

胡娟, 严华生. 2012. 南半球西风指数变化与中国夏季降水的关系 [J]. 气候与环境研究, 17 (2): 223 - 232, doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2011.10082. Hu Juan, Yan Huasheng. 2012. The relationship between the variation of zephyr index in the Southern Hemisphere and the rain patterns in China during summer [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 17 (2): 223 - 232.

南半球西风指数变化与中国夏季降水的关系

胡娟¹ 严华生²

1 云南省气象台, 昆明 650034

2 云南大学大气科学系, 昆明 650091

摘要 根据 NCEP/NCAR 提供的 1950~2007 年南半球 12~2 月、6~8 月 500 hPa 位势高度的月平均再分析资料, 采用合成分析方法讨论与中国夏季 3 类雨型相对应的南半球 500 hPa 距平高度场的分布特征; 运用多变量方差分析方法确定 12~2 月和 6~8 月与 3 类雨型相对应的南半球西风指数波动关键区 A; 分析关键区 A 的西风波动与中国夏季降水之间的关系; 寻找南、北半球西风相互作用影响中国夏季降水分布的可能途径。分析表明, 6~8 月与 3 类雨型相对应的南半球 500 hPa 距平高度场显示出不同的距平分布形式, 并存在显著差异区在 (35°N~50°N, 35°E~80°E)。12~2 月南半球的西风指数变化关键区 A 在 22.5°W~2.5°W, 6~8 月关键区 A 在 10°E~55°E。南半球关键区 A 的西风指数强弱变化与中国夏季降水的关系密切, 且 12~2 月南半球的西风波动对北半球夏季关键区的西风环流的变化有预测意义, 而前期南半球关键区 A 的平均西风指数与北半球夏季高度场的显著负相关区在贝加尔湖。南、北半球大气环流经向传播是两半球西风相互作用的可能途径, 前期南半球的异常西风使夏季贝加尔湖的平均槽强度变化, 进而造成北半球关键区的西风环流异常, 从而影响中国夏季雨型的分布。

关键词 西风指数 3 类雨型 显著差异关键区 A 显著相关场

文章编号 1006-9585 (2012) 02-0223-10 **中图分类号** P461 **文献标识码** A
doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2011.10082

The Relationship between the Variation of Zephyr Index in the Southern Hemisphere and the Rain Patterns in China during Summer

HU Juan¹ and YAN Huasheng²

1 *Yunnan Province Meteorological Observatory, Kunming 650034*

2 *Department of Atmospheric Science, Yunnan University, Kunming 650091*

Abstract Based on the monthly mean reanalysis data of geopotential height at 500 hPa from the NCEP/NCAR during 1950 - 2007, the characteristics of the anomaly height fields at 500 hPa from December to February and from June to August in the Southern Hemisphere corresponding to the three rain patterns in China during summer were discussed. The multivariate analysis of variance was used to find the key area A of zephyr index corresponding to the rain patterns, and the relationship between zephyr index in key area A and the precipitation during summer in China

收稿日期 2010-06-22 收到, 2012-01-15 收到修定稿

资助项目 国家自然科学基金 40565001

作者简介 胡娟, 女, 1982 年出生, 硕士, 工程师, 主要从事统计气象、气候变化及天气预报分析工作。E-mail: joanne8216@163.com

had been investigated. It was also analyzed to find an affiliation which the abnormal zephyr in the Southern Hemisphere from December to February would affect the zephyr in the Northern Hemisphere in summer, thereby impacted the distribution of rain patterns in China. According to the study, the anomaly height fields corresponding to the rain patterns exhibited different distributions, and the significant discrepancy area was in ($35^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{N}$, $35^{\circ}\text{E}-80^{\circ}\text{E}$). The key area A from December to February located in $22.5^{\circ}\text{W}-2.5^{\circ}\text{W}$, and from June to August was in $10^{\circ}\text{E}-55^{\circ}\text{E}$. The precipitation in China in summer was linked to the fluctuation of zephyr index in the key area A. The abnormality of zephyr in the Southern Hemisphere in winter could forecast the variation of zephyr in the key area in the Northern Hemisphere in summer. The significant anticorrelation area of zephyr index in the Southern Hemisphere from December to February and the height field in the Northern Hemisphere in summer distributed in Lake Baikal. The latitudinal transmit of atmospheric circulation between the Southern and the Northern Hemispheres was one of the trace of the interaction between zephyr in the Southern Hemisphere and that in the Northern Hemisphere possibly. The abnormal zephyr in the Southern Hemisphere in winter would affect the intensity of trough in Lake Baikal, with which the zephyr in the key area was abnormal in the Northern Hemisphere, thereby affecting the distribution of rain pattern in China over summer.

Key words zephyr, rain pattern, significant key area A, significant correlation field

1 引言

国内近年对中国旱涝灾害的研究为开展我国旱涝灾害气候变化和预测研究理论创新奠定了一定的基础。但由于中国旱涝气候变化是一个难度很大的问题,影响我国旱涝灾害气候变化的物理因素非常复杂,就我国目前短期气候预测的实际水平而论,还远远达不到科学上令人信服的程度,原因正在于亚洲季风气候变化的高度复杂性。尽管研究上已经有了很好的开始和一定的基础,但是距离取得突破性进展还有相当一段距离,而这方面的突破有着极大的科学意义和巨大的实际价值。

目前已有众多的学者研究了季风、东亚大气环流、青藏高原积雪、西太平洋海温等因子异常变化对中国旱涝的影响(陈烈庭和吴仁广, 1998; 金祖辉和陶诗言, 1999; 张人禾, 1999; Chen et al., 2001; 张顺利和陶诗言, 2001; 张庆云和陶诗言, 2003; 黄嘉佑等, 2004; Wu et al., 2006)。通过研究表明,中国旱涝气候变化不可能仅用 ENSO 循环就能完全解释清楚,其影响因素多且复杂,还有一些影响因素没有被我们认识;并且在中国旱涝气候变化中,一些年份以某些因素的影响为主,另一些年份又以其它因素的影响为主,其中的很多关系还没有被搞清。过去对北半球天气气候变化的研究主要是集中在研究北半球天气

