

2008年1月南方冰雪过程的可预报性问题分析

卫捷¹ 陶诗言¹ 赵琳娜²

1 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

2 中国气象局国家气象中心, 北京 100081

摘要 主要根据欧洲中期天气预报中心 (ECMWF) 的中期预报资料, 东京气候中心 (TCC) 的集成预测系统, 给出 1~2 周、月及季度预报图, 从短期、中期和长期 3 个时间尺度, 分析和讨论 2008 年 1 月中旬至 2 月初我国南方发生的严重低温雨雪冰冻灾害性天气过程的可预报性问题。对最严重的一次冰雪天气过程 (1 月 25~29 日), ECMWF 提前 1~7 d 十分成功地预报出亚洲中高纬 60~100°E 地区为阻塞高压控制, 在其南侧里海以东地区维持切断低压, 可以追踪从切断低压中分裂的一个气旋性扰动沿青藏高原向东移入我国华南上空的静止锋上, 对于盘踞在东亚地区的冷高压楔也能够很好地预报出来。TCC 的中期以及延伸期预报 (提前 1~2 周), 较好预报了 80°E 附近的阻塞高压和南支西风带中高原上空的低压槽, 但对里海附近的切断低压以及中国东海岸的高压脊没有预报出来; 同时, 对中国南方的强降水也没有预报出来。TCC 对于 2007/2008 年冬季和 2008 年 1 月平均的 500 hPa 大气环流和中国南方降水异常的预测结果不好。月、季预报的可预报性比较差, 这可能是由于数值模式本身的缺陷, 或是由于目前对极端异常气候事件的长期预报水平本身就很低。从中期预报讲, 2008 年 1 月 11 日~2 月 1 日中国南方严重暴雪、冻雨灾害可在 5~10 d 前预报出来。要作 2008 年 1 月我国南方低温雨雪冰冻天气这类持续性异常气象灾害事件的季度或月预报有很多困难。

关键词 冰雪天气 环流异常 可预测性

文章编号 1006-9585 (2008) 04-0520-11 **中图分类号** P434 **文献标识码** A

Predictability of Snow Storm and Freezing Rain Disaster in Southern China in January 2008

WEI Jie¹, TAO Shi-Yan¹, and ZHAO Lin-Na²

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

2 *National Meteorological Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081*

Abstract Based on the operational medium-range and extended range forecasts by ECMWF, and Tokyo Climate Center (TCC), the quality of the forecast for the snow storm and freezing rain disaster in Southern China from 25–29 January 2008 is analyzed. It is found that the ECMWF medium-range forecast was quite successful in predicting the process of a cyclonic vorticity system breaking off from the cut-off low near the Caspian Sea and moving to downstream along the Tibetan Plateau to the quasi-stationary front over China, and also successful in predicting the large-scale flow associated with the severe snow and freezing rain for 25–29 January and the sea level high pressure wedge in eastern China. In addition, the extended range forecast provided by TCC was successful in predicting the 500 hPa large-scale circulation pattern over Asia for the period 26 January to 1 February 2008, but failed to the precipitation during the same period.

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 卫捷, 女, 1966 年出生, 博士, 高级工程师, 主要从事气候变化与预测方面的研究。E-mail: wjie@mail.iap.ac.cn

As to the prediction of the January snow and ice storm for more than one month and a season, the forecasts given by TCC and NCEP-CPS were not successful both in predicting the large-scale circulation and the precipitation for the snow storm and freezing rain disaster in Southern China in January 2008.

The inconsistency between the forecasts and observations may be either due to the model errors or the existing low skill of predictability for this anomalous event. But for the medium and extended range forecast, the snow storm and freezing rain disaster in January 2008 can be predicted up to 5 days in advance.

Key words snow storm and freezing-rain, atmospheric circulation anomaly, predictability

1 引言

2008 年 1 月, 我国南方地区出现大范围持续性暴雪、冻雨灾害。这次持续性暴雪、冻雨灾害对春运期间的公路、铁路运输以及能源供应、电力传输、通讯设施、农业、人民群众生活造成了严重影响和损失。

这次大范围暴雪、冻雨过程的成因是由于亚洲上空出现异常的大气环流^[1~5]。1 月中旬初至 2 月初亚洲中高纬 60~100°E 地区为阻塞高压控制, 在其南侧里海以东地区长期维持一个切断低压系统, 这一对阻高、切断低压系统持续 20 余天, 同时, 欧亚大陆 20~35°N 地区 Rossby 波列显著。在 85°E (青藏高原) 附近持续一个高空槽, 而在 135°E (日本南部) 有高空脊维持, 同时, 西太平洋副热带高压西北边界北抬到 20°N 附近, 东亚上空大气环流出现所谓“西低东高”的形势, 这是我国南方冬季出现强降水的典型环流。在这样稳定的异常环流形势下, 近地面冷高压稳定控制东亚大陆, 华南静止锋维持在华南沿海, 中国南部地区存在一个空气冷垫, 而对流层中 850~600 hPa 我国南方上空处于 80°E 的“南支槽”前方, 同时, 来自副高西南的暖湿空气流到冷空气垫上空, 在江南南部和华南北部 850~600 hPa 层存在温度高于 0 °C 的锋面逆温层(暖盖), 使得在这些地区出现严重的持续性冻雨天气。这次我国南方持续冻雨天气主要由 3 次过程组成。在 3 次冻雨时期, 从里海东侧的切断低压中有 3 次气旋性扰动沿青藏高原向东移入我国华南上空的静止锋上时, 使静止锋出现锋生过程, 引起强降水过程。

如果能对异常气象事件作出比较准确的预测, 就可以尽早地采取相应措施, 减少损失。陈红等^[6]利用 IAP 数值气候预测系统(IAP DCP-II)和 IAP 9 层大气环流模式(IAP9L-AGCM)对 2007 年冬季我国气候异常进行了预测, 并检验了两个不同系统和模式对 2008 年 1 月我国气候异常的预测能力。郎咸梅等^[7]利用这两个数值模式对我国冬季气候数值预测潜力进行了初步分析。本文根据欧洲中期天气预报中心(ECMWF)^[8]提供的每天大气环流预报资料, 日本气象厅东京气候中心(TCC)^[9]的 2008 年 1 月周平均 500 hPa 环流形势和降水异常预报图以及月平均和季度平均预测图, 从短期、中期和 1~3 个月尺度, 分析这次冰雪灾害的可预报性问题。有关其数值模式概况及其输出结果详见文献[8,9], 这里不再赘述。

