

# 珠三角地区近 38 年冬半年降水量变化特征及 干旱成因分析\*

朱铁才, 林文实, 叶坤辉, 徐良韬  
(中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275)

**摘要:** 根据 1970-2008 年珠江三角洲地区 22 个气象观测站逐月降水量资料, 利用滑动平均、EOF 分析和小波分析等方法分析该地区冬半年降水量的变化特征, 并从大气环流场角度分析其干旱成因。结论显示: 珠三角地区冬半年降水量变化分布具有很高的同步性以及明显的 6~7 年周期变化特征, 并且在未来一段时间内冬半年降水量可能仍继续偏少; 从大气环流场来看, 极涡偏弱, 欧洲槽偏强, 巴尔喀什湖附近高压脊偏强, 冷空气活跃, 而中纬度西风带扰动不足, 南支槽活动偏弱, 冷暖空气对峙少, 是造成珠三角地区冬半年干旱的主要原因。

**关键词:** 珠三角地区; 冬半年降水量; 干旱成因

**中图分类号:** P426.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2011) 04-0144-05

## Precipitation Variations and Drought Causes in the Cold Half of the Year in the Pearl River Delta Region during the past 38 Years

ZHU Tiecai, LIN Wenshi, YE Kunhui, XU Liangtao

(School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** Based on the historical records of monthly precipitation from 22 weather stations in the Pearl River Delta region from 1970 to 2008, this paper used running mean, EOF analysis and wavelet analysis to document precipitation variations and drought causes in the cold half of the year. The precipitation variations during the cold half of the year in the Pearl River Delta region show a highly synchronization, with a cycle of 6~7 years. The precipitation in the cold half of the year may reduce in the near future. The main reasons for drought during the cold half of the year in the Pearl River Delta region are weak polar vortex, strong European trough and ridge near the Balkhash Lake, active cold air, inactive westerly wind disturbance in the low-mid latitudes, weak southern branch trough, and less confrontation between cold and warm airs.

**Key words:** the Pearl River Delta region; winter half year's precipitation; drought causes

珠三角地区是广东经济最发达的地区, 属于热带和亚热带季风气候, 全年降水比较丰富。但是, 该地区降水量季节变化较大, 主要集中在汛期 (4-9 月), 约占全年的 80%; 在冬半年 (10 月-次年 3 月), 由于受冬季风的影响, 降水量少且变率大, 当降水量偏少时, 常常出现不同程度的干旱, 甚至出现秋冬春连旱的严重旱情, 造成干旱缺水,

对饮水安全、生态环境和春耕工作等造成一定程度的影响<sup>[1-2]</sup>。姚章民等<sup>[2]</sup>研究指出, 近年来, 珠江干旱出现频率高、持续时间长、波及范围大, 不仅给工农业生产带来严重影响, 使流域经济遭受重大损失, 而且造成供水紧张局面, 引发饮水安全问题。梁必骥等<sup>[3]</sup>认为自 17 世纪以来, 广东 80% 以上的年份发生干旱灾害。例如, 2003-2005 年初

\* 收稿日期: 2010-03-01

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2010CB428504)

作者简介: 朱铁才 (1985 年生), 男, 研究生; 通讯作者: 林文实; E-mail: eeslws@mail.sysu.edu.cn

广东就连续出现了秋冬春连旱的严重旱情, 省内大部分地区处于重旱到极旱状态, 珠三角地区也深受其害。因此, 广东干旱问题近年来引起了许多学者的关注和研究。例如, 刘江龙等<sup>[4]</sup>研究指出, 广东旱灾的致灾因子主要有大气环流异常、厄尔尼诺影响、自然地理环境复杂、社会经济环境多变、水资源分布不均、人类活动不合理、水利工程欠完善等; 张勇等<sup>[5]</sup>根据广东旱灾的气候成因, 提出了多方面的防御对策。

