

尤媛, 马学款, 李思腾, 等, 2022. 2021 年 12 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 48(3): 386-392. You Y, Ma X K, Li S T, et al, 2022. Analysis of the December 2021 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 48(3): 386-392 (in Chinese).

2021 年 12 月大气环流和天气分析

尤媛¹ 马学款¹ 李思腾² 关良¹

¹ 国家气象中心, 北京 100081

² 北京城市气象研究院, 北京 100089

提 要: 2021 年 12 月大气环流的主要特征是: 北半球极涡呈偶极型分布, 东亚大槽偏西偏强, 西太平洋副热带高压接近常年同期。12 月, 全国平均降水量为 8.7 mm, 比常年同期(10.5 mm)偏少 17.1%; 全国平均气温为 -2.3°C , 比常年同期(-3.2°C)偏高 0.9°C 。月内出现了 3 次冷空气过程和 1 次大范围持续性雾-霾天气过程, 此外超强台风雷伊正面袭击南沙群岛。

关键词: 大气环流, 寒潮, 雾-霾, 台风

中图分类号: P448, P458

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2022.021101

Analysis of the December 2021 Atmospheric Circulation and Weather

YOU Yuan¹ MA Xuekuan¹ LI Siteng² GUAN Liang¹

¹ National Meteorological Centre, Beijing 100081

² Institute of Urban Meteorology, Beijing 100089

Abstract: The main characteristics of the general atmospheric circulation in December 2021 are as follows. There were two polar vortex centers in the Northern Hemisphere. The East Asian major trough was strong and westward. The northwestern Pacific subtropical high was close to the normal situation. The monthly mean precipitation amount was 8.7 mm, which is 17.1% less than normal (10.5 mm). The monthly mean temperature was -2.3°C , which is 0.9°C higher than normal (-3.2°C). There were three nationwide cold wave processes and one large-scale fog-haze processes in this month. In addition, Super Typhoon Rai slammed head-on into the Spratly Islands.

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

1 天气概况

1.1 降 水

12 月, 全国平均降水量为 8.7 mm, 较常年同期(10.5 mm)偏少 17.1%(图 1)。从空间分布看, 降水量空间分布不均, 除新疆北部和东北地区北部等地外, 我国北方地区降水量不足 10 mm, 江南大部、华南大部、西南地区东部和南部降水量在 10~50

mm, 福建东南部、广东东北部和海南东部降水量在 50 mm 以上; 与常年同期相比(图 2), 西北地区东部、西南地区南部、华南东北部及西藏大部、黑龙江西北部、河北南部等地降水量较常年同期偏多 5 成至 2 倍, 西藏大部、内蒙古西部、四川北部、云南东南部等地偏多 2 倍以上; 西北地区中部和西部、华北大部、黄淮、东北地区南部和西部、江淮、江南、华南西部和西南地区北部等地降水量偏少 2~8 成, 新疆大部、内蒙古西部、青海北部、甘肃西北部、山西北部、河北北部、山东南部、河南东部、安徽北部、江苏大

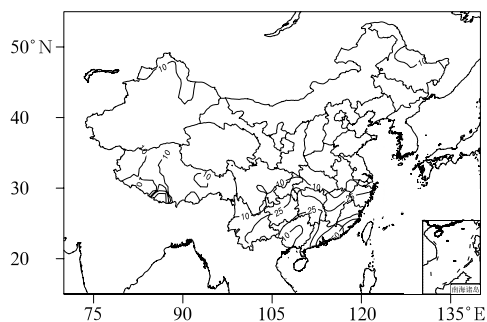


图1 2021年12月全国降水量分布(单位:mm)

Fig. 1 Distribution of precipitation in China in December 2021(unit: mm)

