

迟茜元, 桂海林, 王继康, 等, 2023. 2022 年 11 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 49(2):249-256. Chi X Y, Gui H L, Wang J K, et al, 2023. Analysis of the November 2022 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 49(2):249-256(in Chinese).

2022 年 11 月大气环流和天气分析*

迟茜元 桂海林 王继康 尤媛

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 2022 年 11 月大气环流的主要特征是: 北半球极涡呈偶极型, 东亚大槽偏弱, 南支槽偏弱, 副热带高压偏强。11 月, 全国平均降水为 26.9 mm, 比常年同期(20.2 mm)偏多 33.2%; 全国平均气温为 4.8℃, 较常年同期(3.3℃)偏高 1.5℃。月内气温冷暖起伏较大, 前中期冷空气活动偏弱, 大部地区气温偏高, 降水偏少; 后期受强冷空气、活跃南支槽影响, 气温大幅降低, 降水显著增多。月内出现了 1 次全国型寒潮过程, 影响范围广、降温幅度大, 以及 2 次大范围持续性雾-霾天气过程。

关键词: 大气环流, 寒潮, 降水, 雾-霾

中图分类号: P448, P458

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2023.013001

Analysis of the November 2022 Atmospheric Circulation and Weather

CHI Xiyuan GUI Hailin WANG Jikang YOU Yuan

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The main characteristics of the general atmospheric circulation in November 2022 are as follows. There were two polar vortex centers in the Northern Hemisphere. The East Asian trough and the southern branch trough were weaker than in the same period of normal years. The western Pacific subtropical high was stronger during this month. The monthly mean precipitation across China was 26.9 mm, which is 33.2% more than normal (20.2 mm). The monthly average temperature was 4.8℃, 1.5℃ higher than the temperature (3.3℃) in the same periods of normal years. The cold and warm temperatures fluctuated greatly during the month. The cold air was not so active in the early and mid dekads. Accordingly, the temperature was higher and the precipitation was less in most of China. However, in the later period, affected by the strong cold air and the active southern branch trough, the temperature dropped sharply and precipitation increased significantly. In addition, there were one nationwide cold wave process and two widespread persistent fog-haze weather processes.

Key words: atmospheric circulation, cold wave, precipitation, fog-haze

1 天气概况

1.1 降 水

2022 年 11 月, 全国平均降水量为 26.9 mm, 比

常年同期(20.2 mm)偏多 33.2%。从月降水量空间分布(图 1)看, 我国东部大部及新疆北部降水量普遍在 10 mm 以上, 其中江南东部、华南东部降水量为 100~200 mm, 福建大部分地区在 400 mm 以上, 其余地区降水量普遍不足 10 mm (国家气候中心, 2022)。

* 国家自然科学基金项目(42005095)资助

2023 年 1 月 11 日收稿; 2023 年 1 月 30 日收修定稿

第一作者: 迟茜元, 主要从事环境气象预报研究. E-mail: chxiyuan@mail.ustc.edu.cn

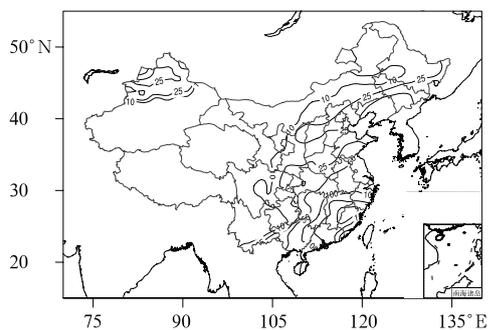


图 1 2022 年 11 月全国降水量分布(单位:mm)

Fig. 1 Distribution of precipitation in China in November 2022 (unit: mm)

相较于常年同期(图 2),东北地区南部、内蒙古东部、华北北部、江南东南部、华南大部、新疆北部、甘肃西部等地偏多 5 成至 2 倍,部分地区偏多 2 倍以上;而新疆南部、西藏大部、西南地区大部、西北地区东部部分地区及内蒙古西部等地偏少 5 成以上,部分地区偏少 8 成以上(国家气候中心,2022)。

1.2 气温

2022 年 11 月,全国平均气温为 4.8°C ,较常年同期(3.3°C)偏高 1.5°C ,为 1961 年以来第二高。从月气温距平分布(图 3)看,除新疆北部、甘肃西部、内蒙古西部和东部部分地区、西藏南部及西南地区西部等地气温接近常年同期或偏低 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 之外,全国大部分地区气温较常年同期偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$,其中东北地区东部和西北部、中东部地区及西南地区东部等地气温偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ (国家气候中心,2022)。

