

新疆新和县北山防洪项目1号洪沟设计洪水分析计算

何向东

新疆阿克苏水文勘测中心, 新疆 阿克苏

收稿日期: 2025年9月5日; 录用日期: 2025年10月15日; 发布日期: 2025年10月27日

摘 要

本文聚焦于新疆新和县北山防洪项目1号洪沟项目的设计洪水计算, 在无实测洪水数据的情况下, 系统用洪峰模数法、推理公式法、经验公式法和调蓄经验单位线法等多种水文分析方法进行设计洪水计算。详细阐述各方法的原理、优缺点, 并对计算结果进行深入对比分析。研究表明, 推理公式法在小流域设计洪水计算中展现出较高的可靠性和安全性, 适合作为无实测资料地区的推荐方法, 为类似地区的防洪工程设计提供了科学依据。

关键词

新和县, 设计洪水, 计算评价

Design Flood Analysis and Calculation for No. 1 Flood Ditch of Beishan Flood Control Project in Xinhe County, Xinjiang

Xiangdong He

Xinjiang Aksu Hydrological Survey Center, Aksu Xinjiang

Received: Sep. 5th, 2025; accepted: Oct. 15th, 2025; published: Oct. 27th, 2025

Abstract

This paper focuses on the design flood calculation for the No. 1 flood ditch of the Beishan Flood Control Project in Xinhe County, Xinjiang. In the absence of measured flood data, multiple hydrological analysis methods were systematically used, including the peak modulus method, rational formula

method, empirical formula method, and storage-based empirical unit hydrograph method. The principles, advantages, and disadvantages of each method are elaborated, and the calculation results are compared and analyzed in depth. The study shows that the rational formula method exhibits high reliability and safety in design flood calculation for small watersheds, making it suitable as a recommended method for areas lacking measured data, providing a scientific basis for flood control project design in similar regions.

Keywords

Xinhe County, Design Flood, Calculation and Evaluation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

随着我国经济的快速发展和基础设施建设的不断推进,水利工程、城市排水系统等防洪相关工程的规划与设计显得尤为重要。而设计洪水作为估算洪水的基础,其准确计算对于保障工程的安全性和经济性起着关键作用,其结果直接影响到防洪工程的规模、投资和运行效果[1]。准确的设计洪水计算能够确保防洪工程在遭遇设计洪水时具备足够的抗洪能力,保障人民生命财产安全和社会经济的稳定发展。

新和北山防洪项目 1 号洪沟位于新和县西北侧,场区北侧天山支脉却勒塔格山的暴雨型坡面径流成为了主要的洪水来源。由于该区域缺乏实测洪水数据,这就给设计洪水的计算带来了很大的挑战。因此,深入研究适合该地区的设计洪水计算方法具有重要的现实意义。对于北山防洪项目而言,合理的设计洪水计算有助于优化工程设计方案,避免因设计标准过高导致的投资浪费,或因设计标准过低而引发的工程安全隐患。通过对比不同的设计洪水计算方法,分析其优缺点和适用性,可以为类似无资料地区的设计洪水计算提供科学的参考和借鉴,推动水文水资源领域在特殊地区的研究和发展[2]。

2. 研究区域与数据

2.1. 自然地理概况

新疆新和县地处特殊的地理位置,位于天山南麓,塔里木盆地北缘,项目区属于渭干河流域,该地区属于大陆性暖温带干旱气候,降水具有明显的特点,整体降水量稀少,但降水过程集中,暴雨型洪水频发。该地区属于大陆性暖温带干旱气候,气候条件较为特殊。多年平均降水量仅为 66.5 mm,降水稀少是其显著特点之一。而且降水时间分布极为不均,主要集中在 5~9 月。这种降水集中的特点导致暴雨发生的概率相对较高,且暴雨强度较大,容易引发洪水灾害。本文所列计算区 1 号洪沟集水面积 23.84 km²,沟道长度 14 Km,沟通比降 0.024。项目区位置见图 1。

2.2. 数据来源

本文采用了黑孜水库(二)站 1992~2024 年连续 33 年的实测日降水资料,通过对这些数据的统计和分析,了解到该地区降水的年际变化、年内分配以及暴雨发生的频率和强度等信息。同时收集卡拉苏水文站 1959~2024 年的洪峰流量系列数据用于分析该地区洪水的发生规律和特征,为设计洪水计算提供参考,通过与项目区的地形地貌和气候条件相结合,可以更好地理解洪水的形成机制和汇流过程。《新疆维吾尔自治区

