

文章编号: 1000-2022(2006)02-0254-04

越赤道气流与西北地区东部夏季降水的联系

李国昌^{1,2,3}, 董安祥³, 赵建华³

(1 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044; 2 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020;

3 中国气象局 兰州干旱气象研究所 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 利用 1951—2002 年 NCEP/NCAR 再分析月平均气候资料和西北地区东部夏季降水资料, 研究了越赤道气流的年际变化及其对西北地区东部夏季降水的影响。结果表明, 自 1951 年以来, 越赤道气流总量呈增强趋势, 且持续性好; 索马里急流是最主要的越赤道气流, 且比较稳定, 它是影响西北地区东部夏季降水的重要环流因素。

关键词: 越赤道气流; 年际变化; 西北地区东部; 夏季降水

中图分类号: P466 **文献标识码:** A

Relationship between Cross-Equatorial Flow and Summer Precipitation in the East of Northwest China

LI Guo-chang^{1,2,3}, DONG An-xiang³, ZHAO Jian-hua³

(1. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044 China

2 Gansu Weather Modification Office, Lanzhou 730020, China 3. Gansu Key Laboratory of

Climatic Change and Reducing Disaster Arid Meteorological Institute, CMA, Lanzhou 730020 China)

Abstract With the aid of the NCEP/NCAR monthly reanalysis data-set and the summer precipitation data in the east of northwest China during 1951—2002, the interannual variability of cross-equatorial flow and its influences on summer precipitation in the east of northwest China are analyzed. It is concluded that the cross-equatorial flow has strengthened and is more persistent since 1951; and the Somali jet is the principle and stable cross-equatorial flow, and also an important circulation factor which affects the summer precipitation in the east of northwest China.

Key words cross-equatorial flow; interannual variability; eastern northwest China; summer precipitation

0 引言

越赤道气流是热带大气环流的重要组成部分, 在南北半球的相互作用中很重要, 造成其发生、发展

和维持的原因非常复杂。王继志等^[1]通过对风场和卫星云图等资料的分析揭示了澳洲越赤道气流是南亚季风的重要组成部分, 是动量和水汽输送的重要通道, 并认为它对我国夏季季风降水的影响更为

收稿日期: 2004-09-08 改回日期: 2004-11-24

基金项目: 甘肃省“十五”科技攻关项目 (GS012-A45-118)“西北干旱成因及其应用研究”; “甘肃省人工增雨防雹作业决策指挥系统”(2002人影-3)

作者简介: 李国昌 (1970-), 男, 甘肃会宁人, 工程师, 硕士生, 主要从事气候变化研究和人工影响天气工作。E-mail: qxjg@163.com.

直接。王会军等^[2]研究了索马里低空急流 (SMJ) 的年际变化及其对东亚夏季降水的影响, 指出 SMJ 作为最主要的越赤道气流, 对两个半球间水汽输送起最关键的作用, 它把水汽从冬半球输送到夏半球。彭维耿等^[3]指出, 全球越赤道气流分布存在明显的空间不对称性, 即通道分布的高低层不对称性和沿纬圈不对称。何诗秀等^[4]、王兴东等^[5]也先后研究了西太平洋的越赤道气流。李曾中等^[6]仔细分析了北半球夏季风期间东半球的越赤道气流通道, 指出可以细分为 4 个通道。文献^[7]认为, 台风发生前, 几乎都存在澳大利亚东北岸越赤道气流的影响。这些工作说明南半球大气环流的变化对北半球亚洲季风系统存在显著影响。西北地区东部位于东亚季风系统影响的西部边界, 是东亚季风东西摆动的敏感区, 利用 50 多年气候资料研究越赤道气流对西北地区东部夏季降水的影响非常必要。

