

# Research and Application of Luohan Ping Reservoir Heavy Rains and Flooding Coefficient

Yan Ma, Tanggang Dai, Zhaoyi Song

Zhaotong Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province, Zhaotong Yunnan  
Email: [619522017@qq.com](mailto:619522017@qq.com)

Received: Oct. 5<sup>th</sup>, 2015; accepted: Oct. 23<sup>rd</sup>, 2015; published: Oct. 30<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 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 order to improve the calculation accuracy of flood in water conservancy and hydropower projects, especially in the case of a known rainstorm magnitude, the results are used to solve the flood water level forecast of small and medium-size reservoirs. A case study of Luohanping reservoir is conducted in this paper with a stormwater coefficient analysis. Based on the study of precipitation and runoff depth curve, effects of rainfall and precipitation intensity on rainstorm flood coefficient in different prior periods are investigated. Under the condition of same precipitation magnitude, the more rainfall and stronger intensity in the earlier period, the larger rainstorm flood coefficient is; otherwise smaller. It is of great practical value in using this analysis method to address problems that small and medium-size reservoirs are confronted with in predicting future reservoir water level under the condition of a known rainfall, and dealing with the intense contradiction between flood prevention and reservoir storage, which is worthwhile to promote its application in forecasting water level of small and medium-size reservoirs.

## Keywords

Luohan Ping Reservoir, Storm and Flood Coefficient, Research and Application

---

# 罗汉坪水库雨洪系数研究与应用

马 燕, 代堂刚, 宋昭义

云南省水文水资源局昭通分局, 云南 昭通  
Email: [619522017@qq.com](mailto:619522017@qq.com)

作者简介: 马燕(1975-), 女, 本科, 回族, 工程师, 主要从事水文水资源、水质监测调查与分析评价工作。

收稿日期：2015年10月5日；录用日期：2015年10月23日；发布日期：2015年10月30日

## 摘要

通过对罗汉坪水库2001~2003年共11场次洪水及其相应降雨数据的分析计算,找出不同前期降雨量、降雨强度、降雨总量对雨洪系数的影响,建立了4条降雨量-径流深关系曲线,并进行曲线的合理性分析,拟定雨洪系数,最终构建不同条件下雨洪系数关系曲线,用于短期洪水预报,特别是用于中小型水库在已知暴雨的情况下预报未来库水位值,解决水库的防洪安全与水库蓄水的尖锐矛盾,具有很好的实用价值。

## 关键词

罗汉平水库, 雨洪系数, 研究与应用

## 1. 研究背景

1971年前由于水文观测资料的缺乏,水库等水利工程建设多采用国内外经验公式进行计算,计算精度较差;1971年后云南省出版了《云南省水文手册》,用以指导全省水利工程建设,计算精度比经验公式较好一些,但由于全省各地水文特性不同,精度有高有底;1975年河南省冲垮了“板桥”以“石漫滩”两水库,引起了水利部高度重视,提出了用可能最大暴雨计算水库设计洪水位;1992年云南省水利厅出版了《云南省暴雨洪水查算手册》,用于1000 km<sup>2</sup>以下的水利工程防洪安全计算,精度比前面所有方法有很大提高,但用于指导昭通水利建设仍显不足;1995年昭通水文勘测大队提出了《水文地理法计算中小河流设计洪水的研究》这一成果的出现更好地指导昭通水利建设的发展,主要用于集水面积在100 km<sup>2</sup>以下的水利工程建设,弥补了《省暴雨查算手册》在昭通中部和南部地区对中小流域洪水计算精度的不足,该成果获得了昭通行署(现昭通市)科技术进步二等奖。以上所述成果至今均用于无资料地区的洪水计算,为了增加无资料地区水利工程洪水计算的方法和提高洪水计算精度,以及用于短期洪水预报,特别是用于中小型水库在已知暴雨的情况下预报未来水库洪水水位值,具有很好的实用价值。

昭通市现有中小型水库178座[1],水库在汛期大都定有汛限水位,汛限水位的确定基本都是采用水文气象部门的大暴雨洪水资料,用数理统计方法分析确定,很难反映客观现实情况,特别是一般洪水的变化情况无法判定。造成了目前中小型水库的防洪安全和水库蓄水的尖锐矛盾,要妥善处理这一矛盾,就必须认真地开展好水库的预报工作。中小水库的洪水位预报可以采用雨洪系数的分析成果来完成,这就是我们分析研究雨洪系数的目的所在。