2 短、中期的预报

国家气象中心对这次冰雪灾害的短期预报是成功的, 并且能在 5~7 d 前作出趋势预报^①。陶诗言等^[1]对这次冰雪灾害过程的分析中指出, 在对流层中下层的气压场上, 追踪引起 3 次冻雨的系统比较困难, 但从卫星云图可以追踪到 3 次来自高原的系统移到中国东部的静止锋上。在对流层上部可以分析出有 3 次气旋性涡度(气旋性位涡)系统从里海附近的切断低压分离出来, 并沿着青藏高原向东移到静止锋上, 引起 3 次暴雪和冻雨过程, 其中 1 月 25~29 日的冻雨过程范围最广、强度最大。我们根据 ECMWF 1 月 24 日 8 时(北京时, 下同)发布的 1 月 25~31 日每天大气环流预报资料, 计算出 1 月 25~31 日每天 200

① 杨贵名, 宗志平, 毛冬艳, 等. 2008 “低温雨雪冰冻”灾害天气过程技术分析. 2008 年初我国低温雨雪冰冻极端气象灾害研讨会, 2008

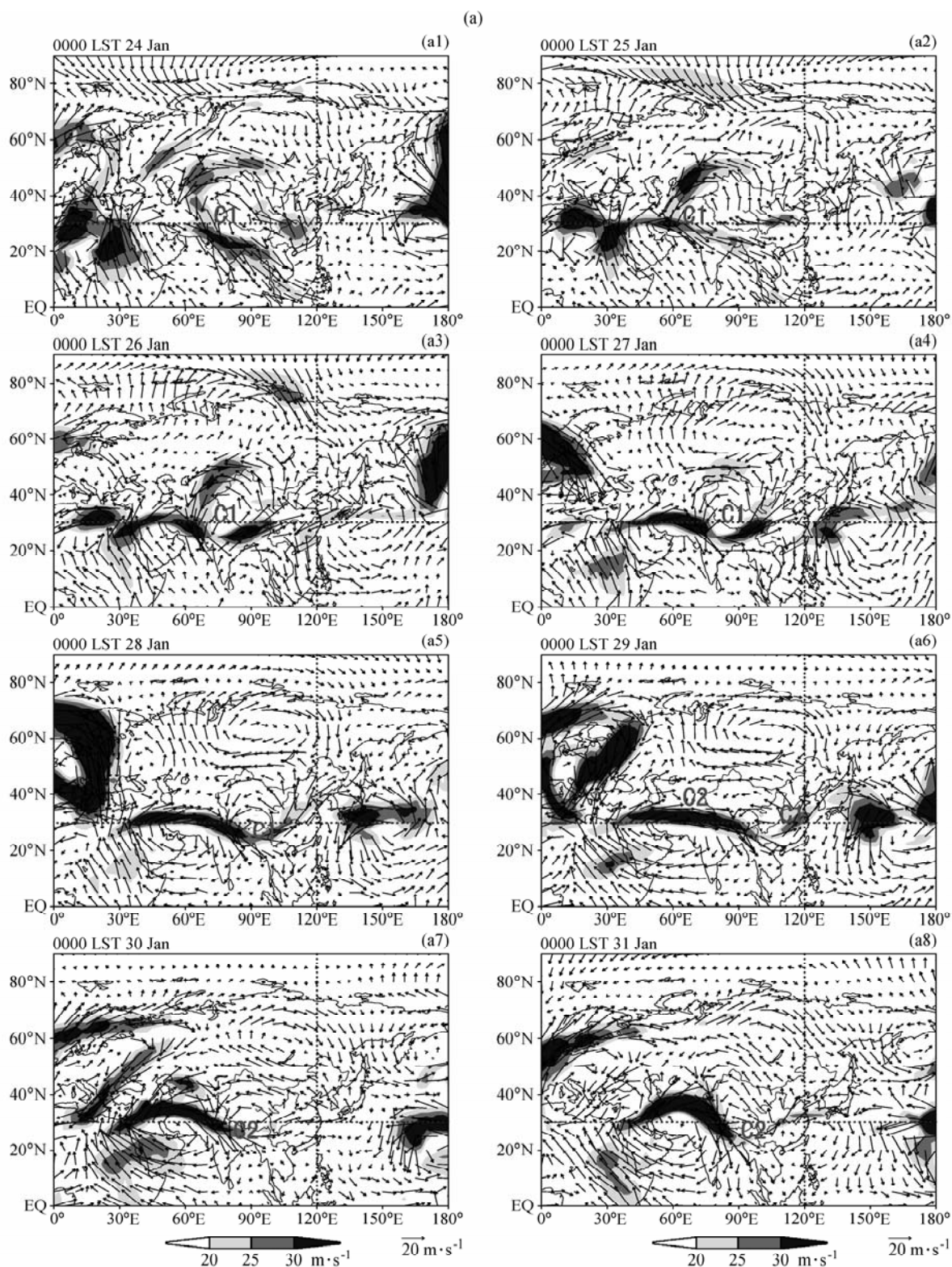


图1 2008年1月25~31日200 hPa水平风距平场(阴影区风距平大于 $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$): (a) ECMWF预报场(初始场为2008年1月24日8时); (b) NCEP/NCAR再分析场

Fig. 1 200 hPa horizontal wind anomalies for 25-29 Jan 2008 (shaded area is for wind anomalies greater than $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$): (a) ECMWF forecast (initial field at 0800 LST 24 Jan); (b) NCEP/NCAR reanalyzed field

