

# 武穴市北灌溉工程项目设计洪水分析研究

陈亚健, 瞿兰兰

长江中游水文水资源勘测局, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年5月15日; 录用日期: 2023年6月8日; 发布日期: 2023年6月30日

## 摘要

设计洪水是灌溉等水利工程建设可行性研究和制定相关运行管理策略的重要依据。针对武穴市北灌溉工程项目论证及设计需求, 本文采用由设计暴雨途径间接推求设计洪水。采用实测资料和查图法分别计算工程区域设计暴雨, 依据最不利原则选择设计暴雨结果, 再对比分析推理公式法和瞬时单位线法计算结果, 出于工程安全考虑, 最终选用推理公式法设计结果, 较好地解决了工程区域实测流量资料不足的难题。该灌溉工程设计洪水方法可供同类工程参考。

## 关键词

推理公式法, 设计暴雨, 设计洪水, 防洪排涝分析

# Design Flood Analysis and Study of North Irrigation Project in Wuxue City

Yajian Chen, Lanlan Qu

Middle Changjiang River Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Wuhan Hubei

Received: May 15<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jun. 8<sup>th</sup>, 2023; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Design flood is an important basis for determining the feasibility of irrigation project construction and formulating relevant operation and management strategies. In view of the demonstration and design requirements of north irrigation project in Wuxue City, the design flood is indirectly deduced by the design rainstorm way. The rainstorm design results were selected according to the most unfavorable principle, and then the calculation results of reasoning formula method and instantaneous unit line method were compared and analyzed. For the sake of engineering safety, the reasoning formula method was selected to solve the problem of insufficient measured flow data in the engineering area. The flood design method of irrigation project can be used as reference for similar projects.

作者简介: 陈亚健, 出生于 1986 年 12 月, 江苏淮安人, 本科, 工程师, 主要从事水文测验及分析工作, Email: 379833317@qq.com

文章引用: 陈亚健, 瞿兰兰. 武穴市北灌溉工程项目设计洪水分析研究[J]. 水资源研究, 2023, 12(3): 306-314.

DOI: 10.12677/jwrr.2023.123035

## Keywords

Reasoning Formula Method, Design Storm, Design Flood, Analysis of Flood Control and Drainage

Copyright © 2023 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

灌溉工程的设计洪水推求在工程的勘测设计阶段至关重要, 可为灌溉工程的建设规模以及运行管理方案的制订提供参考[1] [2]。目前设计洪水常用方法分别有根据流量、暴雨资料直接计算或间接推求设计洪水的两种途径[3], 随着洪水事件的不断发生和经验的积累, 设计洪水计算方法也在不断丰富[4] [5] [6] [7] [8]。

朱婷[9]结合搬家指数法、查算图表法、综合单位线法及推理公式法, 对白坭河流域设计洪水进行分析计算。刘春果[10]在对丘陵地貌设计洪水进行计算时, 采用水文比拟法、历史洪水调查等结果进行对比, 分析了推理公式法在不同流域面积的适用性。姜姗姗等[11]采用《山西省水文计算手册》中的3种方法进行计算, 并对比分析不同方法的计算成果。

针对武穴市北灌溉工程的设计洪水分析需求, 分别采用邻近实测雨量资料平均值和2009年版《湖北省暴雨径流查算图表》(湖北省水文水资源局, 以下简称《图集》, 据此采用的方法简称“查图法”)两种方法推求设计暴雨, 采用对工程最不利原则选择设计暴雨结果, 再通过推理公式法[12]和瞬时单位线法[13]推求设计洪水, 从工程设计安全性考虑, 最终采用推理公式法推求设计洪水, 可为武穴市北灌溉工程项目提供设计洪水依据。

## 2. 研究流域及资料概况

### 2.1. 研究流域

武穴市位于湖北省东部, 长江中游北岸, 北抵大别山, 南临长江, 地跨  $115^{\circ}22' \sim 115^{\circ}49'E$ ,  $29^{\circ}50' \sim 30^{\circ}13'N$  之间[14]。市区南部有长江过境, 境内河流主要有梅川河、荆竹河、大金牛河、铁石河等, 现存湖泊主要有太白湖、武山湖、马口湖等[15]。

