

# Application of PMF Method in the Calculation of Storm Transposition

Xi Ran, Leilei Lian

Hanjiang Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Changjiang Water Resources Commission, Xiangyang Hubei  
Email: 190627941@qq.com

Received: Apr. 24<sup>th</sup>, 2017; accepted: May 13<sup>th</sup>, 2017; published: May 16<sup>th</sup>, 2017

## Abstract

According to the requirements of engineering design, it is necessary to analyze the probable maximum flood in the Miluo River basin. The probable maximal precipitation (PMP) was estimated with the method of displacing the "75.8" rainstorm in this study. The probable maximal flood (PMF) of the based station and the project location were calculated using rainfall-runoff models. The results show that the combination of watershed and flood characteristics based on PMP displacement, the results of PMF can be designed for construction project reference flood estimation basis, which has certain engineering application value.

## Keywords

Storm Transposition, PMP, PMF, Flood Runoff

## 暴雨移置法在PMF推求中的应用

冉曦, 连雷雷

长江水利委员会水文局汉江水文水资源勘测局, 湖北 襄阳  
Email: 190627941@qq.com

收稿日期: 2017年4月24日; 录用日期: 2017年5月13日; 发布日期: 2017年5月16日

## 摘要

根据工程设计要求, 需要对汨罗江流域可能最大洪水进行分析。本文采用暴雨移植法, 将河南省历史上“75.8”特大降水过程作为PMP移置到工程设计流域, 采用降雨径流模型进行产汇流计算, 从而求出工程位置的PMF, 并对本次成果进行了合理性检查和评价。结果表明, 结合流域特征和暴雨洪水特性为基础来论证移置的可能性, 并对暴雨参数进行必要的改正, 其推算的PMF成果可为建设项目设计基准洪水计算提供基础依据, 具有一定的工程应用价值。

作者简介: 冉曦, 男, 1972, 长江委水文局汉江水文水资源勘测局, 高级工程师, 主要从事水文勘测、水文分析计算工作。

## 关键词

暴雨移置法, PMP, PMF, 径流洪水

Copyright © 2017 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

## 1. 引言

PMP/PMF 首先由美国于上世纪 30 年代提出, 并作为重要工程的设计标准。世界气象组织定义 PMF 为: 研究一个流域或地区的降雨, 目的在于估算暴雨的物理上限, 得到的估计值称为“可能最大降水”, 然后再用一定的方法将其转换为洪峰流量, 得到的洪水称为“可能最大洪水”。我国水文学者对其定义为: 在现代气候条件下, 在某一流域或某一地区上, 一定历时内的可能最大降水, 称为可能最大暴雨量, 由可能最大暴雨形成的洪水称为可能最大洪水。由 PMF 的定义可以看出, PMF 的大小主要取决于 PMP 的估算, 当 PMP 确定后, 根据所在流域实际情况采用一定的产汇流计算方法或降水径流模型将其转换为 PMF [1]。

## 2. 项目背景

PMP 的估算方法始于美国, 其它国家的估算方法与其大体相似。我国 PMP 的估算研究大致可归纳为下述几个方面: 暴雨移植法、典型暴雨放大法、暴雨组合法和水文气象模型法等。在工程应用中, 目前建设项目水文勘测部分推求可能最大洪水的方法主要有确定论法和概率论法两种方法。概率论法主要采用统计分析法, 对流量资料进行频率分析, 估算出不同频率的洪水, 并采用一定重现期的洪水作为可能最大洪水; 确定论法为通过确定可能最大暴雨相关参数, 再采用经过验证的降雨径流模型、洪水演算模型计算所产生的洪水, 作为可能最大洪水处理。

根据大数定律, 需要很长的资料才能得出一个稳定的设计频率值, 利用短期资料所求的设计洪水往往是不稳定的, 特别是稀遇洪水。对于流域物理机制上存在洪水上界, 但对频率分析模型来说不存在这种上界。因而采用统计分析方法来推求 PMF 时, 受资料条件限制较大。随着社会经济的发展、人口的增加和人类活动影响及流域下垫面条件改变的日益加剧等因素影响, 水文气象法日益显示其强大的生命力[2]。暴雨移置法作为水文气象法的重要方法之一, 其从资料样本的角度来看, 就是用空间代替时间。本文以湖南汨罗江流域为例, 采用水文气象法中的暴雨移置法, 计算工程所在流域的可能最大暴雨与可能最大洪水。

