

河湟谷地暴雨频率的研究

李 林 王振宇 汪青春 秦宁生

(青海省气候资料中心, 西宁 810001)

提 要

利用青海(黄)河湟(水)谷地 12 个气象台站 1980~2002 年自记降水资料, 分析了该流域不同历时暴雨的时空特征及其不稳定性, 统计了不同历时、不同频率的设计暴雨。研究表明: 河湟谷地不同历时的最大暴雨均呈现出增多趋势, 且随着降水历时的延长和降水量的增大, 其倾向率在不断增大, 年际变化的阶段性波动逐步趋缓, 各时段最大暴雨的平均值的空间分布特征逐步与年降水量的空间分布趋于接近, 地形对暴雨的空间分布影响明显; 30 分钟的最大暴雨最为不稳定, 同时随着降水时段的延长, 最大暴雨的稳定性逐步增大; 各时段最大暴雨的分布为正偏态; 各时段不同频率的最大暴雨的空间分布总体上与实测值有很好的一致性, 但较之于实测值则具有较大的不稳定性。

关键词: 暴雨 不稳定性 频率 极值

引 言

青海(黄)河湟(水)谷地溪河众多, 沟壑纵横, 多属黄土地貌, 植被覆盖率低且土质疏松, 降水极易造成洪水、泥石流、滑坡等山洪灾害的发生。有关研究表明^[1], 近年来随着气候变暖和异常气候事件的频繁发生, 河湟谷地暴雨发生次数增多, 由此引发的山洪灾害所造成的损失十分巨大, 山洪灾害已经成为当前防洪减灾中的突出问题。因此, 针对该流域山洪灾害防治工作的问题和现状, 编制山洪灾害防治规划, 是十分必要和迫切的。鉴于暴雨是山洪灾害的诱发机制, 在分析其时空分布规律, 揭示其不稳定性基础上, 合理设计不同频率下暴雨的极值, 对于根据降雨、地形、地质条件及保护对象的重要性, 结合国民经济发展的总体规划和城镇布局, 评估山洪灾害的风险, 划分山洪灾害重点防治区和一般防治区, 编制山洪灾害防治规划有着十分重要的基础作用。

1 资料和计算方法

1.1 资料

选用黄河上游干流流域以及隆务河流域、湟水流域 12 个气象台站 1980~2002 年降水自记资料统计了 10、30 分钟、1、3、6、24 小时最大降水量。

1.2 计算方法

1.2.1 各时段最大降水量的统计特征值

累年平均各时段最大降水量:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

均方差:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}$$

变差系数:

$$C_v = \sigma / \bar{R}$$

偏态系数:

$$C_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^3 / \sigma^3$$

1.2.2 各时段不同频率暴雨极值 χ_p

采用皮尔逊Ⅲ型分布^[2]计算 χ_p , 其保证率函数为:

$$P(\Phi \geq \varphi_p) = \frac{(2/C_s)^{4/C_s^2}}{\Gamma(4/C_s^2)} \cdot$$

$$\int_{\varphi_p}^{\infty} (\varphi + 2/C_s)^{(4/C_s^2)-1} e^{-2(\varphi+2/C_s)/C_s} d\varphi$$

Φ 为离均系数; φ 为 Φ 的取值。

$$\chi_p = m(\varphi_p C_v + 1)$$

由此看出,对给定的 φ_p 值,其保证率函数只与 C_s 有关。计算出序列的平均值、变差系数和偏态系数,可以查表得到离均系数,并根据上式计算出某一重现期的 χ_p 值。

2 结果分析

2.1 不同历时最大暴雨的年际变化

图 1a、b、c、d、e、f 分别给出了 1980~2002 年河湟谷地 10、30 分钟、1、3、6、24 小时最大降水量的年际变化。由此可见,自 1980 年以来,不同历时的最大暴雨均呈现出增多趋势,其气候倾向率分别达到 0.57、1.61、2.03、3.00、2.84 和 4.72mm/10a,说明随着

