胡宁，孙军. 2016. 2016 年 3 月大气环流和天气分析. 气象，42(6)：770-776.

2016 年 3 月大气环流和天气分析*

胡　宁　孙　军
国家气象中心，北京 100081

提　要： 2016 年 3 月大气环流主要特征是：极涡呈偶极型，主极涡偏向西半球，巴尔喀什湖至我国东部为弱脊控制，欧亚大陆环流经向度总体偏小。副热带高压脊线较常年偏南，向西延伸至印度洋与非洲大陆副热带高压打通成带状，南支槽较常年偏弱，但高原槽较为活跃。3 月，全国平均降水量为 29.3 mm，接近常年同期(29.5 mm)。全国平均气温为 6.1℃，较常年同期(4.1)偏高 2.0℃，为历史同期第三高值。月内，我国出现 1 次较强的冷空气过程和 2 次较强的降水过程，广东 3 月 21 日宣布开汛，提前 16 d 进入华南前汛期。我国中东部出现 2 次雾-霾天气过程，北方出现 3 次沙尘天气过程，晋豫陕部分地区遭受气象干旱。西南、江南中南部、华南中东部多地出现雷暴大风、冰雹、短时强降水等强对流天气。

关键词： 大气环流，冷空气，雾-霾，沙尘，暴雨
中图分类号： P458　　**文献标志码：** A　　**doi：** 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.06.013

Analysis of the March 2016 Atmospheric Circulation and Weather

HU Ning　SUN Jun
National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The atmospheric general circulation of March 2016 is characterized by the following: The polar vortex was in a dipole pattern with its main body located over the Western Hemisphere. A weak ridge spanned from Lake Balkhash to East China, and the degree of meridionality was lower than normal. The ridge of the Western Pacific Subtropical High was located more southward than normal, and there was a subtropical high belt spaning from Western Pacific all the way to African continent. The Bay of Bengal trough was weaker than normal while the Tibetan plateau trough was stronger. The monthly mean precipitation over China was 29.3 mm, close to its normal value (29.5 mm). The monthly mean temperature was 6.1℃, 2 ℃ higher than normal, ranked the third in record. One cold air process and two rainfall processes occurred in March. Guangdong Province declared the beginning of flood season on 21 March, 16 days earlier than normal. Two fog-haze processes occurred in the central and eastern part of China, and three sand-dust processes in northern China. Drought emerged in the provinces of Shanxi, Shaanxi and Henan. Thunderstorm, gust, hail and short-time severe precipitation hit the vast areas of the southwest, the central and southern part of the south to Yangtze River, and the central and eastern part of South China.

Key words: atmospheric circulation, cold air, fog and haze, sand and dust, torrential rain

引　言

3 月为冬春之交，我国气候特征是，北方冷空气逐渐减弱，但仍有一定势力，随着气温回升，地表解冻，北方开始出现沙尘天气。同时，西南暖湿气流增强，华南开始出现“回南天”。北方冷空气与暖湿气流在江南、华南交汇，带来充沛雨水，并导致风雹、短

* 2016 年 5 月 4 日收稿；　2016 年 5 月 9 日收修定稿
第一作者：胡宁，主要从事天气预报工作. Email：huning425@126.com

时强降水等强对流天气。我国北方地区降水较少，一些区域常有旱情发展，中东部雾一霾天气也较为频繁（赖芬芬等，2015）。

2016 年 3 月，极涡主体偏向西半球，位于巴芬海附近，巴尔喀什湖至我国东部为弱脊控制，欧亚大陆环流经向度总体偏小，冷空气势力弱于常年，除华南地区因阴雨天气较频繁比常年偏冷外，全国大部分地区月平均温度比常年偏高。副热带高压（以下简称副高）脊线较常年偏南，向西延伸至印度洋与非洲大陆副高打通成带状，南支槽较常年偏弱，槽前水汽输送位置偏南，导致江淮、黄淮、华北地区降水偏少，江南南部和华南降水偏多。

