

2008年1月我国南方严重冰雪灾害过程分析

陶诗言 卫捷

中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

摘要 2008年1月中旬至2月初,我国南方地区出现大范围持续性雨雪天气过程。江淮流域降水出现类似某些夏季强梅雨期的降水过程,而且,江南的冻雨在历史上属少见。这次大范围冰雪天气过程的成因是由于欧亚大陆出现异常的大气环流。1月中下旬亚洲中高纬 $60^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ 地区的阻塞形势稳定维持20余天,里海以东地区长期维持一个切断低压系统,在这个切断低压下游地区有3次低气压扰动沿青藏高原向东移入我国上空;这时欧亚大陆 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 地区南支高空西风急流异常偏强,来自大西洋的大气扰动沿这条急流波导向下游地区传播,欧亚地区Rossby波列的下游发展效应显著。从1月16日开始到2月初,在 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 范围内, 30°W 、 15°E 和 85°E (青藏高原附近)地区持续有高空槽发展,而在 5°W 、 50°E 和 135°E (日本南部)稳定有高空脊维持。我国南方地区处于 80°E 的“南支槽”前,大量暖湿空气被输送到我国南方。此外,1月中下旬原来位于 15°N 的西太平洋副热带高压移到 20°N ,副高西北侧的西南气流有利于来自南海的暖湿空气输送到中国南部大陆。在这样稳定的异常环流形势下,当一次次从高原西侧过来的高空高位涡扰动移到位于华南上空的静止锋上时,诱发低层静止锋锋生引起一次次降水过程。另一方面,由于大量暖湿空气沿着锋面抬升,在江南南部和华南北部形成了持久的温度高于 0°C 的逆温层(暖盖),使得在这些地区出现严重的持续性冻雨天气。

关键词 冰雪天气 环流异常 Rossby波下游效应 高低空系统影响

文章编号 1006-9585 (2008) 04-0337-14 **中图分类号** P434 **文献标识码** A

Severe Snow and Freezing-Rain in January 2008 in the Southern China

TAO Shi-Yan and WEI Jie

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

Abstract The severe snow and freezing-rain in January 2008 affected the Southern China. The heavy snow storm mainly occurred in the Yangtze and Huaihe River Valleys, and the freezing-rain affected from Guizhou, Hunan, Jiangxi to Zhejiang Provinces. The damage that the storm caused was very serious, with the economic losses of about 151.65 billion Yuan, and particularly the damage of power delivery infrastructure in the Southern China.

The atmospheric processes associated with the storm are analyzed. During the storm period, a large blocking circulation system stayed over the Asian continent with a blocking high pressure to the north of the Lake Baikal and a cut-off low near the Caspian Sea. There was a strong jet stream in the upper troposphere extending from the Mediterranean Sea, Tibetan Plateau, South China to the southern part of Japan. The blocking circulation system lasted for 22 days.

During the storm period there was a quasi-stationary front in the Southern China with a frontal zone extending from the coast of South China in the lower troposphere to the Yangtze and Huaihe River Valley in the middle tropo-

收稿日期 2008-03-02 收到, 2008-03-23 收到修定稿

资助项目 中国科学院大气物理研究所创新基金领域前沿重点项目 IAP07120、国家重点基础研究发展规划项目 2006CB403602 和中国气象局国家气候中心重点研究项目

作者简介 陶诗言, 男, 1919 年出生, 研究员, 主要从事天气与气候研究。

通讯作者 卫捷, E-mail: wjie@mail.iap.ac.cn

sphere. At that time, cold air was shifted southward at low levels leading to a cold air damming. At mid-levels (850—200 hPa), a southerly flow advected warm and moist air from the South China Sea, forming a melting layer ($t > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) in the Southern China which is a necessary condition for the formation of freezing-rain. There was a long-lived developing Rossby wave packet along the jet stream over the Southern Asia leading to the formation of a trough (at 85°E) and ridge (at 135°E) pair over the Southern China, enhancing the advection of warm and moist air in the Southern China. These meteorological conditions are commonly associated with winter snow and ice storms in the Southern China.

During the storm period there were regions of cyclonic potential vorticity which advected from the cut-off low near the Caspian Sea along the jet stream over the Tibetan Plateau downstream to the quasi-stationary front in the Southern China on 16—22 January, 25—29 January and 30 January—2 February 2008, respectively. The advection of cyclonic potential vorticity to the frontal zone is a favorable condition for the frontogenesis of the stationary front in the Southern China, leading to heavy snow and severe freezing-rain in January 2008 in Southern China.

Key words snow and freezing-rain, atmospheric circulation anomaly, Rossby wave downstream development, top-down influence

1 引言

2008年1月中旬至2月初,我国南方地区出现50年一遇(部分地区百年一遇)的大范围持续低温雨雪冰冻天气。1月10日~2月2日,豫、鄂、湘、桂、黔及陕甘宁等地的气温比常年偏低 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,为历史同期最低值(图略)。江淮、江汉、江南、西南东部的最低气温降至 $-8\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (图1a);同期的降水量江淮、江汉、江南、华南大部以及云南西部有 $50\sim 100\text{ mm}$,华南中部、苏皖南部等地超过 100 mm ,黄河以南地区及西藏西南部、新疆西部等地超过 10 mm (图1b)。江淮流域及西北大部的降水量较常年同期偏多2倍多(图略)。受持续的低温雨雪天气影响,江淮流域出现了 $30\sim 50\text{ cm}$ 的积雪,安徽和江苏的部分地区积雪深度创近50年极值。湖南、湖北大部、江西西北部、安徽中南部和贵州中部等地冰冻日数达 $10\sim 20\text{ d}$,出现严重冰冻灾害性天气。这次持续性低温雨雪冰冻灾害性天气过程对春运期间的公路、铁路和航空交通运输以及能源供应、电力传输、通讯设施、农业和人民群众生活造成了严重影响和损失,其中湖南、湖北、安徽、江西、广西和贵州等省(区)受灾最为严重。截止2月23日统计,低温雨雪冰冻灾害共造成129人死亡,4人失踪,紧急转移安置166万人;农作物受灾面积 $1\,186.7\text{ 万 hm}^2$;倒塌房屋48.5万间;因灾造成的直接经济损失1516.5亿元^[1,2]。

本文首先分析这次低温雨雪冰冻天气过程;讨论这次持续性冰雪灾害天气的大尺度环流条件;重点分析1月25~29日的一次暴雪和冻雨过程;给出结论,并对这次冰冻灾害天气预报中的一些问题进行讨论。

2 冰雪灾害天气过程的大尺度背景场

图2a给出2008年1月11日~2月2日300 hPa平均高度及其距平场。图2b是在这段时间里,每天高度距平大于 10 gpm 以及高度负距平小于 10 gpm 的天数占总天数的百分率,表示300 hPa平均高度场各个系统的稳定程度。亚洲高纬度主要环流系统是贝加尔湖西北侧上空的阻塞高压,这个阻塞系统在1月上旬末建立,一直持续到2月初,其距平中心的稳定性达到90%以上(即有21 d以上持续为正距平所盘踞)。这个高纬度 90°E 附近的阻塞高压(正距平区)南侧,从里海以东到中国西部上空为低压槽(负距平区),其持续性也达到90%以上,反映在高原上空高空槽的活动频繁。从300 hPa的等风速线分布上看,有一支急流从大西洋中部、非洲及亚洲大陆沿 $20\sim 35^{\circ}\text{N}$ 地区(北非、中东、印度北部和中国西南地区)向东伸向日本南部。在这支急流中, 30°W 、 15°E 和 85°E (青藏高原附近)地区为负距平区,而在经度 5°W 、 50°E 和 135°E (日本南部)是正距平区。值得注意的是,在南支急流中高原上的