1 资料处理和分析方法

本文采用了美国 NCEP/NCAR 1951 年 6 月—2002 年 8 月 850 hPa 月平均再分析风场资料, 经纬网格为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 中国气象局国家气象中心提供了 1951—2002 年降水资料。根据文献^[8], 以南风风速表示越赤道气流强度, 定义 $5^{\circ} \text{S} \sim 5^{\circ} \text{N}$, $40^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{E}$, $85^{\circ} \sim 90^{\circ} \text{E}$, $105^{\circ} \sim 110^{\circ} \text{E}$, $125^{\circ} \sim 130^{\circ} \text{E}$, 150°E 处的南风平均风速分别表示索马里、孟加拉湾、南海、菲律宾和西太平洋地区越赤道气流强度指数, 上述 5 个地区强度指数之和表示越赤道气流总强度指数。西北地区东部代表站为: 西宁、银川、中宁、兰州、天水、平凉、西峰、岷县、榆林、延安、西安、汉中、安康共 13 站。根据 Xue 等^[9]提出的降水指数的计算方法, 求取西北地区东部 1951—2002 年共 52 a 的夏季降水指数。降水指数定义为

$$R = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{R_i}{\bar{R}_i} + \frac{N^*}{N} \right) 100\%。$$

其中: N 为所选区域内的站点数, 本文 $N = 13$; R_i 为逐月 (季) 降水量, $\bar{R}_i$ 为 i 月 (季) 降水量的多年平均。 N^* 为月 (季) 降水量距平 ≥ 0 的站点数。规定降水指数距平百分率 $\geq 25\%$ 的年份为严重涝年, $\leq -25\%$ 的年份为严重旱年。

文中采用了相关分析、交叉谱分析、小波分析等方法。

2 越赤道气流的年际变化

越赤道气流包括索马里急流、孟加拉湾气流、南

海气流、菲律宾气流和西太平洋气流共 5 支气流。由表 1 可知: (1) 越赤道气流中最强的是索马里急流 ($40^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{E}$), 季平均风速为 $8.99 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 占总量的 55% , 最大南风出现在 1958 年, 风速为 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 其次是 1961 年。该急流虽强, 但均方差小, 比较稳定。菲律宾 ($125^{\circ} \sim 130^{\circ} \text{E}$) 越赤道气流为次强。(2) 西太平洋 (150°E 处) 越赤道气流最弱, 仅为 $1.60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 但其年际变化最大, 均方差为 $0.84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 最大南风出现在 1972 和 1997 年, 风速分别为 $3.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $3.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 1961 年却被北风控制, 风速为 $-0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 最大和最小风速差为 $4.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。(3) 南海 ($105^{\circ} \sim 110^{\circ} \text{E}$) 越赤道气流的年际变化最小, 风速在 $1 \sim 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间摆动, 均方差仅为 $0.55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

表 1 夏季越赤道气流的气候参数

Table 1 Climatic values for summer cross-equatorial flows $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

	索马里	孟加拉湾	南海	菲律宾	西太平洋	总量
季平均	8.99	1.88	1.92	2.08	1.60	16.47
均方差	0.56	0.60	0.55	0.82	0.84	2.06
强年份	1958	1957	1997	2002	1972	1997
	1961	1978	1979	1994	1997	1994
	1998	1970	2002	1991	1982	1991
	1992	1971	1984	1997	1976	1982
弱年份	1972	1959	1968	1956	1961	1956
	1974	1992	1951	1973	1956	1952
	1968	1996	1952	1962	1952	1951
	1952	1998	1953	1975	1955	1955

3 越赤道气流的持续性

为了分析越赤道气流的持续性, 计算了越赤道气流的延后自相关系数, 选取连续满足 0.05 显著性水平的年份为持续年, 进行了线性趋势估计, 其结果列于表 2。

由表 2 和图 1 可知: (1) 除孟加拉湾地区外, 越赤道气流的线性趋势均为正相关, 且达到 0.01 以上, 表明 50 a 以来越赤道气流总量呈增强趋势, 其中以南海和菲律宾地区增强最快。(2) 除孟加拉湾和西太平洋地区外, 越赤道气流总量的持续性很好, 菲律宾地区可持续 8 a, 索马里急流可持续 2 a, 越赤道气流总量持续 6 a。上述结果为越赤道气流的预测提供了依据。

表 2 夏季越赤道气流的线性趋势和持续时间

Table 2 Linear trends and duration of summer cross-equatorial flows						
	索马里	孟加拉湾	南海	菲律宾	西太平洋	总量
线性趋势	0.35 ¹⁾	-0.14	0.67 ²⁾	0.67 ²⁾	0.35 ¹⁾	0.65 ²⁾
持续时间/a	1~2	无	1~5	1~8	无	1~6

注: 1)达到 0.01显著性水平检验; 2)达到 0.001 显著性水平检验.

