

基于HEC-RAS和MIKE11模型分析 锦江水面线

梁璐, 蒋佑承

中交水运规划设计院有限公司西南分公司, 四川 成都

收稿日期: 2022年10月12日; 录用日期: 2023年1月26日; 发布日期: 2023年2月9日

摘要

应用HEC-RAS和MIKE11模型, 对成都市锦江流域的南河和磨底河进行了模拟分析。结果表明: 同一模型不同计算方法时, 恒定流和非恒定流计算结果差值较小; 不同模型同一计算方法时, 计算差值较大; 在同一小流量下, HEC-RAS计算的磨底河水位比MIKE11的高; 在同一大流量下, HEC-RAS计算的南河水位比MIKE11的低。非恒定流在模拟水流运动状态时, 计算结果相对更加精准; 建议锦江干流如府河、南河选用MIKE11计算水位, 锦江支流如磨底河、浣花溪、沙河、桃花江等选用HEC-RAS计算水位。

关键词

水面线, HEC-RAS, MIKE11, 成都锦江

Analysis of Water Surface Line of Jinjiang Based on HEC-RAS and MIKE11 Models

Lu Liang, Youcheng Jiang

CCCC Water Transportation Consultants Co. Ltd., Southwest Branch, Chengdu Sichuan

Received: Oct. 12th, 2022; accepted: Jan. 26th, 2023; published: Feb. 9th, 2023

Abstract

In this paper, HEC-RAS and MIKE11 models are used to calculate the water surface line of the Nanhe and Modihe Rivers in Jinjiang basin. The results show as follows: Using the same model with different methods, the difference between constant flow and unsteady flow is small; Using different model with the same method, the difference is large; At the same low flow rate, the water surface line of Modihe River

作者简介: 梁璐, 四川绵阳人, 出生于1990年9月, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 水利规划, Email: lianglu62@163.com

文章引用: 梁璐, 蒋佑承. 基于HEC-RAS和MIKE11模型分析锦江水面线[J]. 水资源研究, 2023, 12(1): 58-64.

DOI: 10.12677/jwrr.2023.121007

calculated by HEC-RAS is higher than MIKE11; At the same high flow rate, the water surface line of Nanhe River calculated by HEC-RAS is lower than MIKE11; The results of unsteady flow are more accurate simulating the flow movement. Calculating the water surface line of Jinjiang main stream, MIKE11 model is recommended; Calculating the water surface line of other tributaries like Modihe, Huanhuaxi, Shahe, and Taohuajiang Rivers, HEC-RAS model is recommended.

Keywords

Water Surface Line, HEC-RAS, MIKE11, Jinjiang Chengdu

Copyright © 2023 by author(s) and Wuhan University.

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

水面线推求河道整治的基础工作，常用的方法如恒定流法和非恒定流法，常用的计算软件如天然河道水面线系统、HEC-RAS 软件、SOBEK 软件等[1]。近几年，MIKE11 软件、InfoWorks RS 也较常应用于水面线的推求[2]。如林杰等[3]以大富水应城至南垸河段为例，应用 HEC-RAS 软件，分析得出恒定流计算结果总体大于非恒定流计算结果，且流量越大差值呈现越大的趋势；蒋书武等[4]通过对 HEC-RAS 和 MIKE11 的对比分析，得出 MIKE11 具有较高的精度和稳定性；代兴勇等[5]通过 MIKE11 和 HEC-RAS 模拟水力半径对过流能力的影响，得出 MIKE11 软件计算得到的水面线与河工模型试验研究成果更为接近；蒋楠等[6]通过 MIKE11 和 HEC-RAS 模拟锦江水面线，得出 MIKE11 模型计算的水面线精度更高；安莉莉[7]对 HEC-RAS 和 MIKE11 的水位数值成果进行比较分析，得出当流量、糙率、纵坡为单一变量时，在小流量下，HEC-RAS 比 MIKE11 的水位高，大流量时，MIKE11 比 HEC-RAS 的水位高。

