

梅双丽,牛若芸,2017. 2016 年 11 月大气环流和天气分析[J]. 气象,43(2):249-256.

2016 年 11 月大气环流和天气分析^{*}

梅双丽 牛若芸

国家气象中心,北京 100081

提 要: 2016 年 11 月大气环流特征如下,北半球极涡呈双极型分布;欧亚中高纬乌拉尔山地区为一高压脊控制,西西伯利亚地区为一较强横槽,我国中高纬纬向环流较平直,处于宽广的位势高度负距平区,西太平洋副热带高压位置偏西偏强,南支槽平均位置位于 90°E 附近。11 月全国平均降水量 30.6 mm,较常年同期(19 mm)偏多 61%,共出现 4 次较强降水过程;江南及华南地区雨日多雨量大。全国有 14 站发生了极端连续降水日数事件,71 站日降水量超过当地 11 月历史同期极大值。11 月全国平均气温为 2.9℃,与常年同期持平。共有 4 次较强冷空气过程,造成我国 180 站发生了极端日降温事件,其中 30 站日降温突破历史极值。11 月出现 4 次大范围严重雾-霾天气过程。此外,西北太平洋和菲律宾南海有三个台风生成,对我国影响较小。

关键词: 大气环流,冷空气,降水,雾-霾

中图分类号: P448

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2017.02.013

Analysis of the November 2016 Atmospheric Circulation and Weather

MEI Shuangli NIU Ruoyun

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The main characteristics of the general atmospheric circulation in November 2016 are as follows. There were two polar vortex centers in the Northern Hemisphere. In the mid-high latitudes of Eurasian areas, there were a high pressure ridge over Ural Mountain and a strong transverse trough over West Siberian. The mid-high latitudes of China were under the control of negative geopotential height anomaly areas, and the zonal circulation was more straight. The northwestern Pacific subtropical high was stronger than normal, located more westward. The south branch trough was located around 90°E averagely. In November, precipitation was characterized by more rainy days and more rainfall amount in the South of the Yangtze River and Southern China. The monthly mean precipitation amount is 30.6 mm, which is 61% more than climatological mean (19 mm). There were four major severe precipitation processes. Extreme continuous precipitation day events occurred over 14 stations, and the daily rainfall amount of 71 stations exceeded the local maximum records in November. Meanwhile, the monthly mean temperature is 2.9℃, which is similar with the climatological mean. There were four main stronger cold air processes, which caused extreme drop in temperature events at 180 stations, among which the readings at 30 stations broke historical extremes. Meanwhile, there were four serious and wide fog-haze weather processes. Besides, three typhoons were generated in the Northwest Pacific, South China Sea and Philippines, but their influence on China was little.

Key words: atmospheric circulation, cold air, rainfall, fog-haze

* 2017 年 1 月 5 日收稿; 2017 年 1 月 12 日收修定稿

第一作者:梅双丽,主要从事中长期天气预报研究. Email:meisl@cma.gov.cn

1 天气概况

1.1 降水

2016 年 11 月,全国平均降水量 30.7 mm,较常年同期(18.8 mm)偏多 64%(国家气候中心,2016)。空间分布上,长江中下游沿岸及其以南地区降水量在 50 mm 以上,其中江南东南部、华南东部等地降水量有 100~200 mm;西北地区北部、内蒙古地区东部、华北、东北、西南地区中部和东部地区 50 mm 以下;西北地区中东部大部地区、青藏高原大部地区几乎无降水(图 1);与常年同期相比,东北大部、华北北部、黄淮西部、江淮、江南南部、华南大部、西南东北部和南部以及新疆北部和西部、内蒙古东北部、西藏中部等地降水量偏多 2 成至 1 倍以上,其中东北西北部、华南大部及新疆西部、内蒙古东北部、西藏中部、云南西北部、四川南部等地偏多 1~2 倍,部分地区偏多 2 倍以上;华北南部、西北大部、黄淮东南部以及内蒙古中西部、西藏东部和西部、四川西部等地降水量较常年同期偏少 2~8 成,其中西北东北部及内蒙古中西部、西藏东部和西部、四川西部偏少 8 成以上(图 2)(国家气候中心,2016;中国气象局,2016)。

1.2 气温

2016 年 11 月,全国平均气温为 2.9℃,与常年同期持平(国家气候中心,2016)。从空间分布看,全国大部地区气温接近常年同期或偏高,其中华北地区西部、西北地区东北部及青藏高原大部、云南中部

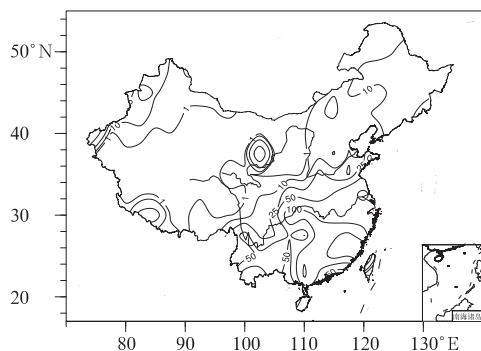


图 1 2016 年 11 月全国降水量(单位:mm)