## 3. 工程概况

工程地址位于湖南省汨罗江流域, 集水面积 3872 km<sup>2</sup>。汨罗江发源于江西省修水县黄龙山, 经修水县白石桥, 于龙门流入湖南省平江县, 自汨罗市转向西北流至磊石乡, 于汨罗江口汇入洞庭湖。该流域属亚热带湿润性气候, 四季分明, 雨量充沛, 森林覆盖率达到 41.8%。流域内水系发达, 河网密布, 工程处以上主河道长度约 160 km, 河道平均比降 6‰。

该工程下游有黄旗墩水文站, 控制面积 4053 km<sup>2</sup>, 该站设立于 1955 年, 有较完善的长系列径流过程资料。该站于 2005 年下迁, 改名为伍市水文站(后文为方便表述, 统称伍市水文站), 控制面积 4179 km<sup>2</sup>, 在工程上游流域, 分布有加义、平江、长寿等若干雨量站资料, 雨量资料较为完整。目前工程处以上无较大的水利工程影响, 不用考虑溃坝洪水对工程处防洪安全的影响, 故属于天然河流的涉水项目。

## 4. 暴雨移置分析

在进行 PMP 移置分析时，需针对工程对 PMF 的要求，对暴雨模式的主要特征，包括暴雨出现季节、天气成因、雨区分布形式、暴雨中心位置、降雨历时、时程分布等做定性推断。其方法为划分气象一致区域、针对具体暴雨划定移置界限、针对设计流域做具体分析等。

可能最大暴雨的估算，需分析汨罗江流域暴雨特性，在论证移置可能性的基础上，移置“75.8”特大暴雨，并进行水汽位移改正、地形改正和障碍高程改正而得到。可能最大暴雨的时程分配按“75.8”暴雨中心几个雨量站的时段平均降水量过程进行分配。

### 4.1. “75.8”暴雨及其成因

1975年8月初，河南省西部山丘区出现了历史罕见的特大暴雨(简称“75.8”暴雨)，暴雨中心总雨量达1631 mm，3 d最大雨量达1605 mm，24 h中心雨量1060 mm，1 d雨量1005 mm，6 h和1 h降雨量分别为830.1 mm和189.5 mm。

造成这次暴雨的天气系统主要是7503号强台风，8月4日20时台风于福建登陆以后，减弱为低压，经赣南、湖南、湖北到达河南，5~7日由于东亚环流形势调整，在台风北面形成一条高压坝，使台风停滞，台风低压在河南湖北交界处附近滞留30~36 h，在河南南部停留20多 h。这次台风不仅路径特殊，而且登陆后3~4 d内，强度不衰，甚至略有增强，其主要原因有三：①弱冷空气的激发作用；②水汽源源不断输入；③台风高层明显辐散，低层辐合。这是台风发生、发展和维持不退的重要条件。暴雨天气系统主要是台风、低层偏东急流和西风槽。除此之外，暴雨中心附近，向东开口的喇叭口地形也使暴雨中心降水进一步加强。形成“75.8”暴雨的台风路径见图1。

