

柬埔寨 10 号公路改建工程桥梁水文计算研究

Hydrologic Calculation of the Bridge of Cambodia No.10 Highway Reconstruction Project

杜宇飞¹ 杜一丛²

Yufei Du¹ Yicong Du²

1. 北京中咨华安交通科技发展有限公司 中国·北京 100098

2. 北京交通运输职业学院 中国·北京 100098

1. Beijing Zhongzi Hua'an Transportation Technology Development Co., Ltd., Beijing, 100098, China

2. Beijing Vocational Transportation College, Beijing, 100098, China

摘要: 计算设计流量在确定桥梁跨径和规模过程中有非常重要的作用。本项目所处地区为柬埔寨西南部,当地缺乏水文计算规范和计算公式,也无任何观测站和气象记录。在此背景下,论文以中国的水文计算方法为理论参考,探究了柬埔寨 10 号公路改建工程水文计算的方案。通过调查气候和地貌特点,参照中国两广地区的水文数据,运用中国常用的暴雨推理法和经验公式法进行计算,之后进行当地走访的数据调查,进行形态调查法的计算验证,最终进行数据对比分析,得出结论,在无可参考数据的情况下,水文计算和设计流量该如何确定。

Abstract: Calculation of design discharge plays a very important role in determining bridge span and scale. The project is located in the southwest of Cambodia, where there is no hydrological calculation specification and formula. No observation station and no meteorological record. In this context, this paper takes the hydrological calculation method in China as a theoretical reference, and explores the hydrological calculation scheme of the reconstruction project of No.10 Highway in Cambodia. By investigating the climate and geomorphic characteristics, referring to the hydrological data of Guangxi region in China, the storm inference method and empirical formula method commonly used in China are used for calculation, and then the data of local visits are investigated, the calculation and verification of morphological survey method are carried out, and finally the data comparison and analysis are carried out to draw a conclusion on how to determine the hydrological calculation and design flow in the absence of reference data.

关键词: 水文计算; 桥梁; 暴雨推理法; 形态调查法

Keywords: hydrologic calculation; bridges; rainstorm reasoning method; morphological survey method

DOI: 10.12346/etr.v4i10.7195

1 引言

桥梁设计过程中科学合理地进行桥涵水文计算对整个桥梁适用性和安全性起了非常重要的作用,水文计算包括形态断面、洪水水位、设计洪水流量、桥孔设计以及河床的冲刷深度等方面的计算^[1]。而水文计算结果本就充满着偶然性与概率偏差,外加项目所处地理位置缺乏观测数据作为水文计算的参考依据,而推理公式自身也存在假定性和概化性以及实际地形的复杂性、流域环境的未知性,使得水文计算过程还存在诸多问题,需要根据实际项目做个性化深入研究^[2,3]。

2 工程概况及背景

2.1 工程概况

柬埔寨 10 号公路位于柬埔寨西部的 Pursat 省和 Koh Kong 省,起点位于 Pursat 省 Veal Veang 县,路线向南至 K17+800 附近进入新建爬坡段,至 K34+000 与现有道路顺接,利用现有道路经过 Ou Saom 镇后,路线进入低山区,经 45+000 ~ K108+200 无人区路段,于 K108+200 附近与现有道路相交,利用现有道路铺设至终点,与 Koh Kong 省地方道路相交,全长约 127.574 km。本项目所在区域年降雨

【作者简介】杜宇飞(1989-),男,中国河北石家庄人,本科,工程师,从事桥梁设计与研究。

量大、降雨时间长，为了保证项目的安全，全线共新建桥梁 17 座、涵洞 323 道。

2.2 气候环境

项目所在区域属热带季风气候。季节分为雨季和旱季，每年 5 月至 11 月份为雨季，12 月至次年 4 月份为旱季。旱季干燥少雨，雨季则雨量充沛，占全年总降雨量的 80%。

