

中国南方多雪年环流特征及对关键区海温的响应

常蕊^{1,3} 张庆云^{1,2} 彭京备¹

1 中国科学院大气物理研究所灾害性气候研究与预测中心, 北京 100029

2 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029

3 中国科学院研究生院, 北京 100049

摘要 根据 NECP/NCAR 月平均再分析资料, 采用回归分析、合成分析等方法, 探讨了 La Niña (El Niño) 气候背景下, 大气外强迫因子北大西洋中纬度 (45°N, 30°W)、赤道印度洋、我国南海和东海海域海温异常对亚洲环流及我国南方降雪多寡的影响。分析发现, La Niña 气候背景下, 北大西洋中纬 (45°N, 30°W) 海温为正异常, 有利于 500 hPa 高度场亚洲中高纬叶尼塞地区 (50°N, 90°E) 位势高度偏高并出现阻塞型, 也有利于东亚冬季风环流加强; 赤道印度洋、我国南海和东海附近海温出现负异常, 850 hPa 高度东亚大陆沿海低纬地区风距平场出现偏北风距平, 我国南方多雪, 温度相对偏低。El Niño 背景下, 北大西洋中纬度 (45°N, 30°W) 海温为负异常, 亚洲中高纬叶尼塞地区位势高度偏低, 东亚冬季风环流偏弱; 赤道印度洋、我国南海和东海附近海温出现正异常, 850 hPa 高度东亚大陆沿海低纬风距平场出现偏南风距平, 我国南方多雪, 温度相对偏高。回归分析指出, 冬季 500 hPa 亚洲中高纬叶尼塞地区 (90°E 附近) 的位势高度正 (负) 异常与北大西洋中纬度 (45°N, 30°W) 附近海温正 (负) 异常有关; 冬季 850 hPa 东亚大陆沿海低纬地区偏南 (北) 风距平与赤道印度洋、我国南海和东海地区的海温正 (负) 异常有关。La Niña 气候背景下的 2008 年 1 月我国南方低温、雨雪、冰冻极端灾害事件的发生可能与北大西洋中纬度 (45°N, 30°W) 附近以及赤道印度洋、我国南海和东海海温都出现正异常有关。

关键词 南方多雪 阻塞高压 异常海温

文章编号 1006-9585 (2008) 04-0468-10 **中图分类号** P461 **文献标识码** A

Response of the Atmospheric Circulation with Heavy Snow over Southern China to the Sea Surface Temperature Anomaly in the Key Areas

CHANG Rui^{1, 3}, ZHANG Qing-Yun^{1, 2}, and PENG Jing-Bei¹

1 *Center for Disastrous Climate Research and Prediction, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

2 *State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

3 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*

Abstract The response of the atmospheric circulation with heavy snow over southern China during La Niña or El Niño years to the sea surface temperature anomaly (SSTA) in the key areas was diagnosed using linear regression and composite analysis based on the monthly NCEP/NCAR reanalysis data during from January 1954 to February

收稿日期 2008-04-01 收到, 2008-05-04 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、中国科学院知识创新工程重要方向项目 KZCX3-SW-226 和国家自然科学基金资助项目 40775037

作者简介 常蕊, 女, 1982 年出生, 博士生, 主要从事海气相互作用及短期气候变化的成因机理与预测理论研究。

E-mail: changrui@mail.iap.ac.cn

2008. There were two highlighted key areas of the sea surface temperature, one was over the region around North Atlantic (45°N , 30°W), and the other was over the neighborhood of equatorial Indian Ocean, South China Sea and East China Sea (ISE). It had been pointed out that in winter during La Niña (El Niño) years there was (was not) a blocking high in Yenisei's area centered at (55°N , 90°E) at 500 hPa and the East Asia monsoon circulation looked stronger (weaker) than normal illustrated by the anomalous northerly (southerly) in the high-middle latitudes over eastern China at 850 hPa, which were all related to the positive (negative) SSTA over the regions around North Atlantic (45°N , 30°W). Besides, in winter during La Niña (El Niño) years the anomalous southerly in the lower latitude over eastern China looked weaker (stronger) than normal which was related to the negative (positive) SSTA over ISE. So, the air temperature of heavy snow over southern China looked lower in winter during La Niña years than El Niño years. The response of atmosphere circulation in January 2008 to the SSTAs over the two key areas was also manifested. The heavy snow and freezing rain over southern China in January 2008 was jointly impacted by the positive SSTAs over North Atlantic and ISE.

Key words heavy snow over southern China, blocking high, sea surface temperature anomaly

1 引言

2008年1月10日至2月初,我国南方大部分地区发生了持续性大范围低温、雨雪、冰冻极端天气气候事件,长江中下游地区日最高气温与最低气温接近,武汉和长沙两市连续半个多月日平均气温接近或低于 0°C ;这种50年一遇,部分地区100年一遇的低温、雨雪、冰冻极端天气气候灾害,严重影响了我国交通运输、能源供应、电力传输、农业生产和人民生活^[1,2]。

分析发现,2008年1月我国南方地区持续性低温、雨雪、冰冻灾害发生时的主要大尺度环流特征表现为:500 hPa位势高度场上,亚洲中高纬大气环流呈现西高东低型, 90°E 附近的中高纬叶尼塞地区为阻塞高压控制,东亚大槽比正常年加深,在正常情况下,中高纬度阻塞高压维持时间平均为5天左右,而2008年1月中高纬度阻塞高压稳定维持长达20余天,造成每次南下冷空气路径基本相似。2008年1月南方地区持续性低温、雨雪、冰冻灾害的发生不但与亚洲中高纬大气环流呈现西高东低型有关,还与南亚地区上空的支槽活跃以及东亚—西太平洋副热带高压位置比平均态偏北、强度偏强有关。

许多研究都指出^[3,4],大气环流的异常与大气外强迫因子海温异常密切相关。2008年1月赤道中东太平洋地区海温距平出现了 -1.5°C 的异常,这表明2008年1月我国南方持续低温、雨雪、冰冻灾害事件是发生在中等强度的La Niña事件的

