

饶晓琴, 马学款, 黄威. 2015. 2014 年 12 月大气环流和天气分析. 气象, 41(3): 380-387.

## 2014 年 12 月大气环流和天气分析<sup>\*1</sup>

饶晓琴 马学款 黄威

国家气象中心, 北京 100081

**提 要:** 2014 年 12 月大气环流特征如下: 北半球极涡异常偏强, 欧亚中高纬环流呈两槽一脊型, 东亚大槽偏强, 冷空气活跃; 南支槽位于 70°E 附近, 较常年同期明显偏西, 不利于水汽向我国中东部地区输送; 副热带高压较常年同期偏强, 位置偏西、偏北。12 月, 全国平均降水量为 7.9 mm, 比常年同期(10.5 mm)偏少 24.8%, 其中华北、黄淮、江淮、江汉等地偏少 8 成以上。全国平均气温为 -3.4℃, 较常年同期(-3.2℃)偏低 0.2℃; 月内气温变化显著, 呈“前冷后暖”的特点, 上、中旬的气温较常年同期偏低 1.0℃, 下旬转为偏高 1.1℃。月内, 我国出现了 5 次明显的冷空气过程和 4 次雾霾过程以及 1 次大范围的降水过程。北方多地出现极端日降温事件, 东北局地遭受雪灾; 下旬中东部地区出现大范围、持续性的雾霾天气。

**关键词:** 冷空气, 极端降温, 暴雪, 雾霾

**中图分类号:** P458

**文献标志码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2015.03.014

## Analysis of the December 2014 Atmospheric Circulation and Weather

RAO Xiaoqin MA Xuekuan HUANG Wei

National Meteorological Centre, Beijing 100081

**Abstract:** The main characteristics of the general atmospheric circulation in December 2014 are as follows: The polar vortex of the Northern Hemisphere is stronger than the normal. The Eurasia mid-high latitude circulation presents the trough-ridge-trough pattern. The East Asian major trough is stronger, causing cold airs to be very active. The south branch trough is located near 70°E, being obviously more westward than in the same period of normal years, so not favorable for the water vapor transport to eastern China. The subtropical high is stronger, located more westward and northward than in normal years. The monthly mean precipitation over China is 7.9 mm, which is 24.8% less than the normal value (10.5 mm). Especially in Huabei, Huanghuai, Jianghuai, Jiangnan regions, the precipitation amounts decrease 80% of the normal. The monthly mean temperature over China is -3.4℃, 0.2℃ lower than normal (-3.2℃). The temperature changes greatly in this month showing the characteristics of being cold in early and midmonth but warm later. There are five cold air processes, four fog-haze processes and one large-range rainfall event over China in this month. Many places in the north experience extreme daily temperature-dropping events, and some areas of northeast China suffer snow disasters. Meanwhile, wide range of fog-haze weather persists in the 2nd and 3rd dekads this month.

**Key words:** cold air, extreme temperature-dropping, heavy snow, fog and haze

\* 国家科技支撑计划课题(2014BAC16B02)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006011)共同资助  
2015 年 1 月 23 日收稿; 2015 年 1 月 30 日收修定稿  
第一作者: 饶晓琴, 主要从事天气动力学与灾害性天气研究. Email: raoxq@cma.gov.cn

## 引言

2014年12月,大气环流较前期有较大调整,亚欧中高纬环流经向度增大,冷空气势力较强且频繁影响我国,上旬和中旬全国大部分地区气温由前期偏高转为持续偏低,北方多地出现极端日降温事件,其中内蒙古、吉林两区(省)共有11站日降温幅度突破历史极值;东北、山东半岛等地的部分地区出现大到暴雪,黑龙江局地出现大暴雪。低纬地区,南支槽较平直,强度偏弱,位置偏西,不利于水汽向我国中东部地区输送,月内大范围降水过程较少,降水强度总体偏弱,全国大部地区降水量较历史同期明显偏少。下旬,我国中高纬环流由经向型调整为纬向型,冷空气势力转弱,全国大部地区气温由前期偏冷转为偏暖,大气污染扩散能力转差,中东部地区出现大范围持续性雾霾天气。

## 1 天气概况

### 1.1 降水

2014年12月,全国平均降水量为7.9 mm,比常年同期(10.5 mm)偏少24.8%(国家气候中心,2015)。从月降水量空间分布(图1)看,全国大部地区降水量均不足10 mm,部分地区甚至无降水出现,仅东北地区中东部、山东半岛东部、江南大部、华南大部、贵州西部、重庆南部、四川东南部、云南西部、新疆北部、青海东南部、西藏南部等地降水量达10~50 mm,其中广西东部、广东中西部、海南东部、

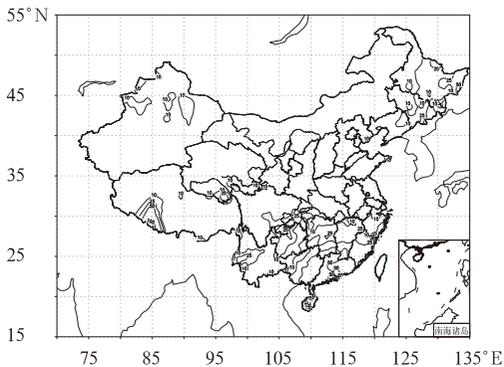


图1 2014年12月全国降水量分布(单位: mm)