尔自治区可能最大暴雨图集》为研究提供了重要的暴雨参数和雨型信息。该图集是基于大量的历史数据和研究成果编制而成的，其中包含了新疆不同地区的暴雨特征参数，如设计雨力、暴雨递减指数等。

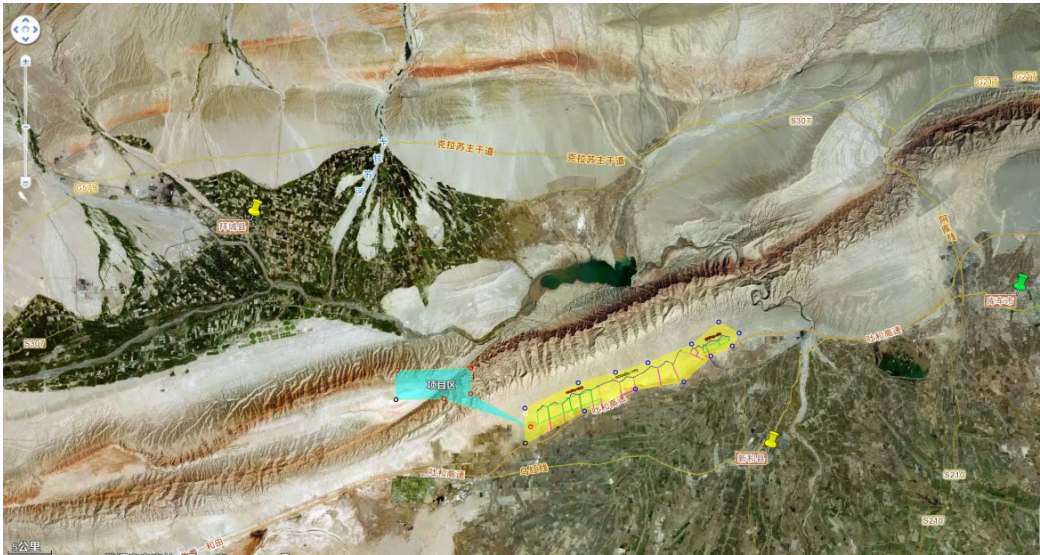


Figure 1. Location map of the project area
图 1. 项目区位置图

3. 计算方法

3.1. 洪峰模数法

洪峰模数法是一种基于区域相似性原理的设计洪水计算方法。其基本思想是通过参证站的洪峰模数，将其移用至设计流域。参证站通常是指与设计流域在地理位置、气候条件、地形地貌等方面具有相似性的水文站。在假设设计流域和参证站具有相似的洪水形成机制和汇流特性的前提下，利用参证站的洪峰模数来估算设计流域的洪峰流量。

其计算公式为：

$$Q_p = M_{mp} \times F_c$$

其中， Q_p 为设计洪峰流量， M_{mp} 为参证站设计洪峰模数， F_c 为集水面积。

首先，收集参证站的实测洪水资料，包括洪峰流量和集水面积等信息。

根据参证站的洪水资料，计算不同频率下的洪峰模数，将参证站相应频率的洪峰模数乘以设计流域的集水面积，得到设计流域的设计洪峰流量。

该方法的优点在于计算过程相对简单，不需要复杂的数学模型和大量的参数。对于一些缺乏详细资料的地区，尤其是当能够找到合适的参证站时，洪峰模数法可以快速估算出设计洪峰流量，为工程设计提供初步的参考。缺点是该方法高度依赖参证站的代表性，如果参证站与设计流域在地形地貌、下垫面条件、气候特征等方面存在较大差异，那么移用的洪峰模数可能会与实际情况产生较大偏差，导致计算结果不准确。此外，该方法没有充分考虑设计流域自身的特性，对于一些特殊的地形和气候条件适应性较差。

3.2. 推理公式法

推理公式法是基于暴雨 - 产流 - 汇流过程的物理机制建立起来的一种设计洪水计算方法[2]。它综合

考虑了暴雨的时空分布、流域的产流特性和汇流特性，通过数学公式来描述洪水的形成过程。该方法认为，设计洪峰流量是由设计洪水在流域上产生的净雨，经过坡面和河网汇流而形成的。

