

达尔文气压变化与蒙古东北部降水的关系研究

王会军

中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

摘 要 达尔文港是气象工作者非常熟悉的地名, 因为南方涛动就是由达尔文和塔希提岛两个站的气压之差来定义的, 达尔文港的气压 (DP) 可以代表澳大利亚北部海洋性大陆地区的气压。因此, 作者的研究目的就是揭示该区域气压系统的变化与蒙古东北部降水的关系。结果表明, DP 的正位相和区域低层大气辐散、高层大气辐合环流相关连, 在亚洲对流层上层是异常西南风, 对流层下层是异常偏北风, 东亚季风减弱, 在蒙古东北部地区的异常风为西北向, 即, 由内陆地区吹向西北太平洋地区, 这意味着水汽由海洋向蒙古地区的输送减弱了, 从而造成了降水的减少。反之亦然。

关键词 根据树轮恢复的降水 达尔文站气压 大气环流

文章编号 1006-9895 (2006) 05-0753-06

中图分类号 P426

文献标识码 A

Signals of Darwin Atmospheric Pressure in the Tree-Ring Recorded Northeastern Mongolia Precipitation

WANG Hui-Jun

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

Abstract Port Darwin is a well-known place name for meteorologists, because the Southern Oscillation is usually defined as the atmospheric pressure difference between Tahiti and Port Darwin, indicating the phenomenon of so-called Walker circulation. The atmospheric pressure in Port Darwin may well represent the air mass system in northern Australia and the maritime continent. Thus the current study aims at examining the signals of the pressure in northern Australia and the maritime continent, which is represented by the Darwin pressure, in the long-term tree-ring reconstructed northeastern Mongolia precipitation. The results show that positive phase of Darwin pressure (DP) is associated with low-level divergence and high-level convergence circulations in the region, and the anomalous southwesterly flow in the high troposphere and anomalous north winds in Asia, indicating the weakening of the East Asian monsoon circulation. In northeastern Mongolia, the low-level wind anomalies are northwestward from the inland region to the northwestern Pacific, denoting the decrease of the water vapor transport from the ocean to the inland region, thus reducing the precipitation in northeastern Mongolia, and vice versa.

Key words tree-ring reconstructed precipitation, Darwin atmospheric pressure, atmospheric general circulation

1 引言

蒙古位于干旱、半干旱区, 气象测站稀少而且观测时间短, 所以对蒙古气候变化的了解甚少。本文

的目的就是要通过树木年轮复原的较长时间的资料来研究蒙古降水的年际变率, 并且研究它与南半球大气环流的关系及其可能的机制。Pederson 等^[1]根据树木年轮宽度资料重建了 1651~1995 年共 345

收稿日期 2006-04-14, 2006-06-15 收修定稿

资助项目 国家自然科学基金资助项目 40620130113, 中国科学院知识创新工程重要方向性项目 KZCX3-SW-221 以及中国科学院创新优秀团队项目的支持

作者简介 王会军, 男, 1964 年出生, 研究员, 研究方向: 气候动力学。E-mail: wanghj@mail.iap.ac.cn

年的蒙古东北部年降水（从前一年的 8 月到当年的 7 月）。他们的检验证实，重建的降水与器测降水资料的年际变率基本吻合。

研究表明，北半球环状模（NAM），或称北极涛动（AO），对北半球区域气候具有重要影响。Thompson 和 Wallace^[2]揭示了 AO 对北半球冬季重力位势场和温度场变化的作用；Wettstein 和 Mearns^[3]研究了 AO 对美国北部和加拿大气温平均值、变率和极值的影响。Gong 和 Ho^[4]指出了 AO 与长江流域和日本夏季季风降水的反相关关系。我们的分析发现，AO 确实也同样影响蒙古的降水变化，但是更重要的是，60°N 附近的纬向平均环流与蒙古降水的关系更加密切。

本文中，我们重点研究达尔文站气压所反映的区域气压系统的年际变化对蒙古降水的影响。一般认为，达尔文站气压和塔希提站（Tahiti）气压成负相关关系，它们之间的差异可以反映南方涛动（SO）的变化。但是，本文我们发现，是达尔文的气压变化与北半球的蒙古地区降水有密切关系，并不是南方涛动，当然也不是塔希提的气压变化。

