

# Analysis of Storm-Flood Characteristics and Flood Peak-Volume Relationship in Ningxia

Wanbao Zhang<sup>1</sup>, Xinguo Su<sup>1</sup>, Xiumei Yang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hydrology and Water Resources Survey in Ningxia, Yinchuan Ningxia

<sup>2</sup>Aiyihe Administration, Yinchuan Ningxia

Email: nxswzwb@163.com

Received: Mar. 30<sup>th</sup>, 2016; accepted: Apr. 16<sup>th</sup>, 2016; published: Apr. 27<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 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

Local rainstorm frequently occurs in Ningxia, with the characteristics of big intensity and short duration. River basin area is mostly small in this region. Affected by great variation of rainstorm's schedule and spatial distribution change, rainstorm and the flood produced often have different return periods, and also do the flood peak and volume of the same site. There is a large difference between this characteristic and hypothesis that flood peak and volume produced by rainstorm have the same co-occurrence frequency in the design flood estimation. By analyzing the observed data of representative hydrological stations, the regional flood peak has a poor correlation with the flood volume. The main factors affecting the flood peak and volume are the schedule and spatial distribution of rainfall, rainfall intensity, the process that the flood produces and so on. The consistency of the return period of rainstorm and flood is analyzed through typical cases, providing reference to grasp the regional rainstorm and flood characteristics and design flood estimation.

## Keywords

Storm Floods, Frequency, Peak-Volume Relationship, Ningxia

# 宁夏暴雨洪水特点及峰量关系分析

张万宝<sup>1</sup>, 苏新国<sup>1</sup>, 杨秀梅<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宁夏水文水资源勘测局, 宁夏 银川

<sup>2</sup>宁夏艾依河管理局, 宁夏 银川

作者简介: 张万宝(1965-), 男, 汉族, 宁夏平罗人, 高级工程师, 主要从事水文水资源勘测、水资源配置及利用研究工作。

文章引用: 张万宝, 苏新国, 杨秀梅. 宁夏暴雨洪水特点及峰量关系分析[J]. 水资源研究, 2016, 5(2): 174-181.

<http://dx.doi.org/10.12677/jwrr.2016.52023>

Email: nxswzwb@163.com

收稿日期: 2016年3月30日; 录用日期: 2016年4月16日; 发布日期: 2016年4月27日

## 摘 要

宁夏局地暴雨较多, 具有暴雨强度大, 历时短的特点。区内大多河道流域面积小, 受暴雨时程分布、空间分布变化较大的影响, 暴雨与其产生洪水的重现期往往不同, 且同一站点产生的洪水其洪峰与洪量的重现期也不同。这一特点与设计洪水计算中暴雨所产生的洪水(洪峰与洪量)同频率的假定有较大差异。通过用代表水文站实测资料分析, 本区域洪峰与洪量相关性差, 并通过典型实例分析暴雨与洪水重现期的一致性, 影响洪峰与洪量的主要因素为降雨时空分布、降雨强度以及其产生的洪水过程等, 通过典型实例分析暴雨与洪水重现期的一致性, 为掌握本区域暴雨与洪水特性以及设计洪水计算提供参考。

## 关键词

暴雨洪水, 频率, 峰量关系, 宁夏

## 1. 引言

宁夏地处西北内陆, 暴雨有明显的季节性, 7、8 月为暴雨洪水的主要发生季节, 且大因暴雨引发的洪水灾害常有发生。宁夏局地暴雨较多, 具有暴雨强度大, 历时短的特点。受暴雨时程分布、空间分布变化较大的影响, 暴雨与其产生洪水的重现期及洪峰与洪量的重现期有较大差异。近年来, 水利工程项目多, 区内大多河道流域面积小, 水文站点少, 大多为无资料地区, 采用《宁夏暴雨洪水图集》进行设计洪水计算, 设计洪水计算成果的合理性成为影响水利工程设计特别是工程建设投资的主要因素。为了研究本区域水文特性, 通过代表水文站实测资料分析暴雨洪水特性以及洪峰与洪量的关系, 为无资料地区设计洪水计算成果合理性分析提供参考。