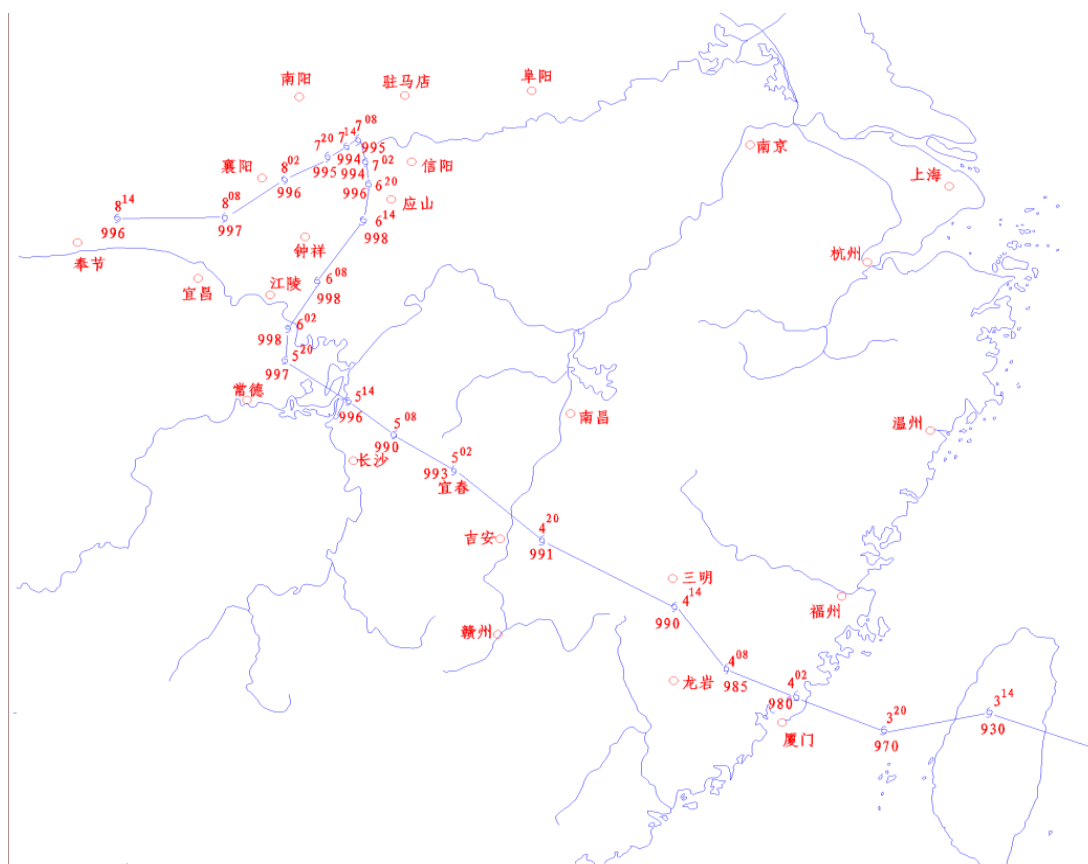


Figure 1. “75.8” typhoon path

图 1. “75.8”台风路径

## 4.2. “75.8” 暴雨移置可能性分析

选择对湖南省影响较大的 16 个台风，对“75.8”的特点与所选取的台风特点进行分析，比较其相似性和特殊性，以分析“75.8”移置的可能性。

从图 1 中“75.8”暴雨的台风路径可以看出，台风低压刚好经过汨罗江流域，故从台风路径上，工程所在流域出现“75.8”暴雨的可能性是存在的。

湖南省登陆台风环流形势与“75.8”的环流形势较为相似，台风低压移动与引导气流转变情况基本一致，在台风低压移入湖南省后的北部(7503 号台风移入河南后的北部)形成一个“高压坝”，致使台风低压停滞，即“75.8”台风低压的大环流形势及低压停滞少动的条件本流域也存在。

“75.8”暴雨的影响系统台风、低空偏东急流及西风槽等天气系统本流域均可出现。

经分析造成“75.8”暴雨的种种基本因素和部分因素的组合、叠加都分别在湖南省(本流域)出现过。所以认为“75.8”移置到本流域是可能的。

## 5. 可能最大暴雨估算

### 5.1. 暴雨雨图的安置

将 1:1,000,000 “75.8”最大 5 d 暴雨等值线图按比例尺移放于 1:50,000 湖南省汨罗江流域地形图上，在暴雨移置时，根据湘江流域的暴雨分布特点，将“75.8”最大 5 d 暴雨等值线图上的暴雨中心，移置于汨罗江加义东北部常遇台风暴雨中心附近，移放后的汨罗江流域 PMP 等值线图见下图 2。