Fig. 1 Distribution of precipitation over China in November 2016 (unit: mm)

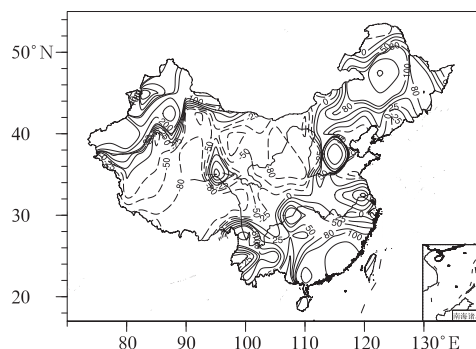


图 2 2016 年 11 月全国降水量距平百分率分布(单位:%)

Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage over China in November 2016 (unit: %)

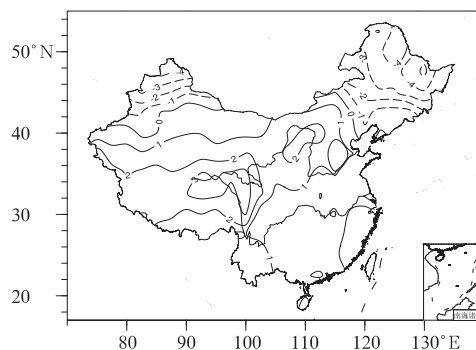


图 3 2016 年 11 月全国平均气温距平分布(单位:℃)

Fig. 3 Distribution of monthly mean temperature anomaly over China in November 2016 (unit: °C)

和南部等地偏高 1℃以上,四川西北部、青海南部、西藏中部等地偏高 2~4℃。东北地区大部及内蒙古地区东部、新疆北部等地气温较常年同期偏低 1~4℃,黑龙江及新疆北部和内蒙古东北部的部分地区偏低 4℃以上(图 3)(国家气候中心,2016)。此外,东北、黄淮、江淮、江汉、西南、华南等地 180 站出现极端日降温事件,其中吉林罗子沟(19.3℃)、黑龙江呼玛(18.2℃)等 30 站降温幅度突破历史极值(中国气象局,2016)。

2 环流特征与演变

2.1 环流特征

2.1.1 极涡呈偶极型分布,东亚槽偏强

2016 年 11 月,北半球极涡呈偶极型分布,主极

涡位于北美洲的阿勒特附近,另一个极涡中心位于亚洲北部的鄂霍茨克海附近,中心强度低于504 dagpm,并伴有明显的负距平,负距平中心值达到-80 dagpm以下,强度较常年同期明显偏强且位置偏南。在北半球中高纬度,环流呈4波型分布,低槽分别位于太平洋东部、北美东部、欧洲东部和亚洲东岸,其中亚洲东岸和太平洋东部槽区附近为较强的负距平,低槽强度较常年同期偏强。另外,乌拉尔山地区的高压脊和北极地区为高压打通连接,极区为较强的位势高度正距平控制,使得东半球的低压区较偏南,欧亚地区中高纬以纬向环流为主,多短波槽活动,影响我国的冷空气偏北(图4)。

2.1.2 西太平洋副热带高压偏西偏强

2016年11月西太平洋副热带高压(以下简称副高)强度较常年同期偏强,西伸脊点位置在 100°E

附近,较常年同期 128°E 明显偏西,副高脊线纬度位置接近常年同期 22°N (图3)(黄威和张芳华,2015;沈晓琳和何立富,2016)。南支槽平均位置大致位于 90°E 附近,强度较常年同期偏弱。

2.2 环流演变与我国天气

11月上旬(图5a),极地地区为高压控制,高压中心达513 dagmp, 70°N 以北为较强的位势高度正距平。欧亚中高纬度平均环流经向度较大,呈西高东低型,槽区位于亚洲东部, $45^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 纬度带为位势负距平区控制,亚洲中部为脊区所控制,脊前的西北气流引导冷空气南下影响我国中东部地区,旬内有一次强冷空气过程,气温降幅较大,达到全国寒潮天气强度,北方黑龙江和吉林等地出现大到暴雪天气(表1);同时西太平洋副高偏西偏强,脊线位于我国 22°N 附近,副高西侧暖湿气流和北方冷空气交汇于华南地区,南方有一次降水过程。新疆地区位于低涡低槽前部,出现多次降雪过程。此外,旬前期南支波动活跃,配合副高西伸,给位于槽前的云南地区带来大范围持续性连阴雨天气。另外,逐日环流演变(图略)显示冷空气间歇期华北等地出现两次较强雾-霾天气过程。

