

Study on Design Flood of the Jingjiang Reach in the Yangtze River

Ling Feng¹, Pengxin Deng², Sunyun Lv², Xiang Li²

¹Hubei Institute of Traffic Planning and Design, Wuhan Hubei

²Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei

Email: 75505284@qq.com

Received: Nov. 13th, 2015; accepted: Nov. 29th, 2015; published: Dec. 11th, 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

Design flood is the foundation of flood control evaluation and engineering construction. The Jingjiang reach between Zhicheng and Shishou stations is selected as case study to estimate design flood after the impounding of Three Gorges Reservoir. The design flood of 0.33%, 1%, 5%, 10% frequencies at Zhicheng station is calculated under the flood dispatching rule of Three Gorges Reservoir. Through combining the interval tributary diversion ratio and stage-discharge relation, the design floods at Shashi and Shishou stations are confirmed in the same frequency under total inflow control. The design values are relatively safe and can provide scientific reference for the Jingjiang reach flood control and engineering design.

Keywords

Jingjiang Reach, Design Flood, Peak Flow, Yangtze River

长江荆江河段设计洪水研究

冯 凌¹, 邓鹏鑫², 吕孙云², 李 响²

¹湖北省交通规划设计院, 湖北 武汉

²长江水利委员会水文局, 湖北 武汉

Email: 75505284@qq.com

收稿日期: 2015年11月13日; 录用日期: 2015年11月29日; 发布日期: 2015年12月11日

作者简介: 冯凌(1967-), 女, 江苏无锡人, 大学本科, 高级工程师, 主要从事设计咨询和项目管理工。

摘要

设计洪水是防洪评价及工程建设的基础。本文立足于荆江枝城至石首河段，梳理了三峡建库后河段的设计洪水。依据三峡水库防洪调度规则，计算了枝城站在0.33%，1%，5%，10%频率下的设计洪水；在总入流控制条件下，结合区间支流分流比曲线和站点水位流量关系，依次得到相应频率下沙市站和石首站的设计洪水。研究所得到的洪水设计值偏于安全，可为荆江河段防洪和工程设计提供科学参考依据。

关键词

荆江河段，设计洪水，洪峰流量，长江

1. 引言

设计洪水是确定河流治理开发方案和水利水电工程规模的基础，是项目工程设计的重要依据 [1]。通常设计洪水是在保证设计断面洪水系列可靠性、一致性和代表性的前提下，通过流量或暴雨资料进行推求得到。但自蓄水工程运行以来，工程调度改变了下游防洪形势的同时，使河段水沙过程发生改变，导致河道冲刷加剧，引起河势相应调整 [2] [3]。江槽、湖泊对长江洪水调蓄作用也因人类活动影响而逐年变化。这些因素使得长江中下干流实测洪水系列的不一致性遭到破坏。为解决此问题，张明波等人针对中下游河道行洪特征，基于确保系列一致性的总入流分析法，分析了中下游主要控制站设计洪水，并验证了总入流设计洪水成果的可靠性，满足防洪规划的需要 [4]。

在此背景下，特别是三峡水库蓄水运行以来，改变了荆江河道水文情势，势必对河段设计洪水产生影响。通过研究河段区域性设计洪水，即是评价防洪工程体系整体效果的需要，也为区域涉水工程建设提供参考。故本文立足于荆江枝城至石首河段，对三峡建库后的河段设计洪水作进一步梳理。由于枝城站是荆江河段的入流控制站，在三峡水库防洪调度控制泄量的基础上，确定枝城站的洪水设计值。再进一步参照总入流分析思路，依据枝城站的设计值，结合下游站点的水位流量关系及区间支流分流比，从偏安全角度合理确定沙市和石首站的设计洪水，研究成果可为荆江河段防洪和工程设计提供科学依据。