灌溉工程位置位于武穴市, 工程区域涉及河流水系主要为武山湖流域。武山湖由丰收大港连通太白湖, 丰收大港西起武山湖东止太白湖, 全长 19.1 km, 是武山湖的自排通道。港中建有童司牌节制闸, 为武山湖出流控制闸之一。武山湖主要有梅川河(控制面积  $165.0 \text{ km}^2$ )、大金牛河(控制面积  $71.6 \text{ km}^2$ )、铁石河(控制面积  $55.0 \text{ km}^2$ ) 等支流汇入, 工程涉及到的重要控制断面为官桥以上控制面积约  $479.8 \text{ km}^2$ , 童司牌闸以上控制面积约  $638.4 \text{ km}^2$ , 官桥至童司牌区间约  $158.6 \text{ km}^2$ 。

本工程区流域内主要有官桥水文站、梅川雨量站、大金牛雨量站、荆竹雨量站和仙人坝雨量站, 官桥水文站受人类活动影响较大, 有引调水、闸门、泵站等多重因素影响, 难以精准还原, 不能采用流量资料途径推求设计洪水。因此依据《图集》, 采用暴雨洪水途径间接推求设计洪水。通过推理公式法和瞬时单位线法计算刘元倒虹吸断面、柯家倒虹吸断面、张冲村倒虹吸断面、周笃倒虹吸断面、石船渡槽断面、连山河渡槽断面以及杨大垌渡槽断面的设计洪水。

### 2.2. 水文资料

武山湖流域设立的水文气象站点主要有: 官桥水文站, 1969 年建站, 测验项目为水位、流量、降雨等; 梅川雨量站, 1959 年建站; 大金牛雨量站, 1969 年建站; 荆竹雨量站, 1962 年建站; 仙人坝雨量站, 1961 年建站。

本次收集了研究区域的官桥、梅川和大金站至 2019 年年最大 1 d 和 3 d 降雨系列，武穴、梅川、大金、仙人坝和荆竹站月降雨量系列，以及西河驿、铺头水文站月流量系列。以上资料均按《水文资料整编规范》(SL247-2012)经过严格的整编、审查、复审，资料可靠。各水文(位)站和雨量站基本情况见表 1，研究区域河流水系及水文站网分布见图 1。

**Table 1.** A list of basic conditions of hydrological stations and rain stations  
**表 1.** 水文(位)站和雨量站基本情况一览表

河名	站名	站别	坐标		水文站面积(km <sup>2</sup> )	设站年份	测验项目	系列长度	备注
			东经	北纬					
长江	武穴	水位站	115°33'	29°51'		1950	水位、降水	1950~2019	2006 年撤销
	梅川	雨量站	115°37'	30°9'		1959	降水	1959~2019	
	大金	雨量站	115°42'	30°8'		1969	降水	1969~2019	
	仙人坝	雨量站	115°53'	30°8'		1961	降水	1961~2019	
	荆竹	雨量站	115°48'	30°9'		1962	降水	1962~2019	
武山湖	官桥	水文站	115°38'	29°54'		1976	水位、流量、降水、地下水、水质	1976~2019	
蕲水	西河驿	水文站	115°22'	30°16'	1800	1956	水位、流量、泥沙、降水、水质	1991~2019	
乌石港	铺头	水文站	115°29'	29°38'	185	1977	水位、流量、降水、蒸发	1980~2019	



**Figure 1.** Study regional river system and hydrographic station network distribution diagram  
**图 1.** 研究区域河流水系及水文站网分布示意图

### 3. 设计暴雨

武穴地处大别山和幕阜山所构成的大喇叭口中，暴雨主要受太平洋副热带高压影响控制，东南向的湿润气流旺盛，源源不断地把水汽自东南沿海输入内地，在水汽输送途中，常遭遇各种暴雨天气系统使其辐合上升，因而出现多次暴雨过程，本地常发生的切变线和低涡大暴雨是造成武穴洪涝灾害的主要原因。大暴雨多集中于6月下旬至7月下旬。

本次设计暴雨计算采用实测资料频率分析和查图两种方法。

#### 3.1. 实测资料计算设计暴雨

根据梅川站 1959 年~2019 年、大金站 1969 年~2019 年和官桥站 1976~2019 年实测年最大 1 d 降雨量系列，采用 P-III 型曲线进行频率分析。梅川站、大金站和官桥站年最大 1 d 暴雨频率曲线图见图 2~4。工程区设计年最大 1 d 面暴雨成果取梅川、大金和官桥三站设计暴雨值的算术平均值。根据梅川站、大金站 1964~1987、2002~2019 年实测年最大 1 d 降雨量系列和年最大 24 h 降雨量同期系列，分析得到由年最大 1 d 暴雨量与年最大 24 h 暴雨量的改正系数 K 值，梅川站、大金站的 K 值分别为 1.16 和 1.15。综合考虑，24 h 面暴雨取 1 d 面暴雨的 1.15 倍，成果见表 2。