系统变化的影响上,随着对中国旱涝气候的研究越来越深入,人们认识到在北半球大气环流的变化对北半球的天气气候产生影响的同时,南半球大气环流的变化也对北半球的大气环流和天气气候变化产生影响,只有综合考虑两个半球环流场的相互作用才能准确、深刻地认识环流场的变化,从而系统、完善地分析天气气候的变化。现在研究引起北半球气候变化的原因,或者引起中国气候变化的原因已追溯到南半球的大气环流变化以及南极海冰的影响。王会军和薛峰(2003)提出在研究北半球夏季气候(特别是季风区气候)变化时必须重视研究同期和前期的南半球大气环流的变化。已有研究表明,南极罗斯海区和威德尔海区海冰对我国夏季天气均具有指示意义,罗斯海区是影响我国夏季东北地区降水的海冰关键区(马丽娟等, 2006)。Xue et al. (2003) 通过研究也得到了类似的结论,指出中国东部夏季降水与南极海冰变化有密切关系。许多工作针对南极涛动和中国夏季降水的关系进行了讨论,薛峰(2005)提出当南极涛动偏强时,长江流域降水偏多,其两侧降水偏少。Nan and Li (2003) 的研究也表明春季的南极涛动与长江中下游的夏季降水有显著的正相关关系。范可(2006)分析南半球环流异常与长江中下游夏季旱涝的关系,指出春季南极涛动对长江中下游夏季旱涝的影响较夏季显著,春季正南极涛动有利于长江中下游夏季降水。南素兰和李建平(2005a, 2005b)指出春

季南半球环状模偏强，随后的夏季长江中下游地区降水容易偏多，反之降水容易偏少。对南半球大气环流与北半球季风、副热带高压等天气系统之间的关系探讨也越来越多（张元箴和王淑静，1999；李崇银和吴静波，2002；Wang and Fan, 2005），这些研究都表明南半球大气环流波动与中国的降水变化密不可分。

但是前人的研究主要集中在讨论南极涛动、越赤道气流、南极海冰变化对中国夏季降水的影响上，对表征环流异常的指数——西风指数没有系统研究，未分析南半球西风指数与中国夏季降水的关系，也没有探讨南、北半球西风之间的相互作用以及它们的传播特征。与中国夏季雨型有密切关系的南半球西风指数变化关键区在哪里？前期南半球西风异常波动对中国夏季雨型分布是否有预测作用？前期南半球西风指数与夏季北半球西风指数之间有什么关系？南、北半球的西风如何相互作用从而影响中国夏季降水的分布？针对这些问题，我们在明确了北半球西风指数与中国夏季降水关系的基础上（严华生等，2007），通过多变量方差分析和相关分析，找到 12~2 月和 6~8 月与中国夏季 3 类雨型相对应的南半球西风指数波动关键区；讨论关键区西风异常与中国夏季降水的关系；探讨两半球西风指数之间的联系。通过本工作为夏季降水预测寻找另外的关键因子，结合前人对南极海冰的研究探索海冰变化与西风异常之间的联系，为进一步研究中国降水变化的物理机制提供依据。

2 资料和方法

2.1 资料来源

采用 NCEP/NCAR 提供的 1950~2007 年（共 58 年）12~2 月、6~8 月 500 hPa 位势高度的月平均再分析资料（Kalnay et al., 1996），范围为（90°S~90°N，180°E~180°W），网格距为 2.5°（纬度）×2.5°（经度）。

全国 160 个站 1951~2007 年（共 57 年）夏季（6~8 月）的降水资料。

国家气候中心根据廖荃荪和赵振国（1992）提出的方法划分的夏季雨型资料，I 类雨型有 20 年，II 类雨型有 18 年，III 类雨型有 19 年（见表 1）。

表 1 1951~2007 夏季 3 类雨型对应年份
Table 1 The years for the three principal rain patterns in summer from 1951 to 2007

雨型	年份
I 类雨型	1953 1958 1959 1960 1961 1964 1966 1967 1973 1976 1977 1978 1981 1985 1988 1992 1994 1995 2004 2006
II 类雨型	1956 1957 1962 1963 1965 1971 1972 1975 1979 1982 1984 1989 1990 1991 2000 2003 2005 2007
III 类雨型	1951 1952 1954 1955 1968 1969 1970 1974 1980 1983 1986 1987 1993 1997 1998 1999 2001 2002

3 类雨型的分布特征：

I 类（北方型）：主要雨带位于黄河流域及其以北地区，江淮流域大范围少雨，梅雨较弱并常有较明显的伏旱，江南南部至华南为一次要多雨区。

II 类（中间型）：主要多雨带位于黄河至长江之间，雨带中心在淮河流域一带，黄河以北及长江以南大部地区少雨。

III 类（南方型）：主要多雨带位于长江流域或江南一带，淮河以北大部及东南沿海地区少雨。

2.2 分析方法

根据 Rossby 西风指数公式（Rossby, 1939）： $I_R = H_{35} - H_{55}$ （ H_{35} 表示 35°S 500 hPa 的高度值， H_{55} 表示 55°S 500 hPa 的高度值），分别计算南半球 12~2 月、6~8 月，180°E~180°W（间隔为 2.5°）共计 144 个格点上的西风指数。

根据 3 类雨型各自的年份，将 3 类雨型对应的西风指数分为 3 组样本，根据多变量方差分析方法（严华生和王学仁，1991），分别对 12~2 月和 6~8 月每个经度上的西风指数进行差异显著性检验，找到显著性检验统计量 F 值通过 0.10 及其以上显著性水平的经度区域，进行深入分析，详细分析方法见文献（严华生等，2007）。

通过显著性检验，找出 12~2 月和 6~8 月 3 类雨型各自对应的西风指数差异最大的区域，定义为南半球西风指数波动关键区 A。

利用关键区 A 的平均西风指数与中国夏季 160 个站的降水作相关分析，进而得到西风指数与降水的显著高相关区。

将 12~2 月、6~8 月南半球西风指数与北半球夏季关键区（严华生等，2007）平均西风指数作相关分析，得出与北半球关键区西风指数相关最好的南半球西风指数变化高相关区，并比较显