2. 研究区概况

荆江地处长江冲积平原河流上段，两岸地势平坦，湖泊众多。河段上起枝城，下至洞庭湖出口城陵矶，沿程以枝城、沙市、石首等为主要水文控制站，全长约 337 km。又以藕池为界，分上下两段：上荆江段(枝城至藕池)长 167 km，下荆江段(藕池至城陵矶)长 170 km [5]。区间支流沮漳河于枝城至沙市河段北岸汇入，其南岸有松滋河、虎渡河分流入洞庭湖。沙市至石首河段南岸又有藕池口分流入洞庭湖，与松滋口、太平口形成荆江三口分泄长江约 1/3 洪水，并在下游与湘、资、沅、澧四水会合后在城陵矶注入长江 [6]。

本文选择荆江枝城至石首河段作为研究对象，探讨三峡建库后河段设计洪水的确定。具体控制站点分布如图 1 所示。

3. 长江暴雨洪水特性

3.1. 暴雨特性

长江流域面积 180 万 km^2 ，除金沙江巴塘、雅砻江雅江及大渡河上游区域外，全流域产生暴雨面积达 150 万 km^2 ，流域洪水主要由暴雨形成。经统计，长江地区暴雨始于 2~3 月，并由西北向东南推进，直至 11 月结束，

