

广东省干旱灾害空间分布特征*

江涛^{1,2}, 杨奇², 张强^{2,3,4}, 黎坤^{2,3}

(1: 南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 南京 210098)

(2: 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275)

(3: 中山大学华南地区水循环与水资源广东省普通高校重点实验室, 广州 510275)

(4: 中山大学广东省城市化与地理环境空间模拟重点实验室, 广州 510275)

摘要: 利用 1956—2005 年 126 个雨量站逐月降水资料, 采用标准化降雨指数和经验正交函数分解法, 探讨了广东省干旱灾害空间分布规律。结果表明: 广东省虽然总体比较湿润, 但局部干旱时有发生, 且在空间上存在东西差异、南北差异、中部差异的特点; 春旱大致呈自西向东、自北向南逐渐加重的趋势; 秋旱空间分布特点与春旱相反, 由东向西、由南向北逐渐加重; 春旱、秋旱在中部地区也有微弱的差异。

关键词: 干旱灾害; 标准化降雨指数; 经验正交函数分解; 广东省

Spatial characteristics of drought hazard in Guangdong Province

JIANG Tao^{1,2}, YANG Qi², ZHANG Qiang^{2,3,4} & LI Kun^{2,3}

(1: *State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210098, P. R. China*)

(2: *Geography and Planning School, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, P. R. China*)

(3: *Key Laboratory of Water Cycling and Safety in Southern China of Guangdong High Education Institute, Guangzhou 510275, P. R. China*)

(4: *Key Laboratory of Urbanization and Geographical Environment Simulation of Guangdong Province, Guangzhou 510275, P. R. China*)

Abstract: Based on the monthly precipitation data from 126 precipitation stations during the period of 1956–2005 in Guangdong Province, the spatial characteristics of drought events defined by standardized precipitation index technique were studied using the Empirical Orthogonal Function method. The results indicate that drought episodes occurred in specific regions though the Guangdong Province is relatively humid as a whole. Besides, evident regional differences can be found in the occurrences of drought events. Specifically, drought severity in spring is usually enhancing from the west to the east and from the north to the south parts of Guangdong Province; spatial distribution of occurrences of drought events in autumn however shows adverse patterns when compared to that in spring, i. e. the drought events in autumn are intensifying from the east to the west and from the south to the north parts of the Guangdong Province. Furthermore, slight uneven spatial distribution of drought events can also be identified in the middle parts of the Guangdong Province. The results of this study may be of practical and scientific merits in terms of effective water resources management and also for scientific management of agricultural activities across the Guangdong Province.

Keywords: Drought events; standardized precipitation index; empirical orthogonal function; Guangdong Province

干旱灾害是我国主要自然灾害之一。广东省(20°13′~25°31′N, 109°39′~117°19′E)地处华南沿海, 雨量充沛, 但由于降雨空间分布不均、季节性差异较大, 几乎每年都有局部干旱、季节性干旱发生。2000 年以

* 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室开放基金项目、国家自然科学基金项目(41071020)和新世纪优秀人才支持计划项目联合资助。2011-08-08 收稿; 2011-10-11 收修改稿。江涛, 女, 1965 年生, 博士, 副教授; E-mail: eesjt@mail.sysu.edu.cn.

来,受气候变化异常影响,广东省季节性干旱甚至秋冬春连旱出现的几率显著增加,加上人口急剧增加与经济快速发展,水资源供需矛盾突出,严重危害了区域供水安全与生态环境. 如何应对环境变化下日益加重的干旱形势,已成为经济社会发展过程中亟需解决的重大问题.

干旱指标研究是干旱监测与评价、旱灾发生机理与规律研究的基础. 由于干旱自身的复杂特性和对社会影响的广泛性,干旱指标都是建立在特定的地域和时间范围内,各类干旱指标有其相应的时空尺度^[1]. 目前,在干旱研究中应用较为广泛的指标有标准化降水指标(Standardized Precipitation Index, *SPI*)^[2-6]. 在我国,应用较为成熟的是 *Z* 指数. 袁文平等对 *Z* 指数和 *SPI* 进行比较,研究表明在反映旱涝状况时二者有极好的一致性,但 *Z* 指数对于极旱和极涝现象表现较为敏感,*SPI* 方法对于旱涝灾害有着良好的预测作用,可用于我国的水资源评估以及不同时间尺度的干旱监测^[7].