#### 3.2. 查图法计算设计暴雨

采用《图集》，查算工程区 1 h、6 h 和 24 h 暴雨设计参数和设计值见表 3。从表中可以看出，《图集》查算成果较实测资料频率分析成果略大。考虑到《图集》综合了邻近区域长系列大暴雨情况，更能表征工程区域暴雨情势，本次采用《图集》查算的设计暴雨成果。

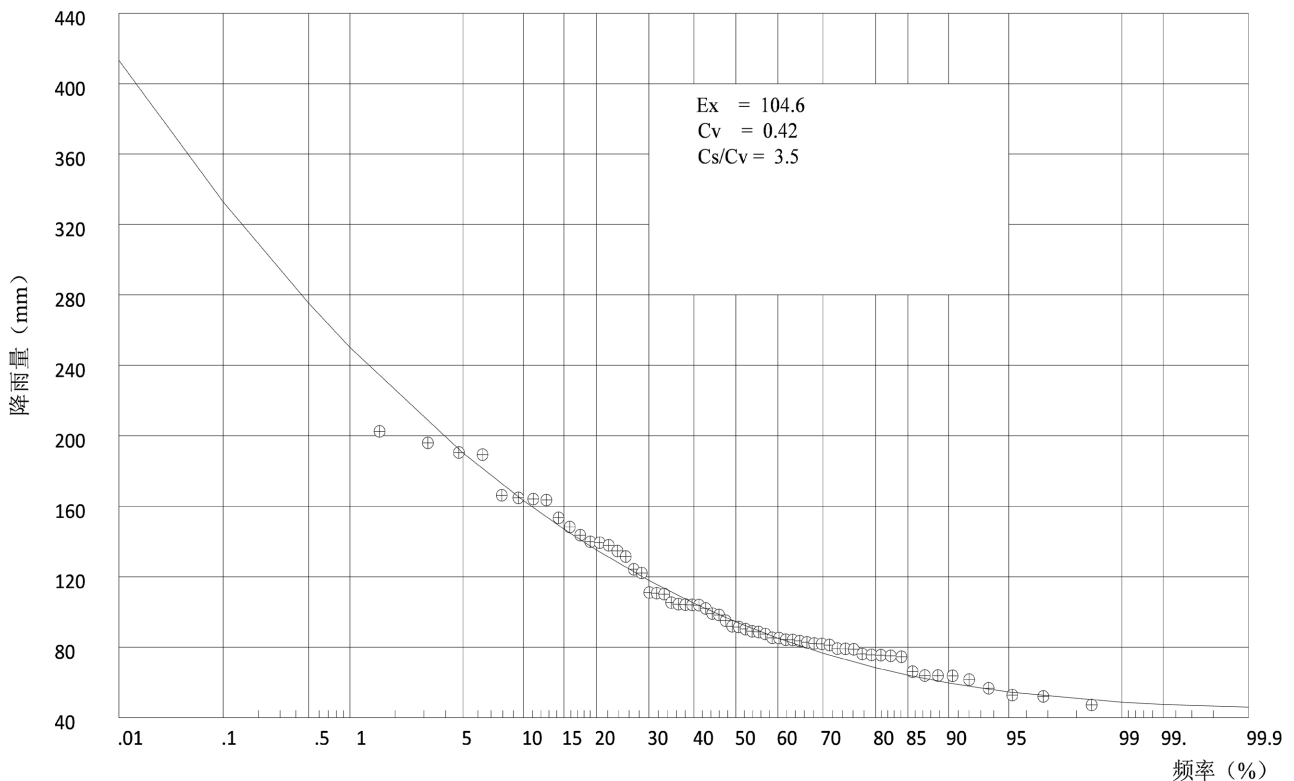