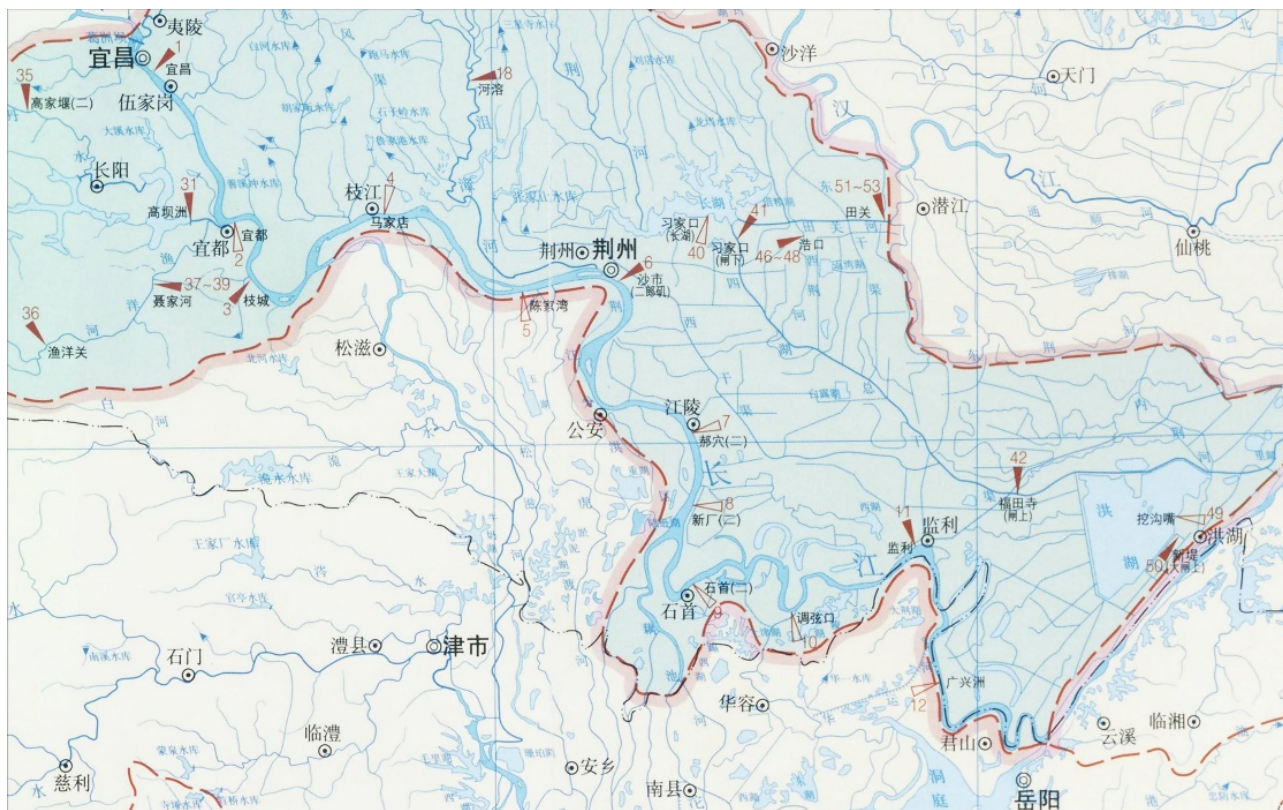


Figure 1. Distribution of the hydrological stations in the Jingjiang reach
图 1. 荆江河段水文站分布

其中 5~8 月为暴雨的多发时段。中下游南岸和乌江大部以 6 月暴雨最多，可占全年的 30%。而中下游北岸、澧水上游、嘉陵江等地则以 7 月暴雨为首，高达全年的 30%~50%。岷江、沱江和金沙江下游暴雨却集中在 7~8 月，约占全年的 80%。

流域暴雨变化呈两种分布态势，即自上游四川盆地西北部边缘向盆地腹部及西部高原递减，以及中下游地区由东南向西北递减变化。全流域共划分 5 个暴雨区，按范围大小依次是江西暴雨区，湘西北、鄂西南暴雨区，大巴山暴雨区，川西暴雨区和大别山暴雨区。这 5 处暴雨区或在暖湿气流的迎风坡，或位于“C”字形环状喇叭口附件，主要受地形影响导致低层暖湿气流辐合加强所致。其中湘西北、鄂西南暴雨区是仅次于江西暴雨区的第二大暴雨区，是本研究河段的主要来源之一。

3.2. 洪水特性

长江洪水分布与暴雨相应，一般是下游早于上游，江南早于江北。川西和大巴山区暴雨使岷、沱江和嘉陵江洪水遭遇，易形成寸滩、宜昌站峰高量大洪水。而宜昌至螺山河段洪水则受湘西北、鄂西南暴雨影响，使清江和洞庭湖水系洪水多集中在 6~7 月。按暴雨区分布和移动情况，可将长江洪水划分流域性和区域型大洪水。流域性大洪水是由连续多场大面积暴雨造成干支流洪水遭遇形成，如 1931、1954、1998 年大洪水等。区域性洪水则由区域暴雨引起支流或干流某一河段的大洪水，如“81.7”长江上游大洪水、“35.7”长江中游大洪水、“69.7”清江大洪水及 1995 年、1996 年长江中下游洪水等。

宜昌站作为长江干流主要控制站，受洪水先后叠加影响，易形成长历时、峰高量大洪水。据资料显示，最大实测洪峰流量为 70,800 m³/s，最大历史调查洪峰流量可达 105,000 m³/s。长江出三峡后，江面展宽，水流变缓，河槽、湖泊调蓄量增大，使得洪水过程明显坦化。若遇支流涨水导致的区域性洪水时，则易形成多次洪峰的连

续洪水，其持续时间可达 30~60 天以上。

3.3. 历史洪水和近代大洪水

长江流域暴雨洪水灾害频繁，自汉朝(公元前 185 年)至清朝末的 2100 余年中，流域曾发生较大水灾 214 次，平均约 10 年一次。且 1860 年至 2010 年约 140 年间，长江流域分别在 1860、1870、1931、1935、1954、1998 年出现大洪水或特大洪水共 6 次。其中 1870 年洪水最大，使得重庆、万县、宜昌站的洪峰流量分别高达 100,000 m^3/s 、108,000 m^3/s 和 105,000 m^3/s ，造成渝~宜河段出现 800 多年罕见特大洪水，迫使松滋“庞家湾”、黄家铺溃堤，斗湖堤决口，淹没面积约 30,000 km^2 。而 1954 年洪水则由上游北岸和汉江流域雨季提前引起暴雨洪水遭遇所致，为长江近百年一遇洪水。其水位高，洪水量大，持续时间长，造成宜昌和枝城站最大洪峰流量分别达 66,800 m^3/s 和 71,900 m^3/s ，为 20 世纪第一位全流域大洪水。