项目所在地区雨季平均气温 29℃，旱季 29℃~39℃，最高平均气温 39℃，最低平均气温 17℃。

Pursat 省和 Koh Kong 省位于柬埔寨的西部，降雨受地形的影响。柬埔寨年降雨量分布图详见图 1、图 2。

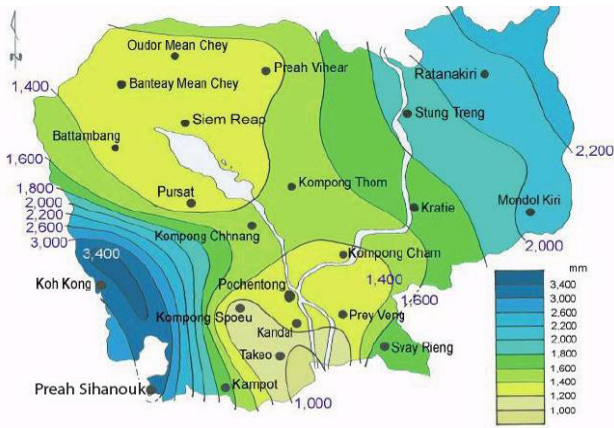


图 1 柬埔寨年平均降雨量分布图

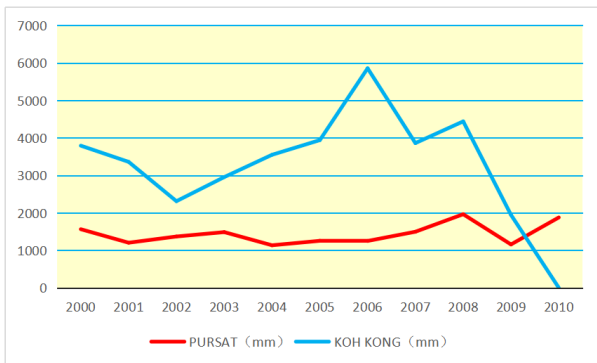


图 2 Pursat 和 Koh Kong 省历年降雨量

根据上述内容，在过去的 11 年中，Koh Kong 2006 年降雨量为历年最大，为 5856 mm，多年年平均降雨量为 3600 mm。

3 项目难点

本项目 K45~K108 属于无人区，该区域地势独特，沟壑众多，水系复杂，水文计算主要存在以下难点：

①项目所处位置为东南亚国家柬埔寨，由于历史、政治等综合因素，全国没有地形图，汇水面积无法绘制，无法为设计流量提供基础依据。

②柬埔寨经济较落后，建国时间较短，项目所在区域没有设立水文观测站，缺少水文观测数据，也没有任何可以参考的流量计算公式。

4 设计洪水流量计算

针对项目所处区域缺少地形图及计算公式的情况，笔者提出下载 NASA 高程数据，通过 Global Mapper 软件生成等高线，在此地形图上绘制汇水面积；使用中国规范中的暴雨推理法、经验公式法（这两种方法适用于无观测数据的情况）进行设计流量的计算。公式中的相关参数，通过地理位置及降雨量的类比，选用广东、广西壮族自治区的相关参数。然后通过走访当地居民，调查桥位处的最大历史洪水位，采用中国规范中的形态调查法，计算设计流量。最后将暴雨推理法、经验公式法、形态调查法的计算结果进行对比分析^[4,5]。

下文以 3~20 m 的中桥为例对水文计算方法进行探究。

4.1 暴雨推理法

由《公路涵洞设计规范》6.2 节公式计算：

$$Q_p = 0.278 \left(\frac{S_p}{\tau^n} - \mu \right) F$$

根据所研究区域的地理位置及地貌情况，按广西地区，查《公路涵洞设计规范》，得到参数：

Q_p ——设计流量（ m^3/s ）；

S_p ——设计雨力，查表得 $S_p=110$ （ mm/h ）；

τ —— 汇流时间，查表得 $\tau = k_3 \left(\frac{L}{I_z} \right)^{\alpha_1} = 0.56 \left(\frac{15.1}{\sqrt{7.54}} \right)^{0.306} = 0.943$ （h）；