Figure 2. Annual maximum 1 d rainfall frequency curve at Meichuan Station

图 2. 梅川站年最大 1 d 降雨量频率曲线

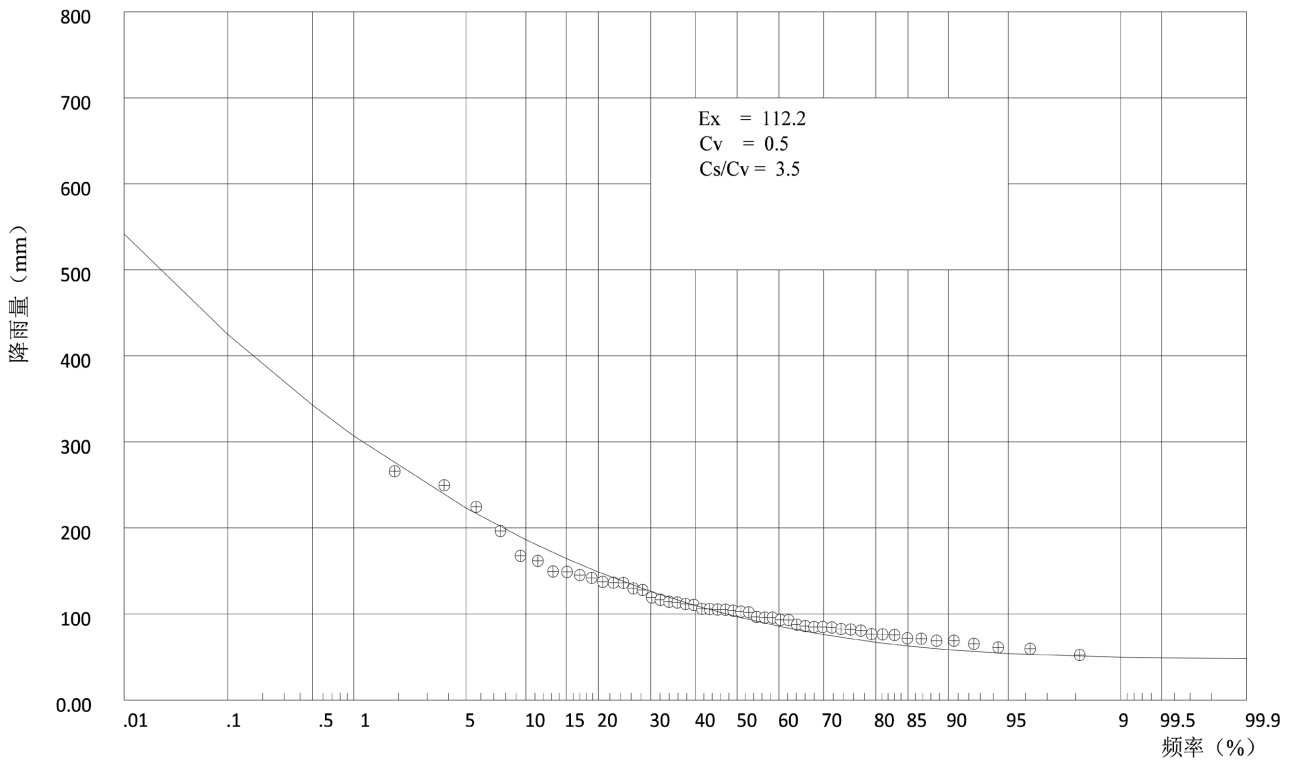


Figure 3. Annual maximum 1 d rainfall frequency curve at Dajin Station  
 图 3. 大金站年最大 1 d 降雨量频率曲线

