

沈晓琳,何立富. 2016. 2015 年 11 月大气环流和天气分析. 气象, 42(2):254-260.

# 2015 年 11 月大气环流和天气分析<sup>\*</sup>

沈晓琳 何立富

国家气象中心, 北京 100081

**提 要:** 2015 年 11 月环流特征如下: 北半球极涡呈单极型分布, 中高纬西风呈 3 波型分布, 南支槽平均位置大致位于 90°E 附近, 同时, 西太平洋副热带高压较常年同期偏西、强度偏强。11 月全国平均降水量 39.4 mm, 较常年同期偏多 1.1 倍; 全国平均气温为 4.1℃, 较常年同期偏高 1.2℃, 但华北、东北等地气温偏低。月内共出现 2 次冷空气过程和 4 次主要降水过程, 江南、华南等地部分地区雨量偏多 2~3 倍, 多站出现极端日降水量; 月内还有 3 次重污染天气过程。

**关键词:** 大气环流, 持续阴雨, 冷空气, 重污染天气

**中图分类号:** P448

**文献标志码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.02.014

## Analysis of the November 2015 Atmospheric Circulation and Weather

SHEN Xiaolin HE Lifu

National Meteorological Centre, Beijing 100081

**Abstract:** The main characteristics of the general atmospheric circulation in November 2015 are listed as follows: There is one polar vortex centre in the Northern Hemisphere. In the mid-high latitudes, the circulation presents a three-wave pattern. The average south branch trough is located around 90°E. The north-western Pacific subtropical high is stronger than normal, located more westward. Meanwhile, monthly mean precipitation amount is 39.4 mm, which is 1.1 times more than its climatological mean. Monthly mean temperature is 4.1℃, being 1.2℃ higher than normal except the North and Northeast China. Two cold air processes and 4 severe rainfall events take place with extreme precipitation records observed at some stations in China. Moreover, the precipitation amount of Jiangnan, South China and other parts is 2—3 times more than normal. In addition, three heavy pollution weather processes are experienced during this month.

**Key words:** atmospheric circulation, continued rainfall, cold air, heavy pollution weather

## 1 天气概况

### 1.1 降水

2015 年 11 月全国平均降水量 39.4 mm, 较常年同期(18.8 mm)偏多 1.1 倍(国家气候中心, 2015)。吉林东南部、辽宁东部、华北南部、黄淮大部、江淮、江汉东部、江南、华南西部和北部、以及贵

州东南部、云南南部等地月降水量为 50~100 mm, 其中黄淮东部、江淮、江南以及广西北部部分地区月降水量为 100~200 mm, 广西东北部、江南中南部等地月降水量超过 200 mm, 局地可达 250~300 mm; 南疆盆地、青海、东北地区西部、西藏等地局部月降水量不足 10 mm; 全国其余大部地区降水量在 10~50 mm(图 1)。

11 月我国中东部地区降水距平呈现出明显正距平特征, 江南等地月降水量较常年同期偏多 2~3

\* 2015 年 12 月 25 日收稿; 2016 年 1 月 2 日收修定稿

第一作者: 沈晓琳, 主要从事天气预报和天气预报技术研究. Email: shenxiaolin@cma.gov.cn

倍,福建、广西、湖北、湖南、江西、云南等7个省(区)部分地区遭遇暴雨洪涝灾害,湘江中上游发生1961年有记录以来最大冬汛(国家气候中心,2015)。与常年同期相比(图2),我国大部地区降水量接近常年同期或偏多,其中内蒙古中部、西北地区大部、黄淮、江淮、江汉、江南大部、华南西部等地降水量较常年同期偏多5成至2倍;其中广西东北部偏多3~4倍;内蒙古中部、青海东北部、华北、黄淮大部以及江南中南部、广西东北部等地偏多2倍以上;内蒙古东北部、东北、南疆盆地、四川大部、重庆西南部、云贵高原北部和广东等地降水量偏少2~8成。

