

赵英珊,张涛,曹艳察,2023. 2023 年 4 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 49(7):892-900. Zhao Y S, Zhang T, Cao Y C, 2023. Analysis of the April 2023 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 49(7):892-900(in Chinese).

2023 年 4 月大气环流和天气分析*

赵英珊 张 涛 曹艳察

国家气象中心,北京 100081

提 要: 2023 年 4 月北半球极涡强度偏强且呈偶极型分布;中高纬环流呈异常四波型,亚洲环流较平直。我国北方基本为 500 hPa 高度场负距平,副热带高压较常年偏弱,南支槽较常年偏西偏弱。全国平均气温为 11.4℃,较常年同期偏低 0.1℃。全国平均降水量为 48.7 mm,较常年同期(43.6 mm)偏多 11.7%,其中西北和华北地区降水较常年同期显著偏多。月内冷空气过程频繁,出现 4 次冷空气过程,降温幅度大;全国范围内共发生 4 次大范围暴雨过程,6 次区域性强对流过程,局地强度强。此外,北方地区出现 6 次沙尘天气过程,云南等地干旱持续发展。

关键词: 大气环流,暴雨,强对流,沙尘

中图分类号: P448, P458

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2023.053001

Analysis of the April 2023 Atmospheric Circulation and Weather

ZHAO Yingshan ZHANG Tao CAO Yancha

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The main characteristics of the general atmospheric circulation at 500 hPa in April 2023 are as follows. There were two polar vortex centers in the Northern Hemisphere, stronger than usual. The circulation in middle-high latitudes showed an anomalous four-wave pattern, and the Asian circulation was relatively flat and straight. The northern part of China had a negative anomaly in the geopotential height field, the strength of western Pacific subtropical high was weaker than that in normal years, and the south branch was a little weaker, more westward than usual. The monthly mean temperature was 11.4℃, 0.1℃ lower than normal. The monthly mean precipitation was 48.7 mm, 11.7% more than the value (43.6 mm) in normal periods, of which the precipitation in the Northwest China and North China was significantly more than that in normal years. In addition, cold air was very active during this month, and four cold air processes occurred, bringing large amplitude of drop in temperature. There were four large-scale torrential rain processes across China and six regional severe convection processes with strong local intensities. In addition, six sand-dust events occurred in northern China, and drought maintained and developed in Yunnan and other places.

Key words: atmospheric circulation, torrential rain, severe convection, sand-dust

引 言

2023 年 4 月,全国平均气温为 11.4℃,较常年

同期(11.5℃)偏低 0.1℃。西北地区大部、华北中西部气温偏低 1℃左右,新疆东部偏低 2℃以上,全国其余大部地区气温较常年同期偏高。全国平均降水量为 48.7 mm,较常年同期(43.6 mm)偏多 11.7%

* 国家气象中心气象预报预测项目资助

2023 年 5 月 29 日收稿; 2023 年 6 月 9 日收修定稿

第一作者:赵英珊,主要从事强对流天气预报工作. E-mail: zhaoyingshanmaggie@163.com

(国家气候中心,2023)。月内冷空气过程频繁,共出现4次冷空气过程,降温幅度大;4月降水量分布呈现北少南多,距平分布则相反,表现为显著北多南少,其中,华北和西北地区降水较常年明显偏多,其中山西、陕西等省份多地日降水量突破历史同期极值。全国范围内共发生4次暴雨过程,山西、陕西出现了历史同期少见的强降雪过程;6次区域性强对流过程,局地强度强。此外,北方地区出现6次沙尘天气过程,云南等地干旱持续发展。

1 天气概况

1.1 降水

4月,全国平均降水量为48.7 mm,较常年同期(43.6 mm)偏多11.7%。从空间分布来看(图1),降水呈西北—东南阶梯递增分布,西北地区东南部、华北西南部、西南地区东部、黄淮至江南地区北部等地降水量为50~100 mm,江汉东部、江南中南部、华南中东部等地降水量达100~250 mm,部分地区超过300 mm。此外,山西、陕西局地出现100 mm以上降水中心。全国其余大部地区降水量在50 mm以下,其中新疆南部、西藏西部、青海西北部、云南大部、东北地区北部降水量在10 mm以下。

与常年同期相比(图2),我国内蒙古东部、新疆东北部、西藏西南部、西南地区南部、华南西南部及浙江北部等地降水量偏少2~8成,其中新疆东北部、云南中北部、四川南部等地偏少8成以上。华南虽已进入前汛期,但与常年相比,华南西南部降水量偏少2~5成。全国其余地区降水以偏多为主,西北地区东部、内蒙古西部、华北大部、黄淮大部、江汉东

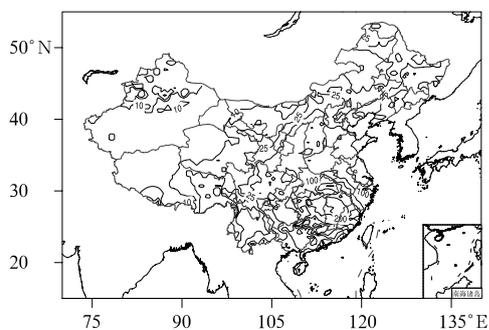


图1 2023年4月全国降水量分布(单位:mm)
Fig. 1 Distribution of precipitation (unit: mm) in China in April 2023