气候背景下。观测和模式的结果^[5,6]也指出,冬季热带地区的海温异常对热带及热带外的大气环流能产生一定的影响。季风环流演变过程的热力对比研究^[7,8]也揭示了热带印度洋和南海等海域的冬季海温异常对季风强度有重要作用。虽然热带外地区冬季海温异常在很大程度上是对大气状况的一种局地响应^[9~11],然而两者之间的作用并不是单向的。Frankignoul^[12]和Kushnir等^[13]就冬季大气环流对热带外海表温度异常(SSTA)的响应等进行了全面探讨,表明热带外一些海气相互作用非常活跃的海域,冬季海表温度的异常可以通过某些过程对大气环流产生反作用。例如,Palmer等^[14]和Li^[15]等的研究表明,冬季西北大西洋关键区域的暖海温异常有利于下游乌拉尔地区维持一个高压异常,而乌拉尔阻塞高压的生成、维持和崩溃过程又与东亚天气、气候的异常有着密切的关系^[16~18],深入探讨东亚环流异常与外强迫因子海温异常的关系,对认识极端天气气候事件发生发展的成因机理是十分重要的。

本文探讨ENSO气候背景下,我国南方降雪异常年以及2008年1月我国南方出现异常降雪的东亚大气环流特征与大气外强迫因子海温异常的关系,重点探讨冬季我国南方降雪(水)异常多年的东亚大气环流对全球关键海温区异常海温的响应及可能机理。

2 资料

采用NCEP/NCAR提供的全球1954年1月

~2008 年 2 月的月平均 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 格点风场、高度场、温度场和同期月平均 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 格点海表温度 (SST) 的再分析资料, 以及由国家气候中心提供的冬季中国月平均降雪和南方多雪年、少雪年的资料, 气候态为 1968~1996 年的平均值。

3 中国南方多雪年海温及环流异常特征

3.1 多雪年海温异常特征

根据国家气候中心提供的近 50 年我国南方地区降雪资料及美国气候预测中心网^[19]给出的逐年海温距平值, 我们对赤道中东太平洋海温距平大于 1.6°C (El Niño 事件) 或小于 -1.6°C (La Niña 事件) 的典型年份与历史上我国南方降雪偏多或偏少年进行统计分析发现, El Niño 背景下南方多雪有 1963、1968 和 1976 年, 少雪有 1972、1982、1987、1991 和 1997 年; La Niña 背景下南方多雪有 1954、1956 和 1983 年, 少雪有 1970、

1973、1975、1988 和 1999 年。这表明 La Niña 或 El Niño 气候背景下, 冬季我国南方降雪可能多也可能少, 因此我们进一步探讨 La Niña 或 El Niño 气候背景下, 南方降雪多寡与其他海域海温异常的关系及可能机理。图 1 是上述 4 种类型的初冬季节 (12 月和次年 1 月平均) SST 距平合成。分析发现, La Niña 或 El Niño 气候背景下, 冬季我国南方降雪可能多也可能少, 但 La Niña 或 El Niño 强度偏强, 即赤道东太平洋海温距平绝对值大于 1.5 (见图 1a 和 b), 我国南方降雪相对少; La Niña 或 El Niño 强度偏弱, 即赤道东太平洋海温距平绝对值小于 1 (见图 1c 和 d), 我国南方降雪相对多。这说明我国南方降雪多寡除了与赤道东太平洋海温异常有关, 还可能受其他海域海温异常影响。本文重点探讨我国南方降雪偏多年海温异常特征。图 1c 和 1d 分别是 La Niña 和 El Niño 事件背景下多雪年的情况: 图中最显著的特点是北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 附近以及赤道印度洋海域、我国南海和东海海域海温存在信

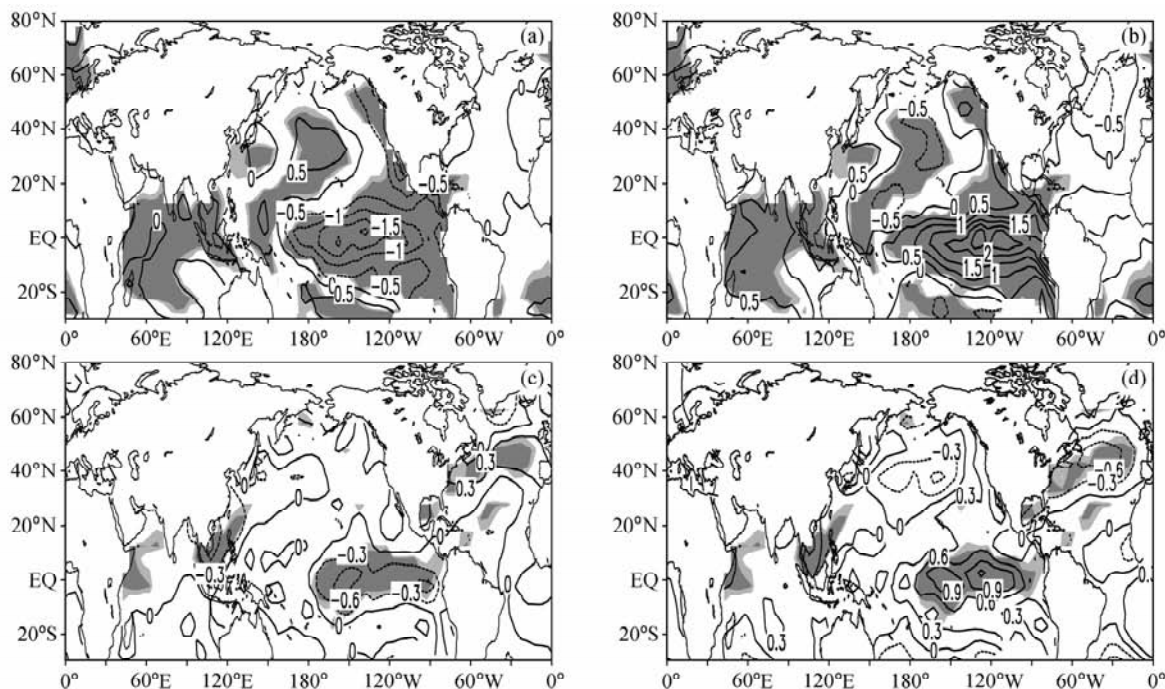


图 1 初冬 (12 月和次年 1 月平均) 海表温度距平合成 (单位: $^{\circ}\text{C}$): (a) La Niña 少雪年; (b) El Niño 少雪年; (c) La Niña 多雪年; (d) El Niño 多雪年。实线为正异常, 虚线为负异常; 浅和深的阴影区分别代表信度水平超过 90% 和 95% 的区域

