

文章编号: 1004-4574(2007)05-0059-06

近 48年来广东春旱的变化

纪忠萍¹, 谷德军², 易爱明¹, 方一川¹, 梁玉琼¹, 谢炯光¹

(1. 广州中心气象台, 广东 广州 510080; 2. 中国气象局广州热带海洋气象研究所 热带季风重点实验室, 广东 广州 510080)

摘要: 为了更好地做好广东省春旱的短期气候预测, 用 EOF 分析、小波分析和相关分析等方法, 对近 48 年 (1957-2004 年) 来广东受害较大的春旱 (2-5 月) 的变化规律及其成因进行了研究。结果表明, 广东春季降水具有明显的 2-3 年和 4 年左右的年际变化以及 36 年左右的年代际变化。春旱主要发生在 1960-1971 年和 1994-2004 年, 20 世纪 90 年代以来严重春旱的发生呈增多趋势。1976/1977 年之后, 阶段性的冷与涝、暖与旱相对应, 而其之前的这一相关性则不好。广东春季降水的异常主要与极涡、西太平洋副热带高压的强弱、亚洲大陆及其以北的 500 hPa 环流异常有关。异常春旱年 500 hPa 同期环流场上极涡较强, 偏向鄂霍次克海, 亚洲大陆及其以北为明显的正高度距平, 冷空气的活动偏强, 副高偏东偏弱。850 hPa 流场上广东到南海盛行偏北气流, 不利于降水的产生。异常涝年的情况则基本相反。

关键词: 春旱; 变化规律; 成因

中图分类号: P426.61⁺.4

文献标识码: A

Variation of spring drought in Guangdong Province in recent 48 years

Ji Zhong-ping¹, Gu De-jun², Yi Ai-ming¹, Fang Yi-chuan¹, Liang Yu-qiong¹, Xie Jiong-guang¹

(1. Guangzhou Central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080, China; 2. Guangzhou Institute of Tropical and Marine Meteorology, Guangzhou 510080, China)

Abstract For best doing the short-range climate forecast of the spring drought happening in Guangdong using EOF, wavelet transform and correlation analysis, the variation characteristics and cause of spring drought that have high-impact on Guangdong in recent 48 years (1957-2004) are studied. The results show that the spring rainfall in Guangdong exhibits significant interannual variation of about 2-3 years and 4 years period, and interdecadal variation of 36 years period. The spring drought happened mainly from 1960 to 1971, and from 1994 to 2004. The serious spring drought has an increasing trend since 1990s. There was a good staged correspondence between cold and flooding as well as between warm and drought after 1976/1977, and the relationship is not good before that time. The anomaly of precipitation in Guangdong has close relationship with the intensity of polar vortex in north hemisphere, subtropical high in Northwest Pacific, and the 500hPa circulation anomalies in Asia and north of Asia. In anomalous spring drought year, the polar vortex is strong and leans toward Okhotsk, and positive height anomalies is significant in Asian and north of Asia at 500 hPa, the cold air is strong in Guangdong, and north wind prevails from Guangdong to South China Sea (SCS) at 850hPa during the same period. All these reasons do not benefit to rainfall. The situation is contrary in flooding year.

Keywords spring drought; variation regularity; cause

收稿日期: 2005-10-10 修订日期: 2006-04-10

基金项目: 广东省气象局气象科研课题资助项目 (200519); 广东省科技三项经费计划项目 (2006A36503001); 广东省计划项目 (2005B32601007); 广东省科技计划项目 (2007A032600002)

作者简介: 纪忠萍 (1967-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事中期预报与短期气候诊断分析与预测的研究。E-mail: jzpq@tyb.com.cn