## 2. 地理水文概况

1) 自然地理。宁夏地貌分区主要分为: 宁夏南部黄土丘陵沟壑区、荒漠草原内流区、引黄灌区、贺兰山区。宁夏地势南高北低。自南向北分跨三个气候带。原州区以南属暖温带半湿润区, 原州区以北至海原中部, 属中温带半干旱区, 海原北部至引黄灌区属中温带干旱区, 按降水等值线将其分为三大地理单元, 即年均降水小于 200 mm 的北部引黄灌区、年均降水在 200~400 mm 间的中部干旱风沙区和年均降水量大于 400 mm 的南部黄土丘陵区。

2) 水系分布。黄河支流水系有祖厉河水系、清水河水系、苦水河水系、葫芦河水系、泾河水系及黄河两岸诸沟。祖厉河、清水河、苦水河为黄河一级支流, 葫芦河、泾河为黄河二级支流。流域面积以清水河最大, 径流量以泾河最多(见图 1)。

3) 水文站点。现有水文站 44 处, 其中山区河道站 16 处, 区内黄河干流水位站 8 处, 洪水调查断面 42 处。水文站点分布见图 2。

4) 暴雨洪水特点。宁夏暴雨的发生有明显的季节性, 7、8 月为暴雨的主要发生季节, 根据历年暴雨统计, 7、8 月暴雨次数占年发生暴雨总数的 85% 以上, 其中 8 月份占 55% 以上。暴雨以局地小范围短历时暴雨较多, 一般在 3 h 以内, 强度较大。

洪水的特点与暴雨相关, 主要发生在 6~9 月, 7、8 月占 70%~90%, 产流多以局地产流, 大范围全流域产流较少。因多数洪水由局地暴雨产生, 洪水历时较短, 一般不超过一天[1] [2]。