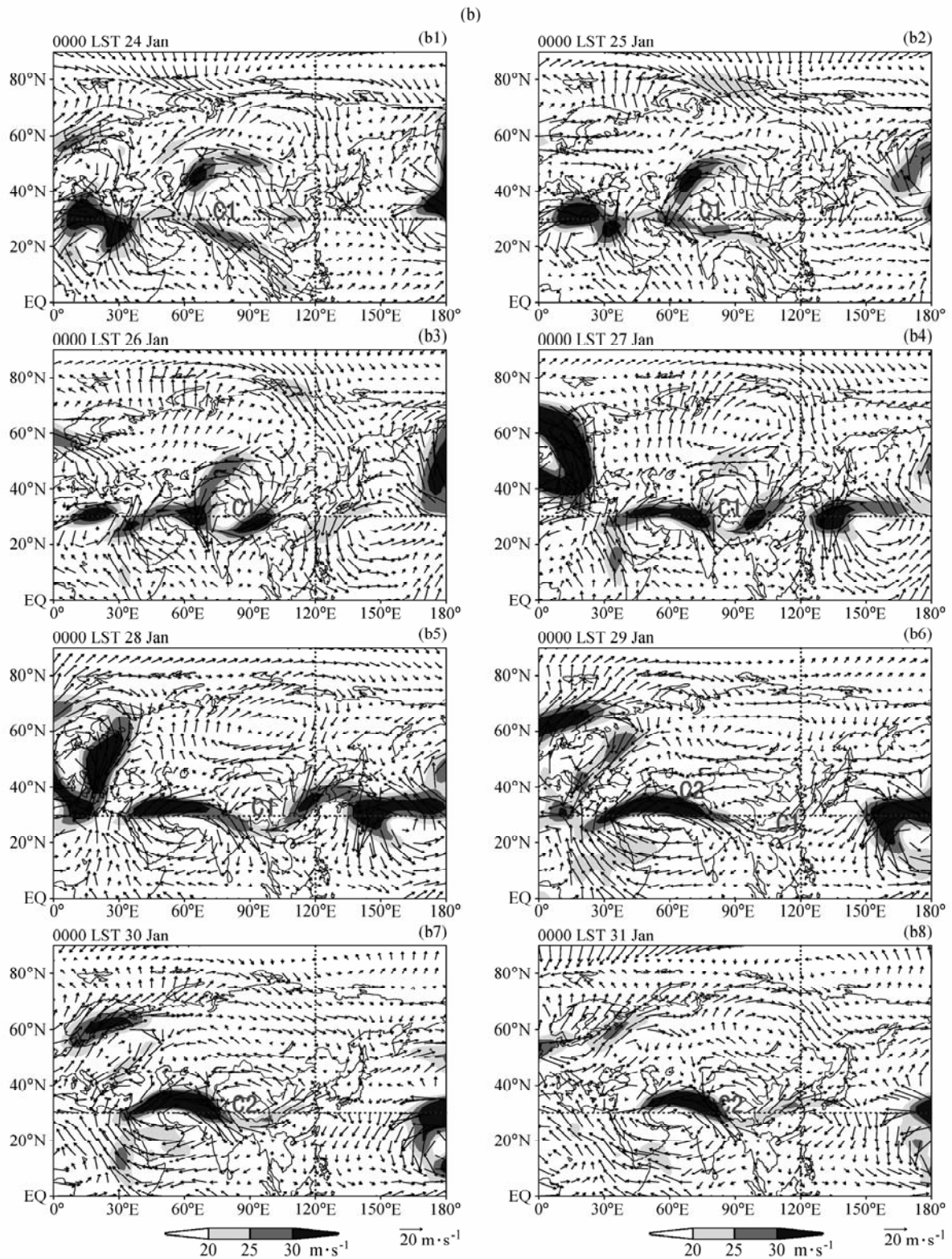


图 1 (续) Fig. 1 (Continued)

hPa 水平风的距平场。图 1a 是 1 月 25~31 日 200 hPa 水平风距平的预报场, 图 1b 是 NCAR/NCEP

再分析资料的实况场。可以看出, 1 月 24 日在 (40°N, 85°E) 有一个气旋性涡度系统 C1, 25~

29 日 C1 沿着青藏高原向东移到 120°E , 1 月 25~29 日黔、湘、赣、浙每天都出现冻雨。注意在 1 月 29 日当 C1 移到 120°E 时, (40°N , 85°E) 又有一个气旋性涡度系统 C2 出现, C2 在 1 月 31 日移到 90°E 以东, 这是最后一场冻雨过程。图 1a 与图 1b 相比较, 预报是成功的。

在暴雪和冻雨期间, 亚欧上空出现阻塞形势, $20^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 的南支西风带中出现 Rossby 波列, 尤其在亚洲上空出现低槽 (85°E)—高压脊 (130°E), 这是我国南方冬季强降水的典型形势。我们依据 ECMWF 的预报资料, 得出 1 月 25~29 日平均的 500 hPa 位势高度引起距平的预报场 (图 2a)。与实况 (图 2b) 相比较, 预报是成功的。图 3a 和 3b 是 1 月 25~29 日 5 d 平均的东亚地区海平面预

报气压距平场和实况场。盘踞在东亚地区的冷高压楔能够预报出来。由于在 ECMWF 的预报资料中, 没有 700 hPa 的温度资料, 因此无法预报冻雨所必需的锋面逆温层。

图 4 是 TCC 根据 1 月 17 日 20 时的初始场, 预报的 1 月 26 日~2 月 1 日平均的 500 hPa 位势高度及其距平场 (图 4a) 和降水场 (图 4b)。TCC 的短、中期预报也是成功的。TCC 的集成预测系统 (EPS) 提前 1~2 周 (9~15 d), 给出了对 1 月 26 日~2 月 1 日平均的 500 hPa 位势高度及其距平场预报图 (图 5a)。可以看到, 80°E 附近的阻塞高压和南支西风带中高原上空的低压槽预报较好, 里海附近的切断低压以及中国东海岸的高压脊没有预报出来, 中国南方的强降水没有

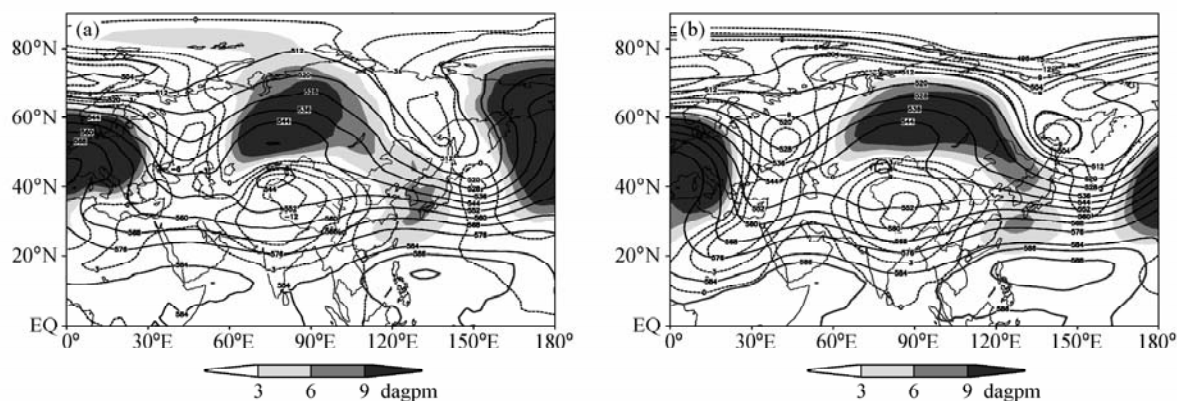


图 2 2008 年 1 月 25~29 日平均的 500 hPa 位势高度 (实线, 单位: dagpm) 及距平场 (阴影区: >3 dagpm 正距平区; 虚线: <-3 dagpm 负距平区): (a) ECMWF 预报场 (初始场为 2008 年 1 月 19 日 8 时); (b) NCAR/NCEP 再分析场