Fig. 1 Total precipitation over China in December 2014 (unit: mm)

湖南南部、江西南部等地达50~100 mm,海南东部的部分地区达100 mm以上。

降水量与常年同期相比,黑龙江中东部、吉林西部、内蒙古东南部、河北东北部、山东半岛东北部、新疆南部、青海南部、西藏中部、广西东部、广东西部、海南中东部、云南西部等地降水偏多5成至2倍,局部地区偏多2倍以上;全国其余大部分地区接近常年同期或明显偏少,其中内蒙古西部、西北地区东部、华北、黄淮、江淮、江汉等地偏少8成以上(图2)。

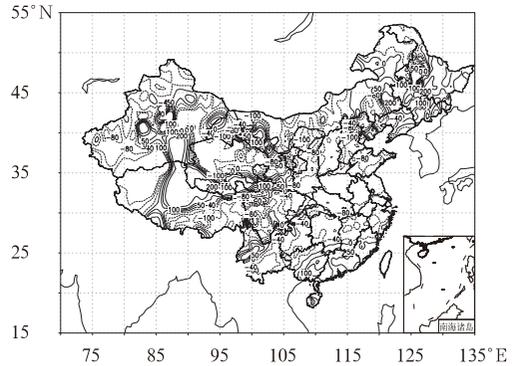


图2 2014年12月全国降水量距平百分率分布(单位: %)

Fig. 2 Spatial distribution of precipitation anomaly percentage over China in December 2014 (unit: %)

### 1.2 气温

2014年12月,全国平均气温为 $-3.4^{\circ}\text{C}$ ,比常年同期( $-3.2^{\circ}\text{C}$ )偏低 $0.2^{\circ}\text{C}$ 。从气温距平空间分布(图3)看,除西藏大部、青海南部、四川西部、云南

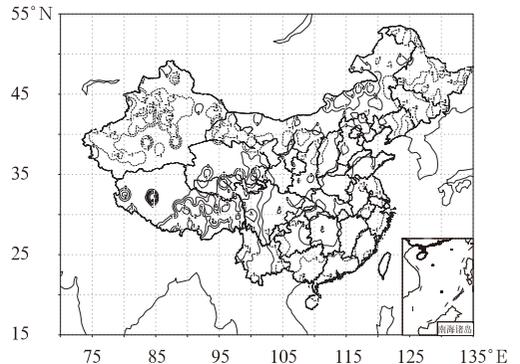


图3 2014年12月全国平均气温距平分布(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Fig. 3 Spatial distribution of monthly mean temperature anomaly in December 2014 (unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

西北部、内蒙古中部局地气温较常年偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 外,全国大部地区气温接近常年同期或偏低,其中新疆大部、甘肃西部、内蒙古西部、东北地区大部、云南东部、贵州西部、华南大部以及华东沿海等地偏低 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ,新疆南部、黑龙江东部、辽宁东部、广东西南部等地偏低 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。

月内气温变化显著,呈“前冷后暖”的特点。上旬和中旬的平均气温为 $-3.5^{\circ}\text{C}$ ,比常年同期偏低 $1.0^{\circ}\text{C}$ 。下旬,气温发生明显转折,进入冬至节气,大部地区气温不降反升,全国平均气温为 $-3.3^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期偏高 $1.1^{\circ}\text{C}$ ,气温由前期偏冷转为偏暖。

## 2 环流特征和演变

图4为2014年12月500 hPa平均位势高度及

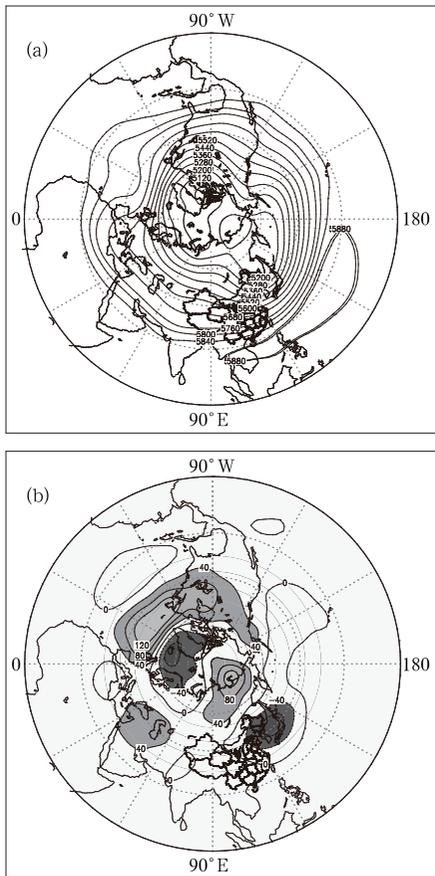


图4 2014年12月北半球500 hPa平均高度场(a)和距平场(b)(单位:gpm)

Fig. 4 Monthly average geopotential height (a) and monthly geopotential height anomaly (b) at 500 hPa in Northern Hemisphere in December 2014 (unit: gpm)