1　天气概况

1.1　降水

2016 年 3 月，全国平均降水量为 29.3 mm，接近常年同期（29.5mm）（国家气候中心，2016）。黄淮中南部、江淮、江汉、江南、华南、西南地区大部、西北地区中东部、西藏地区中东部、新疆西北部、吉林、黑龙江、内蒙古东北部本月有超过 10 mm 的累积降水。其中，江南大部、华南东部、广西东北部、贵州东部以及重庆南部累积降水大于 100 mm，广东东部、福建大部、江西南部以及湖南东南部累积降水大于 200 mm，粤东北、赣南、闽南累积降水量超过 300 mm，累积降水极大值在广东蕉岭，达 426.9 mm。我国其余地区大部分站点的月累积降水量不足 10 mm（图 1）。

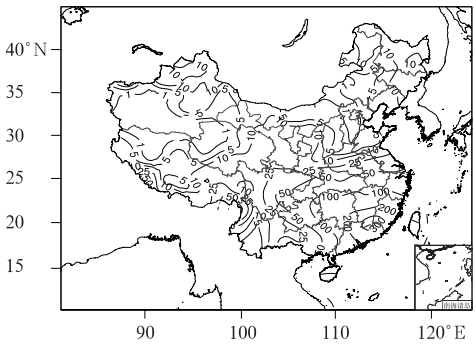

图 1　2016 年 3 月全国降水量分布（单位：mm）

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

与常年同期相比，内蒙古东北部和西部、黑龙江北部、吉林东北部、西北地区中部和东北部、新疆西北部、西藏地区中部、西南地区北部和东北部、江南南部、华南东部降水偏多。其中华南东部、西南东北部等地的局部地区累积降水偏多 1 倍以上，内蒙古西部降水偏多 2 倍以上。我国其余地区降水量接近常年或偏少，其中华北东部、黄淮北部降水偏少 8 成以上（图 2）。

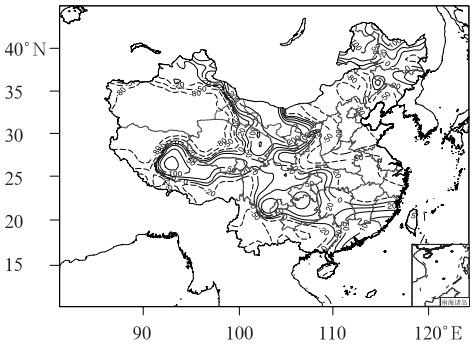

图 2　2016 年 3 月全国降水量距平百分率分布（单位：%）

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

1.2　气温

2016 年 3 月，全国平均气温为 6.1℃，较常年同期偏高 2.0℃，为历史同期第三高值（国家气候中心，2016）。从空间分布看，华南大部温度偏低，其中广东南部沿海、海南、福建南部偏低 1～2℃，全国其余大部气温偏高或接近常年，其中东北、华北东部、黄淮、西北西部等地普遍偏高 2～4℃，局部偏高 4℃以上（图 3）。

2　环流特征和演变

图 4 给出了 2016 年 3 月 500 hPa 平均位势高度及距平场，本月北半球环流形势有以下主要特点。

2.1　环流特征

极涡呈偶极型，有两个中心，主极涡偏在西半球，位于巴芬海附近，极涡中心位势高度值低于 508 dagpm，次极涡偏在亚洲北部。亚洲北部中高纬度大部为正距平，中高纬环流为 4 波型，槽线分别位于地中海到东欧、东亚沿海、东太平洋、北美东部，表现

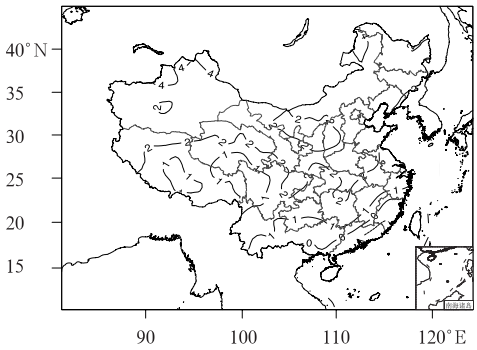

图3 2016年3月全国平均气温距平分布(单位:℃)

Fig. 3 Distribution of temperature anomaly in China in March 2016 (unit: ℃)

