

东营市暴雨气候特征

郑丽娜^{1,2} 靳 军² 李建明²

(1、山东省气象科学研究所, 济南 250000; 2 山东省东营市气象局)

提 要: 利用 1971—2004 年东营市 5 个气象站近 34 年的日降水量资料, 采用 Petitt 方法和合成分析等方法, 研究了东营市暴雨的气候特征, 及产生这种特征的原因。研究表明: 自 1970 年代以来, 东营市暴雨的年代际变化呈现出 3 个特征时段: 1974/1975 年发生突变, 突变前暴雨年出现站次基本呈上升趋势, 突变后明显减少; 1990 年成为二级变点, 之后暴雨年出现站次又有明显增多。1990 年代后东营市暴雨明显偏多是在有利的高空环流背景下, 北方冷空气和南方暖湿气流频繁交汇的结果。由于东营市特殊的地理位置和地形、地貌影响, 导致东营市降水的气候特征与山东省的气候特征变化并不一致, 前者呈现出两头高、中间低的倒抛物线形状, 而后者却一直呈现出下降趋势。

关键词: 暴雨 气候特征 Petitt 方法

Analysis on Climatic Character of Rainstorm in Dongying, Shandong

Zheng Lina^{1,2} Jin Jun² Li Jianming²

(1. Meteorology Research Institute of Shandong Province, Jinan 250000; 2. Dongying Meteorological Office, Shandong)

Abstract: Based on daily precipitation data of five weather stations of Dongying City from 1971 to 2004, the characteristic of rainstorm change and the produce reasons in this region are studied by using Petitt method and composite analysis. The results show that the interdecadal variation of Dongying rainstorm has presented 3 characteristic time intervals since the 1970s. The abrupt change of rainstorm happens in 1974/1975. The rainstorm has a trend of escalation before abruption, and it quickly reduced after abruption. 1990 was the second-level change point, afterward the rainstorm frequency obviously increased. Increase in Dongying rainstorm after 1990's is attributable to the advantageous upper air circulation background, frequent interaction between the north cold air and south warm and humid air streams. As a result of the Dongying special geographical position, the terrain and landform influence cause the Dongying precipitation's climate characteristics being inconsistent with that of Shandong Province. The former change is counter-

parabola shape, but in the whole province it appears to be consistently decreasing tendency.

Key Words: rainstorm climate characteristic Petitt method

引 言

IPCC 第四次评估报告的综合报告指出^[1],气候系统变暖的客观事实是不容置疑的,所有大陆和多数海洋的观测证据表明,许多自然系统正在受到区域气候变化特别是受到温度升高的影响。在此大背景下,我国学者对中国气候的变化趋势作了许多研究^[2-4],指出,过去 100 年中国的气温也明显升高,升幅达 0.5~0.8℃。自 1970 年代以来,在更大范围地区,尤其是在热带和副热带地区,观测到了强度更强、持续时间更长的干旱。这种干旱的形成与温度升高和降水减少有密切的关系。王绍武认为^[5],近 40 年中国降水无明显变化趋势,但西部地区降水呈增加趋势,东部及华北等地区则呈减少趋势。丁一汇亦指出,华北地区气候正朝暖干趋势发展^[6]。但是中国各个小区域气候变化趋势与全国,乃至全球并不都相同,而且存在明显的地区性差异。

东营市位于山东省北部,是黄河三角洲地区的中心城市,它的地理位置为 36°55′~38°10′N、118°07′~119°10′E。中华民族的母亲河——黄河,在东营市境内流入渤海。由于东营市位居黄河三角洲,特殊的地理位置和地形、地貌,使得在这种小区域范围内,气候变化趋势表现出明显的地域特色,比如暴雨。为了揭示东营市在暴雨方面的气候特征,作者利用东营市辖区内全部 5 个气象站 34 年的暴雨资料进行了研究。