中旬(图5b),乌拉尔山地区的高压脊和极地地区的高压打通连接控制欧亚高纬极地地区。欧亚中高纬西西伯利亚地区为一较强横槽控制,亚洲地区平均环流较平直。逐日环流演变(图略)显示有两次冷空气过程,冷空气活动较弱而且影响位置较偏北,造成新疆、内蒙古和东北地区出现了中到大雪、局地暴雪天气。我国中低纬中东部平均环流平直且对应较强位势高度正距平,为弱脊区所控制,地面温度由上旬的偏低转为偏高,静稳条件较好,地面风速较小,华北和黄淮等地出现两次雾-霾天气过程。副高偏西偏强,西伸脊点位于(20°N 、 100°E)附近,有利于水汽向华南地区输送,同时配合低层切变,华南出现暴雨。

下旬(图5c),欧亚高纬度地区为带状低涡控制,对应较强的负位势高度距平。中高纬的平均环流形势再次调整为西高东低型,环流经向度较大,巴湖西侧有一切断低压形成,我国大部地区处于西北气流控制下,出现了入冬以来最强冷空气过程,全国大部地区降温幅度较大(表1)。副高西伸脊点位于(15°N 、 110°E)附近,其西侧边缘输送水汽,与北方冷空气汇合于华北、黄淮等地形成切变线,使这些地

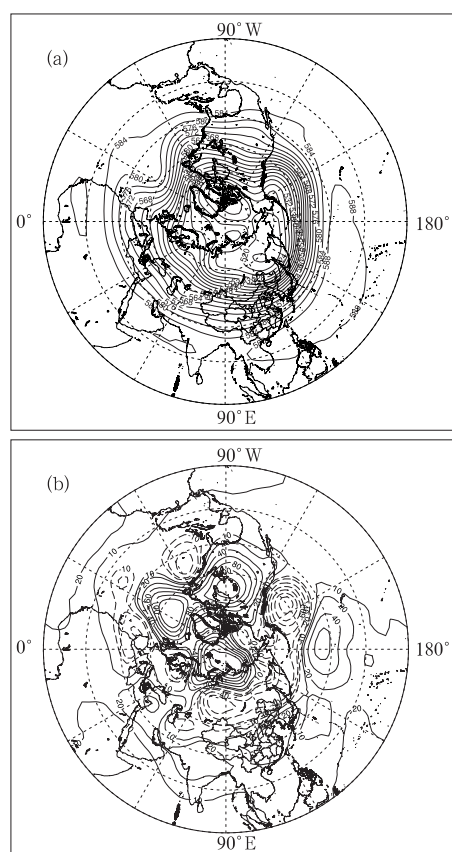


图4 2016年11月北半球500 hPa
平均高度场(a)和距平场(b)
(单位:dagpm)

Fig. 4 Monthly mean geopotential height (a)
and anomaly (b) at 500 hPa in the
Northern Hemisphere in
November 2016 (unit: dagpm)

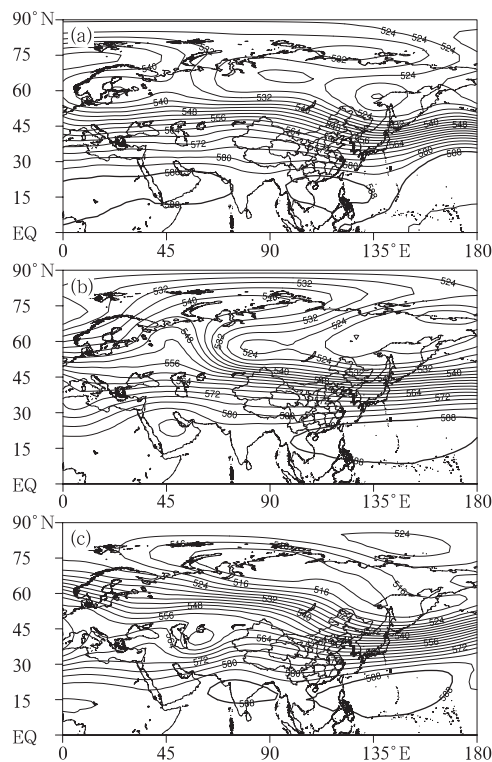


图 5 2016 年 11 月上旬(a)、中旬(b)和下旬(c)的 500 hPa 平均位势高度场(单位:dagpm)

Fig. 5 The 500 hPa averaged geopotential height over Eurasian in early (a), middle (b), late (c) decks of November 2016 (unit: dagpm)