距平,与常年同期相比,12月北半球的环流形势有以下主要特点。

### 2.1 极涡呈单极型分布,东亚大槽偏强

2014年12月,北半球极涡呈单极型分布,极涡中心位于格陵兰岛附近,中心气压低于5040 gpm,在距平场上对应有负距平中心,达 $-80$  gpm,表明该极涡强度较常年同期明显偏强,造成月内美国东部出现暴风雪。欧亚中高纬为两槽一脊型,贝加尔湖西侧的高压脊向极地发展,切断出极地高压,伴有明显的正距平,有利于冷空气堆积和环流经向度增大。东亚大槽偏强,从东北地区一直向南伸展到华中地区,槽区对应有明显的负距平,有利于槽发展加深,引导冷空气南下,造成月内冷空气不仅频繁,而且强度较强,影响范围显著偏南。

### 2.2 南支槽偏西,副热带高压偏强

2014年12月,南支槽平均位于 $70^{\circ}\text{E}$ 附近,与常年同期相比(樊利强,2012;花丛,2013;吕梦瑶等,2014)显著偏西约20个经度,有利于阿拉伯海的水汽经印度半岛向我国西部地区输送,造成新疆南部、青海南部、西藏中部、云南西部等地降水偏多;而中东部大部地区水汽输送条件差,降水普遍偏少。副热带高压(以下简称副高)呈带状分布,西脊点位于 $100^{\circ}\text{E}$ 附近,北界到达 $18^{\circ}\text{N}$ ,较常年同期强度偏强,位置偏西。受副高边缘暖湿气流影响,月内华南大部地区降水量较常年同期偏多。

### 2.3 环流演变与我国天气

图5给出了2014年12月上、中、下旬欧亚地区500 hPa大气环流发展演变的三个时段的平均高度场。总体来看,北支锋区势力较强,环流经向度较大,有利于冷空气南下频繁影响我国;南支锋区较为平直,不利于水汽向我国中东部地区输送,两者共同作用,造成月内我国大部地区呈现干冷的天气格局。具体分析如下:

上旬(图5a),欧亚中高纬为两槽一脊形势,新地岛附近和我国东北部分别有低涡活动,各自对应着长波槽,不断引导北方冷空气南下。贝加尔湖附近为高压脊控制,有利于冷空气堆积。1—2日,乌拉尔山地区高空槽东移,配合地面蒙古气旋发展,槽前有正涡度平流,使得高空槽在东移过程中发展加深,逐渐在东北地区切断出低涡,中心气压低于

5040 gpm,低涡稳定维持,造成东北地区出现强降雪。受这次低槽东移型冷空气过程(朱乾根等,1992)影响,我国遭遇寒潮天气,北方出现5~7级、阵风8级的偏北风,中东部地区气温普遍下降6~10℃,部分地区12~16℃,吉林局地达18~22℃,出现日极端降温事件。在低纬地区,高原槽较为活跃,不断东移与副高边缘暖湿气流以及北方扩散南下的冷空气相互作用,造成3—4和7—8日华南相继出现两次明显降水过程,广东、海南局地出现大到暴雨,旬内华南降水量较常年同期显著偏多。9日,北支锋区上有高空槽活动,配合低纬地区副高东退,南支槽东移,来自孟加拉湾和南海的水汽向北输送,西北地区东部、西南地区东部及其以东的大部地区出现大范围雨雪过程,北京出现今冬初雪。由于南支系统偏弱,降水范围大但强度普遍较弱。

中旬(图5b),亚欧中高纬度调整为两槽一脊型,环流经向度继续增大,西西伯利亚地区为宽广的

高压脊控制,脊前偏北气流强盛,不断引导冷空气南下。东北冷涡强度较强,中心气压低于5120 gpm,处于明显的负距平区,表明东路冷空气异常活跃,旬初、旬中期和旬末先后有三股冷空气到达北方地区后,又与东路冷空气合并扩散南下持续影响中东部地区,累积降温幅度大,南方部分地区出现持续性低温过程,华南北部地区气温降至0℃以下,江苏、福建、云南等地出现局地寒潮天气。受冷空气影响,旬中期,山东半岛出现冷流降雪,北部局地大到暴雪。旬后期,南支槽逐渐东移至90°E,来自孟加拉湾的水汽通道建立,17—19日,云贵高原、湖南中部、华南中东部、江南东部等地出现大范围降水,其中云南东北部、贵州中西部地势较高地区出现降雪。

下旬(图5c),亚欧中高纬调整为两槽一脊型。22日随着东亚大槽东移入海,我国大部地区转受高压脊控制,天气以晴朗升温为主,随着高压脊的发展加强和稳定维持,全国大部地区气温持续回升,由前期偏冷转为明显偏暖。北京南郊观象台12月29日最高气温达12.3℃,是1997年以来12月下旬气温的最高值,是有气象记录以来历史同期第四位。在冷空气间歇期,大气环流经向度明显减小,我国中东部地区受地面弱气压场控制,静稳天气形势建立并发展,出现2次明显的雾霾天气过程,其中以27—30日大范围、持续性的雾霾过程为最强,部分地区空气质量达重度污染。30日,受一股较强冷空气南下影响,雾霾天气彻底消散。旬内,北方基本无降水,南方地区受副高东退,南支槽东移影响,25—28日出现一次明显降水过程,广东局地出现大雨。