## 2. 雨洪系数分析

### 2.1. 研究区域概况

罗汉坪水库位于金沙江一级支流大汶溪河的上游,坝址位于板栗乡罗汉坪村附近,从县城到水库坝址有39 km的公路相通,交通较为方便。罗汉坪水库以上流域位于东经104°00'40"~104°05'00",北纬28°21'12"~28°23'00"之间。罗汉坪水库坝址海拔高程1265 m,坝址以上径流面积为15.3 km<sup>2</sup>,河长5.90 km,河道平均比降64.9‰ [2]。

罗汉坪水库流域呈南东-北西的矩形,水系发育呈枝状,流域内山峦起伏,沟壑纵横,地势陡峻,南高北低,属中低山构造侵蚀地貌。地层以三叠系沙页岩、白云岩、灰岩夹石膏岩、沙页岩夹泥灰岩为主。该地区属季风型气候,流域径流来源于降水,本流域从上游往下游降水量随高程的降低而减小,在1600.0~1300.0 mm之间。径流与降水相应,从上往下径流模数在100~80万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>之间。洪水由暴雨形成,大洪水多发生于7、8月

份。本流域洪水具有明显的山区性河流的特点，过程陡涨陡落，一次洪水一般历时 30 小时；而罗汉坪水库流域面积、流域形状系数及河道平均比降均不算大。故其洪水过程在涨水段较陡，而退水段相对较缓。罗汉坪水库流域植被茂密，上游以针叶林为主；中下游以阔叶林、灌木林、杂草为主。主要土壤有红壤、水稻土等，罗汉坪、中村、良姜三个坝子为农作物主要种植区。流域内社会经济较落后，几乎无水利设施，人类活动影响较小。

## 2.2. 场次洪水的选取

在修建罗汉坪水库之前的 2001~2003 年建立了专用水文站，进行了三年的水文观测，获得了共计 11 场洪水以及对应的降水资料，本次将其全部进行分析[3]，详见图 1。对所摘录资料均进行了认真的复核，确保数据的准确可靠，对 2001 年第 4 场洪水由于起涨段观测资料的缺失，为了还原洪水过程的完整性，根据洪水过程趋势进行了插补，其它场次洪水资料保护原始数据，未作任何改动。

## 2.3. 雨洪系数分析和使用范围

根据摘录数据进行时段洪量及洪水特征值计算，得出降雨量时段所对应的径流深以及径流系数，并点绘降雨量—径流深关系图，详图 2。从表 1 和图 2 中可看出，前期降雨量大于 90 mm 的第 1,2 场洪水，降雨量在 10 mm 左右就开始产流；第 3~8 场洪水前期降雨量 5.2~41.1 mm，雨强 2.8~8.1 mm/h，降雨量在 35 mm 左右开始才流；第 9, 10 场洪水前期降雨量小甚至无前期降雨量，但雨强大 8.9~8.1 mm/h，降雨量在 35 mm 左右开始才流；第 11 场洪水前期降雨量小 17.9 mm，但雨强较大达 11.9 mm/h，降雨量在 35 mm 左右开始产流。

根据流域产流特性及场次降雨量大小，可将罗汉坪 2001~2003 年共 11 场降雨，拟定为 4 条降雨量—径流深关系曲线(如图 2)，即表 1 中第 1,2 场降雨拟做第①线，主要可用于前期降雨量影响较大，但场次雨量小于 30 mm 的降水径流预报；第 3~8 场降雨拟做第②线，可用于前期降雨量影响不太明显且场次雨量小于 70 mm 的降水径流预报；第 9~10 场降雨拟做第③线，虽前期降雨量影响较小，但场次雨强及降雨量均较大；可用于降水强度 8~10 mm/h，降水量小于 110 mm 的降水径流预报；第 11 场降雨拟做第④线，可用于虽前期降雨量影响较小，