还有一个问题涉及分析的时间问题，由于所用的降水资料是前一年的 8 月到当年的 7 月的年降水，因此，我们对大气环流的分析都集中在 4、5、6、7 月平均。

2 资料

本文使用的资料主要是 Pederson 等^[1]恢复的降水资料，树木年轮的选取地点是位于蒙古东北部的 Urgun Nars (UN)(48°34′36″N, 110°32′42″E)，海拔 1070 m，共有 16 个树木的共 33 个树芯。根据器测降水资料对恢复的降水资料作了质量检验，发现 1942~1995 年期间两个时间序列的相关系数是 0.742，说明恢复的降水资料还是相当可靠的。本文还使用了由英国 Hadley Center for Climate Prediction and Research 分析的 SLP 月平均资料（1871~1998 年），该资料具有 5°×5°的空间分辨率^[5]。北大西洋涛动指数（NAO）资料是 Hurrell^[6]计算的结果（通过 Internet 得到）。此外，美国国家大气科学研究中心和国家环境预测中心的大气再分析资料^[7]也得到了应用，其空间分辨率为 2.5°×2.5°，时间为 1949~1998 年。

3 结果

首先，我们计算了 1872~1995 年期间各月达尔文站和塔希提站气压以及 SO 指数（SOI）和蒙古降水（PRM）的相关系数（见表 1），结果表明：各月 SOI 和塔希提站气压与蒙古降水基本没有显著的相关，而达尔文气压（DP）则不同，它的 4~7 月的值基本上都与 PRM 有显著的负相关关系，4~7 月（AMJJ）平均的 DP 与 PRM 的相关系数是 -0.22，超过 95%的信度水平（样本数为 124，即 1872~1995 年）。所以，下文我们就集中分析 AMJJ 的大气环流变化，来讨论 DP 与 PRM 联系的物理背景。

我们先给出 DP 和 PRM 的变化曲线（图 1），以及各自的 5 年滑动平均的结果，可以看到 DP 和 PRM 之间的反向变化的关系，5 年滑动平均的结果似乎更清楚，反向变化的特征更加明显。

为了分析大尺度大气环流的变化，我们分析了 PRM 和 AMJJ DP 分别为正距平和负距平（标准化值大于 0.5 和小于 -0.5 的年份，分别有 14 年和 16 年，下同）的海平面气压场（SLP）组合差异的分布（图 2）。图 2a 显示与 PRM 相关连的 SLP 变化：在欧亚中高纬区 SLP 为正的差值，低纬区为负的差值。包括达尔文站在内的澳大利亚北部也为负值。这正与图 2b 显示的与 AMJJ DP 相关连的

表 1 1872~1995 年期间蒙古东北部降水 PRM 和各月的南方涛动指数、达尔文气压指数及塔希提气压（TP）指数的相关系数

Table 1 The correlation coefficients between the PRM (precipitation in Mongolia) and the monthly SOI (the Southern Oscillation index), DP (the Darwin pressure), Tahiti pressure (TP) for 1872 - 1995

	SOI	DP	TP
Jan	0.0556	-0.0342	0.0607
Feb	0.0522	0.0537	0.1333
Mar	0.0818	-0.1222	0.0052
Apr	0.0952	-0.1954	-0.0260
May	0.0124	-0.1328	-0.0765
Jun	0.0912	-0.1024	0.0464
Jul	0.2146	-0.2307	0.1287
Aug	0.0934	-0.1085	0.0456
Sep	0.1281	-0.1576	0.0641
Oct	0.1402	-0.1128	0.1079
Nov	0.1423	-0.1793	0.0501
Dec	0.0718	-0.0568	0.0590

