

Research on Characters of Flood of R River in South China

Junxian Chen^{1,2}, Lan Kong^{1*}, Renfei Jiang¹

¹China Water Resources Pearl River Planning Surveying and Designing Co., Ltd., Guangzhou

²College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing

Email: konglan2006@126.com

Received: Nov. 27th, 2013; revised: Dec. 15th, 2013; accepted: Jan. 7th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In this study, we analyzed the measured data from 1957 to 2009 at a station and found flood characteristics of variation of R River in south China. The results show that: 1) THE annual maximum peak discharge in the drainage basin has increasing trend. The floods occur with increasing frequency and cycles of floods are getting shorter and shorter; 2) There are highly positive correlation of annual precipitation, annual runoff and flood; the correlation is more closely between flood and runoff than flood and annual precipitation; 3) The process of flood is becoming sharper and thinner because of different factors.

Keywords

Flood, The Shape of Flood Peak, Characteristics of Variation, Cascade Hydropower Development

中国南方R河洪水特征研究

陈俊贤^{1,2}, 孔 兰^{1*}, 蒋任飞¹

¹中水珠江规划勘测设计有限公司, 广州

²河海大学水利水电工程学院, 南京

Email: konglan2006@126.com

作者简介: 陈俊贤(1965-), 女, 四川省万源市人, 主要从事水利规划研究, 河海大学水利水电工程学院, 博士研究生; 中水珠江规划勘测设计有限公司, 教授级高级工程师。

*通讯作者。

收稿日期：2013年11月27日；修回日期：2013年12月15日；录用日期：2014年1月7日

摘要

利用我国南方一多沙河流控制性水文站1957~2009年的实测资料研究了洪水变化规律。结果表明：1) 该流域年最大洪量有增加趋势，流域大洪水发生的频率越来越高，周期越来越短；2) 洪水与年降水量、年径流量呈高度正相关关系；洪水与年径流量的相关性比洪水与年降水量的相关性更密切；3) 受各种因素影响，洪水过程呈现尖瘦化的趋势。

关键词

洪水，峰型，变化特征，梯级开发

1. 引言

洪水是由暴雨、急骤融冰化雪、风暴潮等自然因素引起的江河湖海水量迅速增加或水位迅猛上涨的水流现象。在我国甚至世界范围内，由于人类活动的影响，加上时有发生极端气候气象事件，对流域水资源系统的影响日益加剧，造成的洪水灾害也日益频繁。洪水灾害带来了巨大的人员伤亡和经济损失，是目前世界上最主要的自然灾害之一，防洪减灾研究成为当今社会研究的热点之一[1][2]。李志龙等利用津市与石门两个水文站年最大流量及最高水位资料，研究了澧水洪水特征[3]。高攀宇等研究了嘉陵江流域暴雨洪水特征等，对流域雨水情的分析发现，嘉陵江流域暴雨具有雨量充沛、分布集中的特点，洪水具有陡涨陡落、洪峰高、变幅大的特点[4]。苏灵等重点从降雨、年最高水位、最大流量及区间洪水组合情况等初步分析了西江干流桂平至梧州河段洪水特征变化及成因[5]。本研究利用长系列洪水、径流、降水等翔实观测资料，对中国南方多沙河流 R 河洪水特征进行了研究，对洪水期的水库防洪、兴利优化调度等提供参考。

2. 基本概况

本研究以我国南方多沙河流 R 河干流为研究区，集水面积约 3.5 万 km^2 ，地势自西北向东南倾斜，河谷多为“V”字形纵向河谷。R 河下游于 1956 年设有一水文站，控制集水面积 3.2 万 km^2 ，测站上游于 2007 年建成了一宗大型水库，控制集水面积 2.9 万 km^2 ，总库容 2.65 亿 m^3 ，调节库容 0.08 亿 m^3 。