### 3 冷空气活动

#### 3.1 概况

月内冷空气势力较强,主要沿偏西或偏西北路径频繁影响我国北方地区。根据冷空气划分标准,月内出现了5次冷空气过程(表1),均达到了中等及以上强度,与近3年历史同期(樊利强,2012;花丛,2013;吕梦瑶等,2014)相比,过程明显偏多且影响范围较广。月初的第一次过程强度最强,出现全国性寒潮天气,大部地区降温10℃以上,北方部分地区降温12~16℃,多地出现日极端降温事件,吉林局地降温达18~22℃,降温幅度突破历史极值。本次过程气温0℃线最南到达江南东北部,全国出

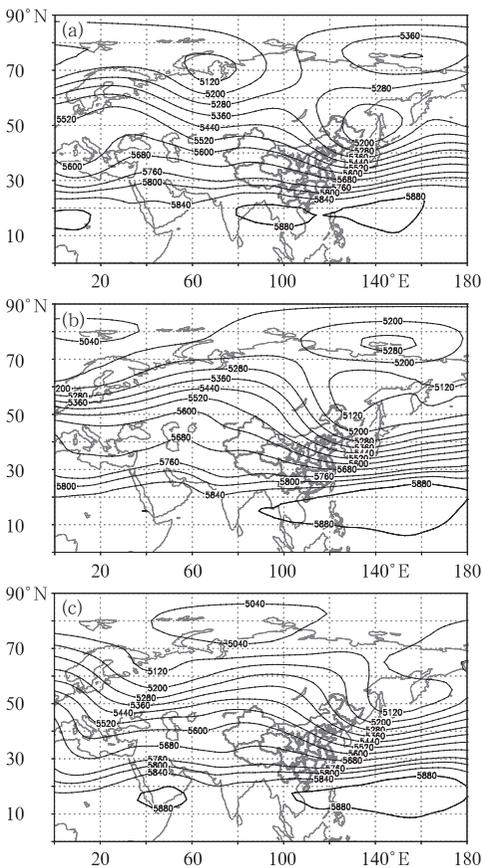


图5 2014年12月上(a)、中(b)、下(c)旬欧亚500 hPa平均位势高度场(单位:gpm)  
Fig. 5 The first (a), second (b) and third (c) dekad average geopotential height at 500 hPa over Eurasia in December 2014 (unit: gpm)

现入冬以来气温最低值。北方地区普遍出现 5~7 级、阵风 8 级的偏北风;新疆东北部、内蒙古中西部、华北中北部出现扬沙,青海西北部局地出现沙尘暴和强沙尘暴;东北地区东部出现大到暴雪,黑龙江局地出现大暴雪。随后 9—13、15—18 和 19—22 日相继有三股冷空气沿西北路径到达北方地区后,又与东路冷空气合并扩散南下持续影响中东部地区,累积降温幅度大,南方部分地区出现持续性低温过程,华南北部气温降至 0℃ 以下,出现冰冻天气。江苏、福建、云南等南方多省出现局地寒潮天气(江苏省气候中心,2015;福建省气候中心,2015;云南省气候中心,2015),其中福建省内最低气温出现在 22 日,光泽气象站观测到 -7.1℃,为 2000 年以来历史同期第一位。频繁的冷空气不仅使北方地区大风日数明

显增多,还制造一些雨雪天气,其中,9—10 日我国出现了一次较大范围的弱雨雪过程,北京出现初雪。15—17 日,山东半岛出现冷流降雪,有 5 站降雪强度达暴雪量级;17—18 日,云南东北部、贵州中西部地势较高地区出现了降雪天气。23—29 日冷空气势力明显转弱,中东部地区气温逐渐回升。直到 30 日,又一股较强冷空气侵袭我国,由于前期气温回升明显,本次冷空气过程降温幅度较大,长江中下游及其以北地区气温普遍下降 6~10℃,其中内蒙古西部、陕西中北部、华北西部、黄淮、江淮、江南东北部降温达 12~16℃;上述地区出现 5~7 级偏北风,内蒙古西部、宁夏北部、陕西北部、山西西部局地出现扬沙;山东半岛出现中到大雪;气温 0℃ 线再次南压到华南北部。

