

在水情测报系统中运用网格法求取面平均雨量

张 茜 钧， 聂 家 兵

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 都江堰 611830)

摘 要:柬埔寨甘再水电站位于热带季风气候区,洪水主要是由暴雨形成。坝址以上流域为山地峡谷带,河道坡度大,产汇流时间快,洪水过程呈现出陡涨陡落、洪峰流量大、历时较短等特点。因此,组建水情测报系统,开发洪水预报软件在电站防洪度汛和科学调度方面都起着关键性的作用。面平均雨量作为洪水预报软件的重要输入因子,其关乎洪水软件预报系统的结论是否准确,但遥测雨量站由于信号传输等原因,给降雨的采集造成了一定的困难。因此本文介绍了网格法求取流域面平均雨量。

关键词:热带季风;水情测报系统;面平均雨量;洪水预报;网格雨量法

中图分类号:C814;TV697.1+1;S165+.3 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)03-0081-03

Application of Grid Method for Surface Average Precipitation Calculation in Hydrological Monitoring and Forecasting System

ZHANG Xijun, NIE Jiabing

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract: Cambodia's Kamchay Hydropower Station is located in the tropical monsoon climate zone where floods are mainly caused by heavy rains. The river basin upstream the dam site is a mountainous canyon zone with large slope, fast runoff yield, and the flood process shows the characteristics of steep rise and fall, large peak discharge and short duration. Therefore, the establishment of hydrological monitoring and forecasting system and the development of flood forecasting software play a key role in flood control and scientific dispatch of power stations. As an important input factor of flood forecasting software, surface average precipitation is related to the accuracy of the conclusion of flood forecasting software system. However, due to signal transmission and other reasons, it is difficult to collect rainfall at telemetering stations. Therefore, this paper introduces the grid method for calculating the average precipitation of river basin surface.

Key words: Tropical monsoon; hydrological monitoring and forecasting system; surface average precipitation; flood forecast; grid precipitation method

1 流域地理水文气象概述

Kamchay 河流域位于柬埔寨王国西南部的 Kampot 省,是一条典型的山区性河流,发源于 Bokor 高原附近的山谷,沿途纳入 Veal Tohm II 河与左支流 Malou Trieng,与 Kraphit 河汇合之后,流经 Kampot 镇后,注入泰国湾。从源头到 Kampong Bay 河汇合处,河流总长约为 77 km,流域面积 822 km²,河流的平均比降约为 2%。

流域内大部分地区覆盖着密集的热带雨林,在地势较低地区雨林遭到严重破坏,造成现在库区的植被主要由次级植被竹子组成。

Kamcha 河流域地处热带季风气候,分为雨季和旱季两个季节。在 Kamchay River 流域,大约 87%的降雨发生在 5~11 月的雨季。流域内上下游降水变化较大,在流域下游的 Kampot,多年平均年降水量为 1 910 mm;而在流域上游,多年平均年降水量可以高达 5 100 mm。

Kamcha 河流域地处热带季风区,洪水主要由暴雨形成,造成暴雨的主要天气系统多为热带气旋。甘再水库坝址以上流域为山地峡谷,河道坡度大,产汇流速度快,洪水过程呈现出陡涨陡落、历时较短等特点。

月平均温度变化在 25.0~28.4 ℃ 之间,平均温度 26.9 ℃。最高平均温度记录在 4 月(33 ℃),

收稿日期:2019-03-29

最低平均温度在 1 月(21.3 ℃),各月份之间的平均气温波动非常小(小于 3 ℃)。

月平均风速在 1.8~2.5 m/s 之间变化,夏季最大风速可达 25 m/s。

多年平均相对湿度为 80%左右。日蒸发量在 1.2~10 mm 之间变化,月平均蒸发量在 107~132 mm 之间变化,各月相差不大,多年平均蒸发量为 1 410 mm。

2 遥测站网的布置

甘再电站水情测报系统遥测站网组成为 1:17,即:1 个中心站,16 个遥测站,包括 8 个雨量站(符号为 R)、8 个水位站(符号为 H)、1 个气象站。各遥测站测量的数据最终通过 GPRS、北斗卫星数据传输系统的方式传输至监控室,中心站可以通过广域网浏览各遥测站的实时数据。

