

MIKE (HD) 水动力学模块在滩坑电站防洪评价中的应用

Formatted: Indent: First line: 0 ch

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体, 14 pt, Bold

作者：程开宇 陈雪良
单位：华东勘测设计研究院

Formatted: Font: 10.5 pt, Not Bold

Formatted: Centered, Indent: First line: 4 ch

摘要：

本文研究的主要内容是 MIKE (HD) 模块在滩坑水电站防洪评价中的应用。通过 MIKE (HD) 模块对滩坑水电站下游一、二维流场的模拟，有针对性地提出山区性河流中大型电站下游河道流场数值模拟的操作方法及特征性分析。

滩坑水电站坝址位于浙江省青田县境内、瓯江流域的支流小溪上，坝址集水面积 3330km²，设计装机容量 600MW，年发电量 10.23 亿 kWh。电站现处于施工期间，施工弃渣堆置侵占小溪河道，束窄河道断面，对河道行洪产生影响，并且弃渣堆置边坡裸露，未采取任何防护措施，堆渣范围在坝址下游 2700m 左右，严重影响到防洪安全和施工期水土保持。

针对上述问题采用 MIKE11 一维水动力学模型对坝址下游河道不同整治方案下各频率设计水位进行计算。计算内容包括：基础建模、计算的水文条件、边界条件的确定、模型的率定和验证、数值模拟稳定性研究及成果合理性分析等。重点研究对象为 HD 中 SO 模块在桥梁建筑物中的应用和急流流态下山区性河流的模型稳定性分析。采用 MIKE21 二维水动力学模型计算分析交通桥桥址附近水流的流场分布，主要分析一、二维耦合模型在实际工程中的应用，特别是电站泄洪情况下高速水流二维流场模拟稳定性分析。

根据上述 HD 模块一二维水动力学分析成果，提出河道防洪整治方案，对现有堆渣进行清理，拟定不同工程方案推求下游河道控制断面洪水水位以供河道整治、厂房防洪、电量复核分析所用；同时分析洪水期水流对岸线及桥梁的冲刷情况。

关键词： MIKE (HD) 流场 防洪分析

This topic is mainly about Mike (HD) module in Tankeng hydropower flood control evaluation applications. By one and two-dimensional flow simulation of Mike (HD) module to a downstream hydroelectric Tankeng, the study is targeted for summarizing the method of operation and simulation analysis of characteristics about simulating the downstream flow value of large power stations on mountain rivers.

Formatted: Font: 10 pt, Not Bold

Formatted: Indent: First line: 3 ch

Tankeng hydroelectric dam in Zhejiang province qing - tian County, ouJiang basin tributary

stream, dam catchment area of 3330km² ,design capacity 600MW, 1.023 billion kWh of electricity generation. Station is in the construction period, construction Waste slag live by the river stream, river flood narrow beam. The impact of river diversion and damming rivers Waste slag live is not taken any protective measures.Waste slag scope dam downstream 2700m around seriously affect the safety flood and soil conservation prevention work..

To address the above issues using MIKE11 one-dimensional model of water dynamics different rectification programme dam downstream river water levels in the frequency design calculations. Calculation includes : basic modelling, hydrological conditions calculated, determining the boundary conditions, the rate and certification models, numerical simulations and stability study results rationality analysis. Focused research targeted at HD, so module in the application of building bridges and mountain torrent of the river flow itself, the stability of the model analysis. MIKE21 calculated using two-dimensional model of water dynamics analysis of the traffic flow Bridge site near flow distribution, a major analysis, the actual two-dimensional coupled models in the application of engineering, particularly power stations flood carrying high-speed flow of two-dimensional flow simulation market stability analysis.

According to the HD module analysis results of one and two-dimensional dynamics of water, river flood control programme proposed for the existing pile slag screen for different works programmes inquire river downstream flood water level for floating channel, flood control plants, electricity review analysis; Meanwhile analysis of the flood water to the shores and bridges erosion.

