

年代际背景下南半球冬季500 hP EOF分析

张琳, 游荣, 王丰华

中国人民解放军92020部队, 山东 青岛

收稿日期: 2023年8月21日; 录用日期: 2023年9月14日; 发布日期: 2023年9月22日

摘要

利用NCEP/NCAR再分析资料, 台风位置、强度、最大风速等相关资料(温州台风网), 利用EOF分析、相关分析、小波分析等分析方法, 分析了南半球冷空气活动通过向北越赤道气流对西北太平洋热带气旋的影响。本文在前人研究基础上, 对不同年代际背景下的时空特征进行分析, 研究发现, 南极冷空气活动存在多模态的异常特征, 南极极涡地区的冷空气活动与索马里、中国南海区域向北越赤道气流有明显的正相关关系。

关键词

EOF分析, 越赤道气流, 相关分析

Analysis of 500 hP EOF in Southern Hemisphere Winter under Interdecadal Background

Lin Zhang, Rong You, Fenghua Wang

The 92020 Unit of the People's Liberation Army, Qingdao Shandong

Received: Aug. 21st, 2023; accepted: Sep. 14th, 2023; published: Sep. 22nd, 2023

Abstract

Using NCEP/NCAR reanalysis data, including typhoon location, intensity, maximum wind speed, and other related data (Wenzhou Typhoon Network), and using methods such as EOF analysis, correlation analysis, and wavelet analysis, the impact of cold air activity in the southern hemisphere on tropical cyclones in the northwest Pacific through northward cross-equatorial airflow was analyzed. Research has found that in the interdecadal context, there are multimodal anomalous features of cold air activity in Antarctica, and there is a clear positive correlation between cold air activity in the Antarctic polar vortex region and the northward equatorial airflow in Somalia and the South China Sea.