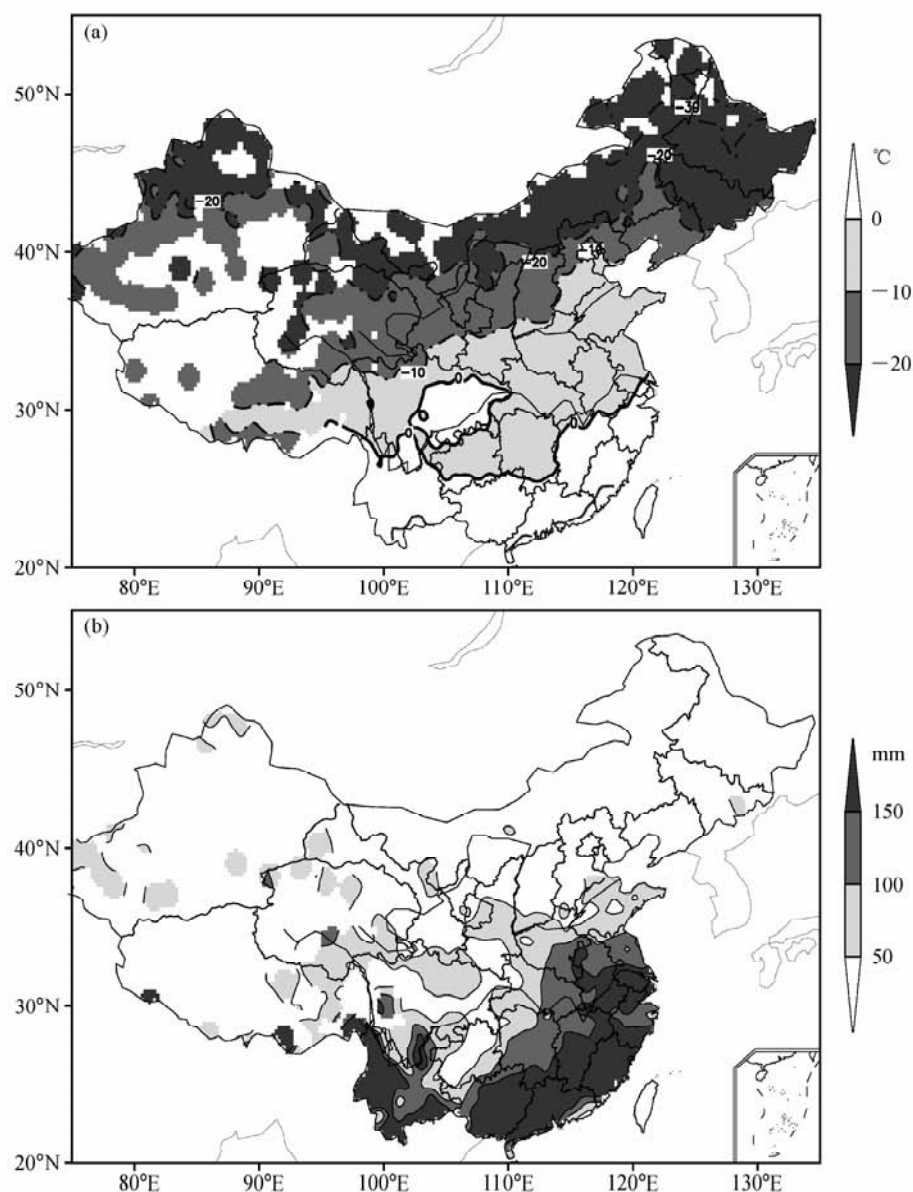


图 1 2008 年 1 月 13 日~2 月 2 日中国 (a) 最低气温和 (b) 降水量

Fig. 1 The (a) minimum temperature and (b) precipitation for 13 Jan–2 Feb 2008 in China

负距平区域, 1 月 11 日~2 月 2 日的 23 d 里, 至少有 14 d 以上持续为负距平控制, 表明南支急流中有多次正涡度系统东移。在对流层中层 (图 2c), 南方冰雪灾害持续期间, 从华南沿海到江淮流域东西走向的等温线密集。从风场看出, 从华南到江淮地区的静止锋正好是自中高纬贝加尔湖阻高东侧的偏北冷干气流与来自孟加拉湾、南海的西南暖湿气流的汇合带, 这个地区也是最强的降水带所在。在海平面气压场上 (图 2d), 中国大陆持续被中心位于贝加尔湖的强冷高压控制 (图 2d)。

3 4 次降水过程

图 3a 和 3b 是 2008 年 1 月 1 日~2 月 9 日沿 105~115°E 和沿 110~120°E 区域平均的 OLRA (Outgoing Longwave Radiation Anomaly) 和地面至 300 hPa 积分的水汽通量的纬度—时间剖面, 图上附有地面和 700 hPa 以及气候平均的温度零线纬度—时间分布。从 OLRA 分布看出, 2008 年 1 月我国南方持续冰雪天气由 4 次过程组成。

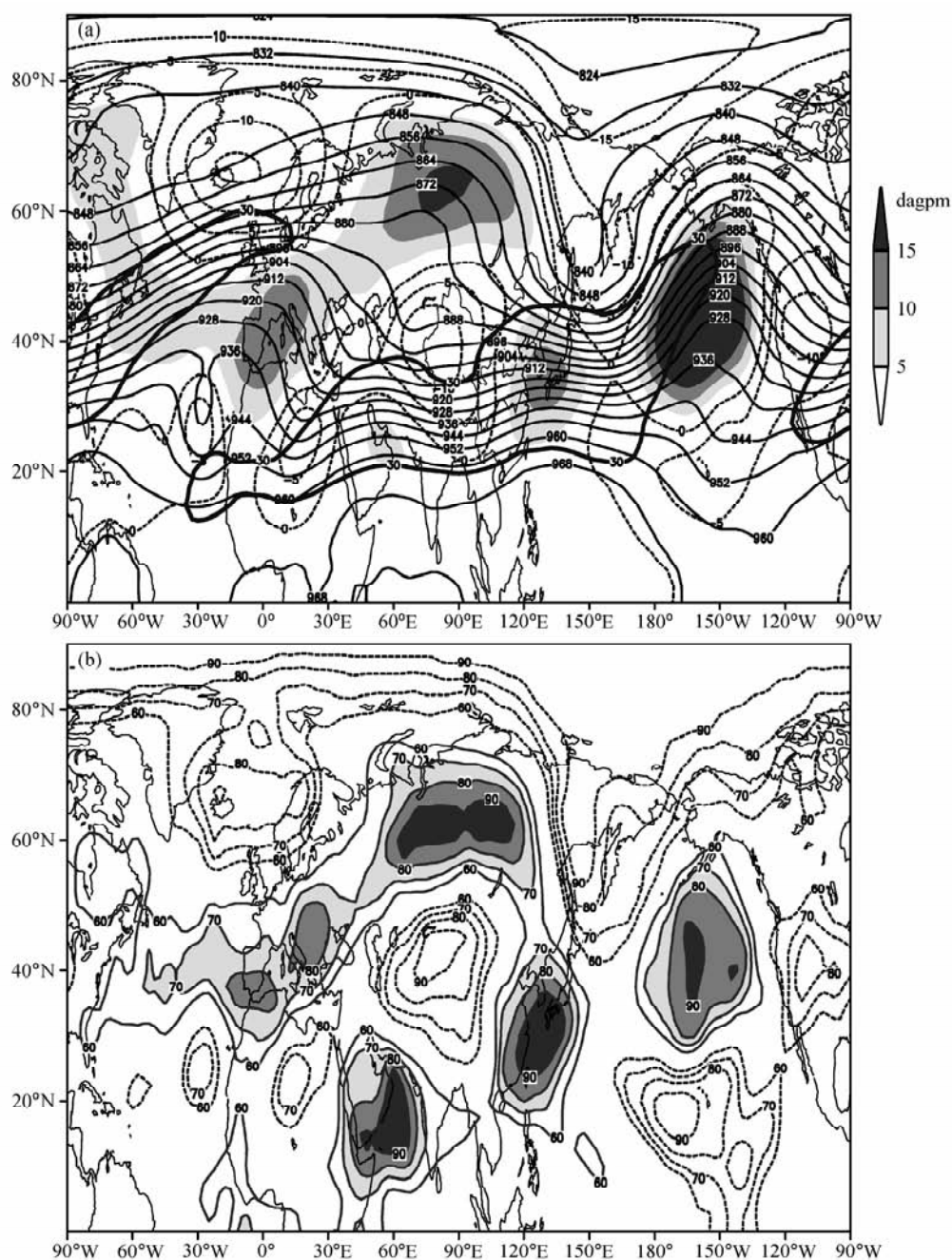


图2 2008年1月11日~2月2日 (a) 平均的300 hPa位势高度场(粗实线为 $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 全风速线)及其距平(阴影区: $>5 \text{ dagpm}$ 正距平区;虚线: $<-5 \text{ dagpm}$ 负距平区); (b) 正负异常为10 gpm的持续天数百分比(阴影区:正异常大于70%的区域,等值线间隔为10%); (c) 700 hPa位势高度场(实线,单位: dagpm)、温度场及其整层(地面~300 hPa)积分的水汽通量矢量; (d) 海平面气压场(单位: hPa)及地面10 m水平风场