3 网格法计算方案研究

柬埔寨是东南亚水力发电领域比较落后的国家之一,缺少比较系统的流域水文资料,所以传统的面平均雨量计算方法很难得到推广。因此笔者提出实用型网格法,来进行遥测雨量站点雨量的点面关系转换。

3.1 流域网格的划分

为了计算的方便,我们将甘再河流域用标准的正方形网格 $m \times n$ 来划分。甘再河流域的网格大小按边长 1 km 进行绘制,这个要根据实际情况来定,网格太多虽然能提高精度,但计算量是按几何倍数增加的,会影响网格插值的分析计算速度。网格面要完全覆盖整个甘再河流域,规定流域最左下角的网格点坐标为: $x_{\min}, y_{\min}$,最右上角的网格点坐标为: $x_{\max}, y_{\max}$ 。则流域内的网格点 $H(i, j)$ 的坐标 (x_i, y_j) 按下式来表示:

$$\begin{aligned} x_i &= x_{\min} + (x_{\max} - x_{\min})(i - 1) / (m - 1) \\ i &= 1, 2, 3, \dots, m \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} y_j &= y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min})(j - 1) / (n - 1) \\ j &= 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned} \tag{2}$$

3.2 降雨影响半径的分析

主要采用交叉验证的方法,将遥测雨量站 $R_1 - R_8$ 作为一个研究组,假定每一个站点的降雨量都是未知的,全部用周围雨量站点进行插值估算,然后比较估算值和实测值的误差。利用多次降雨数据重复上诉过程,分析均方差等检验指标,最终确定相对合适的降雨影响半径。

3.2.1 确定搜索半径 r 和参证站数量 N

目前确定参证站的方法主要有两种方法:(1)固定参证站的数量,选择离待插值点最近的参证站进行插值计算;(2)选定合适的搜索半径,选择离待插值点距离小于搜索半径的参证站进行计算。结合项目遥测站的具体情况,决定综合采用上述两种方案。即,先用第一种方法试算,求得使插值点趋于稳定值的最小参证站数量;再用搜索半径试算求得趋于该插值点的稳定值时的最优搜索半径。

3.2.2 插值计算公式

主要采用反距离加权插值法,根据待插值点和参证站的距离不同,赋予不同的权重系数,来求得流域各网格点的具体插值。定义待插值点和参证站的距离为 $d, w = 1/d^2$ 。在运用时插值公式分以下具体情况:

(1)位于流域边界外面的待插值点

$$P(i, j) = 0 \tag{3}$$

(2)位于流域边界内的待插值点

以待插值点为圆心用合适的搜索半径 r 画圆,一般初始搜索半径采用降雨影响半径,求出位于搜索范围内的参证站点,并按照离待插值点的距离远近从小到大排序。例如: $d_1, d_2, \dots, d_n$ 。再具体分为三种情况:

①如果小于搜索半径十分之一范围内有参证站,则不再考虑其他参证站对该插值点的影响。

$$P(i, j) = P_a \tag{4}$$

式中 P_a 为距离插值点最近的参证站的降雨量。

②给定固定参证站的数量为 N ,如果搜索范围内的参证站数量大于 N 。那么,就选取距离待插值点最近的 N 个参证站的雨量来计算。公式如下:

$$P(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^N w_k p_k}{\sum_{k=1}^N w_k} \tag{5}$$

式中 w_k 为 k 参证站的距离平方的倒数; p_k 为 k 参证站的降雨量。

③如果搜索半径范围内参证站的数量小于 N ,则规定一个上限,继续增大搜索半径 r 。当搜索到的参证站数量大于等于 N 时,计算公式同(5),否则按下式计算:

$$P(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^n w_k p_k}{\sum_{k=1}^n w_k} \tag{6}$$

式中 n 为最终搜索到的参证站数量。

3.2.3 网格法参数优选

网格法的顺利进行需要优选的参数主要有：网格大小、搜索半径 r ，参证站的数量 N 。网格大小决定计算的时间和精度，根据项目实际情况选择。搜索半径 r 的大小直接关系到参证站的数量 N ，而参证站对插值结果有着决定性的作用。

笔者以甘再河流域为研究对象，运用交叉验证的方法，先分析降雨影响半径和参证站的数量对插值结果的影响，并且将降雨影响半径作为初始搜索半径进行反复试算，最后得到最优搜索半径。