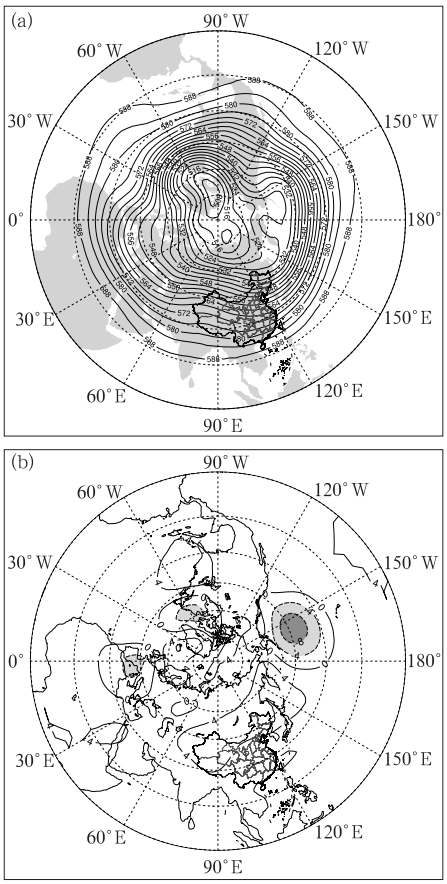

图4 2016年3月北半球500 hPa平均位势高度场(a)和距平场(b)(单位:dagpm)

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

出北半球季节转换时大气环流由3波向4波转换的特征(董全等,2014)。东亚大槽附近基本为正距平,表明东亚大槽较常年同期偏弱。巴尔喀什湖以东为弱脊控制,亚洲高纬度正距平超过4 dagmp。3月大部分时段西风指数(65°~155°E范围内,45°N与65°N平均位势高度差)较常年偏高(图略),西伯利亚高压指数较常年偏低(图略),表明月内冷空气活动较弱。因此,我国除华南外大部分地区温度距平为正。西太平洋副热带高压(以下简称副高)脊线较常年偏南,向西延伸至印度洋与非洲大陆副高打通成带状,强度略偏强,南支槽强度指数较常年偏高(图略),表明南支槽较常年偏弱,槽前输送水汽位置偏南。

2.2 环流演变与我国天气

图5给出了欧亚大陆3月上、中、下旬三个时段的500 hPa平均高度场。

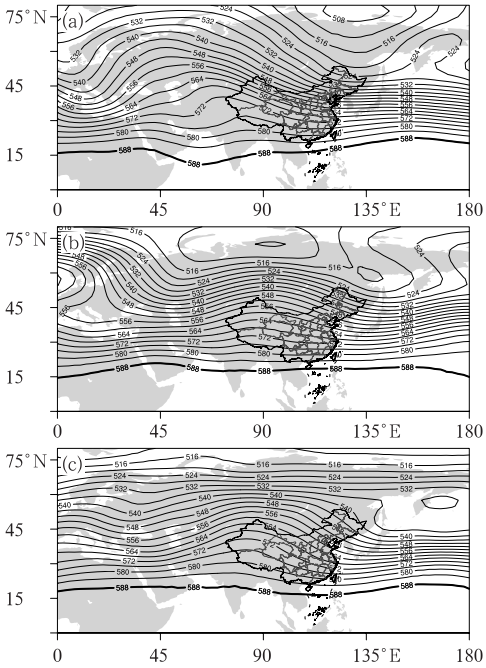

图5 2016年3月上(a)、中(b)、下(c)旬亚欧500 hPa平均位势高度(单位:dagpm)

Fig. 5 500 hPa geopotential height over Eurasia continent averaged over the 1st (a), 2nd (b) and last (c) dekads of March 2016 (unit: dagpm)

上旬(图5a),亚洲中高纬为"两脊一槽"经向环流,泰梅尔半岛以东的低涡中心强度达到508 dagpm,低涡南部低槽南伸,贝加尔湖西部到内蒙古为负距平,泰梅尔半岛以西为强的正距平区,超过16 dagpm。上旬第二候的西风指数低于气候平均值,中西伯利亚为西北气流控制,不断引导冷空气南下,事实

上,3 月唯一的一次寒潮过程基本发生在本旬。3 月各旬,我国中东部地区大部温度均为正距平,但上旬因环流经向度较大,其气温距平值较中、下旬低。低纬地区,南支槽位于 60°E,副高向西延伸呈带状,不利于低纬暖湿气流向北输送,但上旬高原槽较为活跃,与冷空气相配合,导致西南地区东部、江淮江汉降水偏多。

中旬(图 5b),东亚中高纬是正距平区,西西伯利亚是负距平区,亚洲中高纬环流平直,冷空气势力较弱,多从偏东路径影响我国,全国气温比常年同期偏高,尤其是内蒙古和西北地区东部。上旬的南支槽指数在 3 月中旬最低,南支槽较为活跃,其与高原槽叠加造成华南东部降水明显偏多。