著相关区与关键区 A 的分布特征。

对 12~2 月南半球关键区 A 平均西风指数与夏季北半球高度场做相关, 明确南半球西风环流异常与北半球关键区西风环流异常之间的关系。

3 结果分析

3.1 3 类雨型对应的南半球环流场特征

赵振国 (1999) 分析了与中国夏季 3 类雨型相对应的北半球同期 500 hPa 高度场的环流特征, 但未曾讨论 6~8 月南半球 500 hPa 高度场的环流分布。我们采用合成分析研究 6~8 月与 3 类雨型对

应的南半球 500 hPa 高度场的分布特征 (见图 1)。

由图 1a~c 可见, 3 类雨型对应的南半球 6~8 月 500 hPa 合成高度场有明显不同的分布形势, 尤其在中高纬地区更为明显。将中纬 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 、高纬 $110^{\circ}\text{E}\sim 160^{\circ}\text{E}$ 、高纬 $120^{\circ}\text{W}\sim 160^{\circ}\text{W}$ 划分为 3 片区域, 则 3 类雨型对应不同的距平分布: I 类雨型为“一十十”的距平型, II 类雨型为“十十一”的距平分布, III 类雨型为“十一十”的波列分布。通过图 1d 显示 3 类雨型对应的高度场之间有显著性差异, 显著差异区主要位于高纬和中纬, 高纬的差异区通过 0.10 的显著性检验, 位于 ($50^{\circ}\text{N}\sim 60^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\text{E}\sim 150^{\circ}\text{E}$); 中纬的差异区

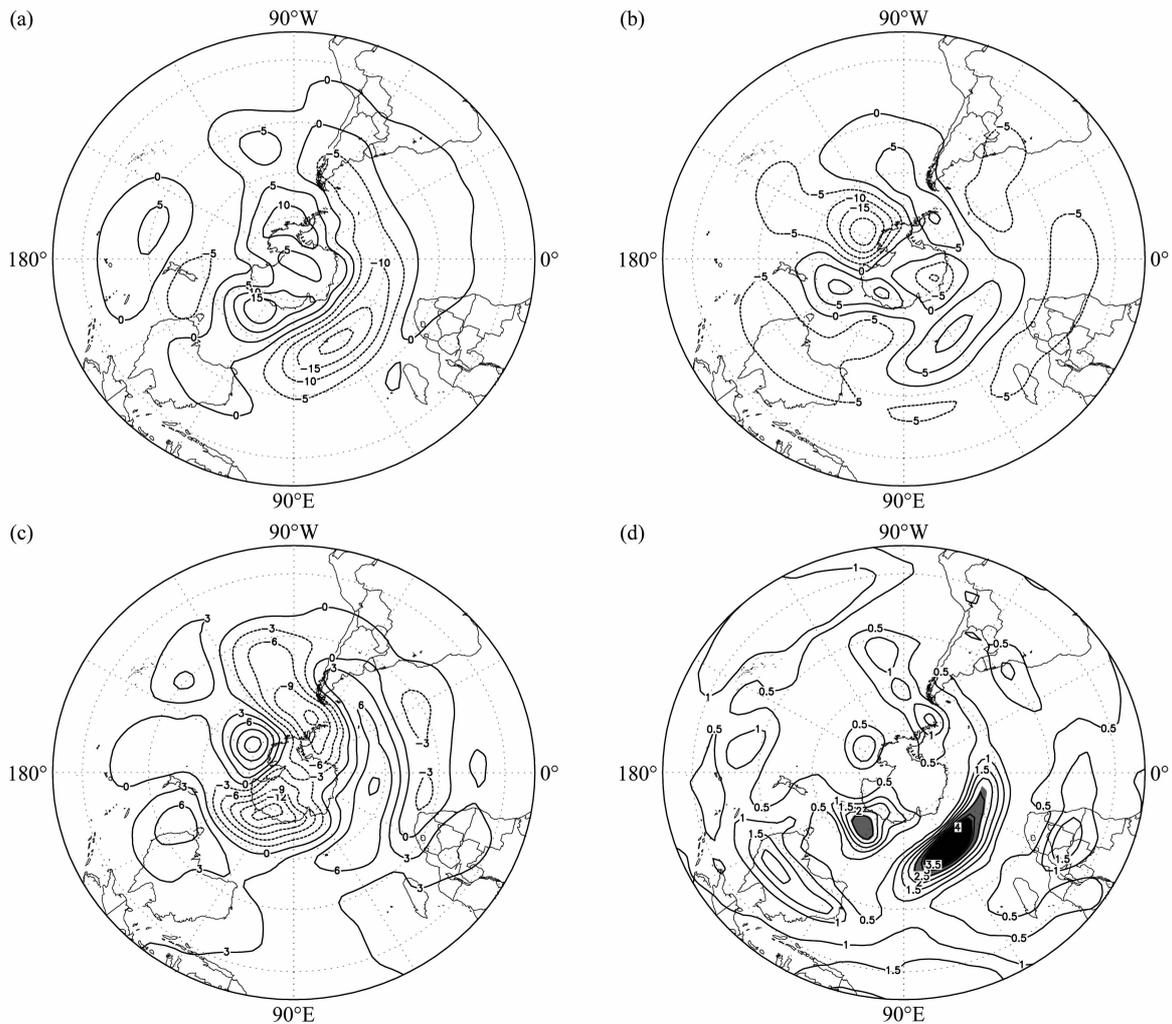


图 1 与 3 类雨型相对应的南半球 6~8 月 500 hPa 高度距平合成场及显著性差异场: (a) I 类雨型; (b) II 类雨型; (c) III 类雨型; (d) 显著性检验, 灰色区域为通过 0.10 显著性检验的区域, 黑色区域为通过 0.05 及以上显著性检验的区域

Fig. 1 The anomalous height fields at 500 hPa consistent with the three rain-band patterns and significant test field from Jun to Aug in the Southern Hemisphere: (a) Rain band pattern I; (b) rain band pattern II; (c) rain band pattern III; (d) significant test, the grey and dark shadows indicate 0.10 and 0.05 significance levels respectively

通过 0.05 的显著性检验，分布在 (35°N~50°N, 35°E~80°E) 附近。与图 1a-c 结合可见显著差异区正是 3 类雨型对应的距平合成场的正负中心所在位置。