3. 长系列洪水特性分析

R 河的洪水由暴雨形成，产生暴雨的天气系统主要以冷锋低槽、冷锋切变为主。流域性的大暴雨多系北面西伯利亚、蒙古的冷空气南下，与西南部印度洋、东南部太平洋入侵的暖湿空气在流域上空交绥而形成。流域无大面积、稳定的暴雨中心，洪水演变机理复杂。流域洪水发生时间与暴雨出现时间一致，一般发生在 5 月~11 月，以 7、8、9 月最为集中，占年最大洪水的 73.5%~90.4%。R 河干流呈长条状，支流短小，洪水暴涨暴落，水位变幅大。洪峰历时不长，一次完整的洪水过程一般 10 d~15 d，多单峰型洪水。

R 河控制站历年最大洪峰流量变化如图 1，图中直线型趋势线表明控制站年最大洪峰流量有上升趋势；从洪水发生频次看，基本每隔几年就发生一次较大洪水。图 2 显示，历年最大 1 d、3 d 洪量变化基本相似，直线型趋势线表明呈上升趋势，历年最大 7 d 洪量呈下降趋势。表 1 显示，20 世纪 70 年代是流域洪

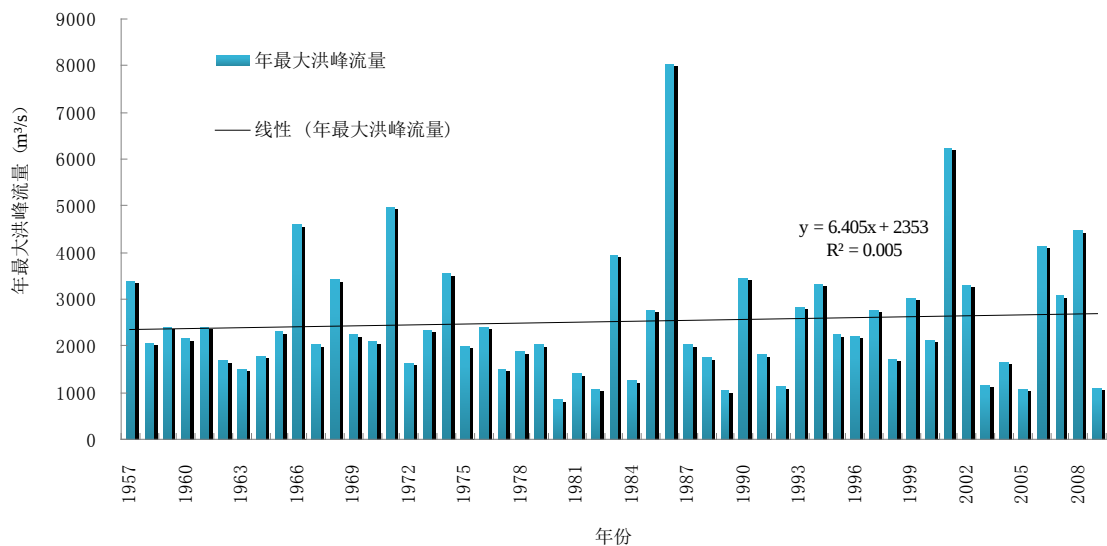
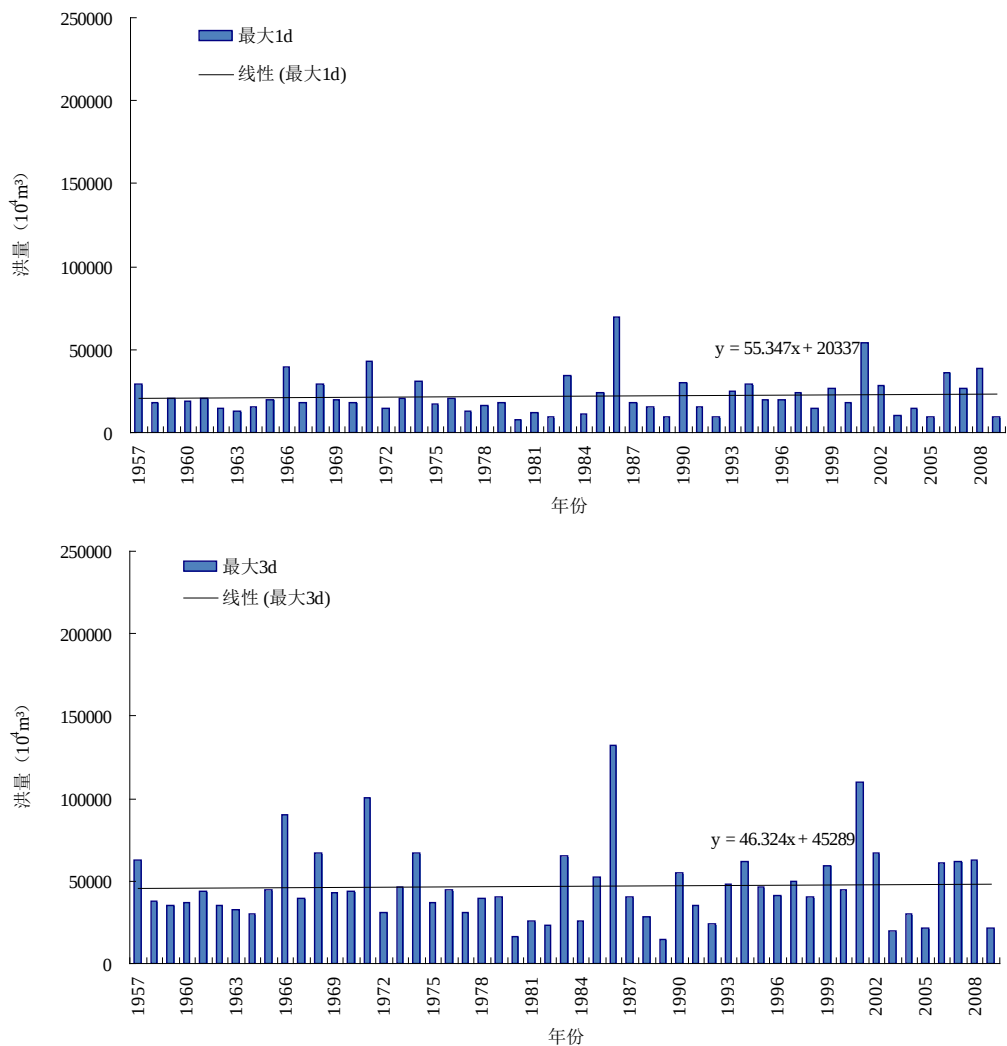