Keywords

EOF Analysis, Cross-Equatorial Airflow, Correlation Analysis

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



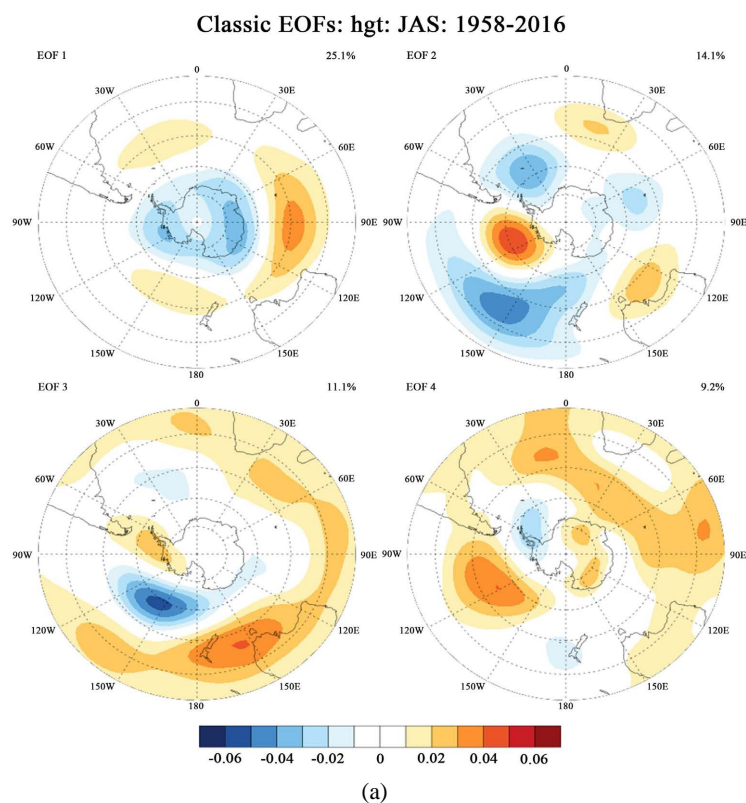
Open Access

1. 引言

大气变化既受到大气内部动力过程的影响,又随着预报时间尺度的延长,越来越多地受到大气外强迫因素如海洋热力异常的影响。全球范围的大气环流是一个整体,半球之间的环流虽然有着不同的特征和发展的过程,但它们之间并不是完全孤立的,而是有着一定的相互作用。赤道附近的大气环流通常凭借越赤道气流进行南、北半球的物质能量交换[1] [2] [3] [4]。最早有关年代际的研究大多数针对海洋开展,例如北太平洋海表温度的变化[5] [6] [7]、北大西洋 SST 的变化[8],高纬度地区海冰的变化[9]。有许多学者从各个方面揭示了南、北半球环流变化的相互联系,例如对亚洲季风、夏季降水以及台风活动等重要天气的研究[10] [11] [12] [13]。本文针对不同年代际背景下南半球冬季 500 hPa EOF 分析,小波分析和相关分析,分析南半球冷空气对向北越赤道气流的影响。

2. 南半球极涡年代际活动规律

2.1. 500 hPa 南半球冬季 EOF 分析(1958~2016)



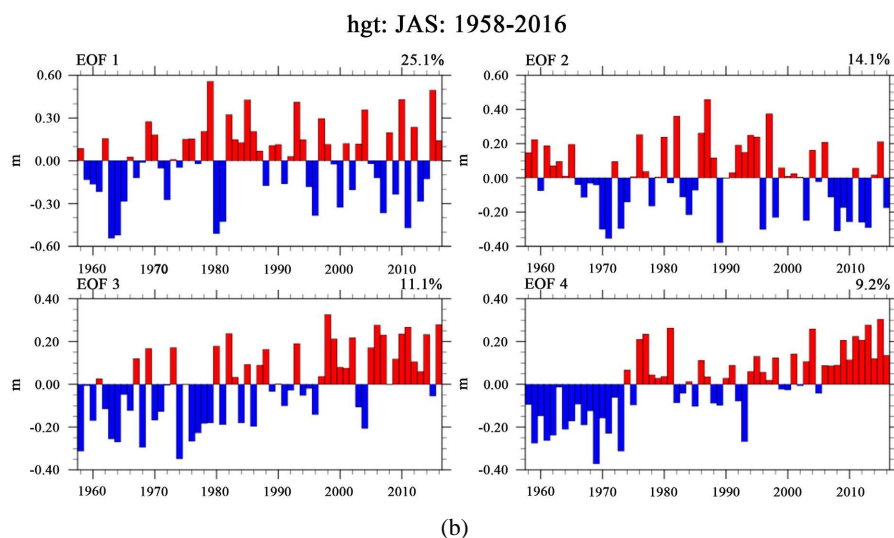
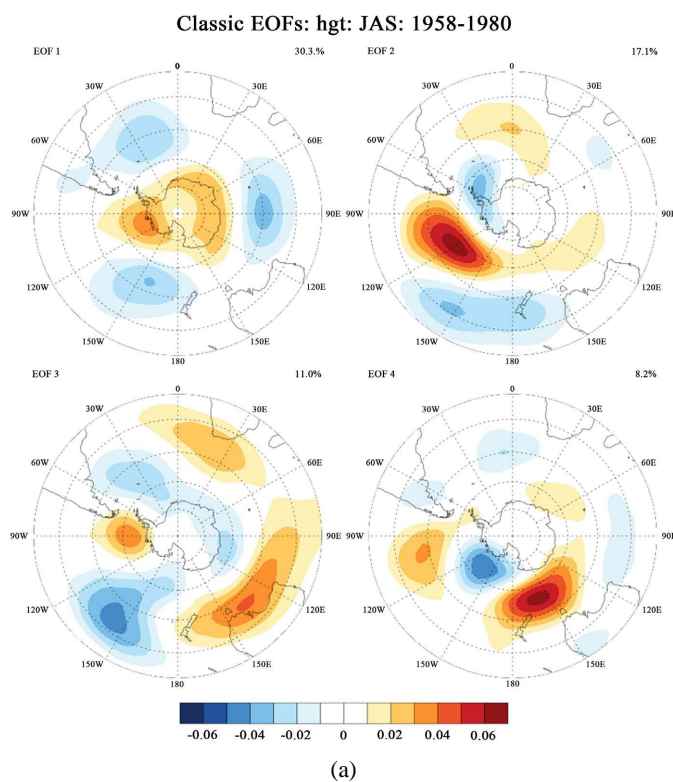