Fig. 2 The (a) mean of 300 hPa geopotential height (thick solid line is for $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ isotach) and anomalies (shaded area is for positive anomalies $>5 \text{ dagpm}$; dotted line is for negative anomalies $<-5 \text{ dagpm}$); (b) percentage of the days when positive anomalies $>10 \text{ gpm}$ or negative anomalies $<-10 \text{ gpm}$ were observed (positive anomalies $>70\%$ are shaded and the contour interval is 10%); (c) 700 hPa geopotential height (solid line, units: dagpm), temperature field and vectors for vertically integrated moisture transports from surface to 300 hPa; (d) field of sea level pressure (hPa) and horizontal wind field 10 m above surface during 13 Jan–2 Feb 2008

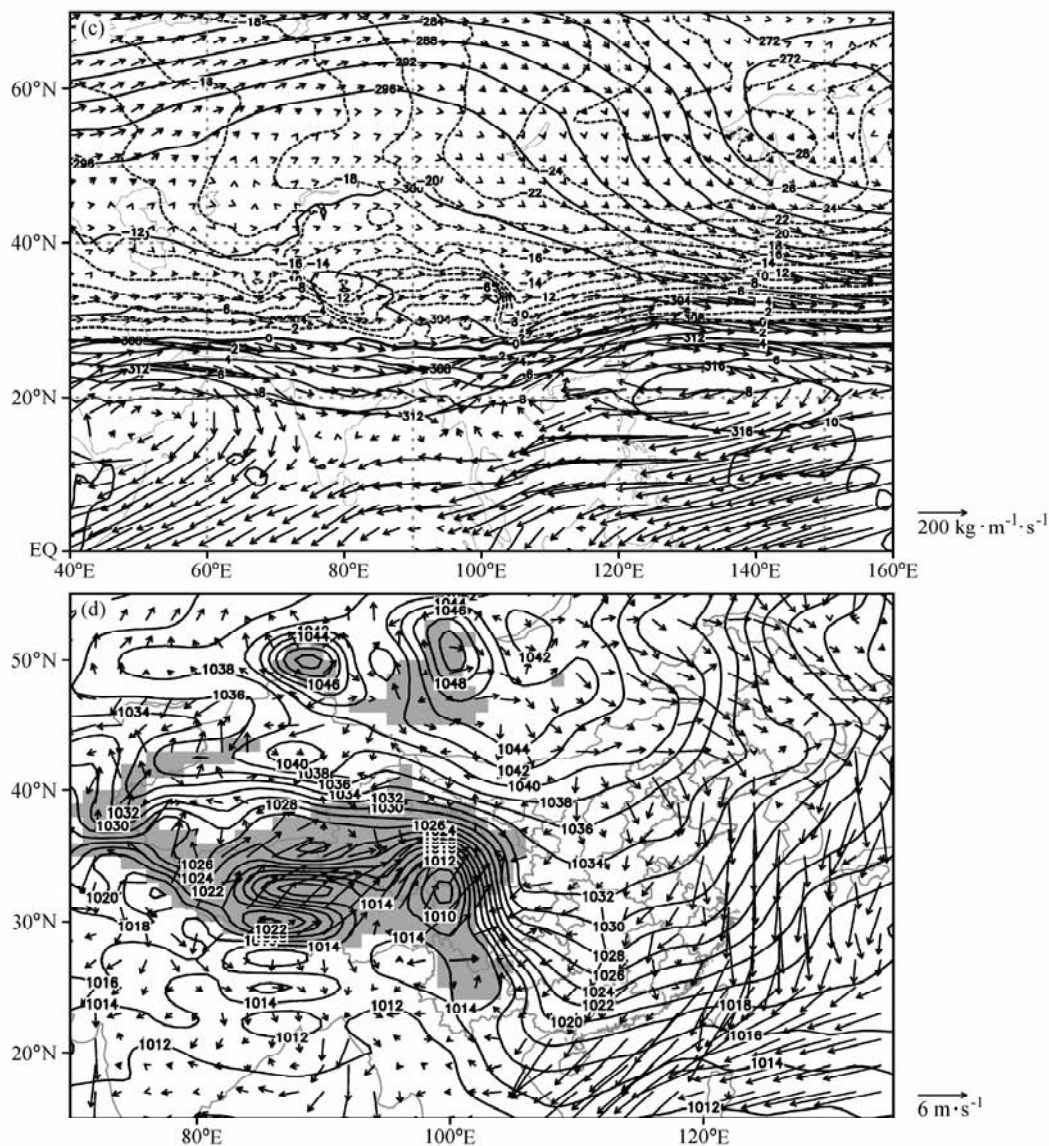


图 2 (续) Fig. 2 (Continued)

(1) 1 月 10~14 日第 1 次冷锋降水过程。1 月上旬中国上空气温偏高, 上旬末有一次强冷空气南侵, 气温剧烈下降。地面气温零线向南到达 30°N 附近, 以后一直到 2 月初, 地面气温零线一直维持在 30°N 附近, 对比气候平均地面气温零线的分布, 可看出地面气温零线比气候平均偏南 10~12 个纬距, 表示在南方近地面有一层“冷空气垫”, 也表示有静止锋在华南沿海持续。第 1 次降水过程主要集中在河南省、江淮流域以及湖南和贵州, 个别地区开始出现冻雨。

(2) 1 月 18~23 日南方出现第 2 次降水过程。这次降水过程是由于里海附近的切断低压分裂出

来的小股冷空气沿着高原向东移到冷锋锋区上空时出现的。这次过程与 1 月 25~29 日的第 3 次过程类似, 但不如第 3 次过程强烈, 我们对这次过程不作分析。

(3) 1 月 25~29 日第 3 次降水过程。这次过程在本文第 4 节中详细分析。在第 2 和 3 次降水过程, 南方近地面的冷垫一直维持, 这时来自孟加拉湾的暖湿气流活跃, 同时, 西太平洋副热带高压西北侧的西南气流也将暖湿空气输送到中国南方地区。这时 700 hPa 的温度零线位于气候平均温度零线以北 2~3 个纬距, 并在地面冷垫上空形成温度高于 0°C 的逆温层(暖盖)。“暖盖”和