干旱及沙漠化是两个越来越为人们关注的世界性问题,也是我国重要的气候灾害。广东省位于我国大陆最南端,虽然每年雨水都较充沛,但年际变率大,年内分布也不均匀,一年四季都可能干旱出现,但各个时期出现的干旱对农业生产的影响是不同的,春旱是其中危害较大的一种^[1]。春季是春耕春种的大忙季节,若当年春季雨水均匀,就能按时完成种植计划,作物也能正常生长。若出现春旱,就会影响种植计划的完成或耽误季节,已种下的作物也可因缺水造成减产或失收。2002-2004年广东又遭受严重干旱影响,春旱也特别严重,省内大部分地区处于重旱到极旱状态,对广东省的国民经济的发展影响极大。因此加强春旱的变化规律研究并了解其形成原因、寻找其前兆信号并能在业务上做出预报,就是一个十分迫切和重要的工作。

由于干旱是我国重大的灾害性天气气候问题,近年来国内在干旱气候特征、成因及其变化趋势、干旱前期信号及其预测技术等方面都取得了不少进展^[2-8]。广东省近年来在旱涝变化和预测研究上也取得了不少成绩。如林爱兰^[9]研究了近40a华南夏季旱涝变化并对趋势作出预测,谢炯光^[10]对广东省前汛期降水分布趋势进行分析与预测,贺海晏^[11]研究了近40a广东省的旱涝特征,梁建茵等^[12]研究了夏季广东降水异常变化与夏季风,谢炯光等^[13]研究了西北太平洋海温与广东省汛期降水的关系,梁建茵等^[14]对广东省汛期旱涝成因和前期影响因子进行了探讨,林爱兰^[15]等研究了广东前汛期月降水异常的强信号并给出了预测的概念模型。所有这些研究主要集中在前后汛期旱涝上,而对广东危害较大的春旱(2-5月)研究较少。因此本文从研究春旱变化规律出发,研究近40多年以来它们的年际、年代际变化及其与冷暖变化的关系,并对其同期的大气环流场进行分析,以了解其形成原因,为短期气候预测提供依据。

1 资料与方法

采用1957-2004年共48a广东19个代表站逐月降水资料,NCEP/NCAR全球 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的月平均资料^[16]。广东逐月降水资料来自广东省气候中心。

对广东19个代表站春季(2-5月)降水进行EOF分析,取第一主分量对应的时间系数作为广东春季降水时间序列,来分析广东春旱的变化特征、形成的主要原因。所用的主要方法有墨西哥帽小波分析、相关分析、合成分析等。

2 广东春旱的变化特征及与冷暖的关系

2.1 广东春旱的变化特征

对1957-2004年广东春季(2-5月)降水距平场进行EOF分析,第一主分量的方差贡献达66%,表明广东春季雨量具有相当的同步性。其主要的分布特点(图略)为全省各地为一致的正距平分布,大小相近,反映了广东春季降水量变化的一致性。

第一主分量反映了春季降水的主要时空分布结构,而其时间系数(EOF1)则代表了该空间分布型随时间的变化特征。图1为第一特征向量场对应的标准化时间系数及其9点二项式滤波曲线。9点平滑曲线更好地反映了年代际变化特征。可见,春季雨量具有十分明显的年代际变化。1970年代中期到1990年代初为

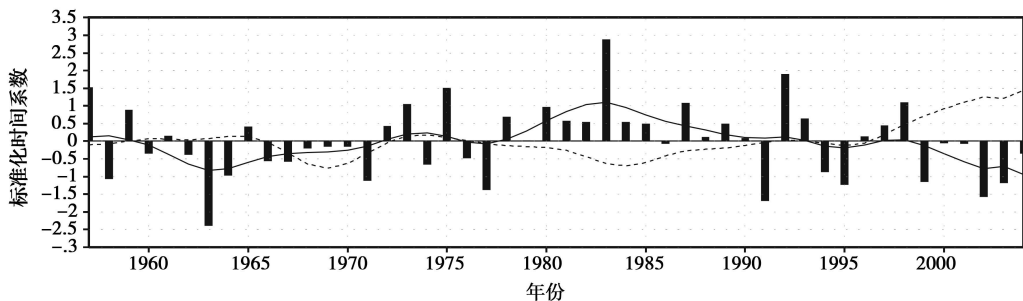


图 1 广东春季降水 EOF1 的标准化主分量 PC1 变化及 9 点二项式平滑滤波 (实线: 降水, 虚线: 气温)