在以上研究的基础上，本文以成都锦江流域的干支流为例，研究 HEC-RAS 和 MIKE11 软件计算结果的不同并加以分析，推荐适合的软件计算成都锦江水面线。

2. 材料与方法

2.1. 试验区概况

锦江是岷江流经成都市区的两条主要河流——府河、南河的合称，其水源均来自都江堰。此外，流经成都市中心城区还有磨底河、浣花溪、桃花江、西郊河、饮马河等，皆称为锦江支流，成都市中心城区水系图见图 1。

锦江区区堤防于 1988 年建成至今，年代较久，目前锦江正在开展流域治理工作，复核防洪水位成了其中重要的环节。本文主要以成都锦江流域的南河和磨底河为例，对 HEC-RAS 模型和 MIKE11 模型的计算结果进行对比分析。

2.2. 试验方法

2.2.1. 使用软件

HEC-RAS 由美国陆军工程兵团水文工程中心开发，主要用于天然河道或明渠一维恒定流和非恒定流的水面线计算[8]。恒定流基于一维能量方程，通过迭代法逐段向上(下)游推算；非恒定流基于连续方程和动量方程，采用 Newton-Raphson 迭代法计算[6]。

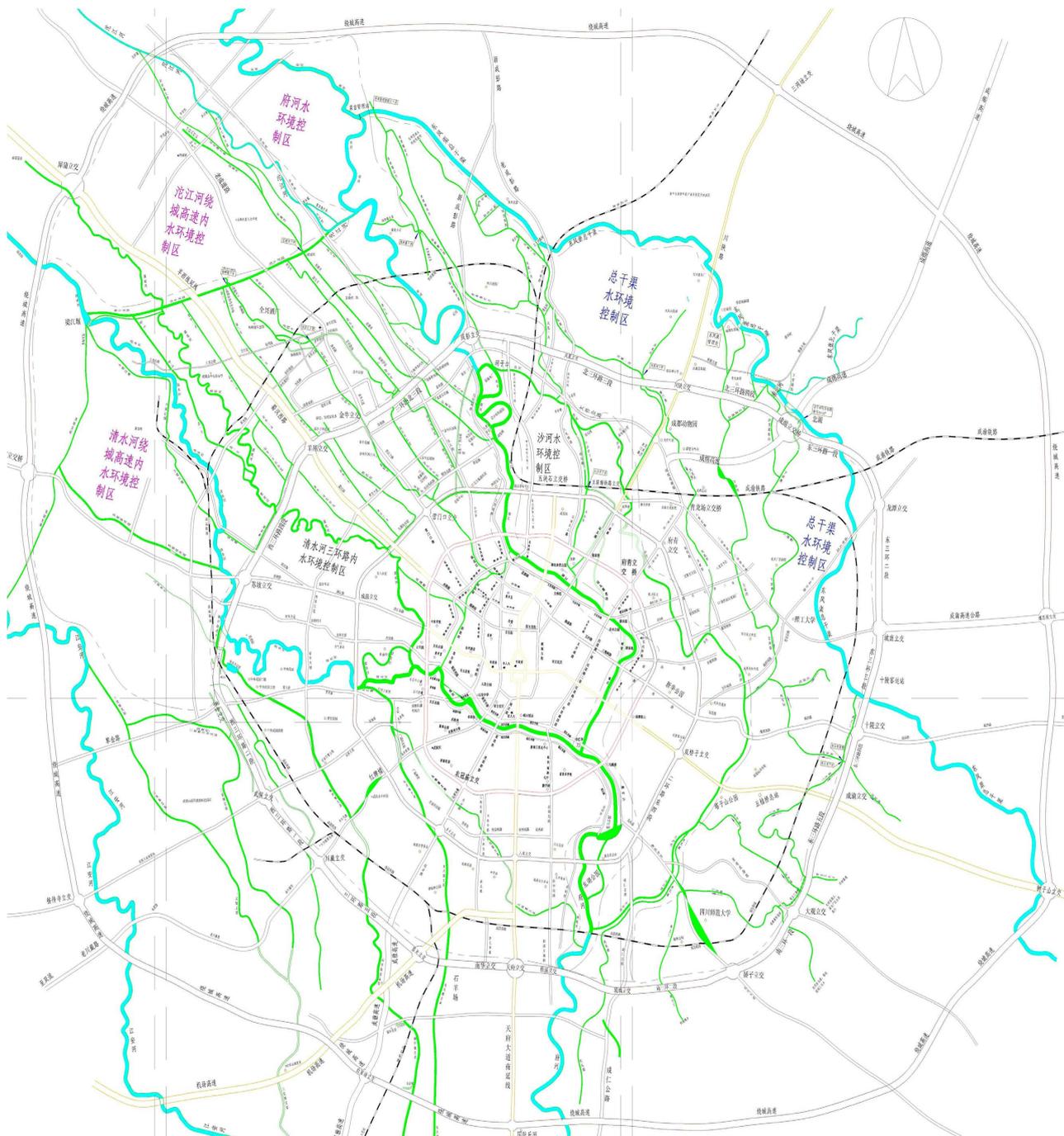


Figure 1. River system map of downtown Chengdu metropolis
图 1. 成都市中心城区水系图

MIKE 模型系列是由丹麦水资源及水环境研究所开发的软件，由 MIKE11、MIKE21、MIKE SHE 等模块，其中，MIKE11 是一维河网模型，多运用于一维水面线推求。基于连续方程和动量方程，采用 Abbott-Ionescu 六点隐式有限差分格式进行求解[6]。

2.2.2. 计算对象和相关参数

本文选取锦江干流的南河和锦江支流的磨底河为分析对象。模型计算相关基本条件见表 1。

Table 1. Relevant conditions for model calculation
表 1. 模型计算相关条件

类型	南河	磨底河
防洪标准	200 年	50 年
计算长度(km)	5.719	3.112
设计流量(m ³ /s)	874	184
综合纵坡(‰)	1.2	1.9
糙率	0.027	0.027
断面形状	矩形	矩形
断面规模 B × H (m)	40.0 × 6.0	15.0 × 4.0
下游水位(m)	494.35	501.0

3. 结果与分析

3.1. 计算结果

为分析比较同一模型恒定流和非恒定流之间的差异及同一计算方法不同模型计算结果之间的差异，本文选取锦江流域的南河和磨底河进行分析。