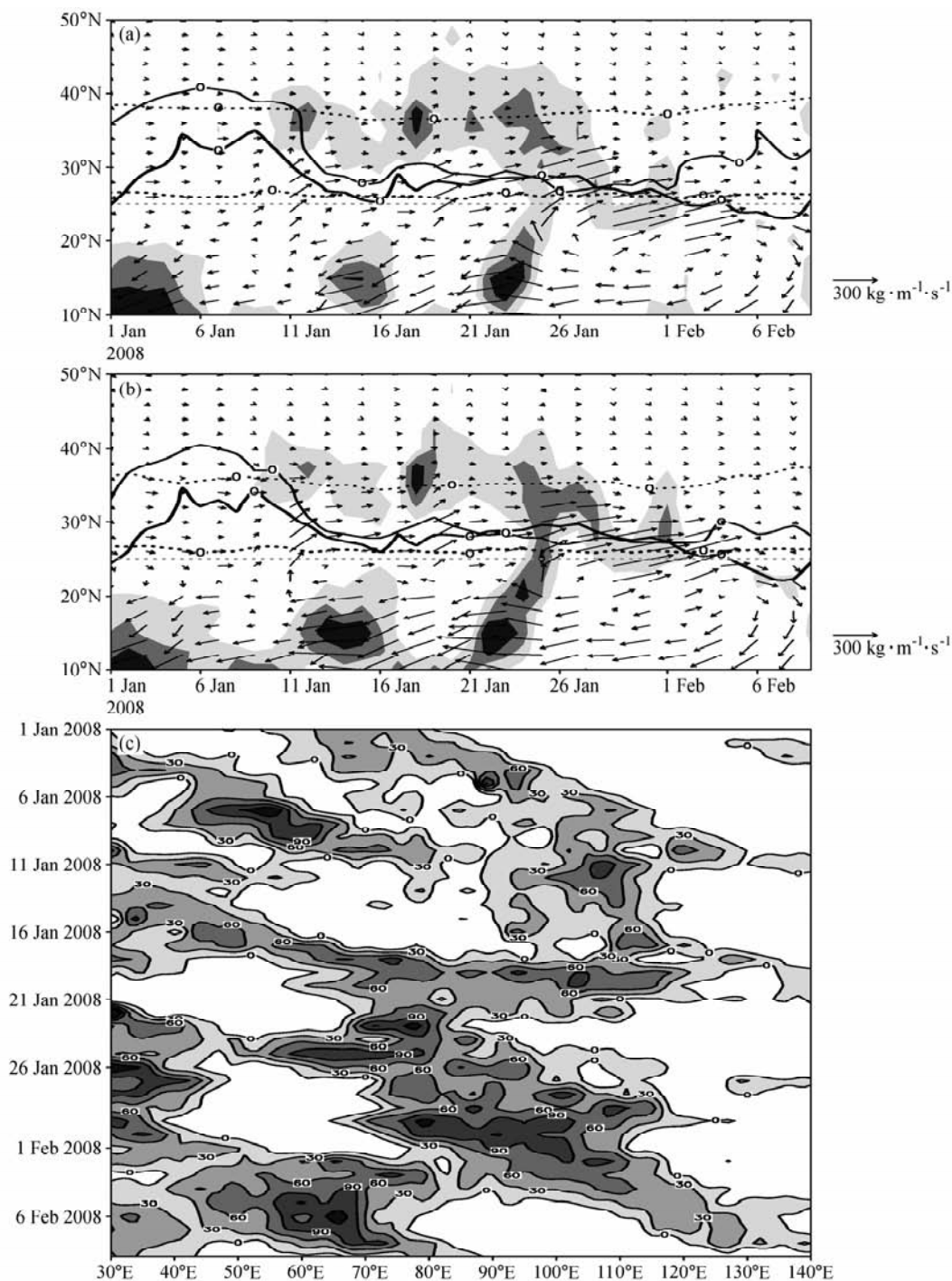


图3 2008年1月1日~2月9日 (a) 沿105~115°E、(b) 沿110~120°E的700 hPa温度时间-纬度剖面(等值线间隔为2℃, 粗、细实线分别为700和1000 hPa 0℃线; 粗、细虚线分别为多年平均的700、1000 hPa 0℃线; 矢量线为地面至300 hPa积分的水汽通量矢量; 由浅到深的阴影区表示 $\text{OLRA} \leq -10$ 、 -30 和 $-50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) 和 (c) 沿27.5~32.5°N的300 hPa相对涡度温度时间-经度剖面(阴影区表示正涡度区, 单位: 10^{-5} s^{-1})

Fig. 3 The time-longitudinal section for 700 hPa temperature (a) over 105–115°E, (b) over 110–120°E (contour interval is 2℃, thick and thin solid lines are 0℃ line for 700 and 1000 hPa, respectively; thick and thin dashed lines are 0℃ lines averaged over years for 700 and 1000 hPa, respectively; vectors are integrated moisture transport from surface to 300 hPa; shaded area from light to dark represents $\text{OLRA} \leq -10$, -30 , $-50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$), and (c) the time-longitude section of temperature over 27.5–32.5°N for 300 hPa relative vorticity (units: 10^{-5} s^{-1} , the shaded area is for positive vorticity) for 1 Jan–9 Feb 2008

“冷垫”同时存在是冻雨出现的必要条件。在 105°E ~ 115°E 的剖面上 (图 3a), 冻雨集中出现在 1 月 24~28 日, 而在 110°E ~ 120°E 的剖面上冻雨出现在 1 月 20 日~2 月 1 日的时段内 (图 3b)。

(4) 1 月 30 日~2 月 2 日是第 4 场降水过程, 这次过程与第 3 次过程很类似, 不再赘述。2 月初随着里海附近切断低涡的崩溃, 引起一次强冷空气侵入到静止锋, 南方地区的暖盖和冷垫消失, 同时亚洲上空的阻塞形势也消失。南方地区持续 20 余天的冰雪天气结束。

图 3c 是 2008 年 1 月 1 日~2 月 9 日沿 27.5°N ~ 32.5°N 区域平均 300 hPa 相对涡度时间-经度剖面, 可以看出, 1 月 11 日到月底从青藏高原有 4 次正涡度区移到我国南方地区, 这与图 3a 和 3b 的分析结果一致。

这次南方低温雨雪冰冻天气的突出特点是: 江淮、江南和华南等地总降水量达 50~250 mm, 降水日数比常年同期偏多 9~15 d, 降水过程频繁、基本无间歇, 类似于夏季梅雨期降水, 江南地区降水包括雨、雨夹雪、冻雨和雪等多种相态, 贵州、江南及华南北部的冻雨为历史上少见。

4 1 月 25~29 日暴雪和冻雨过程分析

在 2008 年 1 月中下旬南方持续性低温雨雪冰冻天气过程中, 第 1 次降水过程是在北方冷空气爆发南下过程中产生的冷锋前降水; 第 2~4 次降水过程出现在“冷垫”和“暖盖”形成后, 从里海附近的切断低涡分裂出来的高位涡舌与静止锋相互作用而形成的冻雨和降雪过程。其中 1 月 25~29 日的暴雪和冻雨天气降水范围最广、强度最大、降水相态多样 (图 4)。这次降水地区涉及我国西北东部、西南东部以及秦岭和黄河下游以南地区, 江淮流域和江南大部出现大雪, 局部地区出现暴雪; 冻雨区出现在贵州全省、广西东北部、湖南大部、江西大部、浙江北部和安徽南部, 而华南地区出现雨区。我们选取这次最强的降水过程进行分析。

图 5 是 2008 年 1 月 25~29 日对流层高、低空的平均环流场。在 40°N 以北的 300 hPa 上 (图 5a), 亚洲中高纬阻塞形势明显, 贝加尔湖地区是

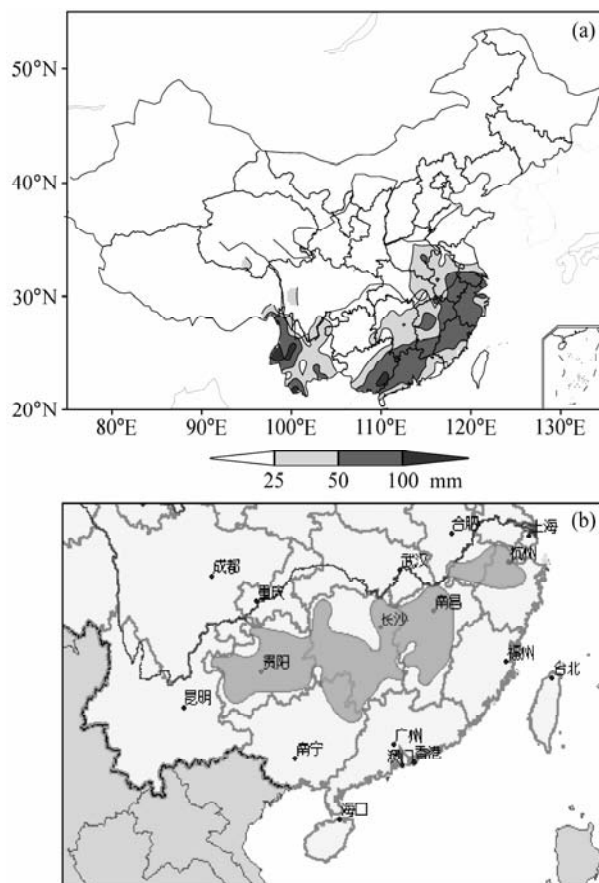


图 4 2008 年 1 月 25~29 日 (a) 降水量和 (b) 冻雨分布 (阴影区)

Fig. 4 The (a) precipitation and (b) distribution of freezing rain (shaded area) for 25—29 Jan 2008

个高压脊, 而中亚和西太平洋上空为低压槽。亚洲地区有南北两支高空急流: 北支急流从北冰洋的新地岛向东南伸展到日本, 而在里海切断低压的南侧, 南支西风急流从地中海向东伸展到 135°E 上空, 并与北支急流汇合。南支急流中沿 90°E 有一个高空槽。500 和 700 hPa (图 5b 和 5c) 环流形势与 300 hPa 相似, 注意在黄淮上空东西走向等温线密集, 这是高空锋区的所在。在 (20° ~ 30°N , 70° ~ 80°E) 的中印接壤区为一个清楚的南支槽, 江南、华南受槽前西南气流控制。这种高空环流场与夏季梅雨期强降水的环流形势相似。在对流层低层 850 和 925 hPa 上 (图 5d 和 5e) 东亚为大陆冷性高压控制, 高压南侧的偏东风与从南海北上的偏南风之间华南北部形成一条切变线 (静止锋), 切变线地区的等温线密集, 表明中低空锋区甚强。图 5f 是地面 2 m 和 850、700 hPa 温度零线