Figure 1. The first 4 modes and corresponding time series of the EOF in the 1958~2016 potential height distance flat field

图 1. 1958~2016 年位势高度距平场 EOF 的前 4 模态及其对应时间序列

图 1 可以看出, 1958~2016 年位势高度距平场 EOF 的前两模态的方差贡献分别为 25.1% 和 14.7%, 前两模态累计方差为 39.8%, 第 1、第 2 模态的方差贡献都低于 30%, 说明年代际尺度下南极冷空气活动存在多模态的异常特征。第 1 模态南印度洋区域为正位相, 南极大陆为负位相。第 2 模态的“负”“正”“负”的振幅明显。

2.2. 500 hPa 南半球冬季 EOF 分析(1958~1980)



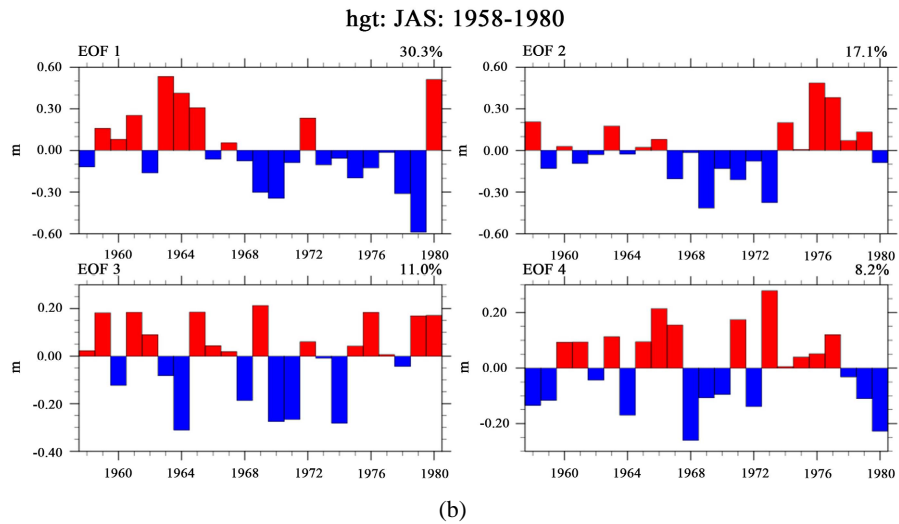
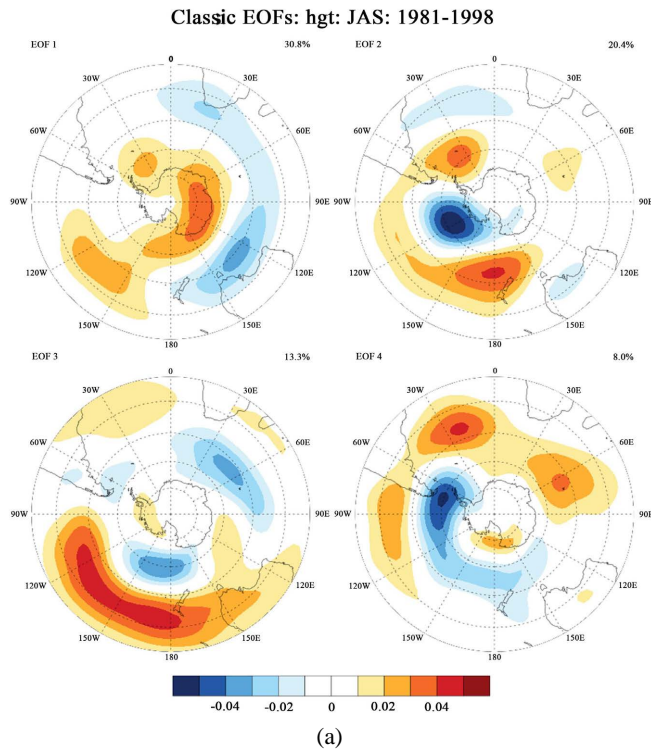