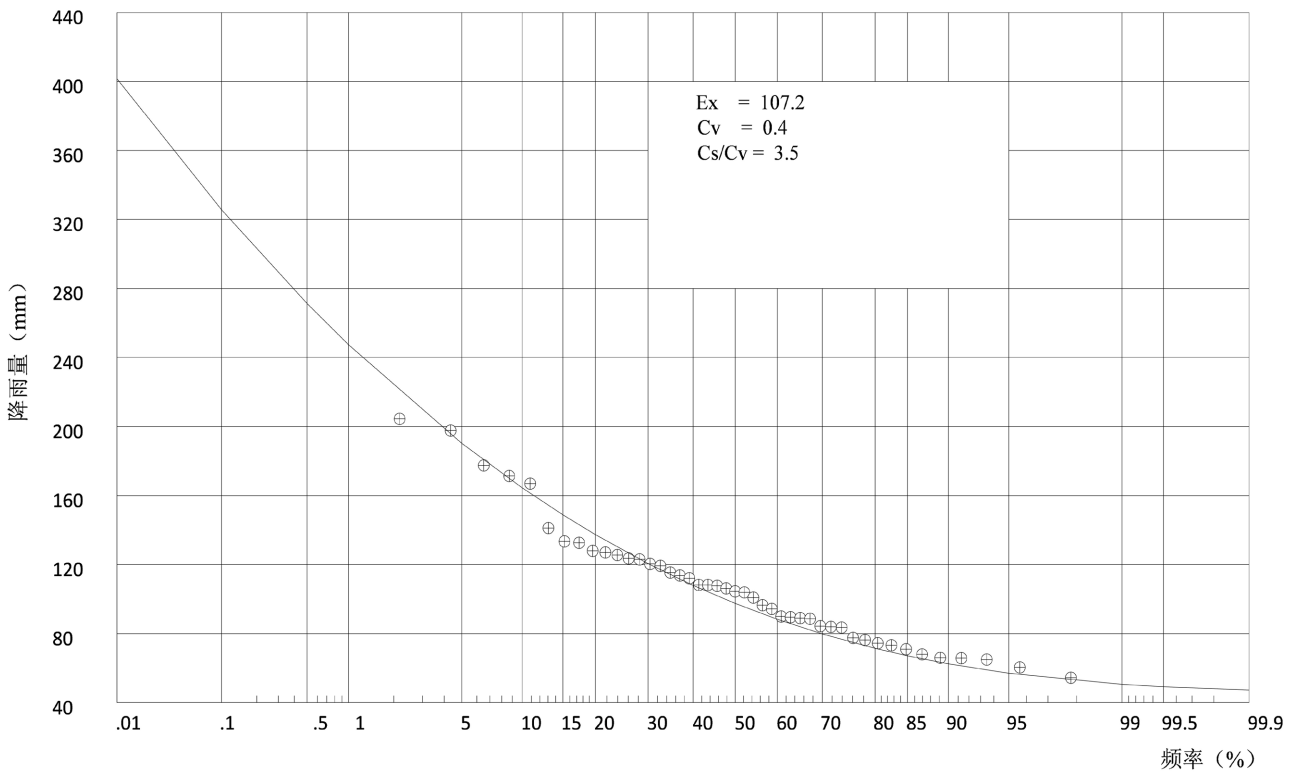


Figure 4. Annual maximum 1 d rainfall frequency curve at Guanqiao Station  
 图 4. 官桥站年最大 1 d 降雨量频率曲线



**Table 2.** Measured data design of rainstorm results table**表 2.** 实测资料设计暴雨成果表

项目	均值	Cv	Cs/Cv	设计点雨量(mm)			备注
				P = 2%	P = 5%	P = 10%	
梅川年最大 1 d	104.6	0.42	3.5	225	190	163	实测计算
大金年最大 1 d	112.2	0.5	3.5	271	223	186	实测计算
官桥年最大 1 d	107.2	0.4	3.5	223	190	165	实测计算
三站年最大 1 d 平均值				240	201	171	实测计算
年最大 24 h				276	231	197	三站年最大 1 d 平均值的 1.15 倍

**Table 3.** Table of the design rainstorm obtained by the illustration method at project location**表 3.** 工程区域查图法设计暴雨成果表

项目	均值	Cv	Cs/Cv	设计点雨量(mm)			备注	
				P = 2%	P = 5%	P = 10%		
年最大 1 h	45	0.42	3.5	96.6	81.8	70.2	2008 年	采用
年最大 6 h	80	0.5	3.5	193	159	133	《图集》	采用
年最大 24 h	125	0.52	3.5	311	254	211	查算	采用

## 4. 设计洪水

### 4.1. 建筑物流域地理参数

根据工程布局及设计需要,本次需计算刘元倒虹吸(跨梅川河)、张冲村倒虹吸(跨小河口)、周笃倒虹吸(跨铁石河)、柯家倒虹吸(跨梅川河)、石船渡槽(跨小河口)、连山河渡槽(跨连山河)、杨大垅渡槽(跨小河口)共七个主要跨河(沟)建筑物所在断面的 5、10、20、30、50 年一遇设计洪水。相关主要跨河建筑物所在的流域地理参数采用 1:10,000 地形图量算,成果见表 4。