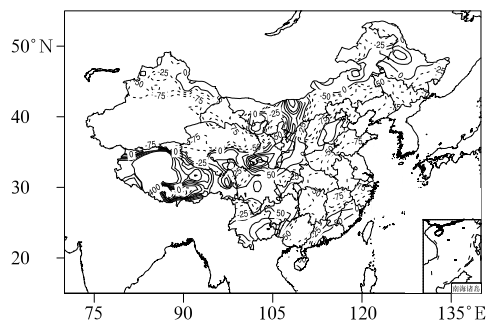


图2 2021年12月全国降水量距平百分率分布(单位:%)

Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage in China in December 2021(unit: %)

部、上海、江西北部等地降水量偏少8成以上(国家气候中心, 2021)。

1.2 气温

2021年12月,全国平均气温为 -2.3°C ,较常年同期(-3.2°C)偏高 0.9°C (图3)。空间分布上,西北地区大部、东北地区东部等地气温较常年同期偏低,其中西藏大部、新疆中部、黑龙江北部等地偏低 $1\sim 4^{\circ}\text{C}$;华北大部、黄淮、江淮、江南、西南地区西部和南部、西北地区东部、新疆北部、内蒙古大部、西藏中东部等地偏高 1°C 以上,其中新疆北部、内蒙古东部、河北西部和南部、山东北部和河南北部等地气温偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ (国家气候中心, 2021)。

2 环流特征和演变

图4为2021年12月北半球500 hPa平均位势高度场和距平分布,与常年同期相比,12月环流形势有以下特点:

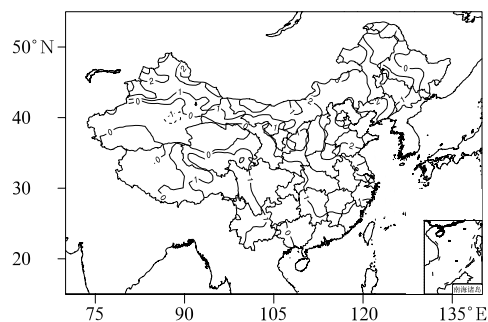


图3 2021年12月全国气温距平分布(单位:°C)

Fig. 3 Distribution of temperature anomaly in China in December 2021(unit: $^{\circ}\text{C}$)

2.1 极涡呈偶极型分布,东亚大槽偏强

如图4a所示,12月北半球极涡呈偶极型分布,主极涡位于加拿大巴芬岛附近,另一个极涡中心位于新西伯利亚群岛附近。从距平场来看(图4b),新

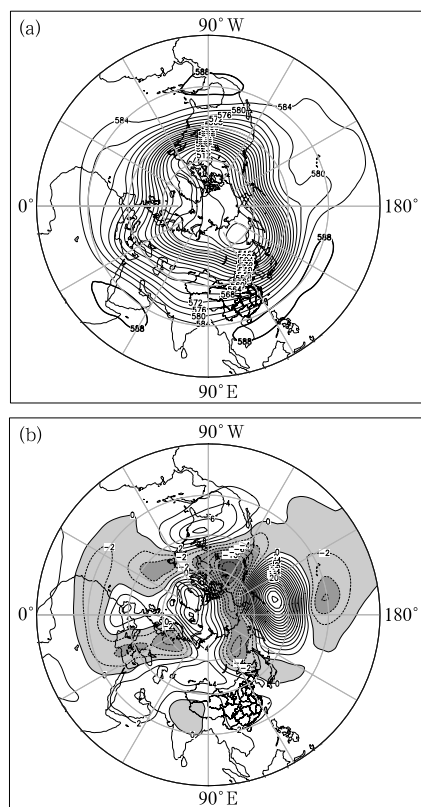


图4 2021年12月北半球500 hPa平均位势高度(a)和距平(b)(单位:dagpm)

Fig. 4 Geopotential height at 500 hPa (a) and its anomaly (b) in the Northern Hemisphere in December 2021 (unit: dagpm)

西伯利亚群岛附近的极涡中心处于负距平区,强度较常年同期偏强,极涡中心超过 -6 dagpm。西伯利亚地区附近环流形势比较平直,中高纬地区环流经向度小,不利于西北路径冷空气南下;东亚大槽强度较常年同期偏强,我国东北地区受负距平控制,导致东北地区温度偏低,我国其余大部地区气温较常年同期偏高。