Figure 2. The first 4 modes and corresponding time series of the EOF in the 1958~1980 potential height distance flat field

图 2. 1958~1980 年位势高度距平场 EOF 的前 4 模态及其对应时间序列

图 2 可以得出，1958~1980 年位势高度距平场 EOF 的前两模态的方差贡献分别为 30.3%和 17.1%，第 3 模态方差贡献为 11%，前 3 模态累计方差为 58.4%，前 3 模态方差贡献高于 50%，说明年代际尺度下南极冷空气活动以前 3 模态为主。第 1 模态南印度洋、南大西洋、南太平洋区域均为负位相，南极大陆为正位相。第 2 模态太平洋区域由明显的相反相位特征，其中在南太平洋靠近南北州附近的正相位最为明显。

2.3. 500 hPa 南半球冬季 EOF 分析(1981~1998)



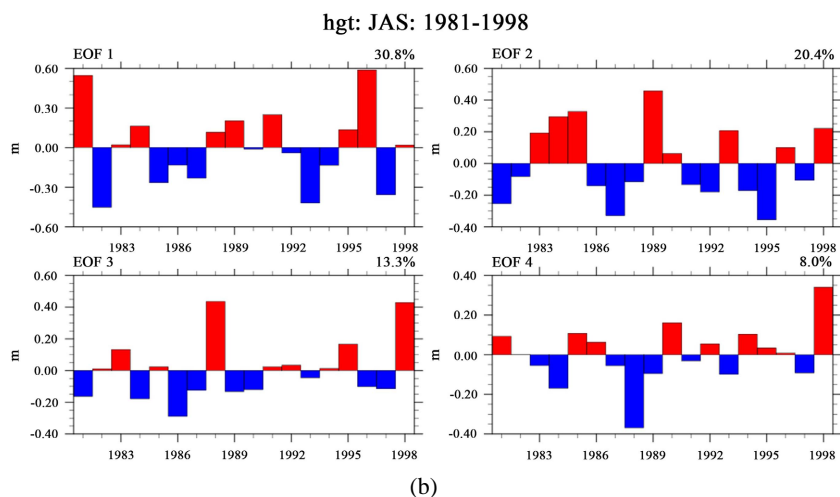
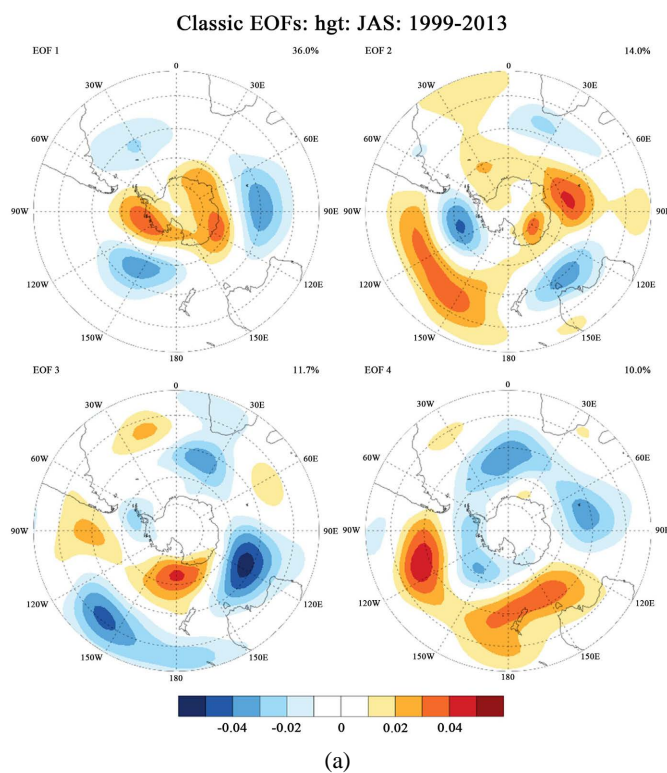