1 资料与方法

选取 1971—2004 共 34 年 4—11 月东营市 5 个站的逐日(20:00—20:00)降水资料。全市有 1 个及以上的台站 24 小时降水量≥

50mm 记为一次暴雨过程,一个站 24 小时降水量≥50mm 记为 1 站次。

为分析暴雨变化的阶段性,利用 Petitt 方法计算变点^[7-8],即对时间序列 $X_i (i=1, 2, \dots, m)$, 定义统计量:

$$U_{i,m} = \sum_{j=1}^i \sum_{k=i+1}^m D_{i,j,k} (1 \leq i \leq t, 1+t \leq j \leq m, 1 \leq t \leq m-1),$$

其中,

$$D_{ij} = \begin{cases} 1, & X_i > X_j \\ 0, & X_i = X_j \\ -1, & X_i < X_j \end{cases}$$

满足下列条件的点 t_0 为变点,

$$K_{t_0} = \max |U_{i,m}|, 1 \leq t \leq m-1$$

计算 $P_0 = 2 \exp[-6K^2 t_0 (m^3 + m^2)]$

若 $P_0 \leq 0.5$, 则认为变点 t_0 在统计上是显著的。用上述方法可以检测出序列的一个变点。为了研究不同时间尺度的变化,我们将序列以变点为界分成两个子序列,然后再用 Petitt 方法检测新的变点,原来的变点称为一级变点,新的变点称为二级变点。将子序列以二级变点为界,依次类推。

2 东营市暴雨的气候特征

统计东营市 5 个站 34 年来的暴雨过程及发生暴雨的站次(见图 1),可知:近 34 年来东营市共出现暴雨 256 站次,暴雨的年际

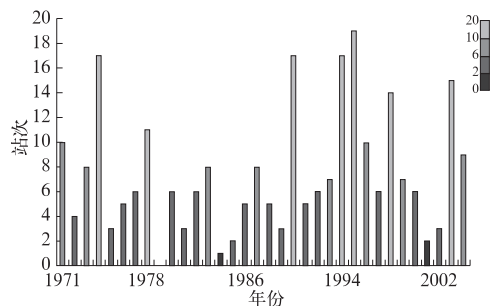


图 1 1971—2004 年东营市暴雨站次的年际变化

变化较大,1995 年出现暴雨达 19 站次,创 34 年来最高值,而 1979 年暴雨站次为 0,是最低值。出现暴雨的站次大约每 4 年左右达到一个较高值,平均每年出现 7.47 站次暴雨。

1970 年代出现暴雨 70 站次,1980 年代 58 站次,1990 年代 99 站次,21 世纪初(2001—2004 年)29 站次。暴雨站次除 1980 年代有所下降外,1990 年代呈现出迅速增加的趋势,与 1980 年代相比增幅达 70.7%。利用 petitt 方法计算了年暴雨站次的变点, $U_4 = 26$,为计算所得最大的 $U_{t,m}$ 点,此时 $P_0 = 0.0$,满足 $P_0 \leq 0.5$ 的统计条件,即一级变点为 1974 年。以该年分界的前后两段序列,用滑动 t 检验通过了 0.005 显著性水平检验,表明在 1974 年发生了明显的突变。用同样的方法计算了二级变点,分别为 1979 年和 1990 年。图 2 给出了 1971—2004 年东营市年降水量和暴雨次数距平百分率变化曲线。结合变点和图 2 可以看出,1971—1974 年暴雨站次基本呈上升趋势,1974 年以后暴雨站次呈下降趋势,到 1979 年暴雨的站次降低为 0;1979—1989 年暴雨站次基本维持在负距平,1990 年成为一个变点,1990 年以后暴雨站次基本维持在正距平。如果按二级变点将 34 年的暴雨站次分为 3 个特征时段,可以得出,1971—1978 年暴雨站次偏多和偏少的年份各占 1/2;1979—1989 年是暴雨出现的偏少时段,偏少年份占 9/11;1990—2004