降水历时的延长,降水量的增大,气候倾向率在不断增大,同时,除 10 分钟最大暴雨外,其余历时最大暴雨的增多趋势均达到了 0.01 信度的显著性水平,其中以 3 小时最大暴雨的增多趋势最为显著,达到了 0.001 的显著性水平。值得一提的是,10、30 分钟、1、3、6、24 小时最大降水量极值出现的年份分别为 1989、1992、1992、1992、1997 和 1999 年,此后均出现了降水量减少的趋势,表明不同历时的暴雨的增多年际变化趋势在总体上保持增多的同时,均在 20 世纪 80 年代末或 90 年代出现了下降的趋势,且随着降水历时的延长和降水量的增大,降水呈增多趋势的年际在延长而出现下降趋势的年份在不断退后。若以 5 阶多项式拟合各历时最大暴雨的年际变化趋势,则可进一步看出,随着降水历时的延长和降水量的增大,最大暴雨年际变化的阶段性波动逐步趋缓,特别是 3、6 小时的变

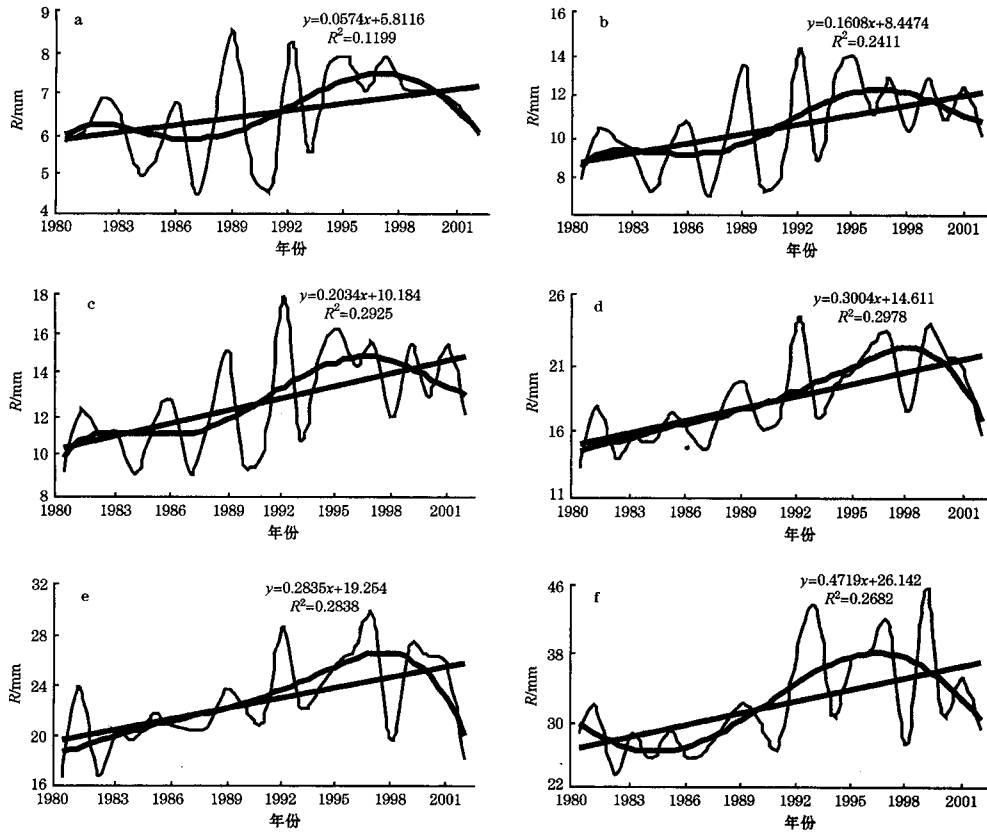


图 1 1980~2002 年 10(a)、30(b)分钟、1(c)、3(d)、6(e)、24(f)小时最大降水量年际变化曲线

化仅仅表现为“上升—下降”的波动特征,这或许正是由于河湟谷地暴雨大多集中在12小时之内降落且约有一半以上集中在6小时之内降落,才使其阶段性变化相对稳定,波动较小。