Figure 3. The first 4 modes and corresponding time series of the EOF in the 1981~1998 potential height distance flat field

图 3. 1981~1998 年位势高度距平场 EOF 的前 4 模态及其对应时间序列

图 3 可以得出, 1981~1998 年位势高度距平场 EOF 的前 3 模态的方差贡献分别为 30.8%, 20.4% 和 13.3%, 前 2 模态累计方差为 51.2%, 前 3 模态累计方差贡献为 64.5%。前 2 模态的方差贡献超过 50%, 前 3 模态的方差贡献超过 60%。说明年代际尺度下南极冷空气活动以前 3 模态为主。第 1 模态澳大利亚南侧为负位相, 南印度洋和非洲南侧也有负向位, 但没有澳大利亚南侧明显。南极大陆为正位相。第 2 模态类似于 1958~2016 年第 2 模态的位相分部, 在南太平洋有明显的“正”“负”“正”相位。

2.4. 500 hPa 南半球冬季 EOF 分析(1999~2013)



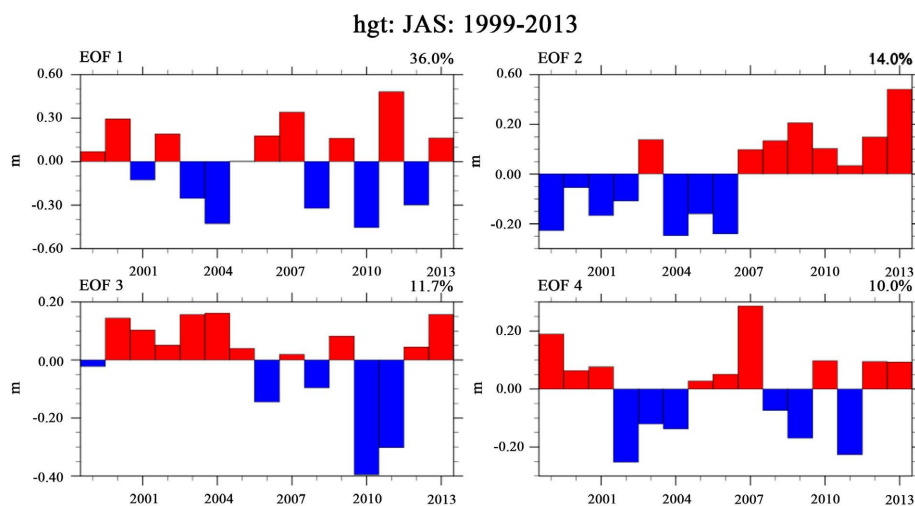


Figure 4. The first 4 modes and corresponding time series of the EOF in the 1999~2013 potential height distance flat field

图 4. 1999~2013 年位势高度距平场 EOF 的前 4 模态及其对应时间序列

图 4 可以得出, 1999~2013 年位势高度距平场 EOF 的前 3 模态的方差贡献分别为 36%, 14% 和 11.7%, 前 2 模态累计方差为 50%, 前 3 模态累计方差贡献为 61.7%。同样, 前 2 模态的方差贡献超过 50%, 前 3 模态的方差贡献超过 60%。说明年代际尺度下南极冷空气活动以前 3 模态为主。第 1 模态南印度洋、南太平洋为负位相, 南美东南侧也有负位相, 但是并不明显。南极极区呈现正位相, 分布具有空间不对称性。第二模态整体位相正值区域大于负值区域, 在南印度洋靠近南极大陆有明显的正位相。澳大利亚南侧为负的位相, 南太平洋呈现“正”“负”的分布。