Fig. 1 Composite SSTA (units: $^{\circ}\text{C}$) in early winter (averaged from Dec to the following Jan): (a) less snow over southern China during La Niña years; (b) less snow over southern China during El Niño years; (c) heavy snow over southern China during La Niña years; (d) heavy snow over southern China during El Niño years. Solid and dashed lines indicate the positive and negative anomaly. Light and dark shadings denote regions above 90% and 95% significance levels, respectively

度水平分别超过 90% 和 95% 的异常。进一步分析发现, La Niña (El Niño) 气候背景下, 北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 附近海温为正 (负) 异常, 印度洋海域、我国南海和东海海域的海温为负 (正) 异常, 这说明北大西洋中纬度附近以及赤道印度洋、我国南海和东海海域海温异常对我国南方降雪可能有重要作用。La Niña 与 El Niño 气候背景下少雪年 (见图 1a 和 1b), 北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 温度异常没有达到信度检验, 表明冬季北大西洋 SSTa 对南方多雪可能有重要作用。

3.2 多雪年亚洲中高纬环流与北大西洋中纬海温关系

上节分析已指出, La Niña 和 El Niño 气候背景下南方多雪年, 北大西洋中纬度地区 SST 分别为正异常 (图 1c) 和负异常 (图 1d), 为什么北大西洋中纬度 SST 正、负异常都造成我国南方降雪偏多? 我们进一步探讨北大西洋中纬 SSTa 对亚洲环流的影响。根据图 1c 和 1d 所示的北大西洋中纬度地区通过显著性检验的海温区, 对区域平均的冬季 (1 月) SST 建立逐年变化序列, 把海温时间序列与同期 500 hPa 位势高度距平场进行回归。从图 2 可见, 500 hPa 位势高度距平场的回归系数沿着北半球中高纬度, 自北大西洋向东呈现为 “+” “-” “+” 的类似波列的异常分布, 亚洲叶尼塞河 (55°N , 90°E) 附近出现正异常中心, 说明冬季北大西洋 (45°N , 30°W) 附近海温距平为正 (负) 时, 500 hPa 位势高度场上亚洲叶尼塞地区出现正 (负) 中心。Li^[15] 的数值实验和理论研究结果已指出, 冬季大西洋西北部出现正海温外源强迫时, 可通过上层一个类似波列的高度异常中心影响到下游地区, 有利于乌拉尔区产生一个正的高度异常。本文的海温强迫区 (45°N , 30°W) 比 Li 关注的强迫区偏东, 对应出现的高度正距平也从乌拉尔地区向东移至叶尼塞河附近, 这说明上游地区海温外强迫作用, 确实可产生一个类似波列作用向下游地区传播。

图 3 反映了 La Niña 或 El Niño 背景下南方多雪年 500 hPa 高度场亚洲大气环流特征。从图 3a 可见, 500 hPa 高度距平场上中高纬地区自北大西洋向东出现了 “+” “-” “+” 距平分布, 亚洲中高纬叶尼塞河附近为正异常中心, 表明叶尼塞地区出现阻塞高压型, 这一特征在南方大雪年的

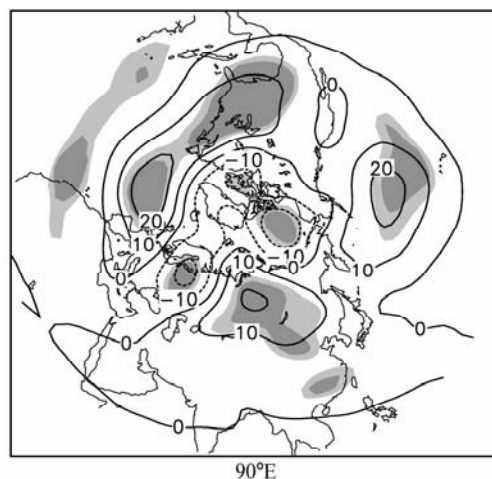


图 2 1954~2008 年冬季 (1 月) 北大西洋中纬度海表温度回归的 500 hPa 位势高度距平 (单位: dagpm)。浅和深的阴影区分别代表回归信度水平超过 90% 和 95% 的区域

Fig. 2 Regressed pattern of 500 hPa geopotential height anomalies (units: gpm) onto the SSTa over middle-latitude of Northern Atlantic in Jan during 1954–2008. Light and dark shadings denote the regions above 90% and 95% significance levels, respectively

1954 年冬季环流场上也表现的十分显著 (图略)。图 3b 是 El Niño 多雪年情况, 亚洲中高纬叶尼塞地区高度距平为负异常, 表明叶尼塞地区没有出现阻塞形势。合成结果与冬季北大西洋中纬度海表温度回归得到的 500 hPa 位势高度场一致, 说明亚洲中高纬环流与北大西洋中纬度附近海温的关系具有统计学意义。

综上所述, La Niña (El Niño) 气候背景下南方多雪年的北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 附近海温为正 (负) 异常, 有利亚洲中高纬叶尼塞地区位势高度出现正 (负) 异常。

为了探讨亚洲中高纬环流异常与东亚冬季风环流的关系, 图 4a 和 4b 给出 La Niña、El Niño 气候背景下南方多雪年冬季 (1 月) 850 hPa 位势高度距平场及风距平场合成。图 4a 清楚可见, 大西洋与欧亚大陆高纬度地区分别出现气旋与反气旋性环流, 气旋性的中心位于北大西洋高纬度地区, 反气旋性的高压中心位于亚洲大陆 (60°N , 90°E) 的高纬度地区。上述系统之间的西风距平向东扩展, 至 50°E 附近与中纬度的偏南风距平耦合在一起向北, 有利叶尼塞阻高的形成^[20]。亚洲大陆中高纬叶尼塞地区呈现反气旋性的距平环流和高度场的正距平中心, 使得我国东部沿海出现