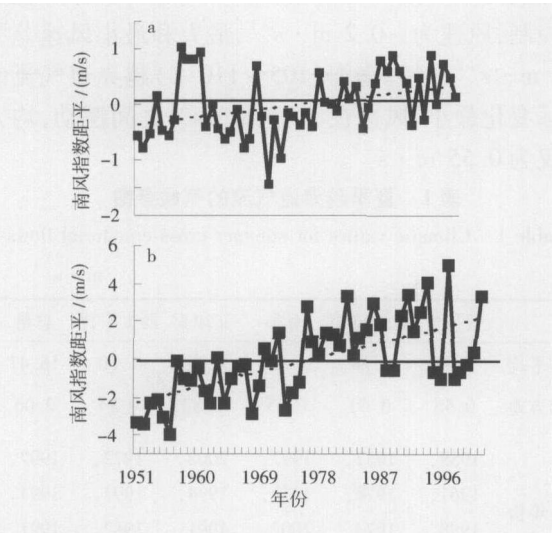


图 1 夏季越赤道气流总量距平变化(实线)和线性趋势(虚线)
a 索马里; b 越赤道气流总量

Fig 1 Anomaly (solid line with solid square) and linear trend (dotted line) of summer cross-equatorial flow
a Somali b the sum of cross-equatorial flows

4 越赤道气流的小波分析

小波变换是一种很好的时间序列周期分析工具。本文采用墨西哥帽小波,对夏季越赤道气流总

量(图 2)及其 5 地区(图略)的强度指数距平进行周期分析。尺度因子与周期长度为 1: 2。当小波指数为正时,表示处于偏强时期;反之,处于偏弱时期。

经过小波变换之后,由图 2 可以清楚地看到,夏季越赤道气流总量指数的时间序列中蕴含着不同尺度的振荡。图中的符号反映了振荡的位相,1975 年以前,夏季越赤道气流总量偏弱,1975 年以后偏强。正(或负)中心值反映了不同尺度振荡的振幅最大值。正中心值位于 26 a 和 1988 年处,负中心值位于 26 a 和 1959 年处。表明 1959 年和 1988 年前后夏季越赤道气流总量发生了最强的振动。夏季越赤道气流总量指数包含着几种不同时间尺度的振荡,其中 26 a 左右的周期最强。

5 越赤道气流对西北地区东部夏季降水的影响

通过计算夏季越赤道气流总量及其 5 支气流与西北地区东部降水指数的相关系数,发现索马里急流与降水的正相关最高,相关系数为 0.30 达到 0.05 的显著性水平 (0.27),在夏季各月中,以 6 月正相关最高 (0.34)。另外,西太平洋 (150°E 处)越赤道气流与降水的反相关也高,相关系数为 -0.29 达到 0.05 的显著性水平。本文进行了索马里急流与西北地区东部降水指数的交叉谱^[10]分析(表略),得到如下结果:

- (1)方差集中于低频的现象明显。索马里急流在 0~6 波的频段中占有总方差的 58%。
- (2)协谱正值波数以 4 和 5 为最大,这说明在 12 a 及 9.6 a 的周期中夏季索马里急流与西北地区东部降水有较大的同位相相关。协谱负值以波数 19 最小,这说明在 2.5 a 周期中有较大的负相关。
- (3)研究两个时间序列的关系,重要的是综合