根据雨量等值线分布图，可以求出该流域 PMP 平均面雨量为 901 mm。

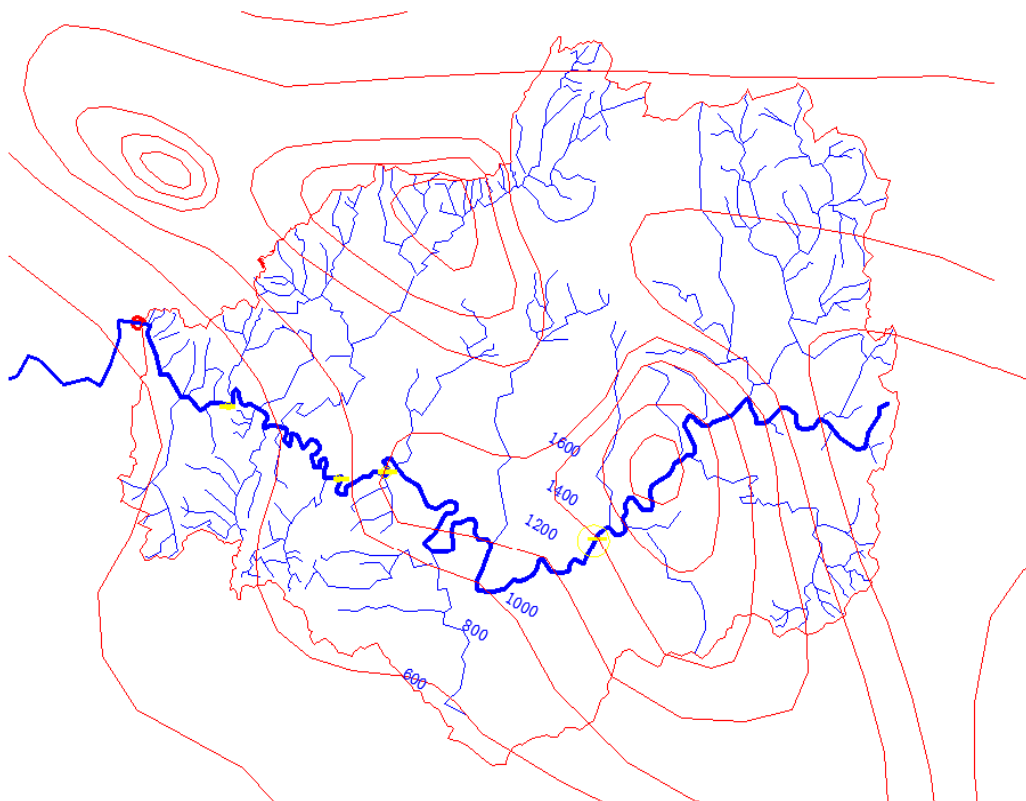


Figure 2. Relates to regional PMF contour map

图 2. 涉及区域 PMF 等值线移植图

## 5.2. 移置改正与放大

由于移置流域和工程设计流域相距较远，且降雨条件不完全一致，故需对设计流域的暴雨参数进行必要的改正。改正按设计流域和暴雨原地的最大露点来进行，其计算公式为：

$$K_1 = \frac{(W_{Bm})_{Z_B}}{(W_A)_{Z_A}}$$

同时考虑到两地地形差异，采用最大 3 d 暴雨多年平均面雨量进行修正，经计算，最后确定综合改正系数为 0.98。

## 6. 可能最大洪水计算

当 PMP 确定以后，推求 PMF 主要有以下 2 个步骤，第一步为产流计算，即净雨推求，第二步为汇流计算，即根据净雨，通过一定的模型计算出洪水过程。我国目前常用的产流方法有扣损法、暴雨径流相关法和径流系数法。在 PMP 条件下，降雨强度及总量比常遇暴雨大而集中，由于总雨量远远超过流域最大初损值，故对于湿润地区来水，无论采用何种方法，影响都不太大[3]。

### 6.1. 产汇流方案

根据汨罗江流域水文特性分析及可能最大洪水估算要求，需要推算工程处以上流域的可能最大洪水。该设计工程流域面积较大，远远超出《湖南省暴雨洪水查算手册》单位线适用范围，其单位线不能直接用于产汇流计算。由于工程处下游有伍市水文站，故考虑推算伍市水文站以上流域的单位线，建立产汇流模型，估算出伍市水文站的可能最大洪水后，再放大到工程处处。

本次采用伍市水文站历史较大洪水年份实测流量资料，以及流域内若干雨量站实测降水资料，推算伍市站以上流域经验单位线，单位线时段长取 1 h。

区间产流计算借用《湖南省暴雨洪水查算手册》的方法，时段地表径流深  $R_{上} = R_{总} \times \Psi$  ( $R_{上}$  地表径流深， $R_{总}$  总径流深)，( $\Psi$  为地表与总径流的比例系数)值，由此计算出区间可能最大暴雨的地面净雨过程。产流计算采用初损、后损法，地表径流的分割，采用斜割法，经扣损后的净雨量等于地面径流总量。

按照矩法，对瞬时单位线参数  $n$ 、 $K$  进行推求[4]，将推导出的瞬时单位线参数  $n$ 、 $K$ ，采用 2010 年实测资料对单位线进行检验，实测流量过程与推算流量过程比较见图 3。