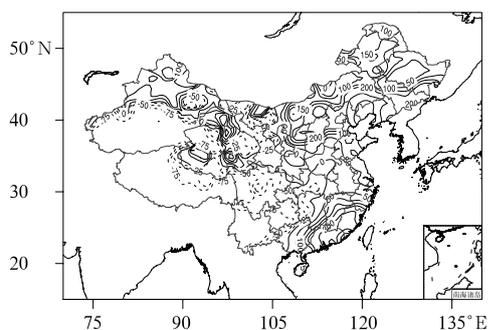


图 2 2022 年 11 月全国降水量距平百分率分布(单位:%)

Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage in China in November 2022 (unit: %)

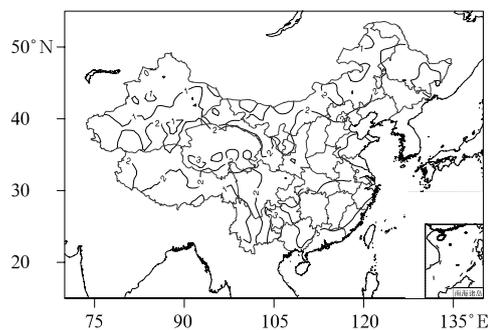


图 3 2022 年 11 月全国气温距平分布(单位:°C)

Fig. 3 Distribution of temperature anomaly in China in November 2022 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

2 环流特征和演变

图 4 为 2022 年 11 月北半球 500 hPa 平均位势高度场及距平分布。与常年同期相比(谢超等,2022;南洋等,2021;张天航等,2020;周军等,2019;尤媛等,2018),11 月北半球的环流形势有以下主要特点。

2.1 极涡呈偶极型分布

11 月北半球极涡呈偶极型分布(图 4a),其中主极涡在西半球,中心位于加拿大北部的伊丽莎白女王群岛附近,另外一个极涡位于俄罗斯北地群岛以北,中心值均为 508 dagpm 。从距平场来看,两个极涡中心均处于负距平区,高度距平在 $-8\sim 0\text{ dagpm}$ 范围内,强度较常年同期略偏强。

2.2 北半球环流呈三波型,东亚大槽偏弱

从月平均的 500 hPa 高度场和距平(图 4)可知,11 月北半球环流呈三波型分布,长波槽分别位于北大西洋东部、中亚和美洲西部。欧亚中高纬位势高度呈西高东低分布型,欧洲北部高压脊强度偏强,亚洲中高纬度地区环流经向度小,东亚大槽强度较常年同期偏弱,这种形势不利于冷空气南下影响我国,导致月内气温较常年同期偏高。与多年平均相比,全国地区均为正距平区,这也说明月内影响我国的冷空气势力总体较弱,有利于气温升高。

2.3 南支槽偏弱,副热带高压偏强

11 月,南支槽较为平直且为正距平所控制,强

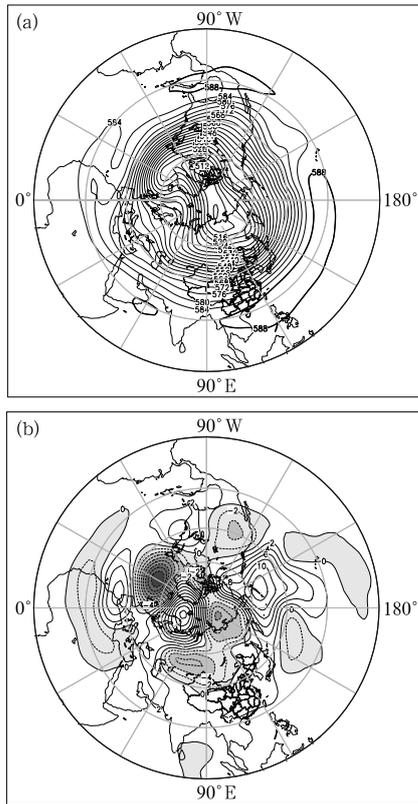


图 4 2022 年 11 月北半球 500 hPa(a)平均高度场和(b)距平(单位: dagpm)
 Fig. 4 (a) Geopotential height at 500 hPa and (b) its anomaly in the Northern Hemisphere in November 2022 (unit: dagpm)

度明显偏弱,不利于槽前来自孟加拉湾和印度洋的暖湿气流向我输送。西太平洋副热带高压(以下简称副高)呈带状分布,面积偏大、强度偏强,西伸脊点位于 105°E 附近,较常年同期(128°E)显著偏西,处于副高边缘的华南大部、江南东部地区,暖湿气流较为活跃,导致月内降水明显偏多。另外 11 月大部分时段冷空气活动整体偏弱,除月底寒潮外,仅有两次中等强度冷空气过程,路径偏北。

