

樊利强. 2011 年 12 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 2012, 38(3): 358-364.

# 2011 年 12 月大气环流和天气分析<sup>\*1</sup>

樊利强

国家气象中心, 北京 100081

**提 要:** 2011 年 12 月大气环流主要特征是: 北半球极涡呈单极型分布, 强度较常年同期偏强, 但位置偏向西半球。中高纬环流呈 4 波型, 其中西欧大槽强度较常年同期偏强, 东亚大槽强度偏弱, 南支槽和副热带高压位置接近常年同期, 但南支槽强度偏弱, 不利于水汽输送。月内我国出现了 2 次主要的冷空气过程。12 月, 全国平均气温  $-3.8^{\circ}\text{C}$ , 略高于常年同期 ( $-3.9^{\circ}\text{C}$ )。月内, 全国平均降水量为 7.5 mm, 较常年同期 (9.8 mm) 偏少 23.5%。月降水量与常年同期相比, 辽宁、吉林西部、内蒙古东南部、广东大部、青海西部、西藏中部等地偏少 8 成以上。

**关键词:** 大气环流, 冷空气, 降水, 大雾

## Analysis of the December 2011 Atmospheric Circulation and Weather

FAN Liqiang

National Meteorological Centre, Beijing 100081

**Abstract:** The following are the main characteristics of the general circulation of atmosphere in December 2011: There is one polar vortex center in the Northern Hemisphere with a slightly stronger strength than normal years. The circulation presents a four-wave pattern in middle-high latitudes. The west European major trough is stronger and the East Asian major trough is weaker than the same period of normal years. The positions of the south branch trough and the northeast subtropical high are approaching to those at the same period of normal years, but the strength is weaker. This kind of situation is not favorable for the transportation of water vapor. There are two cold surge processes affecting China, and the monthly mean temperature is  $-3.8^{\circ}\text{C}$ , which is slightly higher than that ( $-3.9^{\circ}\text{C}$ ) at the same period of normal years. In this month, the mean precipitation (7.5 mm) is 23.5% less than normal. The precipitation amounts of Liaoning Province, west of Jilin Province, southeast of Inner Mongolia, Guangdong Province, west of Qinghai Province, and middle of the Tibet Autonomous Region are all 80% less than the same period of normal years.

**Key words:** atmospheric circulation, cold air, precipitation, fog

### 1 天气概况

#### 1.1 降水

12 月, 全国平均降水量为 7.5 mm, 较常年同期 (9.8 mm) 偏少 23.5%。吉林出现 60 年以来降水

量最少值<sup>[1]</sup>。两淮地区、江汉、江南、西南地区东部以及广西、海南、新疆西北部等地月降水量普遍在 10 mm 以上, 其中山东东南部、江苏、浙江、福建北部、江西北部、湖南中东部、重庆、海南等地超过 30 mm; 全国其余大部地区降水量不足 10 mm, 其中新疆东南部、青海中西部、内蒙古西部和东南部、辽宁西部、吉林西部及西藏等地基本无降水 (图 1)。

<sup>\*</sup> 国家气象中心青年基金 (220099011001002009) 资助  
2012 年 1 月 20 日收稿; 2012 年 2 月 14 日收修定稿  
作者: 樊利强, 主要从事中短期天气预报工作. Email: fanlq@cma.gov.cn

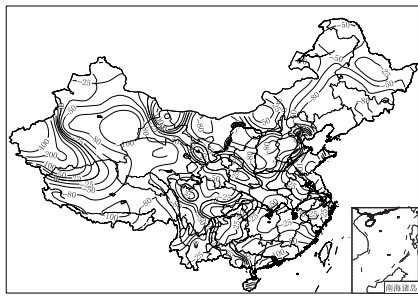


图 1 2011 年 12 月全国降水量分布(单位:mm)  
Fig.1 Distribution of precipitation (unit: mm)  
in China in December 2011