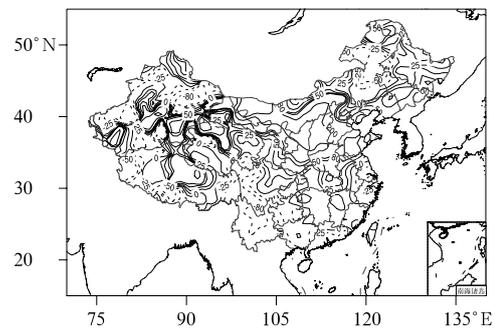


图2 2023年4月全国降水量距平百分率分布(单位:%)

Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage (unit: %) in China in April 2023

部、新疆东南部、西藏东北部、东北地区东南部降水量较常年同期偏多5成至2倍,其中内蒙古中西部、陕西北部、山西大部等地偏多2倍以上。

1.2 气温

2023年4月,全国平均气温为11.4℃,较常年同期(11.5℃)偏低0.1℃(国家气候中心,2023)。除新疆、西北地区大部、华北中西部等地气温偏低1~2℃、新疆东北部偏低2℃以上外,全国其余大部地区气温较常年同期偏高,其中东北地区南部、山东东部、西南地区东部、长江中下游部分地区气温偏高1~2℃,四川南部、云南中东部、贵州西南部、广西西部等地的部分地区偏高2~4℃(图3)。

2 环流特征和演变

2023年4月北半球500 hPa平均位势高度场及距平的水平空间分布如图4所示,4月北半球环

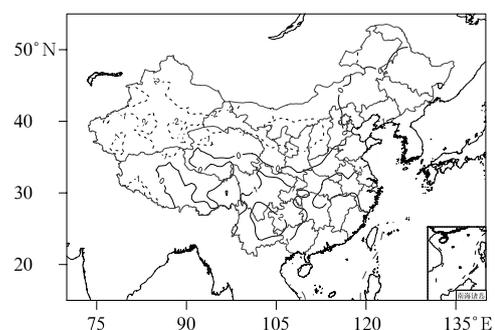


图3 2023年4月全国平均气温距平分布(单位:℃)
Fig. 3 Distribution of monthly mean temperature anomaly (unit: °C) in China in April 2023

流形势相比常年平均具有以下特点。

2.1 极涡呈偶极型分布

与往年同期(华珊等, 2022; 麦子等, 2021; 关良等, 2020)的单极型极涡相比, 2023 年 4 月, 北半球极涡呈异常偶极型分布(图 4a), 极涡中心一个位于北极圈内, 中心偏向格陵兰岛以西洋面, 另一个位于东半球中西伯利亚附近, 位置较为不对称, 中心强度均低于 520 dagpm, 强度相当。距平场表明(图 4b), 相对于气候平均态, 极涡强度略有增强, 北极圈内极涡中心对应距平为 $-2 \sim 0$ dagpm, 东半球极涡中心对应距平为 $-4 \sim -2$ dagpm。与 2023 年 3 月位于拉普捷夫海西部的较强极涡(麦子和张涛, 2022)相比, 4 月东半球极涡位置更靠近亚洲大陆, 该环流形势导致我国冷空气活动频繁但总体势力不强。

2.2 中高纬环流异于常年, 呈四波型, 副热带高压较常年偏弱

4 月北半球中高纬 500 hPa 环流常年呈三波型(华珊等, 2022; 麦子等, 2021; 关良等, 2020), 但 2023 年 4 月平均位势高度场呈四波型分布(图 4a)。长波槽分别位于亚洲东部、欧洲东部、大西洋中西部以及美国西海岸与东太平洋之间。从距平场(图 4b)看, 北美大槽位置偏东、强度偏强 14 dagpm 以上。东亚大槽位于正距平区域, 槽后有明显负距平, 表明东亚大槽比常年偏弱、偏西。东半球阻塞高压强盛, 乌拉尔山以西地区为 $6 \sim 10$ dagpm 的正距平, 有利于西伯利亚冷空气聚集并沿西北路径南下影响我国, 导致我国多降温和沙尘天气, 西北地区气温显著偏低。低纬地区, 西太平洋副热带高压(以下简称副高)较常年强度略偏弱, 且位置偏东; 南支槽位于 70°E 附近(图 4a), 较常年同期位置偏西、势力略强(对应距平 -2 dagpm 左右)(图 4b)。受副高及南支槽影响, 暖湿气流向我输送并北上, 冷暖空气交汇辐合较强, 因此, 下旬我国华北地区降水与常年相比显著偏多。

2.3 环流演变与我国天气

图 5 分别给出了 4 月上、中、下旬欧亚地区 500 hPa 的旬平均位势高度场分布。

4 月上旬(图 5a), 极涡中心位于 80°N 以北的北地群岛附近, 中心强度为 504 dagpm; 常年同期东亚大槽的位置表现为浅脊, 而其上游的中纬度中亚地

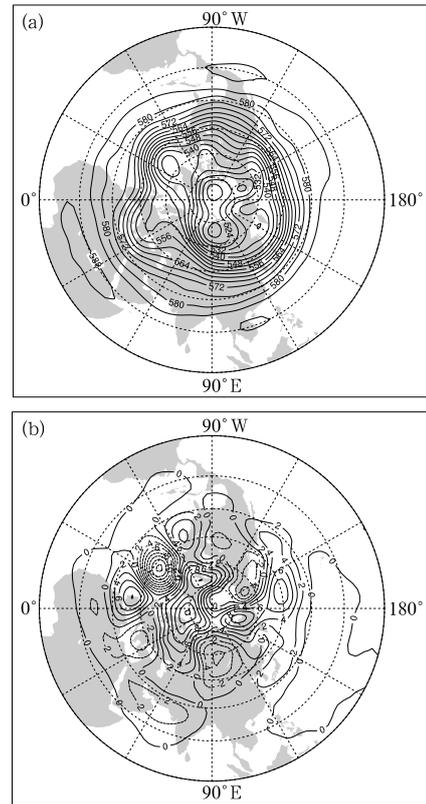


图 4 2023 年 4 月北半球 500 hPa(a)平均高度场和(b)距平场(单位: dagpm)