近代大洪水中以 1998 年洪水位最为典型，是 20 世纪第二位全流域大洪水。该洪水使得宜昌站先后遭遇 8 次大洪峰，其中最大流量可达 63,300 m^3/s 。同时使得干流沙市、监利、莲花塘、螺山等水文站超过历史及实测最高水位，甚至使汉口站水位达到实测记录第二位。

4. 枝城设计洪水

4.1. 三峡水库建成前枝城设计洪峰流量

枝城站作为荆江河段来水控制站，其设计流量可代表荆江河段入流的防洪设计值。由于枝城站实测流量资料较短(27 年)，代表性不足，无法满足工程水文计算要求。但枝城站距宜昌站较近，且宜昌至枝城的区间水量不大。经同步资料分析，宜昌与枝城区间水量占枝城水量的 3.6%~4.3%之间，枝城洪量是宜昌洪量的 1.04 倍左右。考虑宜昌洪水系列长，资料精度高，历史洪水可靠，因而建库前枝城站洪水频率计算成果直接移用宜昌站统计参数，并按宜昌站设计成果(三峡水利枢纽初步设计成果)进行修正。

表 1 给出宜昌站 1877~1990 年 114 年实测系列和历史洪水资料计算得到的设计洪水成果，其中枝城站以 1.04 倍进行修正。

4.2. 三峡水库正常运行后枝城设计洪峰流量

三峡工程建库以后，据长江中下游防洪规划及三峡对荆江河段防洪补偿调度方式 [6]，拟定三峡防洪补偿调度为影响荆江河段设计洪水的主要影响因素。三峡水库正常运行后，遇百年一遇以下洪水，可使沙市水位不超过 44.5 m (冻结基面，下同)，不启用荆江分洪区，并可减少洲滩民垸被洪水淹没的机会，枝城控制泄量为 56,700 m^3/s ；遇 1931、1935、1954 年洪水，可使沙市水位不超过 44.5 m，不启用荆江分洪区，枝城控制泄量为 56,700 m^3/s ；遇千年一遇或类似 1870 年洪水，可使枝城流量不超过 80,000 m^3/s ，配合荆江地区的分洪区运用，可使沙市水位不超过 45 m，从而保证荆江两岸的行洪安全。

故选定三峡工程对荆江河段补偿调度结果作为推算枝城设计流量的基础。图 2 给出三峡工程对荆江补偿调度控制水位及枝城控制泄量。

由图 2 可知，三峡水库正常运行后，遇百年一遇以下，十年一遇以上洪水(包括 1931、1935、1954 年洪水)，水库控制水位 166.7 m 以下，枝城控制泄量为 56,700 m^3/s ；遇千年一遇或类似 1870 年洪水(三百年一遇)，水库控制水位 175 m，控制枝城流量不超过 80,000 m^3/s 。

基于此调蓄规则，枝城百年一遇、二十年一遇和十年一遇设计洪峰流量均为 56,700 m^3/s ，三百年一遇设计洪峰流量为 71,500 m^3/s ，具体设计值如表 2 所示。

5. 沙市设计洪水

沙市水位为三峡工程初步设计的防洪调度控制水位，在受枝城控制泄量的影响下，遇百年一遇以下洪水，

可使沙市水位不超过 44.5 m；遇千年一遇或类似 1870 年洪水，可使沙市水位不超过 45 m。由于石首站到枝城站区间存在松滋河、虎渡河等支流，在计算三峡蓄水后沙市站及石首站设计洪峰时，可根据枝城站的控制入流，依据各区间各支流分流比的基础上合理确定。

据枝城、新江口、沙道观、弥陀寺、康家岗、管家铺实测流量资料(2003~2010 年)，点绘枝城流量和松滋河加虎渡河、沙市流量和藕池河分流比图。从偏安全考虑，选定分流比下包线确定松滋河(西支、东支)、虎渡河、藕池河(西支、东支)分流比，如 图 3。

