

珠江流域暴雨天气系统与暴雨洪水特征分析

姚章民, 杜勇, 张丽娜

(水利部珠江水利委员会水文局, 广东 广州 510611)

摘要:对珠江流域9场历史典型暴雨洪水的致洪天气系统、暴雨中心落区及发生时间进行统计分析, 探求珠江流域各水系产生暴雨的天气系统、暴雨类型、洪水成因及发生时间的相互联系, 归纳出珠江流域致洪暴雨洪水的一些基本特征规律, 对于珠江流域防洪减灾具有一定参考价值。

关键词:暴雨; 洪水; 天气系统; 时空分布; 珠江流域

中图分类号: TV122

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2015)02-0085-05

1 引言

珠江流域主要由西江、北江、东江、珠江三角洲四大水系组成, 地处热带和亚热带, 南部及东南部滨临南海, 西南部毗邻印度洋的孟加拉湾, 距水汽的来源地近, 南海、西太平洋及孟加拉湾源源不断的暖湿气流为本区带来丰沛水汽。孟加拉湾及南海的水汽在西南季风的输送下影响流域 110°E 以西地区; 西太平洋的水汽在东南季风的输送下影响流域 105°E 以东的地区。热带气旋和其他天气形势下的偏南风亦会带来数量可观的水汽, 主要影响流域的中部及东部地区。充足的水汽为暴雨的产生提供了物质条件^[1]。

珠江流域暴雨不仅受中高纬度天气系统影响, 如锋面、低压槽、低压、低涡、切变线、低空急流等, 而且受低纬度热带天气系统影响, 如热带气旋。一场暴雨的产生往往是几个甚至多个天气系统共同作用的结果^[2]。不同尺度的天气系统在不同的时期对流域有着不同的影响, 而流域内各水系所处的地理位置及地形地貌特征, 决定了天气系统对它们的影响程度, 从而形成了各水系独特的暴雨特征。珠江流域暴雨类型主要有锋面暴雨和台风暴雨两大类型, 由中高纬度天气系统影响造成的暴雨称锋面暴雨, 由热带气旋登陆影响形成的暴雨称台风暴雨。不同类型的暴雨及其时空分布直接影响到由其产生的洪水的特征。

2 典型暴雨洪水的天气系统与暴雨发生时间

珠江流域洪水灾害频繁。选取自 20 世纪 60 年代以来珠江流域发生的 9 场中等量级以上的典型暴雨洪水, 对这些历史典型场次暴雨洪水的天气系统、暴雨中心和洪水量级情况进行统计, 见表 1。分析表 1 可得出:

(1) 暴雨天气系统: 主要有副热带高压、槽、锋面、切变线、西南低涡和热带气旋 6 类, 其中切变线出现频率最高, 9 场洪水中有 7 场产生影响; 其次是锋面, 有 6 场产生影响; 再次是槽, 有 5 场产生影响。

(2) 暴雨发生时间: 9 场暴雨洪水中有 5 场发生在 6 月份, 2 场发生在 7 月份, 5 月份和 8 月份各有 1 场。可见, 珠江流域大的暴雨主要发生在 6 月~7 月份。

3 典型暴雨洪水的天气系统与暴雨中心落区

对表 1 列出的 9 场历史典型暴雨洪水的天气系统和暴雨中心进行成因分析统计, 统计结果见表 2。从表中可以看出:

在流域性暴雨洪水中, 暴雨中心落在柳江的概率最大, 占总体的 24.1%; 其次是桂江, 占总体的 19.0%; 暴雨中心落在右江的概率最小, 仅占总体的 3.4%。

各类天气系统的暴雨中心落区如下:

(1) 在副热带高压为主要因素的天气系统中, 暴雨中心落在红水河和北江中下游的概率最大, 均占总

收稿日期: 2014-08-09

基金项目: 水利部公益性行业科研专项项目 (200901042)

作者简介: 姚章民 (1963-), 男, 广东汕头人, 教授级高工, 博士, 主要从事水文水资源技术管理及研究。E-mail: gzzmyao@tom.com

表1 典型暴雨洪水的天气系统~暴雨中心~洪水量级

Table1 The weather system, storm center and flood measure of the model storm flood