下旬(图 5c),500 hPa 平均高度场上,贝加尔湖及其以东为正距平,高压脊在贝加尔湖附近发展强盛。下旬第一候,贝加尔湖附近有阻塞高压形成,库页岛附近有冷涡盘踞,冷涡后部冷空气在高压脊脊前西北气流引导下从东路影响我国。内蒙古东北部、新疆西北部在高压脊控制下本旬温度距平在 6℃以上,受冷涡后部冷空气南下影响,江南大部温度比常年同期偏低。下旬第二候,阻塞高压崩溃,横槽转竖,冷空气主体南下,华南的“回南天”也宣告结束。受冷空气、高原槽与南支槽的共同影响,下旬第一候华南及江南南部降水偏多。

3　冷空气和沙尘活动

3.1　概况

3 月,除上旬第二候和下旬第一候外,西风指数均比常年同期偏高,西伯利亚高压指数比常年同期偏弱(图略),相应地,环流经向度较小,冷空气强度偏弱,导致我国 3 月气温较常年同期偏高,雾-霾、沙尘天气频繁。影响我国的冷空气和沙尘天气过程如表 1 所示。

表 1　2016 年 3 月主要冷空气过程

Table 1　Main cold air processes in March 2016

冷空气时段	影响范围	降温范围和幅度	大风、沙尘天气
3 月 3—5 日	全国范围	4～8℃,局地降温 12～16℃	新疆南疆盆地、内蒙古、甘肃、青海东部、宁夏、陕西北部等地出现扬沙或浮尘天气,上述地区还出现 4～6 级偏北风,局地 7～8 级,新疆、青海和内蒙古局部地区出现了沙尘暴
3 月 7—10 日	全国范围	4～10℃降温,西北地区东部、南方大部降温幅度有 10～14℃,其中江淮南部、江南大部、华南北部及贵州大部等地达 14～20℃,湖南南部、贵州中东部等地部分地区降温幅度超过 20℃	长江流域及其以北地区出现 4～6 级偏北风,阵风 7～8 级。渤海有 6～8 级风,阵风 9 级,黄海中部和南部有 7～8 级风,阵风 9 级
3 月 17—18 日	内蒙古、东北中北部	6～12℃	内蒙古东南部、吉林西部、辽宁西部等地出现扬沙,内蒙古中西部、新疆南疆盆地、甘肃西部等地出现浮尘;内蒙古东南部、东北中部出现 6 级以上大风
3 月 31 日—4 月 2 日	内蒙古中东部、华北北部及东北中南部	6～12℃降温,部分地区降温 15～18℃	内蒙古中西部、辽宁西部、吉林西部、新疆南疆盆地、华北中北部等地出现扬沙,内蒙古中部局地出现沙尘暴并伴有 6～7 级大风

3.2　3 月 7—10 日冷空气过程分析

3 月 7—10 日,我国中东部大部地区先后出现 4～10℃降温,南方大部降温幅度有 10～14℃,其中西北地区东部、江淮南部、江南大部、华南北部及贵州大部等地有 14～20℃降温,局地降温超过 20℃,达到寒潮标准(国家气候中心,2016)。

此次寒潮过程发生的环流背景为如前所述本月上旬“两脊一槽”的形势,过程期间的西风指数本月最低,西伯利亚高压指数本月最高,表明其环流经向度和冷高压强度均为 3 月最大。具体表现为,3 月 7 日以前乌拉尔山阻塞高压持续发展,至 6 日 20 时在乌拉尔山脉北段形成 552 dagpm 闭合中心。贝加尔湖以东有冷涡存在,且伴随有落后于冷槽的 −44℃冷中心,冷涡东移南落,并在冷平流作用下加深,至 6 日 08 时已形成 512 dagpm 闭合中心。3 月 7 日开始(图 6a),在槽后脊前的西北气流引导下,冷涡后部冷空气不断从东路南下,影响我国东部地区,3 月 7—8 日东部地区大部先后出现 4～10℃降温,南方大部降温幅度有 10～14℃,其中江淮东部、西