Fig. 2 The mean and anomalies of 500 hPa geopotential height (shaded area is for positive anomalies >3 dagpm; dashed line is for negative anomalies <-3 dagpm) for 25–29 Jan 2008: (a) ECMWF forecast (initial field at 0800 LST 19 Jan); (b) NCAR/NCEP reanalyzed field

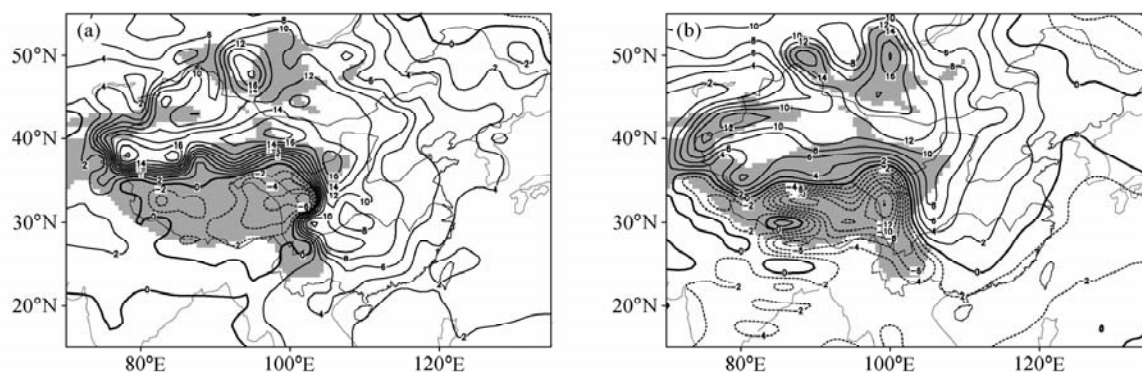


图 3 2008 年 1 月 25~29 日平均的海平面气压距平场 (单位: hPa): (a) ECMWF 预报场 (初始场为 2008 年 1 月 19 日 8 时); (b) NCAR/NCEP 再分析场

Fig. 3 The sea level pressure anomalies (hPa) for 25–29 Jan 2008: (a) ECMWF forecast (initial field at 0800 LST 19 Jan 2008); (b) NCAR/NCEP reanalyzed field

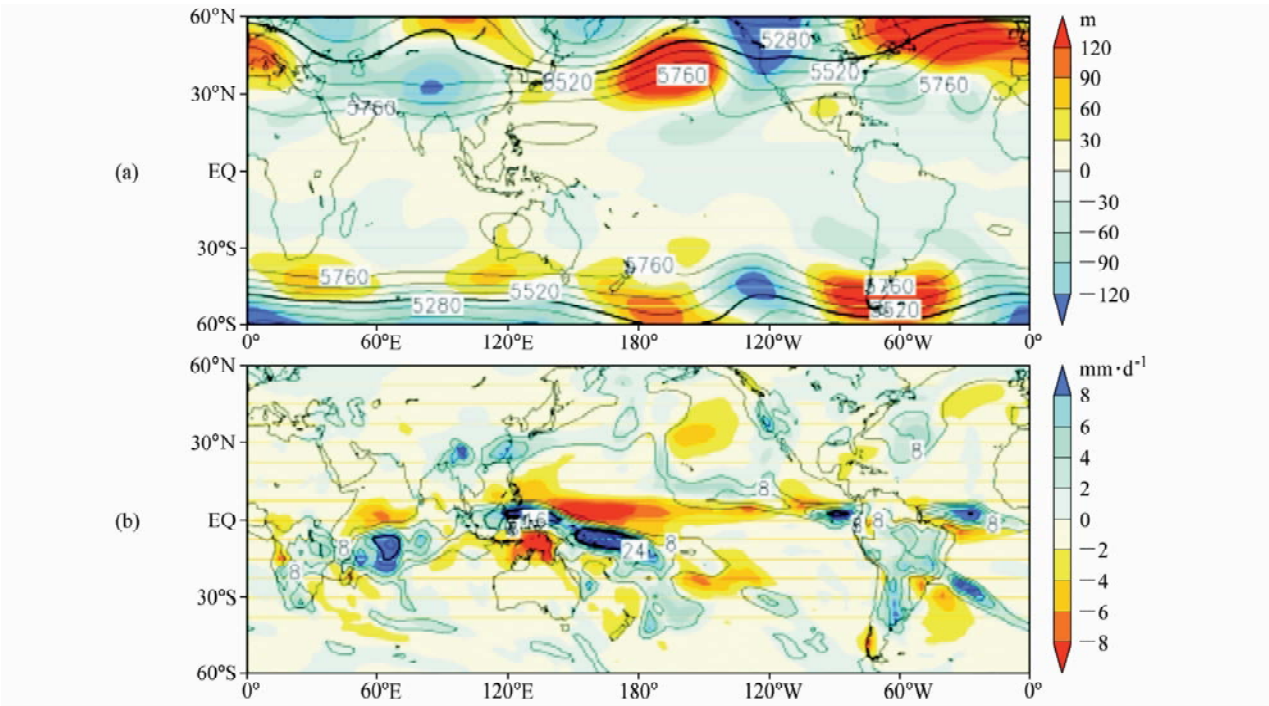


图 4 2008 年 1 月 26 日~2 月 1 日平均的 (a) 500 hPa 位势高度和距平场 (等高线间隔 60 m, 阴影区表示距平) 以及 (b) 降水异常 (TCC 预报, 初始场为 2008 年 1 月 24 日 20 时)

Fig. 4 The (a) mean and anomalies of 500 hPa height (contours interval is 60 m, shaded areas denote anomalies) and (b) anomalies of precipitation for 26 Jan to 1 Feb 2008 forecasted by TCC (initial field at 2000 LST 24 Jan 2008)