我们同样分析了与中国夏季 3 类雨型相对应的南半球 12~2 月 500 hPa 高度场的距平分布特征及高度场显著差异区 (图略)，分析表明与 3 类雨型相对应的南半球 12~2 月高度场的显著差异区位于 (45°N~55°N, 0°~30°W) 和 (40°N~60°N, 60°W~110°W)。以 0°~30°W 到 60°W~110°W 为顺序，在这两片显著差异区 I 类雨型和 III 类雨型对应的南半球距平环流场有明显的正负距平中心，具有相反的距平分布形式，I 类雨型为“一、+”的距平分布，III 类雨型为“+、-”距平形式；II 类雨型对应的南半球距平场在 0°~30°W 的显著差异区没有明显的距平中心，在 60°W~110°W 为负距平，II 类雨型与 III 类雨型分别对应的南半球距平场的显著差异在 (35°N~60°N, 120°E~180°E)，在这片区域 II 类雨型有明显的正距平中心，而 III 类雨型为负距平中心。以上分析表明南半球中高纬显著差异区的不同距平形式是区分中国夏季雨型的强信号，南半球大气环流异常是引起中国夏季降水气候异常的一个因素。

大气环流的异常波动导致气候变化，在气候学的研究中多用环流指数来表征环流异常，其中 Rossby 西风指数的应用最广。由于高度场的显著差异区位于西风带，适合 Rossby 西风指数定义的范围，因此我们采用南半球的西风指数研究南半球环流异常与中国夏季雨型的关系，找出与雨型

分布有密切关系的西风指数波动关键区。

3.2 西风异常与夏季降水

3.2.1 西风指数纬向分布特征

我们根据 2.2 节介绍的 Rossby 西风指数公式计算南半球 180°E~180°W 共计 144 个格点上的西风指数，采用多变量方差分析方法得出与 3 类雨型相对应的南半球 12~2 月、6~8 月西风指数之间的显著差异区 (见图 2)。

从图 2 中可见，12~2 月 (图 2a) 和 6~8 月 (图 2b) 南半球西风指数都有显著差异区存在，说明与 3 类雨型对应的西风指数之间的差异是比较明显的。我们将通过检验的信度水平最高的区域定为南半球西风指数变化的关键区 A，即 12~2 月和 6~8 月西风指数在关键区 A 的变化最明显，关键区 A 的西风波动与中国夏季雨型分布的关系最为密切。12~2 月有两片区域的显著性检验值通过 0.05 的显著性水平，分别位于 122.5°W~77.5°W 和 22.5°W~2.5°W。为确定 12~2 月的关键区 A，我们分别对 122.5°W~77.5°W 和 22.5°W~2.5°W 两片区域的平均西风指数与中国夏季 160 个站的降水进行相关分析，再用这两片区域总的平均西风指数与降水做同样的分析，发现只有 22.5°W~2.5°W 的平均西风指数与中国夏季降水的关系最密切，因此将 22.5°W~2.5°W 作为 12~2 月的关键区 A。6~8 月的关键区 A 位于 10°E~55°E，通过 0.10 的显著性水平。我们注意到 6~8 月关键区 A 和图 1d 所示南半球 500 hPa 高度场的显著差异区 (35°N~50°N, 35°E~80°E) 部分重合，表明我们通过研究关键区 A 的西风波

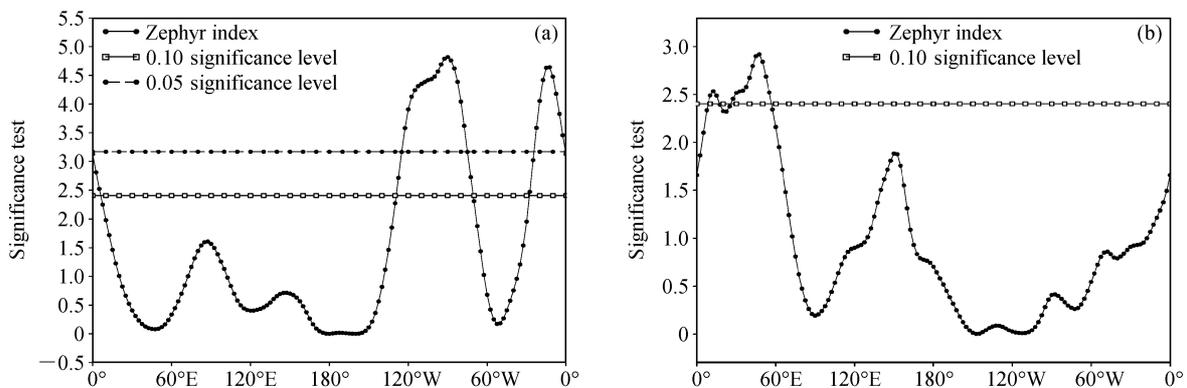


图 2 南半球 (a) 12~2 月、(b) 6~8 月西风指数显著性检验
Fig. 2 Significant test of zephyr index at every longitude (a) from Dec to Feb and (b) from Jun to Aug

动分析南半球大气环流异常对中国夏季降水南北分布的影响具有重要意义。

通过比较 12~2 月、6~8 月关键区 A 内 3 类雨型对应的西风指数之间的差异 (图 3), 发现 12~2 月 (图 3a) 在关键区 A, I 类雨型对应的西风指数值比多年平均对应的西风指数值大, II 类雨型对应的西风指数值接近多年平均对应的西风指数值, III 类雨型对应的西风指数值比多年平均对应的西风指数值小。表明 12~2 月在关键区 A, 中国夏季的 I 类雨型对应高指数环流, II 类雨型对应多年平均环流形式, III 类雨型对应低指数环流。

相同分析, 6~8 月在关键区 A (图 3b) 中国夏季的 I 类雨型对应关键区 A 的高指数环流, II 类雨型对应关键区 A 的低指数环流, III 类雨型对应关键区 A 的多年平均环流形式。

3.2.2 西风指数变化与中国夏季降水的关系

通过以上分析我们定出了 12~2 月和 6~8 月南半球西风指数变化关键区 A, 初步分析了 12~2 月、6~8 月在关键区 A 与 3 类雨型对应的西风指数的特征。为了进一步论证西风指数与中国夏季降水的关系, 我们计算了关键区 A 的平均西风指数与中国夏季 160 个站降水的相关系数 (见图 4)。

