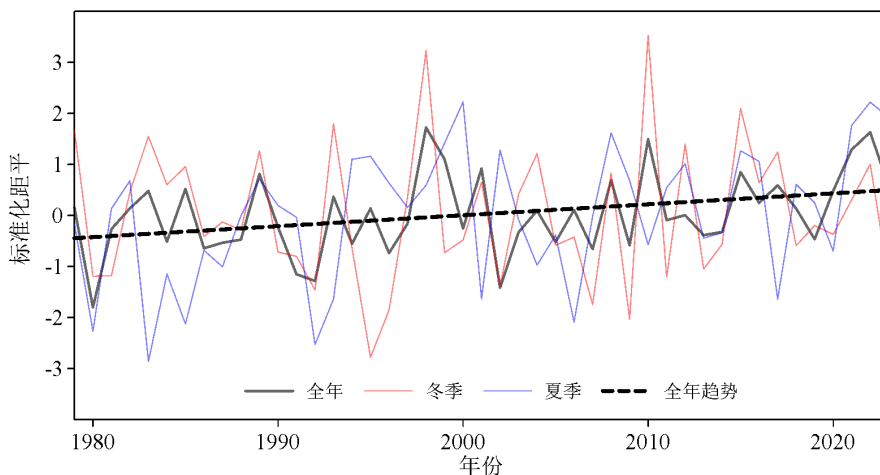


图1.8 1979-2023年南极涛动指数标准化距平

1.2.2 北极

2023年冬季，在500 hPa位势高度场上，北极上空有两个低压中心（图1.9），分别位于东亚大陆北部和北美大陆北部，北极圈附近呈位势高度正距平，北极极涡偏弱；在夏季，高纬度地区以位势高度正距平分布为主。

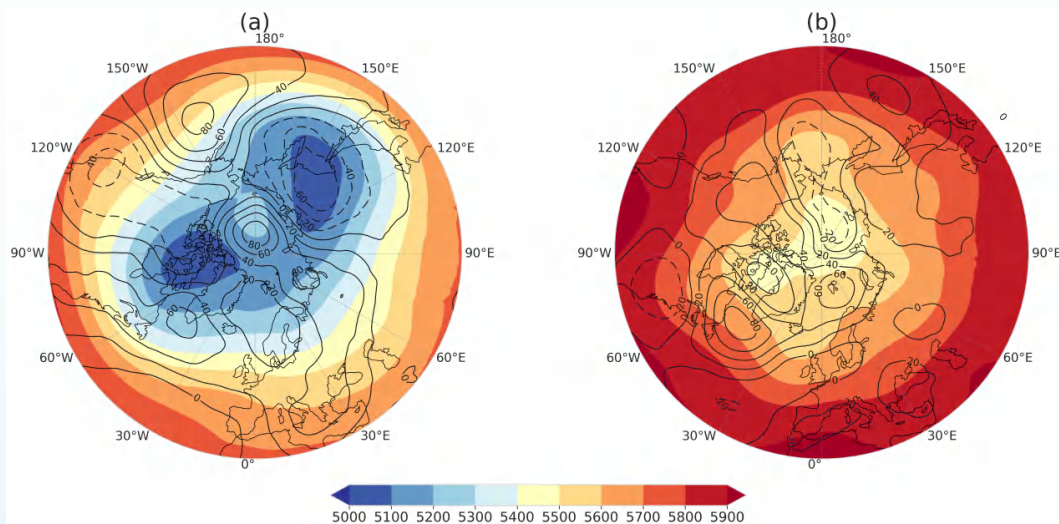


图1.9 2023年北极(a)冬季(12月-2月)和(b)夏季(6月-8月)的500 hPa位势高度场(填色图)及其距平场(等值线图), 单位: 位势米.