Fig. 4 (a) Monthly average geopotential height and (b) monthly geopotential height anomaly at 500 hPa in the Northern Hemisphere in April 2023 (unit: dagpm)

区为短波槽, 我国中高纬环流平直, 因此冷空气势力总体不强且主要影响西部地区, 具体表现为月初我国北方的一次强冷空气过程, 新疆、甘肃、青海北部及内蒙古中西部气温明显偏低。亚洲东部的浅脊对应低层的入海高压, 高压底部和后部的回流形势携带东部海区水汽与南海北上的暖湿气流汇合向我国北方地区输送, 造成北方地区多降水且西北地区降水相态复杂, 内蒙古、青海、甘肃、宁夏、陕西、山西等地出现降雪、雨夹雪或降雨天气。受降水过程影响, 北方大部地区上旬降水较常年同期偏多 5 成至 2 倍, 山东等地气象干旱缓解。

4 月中旬(图 5b), 环流形势发生变化。东亚大槽建立, 欧亚大陆中高纬呈现西高东低的环流形势。极涡分裂南移, 主体位于西西伯利亚地区, 中心强度为 512 dagpm, 有利于冷空气在该地区聚集, 并在西北气流的引导下, 多股冷空气南下影响我国北方地

区。4 月 18—21 日,新疆东部和南部、甘肃西部和北部、内蒙古中西部、宁夏中北部、陕西西北部局地出现强沙尘暴。但由于缺少乌拉尔山阻塞高压的加持,欧亚大陆环流经向性不大,因此,冷空气频繁但势力不强。4 月中旬我国大部地区多晴好天气,辐射增温削弱了冷空气势力,造成北方大部地区气温较常年同期明显偏高。在低纬地区,副高较上月总体偏强,影响范围扩大,西至印缅半岛。南支槽无明显发展,我国南方受偏西或西北气流控制,气温偏高且少雨,云南等地气象干旱持续发展。

4 月下旬(图 5c),环流形势与中旬类似,但略有调整。极涡东移出西伯利亚,新地岛至西西伯利亚再到鄂霍次克海上空存在不连续的低涡中心,中心强度为 532 dagpm。堆积在西伯利亚的冷空气强度减弱,但仍有多股冷空气南下。东亚大槽稳定维持,位置略有东移,中高纬地区仍然维持西高东低的环流形势。低纬地区副高减弱东退,南支槽加强,槽前西南气流携带孟加拉湾和南海的水汽进入我国南方

地区,同时锋区整体南压,冷空气势力向南发展,冷暖气流强烈交汇,造成江南、华南的部分地区降水天气频发。同时,受高压底部东风输送的东部海区水汽和低空西南暖湿气流输送水汽的共同影响,西北地区大部出现降雪或雨夹雪天气,山西的部分地区出现大雪,山西吕梁、临汾、运城、太原和陕西延安、榆林等 12 个国家站日降水量突破 4 月历史极值。冷空气影响叠加大范围降水云系造成的短波辐射减弱,降水的融化和蒸发潜热吸收,使得我国华北、华中地区气温异常偏低。

3 冷空气活动和沙尘天气

3.1 冷空气过程频繁,降温幅度大

4 月我国共出现 4 次冷空气过程,较常年同期(2.8 次)偏多(国家气候中心,2023),影响时段分别为 2—4 日、13—15 日、19—22 日、29—30 日(表 1)。19—22 日属于全国性强冷空气过程,2—4 日为北方强冷空气、全国性中等强度冷空气过程,13—15 日和 29—30 日为全国性中等强度冷空气过程。其中,19—22 日过程具有降温幅度大,影响范围广等特点。由于我国大部地区前期气温明显偏高,而此次过程降温幅度较大,多地形成快速冷暖逆转。

3.2 北方大部沙尘天气偏多

4 月,受蒙古气旋和地面冷锋共同影响,我国北方地区先后出现 6 次沙尘天气过程,分别发生于 3—4 日、9—13 日、13—15 日、18—21 日、25 日、27—29 日(表 2),其中 18—21 日为强沙尘暴,9—13 日、27—29 日为沙尘暴,其余 3 次均为扬沙天气过程,过程次数较 2000—2020 年同期平均值(4.3 次)偏多(国家气候中心,2023)。

4 月沙尘天气明显偏多的原因是沙源地下垫面状况利于起沙且大气环流形势有利于沙尘向我国输送。2023 年植被生长季,蒙古国降水较常年同期偏少,高温少雨导致沙源地植被覆盖情况较差,不利于抑制沙源地起沙。同时,极涡势力偏强且分裂南移,有利于蒙古气旋生成,造成蒙古国和我国北方多大风天气,其将沙尘卷扬至空中,并随着冷空气自蒙古国向我国传输。