12~2 月 (图 4a) 关键区 A 的平均西风指数和中国夏季的降水在长江流域及以南地区和淮河流域部分地区有明显的负相关, 而在黄河上游有显著的正相关。说明当前期 (12~2 月) 的西风指数强时中国夏季长江流域的降水减少, 而黄河

上游的降水增多, 反之亦然。即前期关键区 A 的西风强时, 中国夏季可能出现 I 类雨型, 当西风弱时, 可能出现 III 类雨型。

6~8 月 (图 4b) 关键区 A 的平均西风指数和中国夏季的降水没有大片的显著相关区域, 仅在长江以南和黄河以北地区有小范围的显著正相关区, 而在淮河流域南部有显著负相关区。表明同期南半球西风变化对中国夏季降水分布的指示意义不如前期西风波动对夏季雨型分布的预测意义显著。

南半球关键区 A 的西风异常与中国降水分布密不可分, 同期西风指数的高低波动可作为区分雨型分布的一个因子, 但并不是唯一重要的一个因子; 但前期西风异常是预测夏季雨型分布的重要因素之一。

3.3 成因讨论

通过本文前几节的阐述我们揭示了观测事实, 即南半球的西风指数与中国降水有十分密切的关系, 但南半球的大气环流不是直接作用于中国夏季降水, 而是通过南、北半球环流场相互作用传播到北半球, 从而影响中国的降水分布。我们曾分析过夏季北半球存在一个与中国夏季雨型分布关系密切的西风指数波动关键区在 (35°N~55°N, 110°E~140°E) (严华生等, 2007), 而现在我们得知 12~2 月和 6~8 月南半球也同样存在西风指数关键区 A。关键区 A 的西风指数与北半球的西风指数相关性如何? 两个半球西风指数关键区是

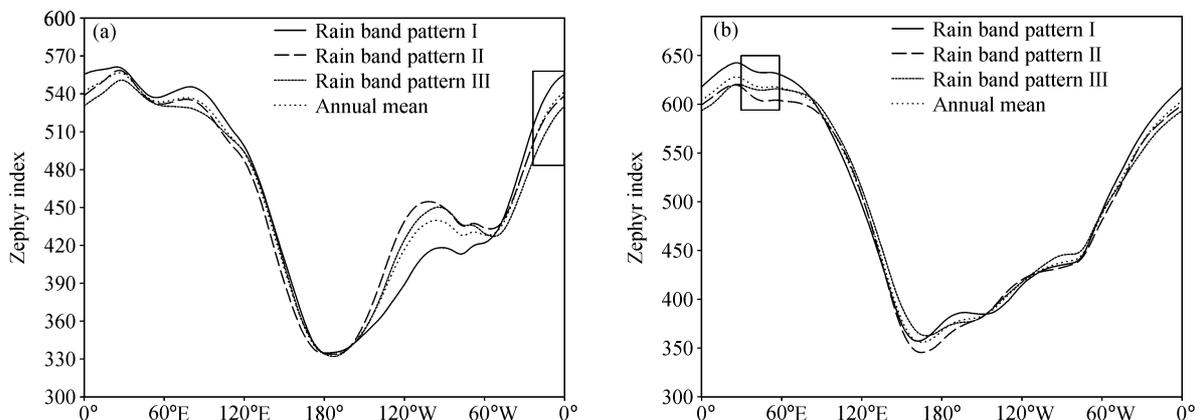


图 3 与 3 类雨型对应的南半球 (a) 12~2 月、(b) 6~8 月西风指数纬向变化曲线, 图中方框表示关键区 A

Fig. 3 The zephyr indices (a) from Dec to Feb and (b) from Jun to Aug in the Southern Hemisphere consistent with the three rain patterns, the rectangles indicate key area A

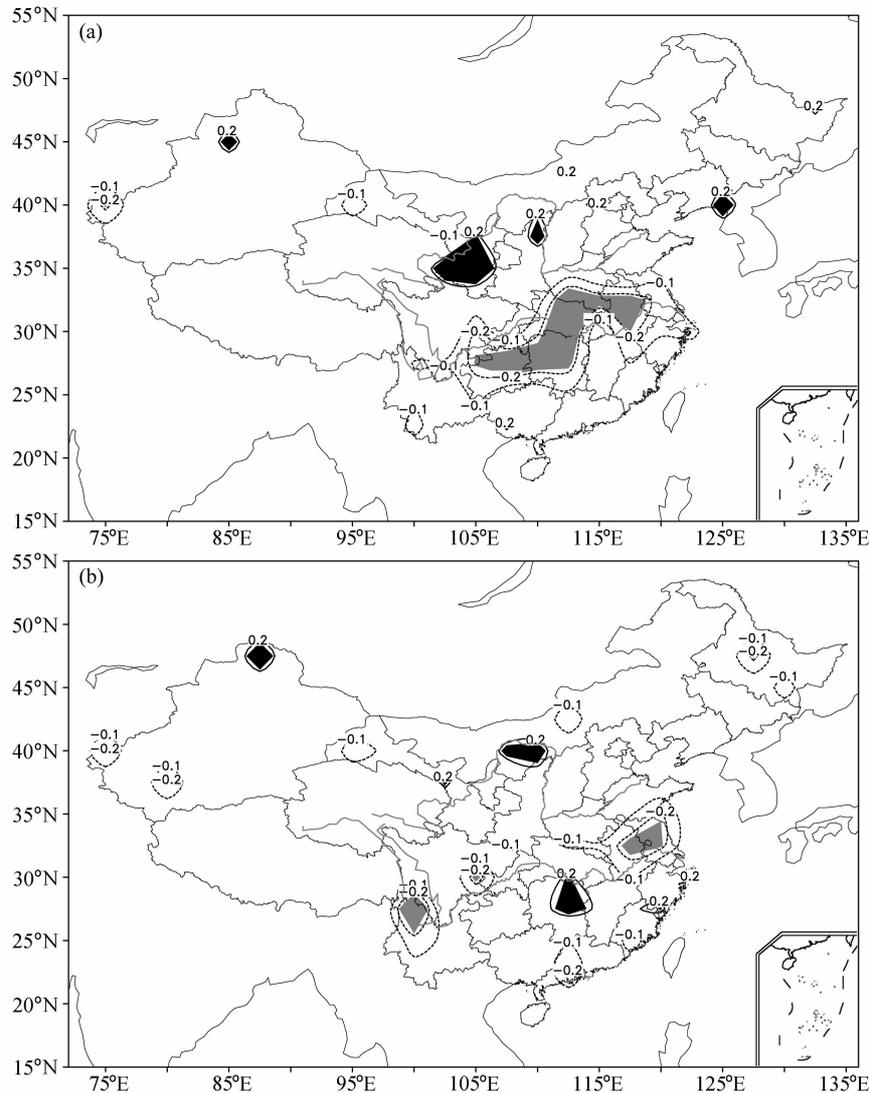


图4 (a) 12~2月、(b) 6~8月南半球关键区 A 平均西风指数与中国夏季降水的相关，图中阴影区通过 0.05 的显著性检验，黑色区域为正相关，灰色区域为负相关