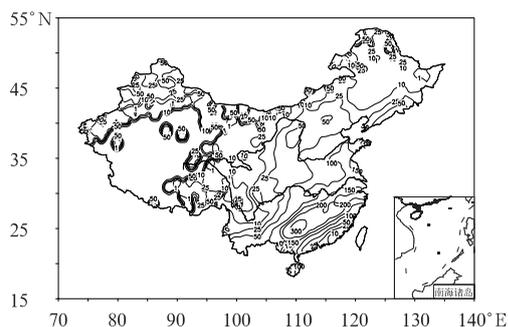


图1 2015年11月全国降水量分布(单位:mm)

Fig. 1 Distribution of precipitation in China in November 2015 (unit: mm)

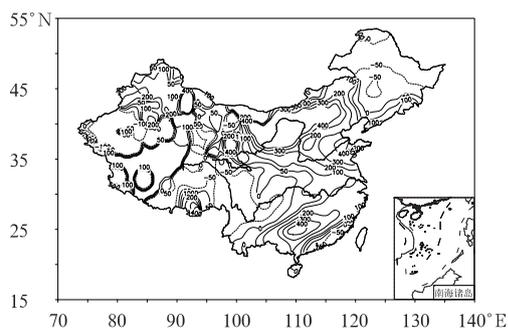


图2 2015年11月全国降水量距平百分率分布(单位:%)

Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage in China in November 2015 (unit: %)

## 1.2 气温

2015年11月,全国平均气温为 $4.1^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期( $2.9^{\circ}\text{C}$ )偏高 $1.2^{\circ}\text{C}$ (国家气候中心,2015)。11月我国中东部地区温度距平特征表现为西高东低,除华北、黄淮和东北地区外,全国大部地区气温偏高

$1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。其中西北地区中东部、陕西北部、贵州西部、云南东部、福建、广东南部等地温度偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ ,青海北部局地温度偏高 $4^{\circ}\text{C}$ 以上;与此相反,内蒙古东部、华北中部、东北、黄淮、江汉等地气温较常年同期偏低 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ (图3)。11月24—26日,受强冷空气影响,我国自北向南出现大范围寒潮天气,中东部大部地区降温 $10^{\circ}\text{C}$ 以上,河北、山西、山东、江苏、河南、安徽、湖北等省部分地区出现大到暴雪。

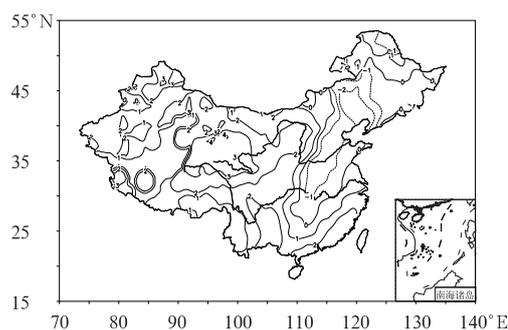


图3 2015年11月全国平均气温距平分布(单位: $^{\circ}\text{C}$ )

Fig. 3 Distribution of monthly mean temperature anomaly in China in November 2015 (unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

## 2 环流特征与演变

图4为2015年11月500 hPa平均高度及距平图,与常年同期相比,11月北半球的环流形势主要有以下特点。

### 2.1 环流特征

#### 2.1.1 中高纬呈3波型

11月,北半球极涡呈单极型分布,主要位于北极圈内,极涡中心低于 $504\text{ dagpm}$ 。极涡偏向西半球一侧表现为明显的负距平,负距平中心值为 $-8\text{ dagpm}$ ,而东半球则为明显正距平,中心值达到 $12\text{ dagpm}$ 。在500 hPa位势高度场及距平场上(图4),中高纬环流呈3波型,低槽位置分别位于中太平洋、北美东部和欧洲中部。其中位于中太平洋和北美东部的低槽附近为负距平区,低槽强度较常年同期偏强;而欧洲中部低槽北部负距平较弱。此外,欧亚地区极圈附近为正距平,南部为负距平,表明欧亚地区中高纬冷空气强度偏弱,从而造成月内我国西部地区温度偏高。

