

HEC-RAS 模型在惠济河开封段河道治理中的应用

冯琳伟¹, 高亮²

(1.河南省水利勘测设计研究有限公司, 河南 郑州 450016;

2.河南省地质矿产勘查开发局 第一地质环境调查院, 河南 郑州 450045)

摘要:以淮河流域的惠济河开封段为例,采用 HEC-RAS 模型分别模拟了 5 年一遇和 20 年一遇设计频率洪水下的演进过程,并可视化显示出水面线、流速、溃堤位置等信息。结果表明:该模型在分析计算平原地区河流水面线时有较好的适用性,为疏浚河道、防洪除涝、综合治理等项目提供参数。

关键词:开封市;惠济河;HEC-RAS 模型;可视化分析;河道治理

中图分类号:TV122.5

文献标识码:A

文章编号:1008-486X(2015)01-0001-05

0 引言

河道水力分析模型 HEC-RAS(The Hydrologic Engineering Center developed the River Analysis System,简称 HEC-RAS)是由美国陆军工程兵团水文工程中心开发的一个针对一维恒定和非恒定流的水面线计算软件包,适用于河道水力计算、泥沙沉积物迁移模拟和水温分析等。其基本原理为:一维恒定流分析控制方程采用能量方程,计算方法采用标准步推法;一维非恒定流分析控制方程采用能量方程式和动量方程式,离散方法采用隐式有限差分法,计算方法采用 Newton-Raphson 迭代法。该模型软件包括:图形界面、水力分析模块、资料存储和管理模块、图像和报告工具等。HEC-RAS 模型的最大优点是,所有模型都使用同一个几何数据,并且几何和水力计算路径也一致。因此,在计算基本水面线时,调用这些功能,可以节省工作量^[1]。本文以河南省开封市惠济河为研究对象,探讨了 HEC-RAS 模型在平原河道治理中的应用。

1 惠济河开封段河道概况

惠济河发源于开封市郊区的济梁闸,属淮河二级支流涡河水系,为豫东平原地区的一条主要防洪排涝骨干河道。本研究仅涉及惠济河开封段,包括开封市的杞县、兰考县、开封县等 3 县 17 个乡,河长 65.68 km。该流域内人口稠密、土地肥沃,为河南省粮食主产区之一^[2]。由于惠济河开封段存在防洪基础设施薄弱、河道淤积萎缩严重、治理投入不足等突出问题,致使中小河流洪涝灾害频发。因此,本工程

列入河南省淮河流域重点地区中小河流治理项目。

2 模型计算条件和步骤

2.1 计算条件

2.1.1 设计洪水标准

按照《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252-2000),根据堤防保护区重要性以及社会经济发展状况,惠济河干流为三级河道,治理范围内按 5 年一遇除涝、20 年一遇防洪标准^[3]。

2.1.2 设计洪峰流量

根据豫东平原地区排水河道的特征,设计洪水根据设计暴雨,通过产流,采用排涝模数公式进行计算,即

$$Q=KRF^{0.75} \quad (1)$$

式中: Q 为设计流量; K 为峰量系数,开封地区取 0.023; R 为设计径流深; F 为流域面积。

2.1.3 河道糙率

天然河道的糙率是衡量河床、岸壁形状规则性和粗糙程度对水流阻力影响的一个综合性系数,因河床、岸壁的粗糙程度,河道断面形状,床面、岸壁地质特性,水流流态及含沙量等的不同而不同。糙率作为数值模拟计算中的重要灵敏参数,其取值是河道水流一维数值模拟的关键,取得合理与否对计算结果的正确性有直接的影响^[4]。参考已往惠济河治理成果中有关河床土质、护面情况、维修养护和河道运行情况,确定河道主槽糙率取值为 0.025,滩地为 0.030^[5]。