典型暴雨洪水场次	主要天气系统	暴雨中心	洪水量级
“1968.6”暴雨洪水	副高偏东偏南、南支槽、静止锋、切变线	珠江流域在1968年6月5日~9日、11日~16日和20日~27日分别出现了3次大范围的强降雨过程:第一次降雨过程自5日开始,北盘江及广西河池一带大雨到暴雨,随后降水中心自上游向东南移动,6日移至都柳江与右江上游,7日~8日继续向东偏南方向移动,经桂江上游至广西南部一线至梧州到桂南沿海一线。第二次降雨过程为11日~16日,其中11日~13日暴雨中心沿郁江、浔江、西江下游移至北江西北、东江上游,14日在粤东南一强雨区向西北方推进,15日位于广东省中部呈东北~西南走向,16日继续向西北推进,与西边移来的雨区合并。第三次降雨过程自20日开始,20日~24日降雨中心在北盘江、柳江、郁江和东江,25日~27日降雨中心移至柳江和桂江上游。	西江梧州站洪峰流量38 900m ³ /s,重现期略大于5年一遇。 北江石角站洪峰流量14 900m ³ /s,重现期20年一遇。
“1976.7”暴雨洪水	副高偏东偏南、西南急流、切变线	降雨自1976年7月4日开始,12日结束,历时9d。5日暴雨区在红水河,6日雨区东移,暴雨区扩展到柳江、桂江及湘江上游,7日暴雨中心移至柳江流域,此后一直在该地区徘徊。	黔江武宣站洪峰流量43 400m ³ /s,重现期30年一遇。 西江梧州站洪峰流量42 400m ³ /s,重现期10年一遇。
“1982.5”暴雨洪水	南支槽、西南急流、冷锋、切变线、华南静止锋	降雨自1982年5月9日开始,14日结束,历时6d。9日北江大部地区开始降小到中雨。10日降雨强度增大,绥江上游、连江下游为暴雨中心区。11日降雨强度继续增强,并出现多个暴雨中心。12日雨区向南移动,暴雨中心在连江口~清远区间。13日后降雨强度显著减小。	北江横石站洪峰流量18 000m ³ /s,重现期50年一遇。
“1988.8”暴雨洪水	高空槽、切变线、西南低涡、西南低空急流	降雨自1988年8月21日开始,9月3日结束,历时14d。场次暴雨大致分4个阶段,即8月中旬末至22日、24日、26日~27日和28日~30日,暴雨的主峰时段集中于28日~30日,其中以29日为主。暴雨中心主要分布在红水河及柳江流域的贝江和融江干流一带。	西江梧州站洪峰流量42 500m ³ /s,重现期10年一遇。
“1994.6”暴雨洪水	9403号台风、西南暖湿气流、冷锋、华南静止锋	降雨自1994年6月7日开始,20日结束,历时14d。9日西江中下游、北江中下游出现暴雨,12日以后强降雨继续,部分地区出现特大暴雨,14日以后北江流域降雨强度减弱,西江流域仍维持暴雨到特大暴雨,17日以后全流域降雨减弱,20日降雨过程结束。西江暴雨中心主要分布在柳江、桂江,北江暴雨中心主要分布在连江、绥江。	西江梧州站洪峰流量49 100m ³ /s,重现期50年一遇。 北江石角站洪峰流量16 700m ³ /s,重现期50年一遇。
“1994.7”暴雨洪水	副高偏北、热带辐合带、热带低压、西南暖湿气流	降雨自1994年7月12日开始,26日结束,历时15d。西江流域暴雨从12日开始,23日结束,暴雨中心在广西防城至玉林一带和左右江地区的天等县。北江流域暴雨从17日开始,26日基本结束,雨量主要集中在23日~25日,暴雨中心在北江干流、连江、绥江、滨江等地。	梧州站洪峰流量42 800m ³ /s,重现期大于10年一遇。
“1998.6”暴雨洪水	静止锋、西南暖湿气流、冷空气、西南低涡、切变线	降雨自1998年6月15日开始,27日结束,历时13d。降雨过程大致分3个阶段:第一阶段为15日~17日,为本次暴雨的前期降雨阶段,本阶段降雨主要起抬高江河底水的作用;第二阶段为18日~24日,是成峰暴雨阶段;第三阶段为25日~27日,为暴雨的后期阶段,降雨强度逐渐减弱,最终趋于停止。暴雨区主要在桂江、柳江、红水河下游至浔江一带。	西江梧州站洪峰流量52 900m ³ /s,重现期40年一遇。 北江干流水道三水站洪峰流量16 200 m ³ /s,重现期100年一遇。 西江干流水道马口站洪峰流量46 200 m ³ /s,重现期50年一遇。
“2005.6”暴雨洪水	西南低涡、切变线、高空低槽、地面静止锋、西南季风	降雨自2005年6月9日开始,25日结束,历时17d。降雨过程大致可以分为2个阶段:第一阶段为6月9日~16日,第二阶段为6月17日~25日。第一阶段,珠江流域各地先后出现大到暴雨,局部大暴雨,大范围高强度降雨主要集中在西江流域。暴雨主要集中在第二阶段,而该阶段高强度降雨量主要集中在19日~21日,降水范围和强度均较第一阶段大,珠江流域出现大范围暴雨到大暴雨,局部特大暴雨的强降雨天气过程,柳江、桂江中下游和东江中游是本阶段的暴雨中心。	西江梧州站洪峰流量53 700m ³ /s,重现期50年一遇。 马口站、三水站洪峰流量重现期均为50年一遇。
“2008.6”暴雨洪水	西南低涡、切变线、静止锋、南支槽	降雨自2008年6月7日开始,16日结束,历时10d。降雨过程大致可以分为2个阶段:第一阶段为7日~9日,暴雨中心主要在柳江上游和桂江上游,第二阶段为11日~16日,暴雨中心主要在柳江中下游和桂江。	西江梧州站洪峰流量46 000m ³ /s,重现期近20年一遇。 马口站、三水站洪峰流量重现期均为50年一遇。