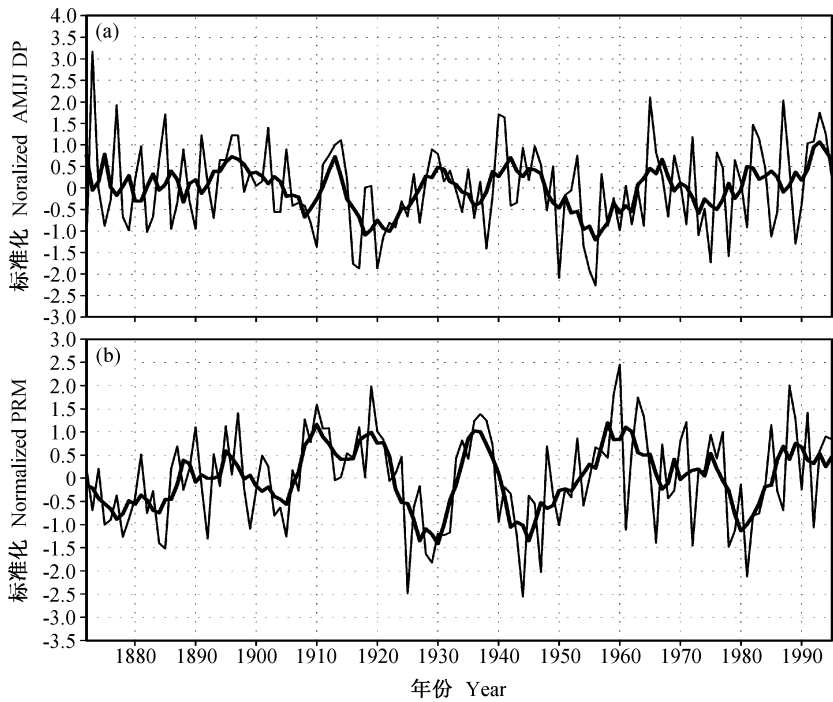


图 1 AMJJ DP (a) 和 PRM (b) 的标准化 (无量纲) 时间序列 (细实线) 及其 5 年滑动平均的结果 (粗实线)
Fig. 1 The temporal variations of the normalized (a) AMJJ DP (DP in Apr – Jul) and (b) PRM for the period of 1872 – 1995 (thin solid lines), and the 5-year running mean results (thick solid lines)

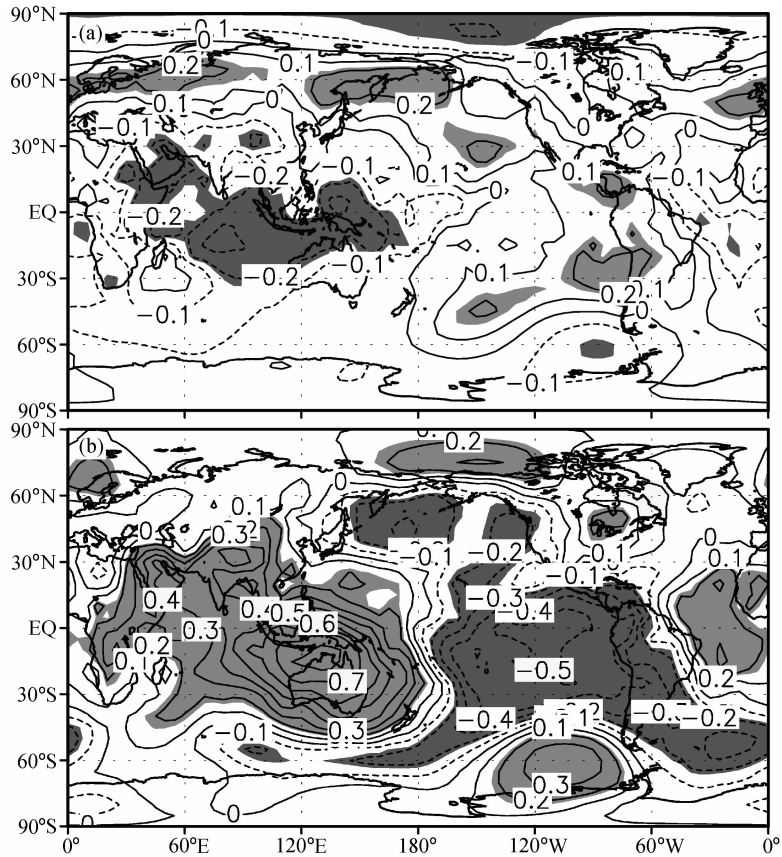


图 2 以 PRM (a, 单位: hPa) 和 AMJJ DP (b, 阴影区表示显著性超过 95% 的区域) 为参考的 SLP 组合分析的差值分布
Fig. 2 The spatial distributions of the PRM-based (a) and the AMJJ DP-based (b, areas with significant level over 95% are shaded) composite SLP (sea level pressure) differences (hPa)