2.2 北半球环流呈三波型,西太平洋副热带高压接近常年同期

12 月北半球呈三波型,三个高空槽分别位于北美西部、欧洲南部及东亚东部。西北太平洋副热带高压西脊点位于 100°E 附近,较常年同期(105°E)偏西,强度接近常年同期。南支槽位于弱的负位势高度距平内,强度较常年略偏强,该形势有利于孟加拉湾水汽向我国南方地区输送,导致月内西南大部地区降水偏多。

2.3 环流演变与我国天气

2021 年 12 月上、中、下旬三个时段欧亚地区 500 hPa 大气环流发展演变趋势的平均高度场如图 5 所示,具体如下:

上旬(图 5a),欧亚中高纬环流总体为西高东低的分布形势,整体环流经向度不大。在这种环流背景下,影响我国的冷空气势力偏弱,全国大部地区较常年同期偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。12 月 9—11 日,受静稳形势影响,华北、黄淮、江淮等地出现了持续性雾-霾天气。另外,中东部地区受西北气流控制,不利于水汽输送,导致旬内中东部大部地区降水稀少。

中旬(图 5b),欧亚中高纬环流为两槽一脊型,冷空气较为活跃,旬前期和中期先后有两次冷空气影响我国。其中 11—13 日受新疆南疆盆地高空槽东移影响,我国中东部大部地区出现了 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$ 降温,给甘肃中东部、青海东部及内蒙古东部、黑龙江等地带来较强降雪。15—18 日,贝加尔湖附近的高空槽东移引导冷空气南下影响我国中东部大部地区,再次出现大风降温和雨雪天气,西北地区东部、华北、黄淮东部及东北地区大部出现 $6\sim 10^{\circ}\text{C}$ 的降温,局地降温 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ 。在两次冷空气间歇期的 14—15 日,华北、黄淮等地出现了雾-霾天气。

下旬(图 5c),欧亚中高纬环流形势较前期调整明显,亚洲东部中高纬环流经向度加大,地面冷空气频繁由西伯利亚东部向东南侵入我国北方地区,势

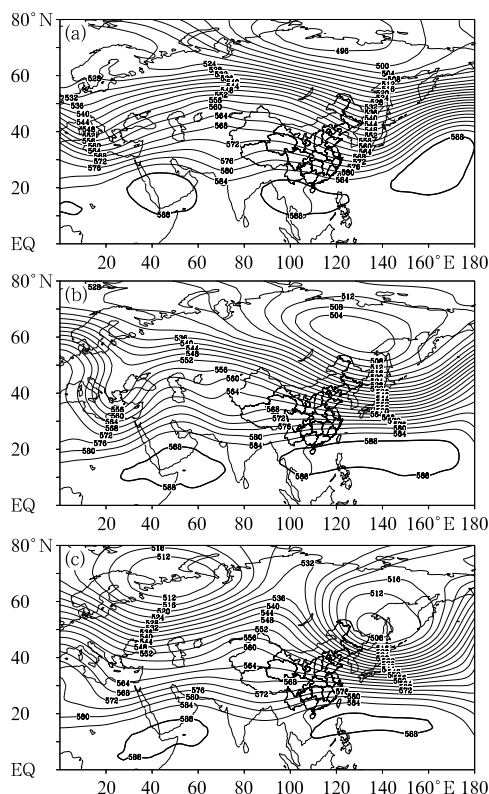


图 5 2021 年 12 月欧亚 500 hPa 上(a)、中(b)、下(c)旬平均位势高度
(单位: dagpm)

Fig. 5 Eurasia geopotential heights (unit: dagpm) at 500 hPa averaged in the 1st (a), 2nd (b) and last (c) dekads of December 2021

力偏强,导致下旬出现了一次全国型寒潮过程。23—26 日我国北方地区降温明显,大部地区气温达到 2021 年入冬以来最低,中东部大部地区出现雨雪天气。旬内,气温冷暖起伏,总体接近常年同期或略偏低。在两次冷空气间歇期的 25—29 日,华北、黄淮、汾渭平原等地出现了雾-霾天气。

