

青岛市城阳区强降水极端气候阈值研究

孙颖^{1,2}, 吴蓓¹, 赵程程¹, 李博¹, 万静¹

(1. 山东省青岛市城阳区气象局, 山东青岛 266109; 2. 青岛市气象灾害防御工程技术研究中心, 山东青岛 266100)

摘要 根据青岛市城阳区 2008—2015 年汛期(6—9 月)日降水量资料, 采用简单插值法、经验插值法、Z 指数变换法、平方根变换法和立方根变换法等 5 种计算阈值的方法, 比较分析得到适用于城阳区的阈值确定方法, 并计算分析了精细化的城阳区极端降水阈值。结果表明, 5 种方法中, Z 指数变换法更适于城阳区实际情况; 城阳区极端降水阈值的分布大致呈南部阈值偏大、中部阈值偏小、北部的棘洪滩阈值也偏大。

关键词 日降水量; 极端降水; 阈值; 分布特征; 青岛市城阳区

中图分类号 S161.6; P426.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)13-0189-03

Study on Threshold of Extreme Climate of Heavy Rainfall in Chengyang District of Qingdao

SUN Ying^{1,2}, WU Pei¹, ZHAO Cheng-cheng¹ et al (1. Meteorological Bureau of Chengyang District, Qingdao, Shandong 266109; 2. Qingdao Meteorological Disaster Prevention Engineering Technology Research Center, Qingdao, Shandong 266100)

Abstract According to the daily precipitation data in the flood season (June - September) in Chengyang District of Qingdao City from 2008 to 2015, the threshold method of simple interpolation method, empirical interpolation method, Z index transformation method, square root transformation method and cubic root transformation method were used to calculate the threshold value, threshold determination method of Chengyang District was compared and analyzed, and the extreme precipitation threshold of Chengyang District was calculated and analyzed. The results showed that the Z index transformation method was more suitable for the actual situation in Chengyang District. The distribution of extreme precipitation thresholds in the Chengyang District was roughly larger than the southern threshold, the central threshold was too small and the threshold of the spike flood in the north was too large.

Key words Daily precipitation; Extreme precipitation; Threshold; Distribution characteristics; Chengyang District of Qingdao

近年来, 由于气候变化导致的极端天气事件频发, 越来越多的学者对此给予关注^[1-4]。翟盘茂等^[3-4]分析了我国降水极值变化, 指出我国总降水量变化趋势不明显, 而极端降水强度在增强, 我国东部降水日数趋于减少, 平均降水强度极值出现的范围趋于扩大; 李庆祥等^[5]以北京地区为研究对象, 分析 5 种强降水极端气候事件阈值的适应性。但目前的研究对气候变暖显著、年降水特别是夏季降水明显减少的胶东半岛地区极端天气气候事件研究还不多^[6]。

极端降水事件, 不同的时间尺度可得到不同的结果。气象系统业务服务中通常把日降水量超过 50 mm 的降水事件称为暴雨, 日降水量超过 25 mm 的降水事件称为大雨。但对于胶东半岛这样降水较少且时间空间分布不均匀、一年中较少出现大雨的地区, 按照大雨或暴雨的标准来定义阈值研究极端降水事件没有实际意义, 实际中多用百分位阈值作为极值的阈值^[3-4, 7-10]。笔者借鉴前人的研究成果^[5], 取 90%、95%、99% 分位值作为三级极端降水事件阈值, 利用多种统计方法分析前人阈值计算方法对青岛市城阳区的适应性, 研究极端降水阈值分布特征, 为城阳气象防灾减灾提供决策基础。

1 资料与方法

所用降水数据为城阳区 8 个区域自动站 2008—2015 年汛期(6—9 月)日降水量资料, 包括双埠站、红岛站、惜福镇站、夏庄站、世纪公园站、上马站、棘洪滩水库站、河套站, 代表城阳 8 个街道, 剔除日降水量为 0 的数据。所用资料经过

了系统的逻辑性检查和时间、空间一致性检查。数据没有经过均一性检查, 因为降水的非均一性产生原因复杂, 在目前的站网密度下难以准确判断, 这里假定城阳区降水没有显著非均一性现象, 可以用于后面分析。

极端降水阈值的确定, 目的是在服务地方防灾减灾的过程中有一个更好的尺度, 或在城市设计中为房屋建设、河流堤岸建设、水库建设等提供一个灾害防御标准。因此, 在阈值的确定上需要确保不同时间段阈值的稳定性。在此使用离散系数对其进行度量, 即

$$C_v = S/\bar{x} \quad (1)$$

式中, \bar{x} 和 S 分别表示降水量序列的平均值和标准差。离散度 C_v 没有单位, 值越大, 表示不同年份计算的阈值变化幅度大, 即阈值代表性差, 不稳定; 反之, 则表示阈值代表性好, 稳定。