**Table 4.** Geographical parameters of main river-crossing structures**表 4.** 主要跨河(沟)建筑物流域地理参数

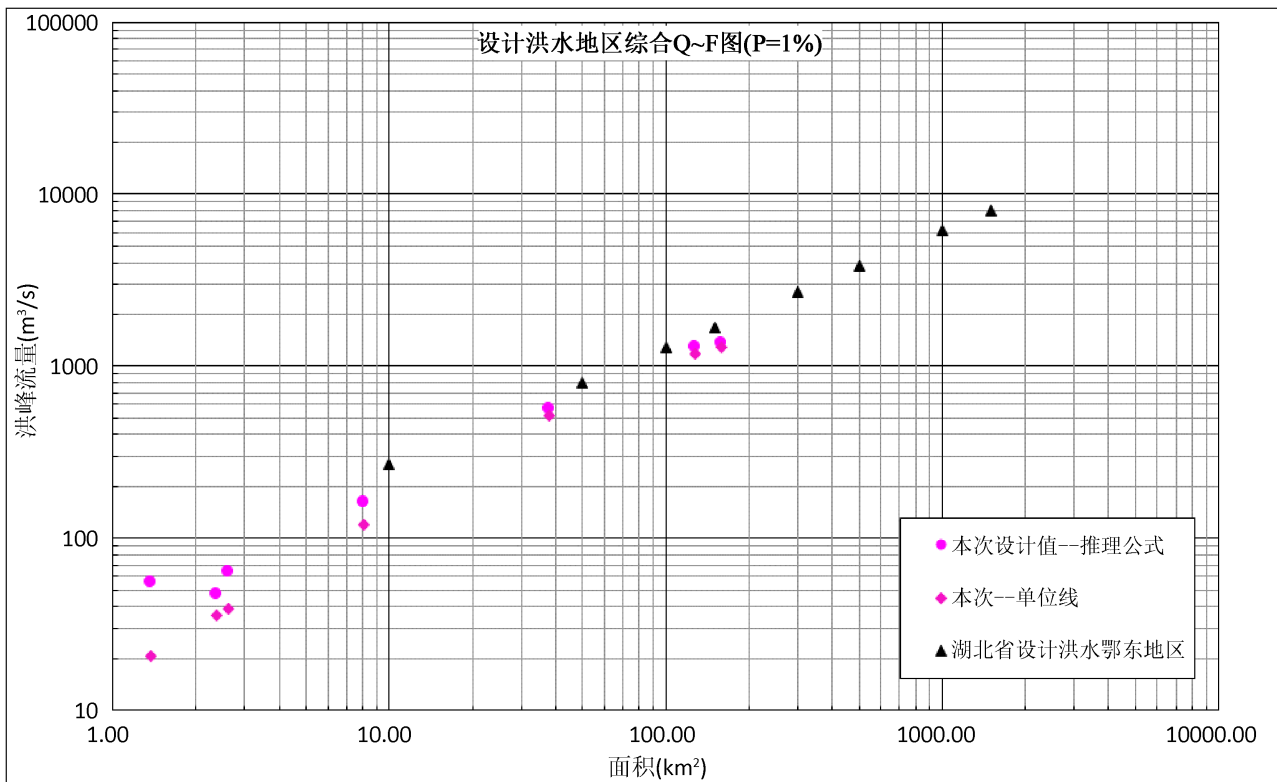
断面	集水面积 km <sup>2</sup>	河长 km	比降‰
刘元倒虹吸	128.35	20.63	4.00
柯家倒虹吸	158.76	25.68	3.03
张冲村倒虹吸	2.37	3.19	8.89
周笃倒虹吸	38.07	8.65	3.87
石船渡槽	2.61	3.33	26.94
连山河渡槽	8.12	6.31	23.19
杨大垅渡槽	1.37	1.51	60.07

### 4.2. 设计洪水

本次用推理公式法和瞬时单位线法推求设计洪水,成果见表 5。可以看出,推理公式法的成果大于瞬时单位线法成果。出于工程安全考虑,本阶段推荐采用推理公式法的成果。

**Table 5.** The main cross-river (ditch) building design flood peak discharge  
**表 5.** 主要跨河(沟)建筑物设计洪峰流量

方法	断面	面积 km <sup>2</sup>	设计洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)						备注
			1.0%	2.0%	3.33%	5.0%	10%	20%	
推理公式法	刘元倒虹吸	128.35	1290	1110	987	885	714	600	采用
	柯家倒虹吸	158.76	1350	1160	1024	916	734	614	采用
	张冲村倒虹吸	2.37	46.8	40.9	36.5	33.1	27.2	23.3	采用
	周笃倒虹吸	38.07	559	486	433	390	318	271	采用
	石船渡槽	2.61	63.5	55.7	50.0	45.4	37.5	32.5	采用
	连山河渡槽	8.12	161	141	126	114	93.6	80.5	采用
	杨大垅渡槽	1.37	54.9	48.6	43.9	40.2	33.8	29.8	采用
瞬时单位线法	刘元倒虹吸	128.35	1170	807	727	663	553	440	
	柯家倒虹吸	158.76	1280	982	884	806	672	534	
	张冲村倒虹吸	2.37	35.7	27.3	24.7	22.6	19.0	15.0	
	周笃倒虹吸	38.07	516	292	263	240	199	159	
	石船渡槽	2.61	39.2	29.0	26.3	24.1	20.2	16.3	
	连山河渡槽	8.12	120	80.2	72.5	66.3	55.5	44.5	
	杨大垅渡槽	1.37	20.7	15.7	14.2	13.0	11.0	8.9	



