

张金艳,蒋军. 全国大部气温偏低 中东部地区出现暴雪[J]. 气象,2010,36(2):142-147.

全国大部气温偏低 中东部地区出现暴雪

——2009年11月——

张金艳¹ 蒋军²

1 国家气象中心,北京 100081

2 新疆气象台,乌鲁木齐 830002

2009年11月,全国平均气温为1.2℃,较常年同期(2.1℃)偏低0.9℃,为1982年以来历史同期最低值。山西、河南月平均气温为1951年以来历史同期最低值,天津、安徽为次低值。全国平均降水量为24.2mm,较常年同期偏多6.2mm。安徽、陕西降水量为1951年以来历史同期次大值^[1]。

10月末至11月16日,我国东部地区出现3次大范围雨雪天气和强降温过程^[2-3];9—10日,长江中下游地区出现大范围强对流天气;我国中东部地区持续出现雾霾天气;西南地区大部及广西部分地区遭受不同程度气象干旱。月内,2009年第22号超强台风生成,对我国近海无影响。

1 天气概况

1.1 全国平均气温较常年同期偏低

11月,全国平均气温为1.2℃,较常年同期偏低0.9℃,为1982年以来历史同期最低值(图1)。月平均气温与常年同期相比,除青藏高原大部气温一般偏高1~4℃外,我国中东部大部地区气温偏低1~2℃,其中内蒙古中部、东北、华北、黄淮、江淮大部、江汉、江南西部等地偏低达2~4℃(图2)。山西、河南月平均气温为1951年以来历史同期最低值,天津、安徽为次低值^[1]。

月内,气温变化幅度大。上旬,华北、黄淮等地的部分地区气温较常年同期偏低1℃左右,我国其余大部分地区气温较常年同期偏高1~2℃,其中新疆大部地区气温偏高3℃以上;新疆平均气温为1951年以来历史同期最高值,青海为次高值,北京、天津为次低值。中旬,除西藏气温偏高4~7℃外,全国其他大部分地区气温比常年同期显著偏低4~8℃,其中17、18日,贵州、湖北、安徽、浙江北部等地的局部地区日最低气温接近或低于历史同期最低

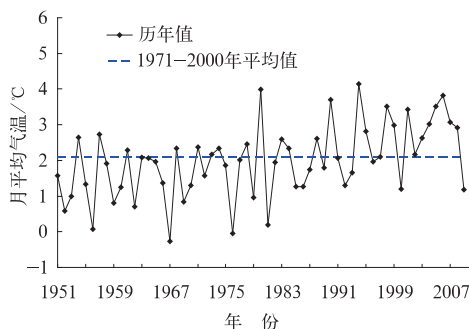


图1 11月全国平均气温历年变化 (1951—2009年)(单位:℃)

Fig. 1 November mean temperature (unit: °C) change in China from 1951 to 2009

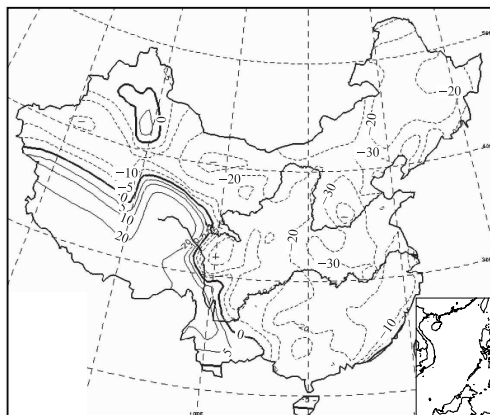


图2 2009年11月全国平均气温距平分布(单位:℃)

Fig. 2 Distribution of temperature anomaly (unit: °C) in China in November, 2009

值。陕西、宁夏、内蒙古、辽宁、山西、河北、天津、河南、山东、湖北、湖南、安徽、江西、广东旬平均气温为最低值。西藏平均气温为1951年以来历史同期最高值。下旬,除新疆北部和内蒙古西部气温较常年同期偏高1~2℃外,全国其余大部地区气温较常年