2 阈值计算方法的确定

选取前人研究中关于阈值确定的 5 个方法, 以城阳区双埠站为代表站对计算阈值的稳定性进行评估。

方法 1(简单插值法)将统计时段内所有的逐日降水记录按大小升序排列, 得到 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, 则百分位数为

$$x = (1-a)x_j + ax_{j+1} \quad (2)$$

式中, j 为降水量记录按大小升序排列后的序号, $j = [p(n+1)]$; p 为百分位值对应的概率, 方括号表示数值取整; $a = p(n+1) - j$ 。

方法 2(经验插值法)对日降水序列处理与方法 1 类似, 按大小升序排列, 得到的升序序列, 某个值小于序号 j 对应的降水量出现的概率为:

$$p = (j - 0.31)/(n + 0.38) \quad (3)$$

式中, j 为升序排列后的序号, $j = [p(n + 0.38) + 0.31]$ 。

基金项目 2015 年青岛市气象局短平快项目(2015qdqxd05)。

作者简介 孙颖(1988—), 女, 山东荣成人, 助理工程师, 硕士, 从事区域气候与海气相互作用、应用气象研究。

收稿日期 2017-02-22

按照方法1、2计算城阳区各街道气象站2008—2015年期间的极端降水阈值,并分析2种方法得到阈值的稳定性,得到表1。其中, x_1 、 x_2 分别表示2008—2015年整个时段6—9月份日降水量样本按方法1、方法2计算得到的阈值; M_1 、 M_2 、 C_{i1} 、 C_{i2} 分别表示2008—2015年每年6—9月份按方法1、方法2计算阈值的平均值和离散度。

表1 方法1、2极端降水量百分位阈值和离散度比较

Table 1 Comparison of the percentile threshold and dispersion of extreme precipitation by method 1 and method 2

百分位 Percentile//%	X_1 mm	X_2 mm	M_1 mm	M_2 mm	C_{i1}	C_{i2}
90	26.6	27.9	26.6	29.0	0.38	0.39
95	43.7	43.7	35.5	45.2	0.31	0.33
99	79.3	94.7	69.4	83.6	0.38	0.46

由表1可知,2种方法计算的阈值是不同的。阈值的稳定性随百分位的增加均有所降低。不同年份阈值估计的差异很大,如2014年台风“麦德姆”影响青岛,导致城阳区汛期降水明显,日降水超过100mm的有3d,该年90%、95%、99%百分位阈值较其他年份偏大明显。8年整时段阈值与年阈值的平均值之间有一定差异,且百分位越大,差异越明显,离散度也就越大。究其原因在于极端阈值方法假定城阳区日降水量遵从均匀分布,与实际日降水量遵从的分布差异大。因此,使用方法1和方法2来确定百分位阈值并不合理。

为了克服传统计算极端降水阈值方法的弊端,这里借鉴李庆祥等^[5]的研究结果,将降水量分布转化为正态分布,从

表2 方法3、4、5极端的降水量百分位阈值和离散度比较

Table 2 Comparison of the percentile threshold and dispersion of extreme precipitation by method 3, 4 and 5

百分位 Percentile//%	X_3 mm	X_4 mm	X_5 mm	M_3 mm	M_4 mm	M_5 mm	C_{i3}	C_{i4}	C_{i5}
90	36.4	47.7	69.8	41.7	57.3	98.0	0.29	0.35	0.42
95	51.1	66.8	98.1	54.3	76.5	131.1	0.30	0.32	0.39
99	93.8	124.9	186.6	88.5	133.0	229.2	0.35	0.31	0.35

由表2可知,3种转换正态分布的方法计算的阈值有一定差异。从所得阈值来看,不同方法得到的同一百分位阈值差异较大,且随着百分位增大,这种差异有增大的趋势,其中方法3最小,方法5最大;3种方法计算的降水极端年阈值的平均比多年阈值大,说明样本数据按照方法3、4、5转化为正态分布后,能增大高百分位阈值,且样本数据越少,这种增大效果越明显。在阈值稳定性上,3种方法也有一定差异,方法3随百分位增大,阈值离散也增大,方法4、5则相反。方法4在3个百分位上阈值的稳定性均优于方法5。方法3和方法4计算的气候阈值稳定性差异很小,其中方法3在90%和95%分位阈值的稳定性更好(90%和95%分位在实际业务中更实用)。根据阈值确定原则,这里将Z指数转换法作为计算城阳区逐月极端强降水事件阈值的主要方法。