Fig. 4 The correlation diagram for precipitation and zephyr index in key area A (a) from Dec to Feb and (b) from Jun to Aug, the shadows indicate 0.05 significance level, black indicates positive correlation, grey indicates negative correlation

否有联系？我们通过相关分析来讨论。

3.3.1 南北半球西风指数的关系

我们计算了夏季北半球关键区的平均西风指数与 12~2 月、6~8 月南半球的西风指数的相关系数，分析显著相关区的纬向分布（见图 5）。

通过对图 5a 的分析，夏季北半球关键区的平均西风指数与 12~2 月南半球的西风指数有比较好的正相关关系，最高通过了 0.05 的显著性水平，位于 37.5°E~67.5°E，定为相关区 B1；另在 35°W~7.5°W，定为相关区 B2。6~8 月（图 5b）显著负相关区域在 125°E~127.5°E 和 147.5°W~

117.5°W 通过 0.05 的显著性检验，显著相关区分别定为 B3 和 B4。

比较 12~2 月南半球关键区 A（22.5°W~2.5°W）与相关区 B2（35°W~7.5°W）的经度范围，发现关键区 A 与相关区 B2 的位置大体一致。说明对中国夏季雨型分布有预测意义的前期南半球关键区 A 的西风波动对北半球夏季关键区的西风同样有重要影响，可能前期 12~2 月南半球关键区 A 的西风异常致使海气作用有异常的反应，通过环流之间的相互作用、大气的长波调整和上下游效应使北半球夏季关键区的西风异常，从而

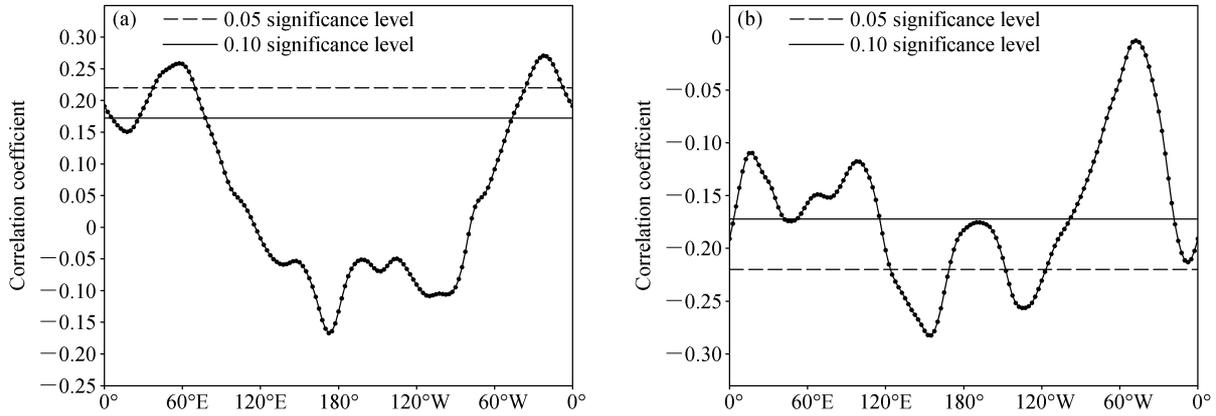


图5 北半球6~8月关键区平均西风指数与南半球 (a) 12~2月、(b) 6~8月西风指数的相关曲线
 Fig. 5 The correlation of mean zephyr index in key area from Jun to Aug in the Northern Hemisphere and the zephyr index (a) from Dec to Feb and (b) from Jun to Aug in the Southern Hemisphere

对中国夏季的雨型分布造成影响。我们对关键区A的西风指数与北半球夏季高度场之间进行相关分析，寻找主要的影响区域。

3.3.2 西风波动影响雨型分布的可能途径

我们通过计算12~2月南半球关键区A的平均西风指数与夏季北半球高度场的相关系数来讨论关键区A的西风指数变化与夏季北半球环流场之间的相关关系(如图6)。

从图6可见12~2月南半球关键区A的平均西风指数与夏季北半球的显著相关区主要位于欧亚大陆,其中(40°N~50°N, 80°E~120°E)(与中纬西风带中贝加尔湖以西的平均槽范围一致)的负相关区范围最大,相关性也最高。表明(40°N~50°N, 80°E~120°E)是12~2月南半球关键区A的西风异常对北半球夏季大气环流影响最剧烈的地方。显著相关区位于北半球夏季西风指数波动关键区(110°E~140°E)的上游,说明南半球

12~2月关键区A的西风波动使贝加尔湖附近的环流异常,通过上下游效应和能量频散对北半球夏季关键区的西风环流产生影响,进而影响夏季进入中国的冷空气的强度和路径,造成中国夏季降水的分布异常。

已有研究证实,南极涛动的强弱波动直接影响南半球中高纬西风波动,通过我们的分析结合前人的研究成果,寻找到一条前期南半球西风异常影响我国夏季降水的可能途径为:12~2月南极涛动异常使南半球关键区A的西风异常,通过经向遥相关型的传播,使显著差异区的环流场对异常信号有明显响应,从而使北半球冬季西风异常,在海气相互作用下,使北半球夏季平均槽减弱或加深,进而造成北半球关键区的西风环流增强或减弱,影响中国夏季雨型的分布。这一推论将是我们进一步研究的重点,寻找前期南半球西风波动影响夏季中国降水分布的物理途径。

