

## 基于 GIS 的石梁河水库洪水预报模型研究

王高旭<sup>1,2</sup>, 吴 巍<sup>1,2</sup>, 张大伟<sup>3</sup>, 王儒波<sup>3</sup>, 陈必平<sup>3</sup>, 陈 鸣<sup>1,2</sup>

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029; 3. 连云港市石梁河水库管理处, 江苏 连云港 222323)

**摘要:** 石梁河水库处于半湿润的暖温带季风气候区, 暴雨洪水时常发生。水库总库容 5.31 亿 m<sup>3</sup>, 是江苏省最大的人工水库, 承泄新沭河上游和沂河、沭河部分区间来水, 担负沂沭泗流域洪水调蓄任务。基于 GIS 构建洪水预报模型是将流域分成若干产、汇流单元, 可有效描述产、汇流模型结构中降雨、蒸发、流域蓄水容量等水文要素的空间分布及时间变化过程。本文介绍了 GIS 洪水预报模型架构, 石梁河水库流域及子流域生成、雨量站图层、土壤、土地利用等专题图层生成。阐述了新安江模型部分参数与土壤、植被覆盖、土地利用等图层的关系, 并用实测资料进一步调试了石梁河水库洪水预报模型参数, 合格率达 85.71%。

**关键词:** GIS; 石梁河水库; 洪水预报; 模型

中图分类号: TV124

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 08-0056-05

### Flood forecast model of Shilianghe reservoir based on GIS

WANG Gaoxu<sup>1,2</sup>, WU Wei<sup>1,2</sup>, ZHANG Dawei<sup>3</sup>, WANG Rubo<sup>3</sup>, CHEN Biping<sup>3</sup>, CHEN Ming<sup>1,2</sup>

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, Jiangsu;

2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210029,

Jiangsu; 3. Shilianghe Reservoir Management Department of Lianyungang City,

Lianyungang 222323, Jiangsu)

**Abstract:** The Shilianghe reservoir is in the semi-humid warm temperate monsoon climate zone, where often occurs rainstorm and flood. It is the largest artificial reservoir in Jiangsu Province, whose total reservoir capacity is 531 million m<sup>3</sup>, which is responsible for the flood storage of Yi-Shu-Si River basin. The flood forecasting model built based on GIS divided the basin into several runoff yield and concentration units, which could effectively describe the spatial distribution and temporal variation of hydrological elements such as rainfall, evaporation and storage capacity in the runoff yield and concentration model. The architecture of GIS flood forecasting model, the formation of thematic layers such as the ShiLiang River reservoir basin and sub-basin, rainfall station, soil, land use were introduced. The relationships between the parameters of Xin'anjiang model and soil, vegetation cover and land use were described. The parameters of flood forecasting model of Shilianghe reservoir were further debugged with the measured data, and the qualified rate was 85.71%.

**Key words:** GIS; Shilianghe reservoir; flood forecasting; model

收稿日期: 2017-05-08

基金项目: 江苏省水利科技项目 (2016046)

作者简介: 王高旭 (1979-), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向为水利信息化与水资源规划。

## 1 概况

石梁河水库位于新沭河干流中游, 苏鲁两省的赣榆、东海、临沭县三县交界处, 总库容  $5.31 \text{ 亿 m}^3$ , 是一座具有防洪、灌溉、供水、发电、水产养殖、旅游等综合功能的大型水库。水库集水面积  $5265 \text{ km}^2$ , 其中大官庄闸至水库区间  $915 \text{ km}^2$  来水全部汇入水库。水库承泄新沭河上游和沂河、沭河部分区间来水, 担负沂沭泗流域洪水调蓄任务。沂沭河洪水东调工程实施后, 将增加沂河部分洪水经分沂入沭水道和新沭河汇入水库<sup>[1-2]</sup>。最终进入石梁河水库洪水主要来自两部分: 一是大官庄闸的泄洪, 另一部分是大官庄闸~水库的区间产水。石梁河水库来水区域, 如图 1。