n ——暴雨递减指数，查表得 $n=0.425$ ；

F ——汇水面积（ $56.7 km^2$ ）

μ ——损失参数，查表得 $\mu = k_1 S_p^{\beta_1} = 0.32 * 110^{0.915} = 23.6$ （ mm/h ）；

4.2 经验公式 1

由《桥位设计》全国水文分区经验公式（1）计算：

$$Q_p = \bar{Q} (1 + C_v \Phi_p)$$

$$\bar{Q} = CF^n$$

根据所研究区域的地理位置及地貌情况，按全国分区中的第 69 分区，查《桥位设计》，得到参数：

Q_p ——设计流量（ m^3/s ）；

\bar{Q} ——平均流量（ m^3/s ）；

C ——系数，查表的 $C=13.51$ ；

n ——地区指数，查表的 $n=0.6$ ；

F ——汇水面积， $F=56.7 km^2$ ；

C_v ——变差系数，查表的 $C_v=0.85$ ；

Φ_p ——离均系数，查表得 $\Phi_p=3.59$ 。

$$Q_p = 13.51 * 56.7^{0.6} (1 + 0.85 * 3.59) = 617 m^3/s$$

4.3 经验公式 2

由《桥位设计》全国水文分区经验公式（2）计算：

$$Q_p = KF^{n_1}$$

根据所研究区域的地理位置及地貌情况，按69分区，查《桥位设计》，得到参数：

- Q_p ——设计流量 (m³/s)；
- K——系数，查表的K=78；
- n_1 ——地区指数，查表的=0.5；
- F——汇水面积，F=56.7；

$$Q_p = 78 * 56.7^{0.5} = 587 \text{m}^3/\text{s}$$

4.4 形态调查法

通过走访当地居民（年龄在35岁），该桥位2003年的洪水水位最大为477m（施工图独立坐标系见图3），调查洪水位的频率为 $\frac{1}{35+1} = \frac{1}{36}$ 。

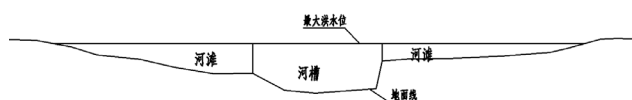


图3 施工图独立坐标系

由《公路工程水文勘察设计规范》6.4节公式计算：

$$V_c = \frac{1}{n_c} R_c^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$V_t = \frac{1}{n_t} R_t^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = A_c V_c + A_t V_t$$

根据所研究区域的地址位置及地貌情况，按广西地区，查《公路涵洞设计规范》，得到参数：

- Q ——历史洪水流量 (m³/s)；
- R_c 、 R_v ——河槽、河滩水力半径 (m)，由《公路小桥涵设计示例》得 $R = \frac{A}{\rho}$ [1]，A是过水面积，是湿周；
- n_c 、 n_v ——河槽、河滩糙率，查《公路小桥涵设计示例》得， $n_c = n_v = 0.025$ ；
- I ——水面比降。

$$Q = 94.1 * \frac{1}{0.025} * \left(\frac{94.1}{26.0}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.001^{\frac{1}{2}} + 60.4 * \frac{1}{0.025} * \left(\frac{60.4}{29.6}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.001^{\frac{1}{2}} + 39.4 * \frac{1}{0.025} * \left(\frac{39.4}{28.3}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.001^{\frac{1}{2}} = 466 \text{m}^3/\text{s}$$

按69分区，查《桥位设计》，得到 $C_v = 0.85$, $\frac{C_s}{C_v} = 3$ ，历史洪水频率为1/36，内插得 $\Phi_t = 3.35$ ；

由《公路工程水文勘察设计规范》公式6.3.3：

$$\bar{Q} = \frac{Q}{1 + \Phi_t C_v} = \frac{466}{1 + 3.35 * 0.85} = 121.1 \text{m}^3/\text{s}$$

按69分区，查《桥位设计》，得到 $C_v = 0.85$, $\frac{C_s}{C_v} = 3$ ，设计洪水频率为1/50， $\Phi_p = 3.59$ ；

由《公路工程水文勘察设计规范》公式6.2.6：

$$Q_p = \bar{Q}(1 + C_v \Phi_p) = 121.1 * (1 + 0.85 * 3.59) = 491 \text{m}^3/\text{s}$$

结果对比及分析见表1。

表1 计算结果分析比较

计算方法	设计计算流量 (m ³ /s)	对比分析
暴雨推理法	1406	计算结果偏差太大，无法直接采用
经验公式法1	617	计算结果偏大，洪水位无法调查时，可作为参考结果
经验公式法2	587	计算结果偏大，洪水位无法调查时，可作为计算结果
形态调查法	491	有外业调查依据，与实际较为接近，可作为最终计算结果

5 结语

经过以上调查与研究，发现中国的暴雨推理公式及经验公式与该项目的适用匹配性并不高。柬埔寨山区地势独特，流域复杂，而当地又缺少相应的经验公式、缺少水文观测资料，为了保证桥梁的安全性以及项目的经济性，在没有水文基础数据的情况下，设计流量计算方法应以有实地调查数据的形态调查法为主。

参考文献

[1] 杜江宇.公路桥涵水文计算方法探讨[J].产业与科技论坛,2012,

11(6):93-94.

[2] 翟国静.小桥涵水文分析计算中推理公式的应用研究[J].河北水利电力学院学报,2018(3):17-23.
 [3] 秦晓燕,王雪松,王艳军.山区高速公路小桥涵水文计算的优化设计[J].城市道桥与防洪,2018(6):98-101+370.
 [4] 王宏民.偏远山区桥涵水文计算方法探讨[J].山东交通科技,2018(2):120-122.
 [5] 张连河.酒额铁路桥涵水文计算及验证[J].甘肃科技纵横,2020,49(4):64-67.