北地区东部、江淮南部、江南大部、华南北部及贵州大部等地有14～20℃降温，长江及其以北地区出现4～6级偏北风。

7日起，在上游冷槽不断侵袭下，乌拉尔山阻塞高压于9日崩溃(图6b)，位于蒙古国西部的横槽转竖(朱乾根等，2000)，锋区南压，冷空气主体从西北路南下造成西北地区东部14℃以上降温，并与东路冷空气合并共同影响我国中东部地区，西北地区东部、湘黔山区出现降雪，造成贵州的低温冷冻和雪灾(国家气候中心，2016)。

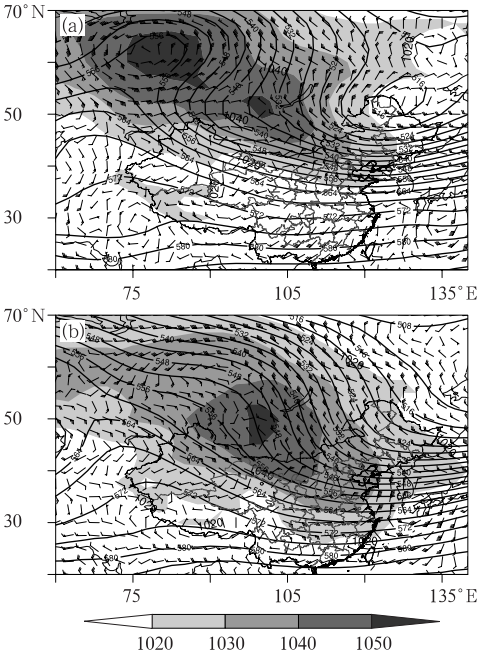

图6 2016年3月7日(a)、9日(b)500 hPa位势高度场(等值线，单位：dagpm)、850 hPa风场(风向杆，单位：m·s^{-1})和海平面气压场(填色，单位：hPa)

Fig. 6 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm), 850 hPa wind (wind barb, unit: m·s^{-1}) and sea level pressure (shaded area, unit: hPa) on 7 March (a) and 9 March (b) 2016

4 主要降水过程

4.1 概况

2016年3月我国主要的降水过程有2次(表2)，江南南部、华南、西南地区东部多阴雨天气。

4.2 3月20—23日降水过程分析

3月20—23日，在高原槽叠加南支槽共同影响下，西南暖湿气流发展强盛，贝加尔湖附近有高压脊发展，引导冷涡后部冷空气不断南下与暖湿气流在江南南部、华南相遇而形成低空切变线，导致江南南部、华南东部出现暴雨，其中赣南、粤西北出现大暴雨，3月21日，广东满足前汛期开始条件，宣布开汛。

表2 2016年3月主要降水过程

Table 2 Main precipitation processes in March 2016

降水时段	主要影响系统	影响区域及降水强度
3月8—9日	切变线	江西北部、安徽东南部、浙江西北部地区出现暴雨
3月20—23日	切变线	湖南中部和南部、江西南部、福建南部、广东大部出现暴雨，其中江西南部、广东西北部出现大暴雨

过程大暴雨站数有24个，位列历史第三多。有20个站的日降水量突破3月历史极值，3月20日(19日20时至20日20时，图7)湖南宜章、汝城日降水量突破春季历史极值。此过程还伴有雷暴、大风和冰雹等强对流天气(国家气候中心，2016)，20日午后湖南道县和贵州三都相继出现直径超过20 mm的大冰雹。

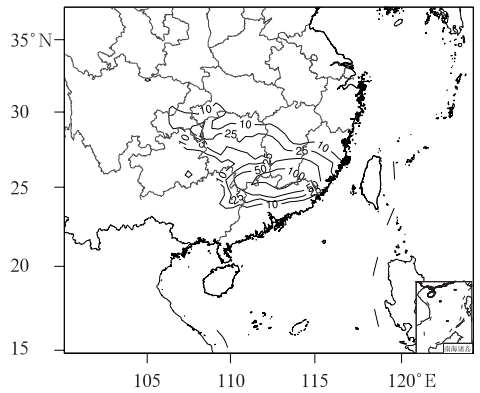

图7 2016年3月19日20时至20日20时累积降水量分布(单位：mm)

Fig. 7 Distribution of accumulated precipitation in China from 20:00 BT 19 to 20:00 BT 20 March 2016 (unit: mm)