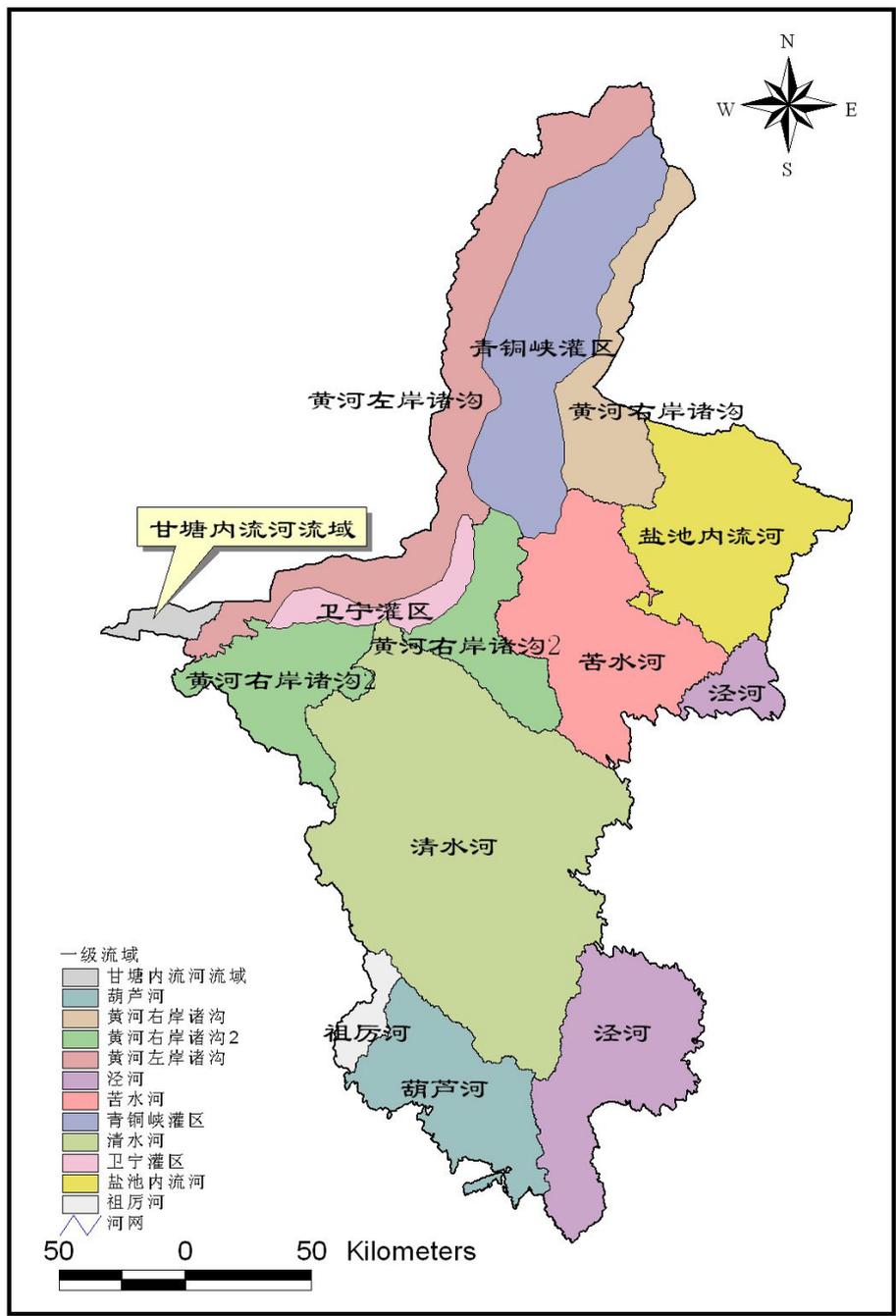


Figure 1. Ningxia water distribution  
图 1. 宁夏水系分布图

### 3. 典型暴雨洪水的重现期

#### 3.1. 典型暴雨分析

1) 1998年5月20日，贺兰山出现较大范围的暴雨，其中苏峪口站实测6h降雨量达到167.8mm，达100年一遇，1h降雨量仅为30年一遇。

2) 2002年6月7日，宁夏大范围降雨，暴雨的特点是笼罩范围大，大于50mm的雨区面积占全区总面积

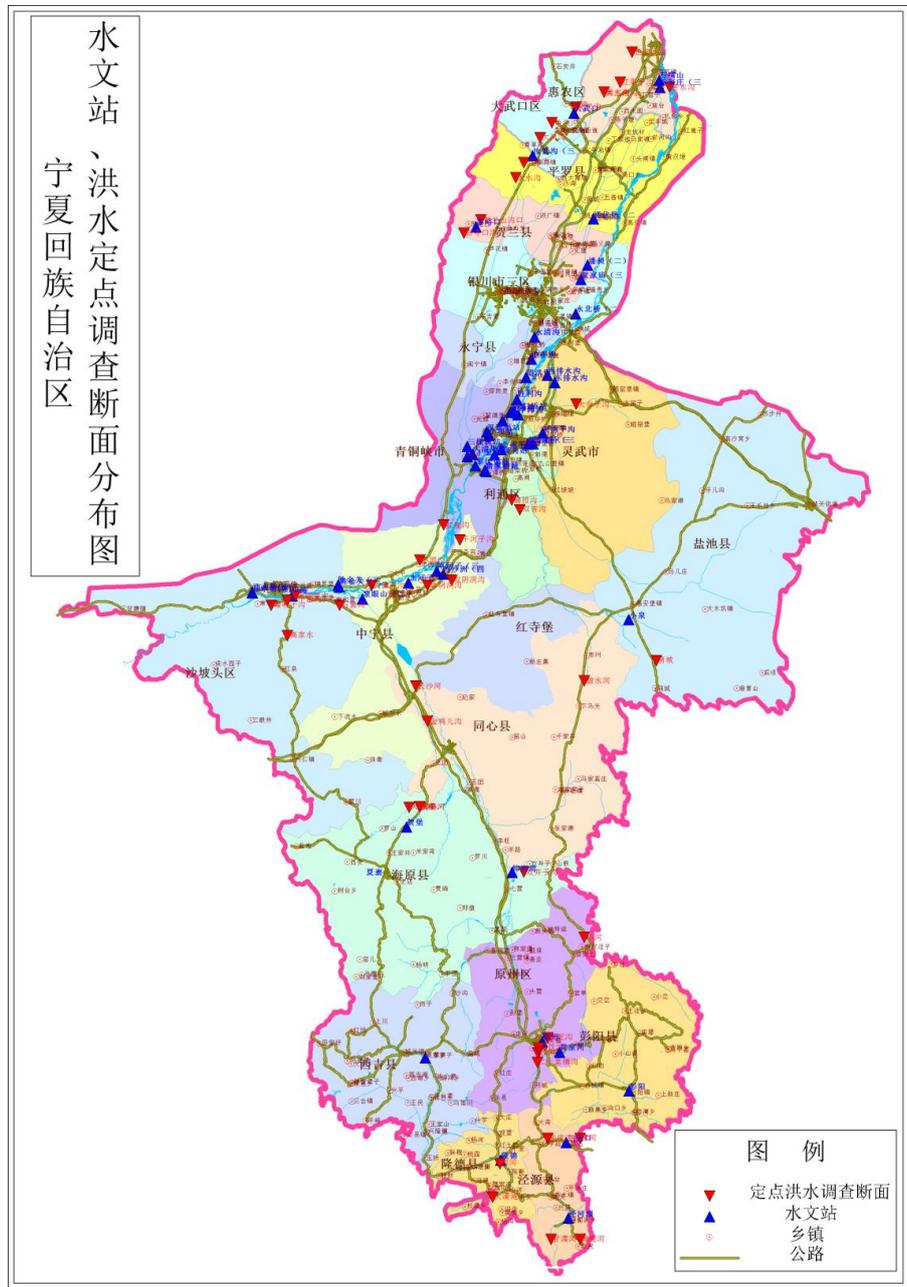


Figure 2. Ningxia hydrological site map

图 2. 宁夏水文站点分布图

的 64%。暴雨重现期：贺兰山 3 处暴雨中心雨量 12 h、24 h 降雨达到 20 年一遇。6 h 暴雨仅小口子为 20 年一遇，其它两站为 5 年一遇。

3) 2013 年西吉县等地出现较大暴雨，根据实测暴雨资料分析，1 h、6 h 降雨量发生的频率不同频，6 h 降雨重现期远高于 1 h 降雨重现期。

综合以上分析，1 h、6 h 降雨量与设计洪水计算的 1 h、6 h 设计暴雨差异，即典型暴雨中 1 h、6 h 降雨量重现期不同频，且 1 h 降雨量占 6 h 降雨量的比例大部分比设计洪水计算中采用同频内包雨型计算的设计暴雨明显偏小。设计暴雨是在一定假定 1 h、6 h 降雨量同频率出现条件下暴雨产生的洪水，而实际发生的暴雨和洪水

往往与设计值有一定的差异。