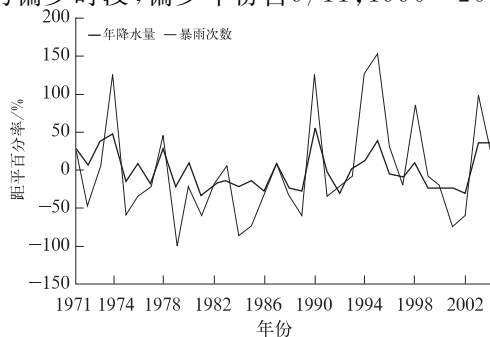


图 2 1971—2004 年东营市年降水总量和暴雨总次数距平百分率变化曲线

年是暴雨出现的偏多时段,偏多的年份占 9/15。1990 年代以来暴雨迅速增加的趋势与全球极端天气事件的增多是吻合的^[9]。

由图 2 还可以看出,年暴雨次数与年降水量大部分时间呈正相关。但在个别年份如 1977 年,年降水总量(454.6mm)与出现暴雨次数(6 次)相关不明显,特别是在 1980 年代,年降水量普遍偏少,低于距平 25%左右,曲线平缓,而出现暴雨的次数却起伏明显。

3 1990 年代后暴雨站次明显增加的原因分析

由上面分析可知,东营市 1990 年代后年暴雨出现站次增加比较明显。在统计其气候特征中还发现,暴雨自 4 月中旬至 11 月上旬均有可能出现,但其出现的时段主要集中在 7 月上旬至 8 月中旬,占总暴雨站次的 69.3%,可见这一时段是暴雨预报和防范的关键期。

3.1 环流背景

为了分析 1990 年代后暴雨站次明显增加的原因,挑取 1995 年(19 站次)、1998 年(14 站次)、2003 年(15 站次)暴雨站次较多的年份,计算这 3 年 7 月上旬至 8 月中旬的平均环流场,绘制成图 3。由图 3 可见,环流形势有以下特点:①中、高纬度冷空气活动频繁。在贝加尔湖西侧存在一北支槽,华北地

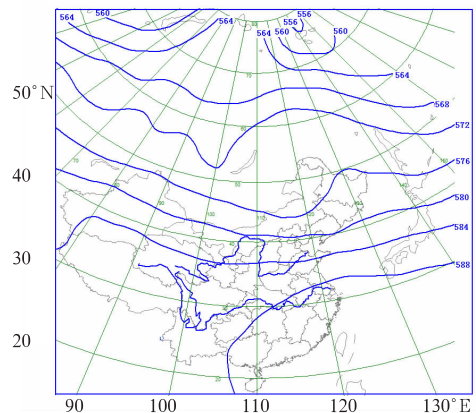


图 3 1995 年、1998 年、2003 年 7 月上旬至 8 月中旬 500 hPa 平均环流形势图

区有一中支槽,两槽近于呈阶梯形势,比较有利于北方冷空气沿西北气流下滑,到达华北,进而影响东营市。②500 hPa 高空图上副热带高压的脊线位置在 25°N 附近,5880gpm 线呈弧状,比较有利于西南暖湿气流北上到达黄淮地区。③东营市成为南北两支气流的交汇处,构成了产生暴雨有利的环流背景。

3.2 影响系统

选取 1990—2004 年出现的全部 80 次暴雨过程,普查逐次暴雨过程前一日的 500hPa、700hPa、850hPa 及地面天气图资料,根据天气图的形势场特征,确定产生暴雨的影响系统,按其发生的百分比依次为:冷涡占 60.2%,切变线占 32.7%,台风占 7.1%。