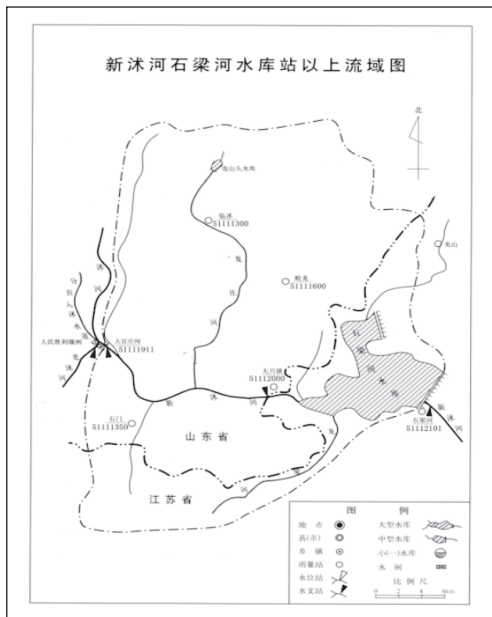


图 1 石梁河水库来水区域

水库洪水预报是避免或减少洪灾损失, 提高水资源利用率最直接和最有效的非工程措施之一。基于 GIS (地理信息系统) 的洪水预报优点在于充分考虑流域下垫面及降雨的空间分布不均匀性, 对流域产、汇流的影响, 进而提高实时洪水预报精度<sup>[3]</sup>。

## 2 GIS 洪水预报架构

GIS 是在计算机硬件和软件的支持下, 对具有空间内涵的地理数据进行科学管理和综合分析的技术。分布式水文模型认为流域各处的水力特性是非均匀分布的, 应将流域划分为若干个小单

元, 在考虑每个单元体内水流纵向运动的同时也考虑各小单元间的水量横向运动。GIS 的出现与发展为分布式水文模型的建立提供了强大的技术支撑。利用 GIS 对流域进行数字地形分析, 主要包括:

(1) 水系、流域生成。按自然河流的发育生成水系, 并确定河流的等级。直接发源于河源的小河为一级河流; 两个同级别的河流汇合而成高一级别的河流。子流域生成通过 DEM (数字高程模型) 中提取及河道临界支撑面积的交互计算分析确定。

(2) 确定水流流向。

(3) 提取降雨径流模型中涉地形的参数。基于 GIS 的石梁河水库洪水预报模型构建的主要思路是: 根据雨量站分布划分不同降雨分区。再根据流域植被、土壤和地形分布分别划分各分区图层, 叠加这些分区图层, 形成不同降雨、土壤、植被覆盖、地形的流域单元。在每个单元采用不同的水文模型参数, 输入相应雨量站的实测降雨计算产流量。比较相邻单元的高程确定水流流向将其径流演算到石梁河水库入库得到入库径流过程<sup>[4]</sup>。

模型的参数由地形、地貌数据结合实测历史洪水资料率定得到。基于 GIS 的石梁河水库洪水预报模型结构如图 2。

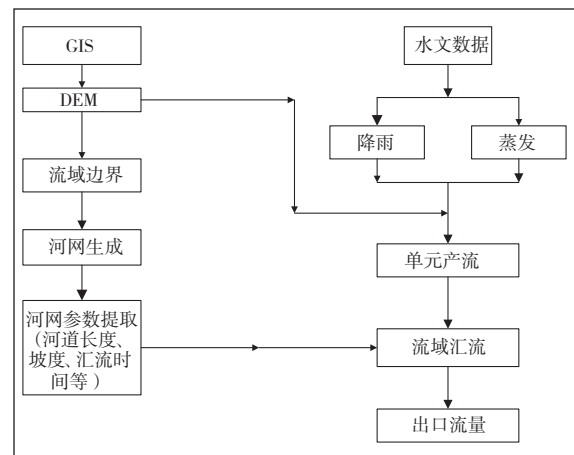


图 2 基于 GIS 的洪水预报结构

## 3 石梁河水库流域数字化处理

根据石梁河水库洪水预报模型要求, 应用 GIS 软件, 对流域进行了: DEM 预处理、河网的提取、水流方向的产生、流域界线的划定、专业地图(土地利用图、土壤图、地貌图等)数字处理。