### 3.2. 典型洪水分析

#### 1) 贺兰山汝箕沟实测洪水

汝箕沟水文站 2009 年发生了设站以来最大洪水, 洪峰流量为  $674 \text{ m}^3/\text{s}$ ; 次大洪水发生于 1979 年, 洪峰流量为  $592 \text{ m}^3/\text{s}$  (见表 3)。

根据《宁夏洪水调查资料汇编》中贺兰山地区洪水调查及考证, 自 1902 年以来, 贺兰山多处发生大洪水, 但没有汝箕沟的记载, 因此, 参考考证期的洪水情况, 在 2009 年最大洪水未出现前, 实测资料系列为(1966~2008), 1979 年的洪峰流量的重现期为 100 年一遇的洪水。

当 2009 年洪水出现后(1966~2010), 则 2009 年洪水为 100 年一遇, 1979 年的洪水为 50 年一遇; 但从两次洪水的发生的年份分析, 仅相隔 30 年。

由以上分析得出: 洪水重现期随资料系列延长而变化。

#### 2) 清水河韩府湾水文站实测洪水

清水河韩府湾水文站 1959 年设站, 1995、1996 年相继出现较大洪峰。其中 1995 年发生的洪水是设站以来最大的。洪峰流量分别为:  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1110 \text{ m}^3/\text{s}$ 。从频率分析, 1995 年洪水相当于 50 年一遇, 1996 年洪水相当于 30 年一遇, 但实际上这两次洪水连续出现。

由以上分析得出: 洪水的重现期只是一个偶然事件发生的可能性。

### 4. 洪峰流量与洪水总量的关系

对于同一流域, 降雨强度和降雨总量是影响本次降雨所产生的洪水过程的关键因素, 降雨强度是影响洪峰流量大小的决定性因素, 降雨总量是影响洪水总量的决定性因素。一次降雨能够形成的洪水的大小, 同时受前期降雨量、降雨的时空分布特征等因素影响[3]。