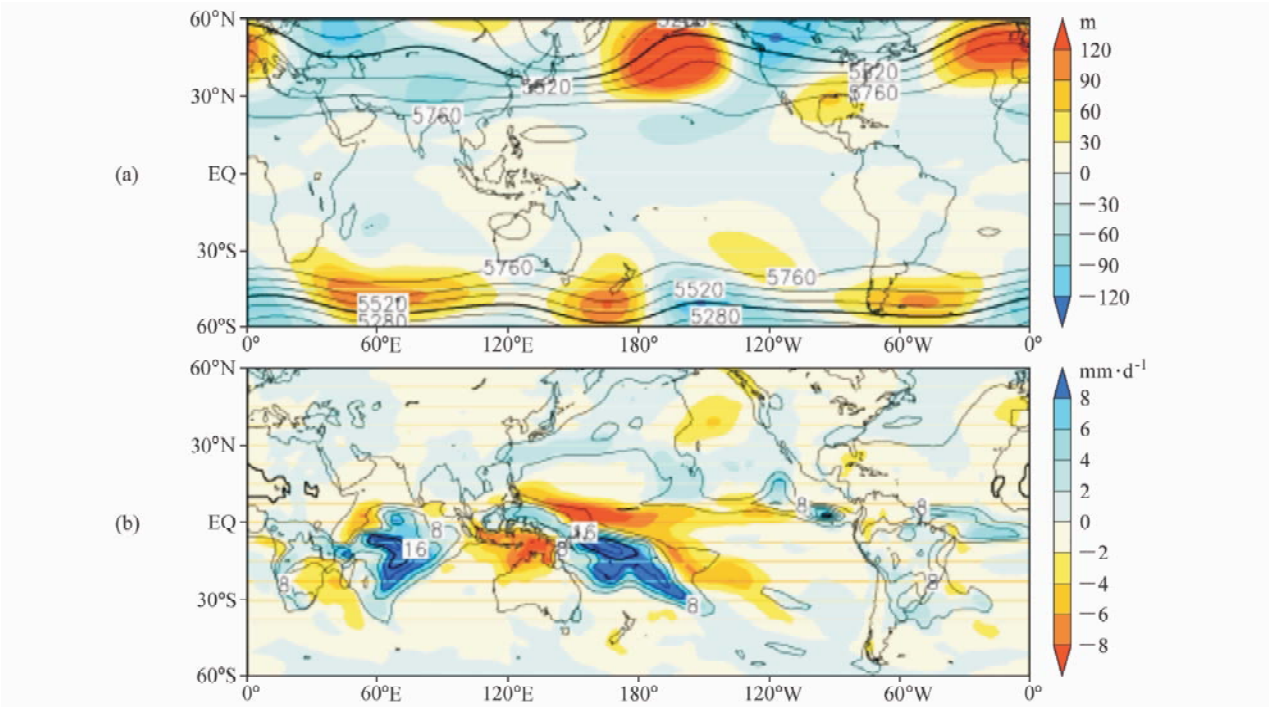


图 5 2008 年 1 月 26 日~2 月 1 日平均的 (a) 500 hPa 位势高度和距平场以及 (b) 降水异常 (TCC 预报, 初始场为 2008 年 1 月 17 日 20 时)。图注说明同图 4

Fig. 5 The (a) mean and anomalies of 500 geopotential height and (b) anomalies of precipitation for 26 Jan to 1 Feb 2008 forecasted by TCC (initial field at 2000 LST 17 Jan 2008). Illustration is same as Fig. 4

预报出来 (图 5b)。

总的来讲, ECMWF 和 TCC 的短、中期预报成功地预报出 1 月 25~29 日的强冰雪过程。

3 提前 1~3 个月的预报

图 6a 是 2008 年 1 月平均的北半球 500 hPa 高度及其距平场, 图 6b 为 1 月中国降水量距平百分率分布。可以看出, 1 月的大气环流和降水异常反映出这次冰雪过程的基本特征^[1]。

图 7 是 TCC 在 2007 年 11 和 12 月中旬发布的 2008 年 1 月平均 60°N~60°S 地区 500 hPa 高度及距平和降水异常的预报场。在图 7a 上, 乌拉尔山高压脊、中亚低压槽和西太平洋副热带高压的

异常特征有所反映, 而南支扰动基本上不清楚。值得注意的是, 2007 年 12 月对 2008 年 1 月平均环流的预报, 其效果可能还不如前一个月的预测 (图 8)。

在 2007/2008 年冬季平均的北半球 500 hPa 位势高度及其距平场 (图 9a) 上, 大气环流异常的信号大大减弱。造成 2008 年 1 月南方低温冰雪灾害的关键环流系统: 1) 位于乌拉尔山—贝加尔湖上空的阻塞高压; 2) 西太平洋副热带高压; 3) 中低纬大西洋中部—地中海—青藏高原—中国南部的正负距平以及在 85°E 形成的南支槽和 135°E 的高压脊等在冬季平均图上基本上没有表现; 同时, 中纬度里海以东—中国中西部上空的低压槽强度和势力范围也弱得多。