3 冷空气活动

3.1 概况

依据中央气象台冷空气划分标准,12 月有三次冷空气过程影响我国(表 1),与历史同期相比(徐冉等,2020;2019;迟茜元等,2020),冷空气活动频次较 2020 年(2 次)略偏多,与 2018 年(3 次)和 2019 年(3 次)相当,其中 11—13 日、15—18 日为全国中等冷空气过程,23—26 日为全国型寒潮过程。

表 1 2021 年 12 月主要冷空气过程

Table 1 Main cold air processes in December 2021

冷空气过程	影响区域和冷空气强度	降温幅度	大风、沙尘及降雪天气
11—13 日	全国中等冷空气	西北地区东部、华北北部及内蒙古、吉林等地出现 4~8℃降温,局地降温幅度达 10℃以上	甘肃中东部、青海东部及内蒙古东部、黑龙江等地部分地区出现小到中雪,华北、东北地区及内蒙古等地部分地区出现 6~8 级阵风
15—18 日	全国中等冷空气	西北地区东部、华北、黄淮、江南中东部、华南及东北地区大部等地出现 4~10℃降温,局地降温达 10~14℃	新疆沿天山一带、内蒙古东部、东北地区中北部等地有小到中雪;西南地区东部、江南中东部等地的部分地区有中雨;西北地区东部、华北、黄淮东部及东北地区大部出现 6~8 级阵风,局地出现 9~10 级阵风
23—26 日	全国型寒潮	西北地区东部、东北地区东南部、华北、黄淮、江淮、江汉、江南北部和西部及贵州东部等地出现 4~10℃降温,黄淮东部、江淮东部降温幅度达 12~16℃	西北、华北、黄淮、江淮、江南等地出现降雪或雨夹雪天气,其中贵州东部、湖南中北部积雪深度达 5~10 cm,贵州铜仁、湖南怀化和益阳等局地达 10~20 cm。北方和沿海各省出现大风天气,其中内蒙古东南部、辽宁东南部、山东沿海、浙江沿海、福建沿海出现 7~9 级阵风,浙江中部沿海出现 11 级阵风

3.2 2021 年 12 月 23—26 日寒潮天气过程

23—26 日我国自西北向东南经历了一次寒潮天气过程,造成的影响详见表 1。本次寒潮过程为横槽转竖型,中东部地区出现明显大风降温,降温剧烈,大部地区最低气温达到入冬以来最低值,南方地区气温持续明显偏低。受此次寒潮过程影响,西北地区东部、东北地区东南部、华北、黄淮、江淮、江汉、江南北部和西部及贵州东部等地出现 4~10℃降温,黄淮东部、江淮东部降温幅度达 12~16℃,气温降幅超过 8℃的国土面积为 $360 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占全国面积的 38%;气温降幅超过 14℃的面积为 $37.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。西北地区、华北、黄淮、江淮、江南等地出现降雪或雨夹雪天气,其中贵州东部、湖南中北部积雪深度达 5~10 cm,贵州铜仁、湖南怀化和益阳等局地达 10~20 cm。北方和沿海各省出现大风天气,其中内蒙古东南部、辽宁东南部、山东沿海、浙江沿海、福建沿海出现 7~9 级阵风,浙江中部沿海出现 11 级阵风。低温雨雪天气对上述地区的居民生活、农业生产、交通运输和能源供应等造成一定不利影响。

从 23—26 日的 500 hPa 平均位势高度场和海平面气压场来看(图略),大西洋和乌拉尔山附近高压脊向极地强烈发展,致使极涡分裂,呈多极型分布,其中一个位于西西伯利亚附近,有利于冷空气在此堆积,伴随横槽旋转,冷空气分两股南下,寒潮爆发。23 日 08 时(图 6),北方地区受强冷涡影响,冷