(1) 流域及子流域生成。石梁河水库大坝作为流域出口沿新沭河、苍源河、龙梁河等河道生成流向、水流聚集、集水区和水系,勾画各流域、子流域边界。再选择子流域出口断面生成子流域,并与收集资料对比检查合理性,不断更正子流域出口断面位置,直到得出合理的子流域边界。最终提取出需要的水系、流域和地貌特征图层。对图层进行描述,赋予属性值。石梁河流域边界及子流域图层,如图3。

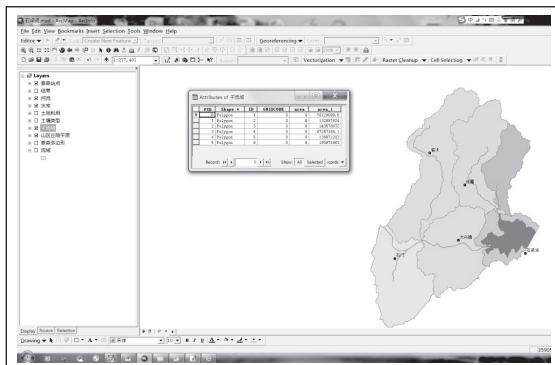


图3 石梁河水库流域及子流域边界

(2) 雨量站图层。水文模型的降雨输入来自于遥测雨量站的降雨数据。添加雨量站图层并应用创建 Thiessen 多边形,同时得各雨量站控制面积,如图4、表1。

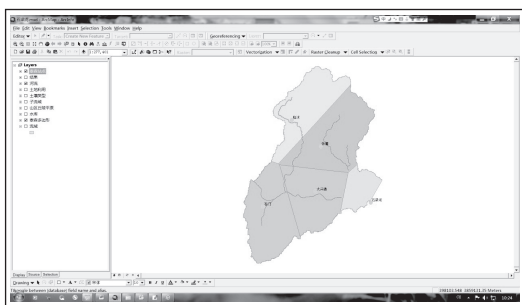


图4 石梁河水库流域各雨量站控制面积

表1 各雨量站控制面积及权重

站名	面积 (km <sup>2</sup> )	权重 (%)
临沂	240.85	7.78
张雁	190.41	6.15
大兴镇	111.47	3.60
石门	269	8.69
石梁河	139	4.49

(3) 专题图层。水文、地质、土壤分布等基础

数据是构建 GIS 水文模型的基础。这些图层各空间位置的属性直接与水文模型中的参数相联系。GIS 可以实现地图中的图形对象与基础数据库的关联。构建石梁河水库洪水预报模型中土壤类型分布、土地利用、地貌等专题图层。叠加上述图层,得综合计算单元图层,如图5、表2。