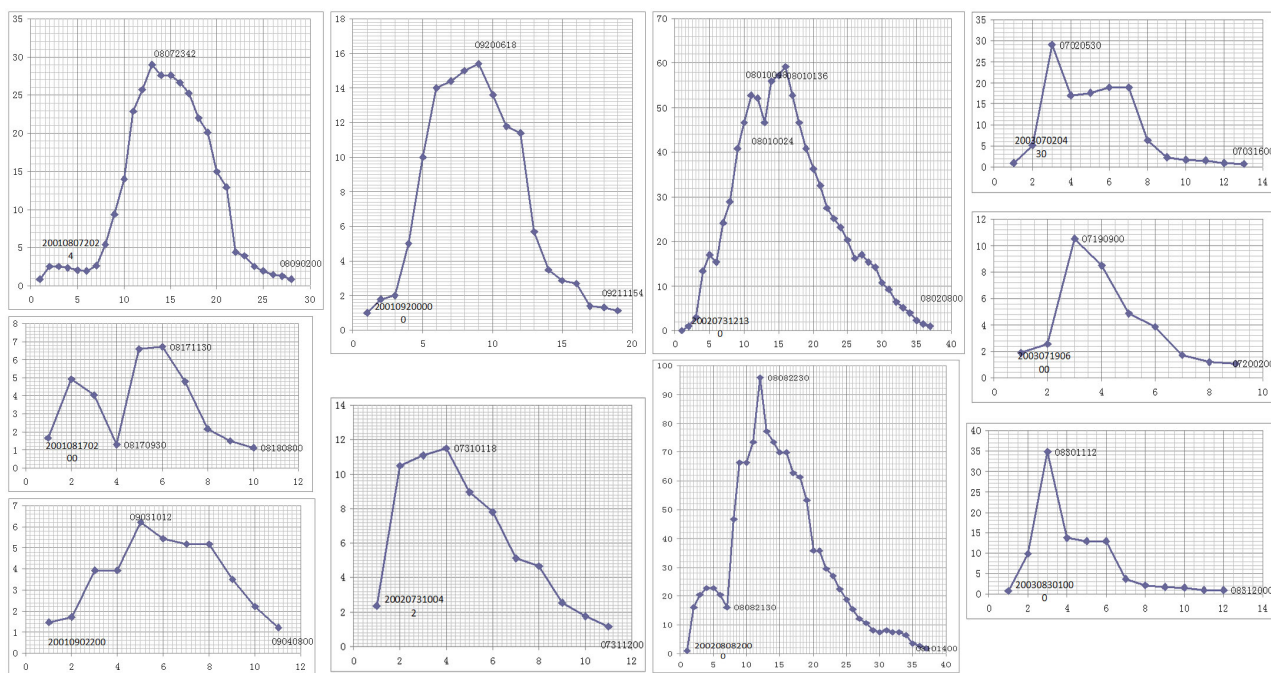


Figure 1. 2001-2003 Luohan Ping event flood process line

图 1. 2001~2003 年罗汉坪场次洪水过程线

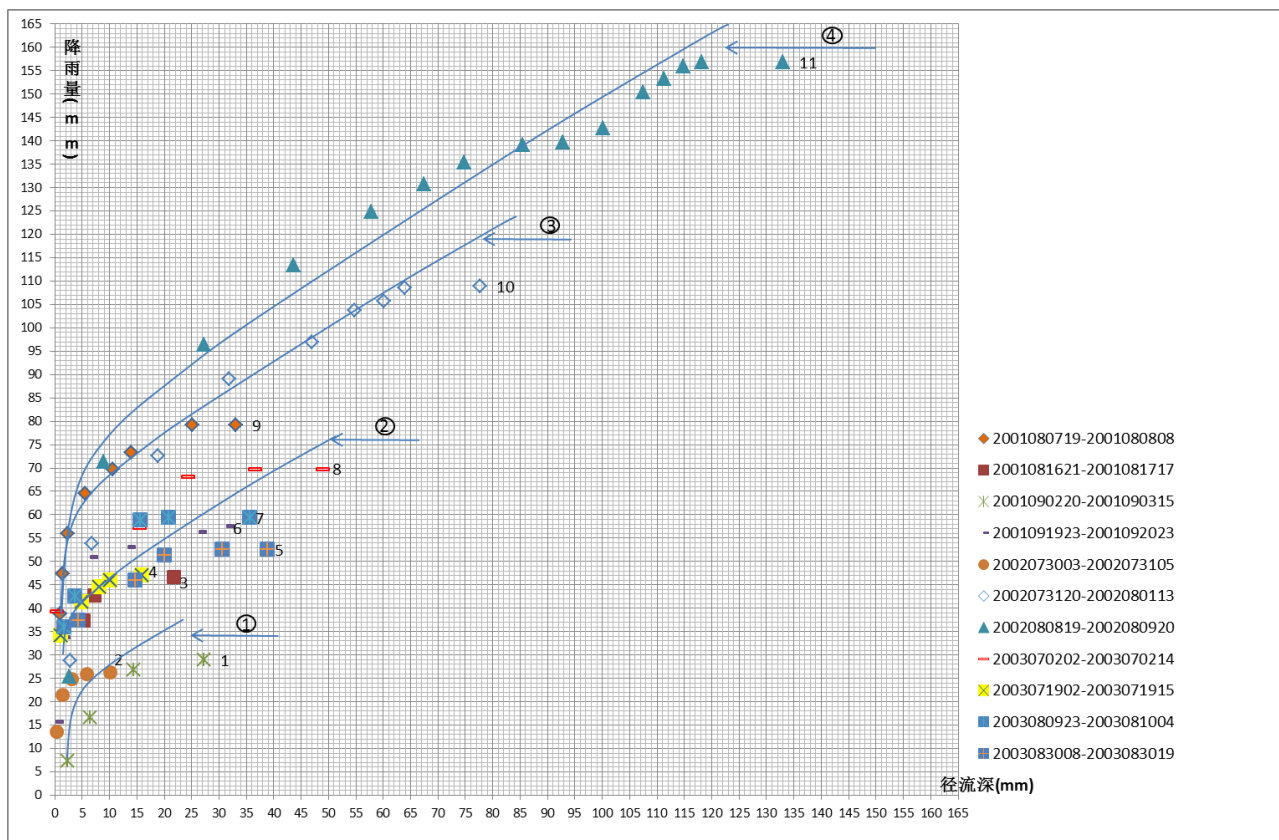


Figure 2. Luohan Ping rainfall-runoff relationship diagram

图 2. 罗汉坪降雨量 - 径流深关系图

Table 1. Luohan Ping rainfall characteristic value table

表 1. 罗汉坪降雨量特征值表

序号	降雨时段	降雨量(mm)	雨强(mm/h)	前期降雨时段	前期降雨量(mm)	前期降雨历时(h)	前期降雨强度(mm/h)
1	2001 9.2 20:00-9.3 15:00	28.9	1.3	2001 8.18 3:00-9.2 20:00	103.5	392.0	0.3
2	2002 7.30 22:00-7.31 5:00	26.2	4.4	2002 7.13 14:00-7.30 11:00	94.8	403.0	0.2
3	2001 8.16 21:00-8.17 17:00	46.7	2.8	2001 8.8 12:00-8.16 21:00	37.9	201.0	0.2
4	2003 7.19 2:00-7.19 15:00	47.1	4.1	2003 7.18 19:00-7.19 2:00	6.1	7.0	0.9
5	2003 8.30 8:00-8.30 19:00	52.6	6.4	2003 8.25 0:00-8.30 8:00	25.7	128.0	0.2
6	2001 9.19 23:00-9.20 23:00	57.6	4.8	2001 9.3 15:00-9.19 23:00	33.6	392.0	0.1
7	2003 8.9 23:00-8.10 4:00	59.3	8.1	2003 8.9 0:35-8.9 23:00	41.1	22.3	1.8
8	2003 7.2 2:00-7.2 14:00	69.8	7.3	2003 6.29 15:00-7.2 2:00	20.4	242.0	0.1
9	2001 8.7 19:00-8.8 8:00	79.2	8.8	2001 8.3 10:00-8.7 19:00	5.2	105.0	0.1
10	2002 7.31 20:00-8.1 13:00	108.9	9.1	2002 7.31 05:00-7.31 20:00	0		
11	2002 8.8 19:00-8.9 20:00	156.8	11.9	2002 8.1 13:00-8.8 19:00	17.9	174.0	0.1