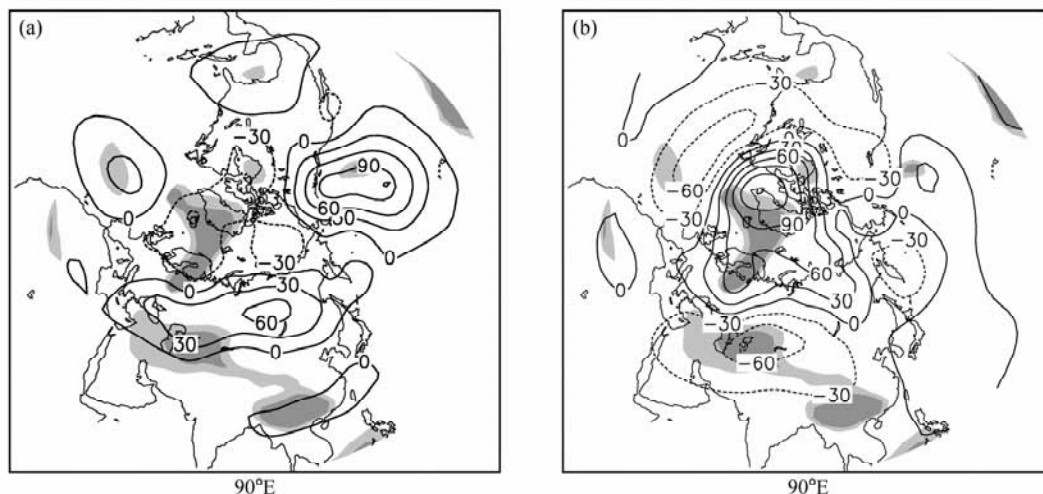


图3 冬季(1月)500 hPa高度距平成(单位: gpm): (a) La Niña多雪年; (b) El Niño多雪年。浅和深的阴影区分别代表合成信度水平超过90%和95%的区域

Fig. 3 Composite 500 hPa geopotential height anomalies (units: dagpm) in Jan: (a) heavy snow over southern China during La Niña years; (b) heavy snow over southern China during El Niño years. Solid and dashed lines indicate the positive and negative anomaly. Light and dark shadings denote regions above 90% and 95% significance levels, respectively

偏北风距平,东亚冬季风环流强。图4b是El Niño多雪年合成,北大西洋与欧亚大陆高纬度地区环流特征与La Niña多雪年基本相反,北大西洋中高纬为反气旋性环流,亚洲大陆高纬度地区为气旋性环流,这种配置不利于叶尼塞阻高形成。亚洲大陆中高纬叶尼塞地区呈现气旋性距平环流和高度场的负距平中心,使得东亚沿海地区出现偏南风距平,东亚冬季风环流弱,这与陶诗言等^[8]的研究结果一致。可见,东亚冬季风环流加强(减弱)与亚洲中高纬叶尼塞地区位势高度正(负)异常密切相关。

综上所述,La Niña气候背景下我国南方多雪年亚洲中高纬环流的主要特征是:叶尼塞地区出现阻塞高压,有利于来自亚洲大陆中高纬的强冷空气入侵到我国南方地区,降雪区冷空气强与叶尼塞地区阻塞形势的建立维持以及北大西洋中纬度(45°N, 30°W)附近海温正异常有关。El Niño背景下我国南方多雪年亚洲中高纬环流主要特征是:叶尼塞地区位势高度场呈现负距平(图3b),没出现阻塞型,东亚冬季风强度弱,偏东北气流与来自低纬的偏西南气流在我国南方地区形成气旋性环流(图4b),降雪区冷空气偏弱,与叶尼塞地区无阻塞型及北大西洋中纬度(45°N, 30°W)附近海温负异常有关。

3.3 多雪年东亚低纬环流与印度洋、南海、东海海域海温异常关系

我国南方降雪(水)事件的发生发展除了与中高纬环流有关,同时还受低纬环流影响。分析已指出,亚洲中高纬环流异常与北大西洋中纬度SSTA密切相关。因此我们进一步探讨南方多雪年低纬环流异常特征。

把冬季(1月)SST相关区进行区域平均得到逐年变化并与同期850 hPa的 u 、 v 风场回归,图5是冬季海温序列与同期850 hPa风场的回归系数。由图可见,达到信度的经向风回归显著区位于我国东南沿海一带(阴影区),达到信度的纬向风回归显著区出现在孟加拉湾附近(图略)。这表明冬季赤道印度洋、南海、东海海温为正(负)异常时,我国东南沿海偏南风距平加强(减弱),其物理意义是:海陆温度梯度加大及热带一副热带间SSTA的这种分布有利于孟加拉湾至我国东南沿岸形成西—西南距平风气流。这与吴国雄等^[21]的理论研究和数值实验结果一致。合成分析结果也清楚反映了上述关系,即冬季赤道印度洋、我国南海和东海海域SST出现负异常(见图1c),我国东南沿海出现偏北风距平(见图4a);冬季赤道印度洋、我国南海和东海海域SST出现正异常(见图1d),我国东南沿海地区出现偏南风距平(图4b),表明南方多雪年东亚低纬环流异常与印