2.2 不同历时最大暴雨的空间变化

由河湟谷地各历时最大暴雨平均值(\bar{R})的空间分布(图略)可以看出,其分布特征主要有以下三方面的特征:一是作为省会城市的西宁,不仅其10、30分钟、1、3小时4个短时段 \bar{R} 在12站中最小,而且各时段 \bar{R} 均较其周围地区如大通、湟中、海东、互助等地偏小,与此同时地处西宁下风方向的海东的30分钟、1、3小时3个时段 \bar{R} 均为12站中的最大值,其余时段 \bar{R} 亦相对较高。显然,这与地形对降水的影响是密不可分的。尽管按常理而言,由于市区上空对流发展旺盛,且多凝结核,易于形成对流云,平均云量可增加5%~10%,加之气流受城市建筑物的阻挡,延长降水时间,降水量较郊区可能增加5%~15%,且主要是阵性降水^[3]。但是,就大气整体而言,其局地对流往往受大气环流的支配,加之西宁城市规模相对较小,高层建筑稀少,且与地处下游的海东同处湟水河谷,河谷走向与盛行风向一致,因此气流极易克服建筑物的阻挡而使降水出现在下风方向的地区,反而使城市降水减少^[4],尤为显著的是由于地形作用,使得沿湟水谷地倒灌且通常可能造成强降水的东南向气流易受西宁南山的作用,在其上空形成反气旋,而在其南山以南的湟中形成气旋,从而更有可能使西宁的降水减少,而加大其南郊的降水量,这在短时段降水中表现得尤为显著。二是河湟谷地降水最多的湟中6、24小时 \bar{R} 为该地区最大,降水次少的海南6、24小时为该地区最小,说明随着降水历时的延长, \bar{R} 的空间分布特征逐步与年降水量的空间分布接近,进而表明在这些地区暴雨在年降水量中所占的比重相对较高。三是河湟谷地降水最少的循化各时段 \bar{R} 反而不为该流域的最小值,这是由于该地区地处黄河谷地,四周多高大、封闭的山体,地形作用使其上空多下沉气流,不易形成局地性降水,一般情况下降水多为过程性降水,因此暴雨在年降水量中所占的比重相对较低,同时,根据有关统计得出1960~2001年

该地区暴雨累计出现次数也仅为14次,为东部地区暴雨出现次数较少的地区之一^[5],这就决定了该地区各时段 \bar{R} 与年降水量在整个流域空间分布上的不一致性。

2.3 不同历时最大暴雨变率

河湟谷地10、30分钟、1、3、6、24小时最大暴雨变差系数 C_v 中30分钟的为最大,其余时段随着时段的延长, C_v 逐步减少,表明30分钟的最大暴雨最为不稳定,同时随着降水时段的延长,最大暴雨的稳定性逐步增大,即降水时段越短,最大暴雨的稳定越低,反之,则相反。这在降水最多的湟中表现得尤为明显,其10、30分钟 C_v 为12站中的最大值,而1、3、6小时 C_v 逐渐减小,至24小时 C_v 为最小值,其稳定性最高,也在一定程度上说明了该站24小时暴雨在年降水量中所占的比重相对较高。另外,民和 C_v 普遍较高,其中1、3、6、24小时 C_v 均为12站中最大,而互助 C_v 普遍较低,且30分钟、3、6小时 C_v 均为最小,说明民和站最大暴雨的稳定性最低,而互助站最大暴雨的稳定性最高,因此,就山洪灾害的防治工作而言,民和的危险性更高,形势更为严峻。

2.4 不同历时最大暴雨的偏态

由河湟谷地10、30分钟、1、3、6、24小时最大暴雨偏态系数 C_s 的空间分布情况来看(图略),12个站各时段 C_s 除循化10分钟、西宁6小时为负偏态且接近于正态分布外,其余台站、其余时段均为正偏态,且各时段 C_s 的空间平均值在1.00~1.30之间。其中,湟中站 C_s 普遍较大且30分钟、1、3、6小时 C_s 均为12站中最大值,而西宁 C_s 普遍较小且3、6小时 C_s 为最小,这种湟中各时段最大暴雨的分布远离正态分布,而西宁则相对接近于正态分布,湟中暴雨出现的次数多而不集中,西宁暴雨出现的次数相对较少但较为集中的特征,根据文献的研究^[6],说明湟中暴雨的形成往往是某一单一因素如地形作用的结果,而西宁暴雨的形成可能受到多个随机因子的综合作用。