根据世界气象组织的定义, 干旱指在较大范围内相对长期平均水平而言降水减少, 从而导致自然生态系统和雨养农业生产力下降<sup>[6]</sup>。Wilhite 等<sup>[7]</sup>研究指出, 所有类型的干旱都源于降水的缺乏, 当降水缺乏持续一段时间, 干旱就此发生。所以, 干旱问题是与该地区的降水量多少息息相关的。近年来, 较多对广东或者华南地区汛期降水的研究<sup>[8-14]</sup>, 而对于珠三角地区冬半年降水研究则极少, 相关的主要有: 纪忠萍等<sup>[15]</sup>研究指出广东冬半年降水存在显著的准40a、准2a左右的变化周期, 而且与赤道中东太平洋的海温具有明显的正相关, 与菲律宾以东的西北太平洋的海温具有明显的负相关; 李秀珍等<sup>[16]</sup>研究指出输送至华南的水汽秋季主要来源于孟加拉湾及副热带西太平洋, 冬季主要来源于青藏高原南侧的东亚南支偏西风气流, 春季则主要来源于东亚南支偏西风气流及热带西太平洋海区。因此, 研究珠三角地区冬半年的降水变化特征是有必要的。本文将主要研究珠三角地区冬半年降水量的变化特征, 以及分析降水量偏少年份一特征向量值全部为正值, 且大小相近, 是典型的

的大气环流场特征, 以探寻珠三角地区干旱的成因。

## 1 资料与方法

本文所用资料主要包括: ① 1970-2008年珠江三角洲地区22个气象观测站的逐月降水量资料。这些站点包括三水、花都、从化、广州、南海、东莞、龙门、增城、博罗、惠阳、鹤山、开平、新会、台山、顺德、番禺、中山、斗门、珠海、惠东、深圳和上川岛等。② NCEP/NCAR再分析资料的全球1970-2008年逐月平均500 hPa位势高度场和850 hPa风场, 水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

采用的主要方法有滑动平均、主分量分析(EOF)和小波分析等<sup>[17-18]</sup>。

## 2 冬半年降水量变化分布特征

对1970-2007年珠三角地区22个气象站冬半年(10月-次年3月)降水量的距平分布进行EOF分析, 得到前三个主分量的方差贡献率依次为85.1%、6.0%、3.0%, 累积方差贡献率已达到94.1%, 收敛速度很快, 表明前3个主分量已经给出了珠三角地区冬半年降水量变化的大部分信息。

如图1(a)、(b)、(c)所示, 珠三角地区冬半年降水量变化分布类型主要包括一致型、南北差异型和东西差异型。如图1(a)所示, 第一特征向量分布为一致型, 所占方差贡献率为85.1%, 是珠三角地区冬半年降水量变化最主要的分布类型。第一一致型分布, 表明珠三角地区冬半年降水量变化分

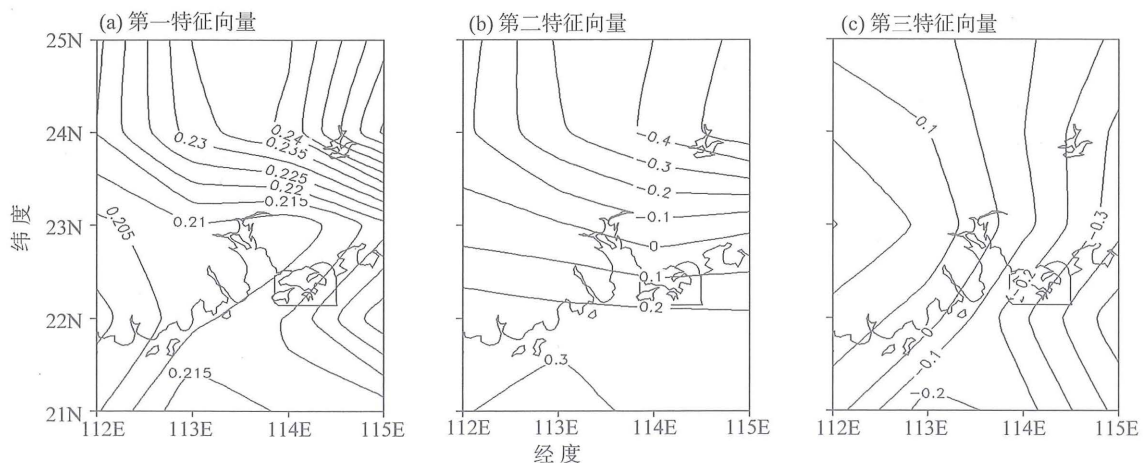


图1 1970-2007年珠三角地区冬半年降水量距平第一至三特征向量图

Fig. 1 Diagram showing the first to third eigenvectors of precipitation anomaly for the cold half of the year in the Pearl River Delta from 1970 to 2007