空气主体位于贝加尔湖附近,华北地区受高空冷槽和弱切变线影响,槽前有弱偏南水汽输送,冷暖气流在此交汇,给华北地区带来了雨雪天气。24 日 08 时,500 hPa 横槽下摆,移动至我国华北东部一带,槽后偏北气流不断引导冷空气南下,地面冷高压向南移动,主体移到蒙古国一带,中心强度为 1 060 hPa,给我国中东部地区带来大风降温天气,山西东部、河北南

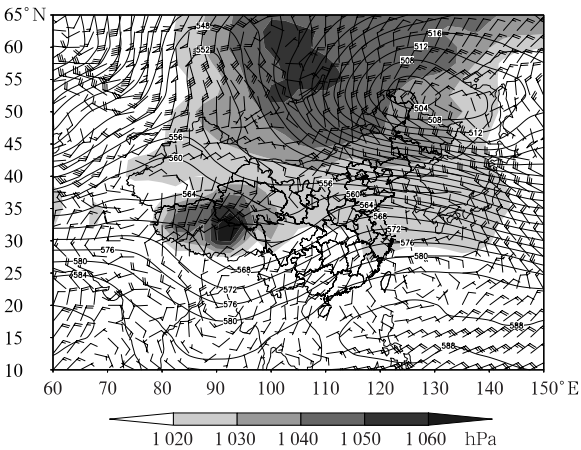


图 6 2021 年 12 月 23 日 08 时 500 hPa 位势高度场(等值线,单位: dagpm)、850 hPa 风场(风羽,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)和海平面气压(阴影)

Fig. 6 Geopotential height (contour, unit: dagpm) at 500 hPa, wind field (barb, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) at 850 hPa and sea level pressure (shaded) at 08:00 BT 23 December 2021

部、山东等地出现小雪或雨夹雪。25 日 08 时,冷高压主体位置移至我国内蒙古东部,随着冷涡后部的横槽下摆,冷空气前锋到达我国华南北部,持续影响我国南方地区。此外,南支槽强度偏强,南方地区处于槽前辐合区,为强降雪提供了有利的水汽和动力条件,西北地区东部、湖北西部、湖南中北部、贵州北部、安徽东南部、山东半岛、浙江中部、江西东北部等地部分地区出现降雪天气(图 7)。27 日起,随着冷空气逐渐东移入海,寒潮天气过程趋于结束。

4 超强台风雷伊过程分析

4.1 概况

12 月,2021 年第 22 号台风雷伊具有“强度大,移速快,影响大”的特点,是有历史记录以来影响南沙诸岛的最强台风。受“雷伊”和冷空气共同影响,17—20 日,南沙群岛、西沙群岛、中沙群岛出现 8~10 级阵风,局地 11~13 级。海南岛沿海、广东沿海、福建南部沿海出现 7~9 级阵风。三沙市共有 5 个岛礁出现 50 mm 以上降水,其中超过 100 mm 的有 3 个,美济礁降水量最大为 177.8 mm。海南岛东半部地区普降大到暴雨,局地出现大暴雨,其中文昌等 9 个市县雨量超过 50 mm,局地超过 100 mm。台风降雨对于缓解华南地区的气象干旱、增加空气湿度和降低森林火险气象等级、增加库塘蓄水大有裨益(国家气候中心,2021)。