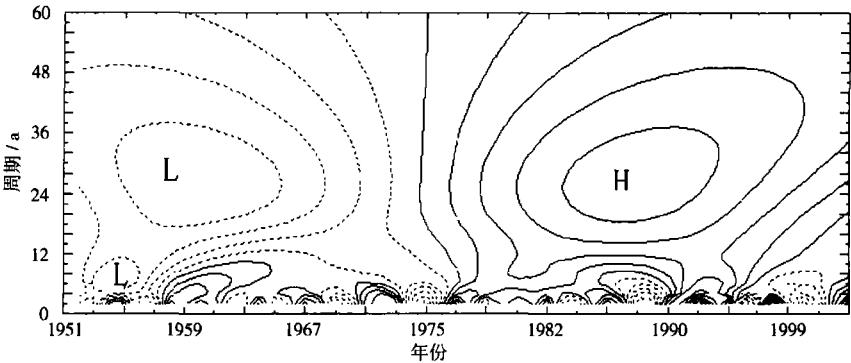


图 2 夏季越赤道气流总量的小波分析

Fig 2 The wavelet analysis of summer cross-equatorial flow

了解某一周期两个振动的总关系, 这就要看对应于这一波数的凝聚谱值是否足够大以及它们的位相情况。在负位相时, 夏季索马里急流与西北地区东部降水在波数为 13 (3.7 a 周期) 凝聚很高, 达 0.72, 超过 0.05 显著性水平的临界值 0.67。另外, 两者的位相差为 -44° , 即夏季索马里急流的变化超前于西北地区东部降水 0.45 a (5.4 月)。因此, 索马里急流与西北地区东部降水的关系密切, 这为预测夏季西北地区东部降水提供了一个重要因子。在波数为 5 的凝聚最高 (0.72), 由于两者的位相差为正, 无预报意义, 故不再讨论。

6 结 论

(1) 越赤道气流中最强的是索马里急流, 而且比较稳定。西太平洋地区的越赤道气流最弱, 但其年际变化最大。

(2) 50 a 以来, 越赤道气流总量呈增强趋势, 其中以南海和菲律宾地区增强最快。越赤道气流总量的持续性很好。根据延后自相关系数计算分析, 可持续 6 a。上述结果为越赤道气流的预测提供了依据。

(3) 夏季越赤道气流总量指数包含着几种不同时间尺度的振荡, 其中 26 a 左右的振荡最强, 其次是 2~4 a 的周期振荡。

(4) 索马里急流的方差集中于低频的现象明显。在 12 a 及 9.6 a 的周期振动中夏季索马里急流与西北地区东部降水有较大的同位相关关系; 协谱负值以波数 19 最小, 说明 2.5 a 周期振动有较大的负相关。

(5) 夏季, 尤其是 6 月, 索马里急流与西北地区东部降水呈明显的正相关关系。3.7 a 周期振荡, 索马里急流的变化超前于西北地区东部降水 0.45 a (5.4 月), 这为预测夏季西北地区东部降水提供了一个重要因子。夏季索马里急流是影响西北地区东部降水的重要环流因素之一。

参考文献:

- [1] 王继志, 李麦村. 源于澳洲过赤道气流与中国季风环流和降水 [J]. 大气科学, 1982, 6(1): 1-10.
- [2] 王会军, 薛 峰. 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, 2003, 46(1): 18-25.
- [3] 彭维耿, 蒋尚城. 越赤道气流特征及其年际变化特征初探 [J]. 热带气象学报, 2003, 19(1): 87-93.
- [4] 何诗秀, 杨祖芳. 北半球夏季西北太平洋热带地区西南季风强弱变化与南半球环流型的关系 [J]. 大气科学, 1981, 5(1): 50-59.
- [5] 王兴东, 陶诗言. 西太平洋越赤道气流的初步研究 [J]. 海洋学报, 1984, 6(3): 160-173.
- [6] 李曾中, 楼光平. 北半球夏季风时期东半球越赤道气流通道的研究 [J]. 大气科学, 1987, 11(3): 313-319.
- [7] 中国科学院大气物理研究所热带气象研究组. 南半球气流对南海和北太平洋西部地区热带环流的影响 [C]. 热带天气会议文集. 北京: 科学出版社, 1976, 174-182.
- [8] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场 [M]. 北京: 气象出版社, 1999, 38-40.
- [9] Xue Feng Guo Pinwen Yu Zhizhao. Influence of interannual variability of Antarctic sea ice on summer rainfall in Eastern China [J]. Adv Atmos Sci 2003, 20(1): 97-102.
- [10] 项静恬, 史久恩, 周琴芳, 等. 动态和静态数据处理 [M]. 北京: 气象出版社, 1991, 522-532.