松滋河和虎渡河位于沙市到枝城站区间，故由三峡蓄水后的枝城站设计洪峰，扣除松滋河、虎渡河分流量，并考虑沮漳河行洪能力 1300 m³/s [5]，从偏安全角度最终确定沙市站设计洪峰。由于枝城站三百年一遇洪峰流量经松滋河和虎渡河分流后，到达沙市站的洪峰仍超过流能力，此时将启用荆江分蓄洪区。故沙市站三百年一遇设计洪峰由保证水位 45.00 m，按照其水位流量关系推算得到(考虑相应城陵矶水位 34.4 m)。具体计算结果如 表 3。

采用水位流量关系推流时，考虑到 2003 年以来三峡水库的调蓄作用，沙市站实测最大洪峰流量为 47,900 m³/s (2004 年 9 月 9 日)，由于本次分析主要使用水位流量关系的高水部分，故仍采用长江流域防洪规划拟定的沙市水位流量关系 [5]，具体如 图 4 所示。

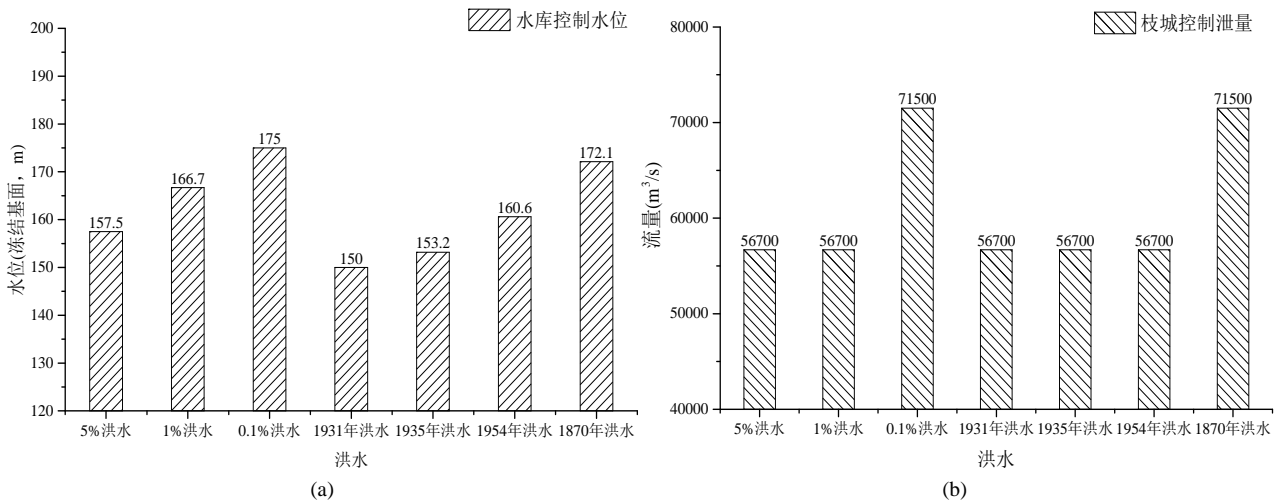


Figure 2. (a) Controlled water level of Three Gorges Reservoir; (b) Controlled discharge of Zhicheng station
图 2. (a) 三峡水库控制水位; (b) 枝城站控制泄量

Table 1. Design peak flows before construction of Three Gorgers Reservoir at Yichang and Zhicheng stations
表 1. 三峡建库前宜昌站和枝城站设计洪水成果

站点(m ³ /s)	统计参数			设计值			
	E_x	C_v	C_s/C_v	0.33%	1%	5%	10%
宜昌站	52,000	0.21	4.0	91,000	83,700	72,300	66,600
枝城站	54,100	0.21	4.0	94,600	87,000	75,200	69,300

Table 2. Design peak flows after impoundment of Three Gorgers Reservoir at Zhicheng station
表 2. 三峡水库建库后枝城站设计洪峰