Keyword : Mike (HD) fluid flood control analysis

Formatted: Indent: First line: 4 ch

根据国家计委、水利部《河道管理范围内建设项目管理的有关规定》，对于河道管理范围内建设项目，应进行防洪评价，编制防洪评价报告。大型水电站在建设及运行期间经常遇到防洪问题，而涉河建筑物如高速公路等均需做防洪评价分析。防洪评价主要分析涉河建筑物的壅水、冲刷与淤积分析计算、河势稳定影响，均以一维、二维水动力学模型成果作为基础。

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

本文将 MIKE 软件 FLOOD 模块应用于滩坑水电站工程防洪评价研究中，通过一、二维 HD 模型分析滩坑坝址下游段的水位及流场变化情况，规划堆渣清理方案，为规划电站下游河道整治岸线、边坡提供水力计算依据，同时分析河道冲刷及淤积情况。本次研究的核心内容是将 MIKE 系列软件推向实际大型电站工程应用，建设项目防洪评价为新兴的研究课题，市场发展领域广阔，有实际的工程应用价值。

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体, 10.5 pt

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

滩坑水电站坝址位于浙江省青田县境内、瓯江流域的支流小溪上，坝址集水面积 3330km²，设计装机容量 600MW，年发电量 10.23 亿 kWh，水库具有多年调节能力。滩坑水电站建成后送电浙江省电力系统，是浙江省电网乃至华东电网仅剩的一座待开发大型多年调节水库。

瓯江位于浙江省南部，是浙江省第二大河流，流域面积 17900km²，干流长 371km，上、中、下游三个河段以大港头、湖边为界，分别称龙泉溪、大溪和瓯江。瓯江流域水力资源十分丰富，是浙江省乃至华东地区电力能源基地之一。

小溪为瓯江的主要支流，发源于洞宫山脉的百山祖南麓，由南西流向北东，于青田县石溪口与大溪汇合。小溪全长 213km，流域面积 3577km²。

1 存在的主要问题和设计思路

电站大桥下游右岸依次布置四局营地、十二局营地、业主营地和部分施工工厂，施工弃渣堆置侵占小溪河道，束窄河道断面，对河道行洪产生影响，并且弃渣堆置边坡裸露，未采取任何防护措施，堆渣大部分为石渣，边坡坡比在 1: 1.5~1: 2.5 之间，堆渣范围在坝址下游 2700m 左右。

四局营地堆渣高度约 5m，已堆渣数量约 5 万 m³，侵占河道最大宽度约 45m；十二局营地和业主营地堆渣高度约 13m，已堆渣约 37 万 m³，侵占河道最大宽度约为 40m；业主营地下游（含范村弃渣场）堆渣高度约 13m，已堆渣数量约为 15 万 m³，侵占河道最大宽度约为 20m。

弃渣堆置现状见下图。



四局营地堆渣现状

Formatted: Font: 10.5 pt, (Intl) 宋体

Formatted: Indent: First line: 2 ch

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体, 10.5 pt

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

Formatted: Font: 宋体

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体, 9 pt, Bold

设计思路:

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

(1) 根据上述存在的问题提出河道防洪整治方案,对现有堆渣进行清理,拟定不同工程方案推求下游河道控制断面洪水水位以供河道整治、厂房防洪、电量复核分析所用。

(1) 同时根据实测地形模拟交通桥附近的二维流场,研究流速分布,分析洪水期水流对岸线及桥梁的冲刷情况。

(2) 根据上述成果分析对滩坑电站下游河道整治方案及防洪形势做出分析评价。

2 技术路线及工作内容

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体, 10.5 pt

本文主要研究内容包括:

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

(1) 水文分析计算(由于采用华东院的软件模型本文不详细阐述)

(2) 采用 MIKE11 (DHI) 一维水动力学模型对坝址下游河道不同整治方案下各频率设计水位进行计算。计算内容包括:模型的基本方程、数值计算方法、模型的率定和验证、计算断面的布置、边界条件的确定、计算的水文条件的采用及合理性分析等。