3 青岛市城阳区各区域极端降水阈值的分布特征分析

为了分析城阳区不同区域极端降水的特征,现利用Z指数转换法计算城阳区不同街道自动气象站2008—2015年日

而确定降水量百分位阈值。方法3、4、5是3种将日降雨量分布转化为正态分布的简单方法。

方法3(Z指数转换)简称正态变换法。Z指数变换为:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (4)$$

式中, $C_s = \Sigma (x_i - \bar{x})^3 / nS^3$; $\varphi_i = (x_i - \bar{x}) / S (i = 1, 2, \dots, n)$; x_i 为降水量; C_s 为片度系数; n 为样本容量; \bar{x} 和 S 分别为样本的平均值和标准差。

确定降水量阈值时,将上式变换后得到:

$$x_i \left\{ S \frac{2}{C_s} \left[\frac{C_s}{6} \left(Z_i + \frac{6}{C_s} - \frac{C_s}{6} \right) \right]^3 - 1 \right\} + \bar{x} \quad (5)$$

Z指数遵从标准正态分布,可查表得到需要百分位的Z指数值,再根据式(5)计算得到对应的日降水量。

方法4(平方根变换法)

$$y_i = \sqrt{x_i} \quad (6)$$

式中, x_i 为日降水值,变化后的 y_i 遵从一般正态分布,还需再做标准正态变换,方法类似3,根据标准正态分布百分位的标准值,计算得到变换后的值,进一步变换为一般正态分布的值,再对变换值求平方,即可得到对应的降水量阈值。

方法5(立方根变换法)

$$y_i = \sqrt[3]{x_i} \quad (7)$$

式中, x_i 为日降水值,变换方法与方法4相似。

仍然对2008—2015年城阳区各街道气象站降水样本采用方法3、4、5进行计算,得到极端降水阈值(表2),并分析3种方法得到阈值的稳定性。其中各统计量定义同表1。

降水量不同百分位阈值(表3),根据计算结果插值得到降水90%、95%和99%百分位阈值阴影图(图1)。

表3 Z指数转换法得到城阳区不同区域降水量百分位阈值

Table 3 Percentage threshold of precipitation in different regions in Chengyang District by Z index transformation method mm

站点 Station	90%	95%	99%
双埠 Shuangbu	36.4	51.5	93.8
红岛 Hongdao	38.0	51.8	90.2
惜福镇 Xifu Town	34.2	47.0	82.8
夏庄 Xiashuang	42.3	55.0	88.5
世纪公园 Shiji park	35.5	45.6	71.9
上马 Shangma	21.5	34.5	78.8
棘洪滩 Jihongtan	40.8	57.6	105.9
河套 Hetao	32.4	46.4	87.6

结合图1和表3数据分析可知,城阳区各区域90%分位极端降水阈值多在30~40mm,上马偏少,而夏庄和棘洪滩

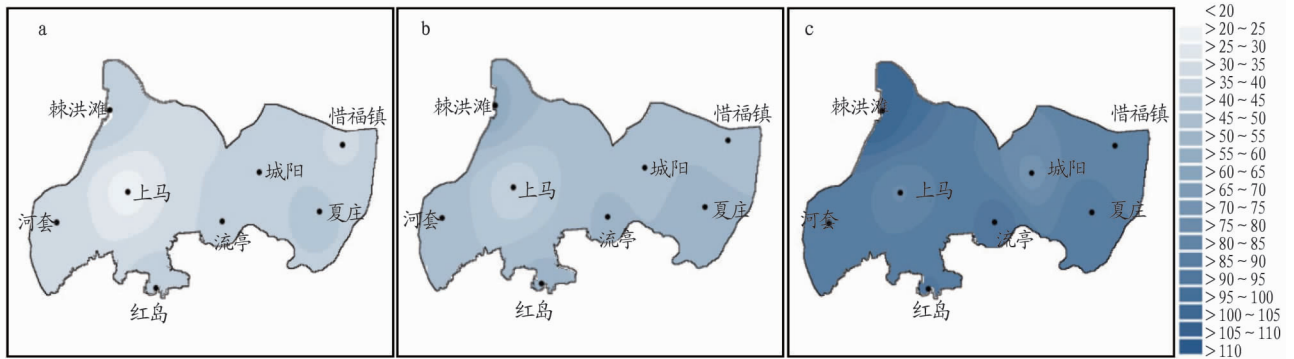


图1 插值得到的城阳区各区域 90% (a)、95% (b) 和 99% (c) 百分位降水阈值(单位:mm)