站点(m ³ /s)	设计洪峰			
	0.33%	1%	5%	10%
枝城站	71,500	56,700	56,700	56,700

6. 石首设计洪水

石首站位于沙市站下游，其区间主要支流为藕池河。故依据藕池河的分流比(图 3(b))，在参照沙市设计洪峰流量的基础上，扣除藕池河的分流量得到石首站设计洪峰流量。

表 4 给出石首站设计洪峰流量。由于枝城站受三峡泄量控制影响，石首站的百年一遇以下设计洪峰流量均

Table 3. Design peak flows for different frequencies at Shashi station
表 3. 沙市站不同频率设计洪峰

站点	频率	0.33%	1%	5%	10%
松滋河 + 虎渡河	分流比	0.1504	0.1587	0.1587	0.1587
	分流量(m ³ /s)	11,800	9000	9000	9000
沙市站	设计洪峰流量(m ³ /s)	54,100	49,000	49,000	49,000

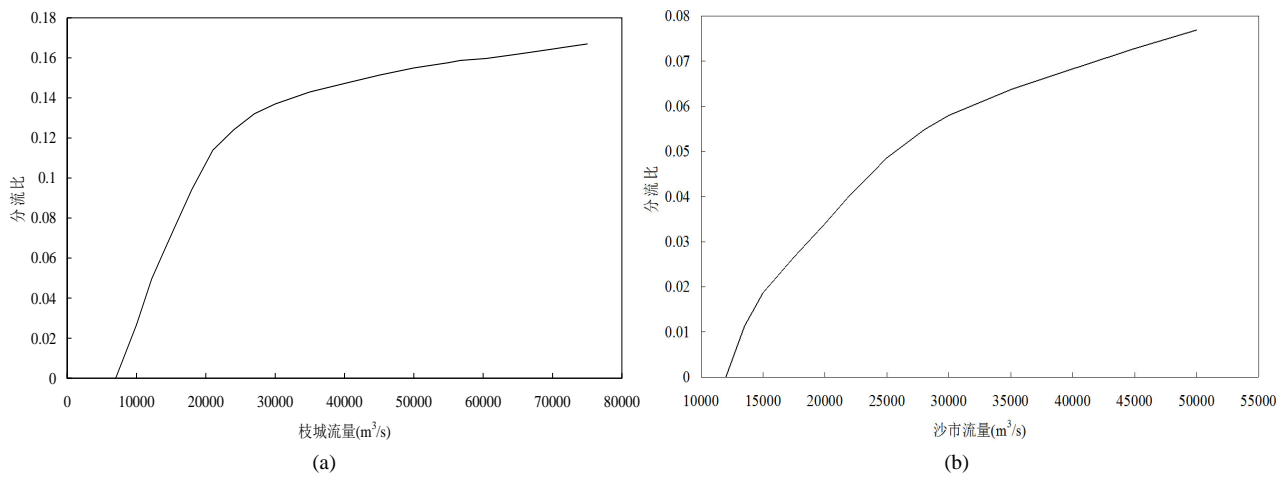


Figure 3. (a) Split ratio of Songzi and Hudu rivers; (b) Split ratio of Ouchi river
图 3. (a) 松滋河加虎渡河的分流比; (b) 藕池河分流比