区出现初雪天气。南支系统活跃,配合北方南下冷空气和东风急流输送暖湿气流,华南等地出现暴雨。

3 冷空气过程

3.1 概况

2016 年 11 月,共出现了 4 次中等强度以上的冷空气过程(表 1)其中 5—9 日和 20—24 日分别出现了全国性寒潮天气过程,特别是 20—24 日寒潮过程为今年入冬以来出现的最强冷空气过程。11 月全国共有 180 站发生了极端日降温事件,主要分布在东北中南部、黄淮、江淮、江汉及重庆、贵州、湖南等地,其中吉林罗子沟(19.3℃)、黑龙江呼玛(18.2℃)和河南新蔡(14.5℃)等 30 站日降温突破历史极值;304 站发生了极端连续降温事件,主要分布在华北北部、黄淮、江淮、江汉、江南西部等地,其中安徽阜南(5 d 降温 25.8℃)和河南虞城(5 d 降温 25.7℃)等 36 站连续降温突破历史极值(国家气候中心,2016)。

3.2 11 月 20—24 日冷空气过程分析

按照中央气象台冷空气强度划分标准,这次过程达到了全国寒潮强度。除青藏高原和西南地区西部和南部外,我国大部地区受寒潮天气影响出现 6~16℃降温,黄淮、江淮、江南北部、华南北部等地降温幅度超过 16℃,陕西定边最大降温幅度达 26.1℃;华北北部和西部最低气温降至-10℃以下,华北东部和南部、黄淮最低气温-9~-6℃,气温 0℃线南压至长江沿线,河南、湖北等地 30 多个县、市最低气温为当地 11 月历史极小值。同时,冷空气

表 1 2016 年 11 月主要冷空气天气过程

Table 1 Major cold air events in November 2016

冷空气过程	强度等级	影响区域和大风降温幅度以及降雪
11 月 5—9 日	全国寒潮天气	全国大部气温普遍下降 6~8℃,其中新疆、青海、内蒙古、东北地区南部等地部分地区降温 10~12℃,局地可达 12℃以上。江南中南部、贵州、华南北部等地部分地区日平均气温(或最低气温)累积下降 10℃以上,平均气温较常年同期偏低 5℃左右。冷空气影响期间伴有 4~6 级偏北风,阵风 7~8 级,东部和南部海区风力有 6~8 级,阵风 9~10 级。
11 月 14—15 日	北方中等强度冷空气	华北、东北降温 6~8℃,局地 8~10℃以上,伴有 4~6 级偏北风。内蒙古东北部、东北北部中到大雪(4~8 mm),黑龙江中部局地暴雪(10~15 mm)。
11 月 17—20 日	全国较强冷空气	北方降温 6~8℃,局地 10℃以上,长江中下游降温 4~6℃,偏北风 4~6 级,阵风 7 级。
11 月 20—24 日	全国寒潮天气	我国中东部大部地区平均气温普遍下降 6~10℃,其中,西北地区东南部、华北地区西部和南部、黄淮中西部、江淮中西部、江南中西部、华南北部以及四川东部、重庆、贵州等地气温下降 12~14℃,河南、湖北、湖南、贵州等地的部分地区降温可达 16℃以上。上述地区伴有 4~6 级偏北风,东部和南部海区风力有 7~9 级。西北东部、华北、黄淮江淮北部、江汉北部等地中到大雪,局地暴雪,以上大部地区为初雪。

影响地区伴有4~6级偏北风,东部和南部海区风力有7~9级。东北、华北至江南北部自北向南先后出现降雪或雨夹雪天气,河南中部、陕西关中、安徽中部及河北北部等地出现暴雪。河北北部、北京、天津、河南、苏皖中北部、湖北北部、陕西关中等地降水量有10~25 mm,河南中部、安徽中部达30~40 mm。河北北部、河南中部、安徽沿淮大部地区、陕西关中东部等地积雪深度达10~25 cm(国家气候中心,2016)。中央气象台提前发布了寒潮黄色、橙色预警和暴雪蓝色预警。