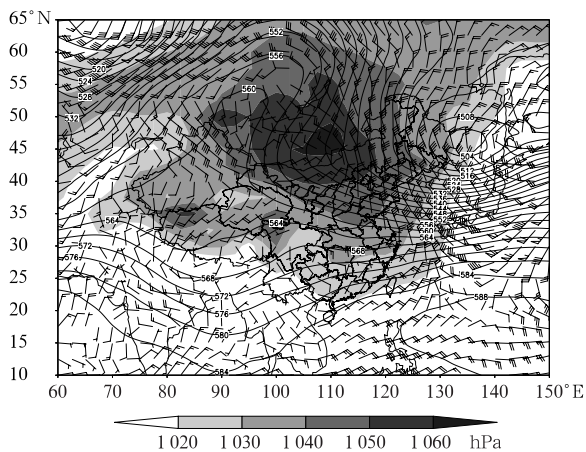


图 7 同图 6,但为 2021 年 12 月 25 日 08 时

Fig. 7 Same as Fig. 6, but at 08:00 BT

25 December 2021

4.2 2021 年 12 月 17—20 日台风过程

第 22 号台风雷伊于 12 月 13 日 14 时在菲律宾棉兰老岛以东洋面生成,以 $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 左右的速度向西偏北方向移动,强度逐渐加强,16 日 08 时在菲律宾棉兰老岛东部近海加强为超强台风级(图 8),16—17 日以超强台风级或强台风级先后登陆菲律宾的锡亚高岛、迪亚加特岛、帕纳翁岛、莱特岛、薄荷岛、宿务岛、内格罗斯岛和巴拉望岛等 8 个岛屿,17 日夜间至 20 日,南海大部海域出现明显的大风天气,我国南沙群岛、中沙群岛、海南岛东部沿海出现 8~10 级阵风,部分岛礁阵风达 12 级以上,渚碧礁最大阵风达 13 级,17 日 20 时以强台风级强度移入南海东南部(图 9),18 日 14 时再度加强为超强台风级,穿过南沙群岛北部。19 日上午转向偏北方向移动,由西沙群岛西侧海域向海南岛东部海面靠近,强度逐渐减弱。

5 雾-霾过程

5.1 概况

2021 年 12 月共有 1 次雾-霾天气过程,出现在 9—11 日,较往年同期偏少。

5.2 12 月 9—11 日雾-霾天气过程

9—11 日,受静稳形势影响,华北中南部、黄淮

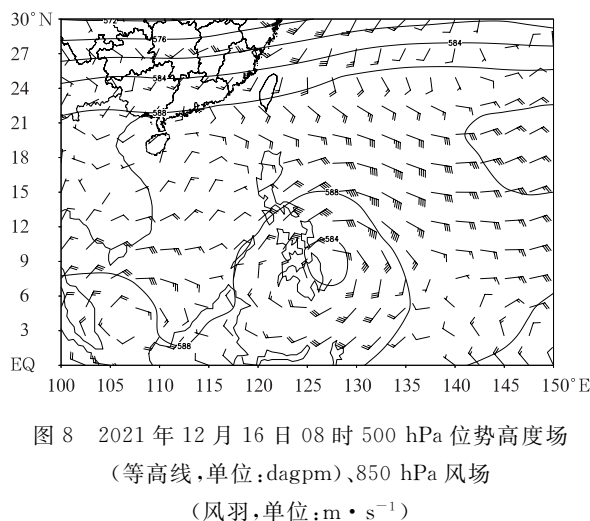


图 8 2021 年 12 月 16 日 08 时 500 hPa 位势高度场
(等高线,单位:dagpm)、850 hPa 风场
(风羽,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 8 Geopotential height (contour, unit: dagpm)
at 500 hPa, wind field (barb, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
at 850 hPa at 08:00 BT 16 December 2021