根据泾河源、鸣沙、汝箕沟水文站实测资料(见图 3、图 4、表 2), 统计较大场次洪水的洪峰流量与洪水总量, 建立其洪峰流量与洪水总量的相关关系, 大部分场次洪水的洪峰流量与洪水总量具有洪峰大、洪量相应也大的关系, 但其相关性较差, 相关系数分别 0.21, 0.4、0.48。有部分场次洪水出现不规律的情况。如泾河源站 1981 年 8 月 21 日与 1984 年 7 月 10 日的两次洪水, 洪峰相差不大, 但洪量相差 40%左右, 1989 年 7 月 18 日的洪水洪量偏小(见表 1)。汝箕沟站 2009 年洪水最大洪峰流量  $674 \text{ m}^3/\text{s}$  相当于 100 年一遇, 洪量为  $379 \text{ m}^3/\text{s}$ , 相当于 30 年一遇; 2006 年实测最大洪峰流量  $347 \text{ m}^3/\text{s}$ , 不足 20 年一遇, 洪量为  $650 \text{ m}^3/\text{s}$ , 相当于 100 年一遇(见表 3、图 5)。

通过以上水文站实测资料分析, 可以得出以下结论: 一是洪峰与洪量不同频的现象较多, 二是洪峰与洪量有一定的相关关系, 但相关性较差。

### 5. 影响洪峰与洪量的因素分析

以汝箕沟站发生的 2009 年 7 月 7 日和 2006 年 7 月 15 日实测洪水为例进行分析。

1) 降雨的时空分布。2009 年降雨的时间及空间分布特点是: 从降雨强度来讲, 处于最上游的西沟门最先出现较大强度降雨, 最大 1 h 降雨出现在 20:30~21:30 之间, 其他两站的最大 1h 强降雨出现在 22:30~23:30 之间。最大暴雨相差约 2.0 h。也就是说, 暴雨中心自上游向下游移动。西沟门最先出现洪水, 在河道汇流过程中不断接受区间暴雨产生的洪水, 且西沟门距离水文站断面 15 km, 洪水在河道的平均流速在 2.5~3.0 m, 从西沟门至汝箕沟口汇流时间在 1.5~2.0 h, 正好与下游强降雨形成的洪水叠加, 形成的洪峰流量大, 超过暴雨的重现期。

降雨的时空分布存在不确定性, 受暴雨中心的位置、降雨的时间变化、空间上的上下游不同情况下, 其洪

Table 1. Flood peak volume and total volume in Jingheyuan station

表 1. 泾河源站洪峰流量与洪水总量统计表

洪水年份	日期(月日)	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	洪水总量(万 m <sup>3</sup> )	洪水年份	日期(月日)	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	洪水总量(万 m <sup>3</sup> )
1981	713	46.2	453.1	1993	714	48.2	700.4
1981	821	100	1626	1993	721	64.7	814.5
1983	514	53.6	381.6	1996	728	41.9	684.0
1984	710	108	1197	2001	928	93.1	1157
1988	719	84	1056	2002	608	49.2	638.4
1988	808	52.4	1276	2003	829	50.7	1403
1989	613	80	655.1	2005	702	69	1065
1989	718	87.2	516.2	2006	831	57.9	669.0
1989	830	52.2	725.2				

Table 2. Flood peak volume and total volume in Minsha\ station

表 2. 鸣沙站洪峰流量与洪水总量统计表

洪水年份	日期(月日)	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	洪水总量(万 m <sup>3</sup> )	洪水年份	日期(月日)	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	洪水总量(万 m <sup>3</sup> )
1961	722	128	338	1996	808	290	522
1964	812	212	647	1996	916	232	441
1968	822	170	459	1997	728	298	280
1970	724	262	399	1998	705	119	289
1985	816	289	754	1999	713	286	567
1985	824	115	376	2000	727	102	197
1989	716	136	272	2001	726	139	469
1989	804	120	303	2002	608	215	657
1990	704	181	271	2004	803	122	139
1990	711	241	298	2004	819	147	183
1994	805	307	489	2006	731	93	148
1996	716	204	302	2007	825	114	176
1996	801	150	192				