4 月 18—21 日,地面冷锋及蒙古气旋东移,造成我国西北至华北一带出现扬沙或沙尘暴天气,其

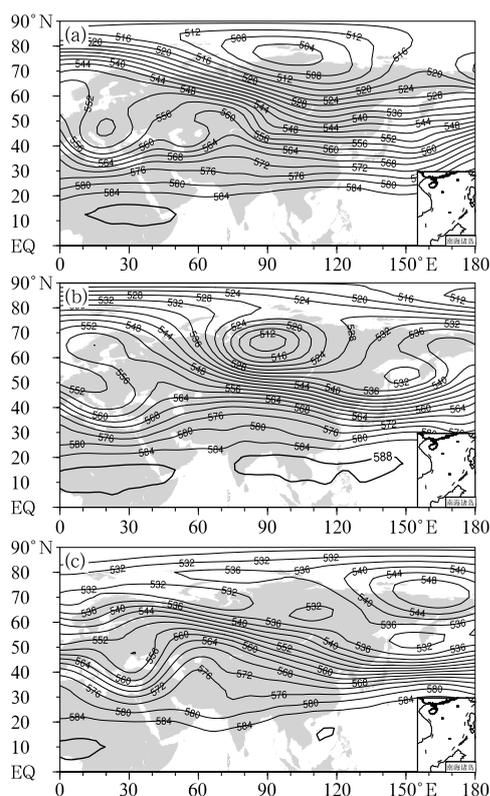


图 5 2023 年 4 月(a)上旬、(b)中旬、(c)下旬 500 hPa 平均位势高度场(单位:dagpm)

Fig. 5 The average geopotential height at 500 hPa for the first (a), second (b), and third (c) dekads in April 2023 (unit: dagpm)

表 1 2023 年 4 月主要冷空气过程

Table 1 Major cold air processes in April 2023

影响时段	冷空气强度	影响区域	过程影响描述
2—4 日	北方强冷空气、全国性中等强度冷空气	全国大部地区	青海东部、甘肃中东部、宁夏中南部、内蒙古中西部等地降温 6~10℃, 其中甘肃东部、宁夏、陕西北部、内蒙古中西部部分地区降温达 12~18℃, 宁夏局地达 21℃
13—15 日	北方中等强度冷空气	北方地区	新疆北部、西北地区东部、华北大部、东北及黄淮等地大部地区降温 4~8℃, 其中新疆北部、内蒙古中东部部分地区降温在 10℃左右
19—22 日	全国性强冷空气	全国大部地区	新疆北部、西北地区东部、华北、东北、黄淮及长江中下游大部地区降温 8~10℃, 其中内蒙古、东北地区等地部分降温达 12~16℃
29—30 日	北方中等强度冷空气	北方地区	江淮及其以北大部地区降温 4~7℃, 其中内蒙古中东部、东北等地部分降温达 8~10℃

表 2 2023 年 4 月主要沙尘过程

Table 2 Major sand-dust weather processes in April 2023

影响时段	主要影响系统	过程类型	影响区域
3—4 日	地面冷锋	扬沙	新疆南部和东部、内蒙古西部、甘肃西部、青海北部等地有扬沙或浮尘天气, 新疆南部、青海西北部局地有沙尘暴
9—13 日	蒙古气旋、地面冷锋	沙尘暴	新疆东部和南部、内蒙古大部、甘肃、青海柴达木盆地、宁夏、陕西、山西、河北、北京、天津、河南、山东、江苏、安徽、湖北、上海、浙江、湖南北部、江西北部、福建中北部、吉林、辽宁、黑龙江等地有扬沙或浮尘天气, 其中内蒙古中西部、河北西北部和中部、北京、天津、新疆南部等地的部分地区有沙尘暴, 局地有强沙尘暴
13—15 日	地面冷锋	扬沙	新疆东部和南部、西藏北部、青海西部和东部、甘肃西部、内蒙古中西部和东南部、陕西北部、山西、河北、北京、天津、山东中西部、河南中北部、安徽北部和西部、江苏北部、湖北东部、吉林中部和东部、辽宁中部和西部等地有扬沙或浮尘天气, 其中内蒙古中部的部分地区有沙尘暴, 局地有强沙尘暴
18—21 日	蒙古气旋、地面冷锋	强沙尘暴	新疆东部和南部、青海北部、甘肃、内蒙古中西部和东部、宁夏、陕西、四川北部、山西、河北西北部和中南部、北京西部、河南中西部、山东西部、黑龙江西南部和东部、吉林等地有扬沙或浮尘天气, 新疆东部和南部、甘肃西部和北部、内蒙古中西部、宁夏、陕西北部等地部分有沙尘暴, 新疆东部和南部、甘肃西部和北部、内蒙古中西部、宁夏中北部、陕西西北部等地局地有强沙尘暴
25 日	地面冷锋	扬沙	内蒙古中部、河北西北部和中部、北京、天津的部分地区有扬沙或浮尘天气
27—29 日	地面冷锋	沙尘暴	新疆南部和东部、青海东北部、甘肃西部和东部、内蒙古中西部、宁夏、陕西、山西、河北南部、山东西部、河南、安徽中西部、湖北东部、湖南中北部、江西北部等地有扬沙或浮尘, 其中新疆东部、甘肃西北部、内蒙古中西部、宁夏西部等地有沙尘暴, 局地有强沙尘暴