布具有很高的同步性。如图 1(b) 所示, 第二特征向量分布为南北差异型, 所占方差贡献率为 6.0%。第二特征向量值表现为南正北负, 而且相差较大, 表明珠三角地区冬半年降水量变化分布有可能出现南北不一致的情况。如图 1(c) 所示, 第三特征向量分布为东西差异型, 所占方差贡献率为 3.0%。第三特征向量值表现为西正东负, 而且相差也比较大, 表明珠三角地区冬半年降水量变化分布存在出现东西不一致的可能性。综上所述, 珠三角地区冬半年降水量变化分布一般是一致的, 但也存在南北差异和东西差异的可能性。

### 3 冬半年降水量变化趋势分析

对 1970 - 2007 年冬半年珠三角地区 22 个气象站平均降水量的距平分布进行五点滑动平均分析和小波分析, 分别见图 2 和图 3 所示。

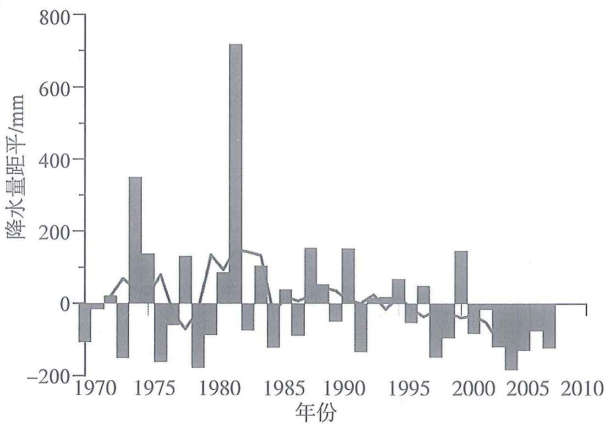


图 2 1970 - 2007 年珠三角地区冬半年降水量距平及五年滑动平均分布图

Fig. 2 Precipitation anomaly for the cold half of the year and five-year moving average distribution in the Pearl River Delta from 1970 to 2007

由图 2 可见, 在 1970 - 2007 年期间珠三角地区冬半年降水量的走势大致可以分为三个阶段: 第一阶段为 1970 - 1980 年代初期, 处于震荡上升趋势, 期间上下波动幅度较大, 并且在 1982 年冬半年降水量达到最高峰, 其距平值高达 718.7 mm; 第二阶段为 1980 年代初期 - 1990 年代中期, 处于横向盘整走势, 期间上下波动幅度较小; 第三阶段为 1990 年代中期 - 2007 年, 处于明显的下降走势, 其中 2001 - 2007 年冬半年降水量出现了连续 7 年的负距平, 并且未来走向具有明显的继续下行的趋势。

图 3 为 1970 - 2007 年珠三角地区冬半年降水

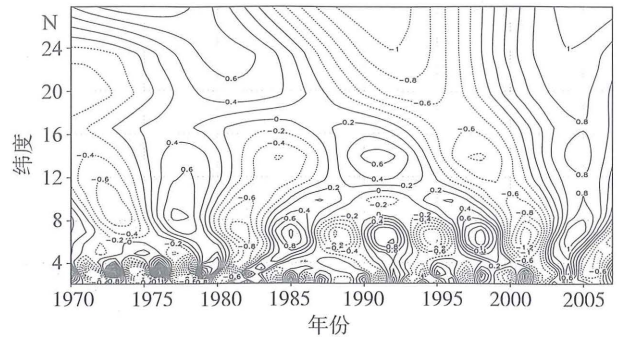


图 3 1970 - 2007 年珠三角地区冬半年降水量距平的小波变换图

Fig. 3 The wavelet transform of the precipitation anomaly for the cold half of the year in the Pearl River Delta from 1970 to 2007