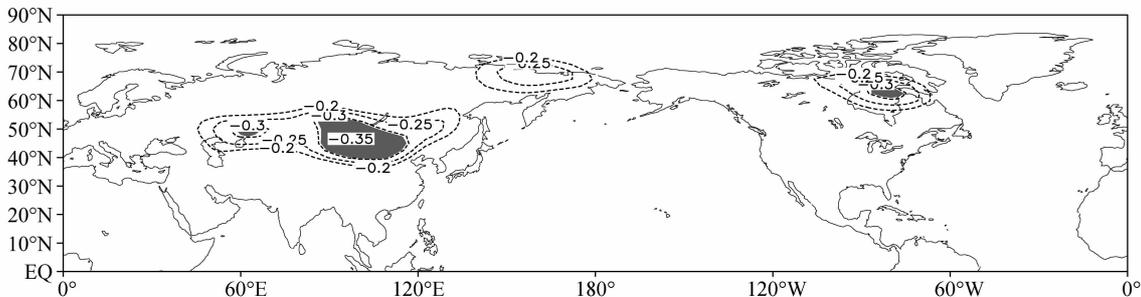


图6 12~2月关键区A平均西风指数与北半球夏季高度场的相关场,阴影区通过0.01的显著性检验
 Fig. 6 The correlation of the mean zephyr index in key area A in winter (Dec to Feb) in the Southern Hemisphere and height field in summer in the Northern Hemisphere, the shadows indicate 0.01 significance level

4 结论及讨论

我们通过以上分析得到一些结论：

(1) 3 类雨型对应的 6~8 月南半球 500 hPa 距平高度场有差异显著，主要差异区位于中纬 (35°N~50°N, 35°E~80°E)，3 类雨型显示出不同的距平分布形式。说明与中国 3 类雨型对应的 6~8 月南半球环流场的不同分布形式是区分中国夏季雨型分布的一个强信号。

(2) 南半球 12~2 月、6~8 月都存在与中国夏季 3 类雨型相对应的西风指数变化关键区 A。12~2 月关键区 A 在 22.5°W~2.5°W，在关键区 A 中国夏季的 I 类雨型对应高指数环流，II 类雨型对应多年平均环流形式，III 类雨型对应低指数环流；6~8 月关键区 A 位于 10°E~55°E，在关键区 A 我国夏季的 I 类雨型对应高指数环流，II 类雨型对应低指数环流，III 类雨型对应多年平均环流形式。

(3) 12~2 月南半球关键区 A 的平均西风指数与中国夏季降水有显著相关关系，显著负相关区在长江流域及淮河流域以南部分地区，显著正相关区在黄河上游。表明前期为高指数环流时，我国夏季可能出现 I 类雨型；为低指数环流时出现 III 类雨型的可能性大。前期南半球的西风波动对中国夏季雨型分布具有预报意义。

(4) 12~2 月南、北半球西风指数的显著相关区与关键区 A 的范围大体一致，表明前期南半球西风环流异常对北半球夏季关键区的西风环流的变化有预测意义。

(5) 12~2 月南半球关键区 A 的平均西风指数与北半球 6~8 月高度场的显著负相关区与贝加尔湖以西的平均槽范围一致。

在本文中，我们揭示了南半球西风指数与中国夏季雨型分布有十分密切的关系这一事实，并得出前期 12~2 月南半球西风指数与 6~8 月北半球西风指数之间有很好的相关关系，提出前期南半球西风指数可以作为预测中国夏季雨型分布的一个因子的构想，但还有许多问题未搞清楚。已有研究成果指出，中高纬地区对南极海冰异常强迫有广泛的响应，海冰变化对气候有重要影响 (程彦杰等，2002；马丽娟等，2006)。我们分析

得出与中国夏季 3 类雨型对应的夏季南半球 500 hPa 高度距平场在罗斯海外围、南极半岛周围有不同的距平型，结合前人的研究成果，我们推测罗斯海外围、别林斯高晋海以及南极半岛的海冰变化可能是引起中国夏季雨型分布的起始地，南半球西风指数波动关键区 A 可能是对海冰变化响应强烈的敏感区，从而可把中国降雨气候变化与南极海冰变化联系起来。要回答南极海冰变化对南半球西风环流产生影响，再传播影响到北半球西风环流，进而与中国夏季降水分布相联系，对这一系列的问题，还需要更多、更深入的研究，我们将在今后的工作中寻找答案。

参考文献 (References)

- 陈烈庭, 吴仁广. 1998. 太平洋各区海温异常对中国东部夏季雨带类型的共同影响 [J]. 大气科学, 22 (5): 718-726. Chen Lie-ting, Wu Renguang. 1998. The joint effects of SST anomalies over different Pacific regions on summer rainbelt patterns in Eastern China [J]. Scientia Atmospherica Sinica (in Chinese), 22 (5): 718-726.
- Chen Longxun, Li Wei, Zhao Ping, et al. 2001. On the process of summer monsoon onset over East Asia [J]. Acta Meteorologica Sinica, 15 (4): 436-449.
- 程彦杰, 卞林根, 陆龙骅. 2002. 南极海冰涛动与 ENSO 的关系 [J]. 应用气象学报, 13 (6): 711-717. Cheng Yanjie, Bian Linggen, Lu Longhua. 2002. Antarctic sea-ice oscillation and its relationship with ENSO [J]. Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese), 13 (6): 711-717.
- 范可. 2006. 南半球环流异常与长江中下游夏季旱涝的关系 [J]. 地球物理学报, 49 (3): 672-679. Fan Ke. 2006. Atmospheric circulation anomalies in the Southern Hemisphere and summer rainfall over Yangtze River Valley [J]. Chinese Journal of Geophysics (in Chinese), 49 (3): 672-679.
- 黄嘉佑, 刘舸, 赵昕奕. 2004. 副高、极涡因子对我国夏季降水的影响 [J]. 大气科学, 28 (4): 517-526. Huang Jiayou, Liu Ge, Zhao Xingyi. 2004. The influence of subtropical high indexes and polar vortex indexes on the summertime precipitation in China [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 28 (4): 517-526.
- 金祖辉, 陶诗言. 1999. ENSO 循环与中国东部地区夏季和冬季降水关系的研究 [J]. 大气科学, 23 (6): 663-672. Jin Zuhui, Tao Shiyan. 1999. A study on the relationships between ENSO cycle and rainfalls during summer and winter in Eastern China [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 23 (6): 663-672.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. The NCEP/