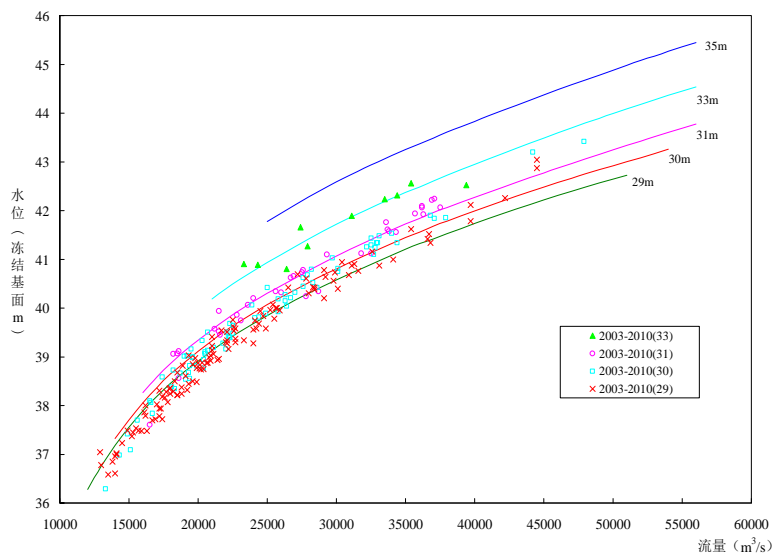


Figure 4. Stage-discharge relation at Shashi station
图 4. 沙市站水位流量关系

Table 4. Design peak flows for different frequencies at Shashi station

表 4. 沙市站不同频率设计洪峰

站点	频率	0.33%	1%	5%	10%
藕池河	分流比	0.0802	0.0761	0.0761	0.0761
	分流量(m ³ /s)	4340	3730	3730	3730
石首站	设计洪峰流量(m ³ /s)	49,800	45,300	45,300	45,300

与百年一遇相当。

7. 结论

设计洪水作为涉水工程设计的主要参考依据，在蓄水工程调度下对设计值的重新确定和复核显得尤其重要。特别是在三峡工程蓄水运行后，在显著提升长江中游防洪能力的同时，使得荆江防洪形势发生了根本性变化，对河段设计洪水产生影响。

本文依托荆江枝城至石首段的主要控制站资料，基于三峡水库防洪调度原则，初步计算了 0.33%，1%，5%，10% 频率下荆江河段入流控制站(枝城站)的设计洪峰流量。并从偏安全角度，合理划定了松滋河、虎渡河及藕池河的分流比曲线，再通过结合沙市站水位流量关系和枝城站洪峰设计值，确定了沙市站和石首站的设计洪峰流量，分析结果可为荆江河段防洪和工程设计提供参考依据。

参考文献 (References)

- [1] 叶守泽, 詹道江. 工程水文学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
YE Shouze, ZHAN Daojiang. Engineering hydrology. Beijing: China Water & Power Press, 2000. (in Chinese)
- [2] 燕然然, 蔡晓斌, 王学雷, 等. 三峡工程对下荆江径流变化影响分析[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(4): 490-495.
YAN Ranran, CAI Xiaobin, WANG Xuelei, et al. Influence of the Three Gorgers Project on the runoff of lower Jingjiang River. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23(4): 490-495. (in Chinese)
- [3] 王越, 丁艳荣, 范北林. 三峡工程蓄水后荆江河段河势变化及生态护岸研究[J]. 长江流域资源与环境, 2011(1): 117-122.
WANG Yue, DING Yanrong and FAN Beilin. Study on river regime evolution and ecological revetment for Jingjiang reach after impoundment of TGP. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2011(1): 117-122. (in Chinese)
- [4] 张明波, 陈剑池, 秦智伟, 等. 长江中下游设计洪水分析[J]. 人民长江, 2006, 37(9): 31-34.
ZHANG Mingbo, CHEN Jianchi, QIN Zhiwei, et al. Analysis of design flood in middle and lower reach of the Yangtze river. Yangtze River, 2006, 37(9): 31-34. (in Chinese)
- [5] 水利部长江水利委员会. 长江流域防洪规划[R]. 武汉: 水利部长江水利委员会, 2008.
Changjiang Water Resources Commission. Flood control planning of the Yangtze River. Wuhan: Changjiang Water Resources Commission, 2008. (in Chinese)
- [6] 水利部长江水利委员会. 三峡水库优化调度方案研究报告[R]. 武汉: 水利部长江水利委员会, 2009.
Changjiang Water Resources Commission. Research on the optimal dispatching scheme of Three Gorges Reservoir. Wuhan: Changjiang Water Resources Commission, 2009. (in Chinese)