量距平的小波变换图。图中信号的强弱通过小波系数的大小来表示, 小波系数绝对值越大, 表明该时间尺度变化越显著; 等值线为正的用实线表示, 代表降水量偏多; 等值线为负的用虚线表示, 代表降水量偏少, 小波系数为零则对应着突变点。由图 3 可见, 珠三角地区冬半年降水量变化具有明显的 2 ~ 3 a、6 ~ 7 a 和 13 ~ 14 a 的周期。其中, 以 6 ~ 7 a 周期震荡最为显著, 尤其在 1970 年代末期之后得到了较好的体现, 其对应的小波系数依次为负 (1979 - 1983 年)、正 (1984 - 1986 年)、负 (1987 - 1990)、正 (1991 - 1993 年)、负 (1994 - 1996 年)、正 (1997 - 1999 年)、负 (2000 - 2002 年)、正 (2003 - 2005 年)、负 (2006 - 2007 年), 表示在 6 ~ 7 a 周期上, 珠三角地区冬半年降水量经历了偏少、偏多、偏少、偏多、偏少、偏多、偏少、偏多、偏少等 9 个明显的阶段性变化, 而且直到 2007 年负值等值线尚未闭合。如果结合 13 ~ 14 a 周期的变化来看, 2007 年后应当也是小波系数由正的大值变小的过程中, 又从距平图来看, 2000 年以后降水是整体偏少的, 以现有结果综合分析, 未来一段时间内珠三角地区冬半年降水量仍存在偏少的可能, 但也存在不确定性。

### 4 冬半年干旱的成因分析

干旱主要是由于降水偏少造成的, 根据《气象干旱等级》国家标准 (GB/T20481 - 2006)<sup>[19]</sup> 所采用的降水量距平百分率指标的干旱等级划分标准, 某时段降水量低于同期气候平均降水量 30% 以上 (即降水量距平百分率  $\leq -30\%$ ) 就可以定义为中旱以上 (包括中旱、重旱和特旱) 的干旱程度, 珠三角地区 1970 - 2007 年冬半年降水量低于平均降水量 30% 以上的年份包括有 1970、1973、

1976、1979、1985、1992、1998、2003、2004、2005和2007年共11 a, 可以作为珠三角地区的冬半年干旱年份。降水的异常主要由于受到大气环流异常的影响, 所以, 可以从上述选取的珠三角地区11个冬半年干旱年份的大气环流形势分析其干旱成因。

#### 4.1 500 hPa 高度场

由图4的500 hPa位势高度距平合成场可见, 亚欧大陆表现为两槽一脊的形势分布。极区附近, 俄罗斯以及亚欧大陆中部表现为正距平; 东经20°以西, 北纬60°到北纬30°大部分地区表现为负距平; 贝加尔湖-东亚-北纬20°以南表现为负距平。这种距平分布反映了极涡偏弱, 欧洲槽偏强, 巴尔喀什湖附近高压脊偏强, 而亚欧大陆中纬度西风带扰动偏弱。纪忠萍等<sup>[15]</sup>研究指出, 极涡偏弱, 欧洲槽偏强, 巴尔喀什湖附近的高压脊偏强, 冷空气活跃, 亚洲大陆中低纬度西风带低压扰动不活跃, 是导致广东降水偏少的共同原因。可见, 极涡偏弱, 欧洲槽偏强, 巴尔喀什湖附近高压脊偏强, 冷空气活跃, 而中纬度西风带扰动不足正是珠三角地区冬半年干旱的主要原因。

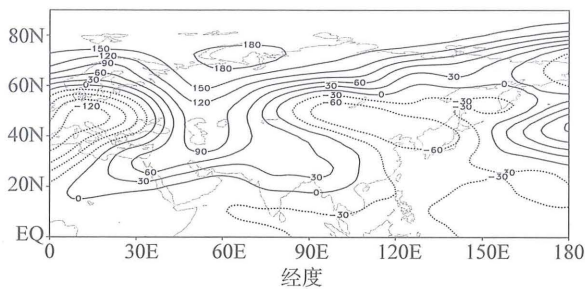


图4 珠三角地区冬半年干旱年份的500 hPa位势高度距平合成场(单位: gpm)