根据500 hPa位势高度场和地面气压场的演变,此次冷空气过程为横槽转竖型。冷空气的源地为新地岛以东洋面,冷空气经喀拉海、太梅尔半岛、苏联地区进入我国;路径为西北路,冷空气从关键区($43^{\circ}\sim 65^{\circ}\text{N}$ 、 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$)经内蒙古到达我国河套地区附近南下,直达长江中下游及江南地区(朱乾根等,2007)。20日08时,欧亚中高纬度环流形势呈现一脊一槽形势,高压脊位于乌拉尔山地区,脊线成东北—西南走向;脊前横槽位于贝加尔湖—黑海一带,伴有500 hPa冷中心,强度达 -40°C 以下且冷中心较深厚(图略);鄂霍次克海附近极涡中心强度为496 dagmp(图略)。地面冷高压占据了西伯利亚地区,中心强度达1060 hPa,表明冷堆已经形成。地面冷锋位于冷高压前沿的内蒙古中部—甘肃北部—新疆一带(图6a)。中纬度,低层925 hPa切变辐合、偏东风气流和地面倒槽的系统配置有利于华北出现雨雪天气。21日,欧洲大陆北部一小槽斜压不稳定发展,低槽前的乌拉尔山脊受到暖平流动力加压作用发展,位于中西伯利亚地区的高压脊由东北—西南向转为偏东北—西南南方向;贝加尔湖附近的横槽槽后东北风转为西北和偏北风,槽前东南侧冷平流使负变高加强,横槽转竖,环流经向度加大,脊前槽后的偏北气流引导冷空气不断南下(牛若芸等,2009);巴湖以西地区有切断低压生成;中西伯利亚东部的冷涡南掉低槽东移;槽后对应的地面冷高压强度增强至1070 hPa,地面锋区南移位于华北河套南部—青海地区一带(图略)。华北、黄淮地区位于500 hPa低槽槽前,700 hPa偏南风沿925 hPa偏东北风抬升,850 hPa比湿 $2\sim 4\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,850 hPa上 -4°C 线南压至这一带,这些条件有利于华北、黄淮等地出现雨雪天气。22日,由于巴湖西侧的切断低压西退,乌拉尔山高压脊加强发展成阻塞高压,中心强度为576 dagmp;新地岛以西巴伦支海小槽东移到新地岛以东喀拉海地区,其东侧中西伯利亚地区有脊发展起来,脊前冷涡继续南掉至我国东北地区

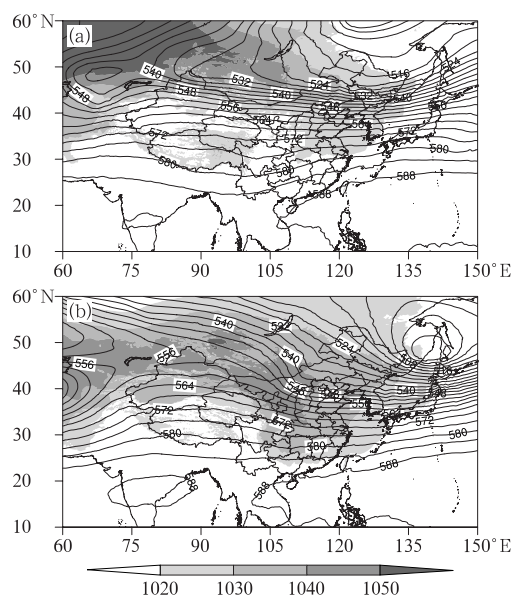


图6 2016年11月20日(a)和23日(b)500 hPa高度场(单位:dagpm)和气压场(单位:hPa)分布

Fig. 6 Distribution of geopotential height (solid lines, unit: dagpm) at 500 hPa and pressure (shaded area, unit: hPa) on 20 (a) and 23 (b) November 2016

北部,脊前低涡低槽后的西北气流继续将极地冷空气向南输送。地面冷锋南移到长江流域—四川北部—青海南部地区一带(图6b)。中纬度地区,700 hPa偏南风继续沿925 hPa偏东北风抬升,850 hPa上 -4°C 线南压至黄淮、江淮地区,这些有利条件利于黄淮、江淮等地出现雨雪分界天气。23日,乌山阻高和巴湖以西切断低压西退;乌山以东地区的低槽发展加强成一小低压,亚洲中高纬处于槽前西北气流控制下向南方输送冷空气,东北低涡东移到日本海北部地区。地面冷高压前沿已经压到华南南部,我国大部地区受冷高压控制,华北地区早上出现最低温(图略)。中低纬度,850 hPa上 -4°C 线南压至江淮、江汉地区,江淮、江汉北部降雪。24日,乌山阻高减弱为高压脊,巴湖以西切断低压仍加强维持;乌山以东地区的低槽发展加深并转为南北向,槽前多短波槽脊活动,冷空气继续影响我国大部地区,黄淮及以南早晨出现最低温;西伯利亚东部的冷涡东移消失,东亚大槽完成一次更替。

4 主要降水过程

4.1 概况

2016年11月,江南及华南地区雨日多,雨量

大。长江中下游及其以南地区和贵州等地降水日数普遍在 10 d 以上,其中江南大部有 20 d 左右。与常年同期相比,上述大部地区降水日数偏多 3~6 d,其中浙江西部、福建北部、江西东部等地偏多 6~10 d。皖、湘、赣、浙、闽、桂、粤 7 省区域平均降水日数 15.3 d,比常年同期偏多 4.3 d;同时平均降水量

109.5 mm,比常年同期偏多 86%(国家气候中心,2016)。11 月我国南方较强降水过程共出现 4 次(表 2),分别出现在 6—9、19—21、22—23 和 25—27 日,集中在 11 月下旬,主要受高空槽、低涡低槽、切变、南支槽和东风急流等系统影响。以下将对 19—21 日的降水过程进行分析。