表 1 2014 年 12 月主要冷空气过程

Table 1 Main cold air processes in December 2014

影响时段	影响区域和冷空气强度	降温幅度	大风、沙尘及降雪天气
11 月 29 日至 12 月 2 日	全国性寒潮	气温普遍下降 8~10℃,其中内蒙古中东部、华北中北部、东北地区中南部降温达 12~16℃。0℃ 线到达江南东北部,全国出现入冬以来气温最低值	北方 5~7 级风,南方 4~5 级风,东部和南部海区风力达 7~8 级,阵风 9~10 级。新疆东北部、内蒙古中西部、华北中北部出现扬沙,青海西北部局地出现沙尘暴和强沙尘暴。东北地区东部出现大雪,部分地区出现暴雪和大暴雪
9—13 日	全国中等强度冷空气	气温普遍下降 4~8℃,其中新疆北部、内蒙古东部、东北地区中南部降温 10~14℃,辽宁北部、吉林中部局地降温 16~18℃。0℃ 线到达江南南部	北方 4~6 级风,局地 7 级,东部和南部海区风力达 7~8 级,阵风 9~10 级。青海西南部、西藏北部、内蒙古西部、陕西北部等地出现扬沙,新疆东北部局地出现沙尘暴。新疆北部、西北地区东部、华北西部和中北部、内蒙古东部、东北地区出现小到中雪,新疆天山北部、内蒙古东部、东北等地的部分地区出现大雪,局地暴雪
15—18 日	全国中等强度冷空气	气温普遍下降 4~8℃,其中东北地区中南部、云南东部、四川西部降温 10~12℃,四川西南部、云南东北部局地降温 14~16℃。0℃ 线到达华南北部	北方 4~6 级风,局地 7 级,南方 4~5 级风,东部和南部海区风力达 7~8 级,阵风 9~10 级。陕西北部、山西北部局地出现扬沙或浮尘。内蒙古中东部、东北地区、山东半岛出现小到中雪,山东半岛北部出现大到暴雪。云南北部、贵州中西部出现冻雨和降雪
19—21 日	全国中等强度冷空气	气温普遍下降 4~8℃,其中内蒙古东北部、东北地区、甘肃河西降温 10~14℃,黑龙江南部、吉林中部、辽宁北部局地降温超过 16℃。0℃ 线位于华南北部	大部地区出现 4~5 级风,北方部分地区出现 6~7 级风,南部海区风力达 7~8 级,阵风 9~10 级。甘肃西部、东北地区东部、山东半岛出现小到大雪,局地大雪
12 月 30 日至 2015 年 1 月 2 日	全国强冷空气	长江中下游及其以北地区气温普遍下降 6~10℃,其中内蒙古西部、陕西中北部、华北西部、黄淮、江淮、江南东北部降温达 12~16℃	长江中下游及其以北地区出现 5~7 级风,东部和南部海区风力达 7~8 级,阵风 9~10 级。内蒙古西部、宁夏北部、陕西北部、山西西部出现扬沙。内蒙古中东部、东北地区中北部、华北北部、山东半岛出现小到中雪,局地大雪

### 3.2 11 月 29 日至 12 月 2 日寒潮过程分析

11 月 29 日,西伯利亚地区 500 hPa 为庞大的

冷涡系统控制,中心强度低于 5040 gpm,并伴有一 48℃ 以下的冷中心,其上游地区为经向度较大的高压脊,有利于引导极地冷空气快速南下;08 时,冷

涡底部的高空槽携带冷空气进入我国新疆北部,14时,对应地面图上,槽前有蒙古气旋生成,冷锋位于河套地区附近;受槽前正涡度平流的作用,20时高空槽在东移过程中加深。30日,500 hPa 温度槽明显落后于高度槽,槽后冷平流的作用使得高空槽进一步加深,与此同时,低纬地区有高原槽东移,与之同位相叠加,环流经向度增大,引导冷空气向南爆发。12月1日,随高空槽的增强,在东北地区逐渐切断出一个低涡,中心气压低于5040 gpm;对应地面,位于蒙古国的冷高压中心强度增至1055 hPa,受高空槽后冷平流加压和地面气压梯度增大的共同影响,我国北方地区出现5~7级偏北风,阵风达8级。1—2日,东北冷涡缓慢旋转东移,将日本海的水汽不断输送到东北地区,造成吉林东部、黑龙江东部出现暴雪,其中黑龙江虎林过程降雪达42 mm;地面冷锋自北向南横扫我国中东部地区,造成气温普遍下降8~10℃,北方部分地区降温12~16℃,多地出现日极端降温事件;2日早晨,中东部地区出现

入冬以来气温最低值,0℃线压到江南东北部。2日白天,随着高空槽东移入海,东亚大槽建立,北方大部地区气温开始回升,此次冷空气过程结束。

## 4 主要降水过程

### 4.1 概况

2014年12月主要有7次降水过程(表2),其中大范围的降水过程仅有1次,出现在9—10日,降水强度整体较弱,基本以小雨雪为主,北京出现今冬初雪。南方地区出现4次降雨过程,其中以3—4日过程为最强,江南南部、华南北部普遍出现大雨、局地暴雨。月内北方地区主要出现了2次局地的强降雪过程,分别发生在1—2和15—17日,前一次过程造成黑龙江东北部出现暴雪、局地大暴雪;后一次过程为山东半岛冷流降雪,有5站出现暴雪。

表2 2014年12月主要降水过程

Table 2 Main precipitation events in December 2014

降水时段	主要影响系统	降水范围和强度
1—2日	东北冷涡、蒙古气旋、高空槽、切变线、地面冷锋	东北地区东部出现大雪,部分地区出现暴雪和大暴雪。华南小到中雨,海南局地大雨
3—4日	高空槽、切变线、低空急流、副高、地面冷锋	西南地区东部、江南、华南出现小到中雨,广西东部、广东北部、海南东部、湖南南部、江西南部、福建中部出现大雨、局地暴雨
7—8日	高空槽、切变线、副高、地面冷锋	华南大部出现小到中雨,其中广东西南部、海南东部出现大雨,局地暴雨
9—10日	高空槽、切变线、地面冷锋	西北地区东部、华北西部和中北部、内蒙古东部、东北地区等地出现小到中雪,东北部分地区出现大到暴雪;西南地区东部、江南中北部、江淮、黄淮等地出现小雨
15—17日	高空槽、低涡、切变线、地面冷锋	内蒙古中东部、东北地区、山东半岛出现小到中雪,山东半岛北部出现大到暴雪
17—19日	西风槽、南支槽、切变线准静止锋	云贵高原、湖南中部、华南中东部、江南东部出现小到中雨,云南西部部分地区出现大雨;云南东北部、贵州中西部出现小到中雪,局地大雪
25—28日	高原槽、南支槽、切变线、副高、低空急流	西南地区东部、华南、江南大部出现小到中雨,局地大雨