影响东营市的冷涡,500hPa 中心位置大多位于 $40\sim 55^{\circ}\text{N}$ 、 $105\sim 120^{\circ}\text{E}$ 范围内,降水性质多为阵性,产生暴雨的范围以局地性为主。切变线所产生的暴雨虽然也以局地性为主,但是范围明显比冷涡造成的暴雨范围广,一般在 2~3 站次。切变线可分为两种类型:一是经向型切变(切变与经线的夹角 $\leq 45^{\circ}$),发生区域一般在 $30\sim 42^{\circ}\text{N}$ 、 $110\sim 120^{\circ}\text{E}$ 之间;二是纬向型切变(切变与纬线的夹角 $\leq 45^{\circ}$),发生区域一般在 $35\sim 38^{\circ}\text{N}$ 、 $105\sim 120^{\circ}\text{E}$ 之间。由台风减弱的热带低压为主要影响系统,造成东营市暴雨的天气形势主要分两类,一是热带低压北上正面影响;二是热带低压的外围影响或者是台风倒槽影响。1990 年以来,仅有两次台风减弱的热带低压正面影响东营市,分别是 9711 号台风和 0509 号台风。虽然台风减弱后的热带低压北上影响的次数较少,但是它带来的暴雨天气往往雨量大、范围广、持续时间长。

4 东营市与山东省降水的气候特征差异

4.1 降水的气候特征分析

暴雨在一年的天气变化中属于小概率事件,但是它带来的降水量却比较大。1971—

2004 年,东营市年平均降水量为 487.3mm,暴雨的年平均降水量为 112.9mm,后者约占前者的 23%,特别是在 1974 年、1990 年、1994 年、1995 年、1998 年中,暴雨的年平均降水量都占到了年平均降水量的三分之一以上,尤其是 1974 年,暴雨雨量约占年总雨量的 37%。

为了分析东营市 1971—2004 年降水的气候特征,绘制成图 4(a),由图可以看出东营市年平均降水量 1970 年代略多,1980 年代偏少,1990 年代后明显偏多,出现了两头高、中间低的态势,呈倒抛物线形式。但廉丽姝等^[10]研究指出:山东省 1961—2001 年年平均降水量的自回归方程为: $R(t)=626.3-3.17t$,该式通过 $\alpha=0.05$ 显著性水平检验,说明山东省的年平均降水量总体上呈显著的下降趋势,倾向率为每 10 年减少 31.7mm (见图 4b),这与华北地区降水呈减少趋势相吻合。通过对比,充分说明了东营市的降水特征有明显的小区域特色。

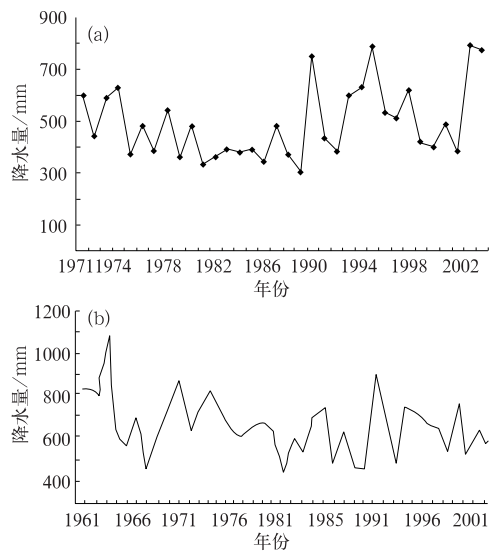


图4 东营市(a)、山东省(b,引自文献[10])年平均降水量的年际变化

4.2 二区域降水气候差异的原因分析

山东省位于 $34^{\circ}25'\sim 38^{\circ}23'\text{N}$ 、 $114^{\circ}36'\sim$

122°43'E 之间,北濒渤海,东临黄海,西北与河北省接壤,西南与河南省为邻,南与安徽省和江苏省连境,南北长 400 余公里,东西宽 700 余公里。从地貌上看,不仅有丘陵、山区,还有广泛的平原和绵长的海岸线。因而山东省的气候受海洋和大陆共同影响,季风气候特征明显,并且山东省是华北地区的重要组成部分,所以气候特征与华北地区相似。