表 2 2016 年 11 月主要降水天气过程

Table 2 Major precipitation processes in November 2016		
降水时段	主要影响系统	影响区域及降水强度
11 月 6—9 日	切变线	四川东南部、重庆东部、云南西部和东部出现暴雨
11 月 19—21 日	南支槽、切变线	湖南南部、江西南部、福建大部、广东北部出现暴雨
11 月 22—23 日	短波槽、东风急流	珠三角、广东东部沿海出现暴雨
11 月 25—27 日	南支槽、东风急流	江西中南部、福建大部、广东东部出现暴雨

4.2 11 月 19—21 日降水过程分析

11 月 19—21 日,我国大部出现小到中雨,其中湖南南部、江西南部、福建大部、广东北部、广西东部出现大到暴雨,累计降水量在 25 mm 以上,最大中心可达 100 mm 以上,主雨带呈东北—西南走向(图 7)。

影响此次降水过程的天气系统为南支槽、低层切变线。19 日,南支波动活跃,副高边缘西侧 850 hPa 偏南气流输送暖湿气流(图略)。20 日,副高边缘西侧 850 hPa 偏东南气流在我国东南沿海附近风速值超过 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,达到低空急流强度(图略),925 hPa 偏东南风风速强度也超过 $8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,同时,另一支来自于东海上的偏东风气流风速在浙江北部、江苏大部、武汉中部、湖南中南部超过 $8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (图 8),共同向江南东南部、华南东北部等地输送水汽。水汽通量辐散值负值通常表示辐合,低层水汽通量辐合区主要位于广西、广东、湖南、江西

和福建交界地区,相对湿度较大,850 hPa 湿度条件有利于强降水的发生(图 9);我国中东部低层弱冷空

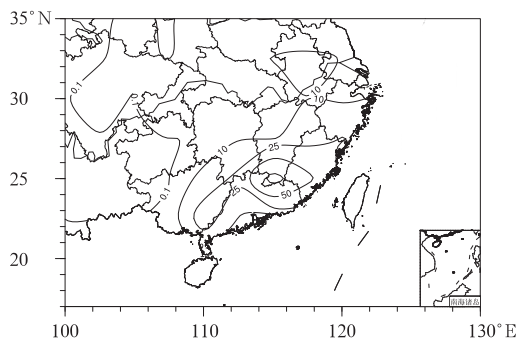


图 7 2016 年 11 月 19—21 日全国累计降水量分布(单位:mm)
Fig. 7 Distribution of total precipitation amount during 19–21 November 2016 (unit: mm)

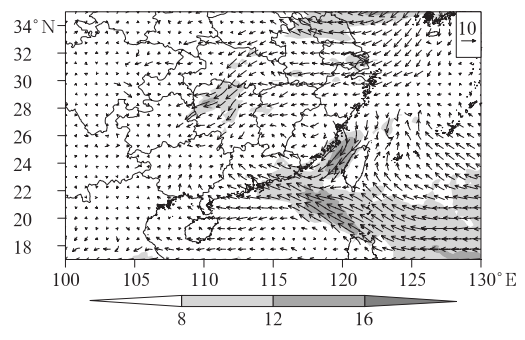


图 8 2016 年 11 月 20 日 925 hPa 风(矢量,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)和急流(阴影)分布
Fig. 8 Distribution of the wind field (vector, unit: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) and jet stream (shaded area) at 925 hPa on 20 November 2016

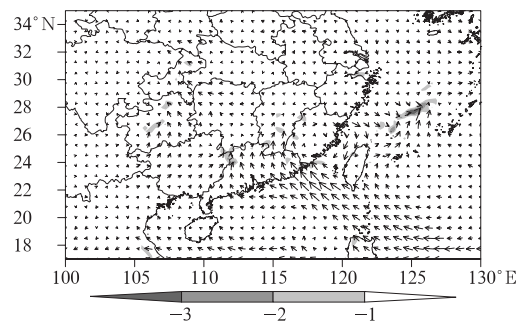


图 9 2016 年 11 月 20 日 850 hPa 水汽通量(矢量,单位: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)和水汽通量散度(阴影,单位: $10^{-6}\text{ kg}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)分布
Fig. 9 Distribution of water vapor flux (vector, unit: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) and water vapor flux divergence (shaded area, unit: $10^{-6}\text{ kg}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$) at 850 hPa on 20 November 2016

气与南方的东南暖湿气流交汇,在江南南部、华南地区形成切变线(图 8),之后明显加强,广西、广东、湖南交界地区出现大到暴雨。此次过程中,高空南支槽和低层切变线为此次较强降水提供了有利的动力条件,低层不稳定条件有利,低层暖湿舌北伸,水汽条件较好,为这次降水过程的产生提供了非常有利的热力和水汽条件。