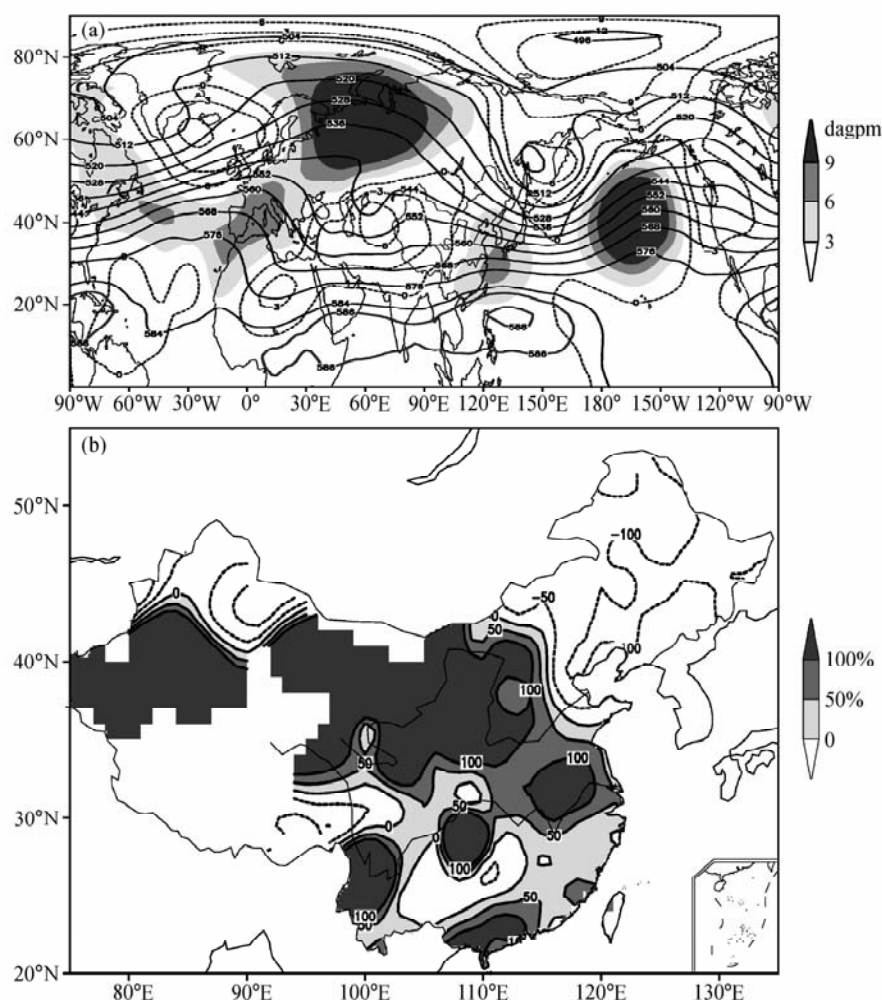


图 6 2008 年 1 月平均的 (a) 500 hPa 位势高度场及其距平 (图注说明同图 2) 以及 (b) 中国降水量距平百分率

Fig. 6 The (a) mean and anomalies of the Northern Hemisphere 500 hPa geopotential height (illustration is same as Fig. 2) and (b) percentage anomalies of precipitation in Jan 2008

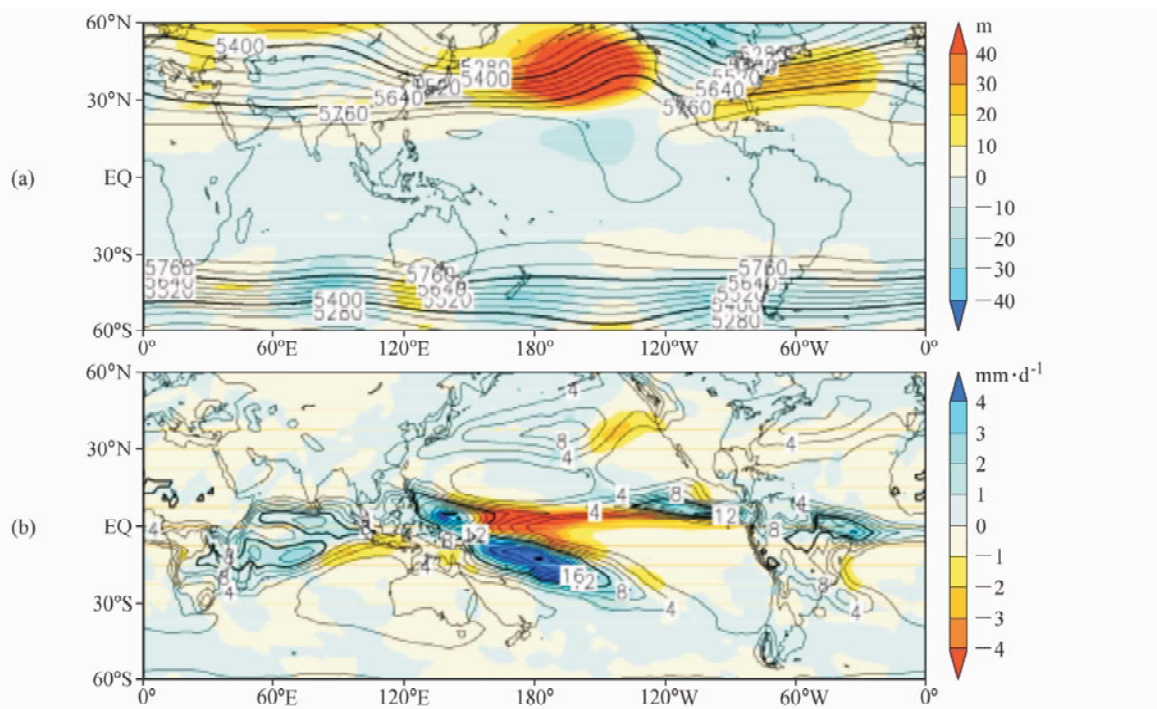


图 7 2008 年 1 月平均的 (a) 500 hPa 位势高度和距平场以及 (b) 降水异常 (TCC 预报, 初始场为 2007 年 11 月 15 日 20 时)。图注说明同图 4

Fig. 7 The (a) mean and anomalies of 500 hPa geopotential height and (b) anomalies of precipitation for Jan 2008 forecasted by TCC (initial field at 2000 LST 15 Nov 2007). Illustration is same as Fig. 4