### 6.2. 产汇流计算

可能最大降水雨型分配采用“75.8”雨区范围内 30 个雨量站实测降雨过程进行分配， $\Psi$  值取 0.80，由此计算出区间 PMP 地面净雨过程。用相应时段单位线计算地表径流过程，然后回加地下径流部分，推算出伍市站的洪水过程，然后采用水文比拟法将伍市站以上的 PMF 推算到工程处，计算可得工程处以上 PMF 洪峰值为 12,000  $m^3/s$ ，(见表 1)。

### 6.3. 成果合理性检查

对 PMP/PMF 成果认真进行合理性检查，这是我国的一条重要经验。检查方法主要有：与本流域历史最大雨洪对比，与邻近流域历史最大雨洪对比，以及同世界暴雨和洪水记录的外包线比较等。为了分析计算成果的合理性，将本次计算成果与国内其他水利工程可能最大洪水相比较，见图 4。可以看出，本次计算点位于点据带中间，计算成果是合理的。

## 7. 结论

众多研究成果表明，推求 PMP/PMF 是一项十分复杂的工作，需要对传统的 PMP 估算方法中存在的问题有

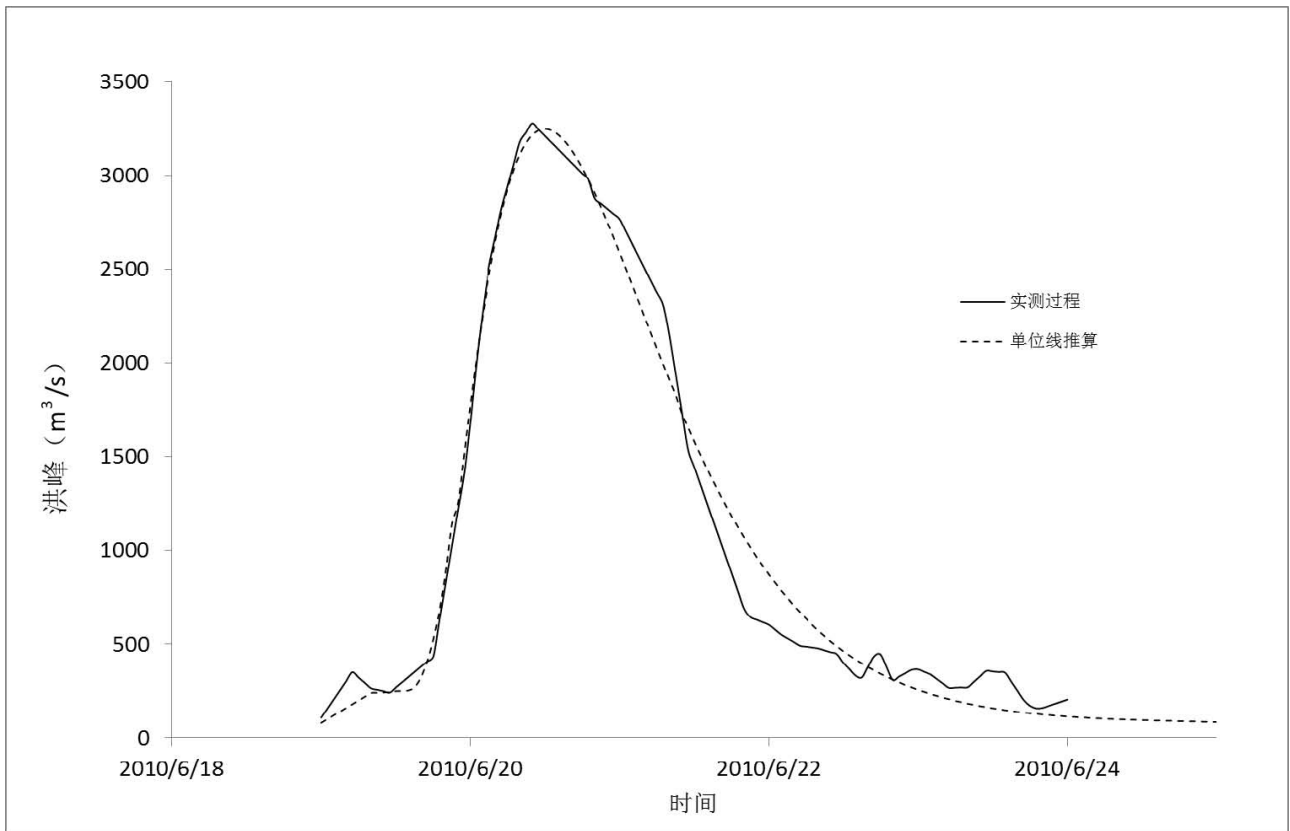


Figure 3. Comparison of the measured discharge with unit hydrograph method

图 3. 单位线法计算与实测流量过程线比较

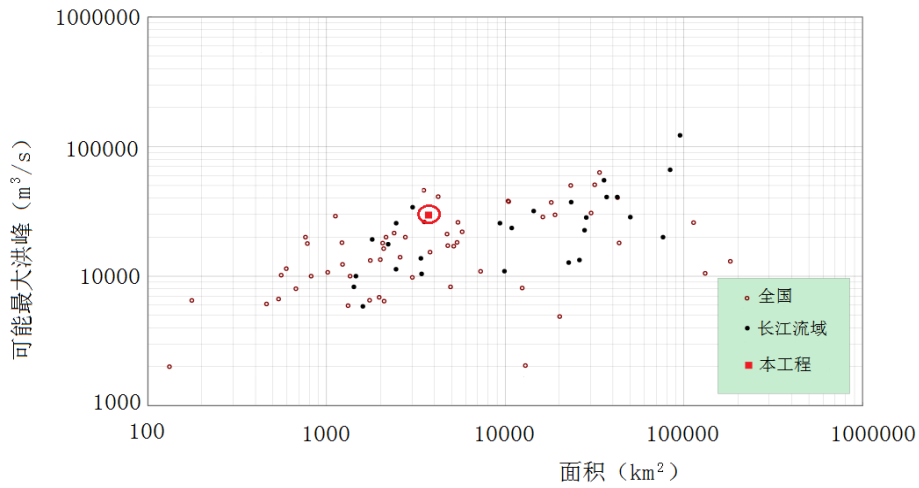


Figure 4. The relationship between the drainage area and PMF in some projects

图 4. 国内部分工程流域面积 - PMF 关系图

Table 1. The calculation results of the PMF

表 1. 计算 PMF 成果表

区域	集水面积	面积权重	PMF 洪峰(m <sup>3</sup> /s)
伍市水文站以上	4179	100%	12,600
工程处	3872	92.7%	12,000

待进一步深入的研究，并加强对现有著名大暴雨的基本特性、地区规律以及可移植范围的研究，估算方法的确定以及暴雨的选取均需要结合流域特征和暴雨洪水特性为基础来进行分析确定。

利用水文气象学的原理和方法，推求可能最大降水，通过产、汇流计算，从而计算出可能最大洪水，这是推求重要水利工程设计洪水的主要途径之一。受制于流域内实测特大暴雨洪水资料系列年限，本文采用河南省“75.8”特大暴雨移置方法，结合实测水文资料建立产汇流模型，对工程以上可能最大洪水进行了计算。PMP 和 PMF 成果经过合理性检查与评价，基本合理，可作为工程设计计算基础依据资料。但由于目前对暴雨移置改正方法的理论尚不成熟，在暴雨移置、暴雨组合、暴雨中心的选定、面雨型的设计、PMP 的时空分布等与很多影响因素有关，加之区域流域面积较大，地势复杂，雨量站分布代表性等影响，设计误差环节较多，因此本次暴雨移置成果精度存在着一定的不确定性和经验性。

### 参考文献 (References)

- [1] 郭生练. 设计洪水研究进展与评价[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.  
GUO Shenglian. Advance and assessment of design flood methods. Beijing: China Water Power Press, 2005. (in Chinese)
- [2] 刘树锋, 邱静, 黄本胜, 黄健东. 韩江流域可能最大暴雨洪水移置计算[J]. 水文, 2009, 29(1): 42-45.  
LIU Shufeng, QIU Jing, HUANG Bensheng and HUANG Jiandong. Computation of probable maximal precipitation and flood with rainstorm displacing in Hanjiang River Basin. Journal of China Hydrology, 2009(1): 42-45. (in Chinese)
- [3] 王国安. 可能最大暴雨和洪水计算原理和方法[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 黄河水利出版社, 1999.  
WANG Guoan. Principles and methods of PMP/PMF calculations. Beijing: China Water Power Press, Yellow River Conservancy Press, 1999. (in Chinese)
- [4] 中华人民共和国水利部. 水利水电工程设计洪水计算规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.  
The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Regulation for calculating design flood of water resources and hydropower projects. Beijing: China Water Power Press, 2006. (in Chinese)