### 2.1.2 西太平洋副热带高压偏西,强度偏强

11月,南支槽平均位置与常年同期持平。西太平洋副热带高压(以下简称副高)强度较常年同期偏强,副高西脊点位置在 $90^{\circ}\text{E}$ 附近,较常年同期( $128^{\circ}\text{E}$ )明显偏西。11月上旬和中旬,副高脊线在 $18^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{N}$ 摆动,较常年同期偏北,这是造成我国11月上中旬中东部地区多阴雨天气的原因之一;11月下旬,副高脊线主要活动于 $18^{\circ}\text{N}$ 以南,较常年同期明显偏南(图略)(赖芬芬等,2014;黄威等,2015)。

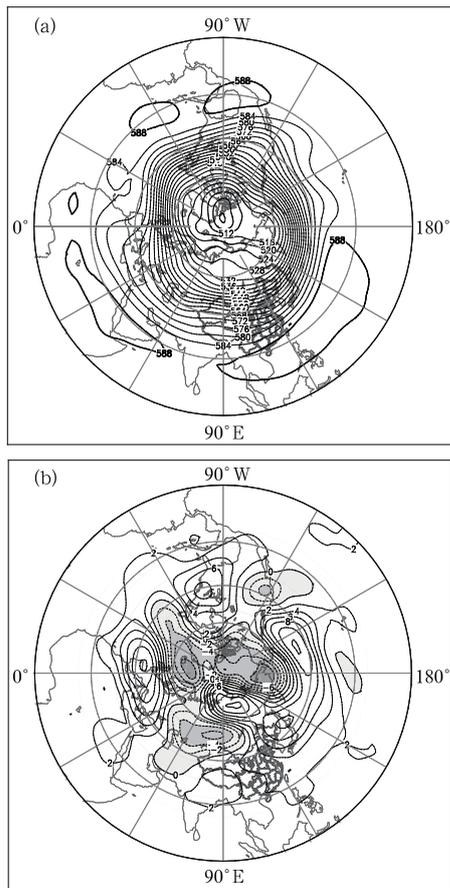


图4 2015年11月北半球500 hPa  
平均高度场(a)和距平场(b)  
(单位:dagpm,平均场和距平场等值线分别  
间隔4和2 dagpm)

Fig. 4 Monthly average geopotential height  
(a, with a contour interval of 4 dagpm)  
and monthly geopotential height anomaly  
(b, with a contour interval of 2 dagpm)  
at 500 hPa over Northern Hemisphere  
in November 2015 (unit: dagpm)

## 2.2 环流演变与我国天气

11月上旬500 hPa平均高度场(图5a)表明,欧

亚中高纬地区为两槽一脊环流型,西西伯利亚和勘察加半岛附近地区分别受低值系统控制,贝加尔湖以东至俄罗斯远东地区受弱高压脊控制;副高位置偏西,主体位于中南半岛和我国南海中北部地区,脊线位于 $15^{\circ}\text{N}$ 附近。我国新疆位于低涡南部高空槽前西南气流中,逐日环流形势演变(图略)显示,其上不断有短波东移,且路径偏北,影响我国西北地区北部,造成该地区出现多次降水过程,降水量较常年同期偏多;我国中东部地区受较平直西风气流控制,上游不断有短波槽东移,引导弱冷空气南下,同时,西太平洋副热带高压偏北偏西,588 dagpm等位势高度线达到了华南地区中北部,有利于水汽向我国中东部地区输送,旬内一次强冷空气南下,冷暖空气交汇于华北、黄淮以及淮河以南地区,导致5—9日先后出现两次较大范围降水过程,中东大部地区出现中到大雨(雪),局地出现暴雨。从系统的逐日演变中发现(图略),旬前期随着南支槽东移,配合副高西伸北抬,给云南地区带来大范围降水,同时受副高系统控制,华南地区气温偏高。