Table 3. Flood peak volume and total volume in Ruqigou station

表 3. 汝箕沟站洪峰流量与洪水总量统计表

洪水年份	日期(月日)	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	洪水总量(万 m <sup>3</sup> )	洪水年份	日期	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	洪水总量(万 m <sup>3</sup> )
1970	818	52.3	187	1989	801	139	70.2
1973	710	68.7	54	1991	826	197	110
1973	808	78.5	46.8	1994	706	141	50.7
1974	728	78.6	38	1994	726	55.9	65.1
1975	805	224	214	1995	815	221	279
1977	728	97.6	127	1996	716	102	35.9
1978	914	78.4	11.3	1997	718	151	45.7
1979	726	58	61	1997	813	240	226
1979	806	592	257	1998	520	394	183
1979	810	134	58	1998	611	191	170
1982	803	54.4	23.4	1999	711	47.7	17.5
1984	723	46.2	27.7	2002	608	117	215
1984	801	83.3	82	2006	702	32	10.6
1984	817	131	123	2006	715	347	650
1988	803	97.5	28.08	2009	707	674	379
1988	807	62.3	35.64				

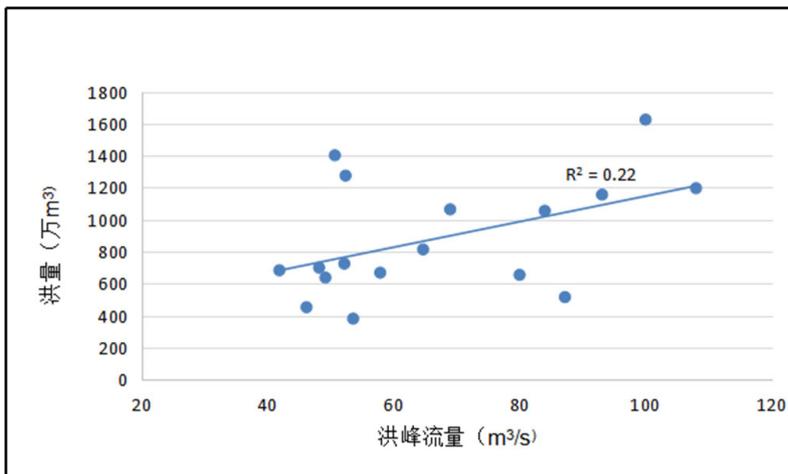


Figure 3. Flood peak-volume relation in Jingheyuan station  
图 3. 泾河源站洪峰与洪量相关图

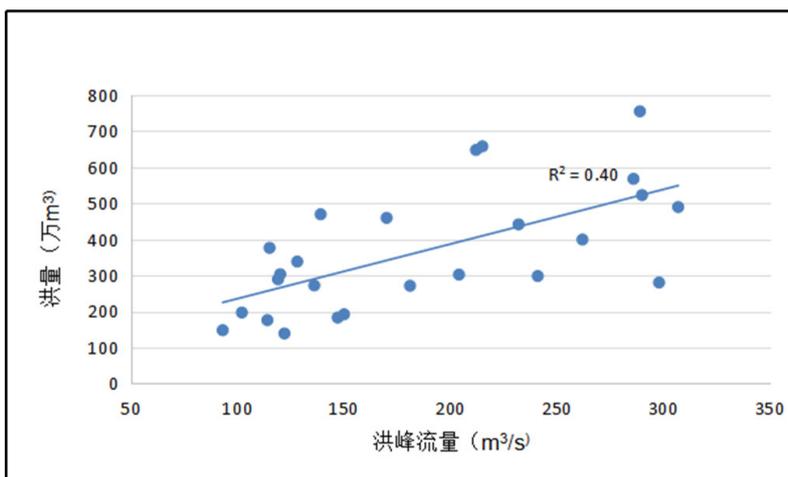


Figure 4. Flood peak-volume relation in Mingsha station  
图 4. 鸣沙站洪峰与洪量相关图

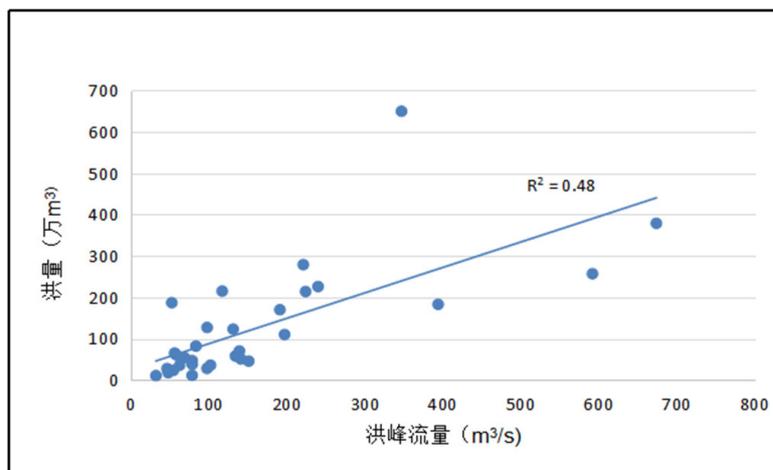


Figure 5. Flood peak volume and total volume relation in Ruqigou station  
图 5. 汝箕沟站洪峰流量与洪水总量相关图