而东营市具有它独特的地理位置、地形和地貌。东营市位于山东省北部,北部濒临渤海,南部是鲁中山区与山东丘陵地带,西部属于华北平原,地势平坦。东营市所在的黄河三角洲地区,是黄河历次决口改道泛滥、冲蚀、堆积成的平原,地势较低,海陆差异仅有 6 米^[11]。黄河三角洲地势西南高东北低,与黄河入海的方向相一致。由于黄河尾间摆动的影响,这里的地面形成许多沟壑交错的废弃河道及防水堤坝,虽经多年风雨剥蚀、人为填补,至今仍见岗、坡、洼相间分布的地形,以及波浪涟漪状的地貌。并且这里还有面积为 15 万余公顷的世界上保存最完整、最年轻的湿地生态系统。由于东营市具有这些复杂的地理条件,易产生局地小尺度系统。这些小尺度系统在适宜的天气形势下,与大的天气尺度系统相互作用,相互叠加,使其加强或减弱,从而导致了它在降水方面独特的小区域特征。

5 结 论

通过对东营市近 34 年来降水资料的分析,可以得出如下结论:

(1) 1970 年代以来,东营市的暴雨年出现次数呈现增长、减少、增长的趋势,特别是 1990 年代后,暴雨次数增长迅速;暴雨集中出现的时段为 7 月上旬至 8 月中旬,约占全年总暴雨站次的 69.3%;除个别年份外,年

暴雨次数与年降水量大致呈正相关,且暴雨的雨量对年降水量的贡献较大,据统计,暴雨年平均降水量约占到年平均降水量的 23%。

(2) 1990 年代以后东营市暴雨出现次数增长迅速的原因是高空 500hPa 冷空气活动频繁,副热带高压脊线稳定维持在 25°N 附近,使得东营市处于南北两支气流的交汇处,构成了有利于降水产生的环流背景;造成本地暴雨产生的主要影响系统为冷涡、切变线和台风。

(3) 山东省的降水在年代际变化上总体呈下降趋势,与华北地区降水呈减少趋势相吻合;而东营市的降水呈倒抛物线形式,出现了两头高、中间低的态势,这与东营市独特的地理位置、地形和地貌有关。

参考文献

- [1] 戴晓苏 编译. IPCC 第一工作组、第二工作组第四次评估报告的基本结论[J]. 气象软科学, 2008, 1: 150-163.
- [2] 王绍武. 近百年我国及全球气温变化趋势[J]. 气象, 1990, 17(2): 15-16.
- [3] 丁锋, 周顺武. 近 50 年青島夏季降水变化趋势及其可能原因[J]. 气象, 2004, 30(5): 3-7.
- [4] 胡桂芳, 李芸, 李德萍. 山东近百年来的最高、最低温度变化[J]. 气象, 2004, 30(11): 43-46.
- [5] 王绍武, 蔡静宁, 朱锦红. 中国气候变化的研究[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(2): 137-145.
- [6] 丁一汇. 气候变化的事实和认识[J]. 气象知识, 2003, (1): 8-12.
- [7] 游性恬, 朱禾, 谷湘潜. 夏秋季长江, 黄河流量长期变化的主要特征[J]. 气象学报, 2003, 61(4): 480-486.
- [8] Petitt A N. A non-parametric approach to the change point problem[J]. Appl static, 1979, 28: 125-135.
- [9] 刘建国, 胡建军, 王丽莉. 大同地区暴雨的天气分型及其成因的初步分析研究[J]. 山西气象, 2004, 2: 12-15.
- [10] 廉丽姝, 李为华, 朱平盛. 山东省近 40 年气候变化[J]. 气象科技, 2006, 34(1): 58-59.
- [11] 曹钢锋, 张善军, 朱管忠, 等. 山东天气分析与预报[M]. 北京: 气象出版社, 1986: 156-170.