2.1.4 下游起算水位

由于河道水面曲线的控制断面一般多在下游,

收稿日期:2014-11-10

作者简介:冯琳伟(1986-),女,河南焦作人,助理工程师,硕士,从事水利工程建筑设计及施工等工作。

应从下游向上游进行推算。推算时,以固定边界、恒定、非均匀、渐变流的能量方程为理论基础。即,运用水面线的基本方程式,从下游向上游(缓流)或从上游向下游(急流)逐段进行试算。本研究以惠济河济渎池为基准向上游进行推算。济渎池处 5 年一遇和 20 年一遇水位分别为 47.31 m 和 48.49 m^[6]。

2.2 所需资料

该模型所需基础资料主要包括:几何资料、恒定流资料、非恒定流资料、泥沙资料。其中,几何资料是 HEC-RAS 进行任何分析都必不可少的,其他资料则根据项目情况进行相应的取舍^[7]。

2.3 计算步骤

(1)建立几何数据模型。地形数据采用 2012 年开封市水利建筑勘察设计院河道测量成果,其测量河道长度为 64.95 km,测量断面为 178 个,平均每 400 m 间距测量一个断面,每个断面平均测量 25 个高程数据点,遇到弯道河段和复杂断面,则相应加测,以保证河道实际精度要求。一般渐变河段收缩和扩散系数分别为 0.1 和 0.3,涉水建筑物处收缩和扩散系数分别为 0.3 和 0.5。

(2)确定模型计算范围。惠济河干流开封段水力模型计算的上边界为陇海铁路桥(0+050)断面,下边界为商开边界(65+000)断面,全长 64.95 km。在计算范围内,共划分出 10 个水力计算段,其中最长河

段为 10.908 km,最短河段为 1.1 km,平均河段长度为 5.2 km。各河段划分及设计流量如表 1 所示。

表 1 惠济河开封段区间河段设计参数

Table 1 Section design parameters of Huiji River
Kaifeng section

桩号区间	间距 /km	流域面积 /km ²	5 年一遇 流量 /(m ³ /s)	20 年一遇 流量 /(m ³ /s)
00+050~01+150	1.10	167.0	115	196
01+150~09+326	8.18	167.0	115	196
09+326~17+184	7.86	366.6	181	298
17+184~20+026	2.84	382.5	187	306
20+026~29+926	9.90	509.3	219	357
29+926~34+200	4.27	566.3	235	379
34+200~37+926	3.73	592.3	240	392
37+926~53+426	15.50	723.4	270	434
53+426~54+092	0.67	1341.4	398	608
54+092~65+000	10.91	1341.4	398	608

(3)建立水力模型。计算 2 种重现期的河道水面线,在河段上游端设置上游来水洪峰流量,河段边界条件选择输入下游端已知水位。本模型选择缓流流态进行恒定流分析,结果如图 1 所示。