### 4.2 12月3—4日江南、华南降雨过程分析

12月3—4日,南方地区出现一次大范围的降水过程,西南地区东部、江南、华南普降小到中雨,其中江南南部和华南北部出现大雨,广东北部局地出现暴雨,最大雨量53 mm。这次降水天气过程主要由高空槽携带冷空气与副高边缘暖湿气流结合,配合低空切变线和地面冷锋的动力抬升作用而产生的。具体分析如下:

3日08时(图6),500 hPa上北方地区有下滑槽移到湖北西部,与此同时副高加强北上;700 hPa在西南地区东部配合有切变线发展,云贵高原到江南东北部出现一致的西南气流,风速为16~20 m·s<sup>-1</sup>,达急流强度,这支低空急流的出现使孟加拉湾到我国南方地区的水汽通道建立;850 hPa华南地区为偏南气流控制,风速普遍达12~16 m·s<sup>-1</sup>,有利于将海上的水汽向内陆地区输送,江南南部、华南北部850 hPa比湿达6~8 g·kg<sup>-1</sup>,整层可降水量

普遍在 25 mm 以上,为强降水的发生提供了有利的水汽条件。强降水主要出现在 700 hPa 急流轴和 850 hPa 切变线附近,该处冷暖空气对峙产生的强

烈上升运动,为强降水的发生提供了有利的抬升条件。4 日 08 时,随着高空槽、切变线东移入海,南方地区的降水趋于结束。

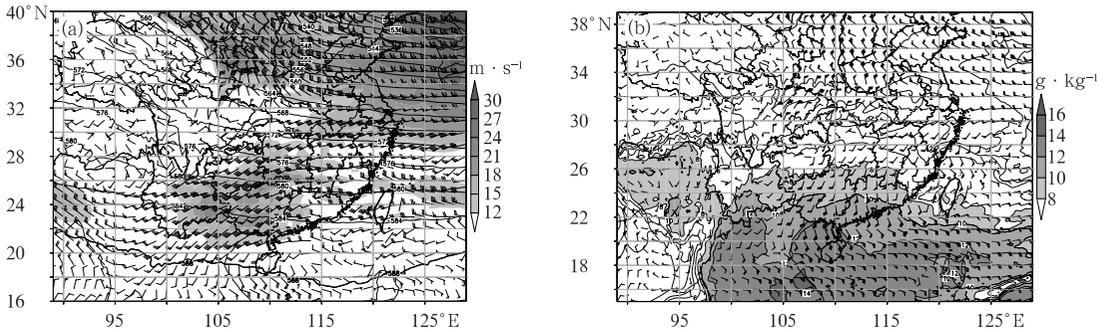


图 6 2014 年 12 月 3 日 08 时(a)500 hPa 位势高度场(实线,单位: dagpm)、700 hPa 风场(风向标,阴影为风速  $\geq 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )和(b)850 hPa 比湿(实线,阴影为比湿  $\geq 8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )和风场(风向标)

Fig. 6 (a) Geopotential height at 500 hPa (unit: dagpm) and wind field at 700 hPa, (b) specific humidity, wind field over 850 hPa at 08:00 BT 3 December 2014

## 5 雾霾过程

### 5.1 概况

2014 年 12 月,我国大部地区呈现“雾弱霾强”的特点,大雾日数普遍较少,仅重庆西部、云南南部、新疆北部等地的局部地区超过 5 d;霾日数总体较多,一般有 5~10 d,其中北京、天津、河北南部、山西南部、陕西关中、山东西部、江苏、浙江、湖南东部、新疆西部等地的部分地区超过 15 d(图略)。月内主要出现了 4 次不同范围和强度的雾霾天气过程,分别发生在 6—10、14—15、18—19 和 22—30 日。其中上旬和下旬均出现了持续性的雾霾天气,但 22—30 日过程较强,具有持续时间长、影响范围广、污染程度重、能见度低的特点。

雾霾期间,气象条件不利于污染物的扩散,常伴有不同程度的空气污染。以京津冀地区(图 7)为例,可以看到,在 6—10、14—15、18—19 和 22—30 日雾霾过程期间,京津冀地区平均  $\text{PM}_{2.5}$  浓度均超过  $75 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,出现轻-中度污染,其中,9—10 和 27—29 日  $\text{PM}_{2.5}$  浓度均超过  $150 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,达重度污染。中央气象台在综合考虑了温、压、湿、风、逆温强度、混合层高度等大气温湿条件和动力状况的基础上构建了静稳天气综合指数,用来表征大气的静稳程度。静稳指数越高,越不利于污染物的水平和垂直扩散,空气污染也就越严重。从京津冀平均静