推理公式法的公式为：

$$Q_m = 0.278 \times (\tau m S_p - \mu) \times F \quad (\text{当 } t_c \geq \tau)$$

$$Q_m = \tau 0.278 \times n \times S_p \times t_{cn} - 1 \times F \quad (\text{当 } t_c < \tau)$$

其中， S_p 为设计雨力， τ 为汇流时间， μ 为稳渗率， n 为暴雨递减指数， t_c 为产流历时， F 为集水面积。

确定设计流域的基本参数，包括集水面积、河道比降、流域长度等。根据气象资料和相关图集，确定设计雨力和暴雨递减指数。估算稳渗率和汇流参数。稳渗率可以通过试验或经验公式确定，汇流参数则需要根据流域的地形地貌和汇流特性进行分析。计算产流历时和汇流时间。根据产流历时和汇流时间的大小关系，选择合适的公式计算设计洪峰流量。

推理公式法的优点在于其物理机制明确，能够综合考虑暴雨的时空分布和流域的产汇流特性。该方法通过合理确定参数，可以较好地模拟不同流域的洪水形成过程，适用于各种规模的小流域。同时，该方法的参数可以通过实测资料或经验公式进行量化，具有一定的可操作性和可靠性。推理公式法也存在一些不足之处。该方法中的一些参数，如稳渗率和汇流参数，往往需要通过经验确定，缺乏明确的物理意义和实测数据的支持。这些参数的取值对计算结果影响较大，如果取值不准确，可能会导致计算结果出现较大偏差。此外，该方法对数据的依赖性较强，需要有一定的气象和水文资料作为基础。

3.3. 经验公式法

经验公式法是基于大量的实测数据和统计分析，建立起洪峰流量与流域参数之间的经验关系[2]。这些流域参数通常包括流域面积、河道比降、流域形状系数、多年平均最大一日降水量等。通过对不同地区的实测洪水数据进行回归分析，得到适用于该地区的经验公式。以新疆南疆经验公式为例：

$$Q_m = 0.424 \times A^{0.5} \times J^{0.1} \times f^{0.09} \times P_m^{0.6}$$

其中， A 为流域面积， J 为河道比降， f 为流域形状系数， P_m 为多年平均最大一日降水量。

通过收集设计流域的相关参数，包括流域面积、河道比降、流域形状系数和多年平均最大一日降水量等。计算得到设计洪峰流量。

经验公式法的优点是计算简便，不需要复杂的理论和模型。该方法可以快速估算出设计洪峰流量，适用于初步规划和设计阶段。同时，经验公式是基于大量的实测数据统计得到的，在一定程度上反映了该地区的洪水特征。经验公式法的局限性在于其经验参数的适用范围有限。不同地区的气候、地形和下垫面条件差异较大，一个地区的经验公式可能不适用于其他地区。此外，经验公式没有考虑洪水形成的物理过程，只是一种统计关系，对于一些特殊情况的适应性较差。

3.4. 调蓄经验单位线法

调蓄经验单位线法是一种用于推求洪水过程线的方法[2]。它基于单位线的原理，通过产流时间、净雨强度和调蓄参数来模拟洪水的形成和演进过程。单位线是指在给定的流域上，单位时段内均匀分布的单位净雨在流域出口断面所形成的地面径流过程线。调蓄经验单位线法则是在单位线的基础上，考虑了流域的调蓄作用，对单位线进行修正。调蓄经验单位线法的计算步骤相对复杂，主要包括以下几个方面：

计算产流时间 t_c 和净雨强度 $i_{\text{净}}$ 。产流时间可以通过降雨过程和下渗曲线来确定，净雨强度则是扣除损失后的降雨强度。确定调蓄参数 T_0 和时段单位线公比 b 。这些参数通常需要根据流域的地形地貌、土壤类型和植被覆盖等因素，通过经验或试验确定。根据调蓄参数和净雨过程，推求时段单位线。将各时段的净雨乘以相应的时段单位线纵坐标，然后叠加得到洪水过程线。

调蓄经验单位线法的优点是能够考虑洪水过程的时空分布，提供较为详细的洪水信息。该方法对于分析洪水的演进过程和水库的调洪计算具有重要意义。同时，该方法在一定程度上考虑了流域的调蓄作用，能够更准确地模拟洪水的实际情况。缺点是参数的确定较为困难，这些参数往往依赖于区域经验，缺乏明确的物理意义和实测数据的支持。对于小流域而言，该方法的参数精度可能不足，导致模拟结果与实际情况存在较大偏差。此外，该方法的计算过程相对复杂，需要较多的时间和精力。