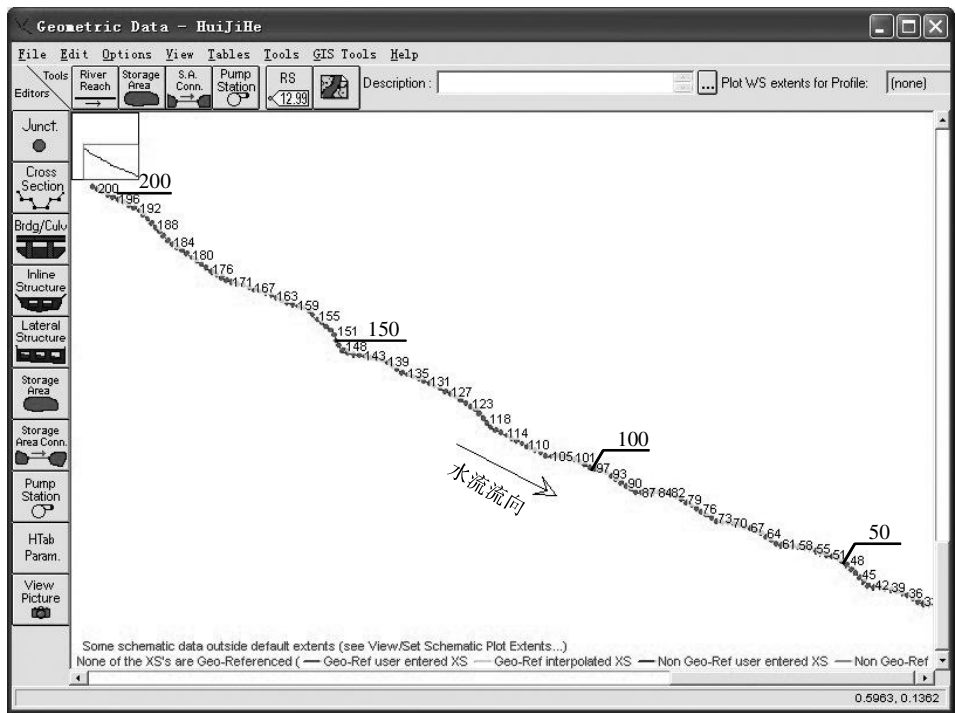


图 1 惠济河开封段 HEC-RAS 模拟参数

Fig.1 HEC-RAS simulation parameters of Huiji River Kaifeng section

3 惠济河水力模拟计算结果分析

3.1 河道水位模拟分析

模拟结果表明,河道 5 年一遇水位为 70.97~58.94 m,20 年一遇水位为 71.58~59.77 m,水位从上游到下游逐渐降低;从河道纵剖面图(如图 2 所示)可以得出,河道的水深和水量从上游至下游逐渐增

大。这是因为从毕桥(32+370)以下,河道渐次拓宽,主河槽由 30~40 拓展到 60~70 m,特别是到了平岗桥(52+362)以下,主河槽增大至 70 m 以上。从上游至下游,随着汇水面积的增大,水量逐渐增多,但河底高程却和上游相差不大,导致水深也随之增大,下游防洪排涝产生安全隐患。