同期偏低 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右或与常年同期持平。

1.2 全国平均降水量较常年同期偏多

11 月,全国平均降水量为 24.2 mm ,较常年同期偏多 6.2 mm ^[1]。月降水量的空间分布为(图 3a);黄淮西部和南部、长江中下游大部地区、华南中部和东部一般有 $50\sim 100\text{ mm}$,其中江淮大部、江南中东部、华南东北部等地有 $100\sim 150\text{ mm}$;全国其余大部地区不足 50 mm 。与常年同期相比(图 3b),西北地区大部、华北大部、黄淮大部、江淮、江南中东部、

华南中东部等地降水偏多 5 成至 2 倍,局部地区偏多 2 倍以上;西南地区东部和南部、华南西部和南部等地偏少 5~8 成,致使云南、四川、贵州、广西部分地区遭受不同程度气象干旱;全国其余大部地区接近常年同期。11 月,安徽、陕西降水量为 1951 年以来历史同期次大值。上旬,北京降水量为 1951 年以来历史同期次大值,云南为最小值,四川为次小值;中旬,浙江、江西、陕西、西藏降水量为 1951 年以来历史同期最大值,全国平均降水量及青海、甘肃、宁夏、山西、安徽、江苏、上海、福建为次大值。

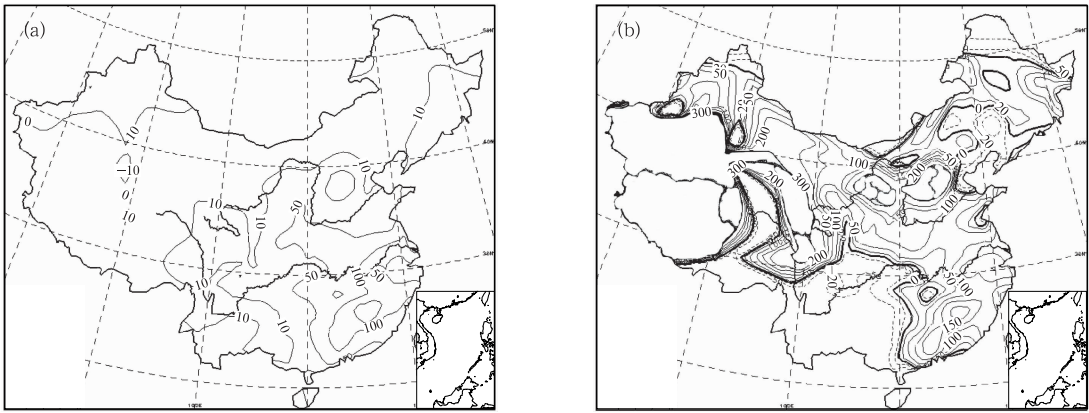


图 3 2009 年 11 月全国降水量分布(a,单位:mm)和全国降水量距平百分率分布(b,单位:%)

Fig. 3 Distribution of precipitation (a, unit:mm) and its anomaly percentage (b, unit:%) in China in November, 2009

2 环流特征和演变

图 4 所示为 2009 年 11 月北半球 500 hPa 月平均高度场及距平场,本月北半球 500 hPa 大气环流有如下特征:

2.1 极涡偏强

本月北半球极涡呈偶极型,在美洲北部及亚洲东北部各有一中心并分别伴有 120 gpm 和 40 gpm 的负距平中心,说明本月极涡较常年同期偏强,相应地影响我国的冷空气也偏强。

2.2 东亚大槽、北支锋区均偏强

东欧平原到乌拉尔山一带是脊区,在距平图上伴有 160 gpm 的正距平中心;长波槽位于亚洲大陆东岸,在距平图上伴有 -40 gpm 负距平,说明东亚大槽较常年偏强。乌拉尔山脊偏强,东亚大槽较常