SLP 变化形势大致相反,在欧亚低纬区为正值,在东北亚为负值。当然,与 DP 密切相关的还有热带东太平洋区域的负值,这是典型的南方涛动的形势。我们这里关心的是在亚洲和西太平洋的范围内 SLP 的径向分布特征,而在这一点上,图 2a 和 b 则几乎是相反的。这一点也不难理解,因为在东北亚区为正的 SLP 距平分布,而亚洲副热带和低纬区为负距平分布,会使得蒙古区处于异常东风气流控制,有利于水汽的输送和降水过程的发生。而热带西太平洋和澳大利亚北部的气压变化则是直接与 DP 的变化相联系的。

我们从图 3 的风场变化上可以进一步分析与 PRM 变化相联系的大气环流的变化,850 hPa 上的风场变化在蒙古(方框区)低空确实为异常偏东风和偏南风气流,从而由海洋向蒙古区提供更多的水汽输送。这是降水增加的一个重要原因。在澳大利

亚北部低层为异常辐合性气流,高层为异常辐散性气流。在热带中东太平洋低空和高空分别异常东风和异常西风,在北太平洋均为异常反气旋性环流。

与 DP 相联系的风场变化(见图 4)使得蒙古区低空为异常偏西偏北气流,在东亚沿岸是异常偏北气流(这也昭示着弱的东亚季风环流)。同时,在澳大利亚北部(椭圆区)为异常辐散区(因为气压是正异常),于是,东亚沿岸的异常偏北气流就成为澳大利亚北部异常辐散区的一个补偿气流,而在热带中东太平洋为异常西风,北太平洋为异常气旋性环流。而在高空澳大利亚北部是异常辐合区,在蒙古和中国东北区为异常气旋性环流。这些环流变化特征基本上都与图 3 所示的环流变化相反。这就解释了为什么 PRM 和 DP 的变化是负相关的。问题的关键在于,以 DP 为代表的澳大利亚北部气压系统的正距平可以通过大尺度大气环流的变化