3. 时间序列的小波分析

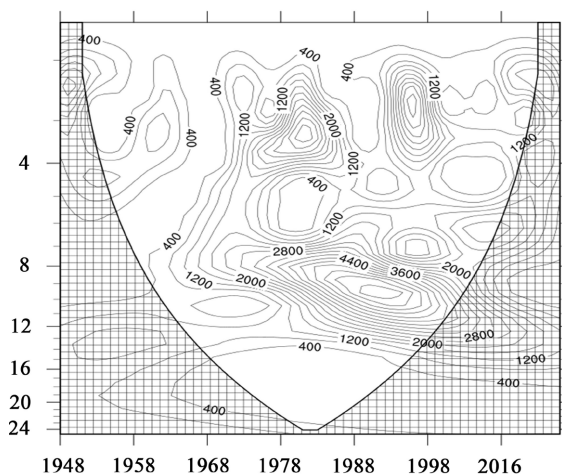


Figure 5. Wavelet analysis of 1948~2016 hPa potential height distance flat (Longitudinal axis for cycle, transverse axis for year)

图 5. 1948~2016 年 500 hPa 位势高度距平的小波分析(纵轴为周期, 横轴为年份)

为进一步从时间角度分析南极地区的变化特征和周期变化规律, 对上文中 1948~2016 年南极极涡 EOF 分析的主成分时间序列进行小波分析(图 5)。图中可以看出: 1978 年和 1997 年附近有明显的 2~3 年

周期变化特征, 1988~1998 年之间有明显的 8~10 年周期变化特征。可以看出年代际背景下主要是 8~10 年的周期变化, 年际背景下时 2~3 年变化特征。

4. 相关分析

不同年代际背景下, 对应太平洋不同的 PDO 的相位影响。图 6~9 是 1958~2016、1958~1980、1981~1998、1999~2013 年的距平场进行 EOF 分析第一模态时间序列与同期赤道 v 分量的相关分析。

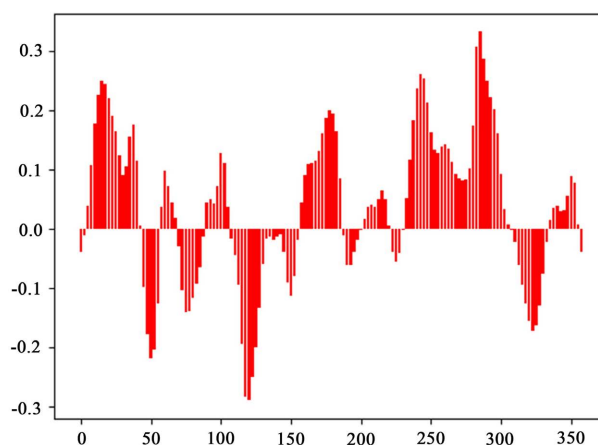


Figure 6. Correlation analysis of 1958~2016 PC1 and equatorial v components in the same period

图 6. 1958~2016 PC1 与赤道 v 分量同期相关分析

第一模态的相关系数分布性呈现不对称性。由于 EOF 第一模态南极的相位为负, 南印度洋的相位为正, 因此当相关系数为负值区间, 对应南印度洋为冷空气活跃区域。结合越赤道气流空间分布, 索马里、孟加拉湾、中国南海、西北太平洋、新几内亚和南美洲附近的位置都呈现明显的正相关, 而这些区域都是越赤道气流明显活跃的区域。年代际背景下, 相关系数最大的区域为索马里和中国南海区域, 其次为孟加拉湾和南美洲。西半球在南美洲附近, 年代际背景下也有明显的越赤道气流, 且与南极冷空气的活动密切相关。

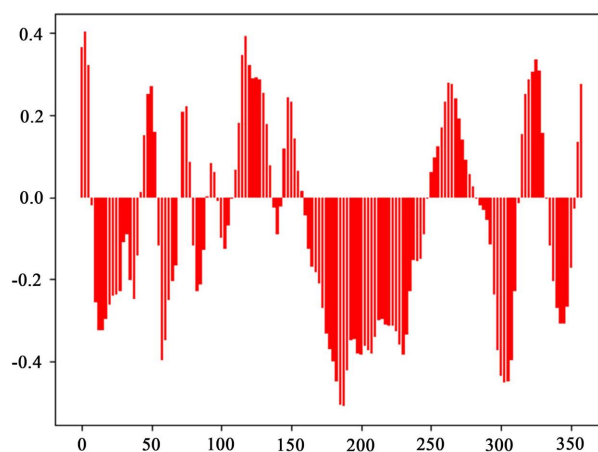


Figure 7. Correlation analysis of 1958~1980 PC1 and equatorial v components in the same period