2.4 环流演变与我国天气

2022 年 11 月上、中、下旬欧亚地区 500 hPa 大气环流平均高度场如图 5 所示。总体来看,欧亚大陆中高纬度环流经向度较小。在我国北方地区,500 hPa 高度场主要以弱高压脊控制为主,冷空气势力偏弱,大气扩散条件整体偏差;低纬度地区,南支槽偏弱,不利于孟加拉湾水汽向我中东部输送。此外副高西伸加强,为我国南方降水提供了良好的水汽条件。具体如下。

上旬(图 5a),欧亚中高纬为两槽两脊的环流形

势,但与常年同期相比,经向度较小。贝加尔湖附近受弱高压脊控制,东亚大槽在 140°E 附近洋面,位置偏东,中高纬度环流以纬向环流为主,我国全部地区处于正位势高度距平区。在这种环流背景下,冷空气活动偏弱,我国大部地区气温均偏高。同时,低纬南支槽区为浅脊、正距平所控制,不利于水汽向我内陆输送,这导致全国大部地区降水偏少。仅在上旬前期(2—5 日),受东路冷空气影响,我国中东部地区出现 4~6℃ 降温。全国大气扩散和湿清除条件明显偏差,有利于雾-霾天气的发生发展。随着水汽和污染的逐渐积累,8—11 日黑龙江南部、吉林、辽宁、北京、天津、河北、河南、山东等地出现了一次持续性雾-霾天气过程。

中旬(图 5b),环流形势较上月有所调整,主要表现为极涡进一步加强,中心气压值低于 504 dagpm 且整体南压,欧洲西部高压脊有所发展,我国高度场环流经向度较上月略有加大,但仍以纬向环流为主,高度场距平西低东高,冷空气和中东部降水较上月均有所增强。中旬前期(11—14 日),受高空槽东移影响,我国西北地区大部、华北、东北地区至江南大

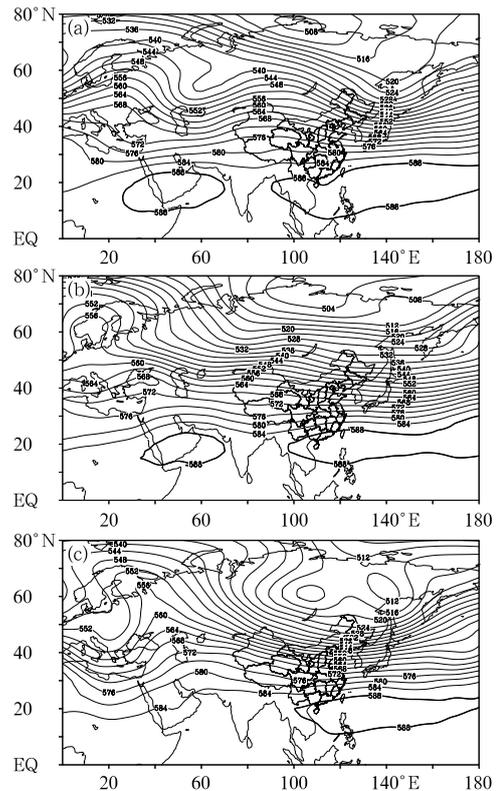


图 5 2022 年 11 月(a)上、(b)中、(c)下旬欧亚 500 hPa 平均位势高度场(单位: dagpm)
 Fig. 5 Eurasia geopotential heights at 500 hPa (unit: dagpm) averaged over the (a) 1st, (b) 2nd and (c) last dekads of November 2022

部出现 4~6 级偏北风、7~8 级阵风,气温下降 4~8℃,其中东北东南部地区降温幅度超过 14℃。降水方面,高空槽东移配合低层暖湿气流,造成辽宁、吉林及黑龙江部分地区出现小到中雪、局地大雪。中旬中期,副高由印度洋明显东退到南海地区,相应地,西南暖湿气流显著加强,造成江南、华南等地多降水。其中 15—17 日,高原槽东移配合低层切边线,西南地区东部、江南、华南一带出现中到大雨。旬后期(17—21 日)受静稳条件影响,我国华北及黄淮等地出现一次大范围持续性雾-霾天气过程。