有关广东干旱的研究文献已有很多,如贺海晏^[8]采用降水量距平数值特征研究了1951—1994年间广东省的旱涝级别以及境内主要流域的灾害性旱涝特征;周明森等^[9]根据1961—2006年广东省10个监测站降水量资料,利用平均降水等待时间指数(*AWTP*),通过经验正交函数分解方法(Empirical Orthogonal Functions, EOF)对广东秋季干旱的基本特征进行研究;郭晶等^[10]基于土壤水分平衡模型构建逐日干旱动态指数(*DCI*),分析广东省1962—2006年间不同等级干旱的时空分布及变化规律;黄晚华等^[11]利用 *SPI* 计算南方地区1951—2008年各月干旱指数,在此基础上分析了全年及各季季节性干旱的站次比和干旱强度的年际变化;唐晓春等^[12]利用 χ^2 检验和条件概率检验的方法,对1951年以来厄尔尼诺事件与广东省旱灾的关系进行了研究. 在这些文献中,只有黄晚华等研究了区域干旱的差异性. 本文将利用广东省内1956—2005年126个雨量站的降水资料,通过经验正交函数分解法对单站春季、秋季 *SPI* 值进行主成分分析,重点探讨影响范围大、发生频率高的春旱、秋旱的区域差异性及其分布规律.

1 资料与方法

1.1 数据来源

雨量数据来源于《广东省水文年鉴》. 研究区域内126个雨量站和多年平均降雨量分布见图1. 通过对1956—2005年各地市干旱灾情统计,广东省多年平均受旱面积为5673 km²,其中1991年发生的秋冬春连旱受旱面积最大,为22380 km². 在统计的50年中,仅2001年未发生干旱,干旱年发生率高达98%. 按照气象部门对四季的划分(3—5月为春季,6—9月为夏季,10—11月为秋季,12—2月为冬季),广东省干旱多为单季干旱,单季干旱、二季连旱、三季连旱发生比例分别为92.6%、1.5%和5.9%. 各类型的干旱中,春旱和秋旱的发生频率最大,分别占58.7%和39.6%(图2).

1.2 研究方法

1.2.1 标准化降水指标 利用研究区域内1956—2005年126个雨量站点逐月降水资料计算 *SPI* 值,具体计算方法参考 GB/T20481—2006. 干旱等级判断方法如下: $SPI > -0.5$, 无旱; $-1.0 < SPI \leq -0.5$, 轻旱; $-1.5 < SPI \leq -1.0$, 中旱; $-2.0 < SPI \leq -1.5$, 重旱; $SPI \leq -2.0$, 特旱.

1.2.2 经验正交函数分解法 采用 EOF 对单站 *SPI* 值的空间变化进行分析. EOF 是一种使用特征技术的统计方法,可以将变量场的空间分布和时间变化特征分解为空间函数与时间函数的线性组合. 在实际应用中,通常根据方差贡献率选择其中主要的空间、时间函数,分析变量场变化的时空特征^[13]. EOF 的计算原理和方

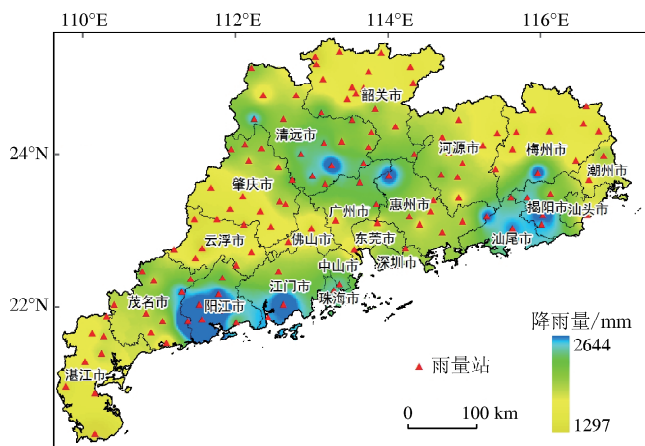


图1 1956—2005年广东省雨量站和平均降雨量空间分布
Fig.1 Spatial distribution of rain gauges and average rainfall from 1956 to 2005 in Guangdong Province