5 雾-霾过程

5.1 概况

2016 年 11 月我国雾-霾天气过程频繁(1—3、3—6、8—10、10—13、17—19、24—25 和 28—29 日),其中 1—3、3—6、8—10 和 17—19 日为重污染天气过程(表 3),3—6 日为 2016 年 11 月最为严重的一次过程,中央气象台提前发布了霾橙色预警和大雾黄色预警。

5.2 11 月 3—6 日雾-霾天气过程分析

11 月 3—6 日雾-霾过程在内蒙古东南部、华北中南部、东北中西部、黄淮中部和北部、江淮东部、陕西关中等地的部分地区出现轻到中度霾,局地重度霾,这次过程的首要污染物是 $PM_{2.5}$,华北中南部、陕西关中、黑龙江西南部、东北等地的部分地区 $PM_{2.5}$ 平均浓度大于 $150 \mu g \cdot m^{-3}$,出现重度污染;其中北京超过 $300 \mu g \cdot m^{-3}$ (图 10),哈尔滨局地超过 $1000 \mu g \cdot m^{-3}$,达到严重污染(表 3)。另外,3 日夜间至 4 日凌晨、4 日夜间至 5 日凌晨,华北中南部、黄淮南部、陕西关中、四川盆地、江汉东部、江南北部和西部等地出现大雾;其中,北京南部、天津西部和北部、河北中南部、山西南部、四川盆地、陕西关

中等地的部分地区等地有强浓雾,局地出现能见度不足 50 m 的特强浓雾。

对此次雾-霾天气的形成原因进行分析,首先环流形势上,11 月 3—6 日,冷涡位于 $50^{\circ}N$ 以北,中纬度地区大气呈纬向环流,冷空气活动弱,大气层结趋于稳定;华北地区受弱偏南风控制,华北中部处于低压辐合区里并且相对湿度较大(图略)。因此,华北中部城市北京、保定、石家庄一带污染最为严重。

静稳指数变化显示,北京、石家庄、保定大部时段静稳指数为 12—18(图略),大气静稳条件较好,污染扩散条件差。 $PM_{2.5}$ 浓度变化表明,这次雾-霾天气过程期间,北京 $PM_{2.5}$ 小时浓度超过 $150 \mu g \cdot m^{-3}$ 的重度污染持续时间长达 58 h,峰值浓度达 $325 \mu g \cdot m^{-3}$;石家庄 $PM_{2.5}$ 小时浓度超过 $150 \mu g \cdot m^{-3}$ 的重度污染持续时间长达 74 h,峰值浓度达 $340 \mu g \cdot m^{-3}$;保定 $PM_{2.5}$ 小时浓度超过 $150 \mu g \cdot m^{-3}$ 的持续时间达 51 h,峰值浓度达 $439 \mu g \cdot m^{-3}$,北京、石家庄、保定三城市峰值浓度均出现在 4 日中午(图 10)。逆温条件上,北京 2 日 20 时的探空,近地面层出现明显逆温层,3 日 08 时,低层风向随高度逆转有弱冷平流,上层风向随高度顺转有暖平流,低层降温、高层升温使逆温层加强发展,厚度增加,大气层结更为稳定;4 日逆温维持(图略)。逆温层的存在极大地抑制了污染物的垂直扩散,污染持续加强。

对于北京地区来讲,特殊的地形会导致盛行偏南风时,本地排放与区域污染输送的共同作用使得空气质量比较差。除此之外,外来污染物的输入作用也对北京地区污染起了重要作用,这次过程中河北是最大的外来污染输送地区,其次是天津。2—5 日,北京地区 950 hPa 上空主要盛行西南风,这样持续的输送和本地排放的积累导致北京地区污染物浓度不断攀升(国家气象中心,2016)。

表 3 2016 年 11 月主要雾-霾天气过程
Table 3 Major fog-haze processes in November 2016

起止时间	过程类型	影响范围及强度
11 月 1—3 日	雾-霾	北京、天津、河北中南部、山东、河南、山西东部和南部、陕西关中等地首要污染物为 $PM_{2.5}$,部分地区 $PM_{2.5}$ 浓度超过 $350 \mu g \cdot m^{-3}$,河北中南部局地超过 $500 \mu g \cdot m^{-3}$
11 月 3—6 日	雾-霾	北京、天津、河北、河南、山东、山西、陕西、黑龙江、吉林、辽宁、安徽北部、江苏北部和南部等地首要污染物为 $PM_{2.5}$,北京超过 $300 \mu g \cdot m^{-3}$,哈尔滨局地超过 $1000 \mu g \cdot m^{-3}$
11 月 8—10 日	雾-霾	河北中南部、山东、河南、江苏北部等地首要污染物为 $PM_{2.5}$
11 月 17—19 日	雾-霾	北京、天津、河北、河南、山东、山西、陕西、辽宁等地首要污染物为 $PM_{2.5}$,北京超过 $200 \mu g \cdot m^{-3}$,太原、临汾超过 $400 \mu g \cdot m^{-3}$