1) 同一模型不同计算方法之间的对比

采用 HEC-RAS 和 MIKE11 的恒定流和非恒定流分别计算，对比同一模型不同计算方法的成果及对比，见表 2、表 3 的序列⑤和序列⑥以及图 2、图 3。

Table 2. Comparison of water level of the same model with different methods in the Nanhe River
表 2. 同一模型不同计算方法的南河水位对比

桩号	MIKE11 恒定流	MIKE11 非恒定流	HEC-RAS 恒定流	HEC-RAS 非恒定流	⑤ = ① - ② ⑥ = ③ - ④ ⑦ = ① - ③ ⑧ = ② - ④			
	①	②	③	④				
0+600	501.17	501.17	500.47	500.51	0.00	-0.04	0.70	0.66
1+000	500.67	500.67	499.98	500.02	0.00	-0.04	0.69	0.65
1+400	500.05	500.05	499.34	499.37	0.00	-0.03	0.71	0.68
1+800	499.47	499.47	498.76	498.79	0.00	-0.03	0.71	0.68
2+200	498.88	498.88	498.20	498.23	0.00	-0.03	0.68	0.65
2+600	498.28	498.27	497.61	497.63	0.00	-0.02	0.66	0.64
3+000	497.74	497.73	497.08	497.11	0.01	-0.03	0.66	0.62
3+400	497.20	497.19	496.56	496.58	0.01	-0.02	0.64	0.61
3+800	496.64	496.62	496.05	496.08	0.02	-0.03	0.59	0.54
4+200	496.40	496.39	495.78	495.81	0.00	-0.03	0.62	0.58
4+600	496.13	496.13	495.56	495.58	0.00	-0.02	0.57	0.55
5+000	495.49	495.49	495.08	495.10	0.00	-0.02	0.41	0.39
5+400	494.88	494.87	494.66	494.67	0.00	-0.01	0.21	0.20
5+719	494.35	494.35	494.35	494.35	0.00	0.00	0.00	0.00