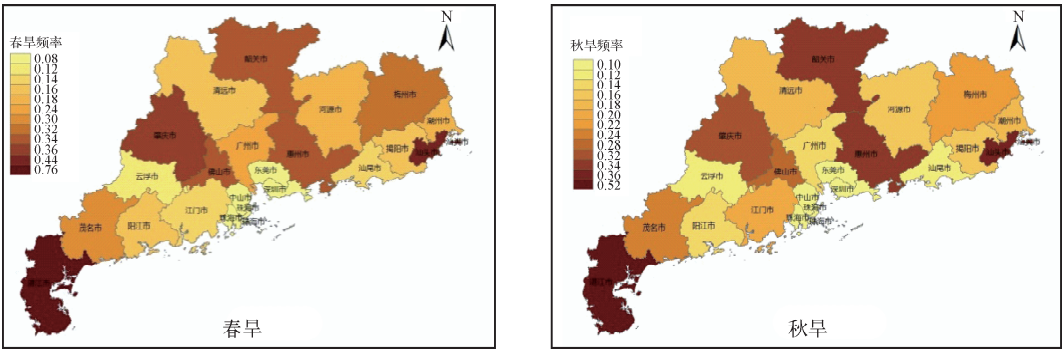


图2 广东省干旱空间分布
Fig. 2 Spatial distribution of the droughts in Guangdong Province

法见文献[14].

2 结果与分析

在计算广东省内126个雨量站50年的春季、秋季SPI值基础上,采用EOF分别对春季、秋季的SPI值序列进行空间分解(表2,图3).对春季、秋季SPI值空间分解后可以看出,第一特征向量均为正值,方差贡献率为56.62%,说明广东省SPI值在空间上具有很好的一致性,即总体一致型.虽然广东省局部干旱时有发生,但全省总体以湿润为主.广东省处于热带、亚热带地区,全省降雨量受季风影响较大,这主要是受大尺度天气系统影响的缘故.

表2 春季、秋季SPI值前四个特征向量的方差贡献率和累积方差贡献率

特征向量	春季		秋季	
	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
一	56.62	56.62	65.83	65.83
二	7.17	63.79	7.84	73.67
三	5.54	69.33	6.03	79.69
四	3.46	72.79	2.16	81.85

春季、秋季SPI值第二特征向量的方差贡献率分别为7.17%和7.84%,其分布特征主要体现为东西呈反相变化,即东西差异型.春季负值中心(< -0.2)主要位于清远、韶关、河源、梅州、揭阳、湛江,秋季负值中心(< -0.3)位于清远、肇庆、云浮、茂名.春季等值线从西向东总体基本呈增加的趋势,而秋旱则恰好相反,说明春旱对粤东、粤北影响更大,而秋旱则以韶关、江门为基准(基本与广东西南省界平行)向西,干旱呈加重趋势.

春季、秋季SPI值第三特征向量的方差贡献率分别为5.54%、6.03%,其分布特征主要体现为南北呈反相变化,即南北差异型.春季等值线沿南向北呈总体减小的趋势,说明春旱对粤东、粤南影响更大,第三特征向量主要反映的是春旱粤中南丘陵平原气候区的影响;而秋季等值线由南向北总体呈增加的趋势,说明秋旱对粤北($23^{\circ}12'N$ 以上)影响更大,第三特征向量主要反映的是秋旱对粤中南丘陵平原气候区、粤西丘陵台地气候区的影响.

春季、秋季SPI值第四特征向量的方差贡献率分别3.46%、2.16%,其分布特征是以珠江三角洲为主的粤中心地区与四周地区呈反相变化,即中间差异型.春季负值中心(≤ -0.2)主要位于肇庆、佛山、清远、广州,秋季负值中心(≤ -0.2)主要位于广州、惠州、东莞.

图3 春、秋季 SPI 值前四个特征向量空间分布Fig. 3 Spatial distributions of the first four eigenvectors of the SPI series in spring and autumn

3 讨论

干旱是一种十分复杂的综合现象,受天气因素和人为因素的影响.在广东,降雨时空分布不均引发干旱的主要原因之一.造成广东省降雨分布不均的原因主要有以下两方面:

1) 天气环流异常导致降水时间分配不均:广东省属南亚热带季风气候区,冬季受东北季风控制,天气干

燥少雨,春夏先后盛行西南季风和东南季风,暖湿的海洋气流带来大量降水,同时春夏之间多发的热带风暴和台风也造成众多的暴雨天气.由于这些气候特征,造成广东省降水丰沛和年内分配不均匀的特点.汛期雨量占全年雨量的70%~85%,冬、春季则降水稀少,经常形成干旱.另外由于年际间受北方冷空气入侵及西风带降水天气系统强弱程度的不同、静止锋位置移动等因素的影响,而沿海因受热带气旋侵袭的频次和登陆地点不定的影响,降水的年际变化较大,水旱灾害频发.