中旬(图5b),欧亚中高纬地区仍维持两槽一脊的环流形势。上旬位于巴伦支海附近的高压系统东移到西西伯利亚地区,发展为强盛的高压脊;东欧至里海有一个较弱的低槽,中西伯利亚至远东地区受东西向横槽控制。逐日环流形势演变(图略)显示,冷空气偏东偏北,主要影响我国东北、华北以及黄淮地区,导致上述地区气温偏低;我国中西部地区受弱脊控制,因此这一旬我国冷空气活动较少,中西部地区气温较常年同期偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ ,同时受静稳天气影响,华北、黄淮等地出现雾-霾天气过程;副高强度仍然偏强,位置较上旬明显南压,588 dagpm等位势高度线位于华南沿海地区,有利于水汽向淮河以南地区输送;15—18日,由于西风带上有短波系统东移,同时,今年第26号台风烟花在西太平洋生成,并向西北方向移动,造成副高于旬后期再次西伸北抬,使得沿长江一带低层切变线发展加强,导致长江中下游及其以南地区出现一次明显的降水过程,局地出现历史同期日降水量极值。

下旬(图5c),亚欧地区环流形势明显调整,欧亚中高纬地区表现为西高东低的环流形势,远东至我国东北地区受低值系统控制。此外,我国东部沿海地区为明显低槽区,其他地区为西北气流控制,不利于降水发生。副高进一步南压,588 dagpm等位

势高度线位于南海北部;南支槽强度与常年同期持平,云南地区降水与常年同期持平或略偏少。逐日环流形势演变(图略)显示,11 月 23—27 日,随着贝加尔湖附近的低涡快速东移南压,强度加强,引导一股强冷空气南下,中东部地区出现寒潮天气,气温下降 8~12℃。旬末,我国中东部地区再次出现静稳天气,空气污染扩散条件逐渐转差,11 月 27 日至 12 月 1 日华北、黄淮等地出现一次大范围的严重雾-霾天气过程。

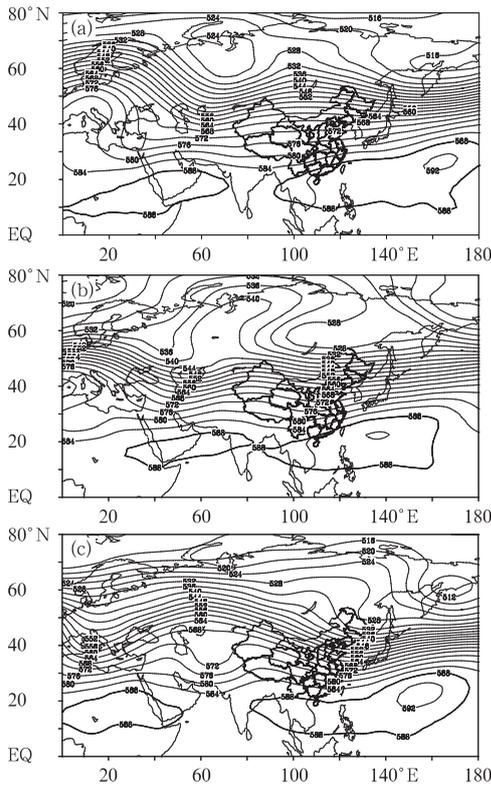


图 5 2015 年 11 月上旬(a)、中旬(b)、下旬(c)500 hPa 平均位势高度场(单位: dagpm)

Fig. 5 The first (a), second (b) and third (c) dekads average geopotential height over Eurasia in November 2015 (unit: dagpm)

### 3 冷空气活动

#### 3.1 概况

11 月影响我国冷空气势力整体偏弱,中等及以上强度冷空气过程较少。月内主要有 2 次冷空气过程(表 1),其中 23—27 日,强冷空气主要影响我国中东部地区,南方地区达到寒潮强度。

#### 3.2 11 月 23—27 日冷空气过程分析

11 月 23—27 日强冷空气侵袭我国大部地区,冷空气过程造成的影响详见表 1。按照中央气象台冷空气强度划分标准,此次冷空气过程达到寒潮强度,中央气象台在此期间共发布 10 期寒潮蓝色预警。