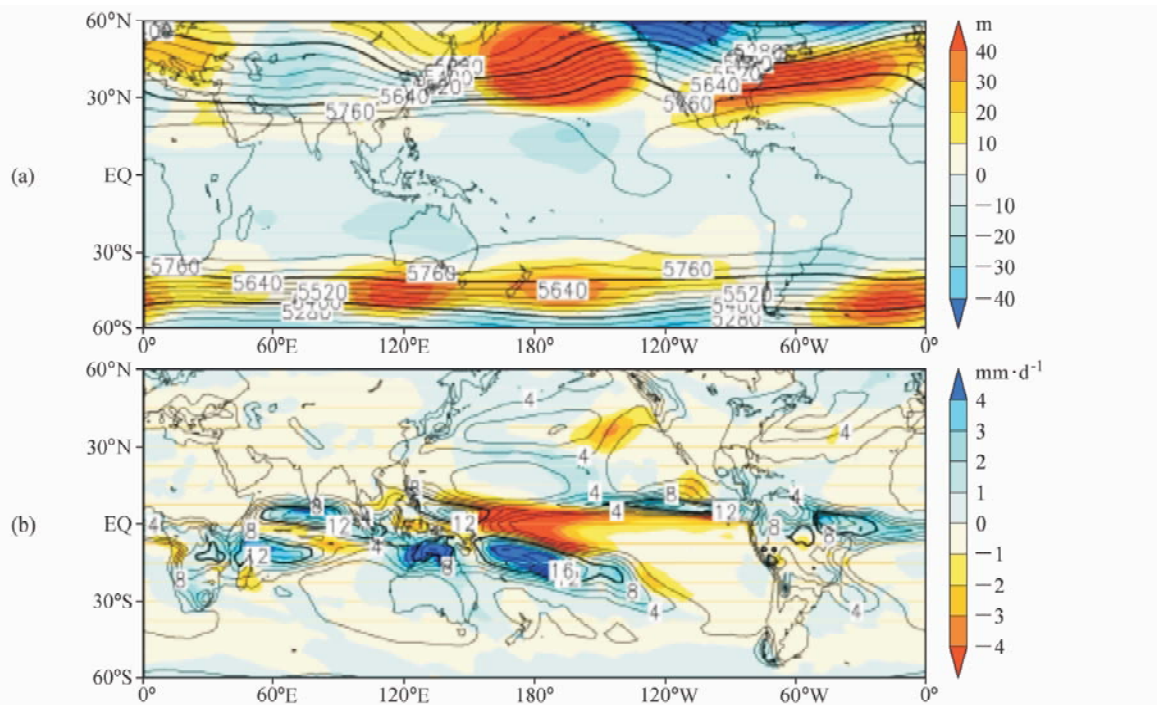


图 8 2008 年 1 月平均的 (a) 500 hPa 位势高度和距平场以及 (b) 降水异常 (TCC 预报, 初始场为 2007 年 12 月 13 日 20 时)。图注说明同图 4

Fig. 8 The (a) mean and anomalies of 500 hPa geopotential height and (b) anomalies of precipitation for Jan 2008 forecasted by TCC (initial field at 2000 LST 13 Dec 2007). Illustration is same as Fig. 4

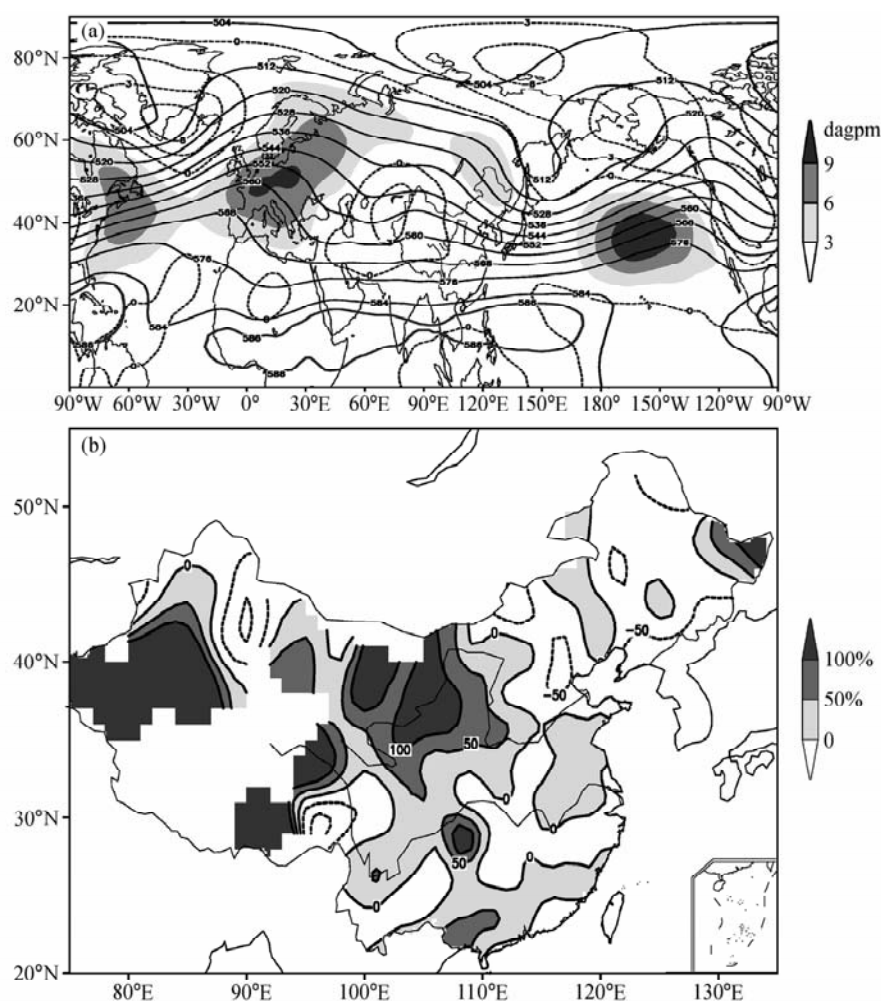


图 9 2007/2008 年冬季平均的 (a) 500 hPa 位势高度场及其距平 (图注说明同图 2) 以及 (b) 中国降水量距平百分率

Fig. 9 The (a) mean and anomalies of the Northern Hemisphere 500 hPa geopotential height (illustration is same as Fig. 2) and (b) percentage anomalies of precipitation in the winter of 2007/2008

图 9b 是 2007/2008 年冬季平均的中国降水量距平百分率分布。可以看到, 西北部、四川等地降水较常年同期偏多 5 成至 2 倍, 全国其余大部地区接近正常或偏少。这次冰雪天气过程造成 1 月降水偏多 5 成左右的南方大部地区, 在冬季平均图上降水已经基本正常, 特别是江淮流域降水异常偏多 2 倍以上的信号已经很弱。

图 10 为 TCC 给出的 2007/2008 年冬季平均 500 hPa 高度及距平场和降水异常的预报场。可以看到, 对冬季亚洲大气环流的主要特征: 中高纬东欧—乌拉尔山阻塞高压, 里海以东—中国中西部上空的低压槽, 东亚沿海岸的位势高度场偏高, 有一定的预报能力, 强度和中心位置有偏差。对中低纬从大西洋—亚洲大陆正负距平相间的扰动及南

支槽基本没有表现。对降水预测很不好。

由于 2008 年 1 月我国南方低温雨雪冰冻天气在冬季平均的大气环流和气象要素场上的信号大为减弱, 而且异常特征发生了调整, 这类异常气象事件的季度气候预测很困难。

4 主要结论

根据 ECMWF 的中期预报资料以及 TCC 集成预测系统给出 1~2 周、月及季度预报图, 从短期、中期和长期 3 个时间尺度, 分析了 2008 年 1 月中旬至 2 月初我国南方发生的严重低温雨雪冰冻灾害性天气过程的可预报性问题, 得到以下主要结论:

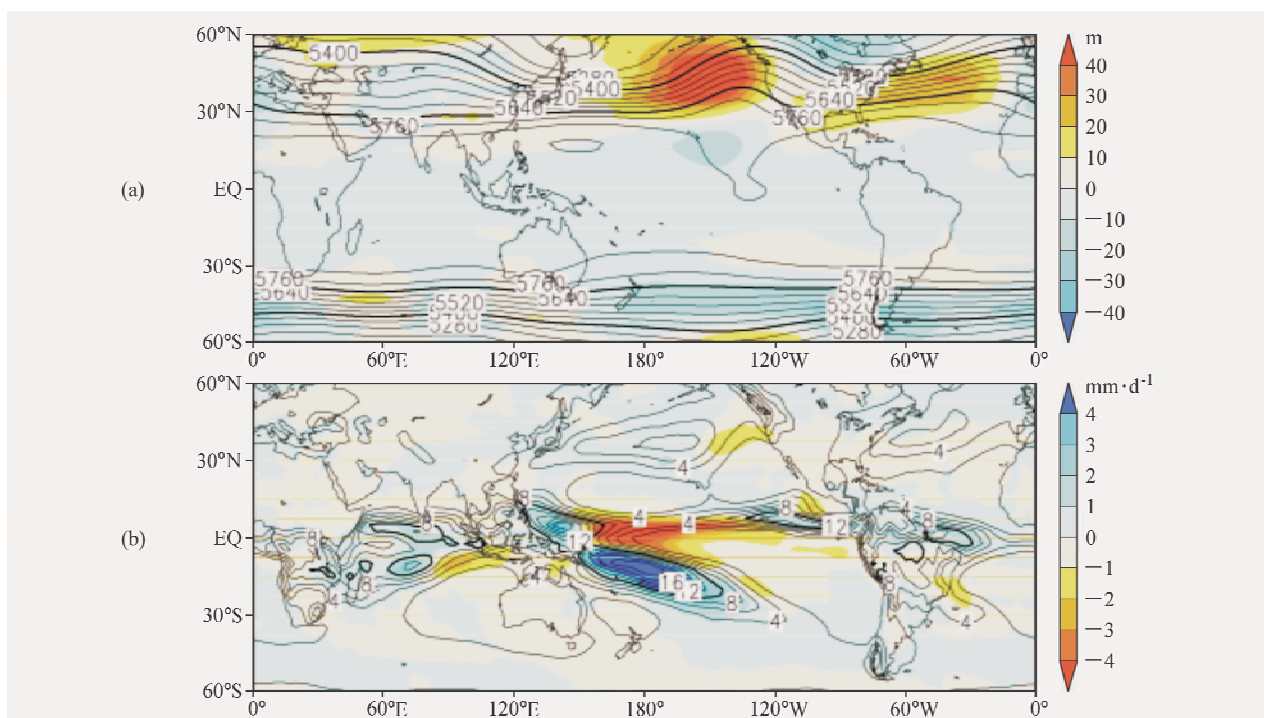


图 10 2007/2008 年冬季平均的 (a) 500 hPa 位势高度和距平以及 (b) 降水异常 (TCC 预报, 初始场为 2007 年 11 月 15 日 20 时)。图注说明同图 4

Fig. 10 The (a) mean and anomalies of 500 hPa geopotential high and (b) anomalies of precipitation for the winter of 2007/2008 forecasted by TCC (initial field at 2000 LST 15 Nov 2007). Illustration is same as Fig. 4

(1) 对最严重的一次冰雪天气过程 (1 月 25~29 日), ECMWF 提前 1~7 d 十分成功地预报出亚洲中高纬 60~100°E 地区为阻塞高压控制, 在其南侧里海以东地区维持切断低压, 可以追踪从切断低压中分裂的一个气旋性扰动沿青藏高原向东移入我国华南上空的静止锋上, 对于盘踞在东亚地区的冷高压楔也能够很好地预报出来。

(2) TCC 的中期以及延伸期预报 (提前 1~2 周) 较好预报了 80°E 附近的阻塞高压和南支西风带中高原上空的低压槽, 但对里海附近的切断低压以及中国东海岸的高压脊没有预报出来; 同时, 对中国南方的强降水也没有预报出来。

(3) TCC 对于 2007/2008 年冬季和 2008 年 1 月平均的 500 hPa 大气环流和中国南方降水异常的预测结果不好。月、季预报的可预报性比较差, 这可能是由于数值模式本身的缺陷, 或者由于目前对于极端异常气候事件的长期预报水平本身就很低。2003 年 6、7 和 8 月欧洲出现罕见的干旱酷暑灾害, 在 2003 年底, ECMWF 的公报中^[10]曾对这次罕见气候事件中长期预报作了检验, 指出

中期预报能对 8 月的几次热浪天气成功地预报出来, 但对月预报而言则并不成功。

2008 年 1 月我国南方低温雨雪冰冻天气的中期预报, 以 1 月 25~29 日这次最严重的冰雪天气过程为例, 可以在 5~10 d 前预报出来。就 1 月平均的大气环流和降水异常预报而言, 预测结果稳定性较差。在冬季平均的大气环流和气象要素场上, 由于异常信号大为减弱且发生调整, 这类异常气象事件的季度预测很困难。

参考文献 (References)

- [1] 陶诗言, 卫捷. 2008 年 1 月我国南方严重冰雪灾害过程分析. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 337~350
Tao Shiyan, Wei Jie. Severe snow and freezing-rain in January 2008 in the Southern China. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 337~350
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 陈红, 郎咸梅, 周广庆, 等. 2008 年 1 月中国气候异常的动力学预测及效果检验. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 531~538
- Chen Hong, Lang Xianmei, Zhou Guangqing, et al. Prediction of climate anomalies over China in January 2008 with IAP Climate Models and its verification. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 531~538
- [7] 郎咸梅, 陈红. 我国冬季气候数值预测潜力的初步分析. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 539~547
- Lang Xianmei, Chen Hong. Preliminary analysis on numerical potential predictability of winter Climate in China. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 539~547
- [8] The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, the Centre). Website: <http://www.ecmwf.int/products/forecasts/d/charts/medium/>
- [9] Tokyo Climate Center (TCC). Website: <http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/model/index.html>
- [10] Grazzini F, Ferranti L, Lalaurette F, et al. The exceptional warm anomalies of summer 2003. *ECMWF Newsletter*, 2003, **99**: 2~8