图 7. 1958~1980 PC1 与赤道 v 分量同期相关分析

1958~1980 年 PC1 与越赤道气流的同期相关可以看出, 年际背景下, 东半球越赤道气流年际背景下活跃的区域对应的第一模态的相关性并不十分明显。而西半球在赤道东太平洋, 南美洲附近却能看出明显的负相关的区域。南印度洋 EOF 第一模态空间分布为负相位, 对应为冷空气活跃区域, 同期相关为正, 且东半球在印度洋海区分布较集中。

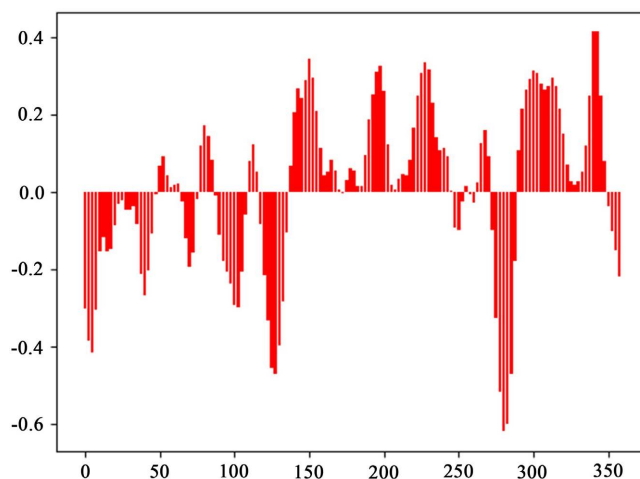


Figure 8. Correlation analysis of 1981~1998 PC2 and equatorial v components in the same period

图 8. 1981~1998 PC1 与赤道 v 分量同期相关分析

1981~1998 年第 1 模态与赤道 v 分量相关系数的分布有 3 个明显的节点, 分别位于 130°E、80°W、100°W、120°W, 每个节点对应着相位的突变。在加勒比海附近达到最大值, 东半球区域相关性呈现区域一致性。在整个太平洋区域, 整体呈现相关一致性, 虽然相关程度差异较大, 但整体呈现一致性。结合 EOF 空间分布图澳大利亚以南的冷空气最强, 整个南印度洋海域直至非洲南部都在负的位势高度异常场中, 对应同期相关系数结果却不明显。笔者分析应当是南极极涡的正的振幅抵消了南印度洋较弱的振幅导致。

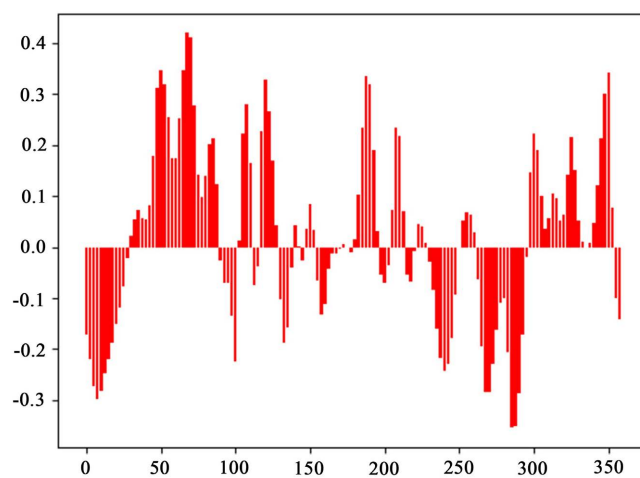


Figure 9. Correlation analysis of 1999~2013 PC1 and equatorial v components in the same period

图 9. 1999~2013 PC1 与赤道 v 分量同期相关分析

1999~2013年第1模态与赤道v分量同其相关来看,东半球相关区域突出,主要在30°E~90°E附近,该区域呈现相关一致性,而且在70°E附近相关系数达到了最大值,是整个赤道相关系数最大的位置。结合EOF的第一模态空间分布,南印度洋区域冷空气最强,相应区域的相关系数也达到最大,南大西洋也有一个弱的冷空气源地,相应也对应一个相关性强的区域。南太平洋虽然冷空气也很明显,但由于极涡的抵消作用,相关程度并不明显。