年偏强偏深,槽后脊前的西北气流引导极地偏强的冷空气取东路影响我国,位于西北太平洋的高压脊阻挡了东亚槽的东移,从而使冷空气影响我国的时间较长。同时北支锋区偏强,从北支锋区不断有冷空气取西路影响我国。东、西两路冷空气共同作用导致本月我国中东部大部地区气温偏低。同时,东路、西路冷空气共同影响容易形成回流天气,给我国东部带来充沛水汽,使得我国华北及东部沿海大部地区降水偏多。

2.3 南支槽偏弱

图 4 中孟加拉湾地区为弱的正距平区,表明南支槽偏弱,不利于来自印度洋和孟加拉湾的水汽向我国的输送,是本月我国西南东南部、华南西部和南部等地降水偏少 5~8 成的主要原因。

2.4 西太平洋副热带高压略偏强

本月西太平洋副热带高压位置接近常年;在距平

图上对应弱的正距平,说明西太平洋副热带高压较常年强度略偏强。副高西侧偏南气流输送暖湿空气北上,给江南中东部、华南中东部等地带来充沛的水汽,是上述地区降水偏多 5 成至 2 倍的主要原因之一。

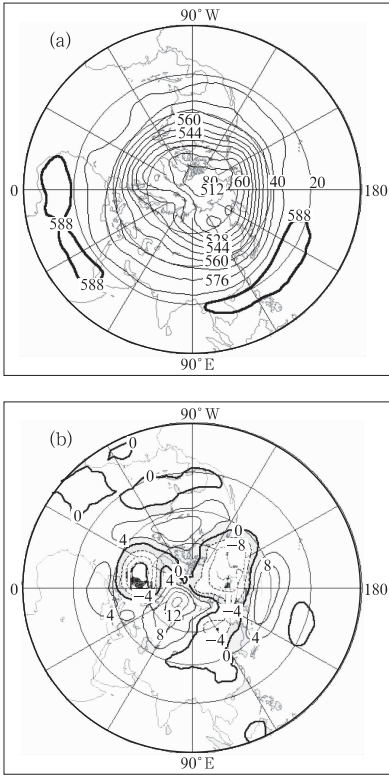


图 4 2009 年 11 月北半球 500 hPa 高度场(a)和距平场(b)(单位:10 gpm)
Fig. 4 The 500 hPa geopotential height (a) and its anomaly (b) in the Northern Hemisphere in November, 2009(unit: dagpm)

2.5 环流演变特征与我国天气

10 月 30 日到 11 月 2 日,西西伯利亚地区为一高压脊,鄂霍次克海地区为低涡区并与南掉的极涡打通,鄂海低压横槽转竖,东亚大槽建立,冷空气沿槽后脊前偏北气流大举南下,形成入秋以来影响我国的首次寒潮天气过程^[2-3]。3 日,随着东亚大槽移出,我国气温缓慢回升。旬中期,环流发生调整,亚洲中高纬环流形势为一脊一槽,乌拉尔山附近为一高压脊且强烈发展伸展到极地,贝加尔湖到远东为一庞大的低涡且与南移的极涡打通,低涡中不断有冷空气取东路路径影响我国;北支锋区逐渐南压且多短波槽活动取西路路径影响我国,这种一脊一槽的形势一直维持到 16 日。受东路、西路冷空气共同作用,9—12 日我国

经历了全国性的寒潮天气过程,15—16 日又有较强冷空气影响中东部地区,使得中旬甚至本月我国大部气温偏低。东路、西路两股冷空气形成回流形势,9—12 日,华北、黄淮等地出现历史同期罕见暴雪天气过程,南方地区也出现大范围强降雨和强对流天气;15—16 日,长江中下游地区出现大范围低温雨雪天气。同时新疆受北支锋区冷空气活动影响,前半月多降水,使得新疆本月降水偏多。

中旬后期,乌拉尔山脊东移到西西伯利亚,东北地区低涡东移,我国北方转为受西北气流控制;地面上我国为一庞大的高压。受地面高压后部滇黔静止锋、南支槽和低层低涡、切变线共同影响,17—21 日,遭受不同程度气象干旱的云南、四川南部等地迎来本月第一场喜雨,西藏东北部、川西高原北部部分地区遭受暴雪袭击。