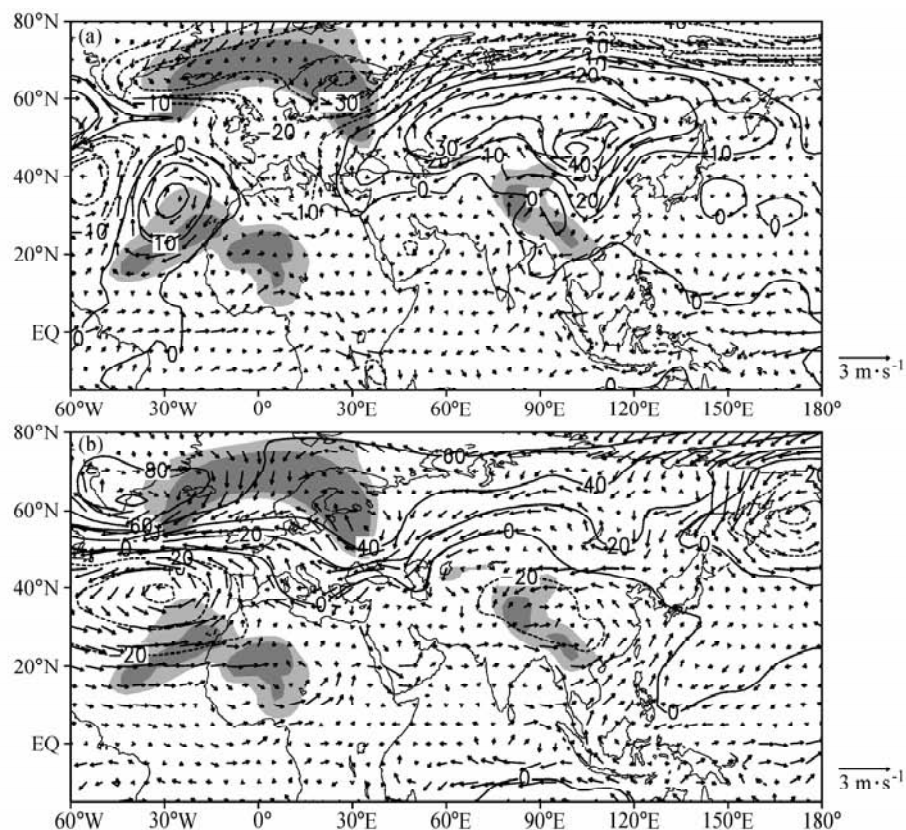


图4 冬季(1月)850 hPa高度距平(等值线,单位:gpm)和风场距平(矢量)合成(a)La Niña多雪年;(b)El Niño多雪年。浅和深的阴影区分别代表合成信度水平超过90%和95%的区域

Fig. 4 Composite 850 hPa geopotential height anomalies (contour, units: gpm) and wind anomalies at 850 hPa in Jan; (a) heavy snow over southern China during La Niña years; (b) heavy snow over southern China during El Niño years. Solid and dashed lines indicate the positive and negative anomaly. Light and dark shadings denote regions above 90% and 95% significance levels, respectively

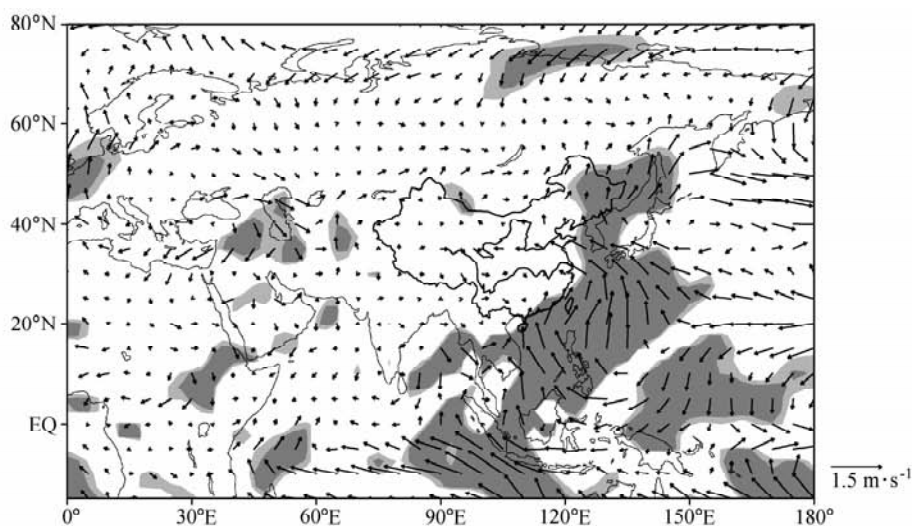


图5 1954~2008年冬季(1月)赤道印度洋、我国南海和东海海表温度回归的850 hPa风场(矢量代表 u 、 v 风场的回归系数)。浅和深的阴影区分别代表回归信度水平超过90%和95%的区域

Fig. 5 Regressed pattern of wind anomalies at 850 hPa onto the SSTa over equatorial Indian Ocean-South China Sea-East China Sea in Jan during 1954-2008. Light and dark shadings denote the regions above 90% and 95% significance levels, respectively

度洋、我国南海和东海海域海温异常有关。

为了进一步了解 La Niña、El Niño 气候背景下, 南方多雪年冷空气变化特征, 图 6a 和 6b 分别给出 La Niña、El Niño 气候背景下我国南方多雪年冬季 (1 月) 1 000 hPa 温度距平合成。La Niña、El Niño 多雪年, 我国南方地区 (30°N 以南), 温度距平分别达到 $-1 \sim -3^{\circ}\text{C}$ 和 0°C 以上。

上述回归与合成分析都表明, 冬季 500 hPa 亚洲中高纬叶尼塞地区位势高度场出现正 (负) 异常, 东亚冬季风强度加强 (减弱), 我国南方降

雪区冷空气强 (弱) 与冬季 (1 月) 北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 附近海温正 (负) 异常有关; 冬季 850 hPa 我国东南沿海地区偏南 (北) 风距平与赤道印度洋、我国南海和东海海域的 SST 正 (负) 异常有关。La Niña 气候背景下我国南方雨雪天气主要受冷气团控制, 降雪伴随着低温与北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 附近海温正异常以及赤道印度洋、我国南海和东海海域海温负异常有关; El Niño 背景下的多雪年, 南方雨雪天气主要受暖气团控制, 降雪发生的同时降温不明显与北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 附近海温负异常