Fig 1 Normalized principal component PC1 (bar) of spring (FMAM) rainfall EOF1 in Guangdong and its 9-point Gaussian running mean (solid line) and normalized monthly air temperature (dash line) in the same period

相对多雨期, 1960-1970年代初、1990年代中~2004年为相对干旱期。从图还可见, 春季雨量还具有十分明显的年际变化。EOF1标准化时间系数 ≤ -1 有 9 a 1958, 1963, 1971, 1977, 1991, 1995, 1999, 2002, 2003, 其中处于多雨与干旱的转换阶段的 6 a 大旱之后多对应后一年为大涝或正常, 如 1958年大旱对应 1959年偏涝年, 1971年大旱对应 1972年偏涝年, 1977年大旱对应 1978年偏涝, 1991年大旱对应 1992年大涝, 1995年大旱对应 1996年雨量正常略多, 1999年大旱对应 2000年雨量正常略少。另外, 处于干旱阶段中间的 1963, 2002年对应其后一年为大旱或偏旱年。故从上面的分析可知, 春季降水具有明显的年际和年代际变化, 处于旱涝转折阶段的大旱多对应下一年大涝或正常, 而处于干旱阶段中间的大旱年对应下一年大旱或偏旱。

图 2(a)为第一特征向量场对应时间系数的小波分析。可见, 广东的春季降水具有明显的 36 a左右的年代际变化, 1960-1970年代初、1990年代中~2004的春旱发生在该年代际变化的负位相中。另外还可见, 春季降水还具有明显的准 2~3 a 4 a 7 a左右的年际变化。功率谱分析(图 2(b))表明, 主要周期仍为 32 a 4 a 2.7 a 通过 95% 信度检验的主要周期为 32 a。由于功率谱在低频部分分辨率较低, 32 a的主要周期与小波系数图上 36 a的主要周期基本上是一致的, 故广东春季降水存在明显的 36 a左右的年代际周期变化, 还存在 2~3 a 4 a左右的年际变化周期。2~3 a的周期变化是大气准两年振荡(QBO)的体现, 而 36 a 4 a左右的周期与副高、PDO(Pacific interdecadal oscillation)指数的主要周期^[17]是一致的, 它们可能是海-气相互作用的反映。