中新疆、甘肃、内蒙古、宁夏、陕西等地局地出现强沙尘暴。环流背景场显示, 18 日 08 时 500 hPa 低涡位于西西伯利亚地区, 20 日 08 时东移至东北地区; 由 18 日 08 时海平面气压场(图 6a)可见一个明显的气旋中心, 位于蒙古国南部至我国内蒙古中西部地区(中心强度为 1000 hPa), 冷高压主体位于中亚东部, 地面锋面位于冷高压前侧。低涡后部对应的地面冷高压南下, 配合前部地面蒙古气旋的发展, 使得冷锋后部气压梯度和变压梯度加大, 形成大范围的西北大风。18 日 08 时内蒙古中西部多站探空图(图略)显示, 该地区低层干绝热较为深厚, 干绝热层结配合中低空西北急流有利于更活跃的湍流交换, 使得动量下传加大地面大风和沙尘上扬升空, 从而

有利于我国内蒙古中西部等沙源地起沙, 并在低空西北气流引导下向下游传输。实况监测显示, 18 日 08 时起新疆东部和南疆盆地、内蒙古西部、甘肃中西部等地出现沙尘暴, 部分站点出现强沙尘暴, 甘肃民勤最低能见度仅为 110 m, PM_{10} 质量浓度极大值超过 $7000 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 此后沙尘向东南方向扩展, 我国东北、华北等地也先后出现扬沙或浮尘天气。至 20 日 08 时, 地面冷锋南段移至黄淮地区和西北地区东南部(图 6b), 锋后冷高压主体位于蒙古国及内蒙古西部, 且中心略有北抬, 西北地区地面由高压前部偏西气流转为高压底部偏东气流, 华北一带的沙尘回流至西北地区, 造成沙尘天气在西北地区维持。之后随着锋面系统进一步东移, 沙尘天气于 21 日白天结束。

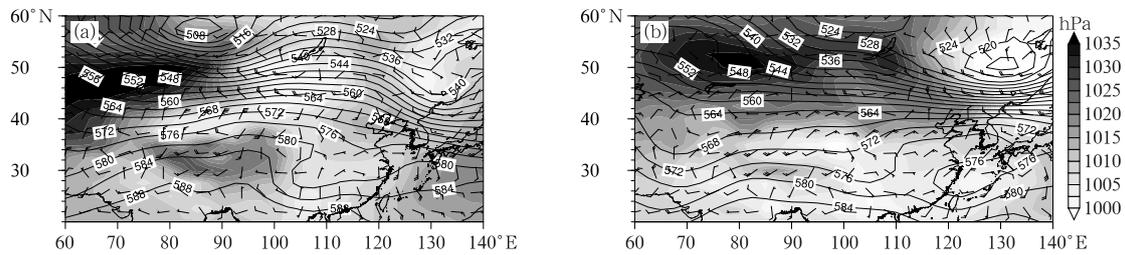


图 6 2023 年 4 月(a)18 日 08 时、(b)20 日 08 时 500 hPa 位势高度场(等值线,单位:dagpm)、10 m 风场(风羽)和海平面气压场(阴影)

Fig. 6 Geopotential height at 500 hPa (contour, unit: dagpm), 10 m wind field (barb) and sea level pressure (shaded) at (a) 08:00 BT 18 and (b) 08:00 BT 20 April 2023

4 主要降水过程和强对流过程

4.1 概况

4 月我国主要出现 4 次暴雨过程(表 3)和 6 次区域性强对流过程(表 4),强对流过程次数相比于常年同期偏多,局地强度强。月内,西南地区东部、华南、华中、华东等地的部分地区遭受强对流天气影响,其中湖南、贵州、江西灾害影响较为严重(国家气候中心,2023)。

4.2 4 月 20—23 日北方雨雪混合强降水过程

受短波槽、低空切变线和东风回流共同影响,20—23 日,我国中东部出现大范围雨雪降温天气,其中山西和陕西的部分地区日降水量突破历史同期极值,并出现了强降温和强降雪,过程平均气温下降

超过 18℃,累计降雪量超过 10 mm,局地达 30 mm 以上,是一次历史同期罕见天气过程。

本次大范围降温 and 混合相态降水过程的环流背景很有特点,比较少见,主要表现为影响我国的高空环流整体平直,并没有较强的短波槽脊活动,相应低层也并没有很强的北方冷平流和偏南低空急流,这种环流形势下,天气持续而稳定(图 7)。北方高空为平直西北气流,引导低层冷空气以偏东风或东北风渗透南下,南方低纬的平直气流上有短波浅槽东移引导低空西南气流在低层冷垫上向北爬升,造成了大范围的持续降水天气。而地面冷高压底部的偏东风不仅提供了冷垫的作用,其稳定而持续从东部海区输送的水汽,也是重要的水汽来源。在并不强的冷平流以及持续降水天气造成寡照的背景下,混合相态降水融化和蒸发等非绝热因素,造成了较大范围的降温和低温。