根据 500 hPa 位势高度场和地面气压场的演变,此次冷空气过程可以分为 23—25 和 25—27 日两个阶段,分别为横槽转竖型和低槽东移型(图略)。23 日,我国北方大部地区仍处于纬向环流中,西伯利亚受到闭合低压控制,我国中北部处于冷平流中;24 日低涡迅速东移,与东部低槽贯通,配合温度场 -36℃ 的冷中心,南部冷平流加强;25 日(图 6)横槽转竖,环流经向度明显加大,槽后偏北风引导强冷空气快速南下,冷高压中心强度为 1045 hPa,冷高压前沿到达江南、华南。随着低槽快速东移南压,我国中东部地区均受槽后西北气流和地面冷高压控制,自北向南给我国中东部地区带来大风和降温天气。27 日早晨,地面最低气温零度线压至浙江中部、江西北部一带(图略),黄淮南部、江淮及苏皖南部等地气温降至 -6~-2℃。此次寒潮天气过程造成河北、山西、山东、江苏、河南、安徽、湖北等省部分地区出现大雪或暴雪,多地最低气温跌破 1961 年以来 11 月最低气温记录。

表 1 2015 年 11 月主要冷空气过程

Table 1 Main cold air processes in November 2015

冷空气过程	影响区域	大风降温
4—8 日	全国强冷空气	西北地区中北部、东北、华北、黄淮、江淮、江汉、江南、华南等地气温下降 4~8℃,内蒙古东部、东北、江南、黄淮部分地区降温达 10~18℃,上述地区有 4~6 级偏北风
23—27 日	北方地区强冷空气,南方地区寒潮	华北大部、东北地区中南部、黄淮、江淮、江汉以及长江以南地区气温下降 8~12℃,内蒙古中部、山西北部、河北、山东的部分地区降温达 16~24℃;上述大部地区伴有 5~7 级大风,东部和南部海区风力达 8~9 级

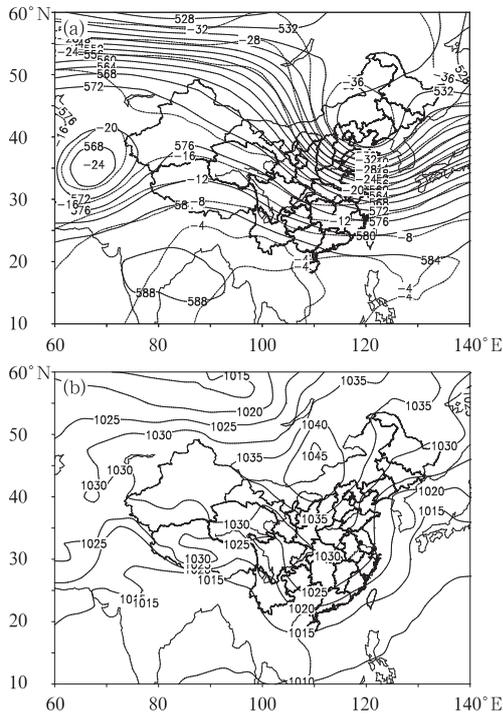


图 6 2015 年 11 月 25 日(a)500 hPa 高度场(实线,单位:gpm)、温度场(虚线,单位:°C)和(b)海平面气压场(实线,单位:hPa)

Fig. 6 (a) Distribution of geopotential height (solid lines, unit: gpm) and temperature (dashed lines, unit: °C) at 500 hPa and (b) sea level pressure (solid lines, unit: hPa) on 25 November 2015

## 4 主要降水过程

### 4.1 概况

11 月共出现 4 次区域性降水过程(表 2), 分别出现在 5—7、7—9、10—13 和 15—18 日, 主要受高空槽、低涡低槽、切变和南支槽等系统影响。强降水天气主要出现在我国南方, 有 3 次强降水过程, 主要

集中在 11 月中旬, 浙江北部、江西中部、华南南部累积降水量达 200 mm 以上。受强降雨影响, 江南、华南部分地区遭遇暴雨洪涝灾害, 湘江中上游发生 1961 年有记录以来最大冬汛(国家气候中心, 2015)。11 月, 全国共有 189 站日降水量超过历史同期月极大值, 主要分布在内蒙古南部、华北、黄淮、江汉、江南和华南北部等地, 其中广西灵川(148.9 mm)和湖南桂东(127.1 mm)等 14 站日降水量超过历史同期季极大值(国家气候中心, 2015)。下面将对 11 月 10—13 日的降水过程进行简单分析。