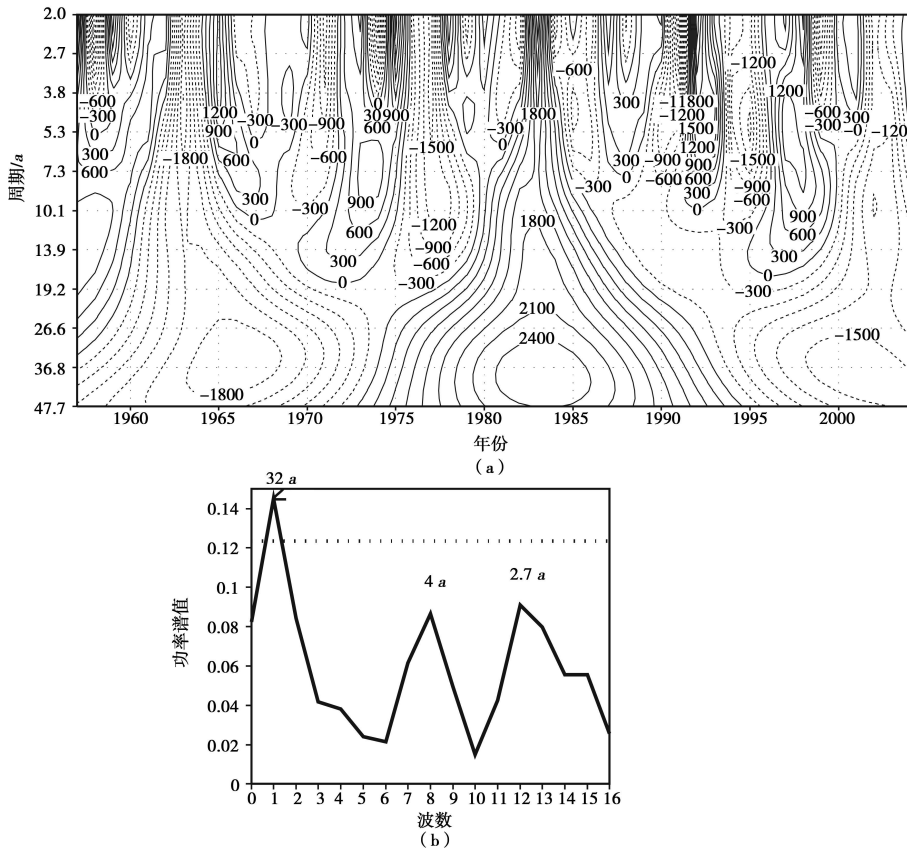


图 2 广东春季降水 EOF1的主分量 PC1的小波分析 (a) 及其功率谱分析 (b)
 Fig 2 Wavelet transform coefficient (a) and the power spectrum analysis (b) of principal component PC1 of spring (FMAM) rainfall EOF1 in Guangdong

2.2 与春季冷暖变化的关系

对 1957-2004年广东 2-5月春季气温距平场进行 EOF分析, 第一主分量的方差贡献达 93.3%, 而且空间分布比较均匀, 表明广东各地气温的变化具有较好的一致性。第一主分量对应的时间系数与广东 19站 2-5月平均气温的相关系数高达 0.9996, 两者的变化趋势基本完全一致。故可用广东 19站 2-5月平均气温的变化代表广东气温的变化。

图 1(a)中虚线为广东 2-5月平均气温的 9点二项式平滑滤波变化。可见, 春季气温也具有明显的年

代际变化, 出现两次明显的偏冷时段为 1960年代后期到 1970年代初, 1970年代末到 1980年代, 分别与干旱的末期、大涝相对应; 出现明显的偏暖时段为 1997- 2004年, 对应明显的春旱。1960年代前中期的干旱与气温正常略高相对应。从图还可见, 1976/1977年之后, 阶段性的冷涝、暖旱相对应, 而之前关系不太好。求 1976年之前 后两原始序列之间的相关系数分别为: $-0.00769(n=20)$, $-0.482(n=28)$, 9点滑动平均之后两序列之间的相关分别为: 0.09375 - 0.888 前者几乎无相关, 后者远通过 99%的显著性检验。

2.3 异常旱涝年的确定

定义 EOF1 标准化时间系数的绝对值 ≥ 1 , 为旱 (涝) 异常严重的年份, 那么 EOF1 标准化时间系数 ≤ -1 有 9 a 1958, 1963, 1971, 1977, 1991, 1995, 1999, 2002, 2003年, 标准化时间系数 ≥ 1 有 7 a 1957, 1973, 1975, 1983, 1987, 1992, 1998年。其中 9个异常旱年中, 全省 19个代表站至少有 17站降水距平百分率为负, 且有 12站以上降水距平百分率 $\leq -20\%$ 。它们中 EOF1 标准化时间系数最小的 4 a 依次为 1963, 1991, 2002, 1977年, 也为旱情最严重的几年。如 1963年为 1957年以来干旱最严重的一年, 全省 19个代表站有 15站偏少 6成以上, 其余 4站偏少 4~ 6成; 1991年为次严重旱年, 全省有 13站偏少 5成以上, 6站偏少 2~ 5成; 其余 2 a 至少有 18站偏少 2成以上, 其中有 15站偏少 3成以上。异常涝年中 EOF1 标准化时间系数最大的为 1983年, 其次为 1992年。1983年全省有 16站偏多 5成以上, 2站偏多 3~ 4成, 为 1957年以来春涝最严重的一年; 1992年有 11站偏多 5成以上, 8站偏多 3~ 4成, 为 1957年以来的春涝次严重年。可见所定义的异常旱涝年具有一定的代表性, 用 EOF1 时间系数能很好地反映实际的旱涝情况。另外还可见, 异常干旱 9年中有 5 a 发生在 1990年代以后, 说明 1990年代以来严重春旱的发生呈增多的趋势。