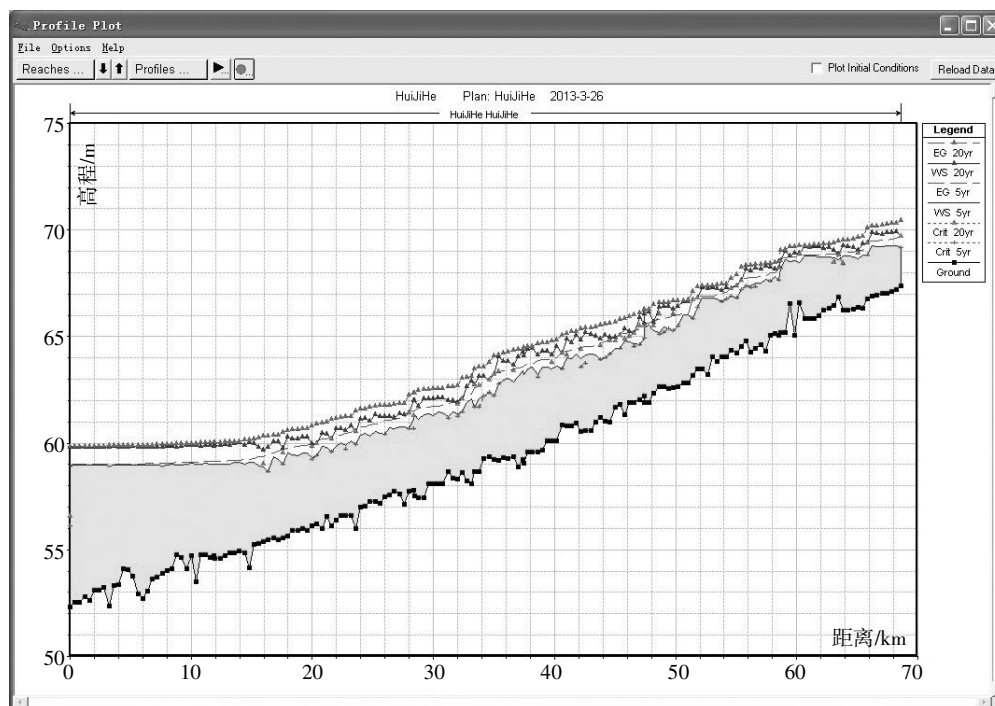


图 2 惠济河开封段河道水面纵剖面图

Fig.2 Longitudinal plan of Huiji River Kaifeng section water surface

3.2 河道险工段模拟分析

模拟发现,河道有 3 处险工段,即开封屠府坟右岸(3+308~3+608)、汪屯桥上游右岸(6+337~6+637)、汪屯桥下游左岸(6+800~7+100),每处长为 300 m 左右,且均为弯道。由河道三维图(如图 3 所示)可知,受弯道顶冲缘故,河道冲刷严重。模拟结果表明,在 20 年一遇洪水中,屠府坟段堤防完好,未受到较大影响,其余两处均不能抵御 20 年一遇洪水。因此,在后期治理中应注意加固汪屯桥上游右岸和下游左岸的堤防。

3.3 河道冲淤模拟分析

河道现状排涝能力已不足 3 年一遇标准,主槽逐年萎缩,河床不断淤积抬高,其影响集中表现为过流能力降低。特别是李岗闸(桩号 54+092)以下,河口宽度缩窄为 70~80 m,河底淤积 2~3 m,造成排涝不畅,漫滩决口几率增大。因此,应对该河段进行综合治理,从而提高现有河道的防洪排涝能力。治理方案是疏浚河道,加固堤防等。

4 惠济河开封段河道综合治理分析

根据 HEC-RAS 软件模拟分析结果,惠济河开封段河道综合治理方案为:堤防加固长度 64.64 km;右堤顶新建防汛道路 1 条,长 32.32 km;新建弯道护砌 3 处,共 0.9 m;全断面护砌 11 km;规划各类水工建筑物 63 座。

将河道治理工程断面的设计边坡、糙率、底宽,以及堤防高程输入 HEC-RAS 河道水力分析模型中,构建整治后河段的河槽和河漫滩模型,采用 5 年一遇除涝设计流量和 20 年一遇防洪设计流量,模拟计算不同流量下各断面的水位。

用 HEC-RAS 软件模拟惠济河开封段河道整治前后水位和流量变化发现,5 年一遇流量整治后水位降低 0.6~1.91 m,平均降低 0.93 m(如图 4 所示),20 年一遇流量整治后水位降低 0.18~1.73 m,平均降低 0.60 m(如图 5 所示),5 年一遇流量整治后流速增加了 0.03~0.39 m³/s,平均增加 0.02 m³/s,20 年一遇流量整治后流量增加了 0.01~0.52 m³/s,平均增加