月降水量与常年同期相比,黄淮东部、江淮东部、西南地区东北部以及青海东南部、新疆西部、西藏西部等地偏多 3 成至 1 倍,局部偏多 1 倍以上;全国其余地区接近常年或偏少,其中东北地区大部、内蒙古东部、华北、江汉、江南西部、华南以及新疆东部、青海、西藏中东部、四川西南部、云南西北部等地普遍偏少 3~8 成,辽宁、吉林西部、内蒙古东南部、广东大部、青海西部、西藏中部等地偏少 8 成以上(见图 2)。

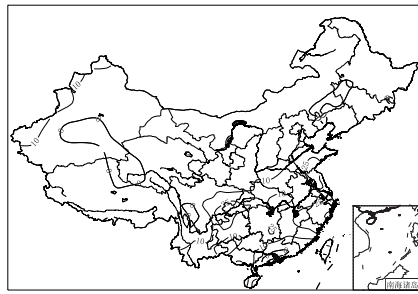


图 2 2011 年 12 月全国降水量  
距平百分率分布(单位:%)  
Fig.2 Distribution of precipitation anomaly  
percentage (unit:%) in China in December 2011

1.2 气温

12 月,全国平均气温-3.8℃,略高于常年同期(-3.9℃)(图 3)。全国气温总体呈西部偏暖、东部偏冷态势。西藏月平均气温和上旬平均气温均为历史同期最高值<sup>[1]</sup>。

月平均气温与常年同期相比,青藏高原大部、云南西部以及新疆中部部分地区偏高 1℃以上,其中,西藏大部、青海南部、四川西北部偏高 2~4℃,西藏

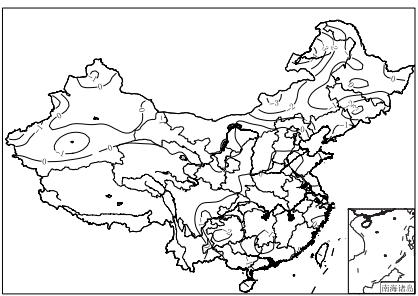


图 3 2011 年 12 月全国平均气温  
距平分布(单位:℃)  
Fig.3 Distribution of temperature anomaly  
(unit:℃) in China in December 2011

部分地区偏高 4℃以上;全国其余地区气温偏低或接近常年,其中,东北地区中南部及内蒙古中东部、贵州、广西西部、广东北部、江西南部、湖南南部、安徽、湖北东北部等地普遍偏低 1~2℃,内蒙古、吉林、贵州等地的部分地区偏低 2~4℃,内蒙古局地偏低 4℃以上(见图 3)。

2 环流特征和演变

图 4 给出了 2011 年 12 月 500 hPa 平均位势高度及距平图,与常年同期的北半球环流形势相比,12 月北半球的环流形势有以下主要特点。

2.1 极涡偏强且呈单极型

北半球极涡呈单极型分布,主体位于北极圈内,中心强度达到 496 dagpm,明显较常年平均偏强,但极涡中心位置偏向西半球,位于巴芬岛附近(图 4a),最大负距平中心位于冰岛附近,中心强度达到 -160 dagpm(图 4b)。

2.2 中纬度环流呈四波型

2011 年 12 月,北半球中高纬度 500 hPa 位势高度场呈 4 波型分布特征。其中,西欧附近的槽区较常年明显偏强。亚洲中高纬为纬向分布的两槽一脊形势,东亚槽比常年略偏西,强度偏弱,脊区位于西伯利亚附近,对应一正距平中心,中心强度达到 160 dagpm,说明高压脊强度较常年偏强,但位置偏北,与亚洲西部槽位相上略有叠加,冷空气沿脊前偏北气流东移南下影响我国,由于锋区位置偏北,使得影响我国的冷空气强度较常年偏弱。这也是本月我