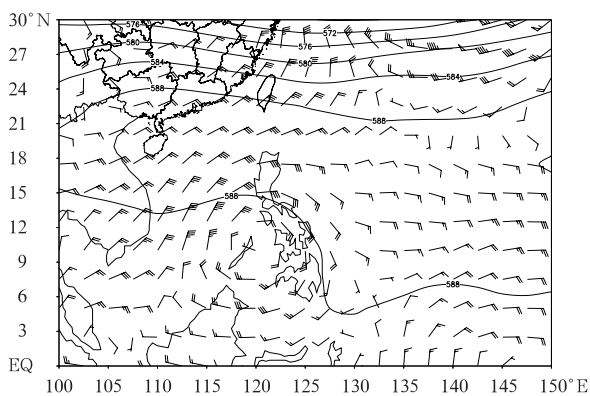


图9 同图8,但为2021年12月17日20时

Fig. 9 Same as Fig. 8, but at 20:00 BT
17 December 2021

西部、汾渭平原、江汉、江南北部等地气象条件不利于污染物扩散,出现了轻至中度霾,局地重度霾,其中10—11日,河南、山东西部、湖北、湖南等地出现重度污染,10日河南郑州 $\text{PM}_{2.5}$ 峰值浓度达到 $189 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。11日夜间起,受冷空气东移南下影响,上述地区霾天气自北向南逐渐减弱消散。此外,10—11日早晨至上午时段,华北、黄淮、江淮、江汉等地出现了明显的大雾天气,其中最重时段为10日早晨至上午时段,河北中南部、山东西部、河南中东部、江苏北部、安徽北部等地的部分地区出现能见度不足200 m的强浓雾,局地出现能见度不足50 m的特强浓雾。

从此次持续雾-霾过程的大尺度环流背景看(图10),9—11日,我国中东部地区高空500 hPa处在西风带纬向环流控制中,无明显槽脊活动,地面高压主体位于贝加尔湖以西,冷空气势力较弱,华北、黄淮等地位于均压场中,等压线稀疏,气压梯度小,水平风速弱,同时,850 hPa有暖脊发展,华北中南部、黄淮中西部等地上空处于“暖干盖”控制,有利于水汽和污染物在近地层积聚,随着这种静稳形势的建立,污染物和水汽的水平扩散条件转差,华北中南部、黄淮等地的霾逐渐发展,有利于雾-霾天气的形成和维持。夜间至上午时段,华北、黄淮、江淮、江汉地区相对湿度增高至95%以上,有利于大雾天气的形成。高湿环境有利于液相反应,生成二次污染物,进一步加重污染。9日,华北中南部、黄淮、江汉、江南西部等地受不利扩散条件影响,污染物开始积累,出现了轻至中度霾,局地重度霾。10日,受冷空气

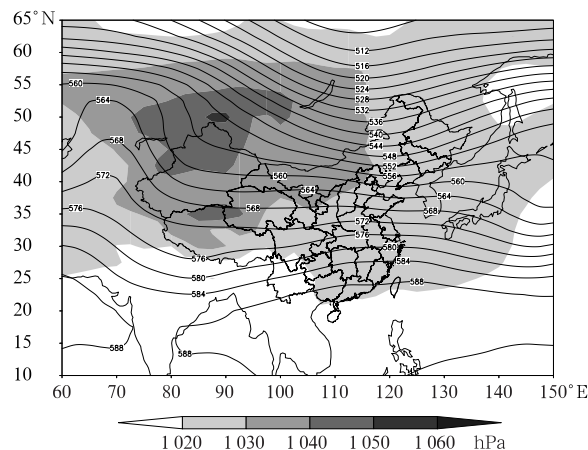


图10 2021年12月9—11日平均500 hPa
平均位势高度场(等值线,单位:dagpm)和
海平面气压(阴影)

Fig. 10 Average geopotential height at 500 hPa
(contour, unit: dagpm) and sea level pressure
(shaded) from 9 to
11 December 2021

前沿小高压影响,白天受东北路径冷空气和降水影响,华北中部大气扩散条件逐渐好转,霾天气有所减弱,华北南部、黄淮中西部、江淮中西部、江汉等地大气扩散条件较差,有轻至中度霾,部分地区有重度霾,11日,受弱偏北路径冷空气以及降水影响,黄淮、江淮、江汉等地的大气扩散条件有所转好,霾天气有所减弱,12日02时受冷空气东移南下持续影响,地面风场逐渐加大,华北中南部、黄淮中西部、江淮中西部、江汉等地大气扩散和清除条件逐渐好转,霾天气自北向南减弱或消散。

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,2021. 2021年12月中国气候影响评价[EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php. National Climate Centre, 2021. Assessment of climate impact over China in December 2021 [EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php.
- 迟茜元,马学敏,江琪,等,2021. 2020年12月大气环流和天气分析[J]. 气象, 47(3): 381-388. Chi X Y, Ma X K, Jiang Q, et al, 2021. Analysis of the December 2020 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 47(3): 381-388(in Chinese).
- 徐冉,桂海林,江琪,等,2020. 2019年12月大气环流和天气分析[J]. 气象, 46(3): 441-448. Xu R, Gui H L, Jiang Q, et al, 2020.