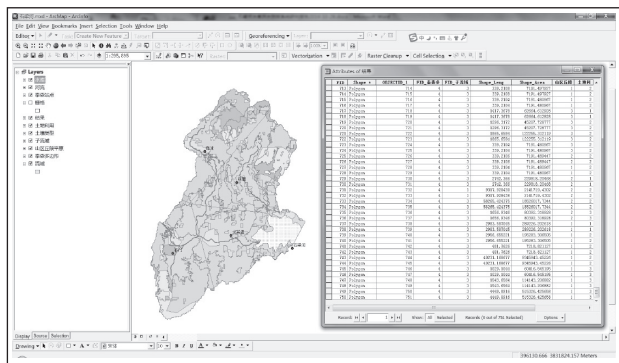


图5 石梁河流域综合图

表2 GIS 处理的石梁河水库流域图层

序号	层次名称	属性数据
1	流域水系及子流域	线、多边形
3	雨量站、水文站、水位站	点
4	土壤分布	多边形
5	土地利用	多边形
6	地貌	多边形

## 4 洪水预报模型参数率定

在 GIS 划分的各小单元上应用新安江模型来推求径流,再进行汇流域演算,最后求得流域出口的流量过程。模型中部分参数通过上述图层估算。

根据美国农业部水土保持局<sup>[5]</sup>、刘志雨(水利部水文局)<sup>[6]</sup>、毛维新等<sup>[7]</sup>的研究表明:蒸发系数与土壤类型关系,如表3。

表3 土壤类型与深层蒸发系数的关系

水文土壤分组	土壤类型	蒸发系数 (C)
A	砂土和砂质壤土	0.7-0.9
B	粉砂土和壤土	0.6-0.7
C	砂质松壤土	0.5-0.6
D	粘壤土和粘土	0.3-0.5

根据中国土壤数据库及郝伯瑾的研究<sup>[8]</sup>有各

土壤类型的土壤物理特性及下述率, 如表 4。洪水均为 20 年一遇(根据设计洪水计算, 洪峰流

表 4 各土壤类型的土壤物理特性

土壤类型	饱和含水量 (%)	田间持水量 (%)	凋萎系数 (%)	干容重 (g/cm <sup>3</sup> )	稳定下渗率 (m/s)
黄褐土	54.86	43.7	10.9	0.98	7.67E-06
粗骨土	47.3	38.2	10.7	1.07	9.66E-06
黄棕土	51.63	38.9	10.8	0.98	8.93E-06
石质土	44.74	35.8	9.4	1.26	1.13E-05
灰潮土	49.65	39.5	10.6	1.11	6.78E-06

据中国林业科学院网站对淮河流域的各种植被覆盖下的初始下渗率的统计, 对不同植被覆盖下的初渗率取值见表 5。

表 5 不同植被覆盖下的初渗率

覆盖种类	初渗率 (mm)
农田	2.5
森林、灌木林	12.6
荒草地	3.17
作物耕地	3.2
城镇用地	0

收集了 1992 ~ 2013 年间 14 场入库洪水过程资料及相应的区间降雨资料, 进行模拟调参及验证计算, 得模型参数。模拟计算洪水过程与实测洪水过程比较, 见图 6。

取 11 场洪水调参, 3 场洪水作为验证。14 场

量为: 5607 m<sup>3</sup>/s) 以下的中小洪水。收集到的资料中最大洪峰为 2000 年 8 月(编号: 2000-1)洪水, 洪峰为 2930 m<sup>3</sup>/s, 约为 5 年一遇洪水。可认为所收集资料的场次洪水, 大官庄闸未泄洪, 或泄洪量不大。调参、验证合格率见表 6。模拟调参计算的 11 场洪水中: 合格 9 场, 不合格 2 场, 验证 3 场洪水均合格, 即调参、验证 14 场洪水中共 12 场合格, 合格率 85.71%, 达到 GB/T 22482-2008《水文情报预报规范》的甲级标准, 如表 6。

5 结语

- (1)应用 GIS 技术将石梁河水库流域进行流域划分、水流方向确定等处理,构建洪水预报模型, 可适应植被、土壤等流域下垫面的分布不均匀。
- (2)通过 GIS 图层确定模型参数范围, 结合历史数据进行洪水模拟进一步调试模型参数可有效提高模型调参效率、提高洪水预报精度。
- (3)基于 GIS 的石梁河水库洪水预报模型开