Figure 1. The graph of annual maximum peak discharge
图 1. 历年最大洪峰流量变化图



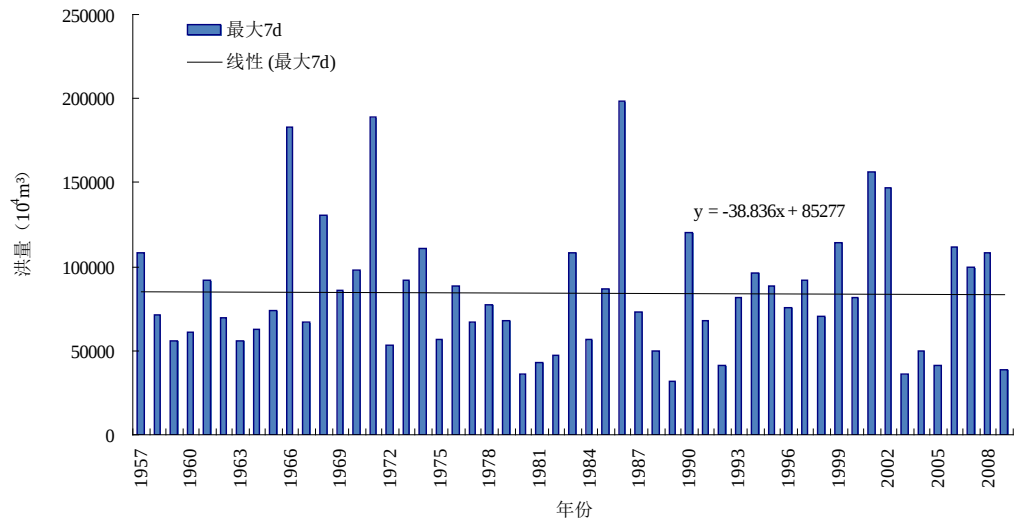


Figure 2. The graph of annual maximum peak flow
图 2. 历年最大洪量变化图

Table 1. The statistics of different level peak flow
表 1. 分年代洪峰量级统计表

年代	流量级(m ³ /s)次数			最大洪峰	
	>2000	>3000	>4000	流量(m ³ /s)	发生时间
1957~1959	4	1	0	3390	1957 年 8 月 7 日
1960~1969	6	0	1	4620	1966 年 8 月 29 日
1970~1979	10	2	0	4970	1971 年 8 月 18 日
1980~1989	7	1	1	8050	1986 年 10 月 10 日
1990~1999	9	3	0	3470	1990 年 6 月 22 日
2000~2009	8	4	3	6250	2001 年 6 月 3 日
合计	44	11	5		

水频发的年代, 大于 2000 m³/s 的洪水共发生 10 次, 其中大于 3000 m³/s 的洪水 2 次, 1971 年发生了 4970 m³/s 的较大洪水; 20 世纪 80 年代以来是大于 3000 m³/s 洪水发生频次有显著增加趋势, 尤其是 1986 年发生了 8050 m³/s 的大洪水, 该场洪水也是 1957~2009 年发生的最大一次洪水; 21 世纪以来, 大于 3000 m³/s 洪水共发生了 4 次, 其中大于 4000 m³/s 洪水多达 3 次, 特别是 2001 年发生了 6250 m³/s 的大洪水, 该场洪水仅次于 1986 年。

利用最大洪量(m³/s)除以 7d 洪量(亿 m³)作为峰型系数来表征洪水过程形状特征, R 河控制站历年峰形系数如图 3, 直线型趋势线表明峰型系数有增大的趋势, 洪水有尖瘦化的趋势。

4. 洪水与降水量、径流量相关性分析

为了探讨洪水与流域降水量、年径流量的相关关系, 对年最大洪量、最大 1 d 洪量、最大 3 d 洪量、最大 7 d 洪量、年降水量、年径流量进行了相关分析(见表 2)。由表可见: R 河年最大洪量、最大 1 d 洪量、最大 3 d 洪量、最大 7 d 洪量呈高度正相关; 洪水与年降水量、年径流量关系密切, 高度正相关; 洪水与年径流量的相关性比洪水与年降水量的相关性更密切。进一步说明, 降水对洪水、洪水对径流量都

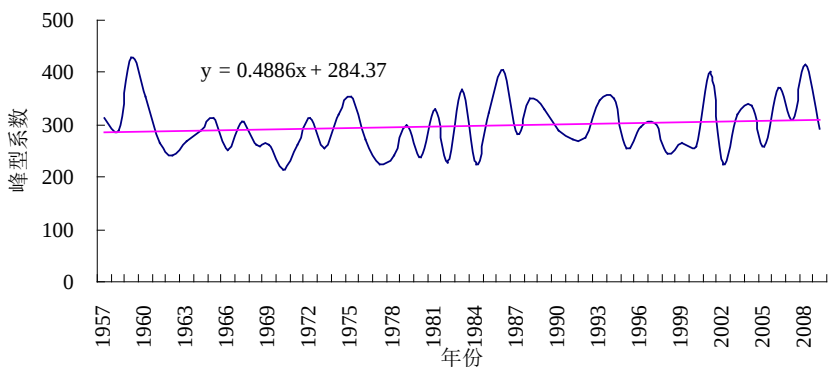


Figure 3. The graph of peak flow factor
图 3. 历年峰型系数图

Table 2. The table of correlations
表 2. 相关系数表

	年最大洪量	最大1 d洪量	最大3 d洪量	最大7 d洪量	年降水量	年径流量
年最大洪量	1					
最大1 d洪量	0.991**	1				
最大3 d洪量	0.974**	0.982**	1			
最大7 d洪量	0.912**	0.915**	0.958**	1		
年降水量	0.580**	0.576**	0.601**	0.634**	1	
年径流量	0.697**	0.720**	0.775**	0.839**	0.790**	1