Analysis of the December 2019 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 46(3): 441-448(in Chinese).

徐冉, 张天航, 饶晓琴, 等, 2019. 2018 年 12 月大气环流和天气分析

[J]. 气象, 45(3): 437-444. Xu R, Zhang T H, Rao X Q, et al, 2019. Analysis of the December 2018 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 45(3): 437-444(in Chinese).

(本文责编:王蕾)

新书架

《区域环境气象系列丛书——上海环境气象研究》

许建明 等著

上海作为长三角区域大气污染防治协作中心,在重污染天气预报预警和长三角大气污染联防联控方面发挥着核心作用。该书系统总结上海市气象局在超大城市大气污染机制研究和污染天气预报服务等方面的最新成果;从地面观测、大气遥感、数值模拟、实验室分析等几个方面介绍上海大气污染的基本特征、形成机制及其对人体健康的影响;梳理上海空气质量预报、重污染天气应急预警、健康气象风险预报等业务,以及支撑预报服务业务的环境气象观测系统、模式系统和业务平台技术。可为气象部门从事环境气象、健康气象科技业务工作的同志提供参考。

16 开 定价:280.00 元

《气候变化对中国南方水稻影响研究》

杨晓光 等著

该书以气候变化对南方稻作区水稻生产影响为主线,分析了中国南方水稻生长季农业气候资源变化特征,明确了气候变化对南方不同稻作制的可能种植北界和不同稻作制气候适宜度的影响,定量了高低温灾害、气溶胶污染对水稻产量的影响程度,揭示了南方水稻光温产量潜力和产量差时空特征,并以南方一年三熟种植敏感带为例,评估了单双季稻种植的产量、资源利用效率和环境效益。可供高等院校、科研机构、气象与农业管理部门的科技工作者及关注气候变化与水稻生产的相关人员参考。

16 开 定价:80.00 元

《区域环境气象系列丛书:山东环境气象监测与预报》

丛春华 主编

该书将山东省近十年在环境气象方面的科研和业务成

果,从实况监测与分析、机理研究与预报、业务建设与合作等三个层面进行了系统的介绍,包括山东省空气质量概况、重污染天气生消机理最新研究成果、激光雷达等新数据资料和人工智能等新技术在环境气象预报预测中的应用、山东省环境气象业务建设最新成果以及部门间有效的合作机制等。全书共七章,分别是自然地理特征及气候概况;山东省环境气象监测技术;山东省大气环境时空分布特征;山东省环境气象机理研究;山东省环境气象预报技术研究;山东省环境气象部门合作与服务以及山东省环境气象业务及平台建设。该书将科研成果与业务应用转化紧密相连,深入浅出,实用性强,可供广大环境气象预报人员、相关行业科研人员及高校师生参考。

16 开 定价:170.00 元

《行星大气数值模拟研究》

刘鑫华 著

行星大气数值模拟研究是行星大气研究领域的一项重要内容。对行星大气机理研究、不同行星大气的比较研究和入降着陆的安全进行都有着举足轻重的作用。国外已经开展了多年这方面的工作,而国内该领域的系统研究尚属少见。该书着重从轨道参数对行星大气环流的影响、行星大气环流的模拟角度开展了一些初步模拟研究尝试,基于轨道参数对大气环流的影响和土卫六大气全球环流进行了模拟分析,进而测试了所开发的行星大气环流模式对火星大气的可移植性。该书可供从事行星探测、行星大气数值模拟、行星大气比较学、行星大气气候学、地球古气候模拟等领域的科学研究、业务、教学和管理人员参考。

16 开 定价:68.00 元

气象出版社网址: <http://www.qxcbs.com>, E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

联系电话:010-68408042(发行部), 010-68407021(读者服务部)

传真:010-62176428