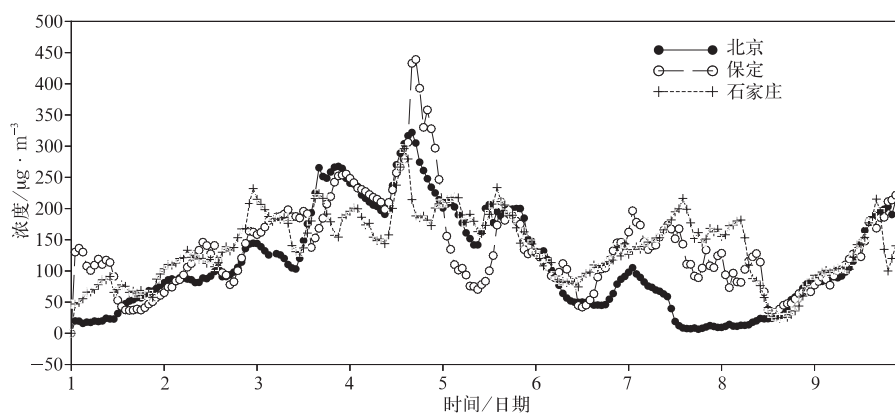


图 10 2016 年 11 月 1—10 日北京、保定、石家庄 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度实况

Fig. 10 The observation of $\text{PM}_{2.5}$ concentration in Beijing, Baoding and Shijiazhuang in 1—10 November 2016

6 热带气旋活动

6.1 概况

2016 年 11 月,西北太平洋上有三个热带气旋生成,生成数较常年同期平均(2.3 个)(胡海川, 2013)偏多。

今年第 23 号台风米雷(Meari)于 11 月 3 日上午在西北太平洋洋面上菲律宾吕宋岛附近生成,强度为热带风暴,以 $18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度向东北方向移动,5 日凌晨前后加强到强热带风暴级,下午加强为台风级;7 日由强台风级减弱为台风级,在日本东南部洋面变性为温带气旋,中央气象台于 17 时对其停止编号。“米雷”对我国海域无影响。第 24 号台风马鞍(Ma-on)于 10 日晚上在西北太平洋洋面上美国关岛附近生成,强度为热带风暴,以 $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度向西偏北方向移动,强度变化不大;12 日强度逐渐减弱消失,中央气象台于 14 时对其停止编号。“马鞍”对我国海域无影响。第 25 号台风蝎虎(Tokage)于 25 日由菲律宾附近热带低压发展加强,中央气象台 25 日 10 时发布台风蓝色预警。“蝎虎”以 $20 \sim 25 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度向西偏北方向移动,穿过菲律宾中部岛屿后,于 25 日夜间移入南海东南部海面;26 日开始逐渐转向偏北方向移动,强度逐渐加强,最强可达强热带风暴级(10~11 级, $25 \sim 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)。于 28 日 02 时在南海中部海面由强热带风暴级减弱为热带风暴级,早晨其强度持续减弱,并在南海中部海面减弱消失,中央气象台于 08 时对其停止

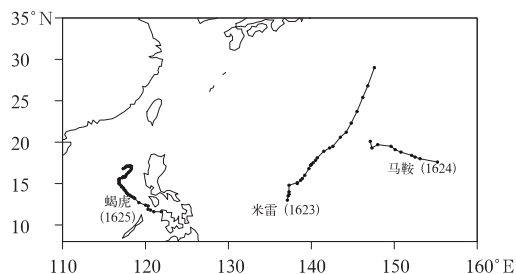


图 11 2016 年 11 月生成的台风路径分布

Fig. 11 The tracks of tropical cyclone in November 2016

编号。受“蝎虎”影响,台风中心经过的附近海域风力达 9~10 级,阵风 11~12 级(图 11)。

致谢:感谢系统室吕终亮提供 11 月降水累计和距平以及温度距平数据。

参考文献

- 国家气候中心,2016.2016 年 11 月气候影响评价[R].
- 国家气象中心,2016.2016 年第五期联合会商工作简报[R]. 暖季会商简报,第五期(总第 30 期).
- 胡海川,2013.2012 年 10 月大气环流和天气分析[J]. 气象,39(1): 123-128.
- 黄威,张芳华,2015.2014 年 11 月大气环流和天气分析[J]. 气象,41(2):254-260.
- 牛若芸,乔林,陈涛,等,2009.2008 年 12 月 2—6 日寒潮天气过程分析[J]. 气象,35(12):74-82.
- 沈晓琳,何立富,2016.2015 年 11 月大气环流和天气分析[J]. 气象,42(2):254-260.
- 中国气象局,2016.中国气象局 2016 年 11 月新闻发布会材料[R].
- 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等,2007. 天气学原理和方法,第 4 版[M]. 北京:气象出版社:1-10.