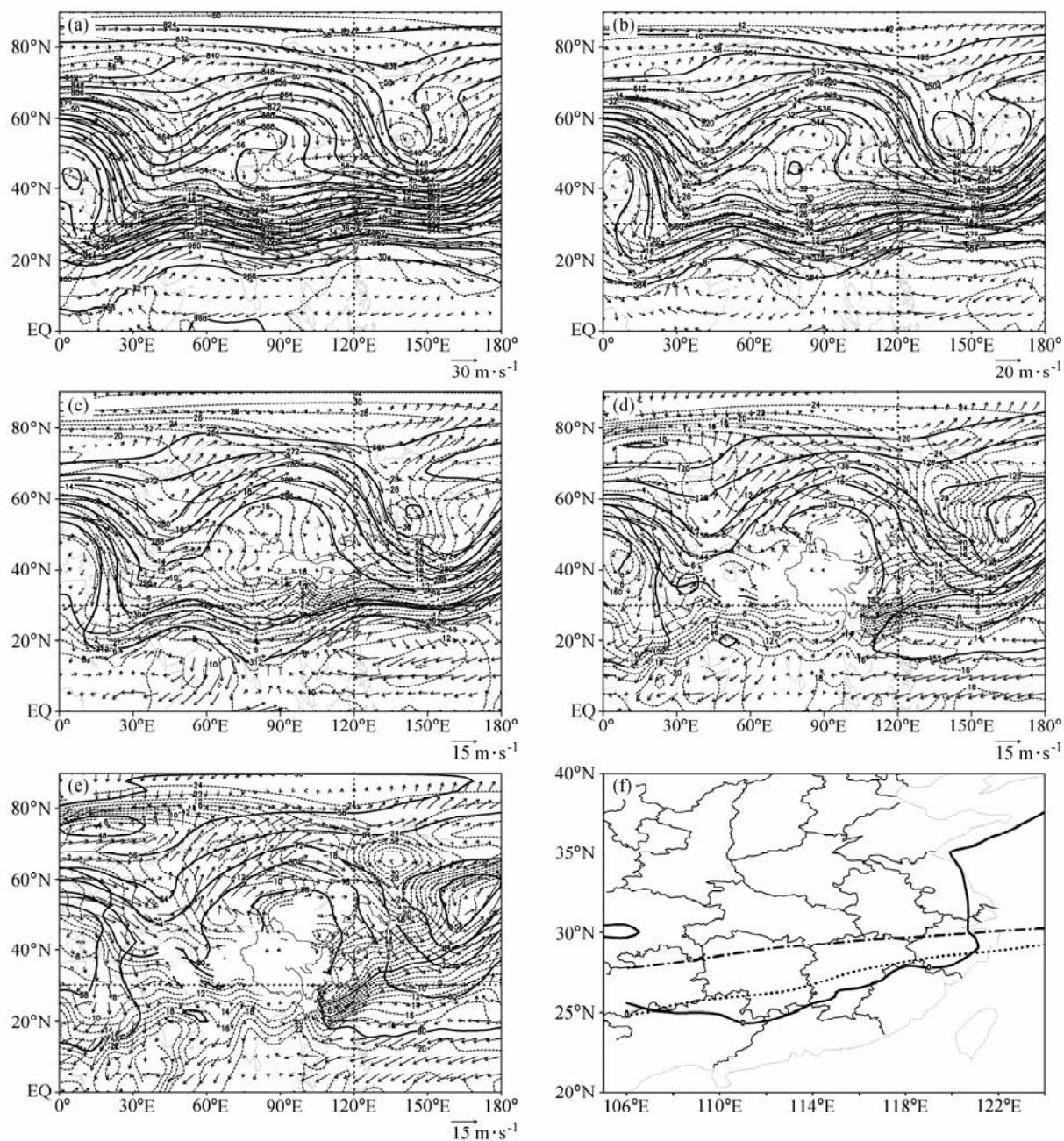


图5 2008年1月25~29日平均的(a) 300 hPa、(b) 500 hPa、(c) 700 hPa、(d) 850 hPa和(e) 925 hPa水平风场(矢量线)、温度场(单位: $^{\circ}\text{C}$, 虚线)及高度场(单位: dagpm, 实线)以及(f) 0°C 等温线(点虚线: 700 hPa; 点线: 850 hPa; 实线: 地面2 m)
Fig. 5 The mean horizontal wind field, temperature field (units: $^{\circ}\text{C}$, dashed line), and height field (units: dagpm, solid line) over (a) 300 hPa, (b) 500 hPa, (c) 700 hPa, (d) 850 hPa and (e) 925 hPa; (f) isothermal line (dotted dashed line for 700 hPa; dotted line for 850 hPa; solid line for 2 m above surface) for 25–29 Jan 2008

的位置, 表明在1月25~29日期间, 黔、湘、赣、浙4省上空有冷垫和暖盖存在, 这个区域与图4b所示的冻雨区域重合。图5的环流形势与图2的形势相似, 表明1月25~29日的过程与1月18~23日和1月30日~2月2日的过程类似。

我们用320 K等熵位涡图表示对流层高层和平流层下层的环流形势。1月24~26日8时(北京时, 图6a~c) 320 K等熵位涡图上, 在 30°N 处从里海切断低涡中分裂出来的一个高位涡舌向东移动, 这时我国西南和华南地区处于槽前与西

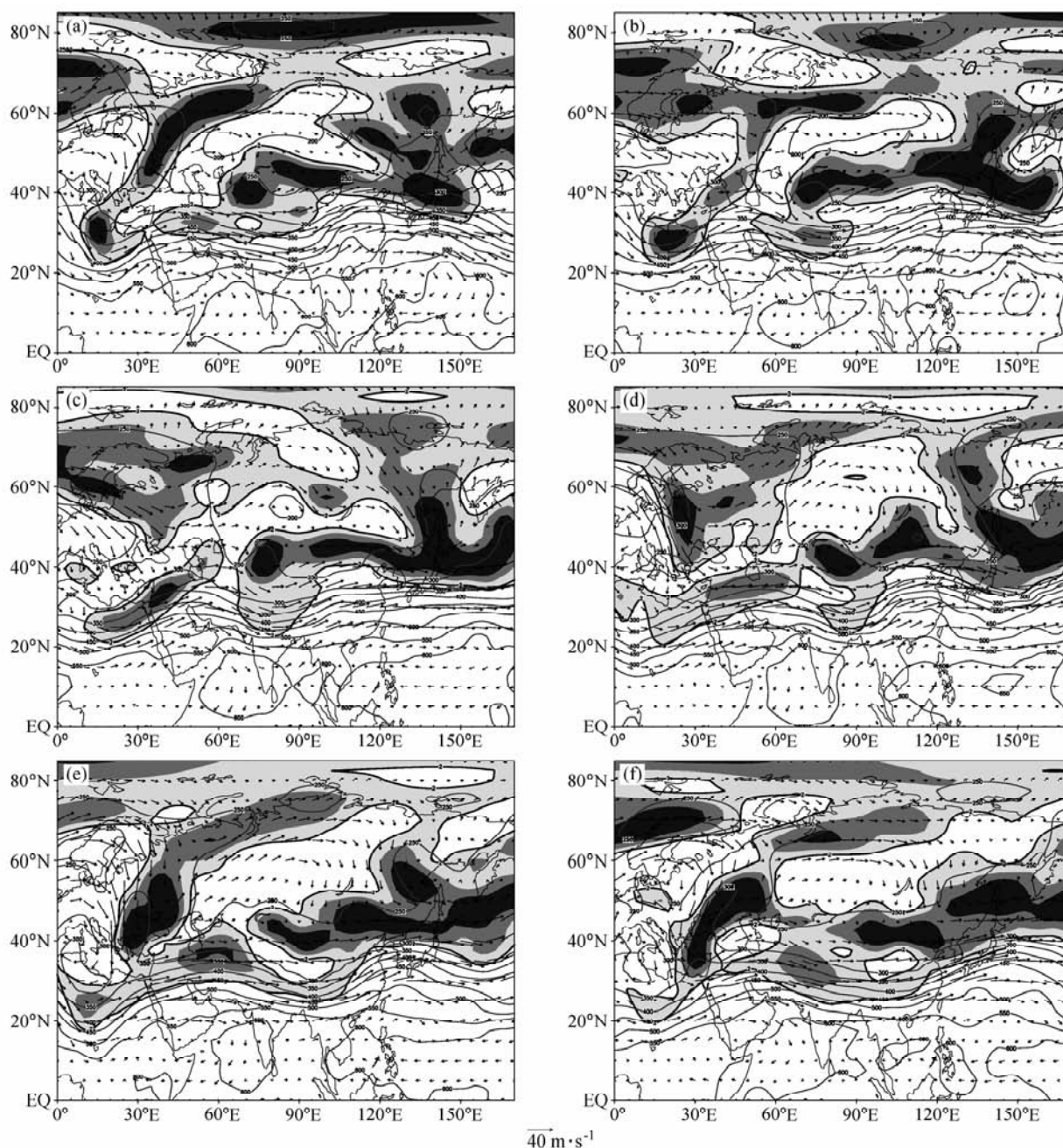


图 6 2008 年 1 月 24~29 日逐日 8 时 320 K 等熵位涡 (单位: $1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{kg}^{-1}$, 阴影区: 2~8 PVU 区域, 粗实线: 2 PVU 线)、风场 (矢量线) 和等压线 (单位: hPa, 实线): (a) 24 日; (b) 25 日; (c) 26 日; (d) 27 日; (e) 28 日; (f) 29 日