Table 3. Comparison table of water level of the same model with different methods in the Modihe River
表 3. 同一模型不同计算方法的磨底河水位对比

桩号	MIKE11	MIKE11	HEC-RAS	HEC-RAS	⑤ = ① - ②	⑥ = ③ - ④	⑦ = ① - ③	⑧ = ② - ④
	恒定流	非恒定流	恒定流	非恒定流				
	①	②	③	④				
0+200	507.15	507.15	507.33	507.35	0.00	-0.02	-0.18	-0.20
0+400	506.77	506.77	506.86	506.89	0.00	-0.03	-0.09	-0.12
0+600	506.65	506.65	506.54	506.56	0.00	-0.02	-0.11	-0.05
0+800	506.32	506.32	506.33	506.36	0.00	-0.03	-0.01	-0.04
1+000	506.03	506.03	506.05	506.08	0.00	-0.03	-0.02	-0.05
1+200	505.61	505.60	505.73	505.76	0.00	-0.03	-0.13	-0.16
1+400	505.06	505.06	505.33	505.37	0.00	-0.04	-0.27	-0.31
1+600	504.64	504.64	504.66	504.72	0.00	-0.06	-0.02	-0.08
1+800	504.10	504.09	504.33	504.36	0.00	-0.03	-0.23	-0.27
2+000	503.47	503.46	503.83	503.87	0.00	-0.04	-0.37	-0.41
2+200	502.81	502.80	503.08	503.09	0.00	-0.01	-0.27	-0.29
2+400	502.28	502.28	502.41	502.45	0.00	-0.04	-0.13	-0.17
2+600	502.03	502.03	501.74	501.76	0.00	-0.02	0.29	0.27
2+800	501.66	501.66	501.45	501.46	0.00	-0.01	0.21	0.20
3+112	501.00	501.00	501.00	501.00	0.00	0.00	0.00	0.00

结合表 2 和表 3 的序列⑤和序列⑥可以看出，同一模型恒定流与非恒定流的差异较小，MIKE11 的恒定流计算结果较非恒定流高，最大差值为 0.02 m；而 HEC-RAS 的恒定流计算结果较非恒定流低，最大差值为 0.06 m。