下旬前期,环流发生调整由经向型转为纬向型,中纬度环流平直,锋区偏北,影响我国的冷空气较弱,加之南支槽较弱,全国大部降水稀少。26—28 日,受从中西伯利亚低涡中分裂南下冷空气和东移南支槽等共同影响,黄淮及长江中下游地区等地出现大范围降水,其中,河南大部、安徽北部、江苏西北部出现大到暴雪。29—30 日,受弱西风槽和切变线影响,新疆北部出现小到中雪、局地大雪,西南地区东部和江南北部等地出现小雨天气。

3 冷空气和主要降水过程

3.1 概述

本月我国东部地区出现了 3 次大范围的强降温过程,分别出现在 10 月 31 日至 11 月 2 日、9—12 日和 15—16 日,其中 10 月 31 日至 11 月 2 日为北方寒潮和南方强降温天气,9—12 日为全国性强寒潮天气;我国大部地区出现了剧烈降温,东部大部地区最大降温幅度普遍有 15~20℃,其中东北、华北西部、黄淮西部、江淮西部、江南大部及内蒙古等地降温达 20℃以上;江西北部及长江以北地区极端最低气温普遍在 0℃以下。东北南部、华北、黄淮、江淮等地平均气温比常年同期偏低 2~6℃,华北地区平均气温为 1951 年以来历史同期最低值,长江中下游地区平均气温为 2001 年以来历史同期最低值。

受冷暖空气共同影响,11 月共出现 9 次主要降水过程,表 1 列出了后 8 次降水过程的时段、影响系统、范围及强度,其中受上述 3 次冷空气活动影响出

现 3 次明显的雨雪天气过程,具有初雪日期早,雨雪范围广、强度强,积雪深度深,降温幅度大、气温低等特点。中东部大部地区降水量一般有 30~100

mm,其中江南东部、江淮南部及福建北部、广东北部等地超过 100 mm;长江中下游和华北地区降水量分别为 1951 年以来历史同期第二多和第三多。

表 1 2009 年 11 月主要降水过程

Table 1 The main precipitation process in November, 2009

| 降水时段 | 主要影响系统 | 主要降水范围 | 降水强度 |
|---------|-----------------------|---|---|
| 5—7 日 | 西风槽、高原槽 | 新疆北部、内蒙古东部、黑龙江西北部、黄淮、江淮、江汉 | 小雨雪,新疆北部部分地区中雨 |
| 9—12 日 | 西风槽、高原槽、南支槽、人字形切变线、倒槽 | 西北地区大部、内蒙古大部、东北地区中南部、华北、黄淮、江淮、江汉、江南、华南 | 中到大雨雪,部分地区暴雨,局地大暴雨,华北、黄淮等地出现历史同期罕见暴雪,长江中下游出现大范围的强对流天气 |
| 13—14 日 | 东北低涡、西风槽、切变线 | 新疆北部、内蒙古东部、东北、山东半岛北部、西北地区东南部、西南地区东部等地 | 小到中雨雪,东北地区东部大雪,局地暴雪 |
| 15—16 日 | 西风槽、南支槽、低涡、切变线 | 西北地区大部、东北地区中北部、黄淮西部和南部、江淮、江汉、江南、华南、西南地区东部 | 小到中雨雪,部分地区出现大雨、暴雪 |
| 17—21 日 | 西风槽、南支槽、低涡、切变线 | 青海东南部、西藏东部、西南地区、江南南部和东部、广西西部 | 小到中雨雪,西藏东北部、川西高原北部的部分地区暴雪 |
| 23—24 日 | 西风槽 | 新疆北部、东北大部 | 小到中雨雪,部分地区大雪 |
| 26—28 日 | 高原槽、南支槽、低涡、切变线 | 西北地区东部、西南地区东部、华北西南部、黄淮大部、江淮、江汉、江南北部 | 小到中雨雪,部分地区出现大雨,其中河南中部、安徽北部、江苏西北部出现暴雪 |
| 29—30 日 | 西风槽、切变线 | 新疆北部、西南地区东部、江南北部 | 新疆北部小到中雪,局地大雪,西南地区东部、江南北部小雨 |