稳指数和  $\text{PM}_{2.5}$  浓度对应关系来看,出现污染的时段,静稳指数普遍在 9 以上,并且 7—10 和 26—28 日随着静稳指数上升和在高位维持,污染物不断累积, $\text{PM}_{2.5}$  浓度也逐渐达到峰值,出现重度污染。期间 25 日,受弱冷空气影响,静稳程度降低, $\text{PM}_{2.5}$  浓度也有所下降,空气污染降为轻度。11、16、20 和 31 日冷空气势力加强,静稳条件被破坏,静稳指数明显下降,空气质量转好,对应雾霾过程结束。可见,静稳天气指数对雾霾和空气污染过程的发展演变趋势和强度变化有很好的预报参考价值。

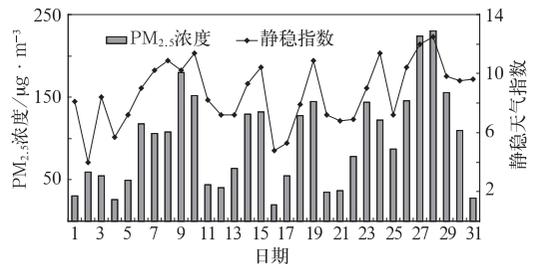


图 7 2014 年 12 月京津冀地区平均静稳天气指数和  $\text{PM}_{2.5}$  浓度逐日演变

Fig. 7 The daily variation of static weather Index and  $\text{PM}_{2.5}$  concentration averaged over Beijing-Tianjin-Hebei region in December 2014

### 5.2 2014 年 12 月 22—30 日持续性雾霾过程分析

12 月 22—30 日,我国中东部地区出现大范围、持续性的雾霾天气,其中 22—25 日以轻-中度霾或

轻雾为主;26日开始,雾霾逐渐发展加强,27—29日,东北地区南部、华北东部、黄淮东部出现持续重污染天气,其中河北中南部、天津、山东的部分地区出现严重污染,PM<sub>2.5</sub>浓度超过250 μg·m<sup>-3</sup>;29、30日早晨,辽宁南部、黄淮东部、江淮东部、西南地区东部、江南、华南等地出现大范围的大雾或浓雾,局地出现能见度不足200 m的强浓雾。

从这次持续性雾霾及重污染过程形成的大尺度环流背景来看,冷空气势力较弱,我国大部地区500 hPa受高压脊后西北气流控制,高空云量少,有利于夜间地面辐射降温。同时,850 hPa中东部地区有暖脊发展,华北东部、黄淮、江淮等地上空为“暖干盖”控制,有利于在其下部形成逆温结构,从而阻碍了水汽和污染物的向上输送,只能在近地层聚集,形成雾霾。以29日08时雾霾较重时段为例,我国高空受东亚大槽后部西北气流控制;850 hPa暖脊较

强盛,从华南西部一直向北伸展到华北地区,对应河南西部有8℃暖中心;地面处在冷高压前部的弱气压场内,水平风速较小,华北地区沿太行山前有明显的地形辐合线,有利于污染物堆积,因此出现重污染天气。而在淮河以南的大部地区,由于地面相对湿度高,普遍在90%以上,同时混合层高度较低,大部地区低于300 m(图8),抑制了水汽的垂直扩散,导致在近地面积聚,达到饱和,从而出现大范围的大雾天气,影响面积约23.8万km<sup>2</sup>。30日,冷空气开始影响华北,随着地面偏北风的增大,京津冀地区PM<sub>2.5</sub>浓度迅速下降,从重污染减弱为轻度污染,而山东、江苏等地受上游输送以及本地静稳天气的影响,污染物浓度呈增加趋势,部分地区出现重度到严重污染。直到31日强冷空气到达江南北部,长江中下游以北大部地区出现4~6级风,此次持续性雾霾和污染过程彻底结束。

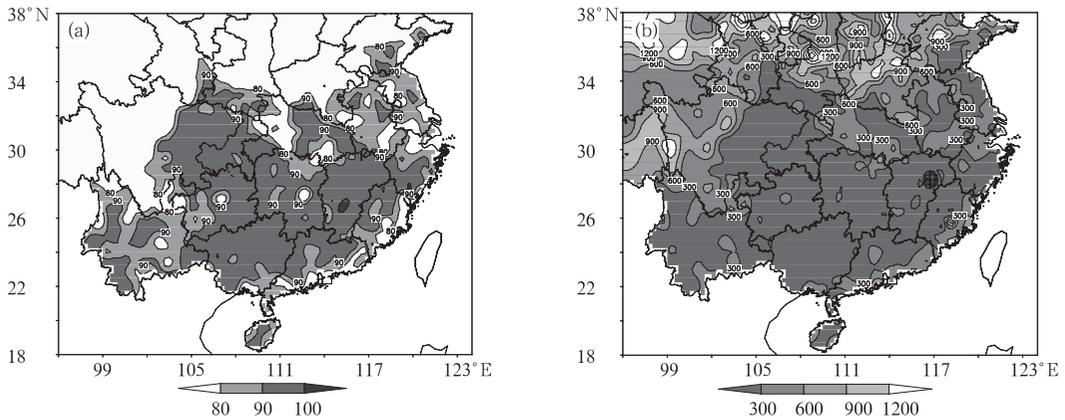


图8 2014年12月29日08时2 m相对湿度(a,单位:%)和混合层高度(b,单位:m)  
Fig.8 The relative humidity of 2 m (a, unit: %) and the mixing layer height (b, unit: m)  
at 08:00 BT 29 December 2014

## 参考文献

- 国家气候中心. 2015. 2014年12月中国气候影响评价.  
樊利强. 2012. 2011年12月大气环流和天气分析. 气象, 38(3): 358-364.  
福建省气候中心. 2015. 福建省2014年12月气候影响评价.  
花丛. 2013. 2012年12月大气环流和天气分析. 气象, 39(3): 394-

400.