(3) 采用 MIKE21 (DHI) 二维水动力学模型计算分析桥址附近水流的流场分布,以及对河道的冲刷影响。

(4) 根据数学模型的分析成果根据水位计算成果,分析如下对电站可能产生影响的情况

a. 不同工况下洪水水位的变化情况及对电站下游河段行洪、防洪、滞洪的影响;分析水位壅高后对大坝及厂房的防洪影响;分析壅高后水位对发电水头及发电量的影响。

b. 根据流场计算情况分析堆渣及清渣后对河势稳定、防洪及护岸冲刷可能产生的影响。

c. 根据业主具体提到的下游村庄防洪状况分析水位变化情况,提出具体防洪措施。

d. 根据分析成果提出研究结论及改进意见。

3 一维水动力分析计算

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体, 10.5 pt

采用 MIKE11 软件中的 HD (水动力学模块) 进行不稳定流——桥涵壅水计算,即运用水动力学模块分析滩坑电站下游河道几种工况下的各控制断面水位。模型中加入交通桥的壅水影响,采用 SO(控制构筑物模块)对桥梁、涵洞进行模拟,建桥后的断面均按实际桥墩的布置位置。

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

(1) 边界条件

05 年的验证洪水上边界条件为滩坑电站坝址 9 月 2 日实测流量过程,其中设计洪水采用洪水分析中的 2005 年 9 月洪水分析成果,下边界条件为湖云水位流量关系曲线,区间洪水根据面积比求得后作为旁侧入流加入模型。各种设计工况下模型上边界条件为石塘电站厂房尾水流量过程,导流洞及溢洪道泄洪流量作为源汇项分别从断面 2 及断面 4 加入到模型进行计算,其余小支流作为均匀入流处理,且两者均为与主干河流相应的区间洪水,下边界条件为湖云水位流量关系曲线。根据公路设计的要求,因本次计算所研究的区域均在干流上,各设计控制断面均须发生达标洪水,故洪水组成采用干流各控制断面自上而下均发生同频率

设计洪水，没有设计控制断面的均为发生相应洪水；有设计断面小支流均为发生与干流相应洪水加入干流洪水演算。就是说在进行干流洪水计算时所有区间及小支流均是发生的相应洪水，而支流相应洪水为干流各设计断面洪水相减得到。

(2) 验算

根据水文资料情况选择实测较大的洪水进行验算，同时为了研究各种清渣方案，因此要选用堆渣后发生的大洪水来率定参数才对各种工况方案的数学模型有实际的应用价值。2005年13#号台风“泰利”9月1日6时在台湾花莲登陆后，引发了2005年9.02大洪水。这次洪水对小流域的中下游影响特别大，滩坑营地附近也遭受洪水侵袭，河道中洪水漫溢到施工营地的公路，对施工期的防洪造成较大压力。因此选用该场洪水作为验证洪水率定模型参数。

由于电站建设河段的特殊地形和人为控制的非自然流动因素，这样的河道所使用的糙率不同于天然河道的糙率。率定较为复杂，调整和计算糙率的思路是：针对具体的恒定流量级，根据恒定流非均匀流方法，反算各计算河段的糙率，对此糙率再用非恒定流方法计算该流量级的流动过程，如合适则计算很快收敛，否则需对糙率进行局部修正，所得的水位过程在部分河段与实测水位过程的误差在可接受的范围内，则完成库区河段糙率选取。

验算结果见表1，从中可看出计算与实测水位相差均在10cm之内，尽管个别点据相差稍大，但均在调查洪水精度范围之内。故认为本程序模型计算成果可以满足设计精度要求。

表1 模型参数验证成果表

起点距	调查值	计算值	Δh
0.0	49.16	49.12	0.040
1558.0	46.71	46.65	0.058
1769.5	46.00	46.05	-0.052
2365.5	45.13	45.11	0.022
5519.0	43.39	43.36	0.030