注：0.01 < P < 0.05 标 “*”，P < 0.01 标 “**”。

有显著影响。

5. 典型年洪水特征分析

R 河干流上于 2007 年底在水文站上游建成了一大型水库，因此洪水系列中的 2008、2009 年洪水观测资料中还包含了梯级开发的影响因素[6] [7]。为了进一步分析 2008、2009 年两个典型年的实际观测洪水受梯级的影响，采用相似年型法进行分析，即依据洪量、降雨等方面的相似性，在梯级开发前的 1957~2007 年资料系列中，选取与 2008、2009 年相似年份的洪水作为没有梯级影响的情况。

经分析，与 2008 年相似的代表年有 2006、1983 年，与 2009 年相似的代表年有 1982、1992 年，对比分析如表 3、图 4，图 4 表明洪水也呈明显的尖瘦化趋势。

R 河流域呈狭长形态，属于湿润、半湿润地区，产流方式以蓄满产流为主，易形成陡涨陡落、来势迅猛的洪水，且洪水的落水时间一般较长。由于梯级开发后水库淹没范围内河槽的调蓄作用，再加上洪水波传播、下垫面等因素发生变化，使流域内的洪水过程进一步呈现尖瘦化的趋势。

由于梯级开发后时间序列偏短，未能做出更详细的对比。今后，随着梯级开发的进行，水文时间系列的延长，增加资料，补充洪水梯级开发后的变化规律，以期更好地为防汛服务。

6. 结论

中国南方多沙河流 R 河洪水变化特征为：

- 1) 代表站年最大洪量有显著的增加趋势，该流域洪灾发生的频率越来越高，周期越来越短；20 世纪

Table 3. The statistics of flood characteristics of typical year before and after cascade development
表 3. 梯级开发前后典型年洪水特征统计

年份	年最大洪峰 流量(m^3/s)	最大 1 d		最大 3 d		最大 7 d	
		流量(m^3/s)	出现时间(月.日)	洪量(万 m^3)	出现时间(月.日)	洪量(万 m^3)	出现时间(月.日)
2008	4480	3579	11.03	62524	11.03~11.05	108028	11.02~11.08
2006	4140	3274	10.11	60672	10.10~10.12	111397	10.09~10.15
1983	3960	3430	11.12	65059	11.11~11.13	108095	11.11~11.17
2009	1120	1089	08.16	21850	08.15~08.17	38264	08.15~08.21
1982	1070	961	08.08	22982	08.07~08.09	47218	08.06~08.12
1992	1140	1080	10.16	23812	10.15~10.17	41567	10.14~10.20