下面主要分析 9—12 日和 15—16 日这两次强降温和强降水过程,上月末至 11 月 2 日的北方寒潮及降水过程详见 10 月天气^[1]。

3.2 9—12 日寒潮天气过程

11 月 9—12 日的强冷空气带来全国性的寒潮天气过程。寒潮除带来强降温,还带来暴雪暴雨和强对流天气。

3.2.1 寒潮、暴雪暴雨、强对流实况

这次寒潮过程的降温实况是:内蒙古中东部、东北地区、华北西部和南部、黄淮大部、江淮西部、江汉、江南中西部、华南中西部日平均气温 48 小时降温 10℃以上,其中东北大部、内蒙古中东部、河南南部、湖南东南部降温 15℃以上,内蒙古东南部、吉林中部降温达 20~22℃;江南北部和西部最低气温降至 4℃以下。此次强冷空气产生的风为 4~5 级,仅高山和沿海个别站超过 6 级。

同时,9—12 日,华北、黄淮等地出现历史同期罕见暴雪天气,河北、山西、河南等地的降雪量和积雪深度突破历史同期极值;河北石家庄市过程降水量达 94 mm;石家庄至山西阳泉一带积雪深度 40~

55 cm,石家庄积雪深度 55 cm,超历史极值 36 cm,阳泉积雪深度 40 cm,超历史极值 21 cm。经综合评估,此次河北、山西、河南的暴雪事件达 60 年一遇,局部达百年一遇。此外,江南东部和南部、华南北部部分地区出现暴雨,局地出现大暴雨。

此外,9—10 日,长江中下游地区出现大范围强对流天气,强对流天气造成的损失为历史同期罕见^[4]。

3.2.2 寒潮成因分析

这次寒潮天气过程是由东路和西路冷空气共同影响产生的。9 日的 500 hPa 高度场上(图 5),乌拉尔山附近为脊区并伸展到西西伯利亚一带,极涡南掉至远东一带,中心闭合线为 5040 gpm,在 500 hPa、700 hPa 和 850 hPa 分别有 -40℃、-28℃和 -24℃的冷中心与极涡相伴;北支锋区稳定在 40°N 附近,锋区上多短波槽活动,河套小槽引导西路冷空气东移与极涡尾部的东路冷空气叠加,造成持续降温,过程降温幅度大。

3.2.3 暴雪成因分析

从图 5 中可以看出北方暴雪影响系统在 500 hPa 上为北支锋区上的西风槽、高原槽、南支槽;在

700 hPa 9 日为冷切,10 日、11 日为河套低压、暖式切变线及低空急流;850 hPa 以下低层为东风回流形势,形成河套倒槽向北强烈发展;地面为倒槽区并有锋面配合并于 11 日形成锢囚。低层及地面的倒槽区有辐合上升气流,与锋面和高空槽、切变线配合,为降雪区提供了有利的抬升条件。

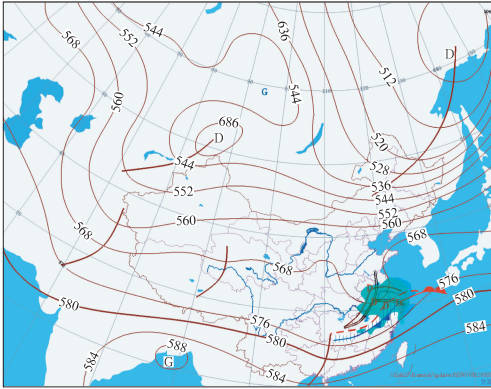


图 5 2009 年 11 月 9 日 20 时 500 hPa 高度场及 700 hPa 人字形切变线、850 hPa 冷暖切变线和地面冷暖锋分布

(阴影区为 8 日 08 时—9 日 08 时降水量 ≥ 25 mm 区域,斜线区为 9 日 20 时强对流发生区域)