体的 23.1%。

(2)在槽为主要因素的天气系统中,暴雨中心落在柳江和桂江的概率最大,均占总体的 22.7%。

(3)在锋面为主要因素的天气系统中,暴雨中心落在柳江的概率最大,占总体的 25.9%;其次是红水河和桂江,均占总体的 18.5%。

(4)在切变线为主要因素的天气系统中,暴雨中心落在柳江的概率最大,占总体的 22.2%;其次是红水河和桂江,均占总体的 18.5%。

(5)在西南低涡为主要因素的天气系统中,暴雨中

心落在柳江的概率最大, 占总体的 29.4%, 其次是桂江, 占总体的 23.5%。

(6)热带气旋一般不会引发流域性的暴雨,但可以导致流域局部地区的暴雨。在已列出的珠江 9 场历史典型暴雨中,只有“1994.6”和“1994.7”两场流域性暴雨具有热带气旋影响因素。

珠江流域的暴雨中心一般分布在山脉迎风坡及地形变化显著之处,较稳定的暴雨中心有长安~桂林、都安~迁江、桂平~昭平、英德~清远、河源~龙门等一带区域,见图 1。其中长安~桂林、都安~迁江两个暴雨中

表2 典型暴雨的天气系统~暴雨中心统计

Table 2 The statistics of the weather systems and storm centers of the model storms

天气系统	降雨落区分布统计							
	南盘江	概率	红水河	概率	柳江	概率	右江	概率
副热带高压	2	15.4%	3	23.1%	2	15.4%	1	7.7%
槽	2	9.1%	3	13.6%	5	22.7%	1	4.5%
锋面	1	3.7%	5	18.5%	7	25.9%	1	3.7%
切变线	3	11.1%	5	18.5%	6	22.2%	1	3.7%
西南低涡	1	5.9%	3	17.6%	5	29.4%	0	0.0%
热带气旋	0	0.0%	2	22.2%	2	22.2%	0	0.0%
合计	9	7.8%	21	18.1%	27	24.1%	4	3.4%

天气系统	降雨落区分布统计							
	黔江	概率	桂江	概率	北江中下游	概率	东江	概率
副热带高压	0	0.0%	1	7.7%	3	23.1%	1	7.7%
槽	1	4.5%	5	22.7%	2	9.1%	3	13.6%
锋面	2	7.4%	5	18.5%	4	14.8%	2	7.4%
切变线	1	3.7%	5	18.5%	3	11.1%	3	11.1%
西南低涡	1	5.9%	4	23.5%	1	5.9%	2	11.8%
热带气旋	1	11.1%	2	22.2%	2	22.2%	0	0.0%
合计	6	5.2%	22	19.0%	15	13.9%	11	9.5%