### 4.2 11 月 10—13 日江南、华南地区强降雨过程分析

11 月 10—13 日, 广西中北部、云南东部、福建西北部等地出现暴雨, 其中贵州南部、广西北部、湖南南部等地局地出现大暴雨, 上述地区累积雨量普遍在 50~100 mm, 其中广西北部、湖南南部、江西中南部累积雨量超过 100 mm(图 7a)。此次降水过程的特点是雨带呈东西带状分布, 降水范围随着时间推移扩大, 暴雨和大暴雨分布较集中, 并伴有短时强降雨。

此次降水过程中, 亚洲中高纬地区受强大低涡控制, 我国北方地区处于低涡南部平直西风气流中, 其上不断有短波槽东移。过程初期(图略), 500 hPa 东欧至西伯利亚的低涡较为强大, 位置稳定少动, 北方冷空气盘踞在西伯利亚上空, 我国南方地区不断有短波槽东移, 带状副高位置较偏西, 西脊点位于中南半岛北部; 我国南方地区 850 hPa 相对湿度均在 90% 以上, 江南南部、华南一带整层水汽含量在 45 mm 以上, 其中华南东部达 50 mm; 地面气压场(图略)则表现为我国中东部地区受地面强大的冷高压控制, 冷高压中心位于东北地区, 强度达 1035 hPa, 冷空气前沿到达江南、华南地区。冷空气与西南暖湿气流交汇, 先后在华南北部、江南南部和东部一带形成明显的切变线, 为强降水过程提供了有利的动力条件。后期随着东欧至西伯利亚的低涡

表 2 2015 年 11 月主要降水过程  
Table 2 Main precipitation events in November 2015

降水时段	主要影响系统	影响区域及降水强度
5—7 日	切变线、高空槽、低涡	华北、黄淮、江淮、江汉、江南北部等地出现中到大雨, 局地出现暴雨
7—9 日	副高、切变线	江南、华南出现中到大雨, 浙江中部、江西北部、湖南南部、广西东部局地出现暴雨
10—13 日	高空槽、切变线	江南中南部、云贵高原南部、广西中北部、福建西北部等地出现暴雨, 其中贵州南部、广西北部、湖南南部等地局地出现大暴雨
15—18 日	南支槽、低层切变	湖南中南部、广西东北部、江西中南部、福建西北部、浙江东北部等地出现暴雨, 局地出现大暴雨

分裂,位于东部的低涡东移南压,低涡南部横槽转竖,引导较强冷空气南下;同时,地面冷高压进一步南压,850 hPa 冷空气以偏东风形势迅速增强南下影响江南至华南等地,切变继续东移南压。12 日(图 7b)副高继续西伸,588 dagpm 线东西贯通,将南海向我国南方地区的水汽输送隔断,江南、华南大部陆续转为偏北风控制,此次降水过程逐渐减弱结束。

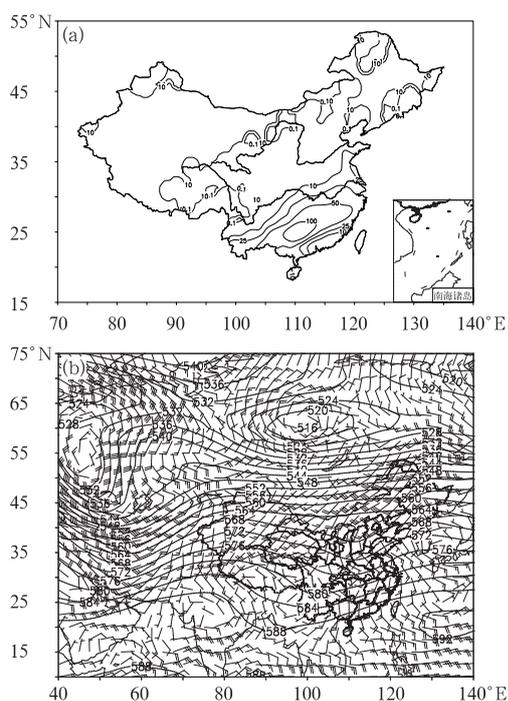


图 7 2015 年 11 月 10—13 日降水量(a)、12 日 500 hPa 位势高度场和 850 hPa 风场(矢量)及风速(b)