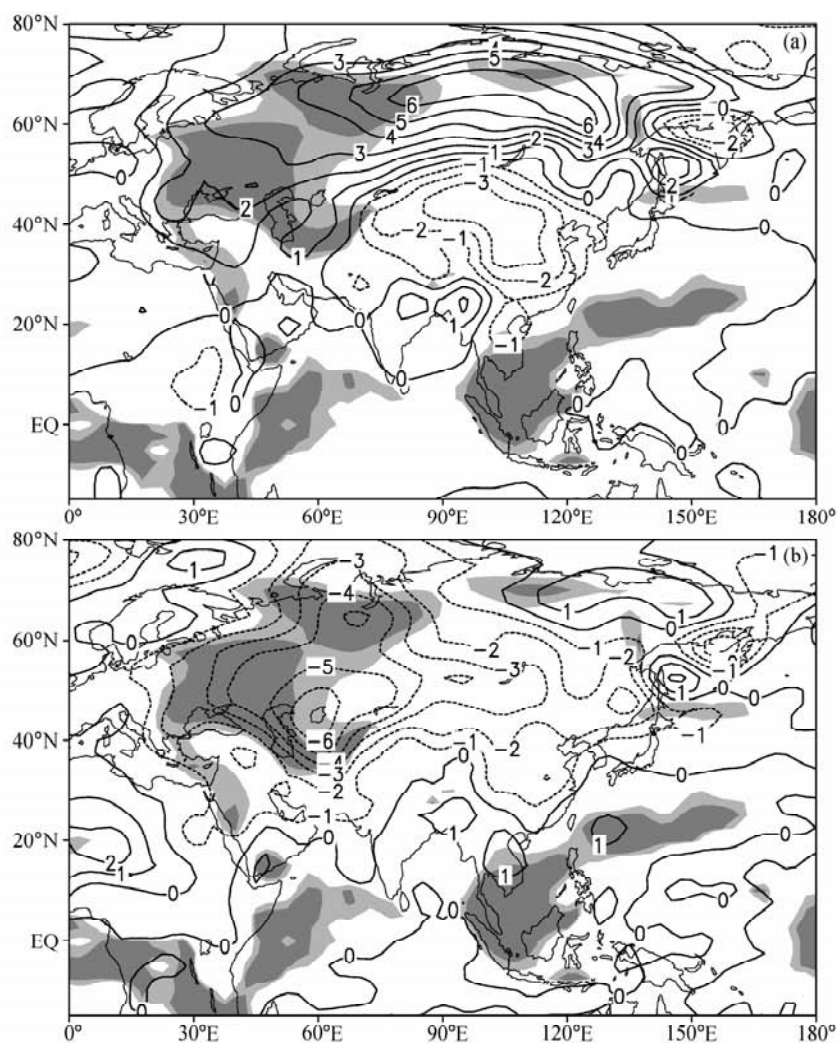


图 6 冬季 (1 月) 1 000 hPa 温度距平合成 (单位: $^{\circ}\text{C}$): (a) La Niña 多雪年; (b) El Niño 多雪年。浅和深的阴影区分别代表合成信度水平超过 90% 和 95% 的区域

Fig. 6 Composite temperature anomalies over 1 000 hPa (units: $^{\circ}\text{C}$) in Jan: (a) heavy snow over southern China during La Niña years; (b) heavy snow over southern China during El Niño years. Solid and dashed lines indicate the positive and negative anomaly. Light and dark shadings denote regions above 90% and 95% significance levels, respectively

以及赤道印度洋、我国南海和东海的海温出现正异常有关。

4 2008 年 1 月南方雨雪冰冻天气的海温、环流特征

图 7 给出 2008 年 1 月海温、大气要素的距平

场分布, 海温是 1 月 1~31 日的平均, 大气要素是 1 月 10~30 日的平均。从图 7a 海温距平分布可见: 赤道中东太平洋为负距平, 说明 2008 年 1 月我国南方雨雪冰冻灾害发生在 La Niña 气候背景下, 北大西洋中纬度 SST 为正异常, 区域平均的温度距平达 1.5 个标准差 (图略), 赤道印度洋、我国南海和东海海域海温出现正异常。图 7b