2) 地形、地理位置导致降水地区分配不均:春夏季节,以南岭为主的粤北山地阻挡了北部锋面雨的深入,使降水自北向南明显减少,春旱呈自北向南加重趋势.夏秋季节,粤东的莲花山、罗浮山,粤西的天露山、云雾山和云开大山等呈东北-西南走向的山脉,使来自南方海洋的气流抬升,有利于降水形成;而山脉背风坡,由于受“雨影”作用,雨量锐减.此外,热带气旋在广东沿海一带的登陆,给南部沿海地区也带来大量降水,而热带气旋较少深入内陆,所以早夏秋季全省降水自南向北减少,秋旱呈自南向北加重趋势.以平原、台地地形为主的雷州半岛地势低平,不易形成地形雨,成为受干旱影响比较严重的区域.

除降水外,地质、土壤条件对于旱也产生一定的影响.广东省地质构造复杂,在粤北石灰岩地区,地下溶洞暗河多,渗漏严重,水分难以蓄存.从土壤类型上来讲,广东省土壤类型以红壤为主,蓄水能力差,淋溶作用强烈,易受干旱危害.这种地质地貌以及土壤类型条件加上降水分布不均,使广东省成为旱灾多发地区.从人为因素来讲,随着社会经济的快速发展,城市化进程的不断加快,用水需求猛增,导致废水污水排放量快速增加,使河流、湖库水体受到严重污染,进一步加剧旱灾造成的危害.

4 参考文献

- [1] Richard R, Heim JR. A review of twentieth-century drought index used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2002, **83**: 1149-1165.
- [2] Bordi I, Fraedrich K, Jiang JM *et al.* Spatio-temporal variability of dry and wet periods in eastern China. *Theoretical and Applied Climatology*, 2004, **79**: 81-91.
- [3] Hayes MJ, Svoboda MD, Wilhite DA *et al.* Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1999, **80**: 429-438.
- [4] Livada I, Assimakopoulos VD. Spatial and temporal analysis of drought in Greece using the standardized precipitation index (SPI). *Theoretical and Applied Climatology*, 2007, **89**: 143-153.
- [5] Moreira EE, Paulo AA, Pereira LS *et al.* Analysis of SPI drought class transitions using loglinear models. *Journal of Hydrology*, 2006, **331**: 349-359.
- [6] 赵林, 武建军, 吕爱锋等. 黄淮海平原及其附近地区干旱时空动态格局分析——基于标准化降雨指数. *资源科学*, 2011, **33**(3): 468-476.
- [7] 袁文平, 周广胜. 标准化降水指标与Z指数在我国应用的对比分析. *植物生态学报*, 2004, **28**(4): 523-529.
- [8] 贺海晏. 近40年广东省的旱涝特征. *热带气象学报*, 1998, **14**(4): 297-305.
- [9] 周明森, 简茂球. 广东近46年秋季干旱特征分析. *中山大学学报: 自然科学版*, 2009, **48**(S2): 197-200.
- [10] 郭晶, 景元书, 王春林等. 基于土壤水分平衡模型的广东干旱时空分布特征. *中国农业气象*, 2008, **29**(3): 353-357.
- [11] 黄晚华, 杨晓光, 李茂松等. 基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近58a演变特征. *农业工程学报*, 2010, **26**(7): 50-59.
- [12] 唐晓春, 袁中友. 近60年来厄尔尼诺事件对广东省旱灾的影响. *地理研究*, 2010, **29**(11): 1932-1939.
- [13] 陈怀亮, 刘玉洁, 杜子璇等. 基于卫星遥感数据的黄淮海地区植被覆盖时空变化特征. *生态学杂志*, 2010, **29**(5): 991-999.
- [14] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术. 北京: 气象出版社, 1999: 115-122.