Fig. 7 Total precipitation amount from 10 to 13 November 2015 (a) and the 500 hPa geopotential heights (unit: dagpm) and 850 hPa wind vectors (b) on 12 November 2015

## 5 雾-霾天气

### 5.1 概况

11 月,我国主要出现了 3 次重污染天气过程(6—8 日、12—14 日、27 日至 12 月 1 日)。我国东北中南部、黄淮东部、江淮中东部等地霾日数一般有 5~10 d,其中吉林、辽宁东部、江苏大部等地有 10~15 d,吉林中部达 15 d 以上(国家气候中心,2015)。

其中,11 月 27 日至 12 月 1 日,京津冀等地出现 2013 年 2 月以来最严重的一次雾-霾天气。

### 5.2 11 月 27 日至 12 月 1 日雾-霾过程分析

11 月 27 日至 12 月 1 日,北京、河北中南部、天津、河南北部、山东西北部出现重度霾(图 8a),并伴有持续严重污染。此次过程具有强度强、影响范围广、过程发展快、能见度低的特点,其中,北京、天津西部、河北中南部雾-霾最严重,过程平均  $PM_{2.5}$  浓度普遍超过  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,期间强浓雾与严重霾混合,部分地区有能见度不足 200 m 的强浓雾,局地能见度不足 100 m。受雾-霾天气影响,各地大量航班停飞、华北区域多条高速公路关闭。

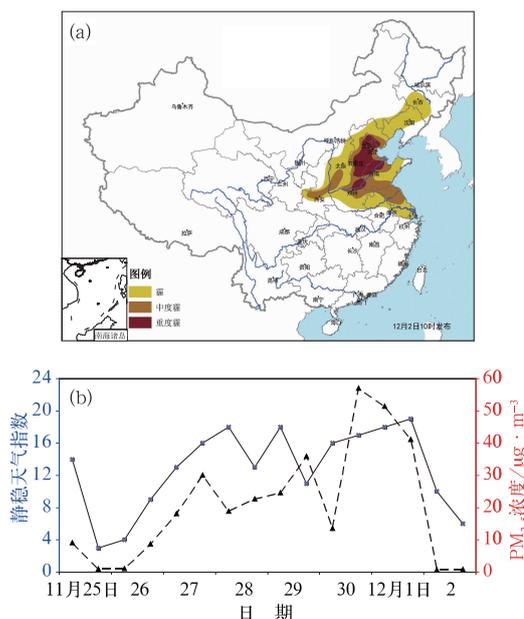


图 8 (a)2015 年 11 月 27 日至 12 月 1 日全国霾区实况,(b)2015 年 11 月 25 日至 12 月 2 日北京地区静稳天气指数(实线)和平均  $PM_{2.5}$  浓度(虚线)

Fig. 8 The observation of (a) haze over China from 27 November to 1 December 2015 and (b) static weather index (solid lines) and  $PM_{2.5}$  mean concentration (dashed lines, unit:  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) in Beijing from 25 November to 2 December 2015

这次雾-霾天气及重污染天气形成的原因主要由于华北、黄淮等地静稳天气建立维持,大气水平和垂直扩散条件均较差,11 月 27 日至 12 月 1 日北京混合层高度持续低于 500 m,尤其在 29 至 12 月 1 日的部分时段低于 100 m,同时存在多层深厚逆温;

同时,地面处于均压场控制,近地面风速极小甚至静风;此外,前期华北、黄淮降雪融化,加之低层偏南风不断向华北、黄淮输送水汽,造成低层大气持续维持高湿状态,相对湿度达到 80%以上(图略)。

图 8b 给出了北京地区静稳天气指数和平均  $PM_{2.5}$  浓度变化趋势,图中显示,静稳天气指数日变化较明显,11 月 27 日至 12 月 1 日期间,指数始终维持在 10 以上,表明空气污染气象条件不利于污染物扩散。北京地区平均  $PM_{2.5}$  浓度自 26 日起不断累积升高,30 日下午,北京大部地区  $PM_{2.5}$  爆发性增长,并迅速达到峰值。12 月 1 日夜,受冷空气影