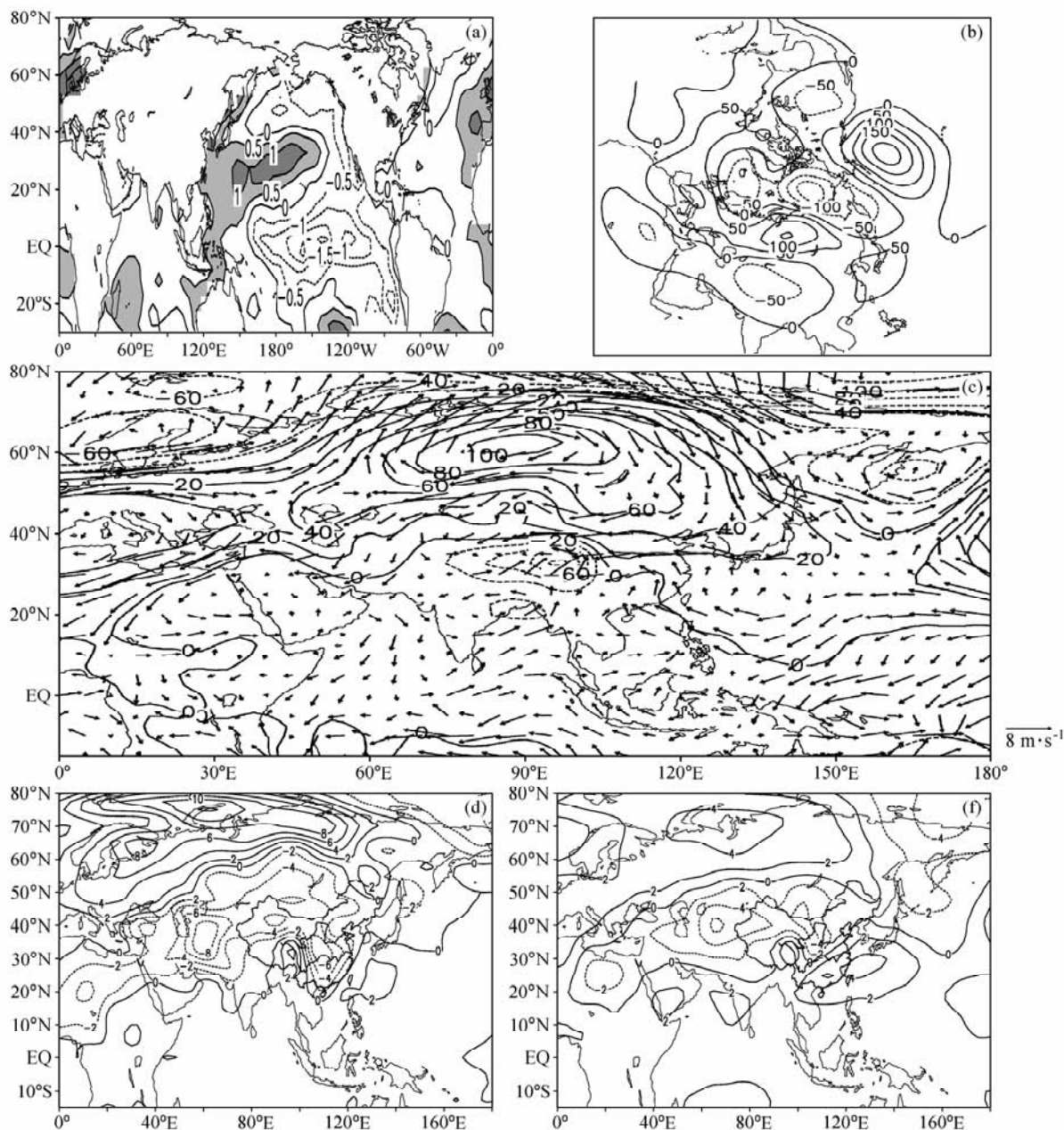


图 7 2008 年 1 月环流异常: (a) 海表温度距平; (b) 500 hPa 位势高度距平; (c) 850 hPa 风场及位势高度距平 (等值线); (d) 1 000 hPa 温度距平; (e) 700 hPa 温度距平

Fig. 7 Anomalous characters in Jan 2008: (a) SSTA; (b) 500 hPa geopotential height anomaly; (c) 850 hPa geopotential height anomaly (contour) and wind anomaly; (d) temperature anomaly over 1 000 hPa; (e) temperature anomaly over 700 hPa

是 500 hPa 位势高度距平场, 北半球中高纬度从北大西洋向东南出现“+”“-”“+”的波列, 亚洲中高纬叶尼塞地区 (90°E 附近) 出现大于 100 dagpm 的正距平, 说明该地区阻塞高压异常强。图 7c 是 850 hPa 高度上的风场距平, 东亚沿海中高纬地区的偏北风距平气流来自于亚洲大陆高纬地区, 冷空气偏强, 我国东南沿海地区上空出现偏南风距平。图 7d 是低层 (1 000 hPa) 温度距平, 我国南方大部分地区低层 (1 000 hPa) 出现温度负距平, 负距平中心值达到 -6°C 。图 7e 是中层 (700 hPa) 温度距平, 我国南方地区 700 hPa 上空出现了 2°C 的逆温层。分析指出, 我国南方地区 700 hPa 上空暖盖的出现 (见图 7e), 可能是 850 hPa 上空东亚中高纬度强冷空气南下过程中, 下沉运动使得我国东南沿海地区上空西南风和东南风距平 (见图 7c) 向我国南方地区输送的大量暖湿气流向上抬升, 造成我国南方地区中层 (700 hPa) 温度偏高。

由上可见, 2008 年 1 月我国南方雨雪冰冻灾害处于 La Niña 气候背景下, 但与 La Niña 气候背景下我国南方多雪年海温异常特征不同的是: 北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 海温正异常超过 1.5 个标准差 (图略), 赤道印度洋、我国南海和东海海域海温为正异常; 受北大西洋中纬度海温正异常影响, 亚洲中高纬叶尼塞地区 (90°E 附近) 出现大于 100 dagpm 的正距平, 阻塞高压异常强, 东亚冬季风环流强, 入侵我国南方地区的偏北冷空气强; 我国东南沿海地区上空出现西南、东南风距平与赤道印度洋、我国南海和东海海温正异常有关; 大量的暖气团与异常强的冷空气在我国南方交汇, 造成中层 (700 hPa) 出现逆温, 低层 (1 000 hPa) 出现冻雨。可见 2008 年 1 月我国南方雨雪冰冻灾害的发生与北大西洋中纬度以及赤道印度洋、我国南海和东海海域的海温出现强的正异常有关。

5 结论与讨论

本文重点探讨了 La Niña、El Niño 气候背景下, 冬季我国南方降雪 (雨) 偏多年以及 2008 年 1 月南方大雪年的亚洲环流对北大西洋中纬度、赤道印度洋、我国南海和东海海温异常的响应。

主要结论如下:

(1) La Niña 背景下我国南方多雪年亚洲大气环流的主要特征: 500 hPa 亚洲中高纬叶尼塞地区阻塞高压加强, 东亚冬季风强; 850 hPa 东亚大陆沿海低纬地区出现偏北风距平 (暖湿气流相对弱), 南方多雪、低温天气主要受冷气团控制, 这与北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 附近海温正异常以及赤道印度洋、我国南海和东海地区的海温负异常有关。

(2) El Niño 背景下我国南方多雪年亚洲大气环流主要特征: 500 hPa 亚洲中高纬叶尼塞地区位势高度为负距平, 没有出现阻塞型, 东亚冬季风环流弱; 850 hPa 东亚大陆沿海地区出现偏南风距平 (暖湿气流相对强); 南方多雪、温度相对偏高的雨雪天气与暖气团控制有关, 这与北大西洋中纬度海温出现负异常, 赤道印度洋、我国南海和东海海域的海温正异常有关;

(3) 2008 年 1 月处于 La Niña 气候背景下, 500 hPa 亚洲中高纬度叶尼塞地区 (90°E 附近) 出现大于 100 dagpm 的异常正距平, 阻塞高压强而稳定, 东亚冬季风环流强, 亚洲高纬的强冷空气与来自东南沿海上空大量异常强大的暖气团交汇于我国南方, 700 hPa 出现逆温, 地面温度低, 降水至低层变为冻雨。2008 年 1 月我国南方低温雨雪冰冻天气的形成与北大西洋中纬度以及赤道印度洋、我国南海和东海附近海温出现正异常有关。

(4) 回归分析指出, 冬季 500 hPa 亚洲中高纬叶尼塞地区 (90°E 附近) 的位势高度变化与北大西洋中纬度 (45°N , 30°W) 附近海温存在显著正相关; 冬季 850 hPa 东亚大陆东南沿海地区经向距平风的变化与赤道印度洋、我国南海和东海地区的海温变化有显著的正相关。