但场次雨强及降雨量均大的降水径流预报。

### 2.4. 成果合理性分析

通过点群中心画降雨量 - 径流深关系曲线，以±20%作为曲线的外包线，第①线共 9 个点，只有 56.6%的点

子在外包线以内，虽点子较为离散，但由于是短历时降雨，且降雨量较小，对水库防洪不够成威胁，所以在实际工作中应用价值不大；第②线共 29 个点，有 78%的点子在外包线以内；第③线共 17 个点，有 94.1%的点子在外包线以内；第④线共 15 个点，有 93.3%的点子在外包线以内；根据《水文资料整编规范》(SL247-2012)有≥75%的点子在外包线内，说明点群关系较好[4]，所以，除第①外，其余 3 线群关系较好，符合规范规定精度要求。

降雨量 - 径流深曲线在 45°直线的左上侧，前期降雨量大的，越靠近 45°直线，每一根降雨量 - 径流深都存在一个转折点，转折点以上近似与 45°直线平行[4]因实际点绘出的降雨量—径流深曲线基本符合以上理论要求，所以，降雨量 - 径流深曲线成果基本合理的。

### 2.5. 雨洪系数的确定

根据图 2 降雨量 - 径流深关系曲线，用径流深除以对应降雨量得雨洪系数，也就是我们常说的径流系数，各种条件下雨洪系数如表 2 所示。在应用过程中已知降雨量乘以对应的雨洪系数即得相应的径流深，当实际降雨量在表中所列数据之间时，可用直线内查法近似求得雨洪系数。

### 2.6. 应用举例

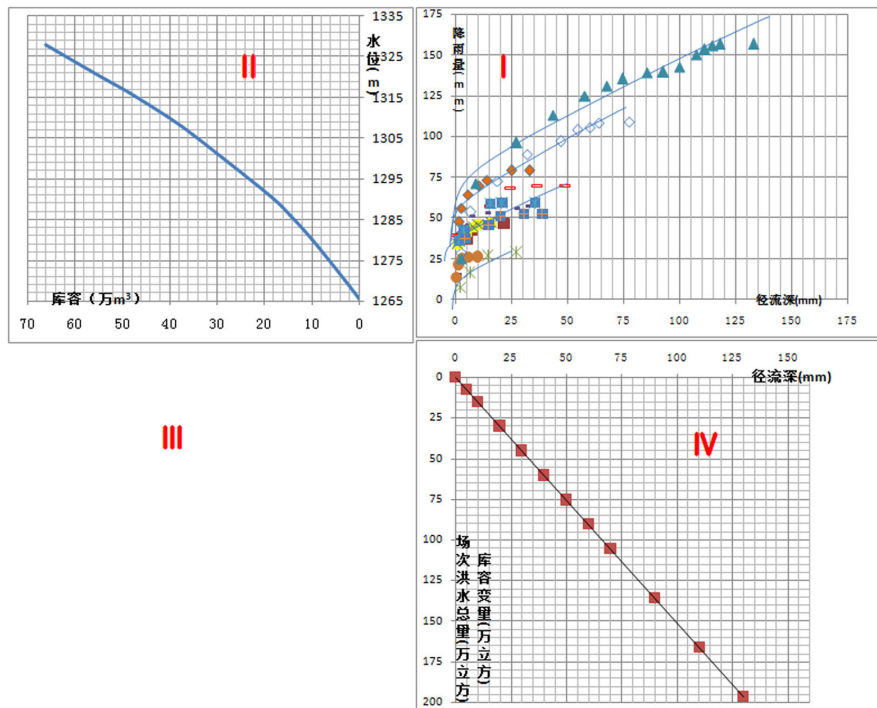
根据我市水库管理人员的业务水平一般较为偏低的实际情况，采用比较直观的图解法的预报方式进行罗汉坪水库水位预报，如图 3。

图 3 中，第 I 象限纵座标为降水量(单位：mm)，由观测人员现场观测而得，横座标为时段内降水所产生的径流深(单位：mm)，即时段降水量乘以雨洪系数而得，选用 2001~2003 年中的 11 场洪水经分析计算点绘而成，分别代表了不同前期降水量、强降雨强度、降雨总量的降雨量 - 径流深关系曲线，在实际工作中根据前期降雨量、