2.5 不同历时不同频率暴雨的极值

表1给出的是根据皮尔森Ⅲ型分布推算出的河湟谷地12个气象台站10、30分钟、1、3、6、24小时不同时段、20%、10%、5%、2%

不同频率最大暴雨值。可以看出,对于12站某一时段、某一频率的最大暴雨而言,其空间分布总体上与不同历时最大暴雨平均值的空间分布有着很好的一致性,但由于是其极值属推算结果,因而较之于实测值则具有较大的不稳定性。值得注意的是,在10、30分钟和1小时等短时段各频率最大暴雨值当中西宁站基本上均为最小,而3、6、12小时等较长

时段各频率最大暴雨值当中民和站均为最大。因此,对民和而言防汛任务是艰巨的,但是由于西宁城市化建设地表植被覆盖率低,多为水泥地面,降水极易形成地表径流,加之排洪能力较低,因而尽管短时暴雨量较小,暴雨可能引发的洪灾对城市交通、建筑等的影响却是不容忽视。

表1 河湟谷地各时段各频率最大暴雨值/mm

台站	10分钟				30分钟				1小时				3小时				6小时				12小时			
	20%	10%	5%	2%	20%	10%	5%	2%	20%	10%	5%	2%	20%	10%	5%	2%	20%	10%	5%	2%	20%	10%	5%	2%
大通	10.1	11.7	13.2	15	15.5	17.8	19.9	22.3	18	21	23.8	27	22.1	25.1	27.8	31.2	28.5	33.1	37.5	43.4	41.4	47.8	54	61.9
循化	8.3	9.2	9.9	10.7	12.2	13.8	15.3	17	14.6	16.2	17.5	19.1	21.3	24.4	27.2	30.7	26.4	30.3	34	38.8	33	37.6	41.9	47.5
海南	10.4	12.8	14.9	17.6	15.6	19.9	24.4	30.2	17.2	21.3	25.4	30.8	21.1	24.7	28.2	32.6	23.4	26.6	29.5	33.2	32.5	37.5	42.4	48.7
湟中	9.3	12.2	15.1	19.2	15.5	21	26.9	34.8	18	24.4	31.2	40.8	26.6	34	41.8	52.4	34.4	41.2	48.1	57.1	44.7	49.2	53.5	58.6
黄南	7.5	9.2	10.8	12.7	11.8	15.2	18.4	22.7	15.1	18.2	21.1	24.7	21.6	24.7	27.5	30.7	25.8	28.9	31.8	35.1	33.3	37	40.4	44.4
海东	11.2	14.1	16.9	20.6	18.8	23.8	28.8	35	21.8	26.6	31.1	36.7	28.8	32.5	35.6	39.2	31.5	36.9	41.9	48.2	36	41.6	47.3	54.5
化隆	8.4	9.9	11.3	13	15	18.3	21.5	25.7	17.7	21.9	26.1	31.5	22.3	26.7	31	36.6	26.4	30.6	34.6	39.5	35.4	42.4	49.5	58.7
湟源	10.8	13.9	16.9	21	16.8	22.3	28.1	35.9	19.1	24.6	30.2	37.5	23	27.7	32.6	38.9	26.2	28.4	30.4	32.7	36.7	41.5	46	51.6
西宁	7.1	8.5	9.8	11.5	11.5	13.8	16	18.6	13.6	15.5	17.1	19.1	22.6	24.6	26.3	28.2	29.1	31.7	33.8	36.1	37.2	40.8	44	47.6
乐都	11.1	12.8	14.2	15.8	16.8	19.1	21.1	23.4	19.2	21.7	23.9	26.3	25.4	28.2	30.6	33.3	29.3	32.9	36.1	40	34.2	38.2	41.8	46.5
民和	8.9	10.8	12.4	14.4	15.2	18.7	22.1	26.2	18.9	24.7	30.8	38.6	30	38.9	47.8	59.4	36.1	44.5	52.6	63.2	46.2	55.8	64.8	76.4
互助	10.7	12.1	13.2	14.5	15.2	17.2	18.8	20.8	16.9	19	20.9	23.1	21.9	24.3	26.4	29	28.8	31.6	34	36.7	41	44.5	47.5	50.9