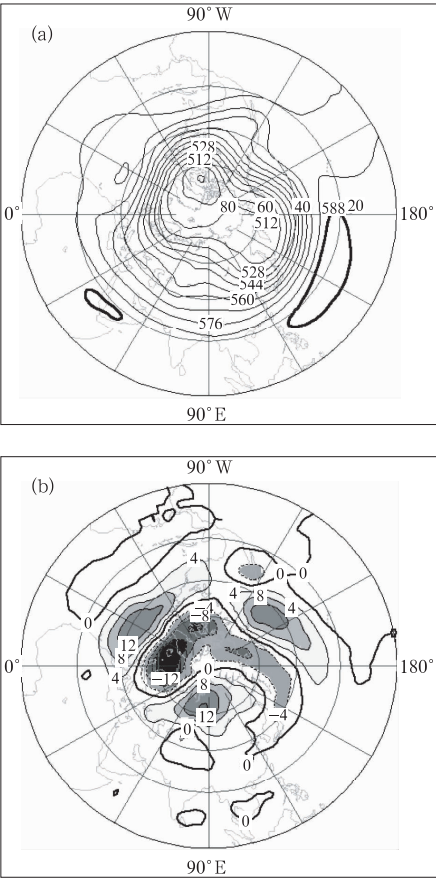


图 4 2011 年 12 月北半球 500 hPa 平均高度(a)和距平(b) (单位:dagpm)

Fig. 4 Geopotential height at 500 hPa (a) and its anomaly (b) in the Northern Hemisphere in December 2011 (unit: dagpm)

国大部地区气温较常年略偏高的原因之一。

2.3 南支槽强度偏弱,副高接近常年

南支槽位置位于 90°~95°E 附近,接近常年同期,但强度略偏弱,由于南支气流较为平直,不利与西南暖湿气流向北输送。西太平洋副热带高压呈带状分布在菲律宾以东洋面上,脊线位置位于 20°N 附近,西脊点位于 125°E 附近,接近常年同期。

2.4 环流演变与我国天气

图 5 给出 12 月上、中、下旬欧亚地区 500 hPa 大气环流发展演变的 3 个时段的平均高度场。我国总体上处于西高东低形势,环流经向度以中旬最大。

上旬(图 5a)亚洲中高纬地区主要为两槽一脊形势,气流分支明显,此支锋区位于 50°N 以北。亚洲西部和鄂霍次克海至我国东北为两个浅槽。威海

以东为一低涡中心,中心强度 548 dagpm,缓慢东移影响我国西北地区,为新疆西部、青海东南部等地带来明显的降水过程,是上述地区月降水量超过常年同期 3 成至 1 倍、局地 1 倍以上的重要原因之一。我国新疆地区附近为一弱脊区,高压脊缓慢向东移动,冷空气主要沿脊前偏北气流不断东移南下。在这一旬影响我国的冷空气以西北路径为主,强度较弱。中低纬地区,副热带高压位置偏东,584 线位于台湾至海南一带,南支槽位于 100°~110°E 之间,强度接近气候平均,槽前的西南气流有利于暖湿空气向我国输送,暖湿气流与北方南下冷空气相互作用,在江南东部局地产生了暴雨天气。旬内我国境内多短波槽活动,但短波槽主要向东南方向发展,这也使得内蒙古东部、东北地区大部、华北等地旬降水量较常年偏少。

中旬(见图 5b),原位于威海以东的低涡中心东移北上,强度加强,中心强度达到 540 dagpm;新疆附近的高压脊缓慢东移,强度减弱;西西伯利亚西部

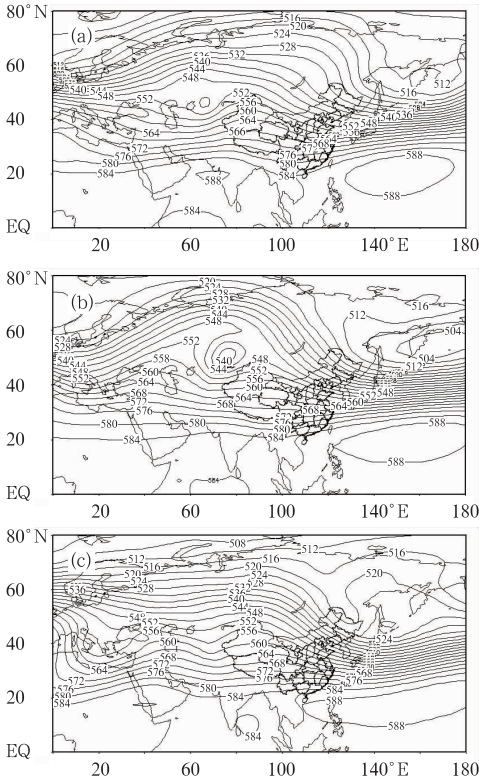


图 5 2011 年 12 月欧亚 500 hPa 上(a)、中(b)、下(c)旬平均位势高度 (单位:dagpm)