**Table 2. Luohan Ping rainfall and flood coefficient table**  
**表 2. 罗汉坪雨洪系数表**

降雨量(mm)	径流深(mm)				雨洪系数			
	1	2	3	4	1	2	3	4
10	1.2				0.12			
20	2.6				0.13			
30	11.4				0.38			
35	18.5	1.8	1.0	1.0	0.53	0.05	0.03	0.03
40	26.5	4.4	2.0	1.9	0.66	0.11	0.05	0.05
50		14.4	5.0	2.9		0.29	0.10	0.06
60		28	14.1	5.7		0.47	0.24	0.10
70		42.9	26.5	12.7		0.61	0.38	0.18
80		59.5	40.5	23.5		0.74	0.51	0.29
90			55.0	35.8			0.61	0.40
100			40.0	49.6			0.40	0.50
110			85.5	63.4			0.78	0.58
120				77.6				0.65
130				92.3				0.71
140				107.0				0.76
150				122.8				0.82





注：图3中红色字I、II、III、IV表示第I、II、III、IV象限

Figure 3. Luohan Ping reservoir Storm and Flood coefficient reservoir flood drawing  
图3. 罗汉坪水库雨洪系数水库防洪预报图

强降雨强度、降雨总量选用不同的降雨量 - 径流深关系曲线，同时要用观测预报成果作必要的修正，以提高预报精度。第 II 象限纵座标为库水位(单位: m)，横座标为库容量(单位:  $10^4 \text{ m}^3$ )资料为经上级主管部门审批成果。第 IV 象限纵座标为时段暴雨所产生的洪水总量或库容变量(单位:  $10^4 \text{ m}^3$ )，洪水总量即时段径流深乘以流域面积(单位:  $\text{km}^2$ )经换算而得，库容变量即时段洪水总量减去溢洪道和输水道的出流量，如溢洪道和输水道均不出流，库容变量就等于时段内洪水总量。第 III 象限纵标为洪水总量或库容变量，横标为库容量，此时的库容量为观测到的库容量加上库容变量，用这个库容量插第 II 象限库容水位关系图就得到未来的库水位。

### 3. 分析结论

通过对罗汉坪水库 2001~2003 年共 11 场次洪水及其相应降雨数据进行分析计算，找出不同前期降雨量、降雨强度、降雨量对雨洪系数的影响，建立了 4 条降雨量 - 径流深关系曲线，并进行曲线的合理性分析，拟定雨洪系数，最终构建不同条件下雨洪系数关系曲线，用于短期洪水预报，特别是用于中小型水库在已知暴雨的情况下预报未来水库水位值，解决水库的防洪安全和水库蓄水的尖锐矛盾，具有很好的实用价值。

### 参考文献 (References)

- [1] 昭通市水利局. 昭通市水库大坝注册登记表[R]. 昭通: 昭通市水利局, 2012.  
Zhaotong Water Conservancy Bureau. Registration form for reservoir dam. Zhaotong: Zhaotong Water Conservancy Bureau, 2012. (in Chinese)
- [2] 昭通市水利勘测设计院. 罗汉坪水库可行性研究报告[R]. 昭通: 昭通市水利勘测设计院, 2009.  
Zhaotong Water Conservancy Survey and Design Institute. Luohanping reservoir feasibility study report. Zhaotong: Zhaotong Water Conservancy Survey and Design Institute, 2009.(in Chinese)
- [3] 云南省水文水资源局昭通分局. 罗汉坪水库专用水文站资料整编成果[R]. 2001-2003.  
Zhaotong Bureau of hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province. Luohanping reservoir special hydrological

station data processing results. 2001-2003. (in Chinese)

- [4] SL247-2012, 水文资料整编规范[S]. 中华人民共和国水利部, 2013.  
SL247-2012, Hydrological data BGF specification. The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China, 2013. (in Chinese)
- [5] 包为民, 等. 水文预报[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014: 29-30.  
BAO Weimin et al. Hydrological forecasting. Beijing: China Water Power Press, 2014: 29-30. (in Chinese)