如图1.10所示，1979 - 2023年北极极涡面积显著减小（标准化距平年均趋势为 $-0.70/10$ 年），强度显著减弱（标准化距平年均趋势为 $-0.61/10$ 年），2023年北极极涡面积和强度指数在冬季和夏季都呈明显的负距平，表明极涡偏弱。

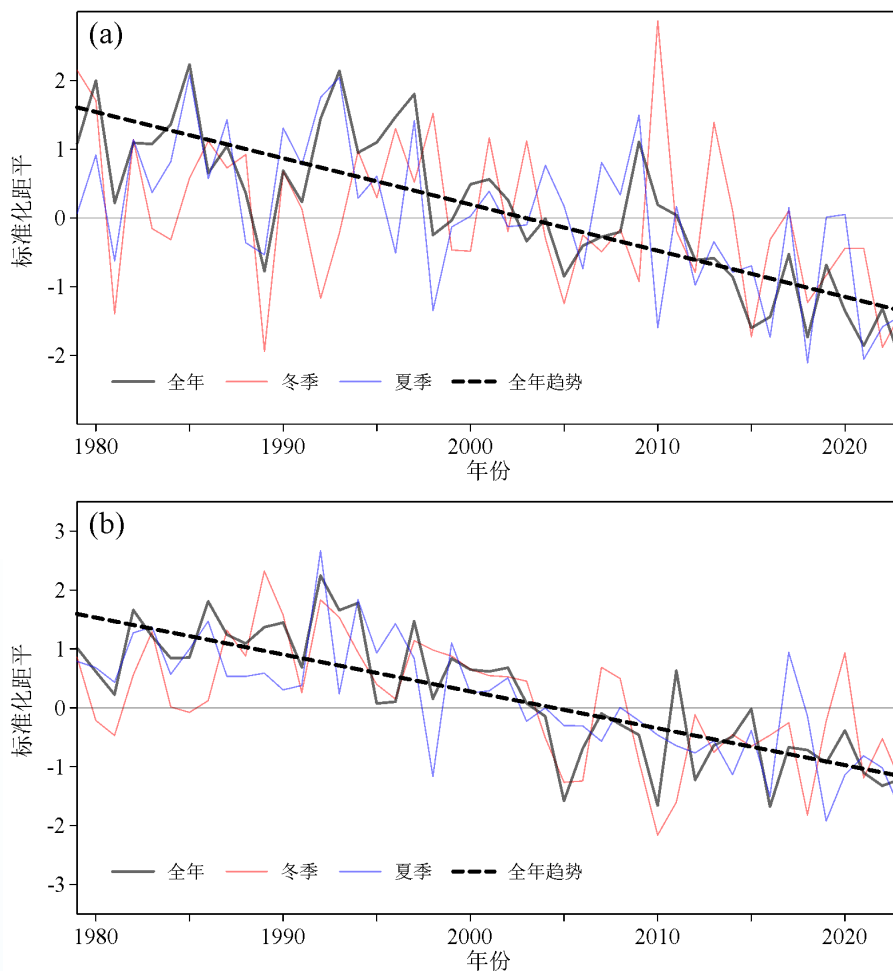


图1.10 1979-2023年北半球极涡面积指数(a)和北半球极涡强度指数(b)的标准化距平

1979 - 2023年间北极涛动指数没有明显趋势，北极涛动指数在2023年冬季和夏季的标准化距平分别是0.205和-0.211（图1.11）。

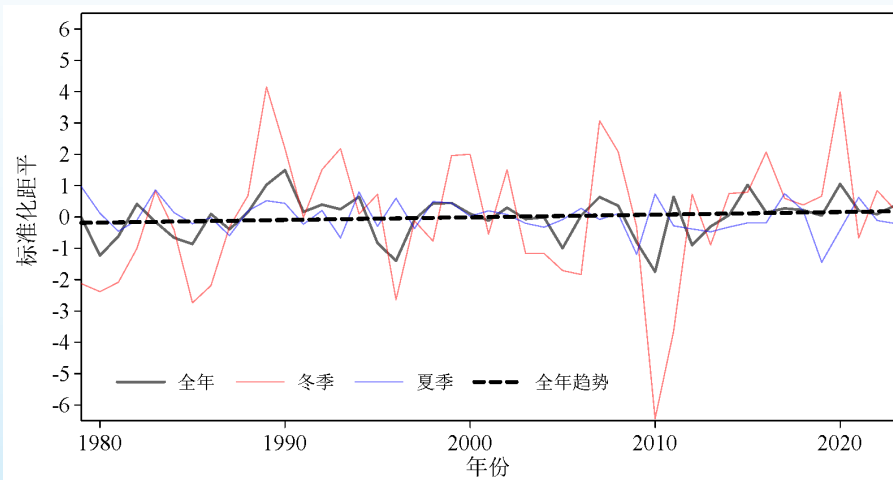


图1.11 1979-2023年北极涛动指数标准化距平

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/308054034012006125>