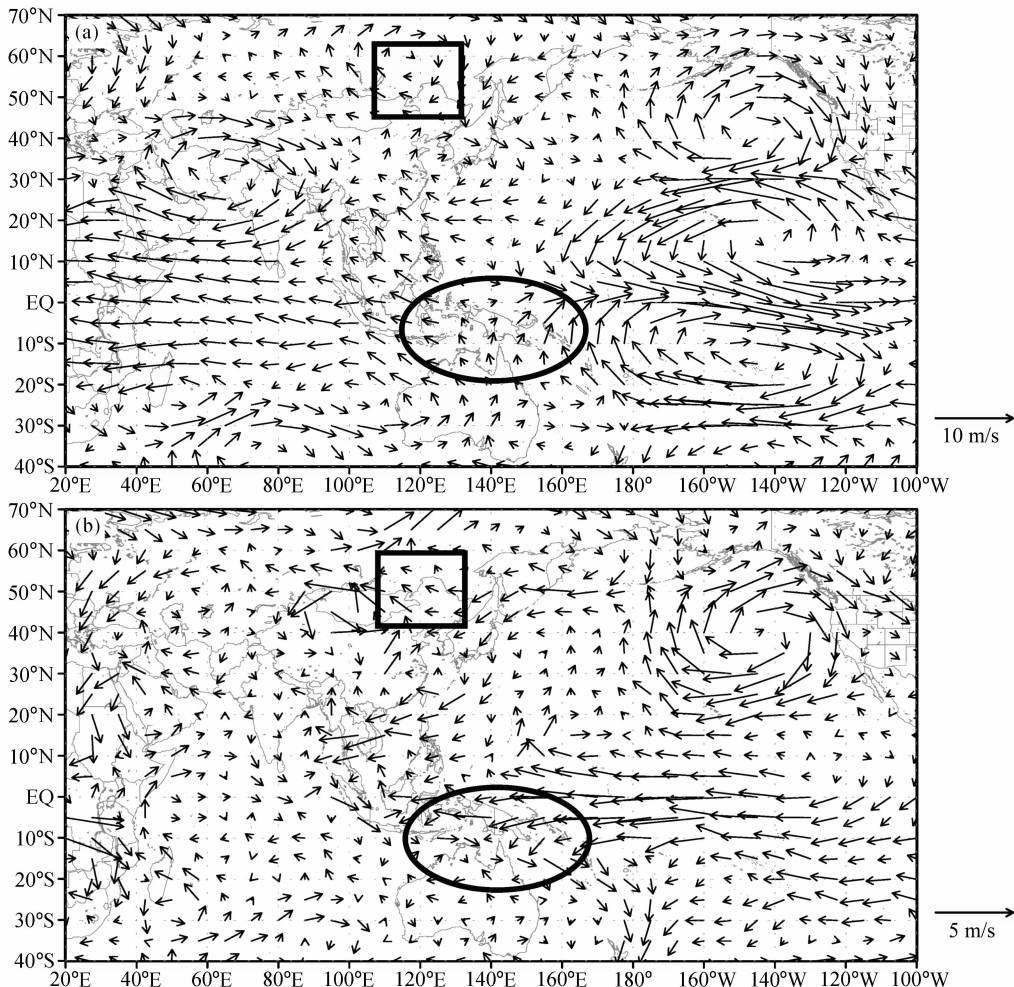


图 3 以 PRM 为参考的 150 hPa (a) 和 850 hPa (b) 风场组合分析的差值分布

Fig. 3 The spatial distributions of the PRM-based composite velocity differences at 150 hPa (a) and 850 hPa (b)