下旬(图 5c),南支槽强度偏强且较为活跃,东移频繁,槽前西南气流源源不断将水汽向东输送,中东部地区多降水过程,降雨带南北摆动。旬内有一明显转折,旬前期冷空气势力明显偏北,新西伯利亚低涡对新疆北部造成持续的降雪天气;26 日之后,欧洲高压脊发展并向极地高压伸展,新西伯利亚低涡南调,锋区压在我国北方地区上空,有利于冷空气持续影响我国。20—21 日,受南支槽东移、低层切线配合影响,西南地区东部、江汉、黄淮、江淮、江南等地多降水。22—25 日,副高西侧热带系统活跃造成暖湿气流强盛,华南地区有一次强降水过程,华南中东部和南部有中到大雨,局地暴雨。26—30 日,寒潮天气自西向东影响我国大部,26—27 日主要影

响西北地区,28—30 日主要影响我国中东部地区,具有降温幅度大、影响范围广、综合强度强等特点,并伴有雨雪、大风和沙尘天气。其中北方大部、江南大部、华南中部等地出现 14℃ 以上降温,局地降温超过 18℃,新疆小渠子、河北青龙和河北宽城等 15 个站降温幅度达到或超过历史极值;新疆塔城、阿勒泰等地出现暴雪天气,新疆北部普遍出现 7 级以上大风,风口风力达 11~15 级。此外,27—29 日,新疆东部和南疆盆地、青海中东部、甘肃中东部、内蒙古中西部、宁夏、陕西中北部、山西北部、河北西北部、北京等地出现扬沙或浮尘天气。

3 冷空气活动

3.1 概 况

11 月共有 3 次冷空气过程影响我国,与近三年历史同期相比(张天航等,2020;南洋等,2021;谢超等,2022),冷空气活动频次较往年(4 次)略偏少,过程强度相当。3 次冷空气过程分别发生在 2—5 日、11—14 日、26—30 日。其中 26—30 日冷空气过程为全国型寒潮过程,影响范围较大(表 1)。

表 1 2022 年 11 月主要冷空气过程
Table 1 Main cold air processes in November 2022

日期	影响区域和冷空气强度	降温幅度	大风、沙尘及降雪天气
2—5 日	全国中等冷空气	中东部大部地区出现 4~8℃ 降温,其中山西东北部、北京北部、山东中部等局地降幅达 10~12℃	内蒙古东部、黑龙江东部、吉林东北部、辽宁南部、河北西北部、北京西北部、山东、河南等地部分地区出现 6~8 级阵风,局地 9~10 级
11—14 日	全国中等冷空气	西北地区、中东部地区气温普遍下降 8~12℃,其中吉林、辽宁、内蒙古东南部、湖南中部、江西西北部、安徽南部、江苏南部、浙江北部等地部分地区降幅为 14~18℃	新疆东部、青海西部和北部、甘肃中部、内蒙古中西部、内蒙古东南部、东北地区、华北、黄淮、江淮西部、江汉及四川等地部分地区出现 6~8 级阵风,辽东半岛、北京西部、河北北部、河南中部、山东半岛、四川东北部等地局地 9~11 级;新疆北部沿天山一带、青海北部和东部、甘肃中部、内蒙古中东部、黑龙江、吉林西部、辽宁中西部、河北等地出现降雪或雨转雪天气,辽宁西北部局地降水量达 20~35 mm,北京、河北中部、辽宁中部、山西中部等地出现中到大雨
26—30 日	全国型寒潮	北方大部、江南大部、华南中部等地出现 14℃ 以上降温,局地降温超过 18℃	新疆大部、青海大部、西藏中西部、甘肃中西部、宁夏大部、内蒙古中部和西部、陕西中部和北部、山西西部、东北地区、北京、天津、河北中北部、山东、江苏北部、上海、浙江中部、江西中南部、贵州东南部、广西东北部、广东北部等地部分地区出现 7~9 级阵风,局地 10~12 级;新疆北部、甘肃西部、内蒙古东部、黑龙江南部、吉林中东部、辽宁中东部、陕西、河南、湖北、安徽、江西、浙江、山东等多省出现小到中雪、雨夹雪或雨转雪,新疆北部沿天山一带、黑龙江东部、吉林东部、安徽南部等局地有大雪,安徽南部、浙江西北部最大积雪深度为 1~4 cm,江苏中南部、安徽中南部、湖北东部、浙江、湖南中南部、江西、福建北部、广西西南部、云南南部、海南岛东部和北部等地部分地区出现大到暴雨;新疆东部和南疆盆地、青海中东部、甘肃中东部、内蒙古中西部、宁夏、陕西中北部、山西北部、河北西北部、北京等地出现扬沙或浮尘天气