Fig. 5 Eurasia geopotential heights at 500 hPa (unit: dagpm) of the 1st (a), 2nd (b) and last (c) daked average in December 2011

有高压脊发展,中西伯利亚经贝加尔湖至我国东北地区的环流经向度加大,有利于冷空气南下影响我国中东部,勘察加半岛附近有低涡活动,对应此环流形势,旬内有一次冷空气过程影响内蒙古中东部、东北地区以及华北北部等地;中低纬度环流较为平直,副热带高压略向西伸,但南支槽强度较上旬减弱,不利于水汽向我国输送,致使大部地区降水较常年偏少。

下旬(见图 5c),中高纬度地区以西高东低形势为主。西西伯利亚南部低涡明显减弱,但西亚东部仍有低槽活动,贝加尔湖至我国东北地区为高压脊前偏北气流控制,但由于高压脊处于不断减弱过程中,故没有明显的冷空气南下影响我国,东北地区北部多弱的低值系统活动。西太平洋副热带高压继续向西伸展,南支槽明显减弱,整个中低纬度气流更为平直,不利于水汽向我国输送,同时我国也只有江南东部沿海及西南地区东部的水汽条件较好,因此下旬的全国的平均降水量不及上旬和中旬。

12 月中旬和下旬,高原上不断有短波槽东移,西南地区东部多低值系统活动,使得西南地区东部的阴雨雪天气得以持续。整个 12 月份,新疆以西地区多低值系统活动,系统本身具有一定的水汽条件,结合新疆的地形作用,在新疆西部和北部形成多次的降水过程,虽然每次降水量不大,但月降水总量还是较常年同期偏多。

### 3 冷空气活动

#### 3.1 概况

12 月上、中旬各有一次冷空气影响我国,较常年同期(3 次)偏少,强度较弱。第一次过程出现在 5—9 日,是一次全国性中等强度冷空气过程,第二次过程出现在 14—16 日,影响范围明显小于第一次过程。主要冷空气过程见表 1。

表 1 2011 年 12 月主要冷空气过程  
Table 1 Main cold air processes in December 2011

| 降水时段       | 影响区域          | 降温幅度                                              | 大风、沙尘天气                                               |
|------------|---------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 12 月 5—9 日 | 全国大部地区        | 气温普遍下降 5~10℃,内蒙古中部、吉林东南部、江苏、安徽南部和浙江北部等地降温达 10~15℃ | 北方大部地区 4~6 级偏北风,东部和南部沿海部分地区以及新疆山口地区出现 8 级以上大风         |
| 14—16 日    | 内蒙古中东部、东北地区等地 | 气温下降 5~8℃,内蒙古东北部、辽宁东部、吉林东部等地降温超过 10℃              | 内蒙古中东部、东北地区、华北北部、东部和南部沿海部分地区 4~6 级偏北风,山东半岛北部等地达 7~8 级 |

#### 3.2 12 月 5—9 日冷空气过程分析

12 月 5—9 日,此次冷空气是一次全国性中等强度冷空气过程,受其影响,西北地区大部、内蒙古、东北地区中南部、华北、黄淮、江淮、江南、华南大部以及云南东部、贵州西部和南部、西藏中北部等地普遍降温 5~10℃,内蒙古中部、吉林东南部、江苏大部、安徽南部、浙江北部等地最大降温幅度达 10~15℃。冷空气影响期间,西北地区中西部、内蒙古、东北地区、华北北部等地最低气温降至-15℃以下;黄淮、江淮、江南北部等地下降到 0℃以下。冷空气过程中,上述地区普遍出现过 4~6 级偏北风,山东半岛以及我国东部和南部海域的部分地区出现 8 级以上大风。