Fig. 5 The 500 hPa geopotential height at 20:00 BT 9 November 2009 (unit: dagpm)

水汽来源有两个通道,一个是南部海区,另一个是东部海区。在本次降雪天气过程中,在暴雪区南侧水汽含量丰富,且暴雪区及其上游地区湿层深厚,从低层到 700 hPa 层以上均维持一大范围的深厚湿层;南支槽和副高前西南气流叠加加强了低空急流,700 hPa 低空急流为暴雪区提供了持续的水汽供应;低层东路冷空气高压底部气流形成东风急流,也为降雪区提供了水汽来源。

暴雪区位于 700 hPa 暖切变线南侧,和 700 hPa 水汽辐合区有很好的对应关系,说明 700 hPa 水汽的输送对暴雪的形成有重要作用,这从水汽通量散度分析可以得到更充分的验证,10 日 20 时至 11 日 2 时,陕西大部、陕西中北部、河北西南部等地出现 2~12 mm 的降雪,在 10 日 20 时 700 hPa 水汽通量散度图上从华南西部、湖北西部到陕西南部、山西大部有 $(-10 \sim -30) \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽辐合中心,同时刻 850 hPa 水汽通量散度图上山东西部、河南、河北南部、山西东南部为 $(-5 \sim -10) \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽辐合中心。

在有利的上升条件和水汽条件下,北支锋区稳

定,地面冷锋移动缓慢,降雪持续时间长,产生了华北、黄淮等地历史同期罕见的暴雪天气过程。

3.2.4 暴雨和强对流成因分析

9 日 20 时主要降水区(图 5 中阴影区域表示日降水量 ≥ 25 mm)位于 500 hPa 西风槽前,700 hPa 上为低涡、江淮东部到江南中东部的人字形切变线、低空急流,850 hPa 上为低涡及冷、暖切变线;地面为锋面气旋。700 hPa 上的人字形切变线是我国夏季暴雨的主要影响系统之一,发生在 11 月还是比较罕见的。上述系统为降水提供了有利的上升条件且不稳定,9 日 08 时江西南昌、福建邵武的 K 指数分别达 38 和 37 $^{\circ}\text{C}$,沙氏指数分别为 -3.21、-2.09,9 日 14 时地面气温在江淮东部为 16~19 $^{\circ}\text{C}$,江南为 19~31 $^{\circ}\text{C}$ 。降水水汽来源主要来自于低层 850 hPa,850 hPa 和 700 hPa 在降雨区分别为 $(-10 \sim -30) \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 、 $(-5 \sim -20) \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$,且 700 hPa 水汽辐合的范围较小。在上述上升和不稳定条件下,产生了南方明显降水和大范围强对流天气。

3.3 15—16 日冷空气和强降水过程

11 月 15—16 日,受中等强度冷空气影响,西北地区东部、内蒙古、东北、华北、黄淮、江淮、江汉大部等地气温下降了 4~8 $^{\circ}\text{C}$,其中内蒙古东北部、东北地区中北部降温幅度达 10~12 $^{\circ}\text{C}$,局部地区 13~14 $^{\circ}\text{C}$ 。

同时,受冷暖空气共同影响,15—16 日,长江中下游地区出现 2009 年入秋以来首场大范围低温雨雪天气,江南中东部降水量普遍在 30~50 mm,江南东部部分地区超过 50 mm。长江中下游地区以及河南等地出现降雪,其中,安徽中南部部分地区、江苏中南部偏西地区降雪量 30~45 mm,安徽宣城 49 mm、太平 46 mm;安徽中南部以及江苏西部、湖北东部局地最大降雪深度 11~30 cm。江淮、江南北部最低气温普遍在 -5~0 $^{\circ}\text{C}$ 之间。长江中下游地区大部初雪日期比常年偏早 25~35 天,为近 10 年来最早的一年,其中安徽南部、江苏南部、湖北西南部部分站点为有气象记录以来最早的一年,江苏、安徽、湖北的部分地区积雪深度突破 11 月历史极值。