3.2 26—30日寒潮过程分析

11月26—30日我国自西向东经历了一次全国寒潮天气过程,造成的影响详见表1。本次寒潮过程降温剧烈,北方大部、江南大部、华南中部等地出现 14°C 以上降温,局地降温超过 18°C ,新疆小渠子、河北青龙和河北宽城等15个站降温幅度达到或超过历史极值。冷暖空气剧烈交汇,还给我我国大部地区带来大范围雨雪天气,安徽南部、浙江西北部最大积雪深度为 $1\sim 4\text{ cm}$;江西吉安、抚州、上饶和景德镇、浙江丽水和温州、福建南平局地出现大暴雨;贵州中北部、湖北东南部、湖南中部等局地出现冻雨;福建西部等局地有雷雨大风、冰雹等强对流天气。受寒潮低温影响,11月29日黄河内蒙古河段首现流凌,黄河进入凌汛期。此外,新疆、青海、甘肃等多地出现扬沙或浮尘天气。

由500 hPa位势高度场和地面气压场的演变趋势看,此次冷空气过程为横槽转竖型,冷空气源地为新地岛以东洋面,经西伯利亚进入我国。26日前,由亚洲中高纬环流形势可知,西高东低的形势场已基本建立,但锋区位置偏北。随着乌拉尔山地区阻塞高压强烈发展,阻塞高压前的冷涡进一步加深,中高纬低涡东移,西侧的横槽进一步转竖,经西北路径,携冷空气南下进一步影响我国中东部大部地区。

在寒潮过程之前,24—25日,北支锋区一直处于活跃状态,冷空气频繁,新疆、东北地区已开始大范围的降雪和降温过程,而冷空气主体一直在西伯利亚地区发展和积聚。26日,08时横槽位于贝加尔湖以北至巴尔喀什湖以北一带,地面冷高压中心位于巴尔喀什湖以北地区,中心强度为 1047.5 hPa ,地面冷锋前沿开始进入新疆北部;20时500 hPa(图6)位势高度场显示,横槽缓慢南压,地面冷高压主体依旧维持在巴尔喀什湖北部,强度有所加强,中心强度为 1055 hPa ,地面冷锋开始影响新疆沿天山一带。

27日08时,500 hPa位势高度场显示,横槽已移动至贝加尔湖到我国新疆沿天山一带,槽后偏北气流不断引导冷空气南下。地面冷高压强烈向东发展,主体移到巴尔喀什湖东北方向,中心强度增强到 1060 hPa ,地面冷空气前锋到达新疆南部、甘肃西部、内蒙古西部,上述地区普遍出现大风降温和降雪天气。20时,随着横槽主体不断东移下摆,转为西南—东北走向,地面冷锋位于内蒙古中西部、甘肃中

东部、青海北部,造成新疆北部、甘肃中西部、内蒙古中西部等地出现 $7\sim 9$ 级阵风;新疆北部局地阵风达 $10\sim 12$ 级,新疆北部、甘肃中西部等地的部分地区出现中到大雪或雨夹雪;新疆东部和南疆盆地出现扬沙或浮尘天气,局地有沙尘暴。

28日08时,500 hPa横槽移动至甘肃西部,冷空气不断补充南下,横槽东移过程中逐渐向南加深。地面冷高压主体东移至蒙古国西部,中心强度继续加强,达 1070 hPa ,地面冷锋前沿到达华北地区北部、汾渭平原,给上述地区带来大风、降温和降雪天气。20时(图7),500 hPa槽后强烈冷平流作用使得横槽向南加深并转竖,引导冷空气向南爆发,冷锋前沿到达东北地区、华北中南部、黄淮,冷锋西段则到达了四川、重庆等地,与南支槽前暖湿空气在此交汇,带来大范围雨雪天气。同时,北支锋区斜压性强,配合低空急流发展强盛,给东北部分地区带来大到暴雪天气。此后,冷空气快速向南推进,进入江淮地区之后开始加速,29日20时(图8)横槽已经完全转竖,地面冷锋前沿已达到华南北部。江南地区强冷空气与暖气流交汇,副高外围低层切变系统导致暖空气被抬升,良好的水汽条件造成江南地区有系统性降水并伴随对流降水,强度较强。

30日08时,地面冷空气前沿到达华南沿海,仍有补充冷空气继续影响我国中东部大部地区。30日晚,随着高空槽东移入海,冷高压强度逐渐减弱,寒潮天气过程趋于结束。28—30日,我国中东部多地先后经历了雨雪、寒潮、大风等天气。其中东北地区、华北东部、黄淮大部、江淮、江汉、江南、西南地区东南部、华南中北部等地降温达 $10\sim 16^{\circ}\text{C}$,部分地区降温幅度超过 18°C 。