3 广东春旱与同期大气环流场的关系

大气环流异常是干旱产生的直接原因。很多研究表明, 干旱过程往往是某种状态的异常环流型持续发展 and 长期维持的结果^[18-20]。广东干旱发生与同期 500 hPa 高度场的关系如何? 图 3 为广东春季降水与同期 500 hPa 高度场的相关系数分布图。可见, 春季降水与东半球 500 hPa 高度场显著的负相关区在 $20^{\circ}\text{N} - 40^{\circ}\text{N}$, $65^{\circ}\text{E} - 120^{\circ}\text{E}$ 的亚洲中低纬度地区, 另外在高纬 ($62^{\circ}\text{N} - 72^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\text{E} - 135^{\circ}\text{E}$) 雅库次克及以东附近还有一明显的正相关区 (可通过 90% 显著性检验)。主要反映了广东春季降水的异常主要与亚洲中低纬度环流的异常及极涡在东半球的强弱有关。

为了更清楚地了解广东旱涝所对应的同期 500hPa 高度场异常特征, 利用上文所选的异常春旱与春涝年作对比分析, 以了解广东旱涝年大气环流的差异。

图 4 给出了异常春旱年 (1958, 1963, 1971, 1977, 1991, 1995, 1999, 2002, 2003) 和异常春涝年 (1957, 1973, 1975, 1983, 1987, 1992, 1998年) 同期 500 hPa 高度合成平均场及其距平场分布。可见, 距平场的分布与所求主要相关区的分布基本上是相似的, 主要有

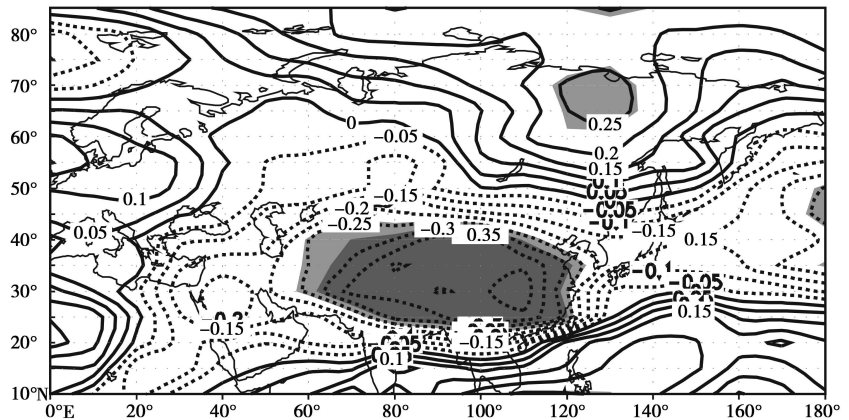


图 3 广东春季降水 EOF1 的主分量 PC1 与同期 500hPa 高度场的相关 (深色阴影区为通过 0.05 显著性水平, 浅色为 0.1 显著性水平)

Fig 3 Correlation coefficient between principal component PC1 of spring (FMAM) rainfall EOF1 in Guangdong and 500hPa geopotential height in the same period (light and dark shaded for 0.1 and 0.05 significance level)