Fig. 6 The daily 320 K isentropic potential vorticity (units: $1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{kg}^{-1}$, shaded area is for 2~8 PVU, thick solid line is for 2 PVU), wind field (vector) and isobar (units: hPa, solid line) at 0800 LST for 24~29 Jan 2008: (a) 24 Jan; (b) 25 Jan; (c) 26 Jan; (d) 27 Jan; (e) 28 Jan; (f) 29 Jan

太平洋副高西北侧的西南暖湿气流中, 开始出现了强降水 (图略); 另一方面, 由于江南地区近地面层“冷垫”维持, 大量暖湿空气在“冷垫”上空抬升, 在江南大部和华南北部形成稳定、持久的逆温层, 使得这些地区开始出现冻雨天气。1

月 27 日 8 时 (图 6d) 高位涡舌移到 90°E , 这时正是江南冻雨最强的阶段。28 日 8 时 (图 6e) 高位涡舌移到 110°E 上空, 29 日 8 时 (图 6f) 高位涡舌移到我国东部。我们用 295 K 等熵位涡图表示对流层中、下层的环流。在 25~28 日 295 K 等

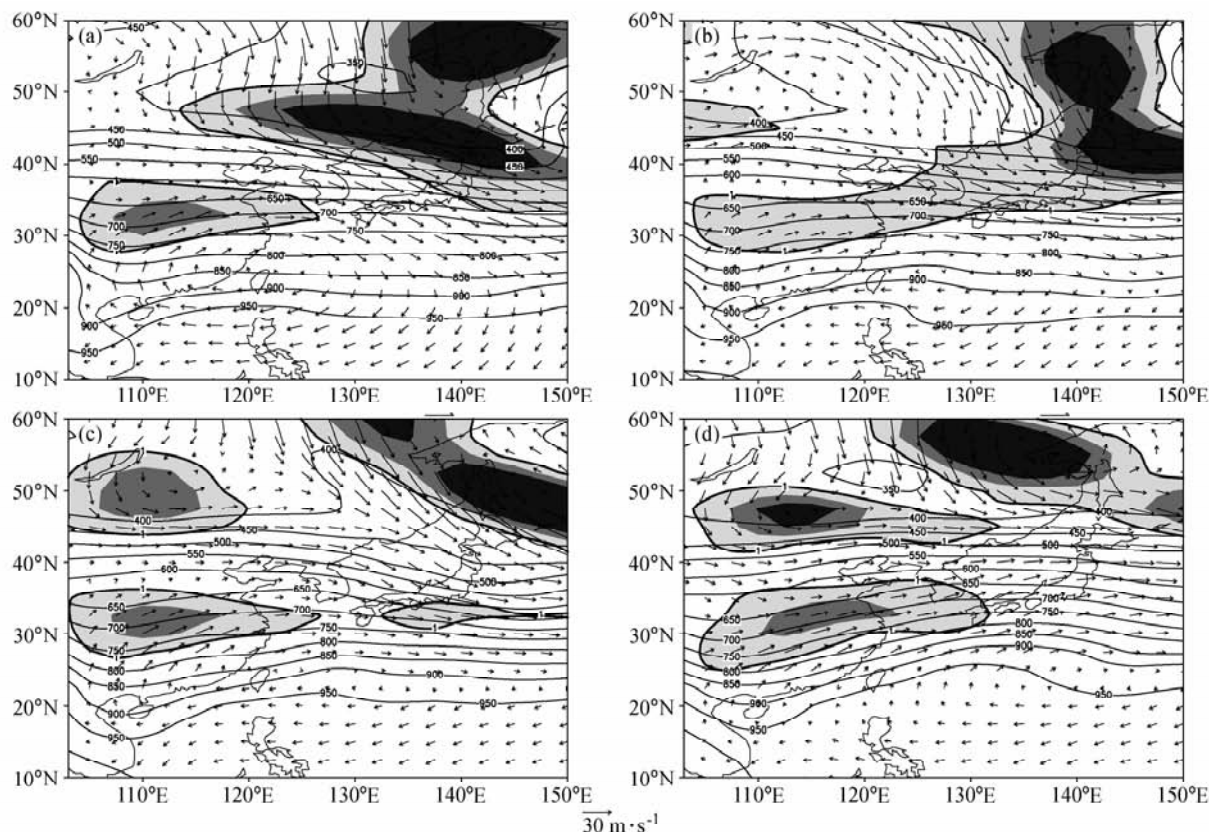


图7 2008年1月25~28日8时295 K等熵位涡(阴影区:1~3 PVU区域,粗实线:1 PVU线)、风场(矢量线)和等压线(单位:hPa,实线):(a) 25日;(b) 26日;(c) 27日;(d) 28日

Fig. 7 The daily 295 K isentropic potential vorticity (units: $1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{kg}^{-1}$, shaded area is for 1–3 PVU, thick solid line is for 1 PVU), wind field (vector) and isobar (units: hPa, solid line) at 0800 LST for 25–28 Jan 2008: (a) 25 Jan; (b) 26 Jan; (c) 27 Jan; (d) 28 Jan

熵位涡图上(图7),沿 30°N 纬圈有一条东西向强度达到1 PVU单位的高位涡带,其对应于华南静止锋的所在。随着对流层高层的高位涡舌移到低空静止锋所在时,295 K等熵位涡图上的锋区高位涡带向东西方向扩张,中心强度加强,反映静止锋一次加强过程。从位涡分析的观点看,称作“高低空的相互影响”^[3]。30日8时(图略)随着高空高位涡舌东移入海,此次降水过程结束。

从1月25~29日,豫、皖、苏三省连日出现暴雪,黔、湘、赣、浙四省出现冻雨。在每天4次的天气图上均见到有暴雨雪和冻雨区^[4,5]。如果加上18~23日以及1月30日~2月2日的冰雪,上述地区可以说暴雪和冻雨持续10天,诚所谓“冰冻三尺非一日之寒”,人民解放军协助清除国道上的冰雪时,先用坦克压碎冰层,然后扫除路上的冰块。此外,冻雨使南方诸省电网大面积遭

到破坏,黔、湘、赣、粤诸省大面积停电,造成能源供应紧张、通讯设备损毁以及人民生活困难。

2008年1月25~29日南方强暴雪和冻雨期间,华南静止锋的加强,在对流层各层的水平锋生函数场上表现得很清楚。图8是1月25~29日5 d平均的水平锋生函数。在400 hPa以下的对流层大气中,江淮流域都出现强锋生过程,其中700~600 hPa的气层中锋生过程最强。在近地面锋区位于 20°N ~ 25°N ,锋区密集的等位温线随高度向冷空气一侧倾斜。在对流层中层锋区位于 30°N 以北,有强烈的上升运动,在锋前潮湿不稳定空气沿着锋面强烈上升,而在锋后的冷空气中有下沉运动(图略)。这种锋生区域的分布和锋区上升运动与夏季梅雨锋暴雨发生时的情形相似^[6]。