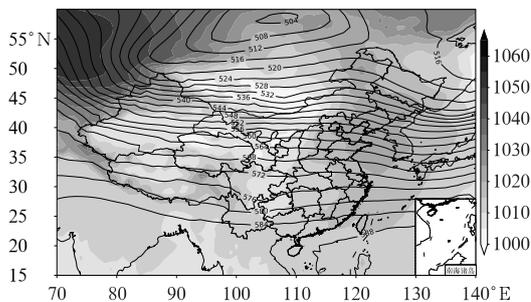


图6 2022年11月26日20时500 hPa位势高度场(等值线,单位:dagpm)和海平面气压场(阴影,单位:hPa)

Fig. 6 Geopotential height at 500 hPa (isoline, unit: dagpm) and sea level pressure (shaded, unit: hPa) at 20:00 BT 26 November 2022

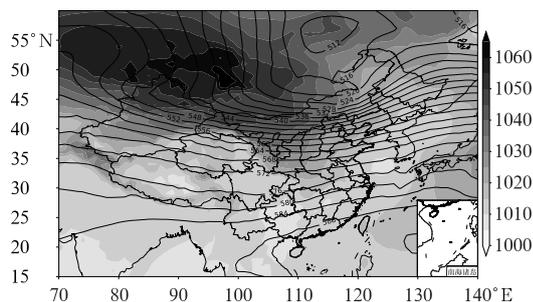


图 7 同图 6, 但为 2022 年 11 月 28 日 20 时

Fig. 7 Same as Fig. 6, but at
20:00 BT 28 November 2022

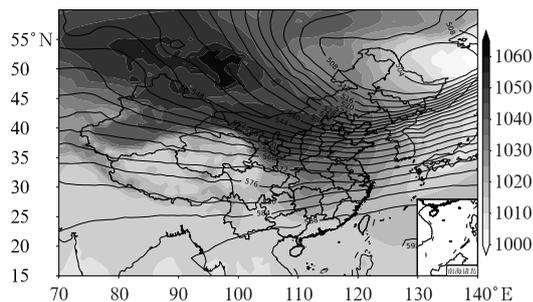


图 8 同图 6, 但为 2022 年 11 月 29 日 20 时

Fig. 8 Same as Fig. 6, but at
20:00 BT 29 November 2022

4 主要降水过程

4.1 概况

11 月共出现了 4 次主要降水过程。10—12 日, 新疆北部沿天山一带、青海北部、甘肃中部、内蒙古东北部、辽宁、吉林及黑龙江部分地区出现小到中雪, 局地大雪; 15—17 日, 西南地区东部、江南大部、华南西部等地出现中到大雨过程, 局地为暴雨; 22—25 日, 江南中南部、华南等地部分地区出现中到大雨, 其中海南局地出现暴雨; 26—30 日寒潮过程影响期间, 我国大部分地区出现大范围雨雪天气, 新疆北部、甘肃西部、内蒙古东部、黑龙江南部、吉林中东部、辽宁中东部、陕西、河南、湖北、安徽、江西、浙江、山东等多省出现小到中雪、雨夹雪或雨转雪, 新疆北部沿天山一带、黑龙江东部、吉林东部、安徽南部等局地出现大雪, 安徽南部、浙江西北部最大积雪深度为 1~4 cm, 江苏中南部、安徽中南部、湖北东部、浙江、湖南中南部、江西、福建北部、广西西南部、云南南部、海南岛东部和北部等地部分地区出现大到暴

雨; 安徽南部、浙江西北部最大积雪深度为 1~4 cm; 江西吉安和抚州(100~120 mm)、上饶和景德镇、浙江丽水(100~148 mm)和温州(100~133 mm)、福建南平(100~120 mm)局地出现大暴雨; 贵州中北部、湖北东南部、湖南中部等局地出现冻雨。

4.2 27—30 日我国中东部地区降水天气过程分析

总的来说, 本次过程是由高空槽引导北方冷气团东移南下, 配合低层西南暖湿气流加强, 冷暖气团交汇产生的锋面降水所致。降水分别集中在东北地区 and 南方地区, 下面将分区域分别进行讨论。

东北地区的主要降水时段为 27—28 日。高空分裂短波槽引导北方冷气团东移南下, 由于动力强迫偏弱, 冷空气移动速度较慢, 低层 925 hPa、850 hPa 强盛的西南急流输送造成水汽异常充沛, 冷暖空气交汇产生了锋面降水, 造成辽宁东部和北部、吉林东部、黑龙江中部和东南部出现大雪到暴雪。