- 吕梦瑶, 何立富. 2014. 2013年12月大气环流和天气分析. 气象, 40(3): 381-388.  
江苏省气候中心. 2015. 江苏省2014年12月气候影响评价.  
云南省气候中心. 2015. 云南省2014年12月气候影响评价.  
朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 1992. 天气学原理和方法(第一版). 北京: 气象出版社, 394.


 新书架

## 《实用防雷业务知识问答》

刘凤姣、何逸、王智刚 主编

本书采用知识问答的形式,分为“防雷政策与管理”和“防雷业务技术服务”两部分,第一部分包括法律法规及部门规章和防雷服务规范管理中的有关问题,还归纳了防雷减灾服务现代化建设的工作,简述了雷电预警平台、雷电风险评估系统、防雷廉政风险防控平台、防雷综合服务检测车、防雷检测自动生成系统及《农村民居雷电防护工程技术规范》(GB 50952—2013)的有关内容;第二部分分述了雷电基础、雷电业务、雷电灾害风险评估、防雷装置技术评价、新(改、扩)建构筑物防雷检测、防雷装置定期检测、雷灾调查等各项服务内容的业务流程介绍、技术指标细化以及方式方法等问题,结合具体的防雷服务项目,对雷电重大气象信息服务专报、防雷检测方案及防雷综合技术服务内容进行了应用举例。

本书是湖南防雷多年工作的经验总结与技术凝练,是新、老防雷工作者必备的实用工具书,也是高校学生了解学习防雷及应用知识的有益读本。

16 开 定价:38.00 元

## 《微气象学基础》

胡继超、申双和、孙卫国、毛留喜、王桂玲 编著

本书参阅了近 20 多年来有关的教科书、研究论文的成果,并结合多年的教学经验编写而成,所阐述的主要内容包下垫面的辐射传输与能量平衡、土壤热量传输及温湿度变化、近地层的湍流交换、植被微气象和城市微气象等方面。编书过程中,力求对涉及的基本概念、规律、方法等基础知识做到深入浅出的阐述,并融入近年来的关注热点和研究成果,达到可读性、学术性和应用性的统一。

本书不仅适用于应用气象学、气候学等专业本科生的教材用书,亦对大气科学、生态、环境、农学、林学、地学等领域的科技工作者具有重要参考价值。

16 开 定价:42.00 元

## 《EDA 设计与应用基础》

陈苏婷 编著

本书主要介绍电子设计自动化的技术和应用,可分为三

大部分。第一部分(第一章至第三章)主要讲解 VHDL(超高速集成电路硬件描述语言)的概念、语法、基本电路编程。第一章介绍 EDA(电子设计自动化)技术的发展历史以及常用的 EDA 工具,第二章介绍可编程逻辑器件的发展历史,第三章介绍 VHDL 硬件描述语言。第二部分(第四章至第五章)主要介绍 FPGA 芯片的基本参数以及编程工具的使用方法。其中,第四章以 Virtex-6 系列 FPGA 产品为例,介绍体系结构、参数性能以及相关的电路设计知识;第五章介绍 Xilinx ISE 的使用方法。第三部分(第六章至第七章)主要以实际应用为例,讲解编程设计技巧。第六章介绍数字系统的实用设计技巧;第六章介绍数字系统的设计流程,并通过列举应用实例来进一步阐述。本书可作为高等院校本科生及研究生学习 EDA 技术的参考书,还可作为职业技术培训及从事电子产品设计开发的工程技术人员参考书。亦可作为高等职业技术学院电子类、通信类、电气类、自动化类和计算机类专业学生的教材,电子产品制作、科技创新实践及课程毕业论文的指导用书。

16 开 定价:42.00

## 《中国干旱、强降水、高温和低温区域性极端事件》

任福民 等著

区域性极端天气气候事件研究是近 10 年极端天气气候事件研究领域一个新兴的方向,其基础是如何识别区域性极端天气气候事件。研究团队发展了一种基于“糖葫芦串”模型的区域性极端天气气候事件客观识别方法(OITREE),并基于该模型开展了针对四种中国区域性极端天气气候事件(气象干旱、强降水、高温和低温)的观测研究,并利用 CMIP5 模式尝试性开展了模拟与预估研究,取得了较为系统性的研究成果。本书正是这些新成果的总结。

该书重点突出、内容新颖、可读性强,可作为科研和大专院校大气科学教学的参考读物,也可作为气象相关领域业务科技人员的参考用书。

16 开 定价:120.00 元