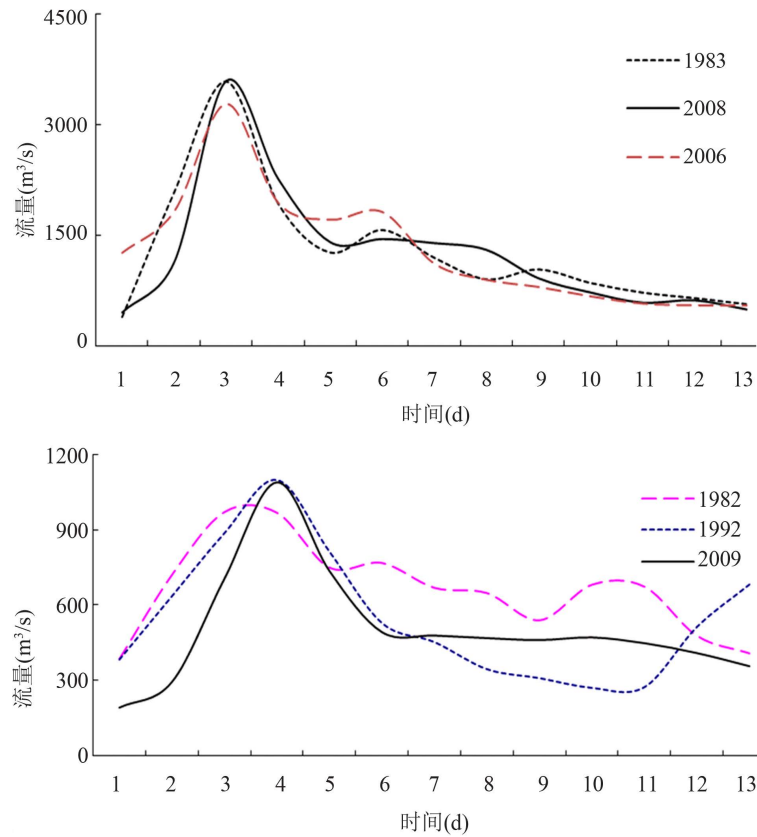


Figure 4. The comparison chart of peak flow of typical year before and after cascade development
图 4. 梯级开发前后典型年洪峰日流量过程线对比图

80 年代以来是大于 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 洪水发生频次有显著增加趋势；21 世纪以来，大于 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 洪水共发生了 4 次，其中大于 $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ 洪水多达 3 次。

2) R 河洪水与流域年降水量、年径流量具有明显的相关关系；最大洪水与年降水量、年径流量高度正相关；洪水与年径流量的相关性比洪水与年降水量的相关性更密切。

3) 在暴雨、地形地貌、人类活动等因素的耦合影响下，洪水过程呈现尖瘦化的趋势。由于梯级开发后水文数据年限较短，需进一步补充资料进行更详细的对比研究。

基金项目

水利部公益性行业科研专项(201001022)。

参考文献 (References)

- [1] 韩平, 程先福. 洪水灾害损失评估研究综述[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(4): 61-64.
HAN Ping, CHENG Xianfu. Review on flood disaster loss evaluation. Environmental Science and Management, 2012, 37(4): 61-64. (in Chinese)
- [2] HUANG, Z. W., ZHOU, J. Z. Flood disaster loss comprehensive evaluation and model based on optimization support vector machine. Expert System with Applications, 2010, 37(5): 3810-3814.
- [3] 李志龙, 毛德华, 冯畅. 澧水洪水特征及变化规律[J]. 水资源研究, 2013, 2(3): 213-221.
LI Zhilong, MAO Dehua and FENG Chang. Flood characteristics and variation of Lishui River. Journal of Water Resources Research, 2013, 2(3): 213-221. (in Chinese)
- [4] 高攀宇, 李身渝, 曾适, 等. 嘉陵江流域暴雨洪水特征及预报[J]. 人民长江, 2012, 42(11): 56-59.
GAO Panyu, LI Shenyu, ZENG Shi, et al. Characteristics and forecast of storm flood in Jialing River Basin. Yangtze River, 2012, 42(11): 56-59. (in Chinese)
- [5] 苏灵, 梁才贵. 广西境内西江干流洪水特征变化初探[J]. 水文, 2012, 32(1): 92-96.
SU Ling, LIANG Caigui. Characteristics of floods on main Stream of Xijiang River in Guangxi. Journal of China Hydrology, 2012, 32(1): 92-96. (in Chinese)
- [6] 孔兰, 陈俊贤, 陈晓宏. 南方多沙河流水沙演变特征及水库的影响分析[J]. 水文, 2012, 32(4): 49-53.
KONG Lan, CHEN Junxian and CHEN Xiaohong. Characters of sediment load and runoff evolution and influence of reservoir: A case study on sandy river in South China. Hydrology, 2012, 32(4): 49-53. (in Chinese)
- [7] 孔兰, 陈俊贤. 多沙河流水沙年内分配特征研究[J]. 水力发电, 2012, 38(6): 12-15.
KONG Lan, CHEN Junxian. Annual distribution characteristic of sediment and runoff load of sediment-laden river. Water Power, 2012, 38(6): 12-15. (in Chinese)