本次降水和降温过程覆盖了我国中东部大部地

表 3 2023 年 4 月主要降水过程

Table 3 Major precipitation processes in April 2023

降水时段	主要影响系统	影响区域及强度
1 日夜间至 5 日	高空低涡、江淮气旋、低空急流	内蒙古、青海、甘肃、宁夏、陕西、山西等地出现降雪、雨夹雪或降雨,内蒙古中部、甘肃西部等地的部分地区出现大到暴雪,上述地区累计降水量 10~30 mm,内蒙古呼和浩特局地大暴雪,累计降水量 50~80 mm;陕西中南部、华北南部、黄淮、江淮西部、江汉、江南中西部、华南北部等地的部分地区累计降水量达 50~150 mm,安徽安庆、湖北黄冈和武汉、湖南常德和益阳、广西桂林、广东韶关和清远等地局地达 200~300 mm
17—19 日	短波槽、低层切变线	江南中南部、华南北部等地累计降水量为 50~150 mm,福建厦门等地达 200~363 mm,上述地区最大小时降水量达 30~70 mm,局地出现 8~10 级雷暴大风或冰雹
20—23 日	东风回流、短波槽、低层切变线	山西南部、河北南部、山东西部、陕西南部、四川东部、湖北、安徽南部、浙江西部、湖南北部、广西东部、广东北部等地累计降水量为 50~120 mm,四川巴中、湖北黄冈、安徽安庆、广西柳州等地局地达 150~183 mm,局地并伴有雷暴大风或冰雹;另外,新疆、青海、内蒙古南部、甘肃、宁夏、陕西北部、山西北部等地出现降雪或雨夹雪,山西部分地区达大雪;陕西中南部以降雨为主,部分地区转雪、再转雨;山西中南部降水相态转换复杂,开始以降雨为主,部分地区之后转雪、再转雨、再二度转雪;上述地区累计降水量为 5~25 mm,陕西北部、山西中南部等地为 30~60 mm,山西运城局地达 127 mm;山西吕梁、临汾、运城、太原和陕西延安、榆林等地 12 个国家气象站日降水量突破 4 月历史极值
28—29 日	高原槽、低涡切变	贵州东南部、湖南南部、江西中部、浙江南部、福建北部、广东西部、广西中北部、云南东南部等地累计降水量为 50~100 mm,湖南永州和株洲、江西吉安、广西桂林和河池等地达 120~212 mm;上述部分地区伴有 8~10 级雷暴大风或冰雹天气

表 4 2023 年 4 月主要强对流过程

Table 4 Major severe convection processes in April 2023

降水时段	主要影响系统	影响区域及强度
3—5 日	江淮气旋, 切变线	重庆、湖北、湖南、贵州、江西、广西、广东、福建、浙江, 其中广西东北部、广东北部局地出现 $50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上的短时强降水, 4 日 21—22 时广西桂林市灵川县最大小时降水量达 118 mm ; 湖南南部、江西、浙江东部、广东北部等地局地出现 ≥ 10 级雷暴大风; 贵州铜仁、湖北恩施等地出现冰雹
10—11 日	冷涡、高空槽、切变线	辽宁大部出现混合型 8~9 级、局地 10 级雷暴大风
13—14 日	切变线, 地面冷锋	湖北南部、贵州、湖南、江西, 其中湖北南部、湖南中部和中部、江西北部等地局地出现 $50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上的短时强降水; 贵州中部出现 8~9 级雷暴大风; 13 日峡江罗田 16:07—16:14 出现冰雹, 直径为 2~4 cm
15 日	冷涡、高空槽	山东中南部、江苏北部和东部沿海, 其中包含区域性雷暴大风, 2 个龙卷风, 局地小冰雹, 无短时强降水。江苏北部和东部沿海局地瞬时风力达 12~13 级, 连云港海州桃花涧站最大风速达 $41.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (13 级), 沭阳县李恒镇站最大风速达 $37.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (13 级); 山东 15 日下午出现 2 个龙卷风, 临沂龙卷(15:30—15:50)强度达强龙卷等级(对应 EF2 级), 德州龙卷(13:45—14:05)强度达中等强度龙卷等级(对应 EF1 级)
18—19 日	切变线、地面锋面	贵州、湖南、江西、福建、广西、广东, 其中贵州、湖南、江西、福建等地部分地区以锋面、切变线附近短时强降水为主, 最大小时降水量达 90 mm 以上, 并伴有 8~9 级雷暴大风, 福建局地最大风速达 11~12 级, 贵州等地出现冰雹; 广西、广东南部处于锋前暖区, 18 日夜后至 19 日凌晨飊线自西向东过境影响, 造成区域性雷暴大风和短时强降水, 多站最大风速达 11~12 级
20—25 日	高空槽、低涡、切变线	贵州、湖南、江西、福建、广西、广东、海南岛等地出现 $30 \sim 80 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 、局地超过 $100 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的短时强降水, 其中最大小时降水量发生在 24 日 9—10 时广西玉林市陆川县(166.8 mm), 位居当地历史极值第三位; 贵州、广西、湖南等地出现 8~10 级、局地 11 级雷暴大风

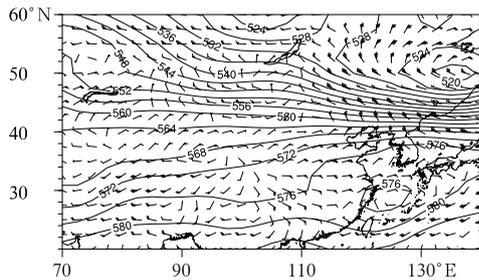


图 7 2023 年 4 月 20 日 08 时 500 hPa 位势高度场 (等值线, 单位: dagpm)、850 hPa 风场 (风羽)

Fig. 7 Geopotential height at 500 hPa (contour, unit: dagpm), wind field (barb) at 850 hPa

区, 虽然累计最大降水发生在南方, 但最异常的部分却在北方, 特别是山西和陕西等地, 历史同期罕见。图 8 给出了造成降温雨雪的关键天气系统配置。21 日 20 时, 850 hPa 上北方大部处于冷槽控制区, 山西和陕西位于冷中心, 强度达到 0°C 以下, 冷中心与 700 hPa 西南风相对应, 代表低空西南风在冷垫上向北爬升。700 hPa 华北黄淮地区出现显著湿舌, 整层可降水量达 $20 \sim 30 \text{ mm}$, 是地面东风和低空西南风共同汇聚向北输送的贡献。暖湿气流沿冷垫爬升造成稳定的阴雨雪天气, 持续时间较长, 山西长治、临汾、吕梁、陕西延安等地普降大雪, 山西和陕