此次过程前期为小槽发展型,后期呈现出横槽型特点<sup>[2-3]</sup>。冷空气在西伯利亚形成并持续发展,至 12 月 5 日爆发,以西北路径为主侵入我国。过程前

期,亚洲中高纬地区主要处于纬向型环流中,2 日,西西伯利亚附近存在短波槽,极地有冷舌伸向东欧,此时温度槽落后于高度槽约 1/4 波长,槽后存在较强冷平流,等高线也稍有疏散,即槽线上有正涡度平流,说明槽将进一步发展;东欧附近高压脊随之东移,与地面不断发展加强的高压相配合。贝加尔湖附近有弱高压脊发展,使西伯利亚冷涡形成后较为稳定少动,同时,由于冷空气不断堆积,冷涡中心强度加强。3 日,55°~60°N、90°~100°E 附近出现-40℃的冷中心,小槽缓慢东移,4 日与里海附近东移的低涡同位相叠加并东移至 80°E 的位置(图 6a),槽后高压脊暖舌落后于脊,脊线附近等高线呈疏散形势,脊线上存在暖平流和负涡度平流,有利于脊的进一步发展,从而使槽后偏北风加大,冷平流加强。5 日 02 时,地面天气图分析表明,冷空气在中西伯利亚和蒙古国堆积,地面冷空气前锋已侵入我国,地面高压中心的强度达到 1040 hPa 并进一

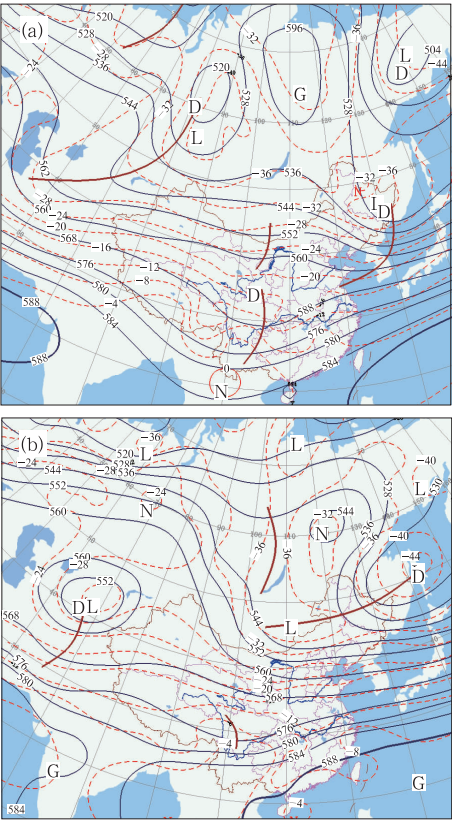


图 6 2011 年 12 月 4 日 20 时(a)和 7 日 08 时(b)的 500 hPa 位势高度场(实线)及温度场(虚线)

Fig. 6 The 500 hPa geopotential heights (bold lines) and temperature (dashed lines) at (a) 20:00 BT 4 December and (b) 08:00 BT 7 December 2011

步加强,冷空气发展过程中,地面高压中心强度极值一度达到 1065 hPa。至 7 日 08 时,远东南部至蒙古国一线为一横槽,远西部至贝加尔湖附近为东北—西南走向的长波脊,并存在一阻塞高压(图 6b),脊前偏北气流不断引导冷空气在横槽内堆积,锋区已南压到 45°N 附近;与此同时,西西伯利亚高压脊继续发展,脊前偏北气流不断引导冷空气补充南下,对应地面高压发展至最强盛阶段。9 日 20 时,冷空气前沿已经到达我国华南以南的海上,此后我国大部地区开始逐渐回温。

4 主要降水过程

4.1 概况

本月有 8 次降水过程(见表 2),其中 12 月 5—9 日为主要降水过程,中下旬的 3 次降水过程只影响北方部分地区。月内,全国共 7 站出现极端连续降水日数事件,主要分布在新疆、贵州和云南 3 省(区),降水普遍持续 4~7 天,其中贵州织金和云南镇雄连续降水日数分别为 26 和 31 天。