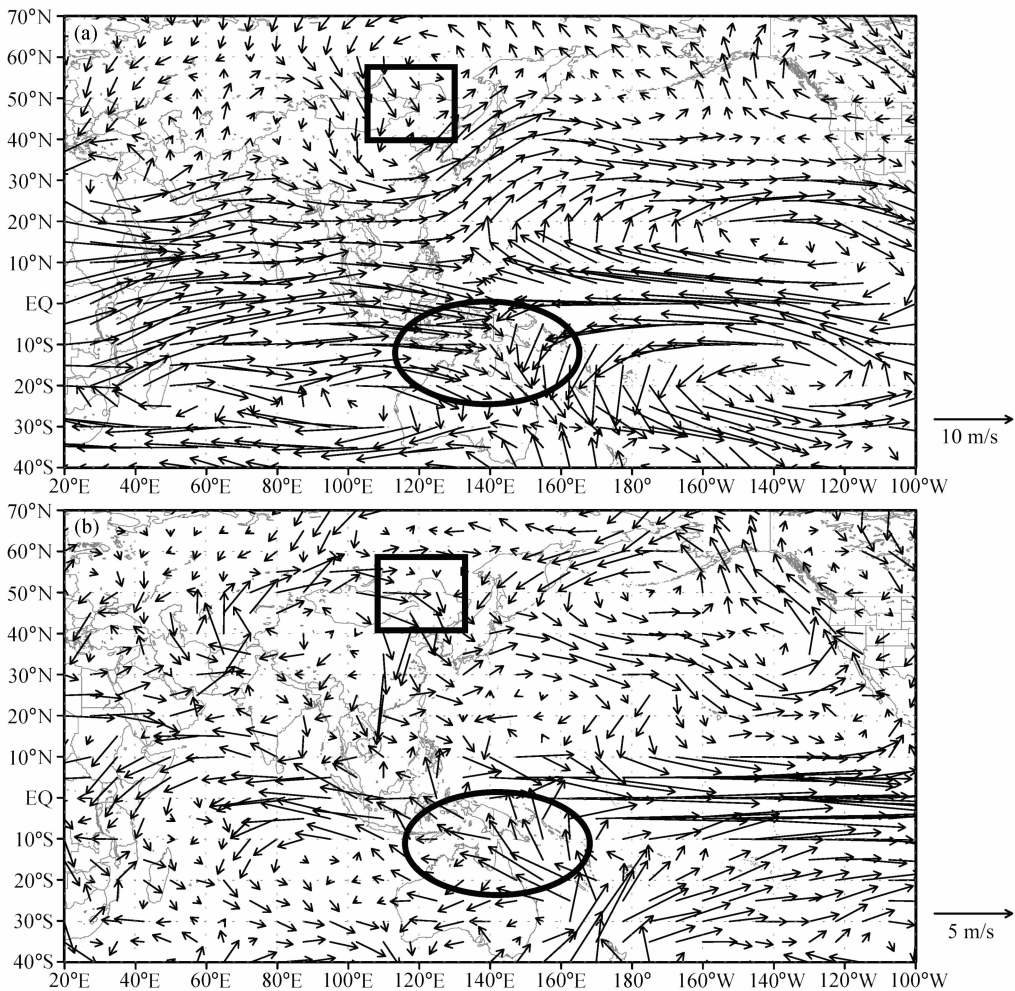


图 4 同图 3，但以 AMJJ DP 为参考

Fig. 4 Same as Fig. 3, but for the AMJJ DP-based composite velocity differences

(尤其是澳大利亚北部高层的异常辐合环流，以及在亚洲南部的异常西风气流及中国和蒙古区的异常气旋性环流)，引起中国和蒙古区低层的异常反气旋性环流和高层的异常气旋性环流，从而引起蒙古区和中国东北区低层的异常偏西和偏北气流，这不利于水汽向蒙古区的输送和产生更多的降水，反之亦然。

顺带指出，DP 的变化可以引起东亚季风环流的减弱，这也是一个非常有意义的结果，对于认识东亚季风的变化，尤其是 ENSO 如何影响东亚季风有重要启发。看来，在 ENSO 影响东亚季风的过程中澳大利亚北部和西太平洋的变化非常重要，从大气环流变化的角度看，它的影响更直接。这个发现支持了黄荣辉等^[8, 9]的结果，即强调西太平洋的暖池和对流的影响。实际上，大气环流在沿经圈方向

上的相互作用起了重要作用。

4 结语

通过以上的分析研究，发现达尔文站气压所代表的澳大利亚北部和海洋性大陆区气压系统的变化和蒙古东北部降水的变化有显著的负相关关系。基本的大气环流背景是：当达尔文气压为正异常时，该区域低空为异常辐散环流、高空为异常辐合环流。同时，在亚洲区高空为异常西南风、蒙古区为异常气旋性环流；在东亚地区低空为异常偏北风，季风环流减弱，在蒙古东北部异常气流由内陆区吹向西北太平洋区，水汽向蒙古东北部的输送减弱，从而引起蒙古东北部的降水减少。反之亦然。

该项研究是一个初步的工作，需要通过更多的资料加以佐证；利用气候模式的数值模拟结果开展

一些分析工作也是十分必要的。值得指出的是,南方涛动的变化和蒙古降水的关系并不显著,这在一定程度上说明了在 ENSO 影响东亚的过程中,西太平洋区似乎更为重要一些,也就是说,在沿经圈方向的大气环流的遥相关更为重要一些。

参考文献 (References)

- [1] Pederson N, Jacoby G C, D'Arrigo R, et al. Hydrometeorological reconstructions for northeastern Mongolia derived from tree rings: AD 1651–1995. *J. Climate*, 2001, **14**: 872~881
- [2] Thompson D W J, Wallace J M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.* 1998, **25**: 1297~1300
- [3] Wettstein J J, Mearns L O. The influence of the North Atlantic Arctic Oscillation on mean, variance, and extremes of temperature in the northeastern United States and Canada. *J. Climate*, 2002, **15**: 3586~3600
- [4] Gong D Y, Ho C H. Arctic oscillation signals in the East Asian summer monsoon. *J. Geophys. Res.*, 2003, **108** (D2), 4066, doi:10.1029/2002JD002193
- [5] Basnett T A, Parker D E. Development of the Global Mean Sea Level Pressure Data Set GMSLP2. Hadley Centre Climate Research Technical Note CRTN 79, 1997
- [6] Hurrell J W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation and relationships to regional temperature and precipitation. *Science*, 1995, **269**: 676~679
- [7] Kalnay M, Kanamitsu R, Kistler W, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1996, **77**: 437~471
- [8] 黄荣辉, 李维京. 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响极其物理机制. 大气科学, 1988, 特刊: 95~107
Huang Ronghui, Li Weijing. The effects of the thermal anomalies in the high-level atmosphere over the western Pacific on the subtropical high over East Asia and the mechanism in summer. *Chinese J. Atmos. Sci.* (*Scientific Atmospherica Sinica*) (in Chinese), 1988, Special Issue: 95~107
- [9] 黄荣辉, 臧晓云, 傅云飞. 东亚季风与 ENSO 循环相互作用. 气候与环境研究, 1996, **1**: 38~54
Huang Ronghui, Zang Xiaoyun, Fu Yunfei. The interaction between the East Asian monsoon and ENSO. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 1996, **1**: 38~54