2008年1月25~29日对流层中上层的环流形势(图5a~c),在 20°N ~ 40°N 范围,有一个明显的

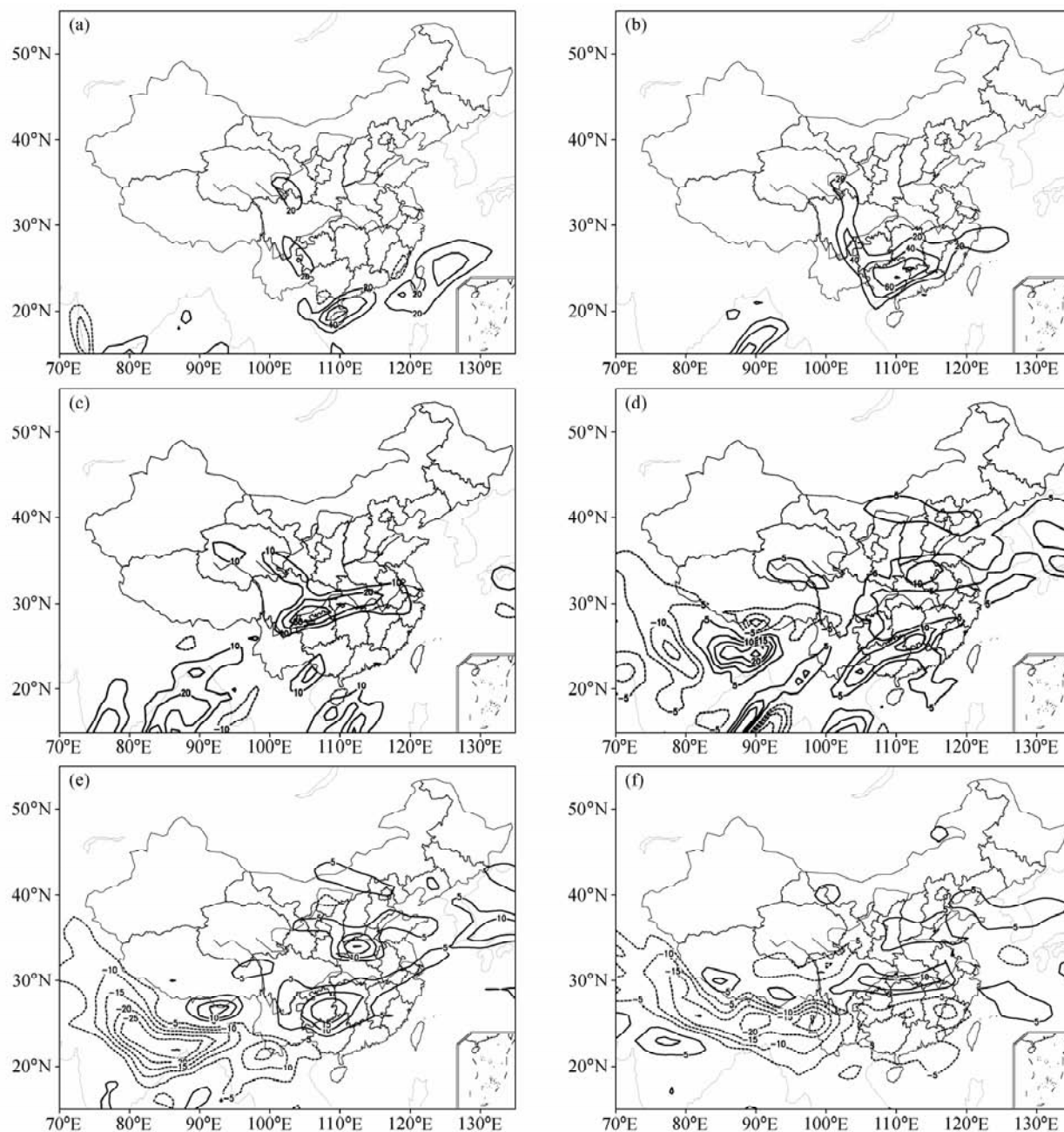


图 8 2008 年 1 月 25~29 日 8 时平均的 (a) 975 hPa, (b) 850 hPa, (c) 700 hPa, (d) 500 hPa, (e) 400 hPa 和 (f) 300 hPa 水平锋生函数 (单位: $10^{-9} \text{ K} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 8 The mean horizontal frontogenetical function at 0800 LST for 25–29 Jan 2008 at (a) 975 hPa, (b) 850 hPa, (c) 700 hPa, (d) 500 hPa, (e) 400 hPa and (f) 300 hPa (units: $10^{-9} \text{ K} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

Rossby 波列, 90°E 附近为低压槽, 135°E 附近为高压脊, 对应 135°E 高压脊的位置, 西太平洋副热带高压位于 20°N , 而在正常年的 1 月副高脊线的位置位于 15°N 。这种环流是我国冬季强降水的典型形势。这种形势的建立与南支急流中 Rossby 波能量传播的下游效应有关。图 9 为 2008 年 1 月

1 日~2 月 10 日 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 范围内平均的 300 hPa 经向风时间-经度剖面。从 1 月 16 日开始到 2 月初, 85°E 地区 (青藏高原附近) 持续有高空槽发展, 而 135°E (日本南部) 稳定有高空脊维持。注意到 1 月 21 日在大西洋中部 30°W 处有一个高空槽强烈发展, 23~24 日 20°E 有高空槽发展, 25~

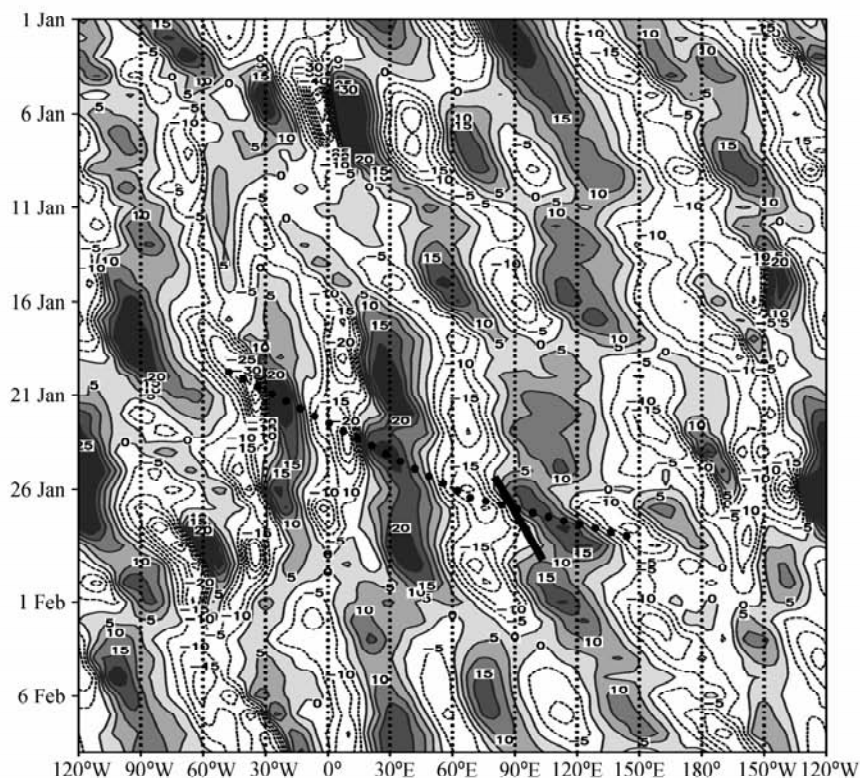


图9 2008年1月1日~2月10日沿20~35°N平均的300 hPa经向风时间-经度剖面(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 阴影区为南风区, 粗实线代表85°E附近槽的移动; 粗点线: Rossby波列下游效应的传播)

Fig. 9 The time-longitude section of mean 300 hPa longitudinal wind over 20–35°N for 1 Jan–10 Feb 2008 (units: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, shaded area is southerly wind, thick solid line indicates the move of trough, thick dotted line indicates the passage of a wave train)

26日85°E有高空槽发展。同时,在22~23日10°W处、25~26日60°E以及27~28日135°E有高空脊发展。图9上的粗实线表示85°E附近高空槽向下游传播的速度(相速),可以看到高空槽脊的移动速度甚慢(<10 个经度/天),而南北风中心连线的斜率表示Rossby波能量向下游传播的速度(即群速度,粗点线)可达25~30个经度/天。Rossby波列的下游效应是造成南方这次高影响天气的重要因素之一。

5 结论与讨论

通过上述分析,得到以下主要结论:

(1) 这次南方异常冰雪灾害天气最突出的特点是:江淮流域的降水具有夏季梅雨锋强降水的性质,即所谓“冬行夏令”;江南南部的冻雨历史上少见。

(2) 这次冰雪天气过程是由于从高原过来的3

次高位涡舌移到静止锋上空,引起静止锋锋生,造成3次强降水过程。

(3) Rossby波列的下游发展效应以及高空高位涡舌诱发低层静止锋锋生是这次高影响性灾害天气的制造者。

(4) 这次冰雪天气过程的成因主要为亚洲中高纬度阻塞高压稳定维持长达20余天,在中国江淮和其南方地区静止锋维持,在南支急流中的扰动活跃。这种稳定的异常环流为南方3次暴雪冻雨过程提供了环流背景场。