Fig. 4 The synthesis of 500 hPa geopotential height anomaly field of the years when drought occurred during the cold half of the year in the Pearl River Delta region (unit: gpm)

#### 4.2 850 hPa 风场

由图5的850 hPa风场距平合成场可见, 我国东北附近为一气旋环流, 日本东面西北太平洋有一反气旋环流, 我国中东部一带由异常的西北距平风场控制, 我国东南部-南海-中南半岛由异常的偏北距平风场控制, 珠三角地区上空由一致的偏北距平风场控制, 同时注意到菲律宾附近还有一气旋环流。这种形势反映了冷空气活跃, 而南部扰动系统不强, 水汽输送偏弱的特点。据研究, 华南冬季的

持续性降水天气大多数是由印缅槽扰动所引起<sup>[20]</sup>。纪忠萍等<sup>[15]</sup>研究指出, 冷空气活跃并控制广东, 而南支槽活动偏弱, 冷暖空气对峙少, 是导致广东的降水持续偏少的共同原因。可见, 珠三角地区冬半年干旱主要是由于该地区上空冷空气活跃, 南部扰动系统不强, 水汽输送偏弱等原因造成的。

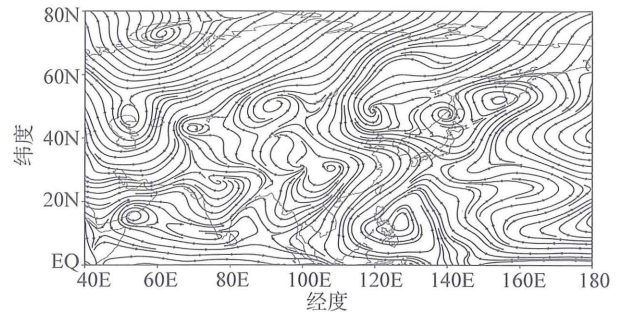


图5 珠三角地区冬半年干旱年份的850 hPa风场距平合成场(单位: m/s)

Fig. 5 The 850 hPa wind anomaly synthetic field of the years when drought occurred during the cold half of the year in the Pearl River Delta region (unit: m/s)

## 5 结论

本文根据1970-2008年珠三角地区冬半年的降水资料, 利用滑动平均、EOF分析和小波分析等方法, 分析了降水变化特征及干旱成因, 得到以下结论:

1) 珠三角地区冬半年降水量变化分布类型主要包括一致型、南北差异型和东西差异型三种类型。其中, 一致型是最主要的分布类型, 其所占方差贡献率高达85.1%。

2) 1970-2007年期间珠三角地区冬半年降水量大致可以分为震荡上升、横向盘整和明显下降的走势, 对未来走向也具有明显的继续下行的趋势。

3) 珠三角地区冬半年降水量变化具有明显的2~3、6~7和13~14 a的周期。其中, 以6~7 a周期震荡最为显著, 并且显示未来一段时间内珠三角地区冬半年降水量偏少的可能性仍较大。

4) 从大气环流场来看, 冬半年(10月-次年3月)极涡偏弱, 欧洲槽偏强, 巴尔喀什湖附近高压脊偏强, 冷空气活跃, 而中纬度西风带扰动不足, 南支槽活动偏弱, 冷暖空气对峙少, 是造成珠三角地区冬半年干旱的主要原因。

(下转第150页)

## 2 总结与建议

综括上述资料,粤东华林村发现的第四纪断层由两个基本平行的主破裂面和三个总体向下收敛的次级破裂面组成,后者的特征及断面擦痕均指示断层面上盘斜落。第四纪断层的位置与延伸方向,与基岩中出露的北西向断裂吻合,初步判断其形成与基底断裂的活动有关,目前正在对断层切割的第四纪沉积物进行光释光测年。由于该第四纪断层位处区域性的普宁-田心北西向断裂附近,区内人口密集,高层建筑和大型工程建设越来越多,建议有关方面对此给予足够重视,对该第四纪断层及相关基底断裂展开进一步的调查与研究。

### 参考文献:

[1] GALLOUSI C, KOUKOUVELAS I K. Quantifying geo-

morphic evolution of earthquake-triggered landslides and their relation to active normal faults. An example from the Gulf of Corinth, Greece[J]. *Tectonophysics*, 2007, 440: 85-104.