南方主要降水时段为 28—30 日。28 日白天(图 9), 500 hPa 横槽向南加深并转竖, 引导冷空气南下, 冷锋前沿到达东北地区、华北中南部、黄淮, 冷锋西段则到达了四川、重庆等地。在江南地区, 随着东路冷空气南下与副高外围的暖湿气流强烈交汇, 在江南地区形成较强的辐合切变, 动力抬升作用较强。水汽条件方面, 由于西南暖湿气流的不断输送, 江南地区比湿达到 $8\sim 14\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 整层可降水量为 $50\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。因为冷空气主体未进入江南, 仍以降雨为主。以上有利条件导致江淮、江南、华南东部部分地区出现大雨或暴雨。

29 日 08 时(图 10), 地面冷锋已到达贵州东部、湖南南部、江西中部和浙江北部一带。强冷空气与暖空气在此交汇, 配合副高外围低层切变系统, 造成暖空气抬升, 并伴有充足的水汽, 以上有利条件导致江南地区有系统性降水叠加对流性降水, 降水中心区域为切变线附近的西南急流辐合区。此外, 伴随冷空气南下, 850 hPa -4°C 线快速南压, 移动至贵州、湖南北部到安徽南部、江苏南部一带, 使得南方降水先后出现雨转雨夹雪转纯雪过程。29 日至 30 日早晨, 陕西南部、河南西部、湖北东部、安徽中南部、江苏及山东半岛等地部分地区出现小到中雪、雨转雪或雨夹雪; 湖南南部、江西中南部、浙江中南部、福建中北部等地部分地区出现大雨或暴雨, 浙江丽水和温州局地出现大暴雨(100~133 mm)。

30 日白天, 伴随 850 hPa -4°C 线进一步维持,

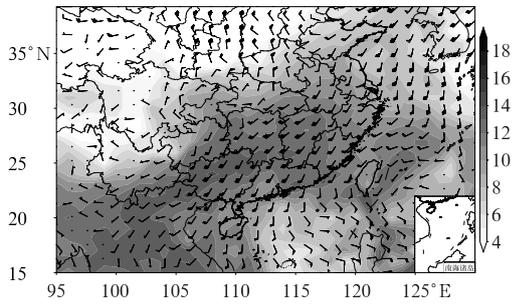


图 9 2022 年 11 月 28 日 08 时 850 hPa 风场 (风羽)和比湿(阴影,单位: $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Fig. 9 The wind field (barb) and specific humidity (shaded, unit: $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) at 850 hPa at 08:00 BT 28 November 2022

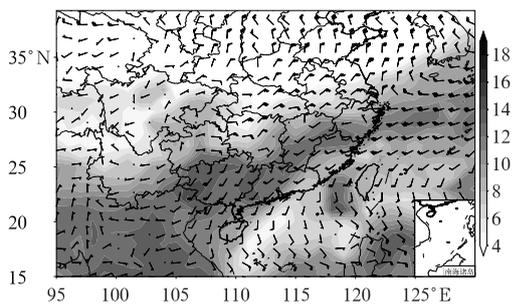


图 10 同图 9,但为 2022 年 11 月 29 日 08 时
Fig. 10 Same as Fig. 9, but at 08:00 BT 29 November 2022

湖北西北部和东部、湖南北部、安徽南部等地部分地区出现小雪或雨夹雪,局地中雪;湖南东南部、江西南部、福建北部等地部分地区出现中到大雨,局地暴雨;贵州中部、湖北东南部、湖南中部等地局地出现冻雨。

30 日晚,随着高空槽东移入海,冷高压强度逐渐减弱,寒潮天气过程趋于结束。但冷空气过后,南方地区低层形成冷垫,700 hPa 暖湿气流继续发展,因此我国南方大部仍有小到中雨,维持到 12 月 2 日才趋于结束。

5 雾-霾过程

5.1 概况

11 月冷空气过程较历史同期略少、冷空气间歇期时间长。月内共出现了 3 次阶段性雾-霾天气过程,分别为 8—11 日、17—21 日和 23—24 日。其中 8—11 日,华北中南部、黄淮、江淮、汾渭平原等地出

现了一次持续性雾-霾天气。17—21 日,华北中南部、黄淮、江淮、汾渭平原等地出现一次大范围雾-霾天气,此次过程具有持续时间长、污染程度重、能见度较低的特点。

5.2 17—21 日雾-霾天气过程分析

2022 年 11 月 17—21 日,受静稳条件影响,我国华北及黄淮等地出现了一次大范围持续性雾-霾天气过程。过程期间,华北、黄淮中西部等地在夜间至上午时段持续出现大雾天气,其中天津、河北中南部、山东中北部、河南中南部等地的部分地区能见度不足 200 m。同时,京津冀及周边区域、汾渭平原以及东北地区中西部等地伴有 $\text{PM}_{2.5}$ 中至重度污染,尤其是在降水前期(19—20 日),低层水汽迅速向华北山前辐合线一带汇集,近地面湿度快速增长接近饱和状态,进一步促使细颗粒物吸湿增长及气态污染物的二次转化,导致华北平原地区的污染呈现出快速增长态势,部分地区 $\text{PM}_{2.5}$ 峰值质量浓度一度达到 $333 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (18 日 23 时,河北石家庄西南高教站点)。