西的部分地区总降水量超过 50 mm , 最大为山西绛县达 126.9 mm 。同时, 本次过程伴随有大范围的降温, 特别是山西和陕西等地, 过程平均气温的最大降幅普遍超过 18°C 。

4.3 4 月 15 日强对流过程分析

15 日下午, 在高空冷涡后部西北气流影响下, 山东、江苏等地出现了一次区域性雷暴大风, 并伴随局地冰雹的强对流天气过程。局地极端大风达 12 级以上, 其中, 江苏连云港海州桃花涧站最大风速达 $41.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (13 级), 沭阳县李恒镇站最大风速达 $37.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (13 级); 山东临沂和德州分别出现一次强龙卷和中等强度龙卷天气。

15 日 08 时, 500 hPa 高度场上东北冷涡东移南压至内蒙古东部地区, 中心气压低于 536 dagpm (图略), 对应温度场上内蒙古东部有一冷槽, 华北、黄淮、江淮地区受高空槽后西北气流控制, 位于冷平流区, 山东、江苏两省温度在 $-28 \sim -20^{\circ}\text{C}$ 。850 hPa 温度场上我国西北地区东部至华北、黄淮一带受暖脊控制, 高空冷槽叠加在低层暖脊之上, 造成华北、黄淮、江淮地区东部等地对流层中低层温差较大, 不稳定层结为强对流天气提供了有利条件 (图 9)。经 15 日 14 时地面温度订正后的徐州站 08 时探空显示 (图 10), 此次过程整层偏干, 仅在 925 hPa 以下存

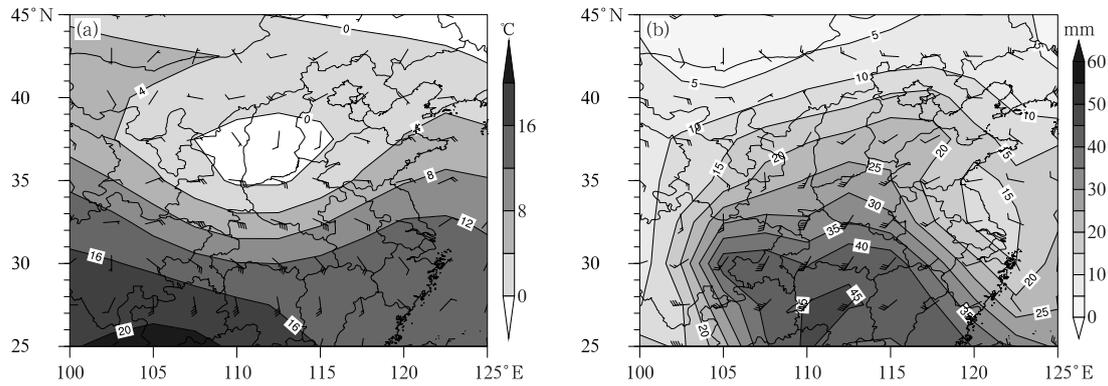


图 8 2023 年 4 月 21 日 20 时(a) 850 hPa 风场(风羽)和温度场(等值线和阴影),
(b)700 hPa 风场(风羽)和整层可降水量(等值线和阴影)

Fig. 8 (a) Wind field (barb) and temperature (contour and shaded) at 850 hPa, and (b) wind field (barb) at 700 hPa and PWAT (contour and shaded) at 08:00 BT 21 April 2023

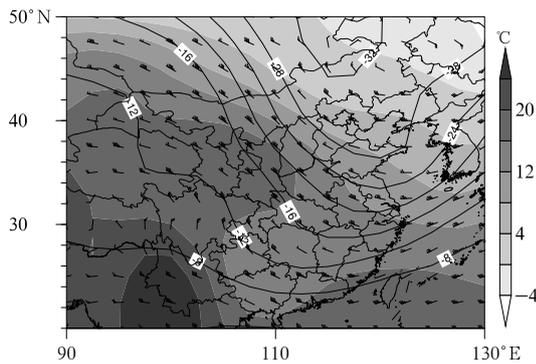


图 9 2023 年 4 月 15 日 08 时 500 hPa 温度场
(等值线,单位:℃)、风场(风羽)、
850 hPa 温度场(阴影)

Fig. 9 Temperature (contour, unit: °C) and wind field (barb) at 500 hPa and temperature (shaded) at 850 hPa at 08:00 BT 15 April 2023

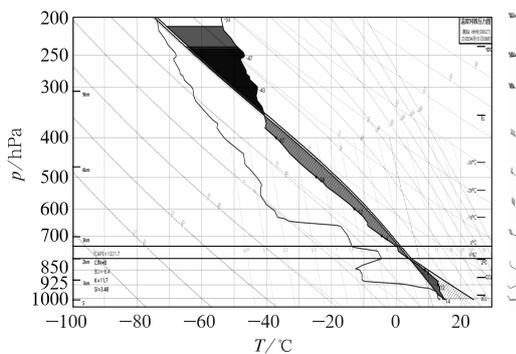


图 10 2023 年 4 月 15 日 08 时徐州站探空
资料经过 14 时地面温度订正后的探空曲线

Fig. 10 The T-lnp diagram of Xuzhou Sounding Station at 08:00 BT 15 April 2023 after being corrected by the surface temperature at 14:00 BT 15 April 2023