以下几个特点: (1) 从 40°E 以东的的极地高纬伸向鄂霍次克海的距平分布完全相反, 异常春旱为大范围的负距平, 而涝年为正距平。反映异常春旱年, 极涡偏强, 偏向鄂霍次克海, 而涝年相反。(2) 亚洲大陆 ($20^{\circ}\text{N} \sim 50^{\circ}\text{N}$, $30^{\circ}\text{E} \sim 120^{\circ}\text{E}$) 及巴尔喀什湖以北 (新西伯利亚) - 贝加尔湖 ($50^{\circ}\text{N} \sim 65^{\circ}\text{N}$, $70^{\circ}\text{E} \sim 110^{\circ}\text{E}$) 的距平分

布完全相反,异常旱年为大范围的正距平区。表示异常旱年位于巴尔喀什湖到贝加尔湖及我国的 500 hPa 高压脊偏强,影响我国的冷空气活动偏强。而异常涝年则相反。(3)异常旱年,50°N 以南从中纬度到低纬度热带地区一直为高度正距平,而异常涝年 22~50°N 为负距平,22°N 以南的热带低纬度为正距平,说明低纬度热带系统的活动也较强。图中异常旱年,西北太平洋副热带高压偏东偏弱,仅西伸到菲律宾附近,而异常涝年副高偏强偏西,西伸到南海到越南南部。故从上面的分析可见,异常旱年,极涡偏强,偏向鄂霍次克海,位于巴尔喀什湖到贝加尔湖及我国的 500 hPa 高压脊偏强,影响广东的冷空气活动偏强,副高偏东偏弱,从而导致干燥少雨;而异常涝年,极涡偏弱,冷空气活动偏弱,副高偏强,西伸到南海到越南南部,广东处于副高西北侧的西南气流中,与南下的弱冷空气长时间的对峙,从而造成异常多雨。

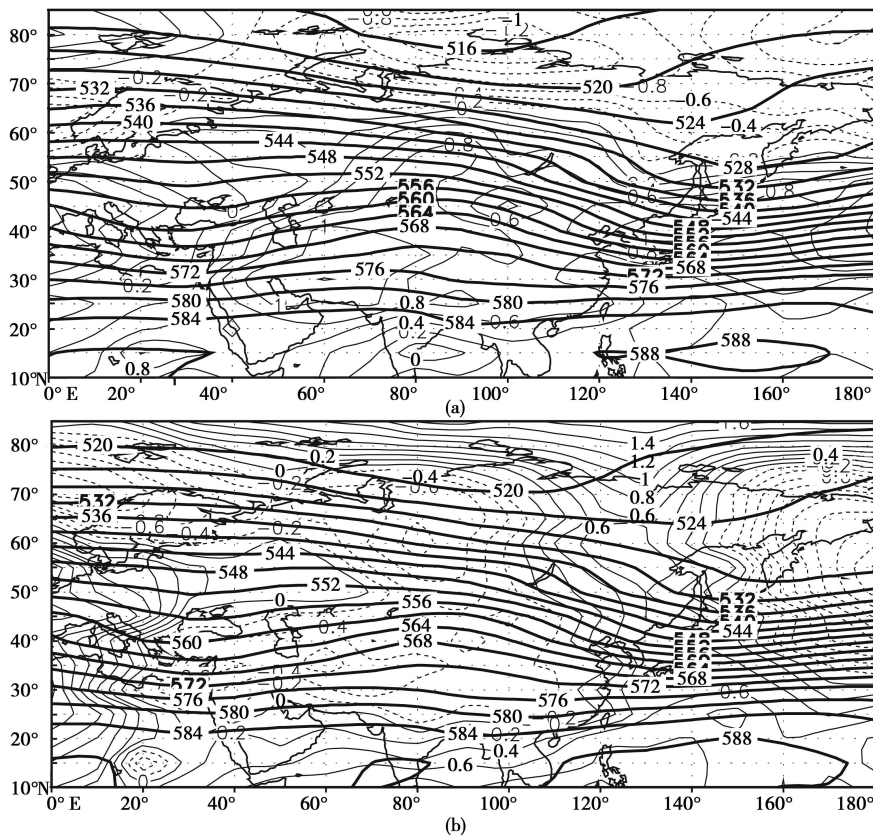


图 4 广东春季异常旱 (a)、涝年 (b) 同期 500 hPa 高度合成场及其距平场 ($\times 10\text{gpm}$)