从这次持续雾-霾过程的大尺度环流背景看(图 11),17—21 日我国中东部地区高空 500 hPa 受纬向环流控制,冷空气势力较弱;平均海平面气压场上华北、黄淮等地位于冷高压前部的均压场,等压线稀疏,气压梯度小,水平风速弱,污染物和水汽的扩散条件较差。同时,华北中南部 850 hPa 配合温度脊发展,在近地层形成逆温结构,抑制了污染物和水汽的垂直扩散,有利于雾-霾天气的发生和维持。此次过程中,早间时段北京、天津、河北、河南、山东

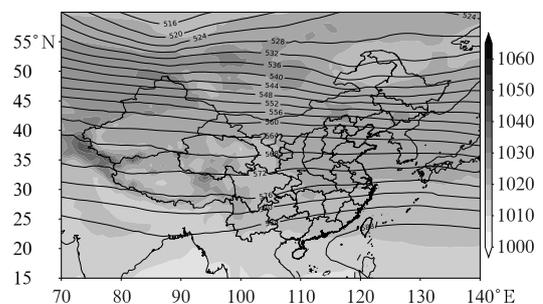


图 11 2022 年 11 月 17—21 日平均 500 hPa 位势高度场(等值线,单位: dagpm)和海平面气压场(阴影,单位: hPa)
Fig. 11 Average geopotential height at 500 hPa (isoline, unit: dagpm) and sea level pressure (shaded, unit: hPa) during 17–21 November 2022

等地均出现了大范围相对湿度大于 98% 的区域, 接近饱和的水汽非常有利于大雾天气的形成; 850 hPa、700 hPa 高度层的低湿度且少云则有利于辐射降温, 出现辐射雾天气; 而当地面湿度、污染、实况、温度等其他成雾条件均得到满足情况下, 即使高空有水汽也不影响出现辐射雾。此次过程中的 17 日、18 日、20 日, 华北黄淮等地高空云量较少, 有利于辐射降温, 但 19 日、21 日高空出现较大范围低云, 由于地面持续增湿, 河北东部等地仍出现了大雾天气。此外, 高湿环境有利于颗粒物液相反应, 生成二次污染物, 进一步加重污染。

从演变过程来看, 17 日, 华北中南部、黄淮等地受不利扩散条件影响, 污染物开始累积。18—19 日, 静稳形势进一步维持, 华北中南部、黄淮、汾渭平原等地有轻至中度霾, 河北中南部、河南北部、陕西关中等地有重度霾。20 日, 受持续偏南风影响, 污染物向北传输, 北京、天津、河北中南部出现重度霾。21 日受强冷空气影响, 华北、黄淮大气扩散条件全面改善, $PM_{2.5}$ 浓度迅速下降, 能见度快速好转, 雾-霾天气过程结束。

致谢:感谢国家气象中心宋文彬提供的降水量、降水距平和温度距平资料。

参考文献

- 国家气候中心, 2022. 2022 年 11 月中国气候影响评价[EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php. National Climate Centre, 2022. Assessment of climate impact over China in November 2022[EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php(in Chinese).
- 南洋, 饶晓琴, 尤媛, 等, 2021. 2020 年 11 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 47(2): 253-260. Nan Y, Rao X Q, You Y, et al, 2021. Analysis of the November 2020 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 47(2): 253-260(in Chinese).
- 谢超, 饶晓琴, 尤媛, 2022. 2021 年 11 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 48(2): 254-260. Xie C, Rao X Q, You Y, 2022. Analysis of the November 2021 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 48(2): 254-260(in Chinese).
- 尤媛, 马学款, 李思腾, 2018. 2017 年 11 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 44(2): 334-340. You Y, Ma X K, Li S T, 2018. Analysis of the November 2017 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 44(2): 334-340(in Chinese).
- 张天航, 徐冉, 桂海林, 2020. 2019 年 11 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 46(2): 283-288. Zhang T H, Xu R, Gui H L, 2020. Analysis of the November 2019 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 46(2): 283-288(in Chinese).
- 周军, 徐冉, 张天航, 2019. 2018 年 11 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 45(2): 290-296. Zhou J, Xu R, Zhang T H, 2019. Analysis of the November 2018 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 45(2): 290-296(in Chinese).

(本文责编:戴洋)