需要指出的是, 2008 年 1 月赤道印度洋、我国南海和东海海域海温正异常与 La Niña 气候背景下南方多雪年海温的负异常有明显不同, 理论和模式结果都表明, 赤道印度洋、我国南海和东海海温正异常有利暖湿气流加强。然而 La Niña 事件气候背景下, 赤道印度洋、我国南海和东海海温出现正异常的原因并不清楚, 需要进一步探讨。我国南方多雪 (雨) 年环流异常与海温关系, 仅表明海温异常造成大气环流本身固有形态的位

移或幅度异常的变化^[11,13]。除了海温关键区的外强迫作用外, 大气环流内动力过程自身的演变及其与其他外强迫因子间的关系没有进行研究。极端天气气候事件的发生发展是大气—海洋相互作用的物理过程变化, 因此需要进一步深入探讨此时大气—海洋相互作用的物理过程。

参考文献 (References)

- [1] 王遵娅, 张强, 陈峪, 等. 2008 年初我国低温雨雪冰冻灾害的气候特征. 气候变化研究进展, 2008, **4** (2): 63~67
Wang Zunya, Zhang Qiang, Chen Yu, et al. Characters of meteorological disasters caused by the extreme synoptic process in early 2008 over China. *Advances in Climate Change Research* (in Chinese), 2008, **4** (2): 63~67
- [2] http://www.2008red.com/member_pic_420/files/qymx56/html/article_5996_1.shtml
- [3] 吴乃庚, 林良勋, 李天然, 等. 2008 年初广东罕见低温雨雪冰冻天气的成因初探. 广东气象, 2008, **30** (1): 4~7
Wu Naigeng, Lin Liangxun, Li Tianran, et al. Causality analysis of the cryogenic freezing rain and snow weather in Guangdong province at the beginning of 2008. *Guangdong Meteorology* (in Chinese), 2008, **30** (1): 4~7
- [4] http://www.cma.gov.cn/nrc/2008_2_news/
- [5] Horel J D, Wallace J M. Planetary atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, **109**: 813~829
- [6] Blackmon M L, Geisler J E, Pitcher E J. A general circulation model study of January climate anomaly patterns associated with interannual variation of equatorial sea surface temperatures. *J. Atmos. Sci.*, 1983, **40**: 1410~1425
- [7] 陈烈庭. 阿拉伯海—南海海温距平纬向差异对长江中下游降水的影响. 大气科学, 1991, **15** (1): 33~42
Chen Lieting. Effect of zonal difference of sea surface temperature anomalies in the Arabian Sea and the South China Sea on summer rainfall over the Yangtze River. *Scientia Atmospherica Sinica* (in Chinese), 1991, **15** (1): 33~42
- [8] 陶诗言, 张庆云. 亚洲冬夏季风对 ENSO 事件的响应. 大气科学, 1998, **22** (4): 399~407
Tao Shiyun, Zhang Qingyun. Response of the Asian winter and summer monsoon to ENSO events. *Scientia Atmospherica Sinica* (in Chinese), 1998, **22** (4): 399~407
- [9] Frankignoul C, Hasselmann K. Stochastic climate models. Part II. Application to sea-surface temperature anomalies and thermocline variability. *Tellus*, 1977, **29**: 289~305
- [10] Frankignoul C, Reynolds R W. Testing a dynamical model for midlatitude sea surface temperature anomalies. *J. Phys. Oceanogr.*, 1983, **13**: 1131~1145
- [11] Junge M M, Haine T W N. Mechanisms of North Atlantic wintertime sea surface temperature anomalies. *J. Climate*, 2001, **14**: 4560~4572
- [12] Frankignoul C. Sea surface temperature anomalies, planetary waves and air-sea feedback in the middle latitudes. *Rev. Geophys.*, 1985, **23**: 357~390
- [13] Kushnir Y, Robinson W A, Blade I, et al. Atmospheric GCM response to extratropical SST anomalies: Synthesis and evaluation. *J. Climate*, 2002, **15** (16): 2233~2256
- [14] Palmer T N, Sun Zhaobo. A modeling and observational study of the relationship between sea surface temperature in the north-west Atlantic and the atmospheric general circulation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 1985, **111**: 947~975
- [15] Li Shuanglin. Impact of Northwest Atlantic SST anomalies on the circulation over the Baikal Mountains during early winter. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2004, **82** (4): 971~988
- [16] 归佩兰. 贝加尔湖高压出现时东亚大范围环流图. 气象学报, 1956, **27** (1): 25~35
Gui Peilan. The large-scale circulation over east Asian during Baikal high pressure period. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1956, **27** (1): 25~35
- [17] 叶笃正, 陶诗言, 朱抱真, 等. 北半球冬季阻塞形势的研究. 北京: 科学出版社, 1962. 220
Ye Duzheng, Tao Shiyun, Zhu Baozhen, et al. *The Study on Wintertime Blocking Pattern of the Northern Hemisphere*. Beijing: Science Press, 1962. 220
- [18] 任广成. 12 月贝加尔湖阻塞形势的建立与亚洲地区大气环流及蒙古高压强度变化的关系. 大气科学, 1993, **17** (6): 713~720
Ren Guangcheng. The relationship between the establishment of Baikal Blocking pattern and its downstream asia and the variation of high in December. *Scientia Atmospherica Sinica* (in Chinese), 1993, **17** (6): 713~720
- [19] <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
- [20] 徐祥德, 高守亭. 外源强迫与波流作用动力学原理. 北京: 海洋出版社, 1999. 216~225
Xu Xiangde, Gao Shouting. *Forcings and Dynamics of Wave-Mean Flow Interaction* (in Chinese). Beijing: China Ocean Press, 1999. 216~225
- [21] 吴国雄, 丑纪范, 刘屹岷, 等. 副热带高压形成和变异的动力学问题. 北京: 科学出版社, 2002. 163~175
Wu Guoxiong, Chou Jifan, Liu Yimin, et al. *Dynamics of the Formation and Variation of Subtropical Anticyclone* (in Chinese). Beijing: Science Press, 2002. 163~175