图1 珠江流域暴雨中心位置示意图

Fig.1 The locations of the storm centers in the Pearl river basin

心范围较大,暴雨发生频次多,西江乃至珠江流域的大洪水大都由这一带暴雨引发的。

4 洪水成因及发生时间

珠江流域洪水主要由暴雨形成的,洪水发生的时间和暴雨发生的时间基本同步,流域上大面积的降雨随之而来是江河洪水的暴涨。锋面暴雨强度大,频次高,历时长,影响范围大,易造成流域性洪水。珠江流域性大洪水与暴雨关系密切,分析统计珠江历史洪水各级暴雨的笼罩面积可知,一次大的洪水过程的降雨范围一般都较大,如“1905.6”、“1994.6”、“1998.6”、“2005.6”洪水,其洪水过程降雨量大于100mm的平均笼罩面积约为 $30 \times 10^4 \text{ km}^2$,占流域集水面积的70%左右;大于200mm笼罩面积约为 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$,占流域集水面积的48%左右;大于300mm笼罩面积约为 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$,占流域集水面积的28%左右^[3-4]。台风形成的暴雨强度大,历时短,影响范围小,易形成局部或局地的大洪水,若台风雨遭遇锋面雨,则会造成较大范围区域性洪水。

西江水系集水面积大,支流众多,影响各水系暴雨的天气系统有差别,支流柳江、桂江暴雨多受中高纬度天气系统影响,以锋面雨为主。桂江洪水出现时间一般较早,洪水主要出现在4月~6月,是较典型的前汛期洪水;柳江洪水多在6月~8月出现。而支流郁江既受锋面雨影响,又受台风雨影响,洪水出现时间比柳江、桂江晚一些,一般6月份开始出现洪水,较大洪水多集中在7月~9月份,是典型的后汛期洪水。

北江水系呈叶脉形,加之地势北高南低的迎风坡面,水流顺坡而下,汇流速度快,易形成陡涨陡落的大洪水。北江洪水基本是由锋面暴雨造成的,北江洪水的时空分布很大程度地由暴雨的时空分布决定。北江暴雨中心分布在中下游一带,是北江大洪水的主要来源。造成北江锋面暴雨的天气系统多出现在前汛期,洪水多出现在5月~6月份,洪水出现和结束时间在西、北、东三大水系中均最早,是典型的前汛期洪水。

东江水系虽然面积较小,但因流域内上、下游地形不同及形成暴雨洪水成因不一致,洪水的成因及时间存在差异。东江河源以上干支流洪水主要是锋面雨形成的,洪水一般发生在5月、6月份,如1959年、1964年洪水。而下游西枝江石马河、秋香江洪水则主要受台风雨影响形成,洪水一般出现在7月~9月份,如1979

年洪水。由于上下游影响洪水的暴雨天气系统不同,上下游洪水不同步,因此发生流域大洪水的机会较少。

珠江三角洲地势较平坦,河网密集且相互贯通。珠江三角洲作为西江、北江和东江三江来水的汇集地和出海口,其洪水不仅受上游三江洪水的影响,而且受下游海洋潮汐的影响。当西江、北江洪水在思贤滘相遇后进入西北江三角洲,常常会形成三角洲地区大洪水。若上游洪水量级较大且又逢本区域暴雨及天文大潮,将会造成三角洲特大洪水。

珠江流域各水系及主要支流形成洪水的暴雨类型及时间见表3。

表3 各水系形成洪水的暴雨类型及洪水发生时间
Table 3 The flood type and occurrence time of the storms in the various river systems

河流水系	暴雨类型及洪水发生时间
柳江、桂江	前汛期洪水主要由锋面雨形成,是西江前汛期大洪水中的主要来源。
西江 郁江	前汛期洪水多由锋面雨形成,后汛期洪水主要由台风雨形成,且洪水出现时间一般较晚,以后汛期洪水居多。
北江	前汛期洪水多由锋面雨形成,后汛期洪水主要受台风雨影响,洪水多发生在前汛期。
河源以上的 东江干支流	洪水主要由锋面雨形成的,且洪水一般发生在5月和6月。
东江 东江下游的 西枝江石马 河、秋香江	洪水主要受台风雨影响形成,洪水一般出现在7月~9月。

5 结论

通过对珠江流域9场历史典型暴雨洪水的致洪天气系统、暴雨中心落区及发生时间进行统计分析,珠江流域致洪暴雨洪水基本特征规律如下:

(1)影响暴雨发生的主要天气系统有6类:副热带高压、槽、锋面、切变线、西南低涡和热带气旋。在锋面暴雨中,以静止锋暴雨最多,冷锋暴雨次之,它们主要活动在4月~6月前汛期。

(2)台风是影响珠江流域降水的热带天气系统,台风多发生在7月~9月。热带气旋一般不会引发流域性的暴雨,但可以导致流域局部地区的暴雨。流域内

西江水系的支流郁江和东江中下游支流西枝江的暴雨多由热带气旋造成。

(3)珠江流域较稳定的暴雨中心在长安~桂林、都安~迁江、桂平~昭平、英德~清远、河源~龙门等一带区域。发生流域性大洪水的暴雨其暴雨中心落在柳江的概率最大,其次是桂江,暴雨中心落在右江的概率最小。