西南地区东北部出现较长时间的低温阴雨(雪)天气,大部地区降水量有 20~50 mm,较常年同期偏多 3 成至 1 倍;降水日数普遍有 8~16 天,部分地区超过 16 天;贵州西部、四川东南部、云南东北部出现冻雨天气,其中贵州威宁截止 30 日冻雨日数已达 20 天,比往年同期(10 天)多了 10 天<sup>[1]</sup>。

表 2 2011 年 12 月主要降水过程  
Table 2 Main precipitation processes in December 2011

| 降水时段    | 主要影响系统                       | 影响区域及降水强度                                                                                                                                       |
|---------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3—4 日   | 南支槽,高原槽,低空切变线,低涡             | 西南地区东部和南部出现小到中雨                                                                                                                                 |
| 5—9 日   | 短波槽,南支槽,高原槽,低涡、低空切变线,冷锋,低空急流 | 新疆西部和北部、西北地区中东部、内蒙古、东北地区东部和南部、华北大部、山东半岛等地出现小到中雪或雨夹雪、雨转雪天气,其中,新疆西部部分地区大雪;黄淮大部、江汉、江淮、西南地区东部和南部、江南、华南等地出现小到中雨,其中,黄淮东南部、江淮东部、江南东部、华南西南部及海南出现大雨,局地暴雨 |
| 9—12 日  | 南支槽,高原槽,低涡切变线                | 青藏高原东部、西南地区东部等地出现小到中雪或雨夹雪、雨转雪过程;西南地区南部等地出现小到中雨                                                                                                  |
| 13—15 日 | 高空槽,锋面气旋,低空切变线               | 内蒙古东北部、东北地区出现小到中雪                                                                                                                               |
| 14—24 日 | 南支槽,高原槽,短波槽、地面倒槽、低涡切变线,低空急流  | 青海东部、西北地区东南部、川西高原等地的部分地区出现小到中雪;江汉大部、西南地区东部、云南东部、江南大部和海南的部分地区出现小到中雨,其中,贵州中西部及云南东北部地势较高的地区出现冻雨                                                    |
| 15—22 日 | 高空冷涡,低涡切变线                   | 新疆西部和北部部分地区出现小到中雪,局地大到暴雪                                                                                                                        |
| 27—29 日 | 高空冷涡,低涡切变线                   | 内蒙古东部、东北地区大部出现小到中雪                                                                                                                              |
| 28—31 日 | 南支槽,短波槽,低空低涡切变线,低空急流         | 江汉西部、西南地区东部和南部、江南、华南出现小到中雨                                                                                                                      |

#### 4.2 12月5—9日降水天气过程分析

12月5—9日,新疆西部和北部、西北地区中东部、内蒙古中东部、东北地区南部、华北大部出现明显降雪,新疆西部及沿天山地区、甘肃中东部、陕西中部、辽宁南部、华北东北部和东南部降水量超过2.5 mm,新疆西南部部分地区有10~20 mm,新疆阿图什附近地区达25.3 mm;至9日08时,内蒙古东部、新疆西部等地最大积雪深度有5~15 cm,内蒙古阿巴尔虎旗、新疆吐尔尕特最大积雪深度分别达24.9和22.1 cm。黄淮东南部、江淮东部、江南东部、广西南部及海南等地过程雨量较大,海南万宁站过程雨量达到112.1 mm。

这次降水天气过程主要由南下冷空气与东移短波槽、南支槽共同引起,并且在低层有低涡、切变线和急流相配合。过程开始前,亚洲中高纬度主要为两槽一脊环流形势,中西伯利亚北部存在一阻塞高压,4日20时,西西伯利亚低涡与里海附近东移的短波槽同位相叠加,强度加强,同时,西西伯利亚西部有高压脊发展,且温度脊明显落后于高度脊,说明其将进一步发展加强,脊前偏北气流不断引导冷空气南下在前部冷涡中聚积;5日,冷空气开始侵入我国,正是由于此高压脊的发展,脊前偏北气流不断引导冷空气补充东移南下,影响我国大部地区;内蒙古西部短波槽东移,且温度槽落后于高度槽,槽在东移的过程中有加强趋势(图7);整个过程中,南支系统活跃,南支槽前700 hPa自西南地区至长江中下游一线存在低空急流,为长江中下游地区不断输送水汽,副热带高压西脊点位置5日08时西跃约10个经度至108°E附近,后期脊线位置不断缓慢北抬,副高西侧偏南气流不断引导暖湿气流向下游地区输送水汽,至6日20时,588线位置达到最北,至江南南部一线,之后缓慢南落;西南地区东部有低涡活动,同时,在云南北部附近存在地面低压倒槽。