在浅薄湿层,水汽条件一般;但具备一定的不稳定能量条件,特别是在午后热力增温作用下,不稳定层结有所加强,CAPE 超过 $1000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$,下沉对流有效位能高达 $790 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$,850 hPa 与 500 hPa 温差达 $33.5 \text{ }^\circ\text{C}$,最有利抬升指数达到了 $-4 \text{ }^\circ\text{C}$,此外,0~6 km 垂直风切变达 $22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,有利于对流系统触发后的组织化加强,最终形成飚线系统,造成区域性的雷暴大风天气。

5 其他灾害性天气

今年以来,西南地区南部、江南东部、内蒙古东部等地降水较常年同期偏少 2 成以上,云南大部、四川西南部、贵州西南部、内蒙古东南部等地降水较常年同期偏少 5 成至 1 倍。加上同期气温偏高,导致土壤失墒迅速,西南地区南部、华东北部、华中南部、华南等地气象干旱露头并阶段性发展。至 30 日,受前期降水持续偏少影响,云南大部、四川西南部、贵州西南部、广西西部、海南、江苏南部、浙江北部、内蒙古东南部等地存在中度以上气象干旱,中旱以上面积达到 77 万 km^2 ,重旱以上面积达到 38 万 km^2 ,特旱面积达到 14 万 km^2 。干旱造成云南湖泊水位不断下降,江河库塘水量减少,全省有 21 条河流 22 个水文(位)监测断面出现断流,玉溪、大理等多地出现城市供水和农村人畜饮水困难。

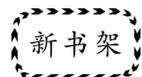
致谢:感谢国家气象中心气象服务室为本文提供月降水量、降水距平百分率和温度距平资料。

参考文献

- 关良,张涛,刘自牧,2020.2020年4月大气环流和天气分析[J].气象,46(7):994-1000. Guan L, Zhang T, Liu Z M, 2020. Analysis of the April 2020 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 46(7):994-1000(in Chinese).
- 国家气候中心,2023.2023年4月中国气候影响评价[R/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php. National Climate Centre, 2023. Assessment of climate impact over China in April 2023[R/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php(in Chinese).
- 华珊,张涛,张宸,2022.2022年4月大气环流和天气分析[J].气象,

- 48(7):936-944. Hua S, Zhang T, Zhang C, 2022. Analysis of the April 2022 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 48(7):936-944(in Chinese).
- 麦子,张涛,盛杰,2021.2021年4月大气环流和天气分析[J].气象,47(7):893-900. Mai Z, Zhang T, Sheng J, 2021. Analysis of the April 2021 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 47(7):893-900(in Chinese).
- 麦子,张涛,2022.2022年3月大气环流和天气分析[J].气象,48(6):794-800. Mai Z, Zhang T, 2022. Analysis of the March 2022 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 48(6):794-800(in Chinese).

(本文责编:张芳 何晓欢)



《西藏积雪图集》

除多 著

该图集利用卫星遥感积雪数据和西藏地面积雪观测资料,以地图形式直观地展示了西藏积雪覆盖、积雪覆盖日数、积雪日数、降雪日数和积雪深度等主要积雪要素的空间分布和时间变化特征,客观地揭示了近30年西藏积雪的基本特征和变化事实。图集还增加了1981—2020年西藏气温和降水的时空分布和变化系列图幅,供读者了解近40年西藏气候变化的基本特征和事实。对了解西藏积雪资源、全球变暖对西藏积雪资源的影响以及开展相关的防灾减灾工作和应对气候变化具有重要参考价值。该图集内容丰富,图文并茂,资料翔实可靠,实用性强,可供气象、农业、交通、环境、水利、生态等科研业务部门及各级政府防灾减灾决策部门参阅和使用。

16开 定价:150.00元

《大型水电站灾害性大风特征及预报——以白鹤滩水电站为例》

尹晔 王汉涛 程志刚 白爱娟 著

该书针对大型水电站坝区大风天气频发的特征,以白鹤滩水电站为例,将现场观测、高空探测和雷达探测等多种数据相结合,研究了水电站坝区的基本天气气候,尤其是大风天气的多时空尺度变化,探讨了水电站坝区河谷地形条件下

大风天气的形成机制,风廓线雷达和天气雷达在大风监测上的应用,以及大风天气的预报预警技术。全书系统分析了影响水电站坝区大风天气的高低空环流形势、天气系统和雷达回波的发展特征,并针对白鹤滩水电站提出了坝区大风天气预报预警的关键方法和技术。该书重点讨论了风廓线雷达和天气雷达等高精度探测手段在水电站特殊河谷区的应用效果,提出了预警预报大风天气的新方法和新技术。该书可供气象部门和大型水电站管理部门的相关专业科研和工作人员,以及高等院校的师生阅读参考。

16开 定价:80.00元

《大气科学前沿译丛:变化的洋流——厄尔尼诺和拉尼娜对气候与社会的影响(第2版)》

Michael H. Glantz 著 王绍武、周天军 等 译

该书从一个社会科学家看待物理科学的角度,用简明的语言,介绍了什么是厄尔尼诺、如何预测它,以及它对人类的广泛影响,重点是厄尔尼诺对气候环境、对经济与社会的影响。全书通俗易懂,又富有科学内涵。该书是面向社会公众的高级科普著作。适合所有对厄尔尼诺事件的社会与经济问题感兴趣的人士阅读,特别是政府及有关经济领域的决策人员、关心环境与发展问题的社会工作者。对大气、海洋、环境、生态等领域的专业人士,该书也有启发意义。

16开 定价:118.00元