响,北京地区偏北风增大,静稳天气指数和  $PM_{2.5}$  浓度迅速下降。至此,此次雾-霾天气过程开始自北向南逐渐减弱消散。

**致谢:**感谢国家气象中心张永恒、杨绚提供的降水量、降水距平和温度距平资料。

### 参考文献

- 国家气候中心. 2015. 2015 年 11 月中国气候影响评价  
黄威,张芳华. 2015. 2014 年 11 月大气环流和天气分析. 气象, 41 (2):254-260.  
赖芬芬,何立富. 2014. 2013 年 11 月大气环流和天气分析. 气象, 40 (2):253-260.



#### 《中亚气候变化调查研究》

何清等 编著

该书介绍了中亚区域概况和中亚区域气候特征,中亚大气环流变化及其气候影响;基于树木年轮资料的中亚区域百年气候变化,中亚地区未来 50 年气候变化预估等。书中内容有助于科学地认识中亚干旱区的历史气候变化事实和未来气候变化趋势,气候时空演变规律及其区域差异以及区域气候变化对全球变化的响应等,是对全球变化研究的重要补充和完善,可为有关部门制定涉及中亚区域可持续发展及规划研究提供数据参考和理论依据,为制定涉及气候变化政策上提供更为有力的科技支撑。该书可供从事大气科学、生态与环境领域的科技工作者、高等院校相关专业的师生、政府管理部门的有关人员以及感兴趣的公众参阅。

16 开 定价:120.00 元

#### 《西藏高原地表参数遥感监测方法研究》

徐多 著

该书以 MODIS 卫星为主要遥感信息源,结合同步的地面观测数据,建立了西藏高原草地上生物量、植被覆盖度、地表温度、土壤湿度、地表反照率、蒸散量和湖泊面积等主要地表参数遥感监测方法和反演模型。研究成果不仅应用于揭示西藏高原地表与大气之间的能量平衡和交换过程,更为重要的是为西藏高原的植被长势、草地退化、干旱、森林火灾及其他生态环境要素的遥感监测领域服务。该书内容丰富,突出基础研究与应用相结合,可供从事卫星遥感、气象、生态、草地畜牧业和青藏高原相关研究的科研业务人员及高等院校师生阅读、参考。

16 开 定价:40.00 元

#### 《中国洪涝滑坡灾害监测和动力数值预报系统研究》

汪君等 著

该书首先探讨了三种卫星遥感降水资料在中国地区的适用性,然后分析了模式预报降水的可用性。书中介绍了利用上述降水资料及其他多种卫星遥感资料驱动水文模型建立的洪涝灾害预报系统,结果表明,预报系统能较好地预报洪涝灾害。基于遥感和模式资料,使用统计方法建立了中国滑坡灾害统计预报模型;根据岩土力学的动力学分析,结合水文模型研制了滑坡动力学预测模型。经分析表明,模型能够有效地预测降水引发的滑坡泥石流灾害。该书适合气象、水文、地质以及遥感等专业或领域的学生、科研及业务部门工作人员参考。

16 开 定价:70.00 元

#### 《太阳短波辐射的分布式模拟及评估研究》

孙娴 姜创业 王娟敏 等著

该书以准确计算、科学评估太阳能资源,为合理、有效地开发利用太阳能提供科学依据为目的,立足学科前沿,从太阳辐射的机理入手,应用多种新技术、新方法,将地理信息科学、遥感科学与技术等现代空间信息技术与大气科学等多种学科有机融合,改进并提出新的太阳能估算模型,设计太阳能评估指标体系和评估方法,建成太阳能资源评估业务系统,并以陕西为例,计算了全省太阳能资源分布,为有关部门开发利用太阳能资源提供科学依据。该书可供从事太阳能应用、研究、设计等工作的专业科技人员使用,也可作为研究机构 and 高等院校相关专业师生的参考用书。

16 开 定价:50.00 元