Fig 4 Composite FMAM 500 hPa geopotential height and its anomalies corresponding to drought year (a) and flood year (b) (Unit 10gpm)

图 5 为异常旱涝年春季平均的 850 hPa 流场的合成距平场,可见异常旱年,菲律宾以东洋面为一个异常的气旋式环流控制,江南到华南盛行两股偏北气流,一股来自该青藏高原的西北气流,另一股来自菲律宾以东洋面的气旋式环流东侧的东北气流,该两股偏北一直吹到南海、中南半岛,孟加拉湾也为该两股气流的转向气流控制,水汽来源被阻断。这也说明由于冬季风过强,副高偏弱,不利于降水的产生,从而造成了华南春旱。而异常涝年,菲律宾以东洋面为一个异常的反气旋环流中心控制,广东处于该反气旋式环流的西北缘,强劲的西南风给广东带来更多的水汽;而江南到华南北部盛行偏北气流,冷暖空气交汇,从而产生较多的降水,造成广东春季多雨。

4 结论

(1) 广东春季降水具有明显的 2~3 a 4 a 左右的年际变化和 36 a 左右的年代际变化。1990 年代以来严重春旱的发生呈增多的趋势。

(2) 1976/1977 年之后,阶段性的冷与涝、暖与旱相对应,而之前关系不太好。

(3) 广东春季降水的异常主要与极涡、西太平副热带高压的强弱、亚洲大陆及其以北的环流异常有关。

异常春旱年 500 hPa 同期环流场上极涡较强, 偏向鄂霍次克海, 亚洲大陆及其以北为明显的正高度距平, 冷空气的活动偏强, 副高偏东偏弱。850 hPa 流场上广东到南海盛行偏北气流, 不利于降水的产生。异常涝年基本相反。