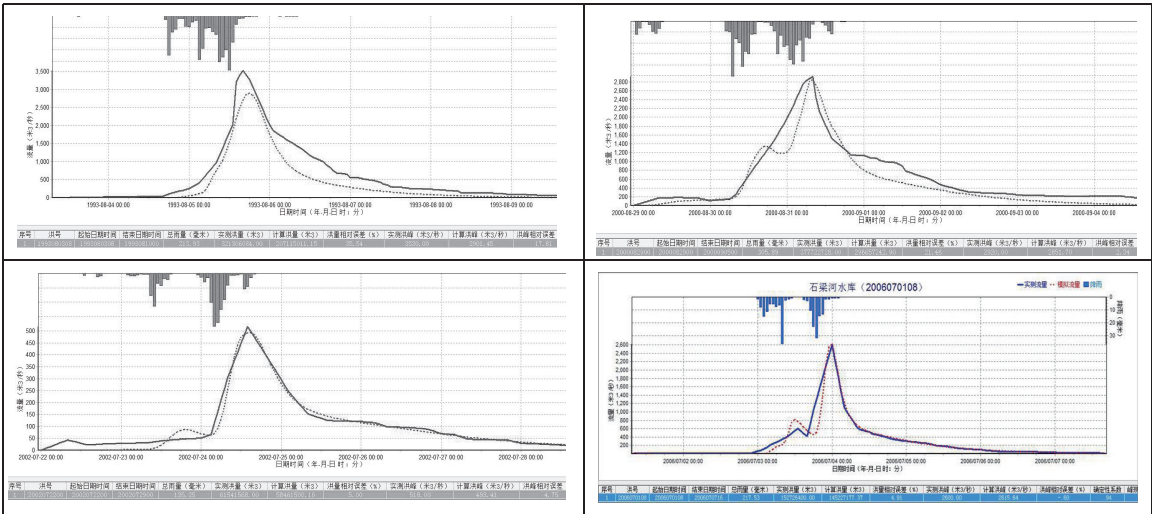


图 6 模型调参模拟结果



表 6 调参合格率

洪号	实测洪峰	计算洪峰	洪峰相对误差
调参			
1992_1	1140	937	-17.73
1993_1	3530	2901	-17.81
1994_1	734	472	-35.60
1995_1	1720	1920	11.68
1996_1	1202	1109	-7.73
2000_1	2930	2851	-2.67
2002_1	518	493	-4.75
2003_1	1860	1492	-19.78
2006_1	2600	2615	0.60
2007_1	2700	2375	-12.03
2011_1	1195	578	-51.63
验证			
2012_1	1340	1341	0.14
2012_2	2920	2873	-1.60
2013_1	2470	2706	9.58

发的洪水预报系统已安装于石梁河水库管理处。  
《系统》具有洪水预报、洪水调度等多种功能，直接服务于水库的洪水预报预警和防洪调度。

参考文献:

[1] 席志,舒飞,许祚卿,等.对发挥石梁河水库综合效益的思考[J].中国水利,2015,15: 61-62.

[2] 孙宗凤,宋海红.石梁河水库工程调度效益的发挥与思考[J].水利发展研究,2004,5: 44-47.

[3] 孙佳竹.基于分布式水文模型的中小河流洪水预报技术研究[J].中国水能及电气化,2016,12: 54-57.

[4] 赵宏臻,陈鸣,吴永祥,等.淮北平原分布式除涝水文模

型及应用[J].水资源保护,2014,30(7): 14-17.

[5] Bosznay M. Generalization of SCS curve number method[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1989, 155(1):139-144.

[6] 刘志雨,谢正辉.TOPKAPI模型的改进及其在淮河流域洪水模拟中的应用研究[J].水文,2003(12).

[7] 毛维新,李兰,武见,等.数字流域水文模拟在增江流域中的应用[J].中国农村水利水电,2005(5).

[8] 张建新,惠士博,谢森传.利用降雨入渗产流分析原理和 Nash 单位线汇流方法进行排涝模数计算研究[J].水文,2002(6).

(责任编辑: 华智睿)