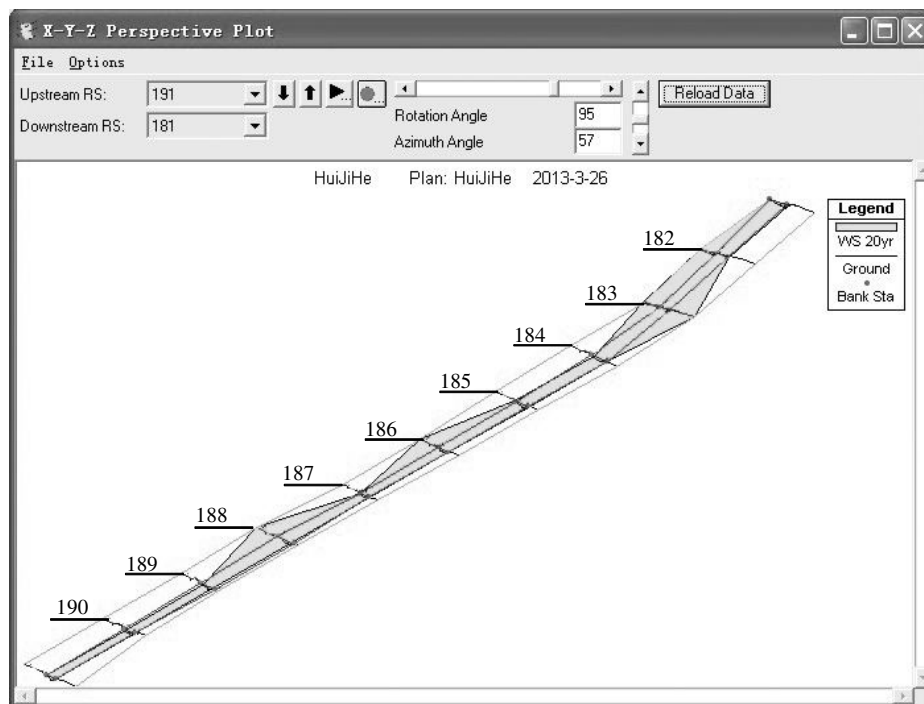


图 3 惠济河开封段险工处三维透视图

Fig.3 3D perspective drawing of dangerous section of Huiji River Kaifeng section

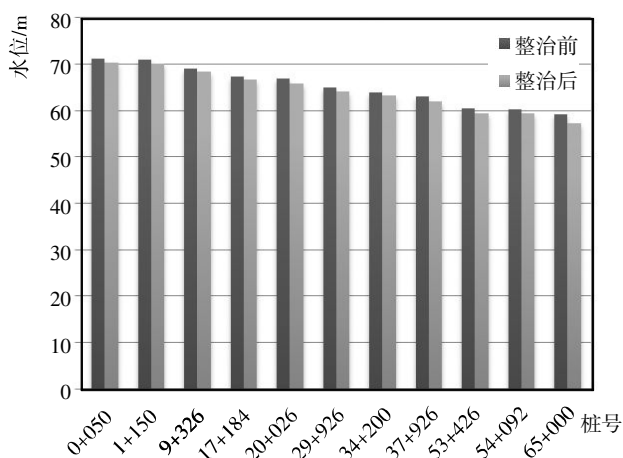


图 4 河道整治前后 5 年一遇水位对比图

Fig.4 Water level comparison of five-year flood before and after channel regulation

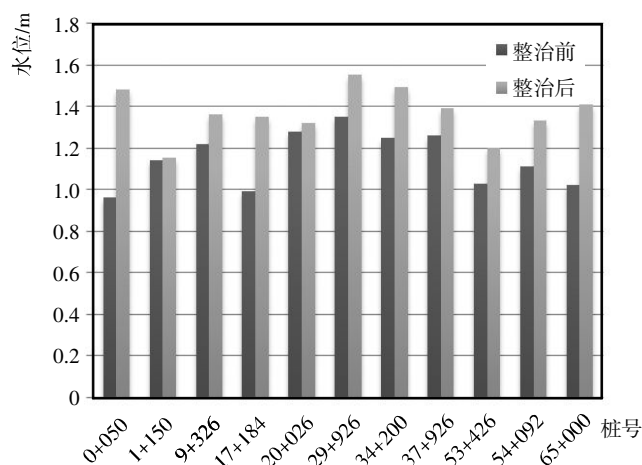


图 5 河道整治前后 20 年一遇水位对比图

Fig.5 Water level comparison of twenty-year flood before and after channel regulation

0.22 m³/s(如图 6 所示)。由此可知,本次综合治理效果是较为明显的。

5 结语

利用 HEC-RAS 软件建立的惠济河河道水力计算模型对不同设计洪水标准下惠济河河道的水面线进行了模拟,计算结果合理。其不足之处在于,该软件模拟计算数据无法通过自身进行验证。因此,本文的模拟结果和综合治理分析成果仍须工程运行实践

的检验。该模型较大减轻了工程人员在计算编程、数据处理等方面的工作,并提供了直观可视化的优化设计,节省了大量科研成本,可为淮河流域重点平原洼地治理提供决策依据。

参考文献:

- [1] Brunner G W, Stanford gibson, Goodell C R. HEC-RAS V4.1 User's Manual [M]. Davis: Hydrologic

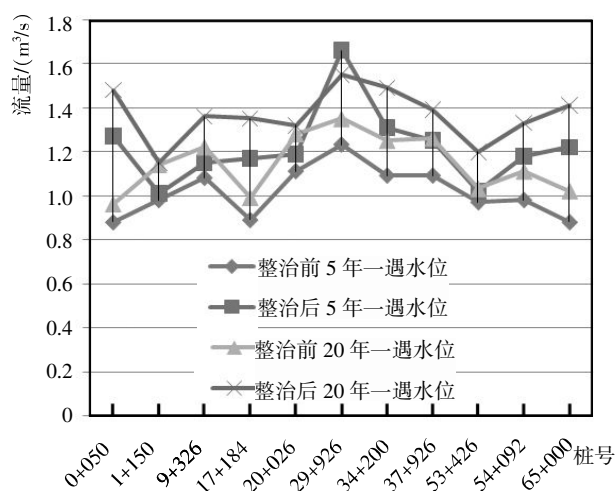


图6 河道整治前后5年和20年一遇流量对比图

Fig.6 Flow comparison of five-year and twenty-year flood before and after channel regulation

Engineering Center of US Army Corps of Engineers, 2010;2-3.

- [2] 张小琴,包为民,梁文清,等.河道糙率问题研究进展[J].吉林水利,2005,(3):25-26.
- [3] 闫瑞新,赵方,曹永帅,等.惠济河重点河段治理工程可行性研究报告[R].开封:开封市汴龙勘察设计公司,2012.
- [4] 高亮.基于 HEC-RAS 模型的惠济河开封段防洪除涝研究[D].太原:太原理工大学,2013.
- [5] 李炜.水力计算手册[M].2版.北京:中国水利水电出版社,2006:103.
- [6] 孙熙,黄秋凤.HEC-RAS 在河道治理工程中的应用[J].河南水利与南水北调,2013,(10):21-22.
- [7] 蔡新明,董志勇,张永华.HEC 系列水利软件的应用[J].浙江水利科技,2005,(6):20-23.

[责任编辑 杨明庆]

Application of HEC-RAS Model to Huiji River Kaifeng Section River Channel Regulation Project

FENG Linwei¹, GAO Liang²

- (1. Henan Water and Power Engineering Consulting Corporation Limited, Zhengzhou 450016, Henan, China;
2. No.1 Institute of Geo-environment Survey of Geo-exploration and Mineral Development of Henan Province, Zhengzhou 450045, Henan, China)

Abstract: Taking Kaifeng section of Huiji River in Huai River basin for an example, HEC-RAS model is applied to simulate the process of five-year and twenty-year flood. And the information of water surface profile, velocity and levee break position is visually displayed. The simulation results show that the model is applicable for the water surface profile in plain area, meets the needs of flood control and waterlogged elimination, and also provides technical support for river regulation project.

Key Words: Kaifeng city; Huiji River; HEC-RAS model; visual analysis; river channel regulation

黄河水院刘国际院长 当选中国水利教育协会职教分会理事会会长

2014年10月9~11日,中国水利教育协会职业技术教育分会第五届理事扩大会议在陕西杨凌召开,来自全国水利职业院校、水利企事业单位和相关部门的领导等100多位代表参会。水利部原党组成员、中国水利教育协会周保志会长出席会议并讲话。水利部人事司副司长、全国水利行业职业教育教学指导委员会主任委员孙高振传达了水利部实施水利人才发展战略的总体部署。贯彻了全国职教会议精神和《水利部、教育部关于进一步加快水利职业教育的意见》。选举了职教分会第五届理事、常务理事及正、副会长和秘书长。黄河水院刘国际院长再次当选职教分会第五届理事会会长。

(凤琨 道富)