- NCAR 40-year reanalysis project [J]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77: 437-471.
- 李崇银, 吴静波. 2002. 索马里跨赤道气流对南海夏季风爆发的重要作用 [J]. *大气科学*, 26 (2): 185-192. Li Chongyin, Wu Jingbo. 2002. Important role of the Somalian cross-equator flow in the onset of the South China Sea summer monsoon [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 26 (2): 185-192.
- 廖荃荪, 赵振国. 1992. 我国东部夏季降水分布的季度预报方法 [J]. *应用气象学报*, 3 (增刊): 1-10. Liao Quansun, Zhao Zhenguo. 1992. A seasonal forecasting scheme on precipitation distribution in Summer in China [J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology (in Chinese)*, 3 (Suppl.): 1-10.
- 马丽娟, 陆龙骅, 卞林根. 2006. 南极海冰与我国夏季天气的关系 [J]. *极地研究*, 2006, 18 (1): 30-38. Ma Lijuan, Lu Longhua, Bian Linggen. 2006. The relationship between Antarctic sea ice and the synoptic climate in summer of China [J]. *Chinese Journal of Polar Research (in Chinese)*, 18 (1): 30-38.
- Nan Sulan, Li Jianping. 2003. The relationship between the summer precipitation in the Yangtze River valley and the boreal spring Southern Hemisphere annular mode [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 30, doi:10.1029/2003GL018381.
- 南素兰, 李建平. 2005a. 春季南半球环状模与长江流域夏季降水的关系: I 基本事实 [J]. *气象学报*, 63 (6): 837-846. Nan Sulan, Li Jianping. 2005a. The relationship between the summer precipitation in the Yangtze River valley and the boreal spring Southern Hemisphere annular mode: I basic facts [J]. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 63 (6): 837-846.
- 南素兰, 李建平. 2005b. 春季南半球环状模与长江流域夏季降水的关系: II 印度洋和南海海温的“海洋桥”作用 [J]. *气象学报*, 63 (6): 847-856. Nan Sulan, Li Jianping. 2005b. The relationship between the summer precipitation in the Yangtze River valley and the boreal spring Southern Hemisphere annular mode: II the role of the Indian Ocean and South China Sea an “Oceanic Bridge” [J]. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 63 (6): 847-856.
- Rossby C G. 1939. Relation between variations in the intensity of the zonal circulation of the atmosphere and the displacements of the semi-permanent centers of action [J]. *J. Mar. Res.*, 2: 38-55.
- Wang H J, Fan K. 2005. Central-North China precipitation as reconstructed from the Qing Dynasty: Signal of the Antarctic atmospheric oscillation [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 32: L24705, doi:10.1029/2005GL024562.
- 王会军, 薛峰. 2003. 索马里急流的年际变化及其对半球间水汽输送和东亚夏季降水的影响 [J]. *地球物理学报*, 46 (1): 18-25. Wang Huijun, Xue Feng. 2003. Interannual variability of Somali Jet and its influences on the inter-hemispheric water vapor transport and on the East Asian summer rainfall [J]. *Chinese Journal of Geophysics (in Chinese)*, 46 (1): 18-25.
- Wu Guoxiong, Mao Jiangyu, Duan Anmin, et al. 2006. Current progresses in study of impacts of the Tibetan Plateau on Asian summer climate [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2006, 20 (2): 144-158.
- 薛峰. 2005. 南半球环流变化对东亚夏季风的影响 [J]. *气候与环境研究*, 10 (3): 401-408. Xue Feng. 2005. Influence of the southern circulation on East Asian summer monsoon [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 2005, 10 (3): 401-408.
- Xue Feng, Guo Pinwen, Yu Zhihao. 2003. Influence of interannual variability of Antarctic sea-ice on summer rainfall in Eastern China [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 20 (1): 97-102.
- 严华生, 胡娟, 范可, 等. 2007. 近 50 年来夏季西风指数变化与中国夏季降水的关系 [J]. *大气科学*, 31 (4): 717-726. Yan Huasheng, Hu Juan, Fan Ke, et al. 2007. The analysis of relationship between the variation of westerly index in Summer and precipitation during the flood period over China in the last 50 years [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 31 (4): 717-726.
- 严华生, 王学仁. 1991. 多因变量及要素场统计预报 [M]. 北京: 气象出版社, 28-29. Yan Huasheng, Wang Xueren. 1991. Multi-Variable Factors and Statistic Forecast of Elements Field [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 28-29.
- 张庆云, 陶诗言. 2003. 夏季西太平洋副热带高压异常时的东亚大气环流特征 [J]. *大气科学*, 27 (3): 369-380. Zhang Qingyun, Tao Shiyan. 2003. The anomalous subtropical anticyclone in Western Pacific and their association with circulation over East Asia during summer [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 27 (3): 369-380.
- 张人禾. 1999. El Niño 盛期印度夏季风水汽输送在我国华北地区夏季降水异常中的作用 [J]. *高原气象*, 18 (4): 567-574. Zhang Renhe. 1999. The role of Indian summer monsoon water vapor transportation on the summer rainfall anomalies in the northern part of China during the El Niño mature phase [J]. *Plateau Meteorology (in Chinese)*, 18 (4): 567-574.
- 张顺利, 陶诗言. 2001. 青藏高原积雪对亚洲夏季风影响的诊断及数值研究 [J]. *大气科学*, 25 (3): 372-390. Zhang Shunli, Tao Shiyan. 2001. The influences of snow cover over the Tibetan Plateau on Asian summer monsoon [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 25 (3): 372-390.
- 张元箴, 王淑静. 1999. 南半球环流与西太平洋副热带高压和台风群中期活动的关系 [J]. *应用气象学报*, 10 (1): 80-87. Zhang Yuanzhen, Wang Shujing. 1999. The relationship between general circulation of the Southern Hemisphere and the medium range activities of West Pacific subtropical high and typhoon group [J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology (in Chinese)*, 10 (1): 80-87.
- 赵振国. 1999. 中国夏季旱涝及环境场 [M]. 北京: 气象出版社, 1-7. Zhao Zhenguo. 1999. Drought/Flood and Environment Field of Summer in China [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1-7.