3.5. 结果对比与分析

采用洪峰模数法、推理公式法、经验公式法和调蓄经验单位线法四种方法对北山防洪项目 1 号洪沟项目所在流域的设计洪水进行计算，得到不同频率下的设计洪峰流量和洪水过程线。计算结果如表 1 所示。

Table 1. Comparison of design peak flow results for flood control channel (unit: m³/s)

表 1. 防洪渠设计洪峰流量成果对比表(单位: m³/s)

计算方法	P = 20%	P = 10%	P = 5%	P = 3.3%	P = 2%	P = 1%
推理公式	8.2	12.4	17.2	20.1	23.9	29.5
经验公式	9.2	11.3	13.3	14.5	15.9	17.7
调蓄经验单位线	6.4	9.2	12.1	14	16.5	20.1
洪峰模数法	5.1	8.7	13	15.6	19.4	24.4

从表中可以看出，不同方法计算得到的设计洪峰流量存在一定的差异。其中，洪峰模数法计算结果普遍偏小，这是因为参证站(卡拉苏站)与设计流域在地形地貌、下垫面条件等方面存在较大差异，导致移用的洪峰模数不能准确反映设计流域的实际情况。推理公式法计算结果相对较大，偏于安全，这与研究区坡度陡峭(沟道比降达 0.024)、植被稀疏、土壤入渗能力差等地理特征密切相关。这些条件导致地表径流汇流速度快，净雨损失小，洪峰形成迅速且量值较大，推理公式法通过暴雨强度、汇流时间和稳渗率等参数较好地捕捉了这些物理过程，因此结果更符合实际洪水特性，综合考虑了暴雨的时空分布和流域的产汇流特性，更符合小流域汇流快、洪峰高的特点。经验公式法计算结果介于洪峰模数法与推理公式法之间，但其结果受到经验参数的影响较大。调蓄经验单位线法计算结果最小，该方法适用于较大流域或调蓄作用明显的区域，而本研究区为小流域(23.84 km²)，汇流时间短、调蓄能力弱，因此该方法会系统性低估洪峰。

洪峰模数法在区域相似性高的流域具有一定参考价值，但对平原区小流域适应性差，在未考虑下垫面差异性的情况下，导致结果偏差较大。

推理公式法通过暴雨递减指数 n 和汇流参数 m 量化时空差异，结果与小流域洪水特性吻合。建议结合无人机遥感数据精细化估算河道糙率和汇流路径。

经验公式法适用于初步规划阶段快速估算，但经验参数缺乏物理依据。需积累本地区 30 年以上实测洪水数据以修正公式参数[3]。

调蓄经验单位线法对新疆干旱区大流域适用性较好，但对小流域洪峰低估达 40%， T_0 值与实际汇流时间偏差显著，需本地化修正。

4. 推荐方法与工程应用

基于综合对比计算成果，推理公式法为最优选择，具体理由为物理机制明确：通过 S_p 、 τ 、 μ 等参数量化暴雨 - 产流 - 汇流过程，符合水文物理规律。计算结果较调蓄经验单位线法偏大，满足防洪工程“安

全第一”原则。暴雨参数可通过《新疆暴雨图集》和黑孜站实测数据交叉验证,降低不确定性。推理公式法在北山防洪项目 1 号洪沟项目中表现最优,其洪峰流量较调蓄经验单位线法平均偏大,更符合小流域洪水特性。本研究结论主要适用于干旱半干旱区,集水面积较小(本文所用面积小于 30 km²、沟道比降大于 0.02)的小流域。该类区域通常具有暴雨集中、下垫面入渗能力低、汇流时间短等特点。推理公式法在此类条件下具有较强的适用性和推广价值,可为类似无资料地区防洪工程设计提供可靠依据。

参考文献

- [1] 新疆维吾尔自治区水利厅. 新疆暴雨洪水图集[Z]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2015.
- [2] 陈家琦, 张恭肃. 小流域暴雨洪水计算手册[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
- [3] 长委水文局. SL44-2006 水利水电工程设计洪水计算规范[S]. 北京: 中国水利出版社, 2006.