12月5日08时,蒙古高压进一步发展加强,冷空气前锋进入内蒙古西部—新疆北部一线,之后冷高压不断发展并南压,冷锋快速东移南下,至6日20时,冷锋已抵华北北部—西北地区东部一线,而后缓慢东移南下,影响我国中东部大部地区。冷锋后部位于贝加尔湖西南部附近的冷高压中心强度一度发展至1065 hPa,期间不断有冷空气补充南下。与此同时,在中低纬度,不断有南支波动东移北上,副热带高压脊线北抬至20°N附近,南支槽前以及

副热带高压西侧和北侧的偏南暖湿气流发展强盛,不断向我国南方输送水汽,使我国南方大部地区处于显著的高湿区。分析低层风场及物理量场得知,黄淮东部至江南北部一线存在辐合区,随着北方冷空气南下,冷暖空气交会在长江中下游一线,造成大范围雨雪天气。

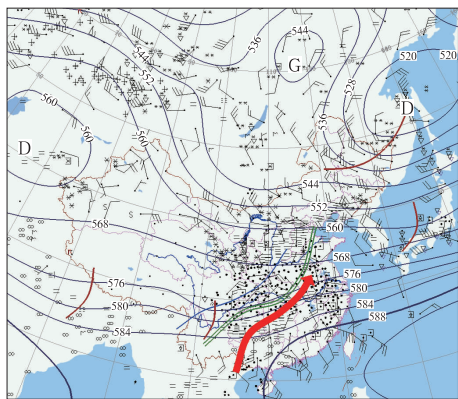


图7 2011年12月6日20时500 hPa高度场(实线)、850 hPa风场和切变线(双实线)、700 hPa切变线(单实线)和急流轴(黑色箭头线)和地面观测  
Fig. 7 The 500 hPa geopotential height (solid lines), 850 hPa wind and shear line (double line), 700 hPa shear line (single line), the axis of jet stream (arrow line), and ground observations at 20:00 BT  
6 December 2011

低空切变线和低空急流对此次降水过程具有重要作用<sup>[4]</sup>。5日20时,主要降水落区位于暖湿切变北侧,随着冷空气东移南下,降水落区东移,位于切变线东侧和南侧,与风速辐合区位置较为一致。低空急流最大风速超过 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,随着冷空气不断补充南下和南支系统东移,不断有低涡和切变线生成发展,与低空急流相配合,南方大部地区出现相对持续的降水天气。

#### 4.3 12月2—6日中东部大雾过程

12月2—6日,我国中东部出现了大范围雾、霾天气,其中,华北大部、黄淮西部、江淮西部、江汉、西南地区东部和南部、江南大部、华南北部等地出现能见度低于1000 m的雾;北京南部、天津、河北南部、山西中部、陕西中部、重庆西南部、贵州西南部、江南大部等地出现能见度低于1000 m雾的日数达到了3~5天。期间,山西中南部、河北南部和东北部、北

京、天津、山东西部、河南中东部及江南等地的部分地区出现了能见度低于 200 m 的雾。另外,本次大雾过程具有较为明显的日变化特征,一般午夜至上午雾发展加强,午后开始减弱消散,属于较为典型的辐射雾。