2) 同一计算方法不同模型之间的对比

采用 HEC-RAS 和 MIKE11 的恒定流和非恒定流计算，对比不同模型同一计算方法的成果，见表 2、表 3 的序列⑦和序列⑧以及图 2、图 3。

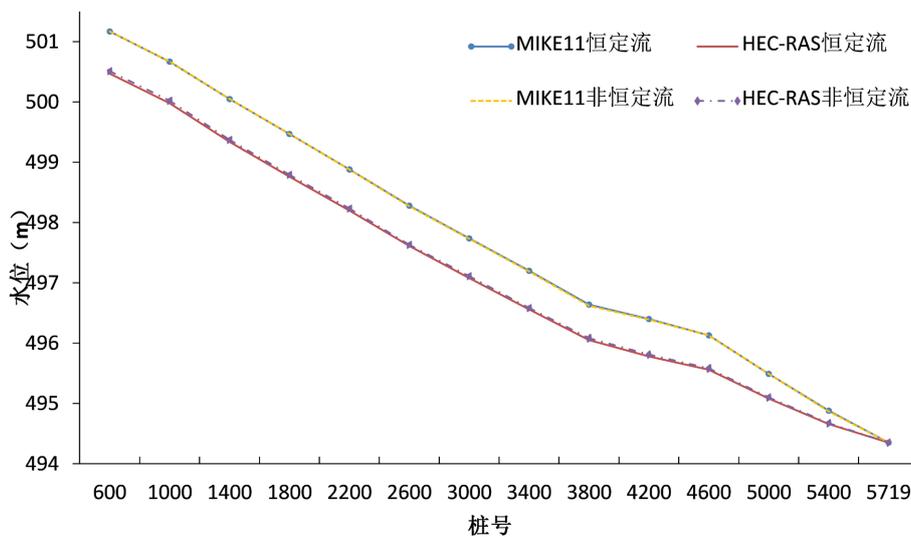


Figure 2. Comparison water level of Nanhe River
图 2. 南河计算水位对比图

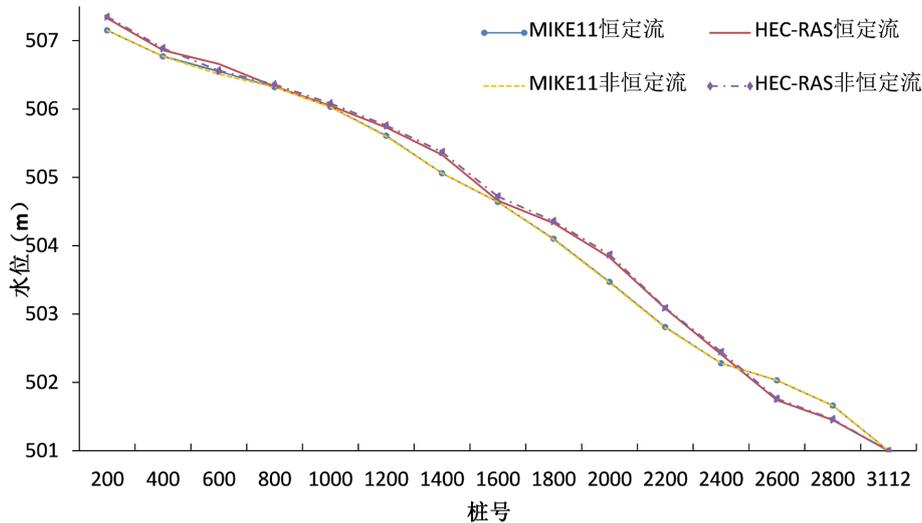


Figure 3. Comparison water level of Modihe River
图 3. 磨底河计算水位对比图

结合以上图表可以看出,不同模型相同计算方法之间差值较大,南河用 HEC-RAS 的计算结果较 MIKE11 低,最大差值为 0.71 m;而磨底河用 HEC-RAS 的整体计算结果较 MIKE11 高,最大差值为 0.41 m,仅下游起推段出现低于 MIKE11 的情况。

3.2. 成因分析

1) 同一模型恒定流和非恒定流计算结果差异较小。其中,MIKE11 恒定流计算比非恒定流高,而 HEC-RAS 恒定流计算结果比非恒定流低。主要原因在于 MIKE11 恒定流和非恒定流的解法均为六点隐式差分法,而非恒定流考虑了一定的河道调蓄,故恒定流的水位较高;而 HEC-RAS 恒定流与非恒定流的解法不同,是造成差异的主要成因。

2) 同一计算方法 MIKE11 与 HEC-RAS 的计算结果存在较大差异。在同一小流量下,HEC-RAS 计算的磨底河水位比 MIKE11 的高;在同一大流量下,HEC-RAS 计算的南河水位比 MIKE11 的低,与参考文献[7]的结果相符。主要原因在于:两种模型定义的水力半径不同,HEC-RAS 采用水力半径,MIKE11 采用阻力半径。根据参考文献[5],阻力半径适用于断面形状突变的河道,能够避免洪水刚上滩时流量模数减少的情况,而水力半径适用于断面形状狭窄的河道;两种模型的解法不同,HEC-RAS 是基于四点隐式差分格式进行计算,MIKE11 则采用六点隐式差分法求解。

3) HEC-RAS 计算的磨底河水位在下游起推段比 MIKE11 的水位低,其主要原因是 MIKE11 受下游起推水位的影响更加敏感。

4. 结论

结合对成都锦江其他河道的水面线推算和对比,总结如下:

1) 恒定流是假设每一计算时间步长内流量是恒定均匀的,不考虑河道调蓄、回水影响等。反之非恒定流考虑了河道调蓄和回水影响,且运动要素随时间变化,能够模拟现实中不同状况下水流的运动状态。建议在工程实践中对采用非恒定流进行计算,计算结果相对更加精准。

2) 锦江干流河道尺度较大,河床存在较多滩地的情况,故 MIKE11 的阻力半径更加适用;而锦江支流尺度较小,断面深窄,HEC-RAS 的水力半径更加适用。

3) 在同一小流量下,HEC-RAS 的水位比 MIKE11 的水位高;在同一大流量下,MIKE11 的水位比 HEC-RAS

的水位高。建议锦江干流如府河、南河选用 MIKE11 计算水位；锦江支流如磨底河、浣花溪、沙河、桃花江等选用 HEC-RAS 计算水位。

参考文献

- [1] 刘洋. 几种水面线推算方法的比较[J]. 人民黄河, 2011, 33(2): 51-53.
LIU Yang. Comparison of several calculation methods of water surface profile. Yellow River, 2011, 33(2): 51-53. (in Chinese)
- [2] 陈燕平, 霍培书, 汤丁丁, 等. MIKE11、InfoWorks ICM 和 HEC-RAS 在明渠水面线计算中的应用对比研究[J]. 绿色科技, 2021, 23(18): 228-231.
CHEN Yanping, HUO Peishu, TANG Dingding, et al. Comparative study on the application of MIKE11, InfoWorks ICM and HEC-RAS in the calculation of water surface profile of open channels. Journal of Green Science and Technology, 2021, 23(18): 228-231. (in Chinese)
- [3] 林杰, 黄雍, 覃莲超. 基于 HEC-RAS 的不同水面线推算方法比较[J]. 水利建设与管理, 2019, 39(7): 15-19.
LIN Jie, HUANG Yong and QIN Lianchao. Comparison of different water surface profile calculation methods based on HEC-RAS. Water Resources Development & Management, 2019, 39(7): 15-19. (in Chinese)
- [4] 蒋书伟, 武永新. 基于 MIKE11 与 HEC-RAS 的南渡江防洪能力对比分析[J]. 中国农村水利水电, 2014(2): 46-49.
JIANG Shuwei, WU Yongxin. A comparison and analysis of flood control capacity of the Nandu River based on MIKE11 and HEC-RAS. China Rural Water and Hydropower, 2014(2): 46-49. (in Chinese)
- [5] 代兴勇, 邱勇, 周卫霞, 等. 基于 MIKE11 和 HEC-RAS 软件模拟中水力半径对过流能力的影响[J]. 人民珠江, 2014, 35(4): 96-98.
DAI Xingyong, QIU Yong, ZHOU Weixia, et al. Influence of hydraulic radius on discharge capacity in simulation based on MIKE11 and HEC-RAS. Pearl River, 2014, 35(4): 96-98. (in Chinese)
- [6] 蒋楠, 高成. 基于 MIKE 和 HEC-RAS 模型模拟锦江水面线比较研究[J]. 中国农村水利水电, 2019(4): 26-30.
JIANG Nan, GAO Cheng. A comparative study of Jinjiang water surface line based on MIKE11 and HEC-RAS models. China Rural Water and Hydropower, 2019(4): 26-30. (in Chinese)
- [7] 安莉莉. 基于 HEC-RAS 和 MIKE11 的水面线对比分析[J]. 人民黄河, 2021, 43(S1): 11-12+22.
AN Lili. A comparison and analysis of water surface profile based on MIKE11 and HEC-RAS. Yellow River, 2021, 43(S1): 11-12+22. (in Chinese)
- [8] 陈雪冬, 邱勇, 周卫霞, 等. 基于 HEC-RAS 和 MIKE 11 的山区天然河道水面线数值仿真[J]. 人民珠江, 2014(3): 116-118.
CHEN Xuedong, QIU Yong, ZHOU Weixia, et al. Based on the HEC-RAS and MIKE11 Software on numerical simulation water level in mountain natural river. Pearl River, 2014(3): 116-118. (in Chinese)