20日夜间，从东路南下的冷空气自海上回流至江南，与西南暖湿气流在江南南部对峙，20日08时高空图(图8)可见，500 hPa槽较深，动力强迫作用

显著，850 hPa 急流中心风速达 16 m·s^{-1}，700 hPa 急流中心风速超过 20 m·s^{-1}，江南南部比湿超过 10 g·kg^{-1}，华南西部比湿超过 12 g·kg^{-1}。由图 9 可见，江南南部和华南 850 hPa 假相当位温超过 330 K，华南超过 340 K，且 25°～28°N 的暖式切变线附近，假相当位温随高度递减，处于对流不稳定状态，在强盛的水汽输送作用下，整层可降水量达到 40 mm 左右。在上述有利的动力、热力、水汽条件下，20 日江南南部、华南北部出现暴雨，局地大暴雨。20 日午后，贵州南部处在 500 hPa 冷温度槽和 850 hPa 暖区控制下，同时，500 hPa 急流强盛（张碧辉等，2013），干区侵入，叠加在 850 hPa 湿区上，对流有效位能超过 1000 J·kg^{-1}，6 km 风切变超过 20 m·s^{-1}，在上述有利条件下，贵州三都出现了直径达 38 mm 的大冰雹（仇娟娟等，2013）。

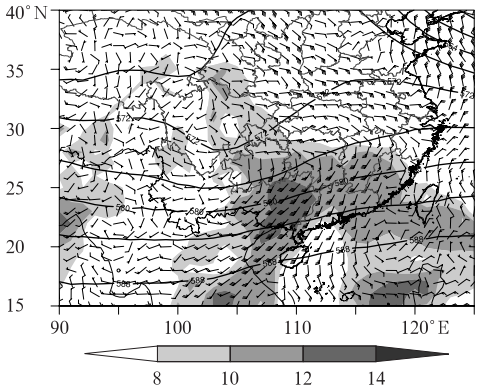

图 8　2016 年 3 月 20 日 08 时 500 hPa 位势高度场（等值线，单位：dagpm）、850 hPa 风场（风向杆，单位 m·s^{-1}）和比湿（填色，单位：g·kg^{-1}）

Fig. 8　500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm), 850 hPa wind (wind barb, unit: m·s^{-1}) and specific humidity (shaded area, unit: g·kg^{-1}) at 08:00 BT 20 March 2016

21 日（20 日 20 时至 21 日 20 时）夜间，925 hPa 上，回流至广东沿海的东南风急流和来自南海的偏南风急流在广东东部汇合，造成广东东部暴雨，局地大暴雨。22 日 700 hPa 槽线移过，且西南暖湿气流、冷空气均减弱，雨势减弱，江南南部和华南以大雨为主。23 日冷涡后部冷空气补充南下，西南暖湿气流亦增强，赣南、闽西南出现成片暴雨。23 日夜，冷空气越过南岭，抵达华南沿海，本轮降水过程基本结束。

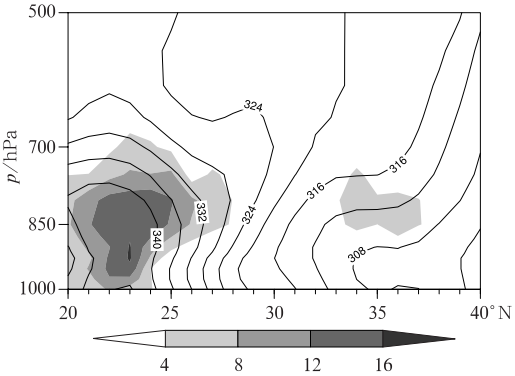

图 9　2016 年 3 月 20 日 08 时假相当位温（等值线，单位：K）和水汽通量经向分量（等值线，单位：g·cm^{-1}·hPa^{-1}·s^{-1}）沿 110°E 的经度-高度剖面

Fig. 9　Vertical cross-section of equivalent potential temperature (unit: K) and meridional component of moisture flux (contour, unit: g·cm^{-1}·hPa^{-1}·s^{-1}) along 110°E at 08:00 BT 20 March 2016

5　雾-霾天气

5.1　概述

3 月 1—5 日，东北地区南部、华北、黄淮、江淮、江南及陕西中南部、四川盆地等地出现轻到中度霾、局地重度霾。14—18 日，华北中南部、黄淮中西部、江淮等地有轻至中度霾、局地重度霾。17 日至 18 日上午是霾和污染天气最严重时段，17 日夜间，北京地区 $PM_{2.5}$ 峰值浓度达到 400 μg·m^{-3} 以上。另外 15 日至 20 日夜间至早晨，辽宁西部、山东半岛、河南、江苏、福建、广东、广西等地的部分地区出现能见度不足 1 km 的大雾，局地有能见度不足 200 m 的强浓雾。