**Table 4.** Comparison of heavy rain area and total precipitation  
**表 4.** 暴雨笼罩面积及降水总量对比表

暴雨编号	雨区范围(km <sup>2</sup> )			降水总量(亿 m <sup>3</sup> )
	≥30 mm	≥50 mm	≥100 mm	
060715	10057	7420	1942	7.39
090707	2531	1938.9	441.8	2.65

峰流量存在较大差异[4]。但在多数情况下，降雨的重现期高于洪水的重现期。

2) 降雨的强度。2009年7月7日暴雨与历史上2006年7月15日暴雨相比，本次暴雨大于50 mm以上各级降雨范围笼罩面积、降水总量均小于2006年暴雨，但暴雨相对集中，降雨强度大。降雨主要集中在6小时内，占总降雨量的92.8%，选用代表站汝箕沟和黄草滩降雨分析，1 h降雨强度大于2006年的暴雨，达到三十年一遇(见表4)。

3) 洪水历时。洪峰与洪量的频率不对应的主要原因是洪水过程差异加大。其中。2006年7月15日的洪水过程为复式洪峰，出现两个洪峰，且洪水过程历时较长，过程大于10小时，而2009年7月7日的洪水过程为单洪峰，洪水过程仅5小时。

## 6. 结论

1) 宁夏局地暴雨较多，具有暴雨强度大，历时段的特点，大多流域面积小，暴雨时程分布、空间分布变化较大，常造成暴雨与洪水不同频率出现。

2) 同一站点其洪峰流量的重现期只是一个偶然事件发生的可能性。且随资料系列延长而发生变化。

3) 代表水文站实测洪峰与洪量相关分析，其相关系数在0.21~0.48之间，相关性较差。

4) 影响洪峰与洪量的主要因素为降雨时空分布、降雨强度以及其产生的洪水历时及前期降雨等。造成洪峰流量与洪水总量的相关性较差，也即最大洪峰流量与之所对应的洪水总量不同频率。

5) 实测资料分析结果与设计洪水计算中暴雨与洪水以及洪峰与洪量同频率的假定有一定差异。

## 参考文献 (References)

- [1] 宁夏水文水资源勘测局. 宁夏暴雨洪水图集[M]. 银川: 宁夏水文水资源勘测局, 1986.  
Ningxia Hydrology and Water Resources Survey. Atlas of storm floods in Ningxia. Yinchuan: Ningxia Hydrology and Water Resources Survey, 1986. (in Chinese)
- [2] 罗义贤, 毕廷和, 卜崇德, 等. 宁夏干旱半干旱区小流域暴雨洪水泥沙研究[Z]. 银川: 宁夏水文水资源勘测局, 2000.  
LUO Yixian, BI Tinghe, BU Chongde, et al. Study of storm flood and sediment in small semi-dry watershed in Ningxia. Yinchuan: Ningxia Hydrology and Water Resources Survey, 2000. (in Chinese)
- [3] 李巧玲, 等. 半湿润半干旱流域降雨径流关系及下垫面相似性[J]. 河海大学学报, 2015, 43(2): 95-99.  
LI Qiaoling, et al. The relationship between semi-humid and semi-arid basin rainfall runoff and underlying surface similarity lancet. Journal of Hohai University, 2015, 43(2): 95-99. (in Chinese)
- [4] 沈瑞昌, 等. 黄土高原小流域次暴雨洪峰流量影响因素分析[J]. 中国水土保持科学 2015, 13(2): 24-30.  
SHEN Ruichang, et al. Watershed rainstorm flood peak flow influence factors analysis on the loess plateau. China Water and Soil Conservation Science, 2015, 13(2): 24-30. (in Chinese)