**Figure 5.** Design results and integrated QF map of design flood in eastern Hubei  
**图 5.** 本次设计成果和鄂东地区的设计洪水综合 QF 图

### 4.3. 合理性分析

1) 通过鄂东地区的设计洪水综合 Q~F 图检验

从图 5 可以看出, 本次设计成果和鄂东地区的设计洪水综合 Q~F 图偏离不大, 计算结果较为合理。

2) 通过手册提供的暴雨途径设计洪水地区综合表进行检验

根据湖北省水文气象分区图, 武穴市属于湖北省水文气象分区的第 3 区。由于湖北省手册中未提供第 3 区和第 5 区的设计洪水地区综合成果, 因此采用与第 3 区邻近的 1、2、4 区综合成果进行对比分析。

**Table 6.** Comparison of design flood results with chart flood results

**表 6.** 设计洪水成果与查算图表洪水结果对比

	流域面积(km <sup>2</sup> )	百年一遇设计洪水(m <sup>3</sup> /s)	洪峰模数
	10	286	28.6
	50	761	15.2
暴雨途径设计洪水地区综合表(来自手册查算图表 17, 分区 1, 2, 4)	100	1150	11.5
	150	1480	9.9
	300	2260	7.5
杨大垵渡槽	1.37	54.9	40.0
张冲村倒虹吸	2.37	46.8	19.8
石船渡槽	2.61	63.5	24.3
连山河渡槽	8.12	161	19.8
周笃倒虹吸	38.07	559	14.7
刘元倒虹吸	128.35	1290	10.0
柯家倒虹吸	158.76	1350	8.5

由表 6 可以看出, 各断面洪峰模数基本符合随着面积增大, 模数减小的规律。而张冲村倒虹吸、石船渡槽、连山河渡槽的洪峰模数相对偏小。综合分析, 武穴市属于第 3 区, 虽然靠近 1、2、4 区, 但是由于本灌区工程位于平原河网区, 河流比降相对较小, 因此洪峰模数相比 1、2、4 区偏小。

本次设计洪水复核是在对设计暴雨复核的基础上, 以《图集》和梅川、大金和官桥三站的基本降雨资料为依据, 采用多种方法综合分析确定。合理性检验结果表明, 设计洪水成果合理性较好。

### 5. 结论与建议

对武穴市北灌溉工程设计洪水需求选择用设计暴雨途径间接推求设计洪水, 采用推理公式法和瞬时单位线法两种方法计算设计洪水, 较好地解决了工程区域缺少实测流量资料的难题, 为武穴市北灌溉工程项目的勘测设计提供重要基础, 也可为项目建成后制订运行管理方案提供参考。

### 参考文献

- [1] 黄成剑, 解阳阳, 刘赛艳, 等. 基于多目标均衡优化的设计洪水推求方法[J]. 水资源与水工程学报, 2021, 32(6): 87-93. HUANG Chengjian, XIE Yangyang, LIU Saiyan, et al. Calculation of design floods based on multi-objective equilibrium optimization. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2021, 32(6): 87-93. (in Chinese)
- [2] 蓝羽栖, 胡义明, 梁忠民. 变化环境下由设计暴雨推求设计洪水方法研究[J]. 水电能源科学, 2020, 38(1): 13-16. LAN Yuxi, XIE Yiming and LIANG Zhongmin. Study on the method of deducting design flood from design rainstorm under changing environment. Water Resources and Power, 2020, 38(1): 13-16. (in Chinese)