从此次大雾过程大尺度环流形势来看,中东部大部地区处在高空槽后弱的偏北气流中,后期有弱高压脊东移,我国北方大部地区以下沉运动为主。分析地面气压场得知(图 8),东北平原、华北、两淮地区、江汉、西南地区东部以及江南、华南北部等地一直处于地面高压区内,高压控制下的晴空区有利于地表辐射降温<sup>[5]</sup>,另一方面,由于高压区内等压线稀疏,风力较小,不利于水汽垂直交换,更有利于近地面层水汽达到饱和状态;同时,大陆高压向东伸展至海上的部分有利于地面弱冷气团变性,并在高压底部形成偏东气流,向雾区不断输送湿空气。整个大雾过程中,多地近地面相对湿度超过 90%,部分地区达到 100%,近地层风速较小。以邢台、邵武两站为例分析温度垂直分布特征(图 9)得知,大雾过程中侧边界始终有逆温存在,说明大气处于稳定层结<sup>[6]</sup>。

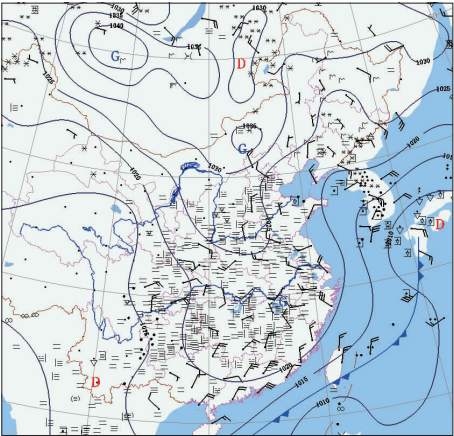


图 8 2011 年 12 月 2 日 20 时 925 hPa 风场,3 日 02 时地面气压场及 08 时天气实况

Fig. 8 The 925 hPa wind at 20:00 BT 2 December 2011, the surface pressure at 02:00 BT 3 December and the ground observations at 08:00 BT 3 December 2011

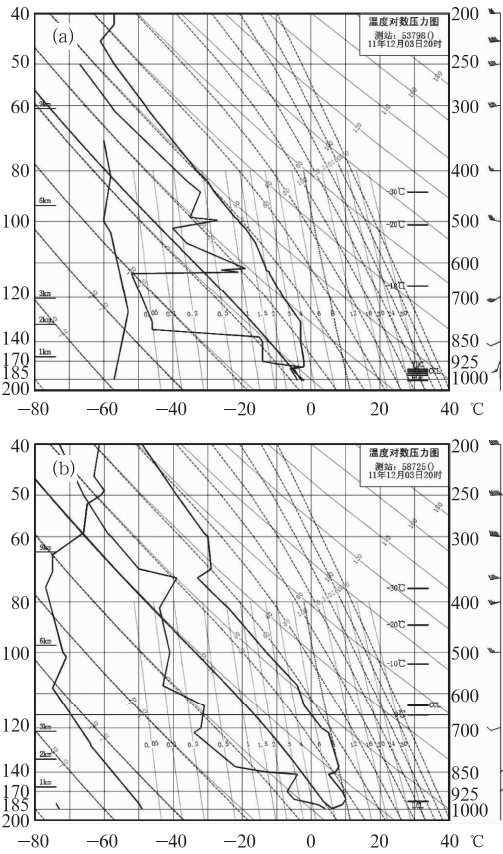


图 9 2011 年 12 月 3 日 20 时邢台站(a)和邵武站(b)探空观测

Fig. 9 The radiosonde observations at Xingtai (a) and Shaowu (b) Stations at 20:00 BT 3 December 2011

分析地面气温日较差得知,两淮地区、江汉以及江南等地的大部地区气温日较差达到或超过 8℃,部分地区超过 10℃,说明地面辐射冷却作用较为明显,对大雾的形成具有一定的触发作用。

参考文献

[1] 国家气候中心. 2011 年 12 月中国气候影响评价[R].  
[2] 代刊. 2010 年 10 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 2011, 37 (1):122-128.  
[3] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法(第四版) [M]. 北京:气象出版社,2000: 649.  
[4] 马晓刚, 曲晓波, 李月安, 等. 冻雨落区基本概念模型的研究与建立[J]. 气象, 2010, 36(9):68-73.  
[5] 毛冬艳. 全国大部气温偏高 大雾暴雪影响严重[J]. 气象, 2008, 34(3):118-123.  
[6] 陶祖钊. 基础理论与预报实践[J]. 气象, 2011, 37(2):129-135.