Fig. 1 The precipitation threshold values of 90% (a), 95% (b) and 99% (c) percentile for each region of Chengyang District by interpolation

偏多;95%分位极端降水阈值多在50 mm左右,上马偏少,城阳南和棘洪滩偏多;99%分位降水阈值多在80~90 mm,中部上马和世纪公园偏少,南部红岛、双埠、夏庄和北部的棘洪滩偏多。由此可见,3个百分位的极端降水阈值均表现出中部偏少、南部偏多的现象。棘洪滩处有引黄济青工程棘洪滩水库,该水库集水面积达258 km²,这对局地气候有一定影响。另外,95%、99%分位极端降水阈值计算结果略低于气象部门常用的24 h暴雨预警值50 mm、大暴雨预警值100 mm,既体现出青岛市城阳区雨量偏少的特点,同时也说明该研究中极端降水阈值定义的合理性。在实际业务中可将90%分位阈值作为提醒雨量,95%分位阈值作为预警雨量,99%分位阈值作为警示雨量。

4 结论与讨论

利用青岛市城阳区不同街道气象站2008—2015年汛期(6—9月)日降水量资料,再用传统线性插值和正态化转换等5种计算阈值的方法,对强降水极端气候事件阈值的确定问题进行了研究,并计算分析了精细化的城阳区极端降水阈值。结果表明,5种方法中,Z指数变换法更适于城阳区实际情况;城阳区极端降水阈值的分布大致呈现出南部偏多、中部偏少的特征,计算的3个百分位阈值中棘洪滩均偏高。极端降水阈值定义具有一定的合理性,可将其应用于业务预警中,对于分区域的预报预警有一定的价值。

由于资料观测时间的限制,该研究在降水气候阈值的确

定上具有一定的局限。另外,在实际业务中,仅利用日累计降水作为降水预警预报的标准还不够,还应包括降水持续时间、地区对降水的耐受程度,这与地区的土地利用类型、城市农村用地、河网分布等均有一定关联,在后期研究中将结合分析,提高数据的业务可用性。

参考文献

- [1] ZHOU T J, YU R C, CHEN H M, et al. Summer precipitation frequency, intensity, and diurnal cycle over China: A comparison of satellite data with rain gauge observations[J]. *Journal of climate*, 2008, 21(16): 3997–4010.
- [2] 陈炯, 郑永光, 张小玲, 等. 中国暖季短时强降水分布和日变化特征及其与中尺度对流系统日变化关系分析[J]. *气象学报*, 2013, 71(3): 367–382.
- [3] 翟盘茂, 任福民. 中国降水极值变化趋势检测[J]. *气象学报*, 1999(2): 208–216.
- [4] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近50年温度和降水极端事件变化[J]. *地理学报*, 2003, 58(S1): 1–10.
- [5] 李庆祥, 黄嘉佑. 北京地区强降水极端气候事件阈值[J]. *水科学进展*, 2010, 21(5): 660–665.
- [6] 田清, 王庆, 张贵军, 等. 最近50年来胶东半岛海岸带气候变化研究[J]. *鲁东大学学报(自然科学版)*, 2012, 28(1): 72–80.
- [7] 龚道溢, 韩晖. 华北农牧交错带夏季极端气候的趋势分析[J]. *地理学报*, 2004, 59(2): 230–238.
- [8] ZHANG X B, HEGERL G, ZWIERS F W, et al. Avoiding inhomogeneity in percentile-based indices of temperature extremes[J]. *Journal of climate*, 2005, 18(11): 1641–1651.
- [9] ALEXANDER L V, ZHANG X, PETERSON T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation[J]. *Journal of geophysical research*, 2006, 111(D5): 1042–1063.
- [10] 杨金虎, 沈永平, 王鹏祥, 等. 中国西北近45a来极端低温事件及其对区域增暖的响应[J]. *冰川冻土*, 2007, 29(4): 536–542.

科技论文写作规范——数字

公历世纪、年代、年、月、日、时刻和各种计数和计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如1990年不能写成90年,文中避免出现“去年”“今年”等写法。小于1的小数点前的零不能省略,如0.2456不能写成.2456。小数点前或后超过4位数(含4位数),从小数点向左右每3位空半格,不用“,”隔开。如18 072. 235 71。尾数多的数字(5位以上)和小数点后位数多的小数,宜采用 $\times 10^n$ (n 为正负整数)的写法。数字应正确地写出有效数字,任何一个数字,只允许最后一位存在误差。