- [3] 郭生练, 刘章君, 熊立华. 设计洪水计算方法研究进展与评价[J]. 水利学报, 2016, 47(3): 302-314.  
GUO Shenglian, LIU Zhangjun and XIONG Lihua. Advances and assessment on design flood estimation methods. Journal of Hydraulic Engineering, 2016, 47(3): 302-314. (in Chinese)
- [4] 郝曼秋, 常虹, 陈高林, 等. 滨海山丘区城市小流域设计洪水计算方法研究[J]. 水资源与水工程学报, 2015, 26(5): 109-113.  
HAO Manqiu, CHANG Hong, CHEN Gaolin, et al. Research on calculation method of design flood in small urbanization basin of coastal mountainous area. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2015, 26(5): 109-113. (in Chinese)
- [5] 张玮. 山东省玉符河流域设计洪水推算研究[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(S1): 167-171.  
ZHANG Wei. Research on design flood calculation of Yufu River basin in Shandong Province. China Flood & Drought Management, 2022, 32(S1): 167-171. (in Chinese)
- [6] 刘浩然. 凌海灌区小凌河径流特征及设计洪水确定[J]. 河南水利与南水北调, 2022, 51(6): 30-31.  
LIU Haoran. Runoff characteristics and design flood determination of Xiaoling River in Linghai Irrigation Area. Henan Water Resource and South-to-North Water Diversion, 2022, 51(6): 30-31. (in Chinese)
- [7] 李悦, 范正行, 叶绪纲. 新疆叶尔羌河米斯克尼水电站坝址设计洪水计算方法探讨[J]. 水利水电快报, 2015, 36(4): 49-50+53.  
LI Yue, FAN Zhengxing and YE Xugang. Discussion on the design flood calculation method for the dam-site of the Miskani Hydropower Station on the Yarkant River in Xinjiang. Express Water Resources and Hydropower Information, 2015, 36(4): 49-50+53. (in Chinese)
- [8] 李增国, 张楠, 张振杰, 等. 无资料小流域水库设计洪水计算方法分析[J]. 水利水电快报, 2020, 41(5): 24-27.  
LI Zengguo, ZHANG Nan, ZHANG Zhenjie, et al. Analysis of design flood calculation method of small watershed reservoir without data. Express Water Resources and Hydropower Information, 2020, 41(5): 24-27. (in Chinese)
- [9] 朱婷. 广州市白坭河流域设计洪水分析[J]. 水利水电快报, 2022, 43(7): 33-37.  
ZHU Ting. Calculation of design flood for Baini River basin, Guangzhou City. Express Water Resources and Hydropower Information, 2022, 43(7): 33-37. (in Chinese)
- [10] 刘春果, 喻海军, 吴滨滨, 等. 推理公式法在复杂丘陵地貌设计洪水计算中的适用性分析[J]. 水电能源科学, 2023, 41(3): 57-60.  
LIU Chunguo, YU Haijun, WU Binbin, et al. Applicability analysis of reasoning formula method in design flood calculation of complex hilly landform. Water Resources and Power, 2023, 41(3): 57-60. (in Chinese)
- [11] 姜姗姗, 郑永路. 无实测资料地区设计洪水计算分析——以隰县昕水河流域为例[J]. 水利水电工程设计, 2022, 41(1): 17-19.  
JIANG Shanshan, ZHENG Yonglu. Calculation and analysis of design flood in areas without measured data—Taking the Xinsui River basin in Xi County as an example. Design of Water Resources & Hydroelectric Engineering, 2022, 41(1): 17-19. (in Chinese)
- [12] 雷亚娇. 基于推理公式法的某流域防洪设计流量计算研究[J]. 地下水, 2023, 45(1): 214-215+269.  
LEI Yajiao. Research on calculation of flood control design flow in a certain basin based on inference formula method. Ground Water, 2023, 45(1): 214-215+269. (in Chinese)
- [13] 王煌, 翟丽妮, 关洪林. 瞬时单位线法在湖北省山洪灾害分析评价中的应用及探索[J]. 中国农村水利水电, 2020(9): 148-151.  
WANG Huang, ZHAI Lini and GUAN Honglin. Application and exploration of instantaneous unit line method in mountain flood disaster analysis and evaluation in Hubei Province. China Rural Water and Hydropower, 2020(9): 148-151. (in Chinese)
- [14] 宋建桥, 郭培盛. 湖北武穴市山洪灾害防治非工程措施项目建设做法及问题思考[J]. 中国防汛抗旱, 2012, 22(6): 31-33.  
SONG Jianqiao, GUO Peisheng. Construction practice and problem reflection on non-engineering measures for mountain flood disaster prevention and control in Wuxue City, Hubei Province. China Flood & Drought Management, 2012, 22(6): 31-33. (in Chinese)
- [15] 李龙绪, 查敏. 关于进一步完善和改造武穴市“三湖”地区排涝系统的思考[J]. 水利建设与管理, 2017, 37(4): 65-67+77.  
LI Longxu, ZHA Min. Construction practice and problem reflection on non-engineering measures for mountain flood disaster prevention and control in Wuxue City, Hubei Province. Water Conservancy Construction and Management, 2017, 37(4): 65-67+77. (in Chinese)