5.2　3 月 16—18 日中东部大范围雾-霾天气过程分析

如前所述，3 月中旬以来贝加尔湖附近常被高压脊控制，冷空气路径偏东。华北、黄淮常位于均压区或高压后部回流区，有利于污染物的堆积，因此本旬雾-霾天气过程持续时间长，影响范围大，其中 16—18 日是最严重的时段，中央气象台 16 日 06 时发布雾-霾黄色预警，至 18 日 18 时解除。

14日夜间，有冷高压东移入海，我国中东部地区位于高压后部回流区，有利于污染物在内陆堆积。16日之前，500 hPa高空锋区位于50°N附近，华北黄淮地区所在纬度斜压性小，无冷空气活动。因锋区显著偏北，15日过境的短波槽未给我国东部地区带来冷空气，而槽前激发的地面偏南风有利于污染物的堆积。16日华北、黄淮、关中平原开始出现中度霾，局地重度霾。17日地面风力小于2级，地表通风系数小，相对湿度条件适中(50%以上，80%以下，图10)，夜间，我国中东部地区混合层厚度大部在1 km以下，华北北部局地混合层厚度低于500 m，静稳天气指数较高(图略)，在上述不利于污染物扩散的条件下(赵玉广等，2015)，北京地区$PM_{2.5}$峰值浓度超过400 $\mu g \cdot m^{-3}$。我国南方地区风速小，相对湿度大(大于90%)，有利于雾的形成。

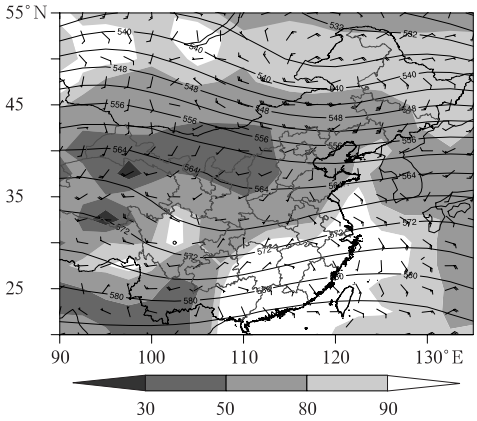

图10 2016年3月17日近地面风场(风向杆，单位：$m \cdot s^{-1}$)和相对湿度场(填色，单位：%)

Fig. 10 Near-surface wind field (wind barb, unit: $m \cdot s^{-1}$) and relative humidity (shaded area, unit: %) on 17 March 2016

14日起，咸海附近有短波槽开始东移，16日20时，移至蒙古国西部，槽后高压脊的脊线上暖平流强盛利于高压脊增强，17日08时，伴随高压脊的迅速增强，脊前西北气流增强并引导冷空气南下，冷槽加深，锋区南压。18日08时槽后开始出现明显的冷平流，地面冷高压加强，18日夜间冷空气开始自北向南影响华北北部，污染状况自北向南开始改善，霾预警解除。不过，由于此次冷空气较弱且路径仍偏东，中东部的雾-霾天气直到23日冷高压主体南下后才基本结束。

致 谢：感谢国家气象中心张永恒提供的降水量、降水距平和温度距平资料

参考文献

董全，张涛. 2014. 2014年3月大气环流和天气分析. 气象，40(6)：769-776.

国家气候中心. 2016. 2016年3月全国气候影响评价.

赖芬芬，孙军. 2015. 2015年3月大气环流和天气分析. 气象，41(6)：786-792.

仇娟娟，何立富. 2013. 苏沪浙地区短时强降水与冰雹天气分布及物理量特征对比分析. 气象，39(5)：577-584.

张碧辉，孙军，2013. 2013年3月大气环流和天气分析. 气象，39(6)：794-800.

赵玉广，李江波，李青春. 2015. 华北平原3次持续性大雾过程的特征及成因分析. 气象，41(4)：427-437.

朱乾根，林锦瑞，寿绍文，等. 2000. 天气学原理和方法(第四版). 北京：气象出版社 282-284.