这次冰雪过程中,对流层中低层环流在常规等压面的变化表现并不很显著,这给预报带来困难。但在卫星云图的动画演变上,可以清楚地看到有3次系统东移到中国东部上空(图略),此外,在对流层上部系统表现比较清楚,从300 hPa的相对涡度可以追踪系统的移动。如何利用300 hPa每天风距平场追踪系统的移动在文献[7]中讨论。

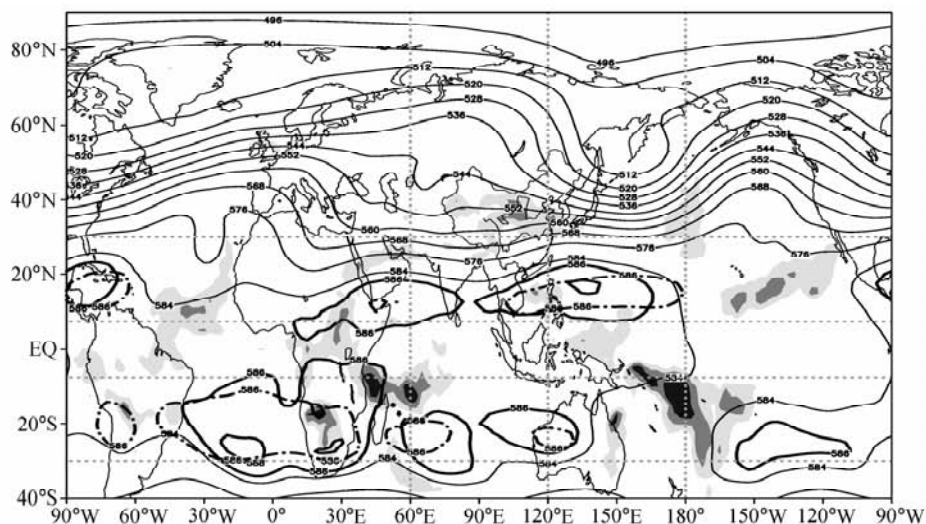


图 10 2008 年 1 月 11 日~2 月 2 日平均的 500 hPa 位势高度场 (单位: dagpm, 粗实线为 586 线, 点虚线为气候平均 586 线) 及其 OLRA ≤ -10 、 -20 和 $-30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 区域 (阴影区)

Fig. 10 500 hPa geopotential height mean for 11 Jan–2 Feb 2008 (units: dagpm, thick solid line is for 586 line; dotted dashed line is for the climate mean 586 line) and the region with OLRA ≤ -10 , -20 , $-30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (shaded area)

在 2008 年 1 月 11 日~2 月 2 日平均的 500 hPa 位势高度场图 (图 10) 上, 西太平洋副热带高压强度明显偏强, 其北界比多年平均偏北 5 个纬距。副高西北侧的西南气流将来自热带西太平洋和南海的暖湿空气源源不断输送到中国南部大陆, 这是“暖盖”得以维持的重要因素。陶诗言和卫捷^[8]指出当对流层上部亚洲急流中存在准静止 Rossby 波列, 波的能量沿着高空急流向东传播到中国沿海岸 ($115 \sim 130^\circ\text{E}$) 时, 若在该地区激发出一个长波脊, 夏季西太平洋副高便会有一次西伸北跳。这种关系的机理, 可以用天气学上的“高气压系统趋向于向加压区方向移动, 低气压系统趋向于向减压区方向移动”规则解释。2008 年 1 月中下旬欧亚中纬度地区准静止 Rossby 波列分布十分清楚 (图 9), 在 300 hPa $110 \sim 140^\circ\text{E}$ 上空位势高度正距平中心达到了 120 dagpm, 这可能是造成 1 月西太平洋副高异常偏强、偏北的原因之一。布和朝鲁等^[9]、施宁等^[10]和纪立人等^[11]分别分析了 2008 年 1 月 10~16 日、1 月 17~23 日和 1 月 24 日~2 月 2 日这 3 次我国南方雨雪过程西太平洋副热带高压在偏北位置上的维持机理, 指出西太平洋副热带高压北扩所对应的异常环流中心, 其实质为副热带急流扰动, 来自上游南支槽区的 Rossby 波能量频散是其形成维持的主要原因。最近 Weickmann 等^[12]指出, 当来自赤道印度

洋的热带大气季节内 30~60 d 振荡 (MJO) 在热带西太平洋地区处于活跃位相时, 会引起南北半球副热带高压的加强。根据 2007 年 12 月下旬至 2008 年 1 月下旬 OLR 的观测分析, 热带大气季节内 30~60 d 振荡 (MJO) 的对流活跃位相在 $120 \sim 170^\circ\text{E}$ 地区 (图略), 这可能是造成 1 月西太平洋副高偏强、偏北的另一个因素。布和朝鲁等^[9]也指出, 西太平洋副高异常中心的形成和维持还受来自热带西太平洋对流区的 Rossby 波能量频散的影响。

参考文献 (References)

- [1] 赵琳娜, 马清云, 杨贵名, 等. 2008 年初我国低温雨雪冰冻对重点行业的影响及致灾成因分析. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 556~566
Zhao Linna, Ma Qingyun, Yang Guiming, et al. Disasters and its impact of a severe snow storw and freezing rain over southern China in January 2008. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 556~566
- [2] 中国气象局国家气候中心气候应用与服务室. 2008 年 1 月气候影响评价. 网址: <http://ncc.cma.gov.cn/influ/yxpj.php>
Division of Climate Application and Service, National Climate Center, China Meteorological Administration. Climate Events and Impacts in April of 2008. Website: <http://ncc.cma.gov.cn/influ/yxpj.php>

- [3] Wallace M, Hobbs V. Atmospheric Sciences: An Introductory Survey. 2nd ed. San Diego: Academic Press (Elsevier) 2006. 1~483
- [4] 赵思雄, 孙建华. 2008 年初南方雨雪冰冻天气的环流场与多尺度特征. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 351~367
Zhao Sixiong, Sun Jianhua. Multi-scale systems and conceptual model on freezing rain and snow storm over southern China during January—February 2008. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 351~367
- [5] 孙建华, 赵思雄. 2008 年初南方雨雪冰冻灾害天气静止锋与层结构分析. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 368~384
Sun Jianhua, Zhao Sixiong. Quasi-stationary front and stratification structure of the freezing rain and snow storm over southern China in January 2008. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 368~384
- [6] 陶诗言, 卫捷, 张小玲. 2007 年梅雨锋降水的大尺度特征分析. 气象, 2007, **33**: 10~18
Tao Shiyang, Wei Jie, Zhang Xiaoling. Large-scale feature of the Mei-Yu front associated with heavy rainfall in 2007. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 2007, **33**: 10~18
- [7] 卫捷, 陶诗言. 2008 年 1 月南方冰雪过程的可预报性问题分析. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 520~530
Wei Jie, Tao Shiyang. Predictability of snow storm and freezing rain disaster in Southern China in January 2008. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 520~530
- [8] 陶诗言, 卫捷. 再论夏季西太平洋副高的西伸北跳. 应用气象学报, 2006, **17**: 513~525
Tao Shiyang, Wei Jie. The westward, northward advance of the subtropical high in the West Pacific in summer. *Quarterly Journal of Applied Meteorology* (in Chinese), 2006, **17**: 513~525
- [9] 布和朝鲁, 纪立人, 施宁. 2008 年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析 I: 亚非副热带急流低频波. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 419~433
Bueh Cholaw, Ji Liren, Shi Ning. On the medium-range process of the rainy, snowy and cold weather of South China in early 2008. Part I: Low-frequency waves embedded in the Asian-African subtropical jet. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 419~433
- [10] 施宁, 布和朝鲁, 纪立人, 等. 2008 年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析 II: 西太平洋副热带高压的特征. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 434~445
Shi Ning, Bueh Cholaw, Ji Liren, et al. On the medium-range process of the rainy, snowy and cold weather of South China in early 2008. Part II: Characteristics of the western Pacific subtropical high. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 434~445
- [11] 纪立人, 布和朝鲁, 施宁, 等. 2008 年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析 III: 青藏高原—孟加拉湾气压槽. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 446~458
Ji Liren, Bueh Cholaw, Shi Ning, et al. On the medium-range process of the rainy, snowy and cold weather of South China in early 2008. Part III: Pressure trough over the Tibetan Plateau/Bay of Bengal. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 446~458
- [12] Weickmann K M, Berry E B. A synoptic dynamic model of subseasonal variability. *Mon. Wea. Rev.*, 2006, **135**: 449~474