(4)珠江流域洪水主要由暴雨形成的。锋面暴雨强度大,频次高,历时长,影响范围大,易造成流域性洪水,多发生在4月~6月前汛期。台风暴雨强度大,历时短,影响范围小,易形成局部大洪水,多发生在7月~9月后汛期。

参考文献:

[1] 水利部珠江水利委员会,《珠江续志》编纂委员会.珠江续志[M].北京:中国水利水电出版社,2009. (Pearl River Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources, Codification Commis-

sion for Pearl River Conservancy Add History. Pearl River Conservancy Add History [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2009. (in Chinese))

- [2] 薛纪善.1994年华南夏季特大暴雨研究[M].北京:气象出版社,1999. (XUE Jishan. Research on the Extraordinary Rainstorm of the South of China in the Summer of 1994 [M]. Beijing: China Meteorological Press,1999. (in Chinese))
- [3] 水利部水文局,水利部珠江水利委员会水文局.1998年珠江、闽江暴雨洪水[M].北京:中国水利水电出版社,2001.(Hydrology Bureau of Ministry of Water Resources, Hydrology Bureau of Pearl River Water Resources Commission of Ministry of Water Resources.The Storm Flood of Pearl River and Minjiang River in 1998 [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2001. (in Chinese))
- [4] 水利部水文局,水利部珠江水利委员会水文局.2005年珠江暴雨洪水[M].北京:中国水利水电出版社,2007. (Hydrology Bureau of Ministry of Water Resources, Hydrology Bureau of Pearl River Water Resources Commission of Ministry of Water Resources.The Storm Flood of Pearl River in 2005 [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2007. (in Chinese))

Analysis of Storm Weather System and Flood Characteristics in Pearl River Basin

YAO Zhangmin, DU Yong, ZHANG Lina

(Hydrology Bureau of Pearl River Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources, Guangzhou 510611, China)

Abstract: This paper statistic analysed the storm weather systems, storm centers and occurrence time of the 9 model storm floods in Pearl River Basin, so as to seek the interrelation of the storm weather system, storm type, flood factor and occurrence time of different drainages of Pearl River Basin. This paper also summarized the essential characteristics of the storm floods in the Pearl River Basin, what can supply some reference value to flood control and disaster reduction in the Pearl River Basin.

Key words: storm; flood; weather system; spatial and temporal distribution; Pearl River Basin

(上接第 69 页)

imental technology research[R]. 2012.(in Chinese))

[3] SL 568-2012,土壤墒情评价指标 [S].(SL 568-2012,Evaluation Index of Soil Moisture Condition[S].(in Chinese))

[4] SL 364-2006,土壤墒情监测规范 [S]. (SL 364-2006,Technical Standard for Soil Moisture Monitoring[S].(in Chinese))

[5] SL 250-2000,水文情报预报规范[S]. (SL 250-2000,Hydrological Information and Forecasting Practices[S].(in Chinese))

[6] SL2013,土壤水分监测仪器通用技术条件(报批稿)[S]. (SL2013, General Technical Condition for Soil Moisture Monitoring Instruments(For Approval)[S].(in Chinese))

[7] 邹文安.基于 Excel+VBA 技术条件的土壤含水量预测模型[J].中国防汛抗旱,2013,(2):49-52.(ZOU Wenan. A soil moisture content prediction model based on Excel and VBA [J]. China Flood & Drought Mmanagement, 2013,(2):49-52.(in Chinese))

Multiple Regression Model for Soil Moisture Prediction on Excel-based Platform

ZOU Wenan, JIANG Bo, ZHANG Wei

(Moisture Monitoring Center of Jilin Province ,Changchun 130033, China)

Abstract: Soil moisture content is expressed in soil moisture levels,reflecting the most direct and important indicator of drought. Soil moisture forecast to reflect the future development trend of a certain period of agricultural drought,for carrying out the drought early warning,command and leadership at all levels and departments to provide decision-making basis for drought mitigation. In this paper, precipitation,evaporation,wind and other sources of information as influencing factors measured to Excel as technology platforms, creating a multiple regression model for soil moisture prediction. The forecast model creation method is simple, easy to transform and transfer.

Key words: Excel platform; soil moisture; regression; prediction model