3 结论

(1) 河湟谷地不同历时的最大暴雨均呈现出增多趋势,且随着降水历时的延长和降水量的增大,其倾向率在不断扩大,同时降水呈增多趋势的年份在延长而出现下降趋势的年份在不断退后,年际变化的阶段性波动逐步趋缓。

(2) 受地形的影响,西宁地区各时段最大暴雨的平均值普遍低于周围地区,且在短时段降水中表现得尤为显著;随着降水历时的延长,各时段最大暴雨的平均值的空间分布特征逐步与年降水量的空间分布接近,说明在河湟谷地大多数地区暴雨在年降水量中所占的比重相对较高;地形对各时段最大暴雨的影响较为显著,致使循化等地降水特性与其他地区不尽一致,暴雨在年降水量中所占的比重相对较低。

(3) 河湟谷地民和站最大暴雨的稳定性最低,而互助站最大暴雨的稳定性最高;各时段 C_s 中30分钟的为最大,其余时段随着时段的延长, C_s 逐步减少,表明30分钟的最大暴雨最为不稳定,同时随着降水时段的延长,

最大暴雨的稳定性逐步增大,即降水时段越短,最大暴雨的稳定性越低,反之,则相反。

(4) 河湟谷地大多数地区各时段最大暴雨的分布为正偏态, C_s 的空间平均值在1.00~1.30之间。

(5) 河湟谷地各时段不同频率的最大暴雨的空间分布总体上与不同历时最大暴雨平均值的空间分布有着很好的一致性,但较之于实测值则具有较大的不稳定性。

参考文献

- 汪青春,李林,刘蓓等.青海省近40年雨日、雨强气候变化特征.新世纪气象科技创新与大气科学发展—气候系统与气候变化.北京:气象出版社,2003:335~340.
- 屠其璞等编.气象应用概率统计.北京:气象出版社,1984:208~221.
- 翁笃明,陈万隆等.小气候与农田小气候.北京:气象出版社,1984:207~212.
- 李林.城市化对西宁市区的气候影响.青海环境,1997,7(4):171~174.
- 王江山主编.青海天气气候.北京:气象出版社,2004:58~60.
- 李栋梁,彭素琴.中国西部将水资源的稳定性研究.应用气象学报,1992,3(4):451~458.

Study on Frequency of Heavy Rainfall Events over Hehuang Valley

Li Lin Wang Zhenyu Wang Qingchun Qin Ningsheng

(Qinghai Climate and Data Center, Xining 810001)

Abstract

Based on the recording precipitation data in 1980—2002 at 12 meteorological stations over Hehuang valley of Qinghai Province, the spatial characteristic and its instability of different time as well as design heavy rainfall in various time interval and frequency over the valley is analyzed. The result shows that the maximum rainfall in various time interval over the valley appears increasing. With the delaying of precipitation time and increasing of rainfall, its tendency rate has been increasing while the periodic wave of interannual variation is becoming slowly, and the spatial distribution characteristic of maximum rainfall's average in each time interval is getting close to spatial distribution of annual precipitation, and topography has significant impact on the spatial distribution of the heavy rainfall. The maximum rainfall in 30 minutes is extremely instable. In the meantime, with the delaying of precipitation time interval, the stability of maximum rainfall is inclined to increasing. The distribution of maximum rainfall in each time interval appears skew, and the spatial distribution of maximum rainfall of different frequency in each time interval is generally consistent with observational data, but less instable than it.

Key Words: heavy rainfall instability frequency extreme value