冷空气过程前期环流背景在 2.5 节中已有阐述。15 日,500 hPa 高度场上(图 6),乌拉尔山附近仍维持一高压脊,我国东北到勘察加半岛为庞大的

低压区且与南移的极涡打通,在 500 hPa、700 hPa 和 850 hPa 分别伴有 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷中心与东北低压相伴;北支锋区南界南压至我国秦岭淮河一带且锋区密集,温度梯度达 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/5$ 纬距;从东北低压中有冷空气取东路路径南下,同时,新疆北部有冷空气取西路路径东移。在东、西两路冷空气影响下,15—16 日,我国中东部大部地区出现 $4\sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、部分地区 $10\sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、局地 $13\sim 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的降温。

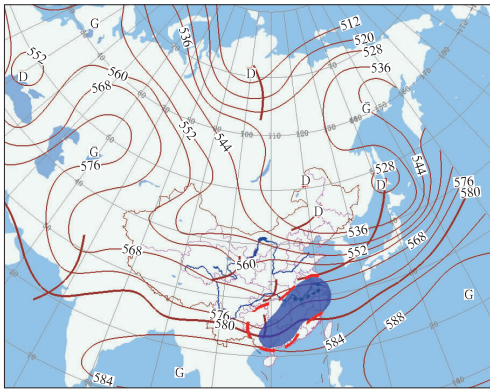


图6 2009年11月15日20时500 hPa高度场,其中虚线所围区域为700 hPa该时刻风速大于 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的区域,阴影区为15日08时至16日08时降水量 $\geq 10\text{ mm}$ 区域,点线为该日暴雪和雨的分界线

Fig. 6 The 500 hPa geopotential height at 20:00 BT 15 November 2009 (unit: dagpm)

降水过程的影响系统有西风槽、南支槽和中低层的低涡、切变线。15日20时,主要降水区(图6中阴影区域)位于500 hPa西风槽和南支槽前,对应700 hPa上在重庆北部到湖北西部有一低涡,并伴

有冷、暖切变线,为降水提供了有利的上升条件。

水汽来源有两个通道,一个是南部海区,另一个是东部海区。南支槽前的西南气流和副高北侧的西南气流叠加加强了低空急流(图6中虚线包围区域),急流中心风速为 $20\sim 22\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,低空急流使水汽得以聚集,对应同时刻700 hPa水汽通量散度图上江南大部为 $(-10\sim -30)\times 10^{-8}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot(\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 的水汽辐合中心;同时低层高压底部偏东气流也为本次暴雪过程提供了充沛的水汽,在同时刻850 hPa水汽通量散度图上江南东部和南部为 $(-10\sim -30)\times 10^{-8}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot(\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 的水汽辐合中心;两个水汽通道对水汽输送均起重要作用。700 hPa和850 hPa $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温线东段均南压到江南北部。在这种系统配置下,15日08时至16日08时,长江中下游地区大部、华南北部等地出现中到大雨,在700 hPa和850 hPa $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温线以北的安徽南部、江苏西南部等地出现暴雪。16日,随着500 hPa西风槽和南支槽合并东移到湖北东部到湖南中部一带,降水区也随之东移,江淮、江南中东部、华南中东部等地出现小到中雨,局地大雨。17日,随着500 hPa西风槽移出我国,此次强降水过程结束。

参考文献

- [1] 殷水清,王凌. 东部地区出现低温雨雪 长江中下游遭遇强对流[J]. 气象,2010,36(2):148-149.
- [2] 王文东. “芭玛”登陆海南 京津出现降雪[J]. 气象,2010,36(1):119-123.
- [3] 钟海玲,徐良炎. 江南、华南干旱发展 “芭玛”登陆海南[J]. 2010,36(1):124-125.
- [4] 代刊.“海高斯”登陆海南 西藏遭遇强降雪[J]. 气象,2009,35(1):119-123.