[2] OTA Yoko, CHEN Yuegau, CHEN Wenshan. Review of paleoseismological and active fault studies in Taiwan in the light of the Chichi earthquake of September 21, 1999 [J]. *Tectonophysics*, 2005, 408: 63-77.

[3] 陈国能. 潮汕平原第四纪断块运动[J]. *华南地震*, 1984, 4(4): 1-18.

[4] 张虎男. 断裂作用与韩江三角洲的形成和发展[J]. *海洋学报*, 1983, 5(2): 202-211.

[5] 张珂, 陈国能, 庄文明, 等. 珠江三角洲北部晚第四纪构造运动的新证据[J]. *华南地震*, 2009, 29(增刊): 22-26.

(上接第147页)

### 参考文献:

[1] 姚章民, 钱燕. 珠江重点区域干旱特征指标的初步分析研究[J]. *人民珠江*, 2007(5): 7-8.

[2] 谷德军, 纪忠萍, 林爱兰, 等. 广州春季降水的变化及其前兆信号[J]. *热带气象学报*, 2005, 21(6): 614-623.

[3] 梁必骐, 梁经萍. 广东自然灾害成因及其对经济的影响[J]. *自然灾害学报*, 1994, 3(3): 62-68.

[4] 刘江龙, 刘会平, 王艳丽. 广东旱灾成因与灾害链研究[J]. *广东水利水电*, 2005(2): 3-5.

[5] 张勇, 王春林, 罗晓玲, 等. 广东干旱的气候成因及其防御对策[J]. *热带地理*, 2000, 20(1): 16-21.

[6] WMO. *International Meteorological Vocabulary* [P]. 2nd. WMO, 1992, 182: 784.

[7] WILHITE D A, GLANTZ M H. Understanding the drought phenomenon; the role of definitions[J]. *Water International*, 1985, 10: 111-120.

[8] 林爱兰. 广东汛期降水的多尺度特征[J]. *广东气象*, 1998, 4(增2): 58-68.

[9] 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.

[10] 唐天毅, 吴池胜, 王安宇, 等. 1999年广东汛期降水的季节性振荡[J]. *热带气象学报*, 2007, 23(6): 683-689.

[11] 刘燕, 叶萌. 基于REOF分析的广东前汛期降水趋势的区域特征[J]. *广东气象*, 2007, 29(4): 11-14.

[12] 黄茂栋, 廖仕湘, 杨立洪. 广东汛期降水的时空分布特征[J]. *广东气象*, 2008, 30(6): 33-36.

[13] 黄茂栋, 廖仕湘, 张晨辉. 太平洋SSTA对广东前汛期极端降水事件影响的机制分析[J]. *热带气象学报*, 2009, 25(4): 413-420.

[14] 李春晖等, 万齐林, 郑彬, 等. 南海-太平洋热带气旋形成个数对调制广东汛期降水季节内变化的环流系统对比分析[J]. *热带气象学报*, 2010, 26(5): 533-543.

[15] 纪忠萍, 温晶, 方一川, 等. 近50年广东冬半年降水的变化及连旱成因[J]. *热带气象学报*, 2009, 25(1): 29-36.

[16] 李秀珍, 梁卫, 温之平. 华南秋、冬、春季水汽输送特征及其与降水异常的联系[J]. *热带气象学报*, 2010, 26(5): 626-632.

[17] 黄嘉佑. *气象统计分析与预报方法* [M]. 3版. 北京: 气象出版社, 2004: 130-134.

[18] TORRENCE C, COMPO G P. A Practical Guide to Wavelet Analysis[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1998, 79(1): 61-78.

[19] 国家标准局. GB/T20481-2006. 气象干旱等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.

[20] 陶诗言. 冬季由印缅来的低槽对于华南天气的影响[J]. *气象学报*, 1953, 23(3): 172-192.