3.2.4 流域分块面雨量计算方法

新安江模型是国内比较成熟的一款分散型水文预报模型，它是将全流域划分为许多单元块分别进行模拟产汇流计算。面雨量作为新安江模型的主要输入因子，对洪水预报产生决定性的影响。流域平均面雨量的大小和分布情况分别影响次洪洪量的大小和洪水过程线。传统的泰森多边形分块方法，在本项目遥测站数目过少的情况下，很难得到理想的结果。在地形图上仔细分别每个网格的地形和高差，确定汇流方向，并按顺序首尾连接形成流域汇流线路。最后得出比较理想的流域分块结果。各单元块的面平均雨量的求解方法是，先求单元块内各网格的面平均雨量，再求其算术平均值，即为流域单元块面平均雨量。网格平均雨量计算公式如下：

$$P_{\text{网格}} = \frac{\sum_{k=1}^n \omega_k p_k}{n}$$

(7)

式中 n 为各网格点处于流域单元块界内的角点

(上接第 80 页)

5 结 语

通过对老挝南湃水电站混凝土面板堆石坝 9 套电磁式沉降管(其中 5 套不带弯管,4 套存在弯管段)的施工,当前均已投入运行,弯管段电磁式沉降仪能顺利放入并采集数据,弯管段的施工工艺效果良好。

该工程采用弦长代替弧长的电磁式沉降管弯管施工工艺,很好地解决了电磁式沉降管弯管段的施工难题,避免了面板施工采集不到面板以下坝体沉降数据的情况。通过对 4 套弯管的施工,取得了很好的施工效果,为以后老挝南俄 3 水电站 200 多 m 高混凝土面板堆石坝等项目电磁式

数量($n=1,2,3,4$); P_k 为网格点角点的降雨量

4 结论和展望

水情测报系统是传统的水文测量向自动化过渡的标志,大大减轻了工作量,提高了工作效率。在当今水利水电工程项目兴起的时代,水情测报系统已经是项目不可分割的一部分。研究出合适的水文模型、辅以先进的计算公式、精密的仪器设备,是水情测报系统得以实施和发展的必要条件。

笔者以柬埔寨甘再河流域为研究对象,着重对网格法的计算方案以及网格大小、搜索半径、参证站数目进行研究。目前对于分散式洪水预报模型来说,实测水情信息的不足和不准确依然是应用于项目的最大障碍。在今后的工作中可进一步研究的方向有:开发更多合理的计算方法;将流域的地形、气候、降雨类型等因素考虑进去,等等,以形成更准确、更有代表性的预报模型。

参考文献：

[1]

杜迎燕.基于网格的面雨量实时计算方法研究[D].南京:河海大学研究生院,2006.6.

[2]

包为民.水文预报(第 4 版)[M].北京:中国水利水电出版社,2011.

[3]

詹道江,徐向阳,陈元芳.工程水文学(第 4 版)[M].北京:中国水利水电出版社,2012.

[4]

NB/T 35003—2013,水电工程水情自动测报系统技术规范[S].北京:中国电力出版社,2013.

作者简介：

张茜钧(1989-),男,四川成都人,工程师,学士,从事水利水电工程安全监测和水情自动测报系统设计运行工作;

聂家兵(1989-),男,四川富顺人,工程师,学士,从事水电工程技术及合同、工程造价管理工作。(责任编辑:卓政昌)

沉降管施工打下了良好的基础。

参考文献：

[1]

GB/T 21440.2《大坝监测仪器 沉降仪》[M].2008.

[2]

张秀丽,杨泽艳,水工设计手册(第 2 版)第 11 卷,水工安全监测[S].中国水利水电出版社.2013.

[3]

雷永琴.电磁沉降管施工技术应用[J].青海水力发电.2017.

[4]

陈念水等.电磁式沉降管在公伯峡面板堆石坝变形观测中的应用[J].监测技术.西北水电.2007 年第 4 期.

[5]

陈树联,黄燕妮,王康柱.电磁沉降管弯曲埋设装置[J].

作者简介：

李江华(1988-),男,河南南阳人,工程师,学士,从事安全监测工程施工技术与管理工;

肖仕进(1989-),男,贵州普安人,工程师,学士,从事安全监测工程施工技术与管理工。(责任编辑:卓政昌)