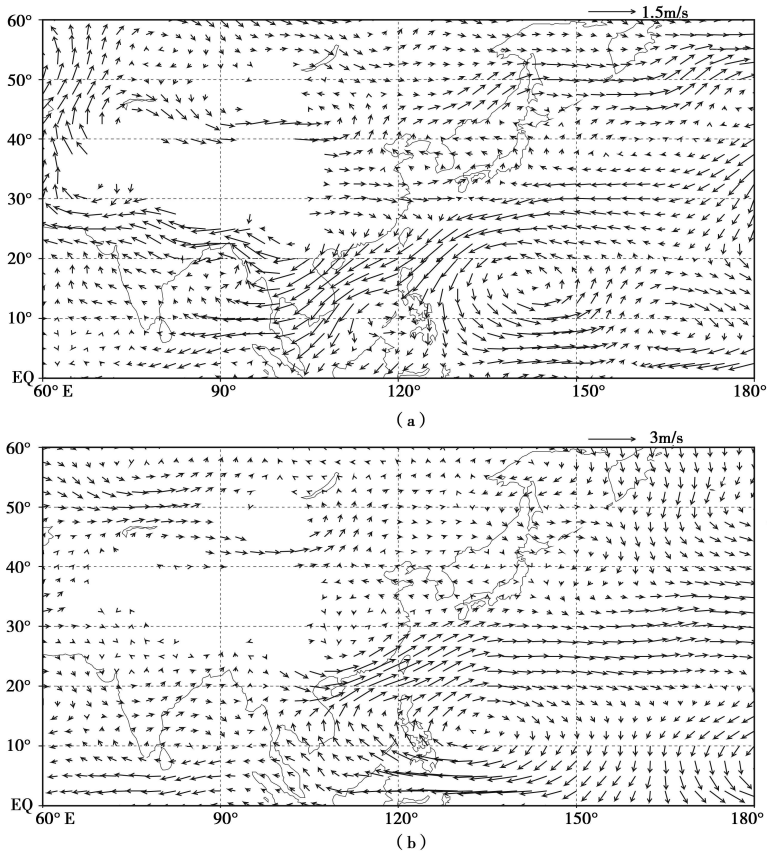


图 5 异常旱年 (a)、涝年 (b) 2-5 月平均的 850 hPa 风场的合成距平场 (m/s)
 Fig 5 Composite FMAM 850 hPa wind anomalies from February to May corresponding to the drought year (a) and the flood year (b)

参考文献:

[1] 广东省气象局资料室. 广东气候 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1987: 137- 147
 [2] 徐祥德, 吴正华. 华北干旱预报研究进展 [M]. 北京: 气象出版社, 1991: 1- 128
 [3] 张庆云. 1880 年以来华北降水及水资源的变化 [J]. 高原气象, 1999, 18(4): 486- 495.
 [4] 孙淑清. 近五十年来华北地区旱涝特征与全球变化的研究及对未来趋势的探讨 [J]. 高原气象, 1999, 18(4): 541- 551
 [5] 章芳, 苏炳凯. 我国北方干旱化趋势预测 [J]. 高原气象, 2002, 21(5): 479- 487
 [6] 王志伟, 翟盛茂. 中国北方近 50 年干旱变化特征 [J]. 地理学报, 2003, 58卷 (增刊): 61- 68.
 [7] 卫捷, 张庆云, 陶诗言. 近 20 年华北地区干旱期大气环流异常特征 [J]. 应用气象学报, 2003, 14(2): 140- 151
 [8] 魏凤英, 张京江. 华北地区干旱的气候背景及其前兆强信号 [J]. 气象学报, 2003, 61(3): 354- 363.
 [9] 林爱兰, 吴尚森. 近 40 年华南夏季旱涝变化及趋势预测 [J]. 热带气象学报, 1996, 12(2): 160- 166
 [10] 谢炯光. 广东省前汛期降水分布趋势的分析与预测 [J]. 应用气象学报, 1997, 8(4): 452- 459.
 [11] 贺海晏. 近 40 年广东省的旱涝特征 [J]. 热带气象学报, 1998, 14(4): 297- 305
 [12] 梁建茵, 吴尚森. 夏季广东降水异常变化与夏季风 [J]. 热带气象学报, 1999, 15(1): 38- 47
 [13] 谢炯光, 纪忠萍. 西北太平洋海温与广东省汛期降水的关系 [J]. 热带气象学报, 1999, 15(1): 56- 63.
 [14] 梁建茵, 吴尚森. 广东省汛期旱涝成因和前期影响因子探讨 [J]. 热带气象学报, 2001, 17(2): 97- 108.
 [15] 林爱兰. 广东前汛期月降水异常的强信号研究及预测概念模型 [J]. 热带气象学报, 2002, 18(3): 219- 226.
 [16] Kalnay E, Kanamitsu M, Kister R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. Bull. Am. Meteor. Soc., 1996, 77: 437- 471
 [17] 纪忠萍, 熊亚丽, 谷德军, 等. 广东汛期开始日期的年际和年代际变化研究 [J]. 大气科学, 2005, 29(2): 292- 300
 [18] 陶诗言, 徐淑英. 夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征 [J]. 气象学报, 1962, 32(1): 1- 10
 [19] 毕慕莹. 近四十年来华北干旱的特点及其成因 [M] / 叶笃正, 黄荣辉. 旱涝气候研究进展. 北京: 气象出版社, 1990: 23- 32
 [20] 卫捷, 张庆云, 陶诗言. 1999 及 2000 年夏季华北严重干旱的物理成因分析 [J]. 大气科学, 2004, 28(1): 125- 136.