5. 结论

分析南半球500 hPa冬季EOF四个时段,南印度洋区域的信号最强。分别对1958~2016、1958~1980、1981~1998、1999~2013年南极极涡地区的500 hPa位势高度异常场进行EOF分解,取第一模态时间序列与同时期越赤道气流v分量做相关分析,用以分析不同年际背景下的南半球对北半球热带西北太平洋的影响。研究发现:

1) 在年代际背景下,南极冷空气活动存在多模态的异常特征,南极极涡地区的冷空气活动与索马里、中国南海区域向北越赤道气流有明显的正相关关系。

2) 小波分析的结论是位势高度场年代际背景下主要是8~10年的年代际周期变化,以及2~3年变化年际特征。空间分布上,越赤道气流较强的区域与南印度洋位势高度异常有明显的正相关。这也说明南半球冷空气对南北半球越赤道气流有明显的影响。

参考文献

- [1] 彭维耿, 蒋尚城. 越赤道气流特征及其年际变化特征初探[J]. 热带海洋学报, 2003, 19(1): 87-93.
- [2] 李宪之. 寒潮·台风·灾害[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 9.
- [3] 全国热带夏季风学术会议评论文集组. 全国热带夏季风学术会议文集[M]. 云南: 云南出版社, 1981: 39-47.
- [4] 王继志. 源于澳洲的过赤道气流与中国季风环流和降水[J]. 大气科学, 1982, 6(1): 1-9.
- [5] 孙淑清. 东亚大尺度低空急流的背景场与东半球的越赤道气流[J]. 气象学报, 1986, 44(1): 55-62.
- [6] 王作述, 何诗秀. 南海至西太平洋一带夏季低空越赤道气流和季风初步研究[J]. 气象学报, 1979, 37(4): 67-77.
- [7] An, X., Yong, S., Xia, L., et al. (1998) The Inter Annual Variations of the Summer Monsoon Onset Over the South China Sea. *Theoretical and Applied Climatology*, **59**, 201-213. <https://doi.org/10.1007/s007040050024>
- [8] Trenberth, K.E. and Hurrelle, J.W. (1994) Decadal Atmosphere-Ocean Variations in the Pacific. *Climate Dynamics*, **9**, 303-316. <https://doi.org/10.1007/BF00204745>
- [9] Graham. N.E. (1994) Decadal-Scale Climate Variability in the Tropical and North Pacific during the 1970s and 1980s: Observations and Model Results. *Climate Dynamics*, **9**, 135-162. <https://doi.org/10.1007/BF00210626>
- [10] Deser, C. and Blackmon, M.L. (1993) Surface Climate Variations over the North Atlantic Ocean during Winter, 1900-1989. *Journal of Climate*, **6**, 1743-1753. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1993\)006<1743:SCVOTN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1993)006<1743:SCVOTN>2.0.CO;2)
- [11] Kushnir, Y. (1994) Interdecadal Variations in the North Atlantic Sea-Surface Temperature and Associated Atmospheric Conditions. *Journal of Climate*, **7**, 141-157. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1994\)007<0141:IVINAS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1994)007<0141:IVINAS>2.0.CO;2)
- [12] Mysak, L.A., Manak, D.K. and Mavsdén, R.F. (1990) Sea-Ice Anomalies Observed in the Greenland and Labrador Sea during 1901-1984 and Their Relation to an Interdecadal Arctic Climate Cycle. *Climate Dynamics*, **5**, 111-123. <https://doi.org/10.1007/BF00207426>
- [13] Hill, B.T. and Jones, S. (1990) The New Found Land Ice Extent and the Solar Cycle from 1860 to 1988. *Journal of Geophysical Research*, **95**, 5385-5394. <https://doi.org/10.1029/JC095iC04p05385>