- Formatted: Font: 9 pt, Bold
- Formatted: Centered
- Formatted: Font: 宋体, 9 pt, Bold
- Formatted: Font: 10.5 pt
- Formatted: Font: 10.5 pt
- Formatted: Font: 10.5 pt
- Formatted: Font: 10.5 pt
- Formatted: Font: 10.5 pt
- Formatted: Font: 10.5 pt
- Deleted: 表1 模型参数验证成果表
- Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体
- Formatted: Font: 宋体
- Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

(2) 计算工况方案

根据河道不同的位置、堆渣情况、对河道行洪造成影响的程度、河道整治工程实施的可行性以及时序形成如下五个工程方案，同时根据具体的方案措施进行水利计算推求各个方案下控制断面水位成果，为河道整治工程实施提供决策支持。方案1：以控制断面6为典型代表断面，左岸将堆渣的坡顶线向内侧推移20m然后按1/1.5边坡向下放坡，一直放到高程34m，将此作为岸线进行清渣。其他断面不变。；方案2：以控制断面6为典型代表断面，左岸将堆渣的坡顶线向内侧推移20m然后按1/1.5边坡向下放坡，一直放到高程43m，将此作为岸线进行清渣。其他断面不变；方案3：以控制断面6、7为典型代表断面，左岸将堆

渣的坡顶线向内侧推移 20m 然后按 1/1.5 向下放坡，一直放到高程 43m，将此作为岸线进行清渣。控制断面 6 右岸堆渣的坡顶线向内侧推移 12m，然后按 1/1.5 边坡向下放坡，一直放到高程 42.8m。控制断面 7 右岸堆渣的坡顶线按 1/1.5 边坡向下放坡，一直放到高程 33.1m；

方案 4：在方案 3 的基础上对第三段河段进行整治，将 8、9 控制断面作为典型代表断面，其中 8 断面右岸线的堆渣坡顶按 1: 1.5 边坡向下放坡，一直到高程 34.32。9 控制断面以河道疏浚为主，将河道中的主要淤积段疏浚；方案 5：在方案 4 的基础上对第一河段进行整治，将 2、3、4 号断面作为典型代表断面，三个断面均在左岸堆渣段的坡顶向内侧推进 20 米，然后按 1: 1.5 边坡向下放坡，三个断面依次放到高程 33.6m、36.0m、41.3m。

将上述方案利用 MIKE 的 HD 模块进行计算分析得到各个工况下不同设计频率的控制断面水位成果见表 2。

Formatted: Top: 77.9 pt

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体, 9 pt, Bold

Formatted: 样式7表名

Formatted: Font: 宋体

表 2 各个工况下不同设计频率的控制断面水位成果

断面号	起 点 距	500 年											100 年										
		整治前	方案 1		方案 2		方案 3		方案 4		方案 5		整治前	方案 1		方案 2		方案 3		方案 4		方案 5	
			h	△h	h	△h	h	△h	h	△h	h	△h		h	△h	h	△h	h	△h	h	△h	h	△h
1	0	50.61	50.20	0.41	50.30	0.31	50.28	0.33	50.21	0.40	50.06	0.55	48.96	48.55	0.41	48.67	0.29	48.65	0.31	48.57	0.39	48.43	0.53
2	306	50.61	50.20	0.41	50.30	0.31	50.28	0.33	50.21	0.40	50.06	0.55	48.96	48.55	0.41	48.67	0.29	48.65	0.31	48.57	0.39	48.43	0.53
3	494	50.61	50.20	0.41	50.30	0.31	50.28	0.33	50.21	0.40	50.06	0.55	48.96	48.55	0.41	48.67	0.29	48.65	0.31	48.57	0.39	48.43	0.53
4	654	50.26	49.82	0.44	49.93	0.33	49.91	0.35	49.83	0.43	49.73	0.53	48.63	48.20	0.43	48.32	0.31	48.31	0.32	48.22	0.41	48.12	0.51
5	849	49.03	48.49	0.54	48.62	0.41	48.60	0.44	48.50	0.53	48.40	0.63	47.43	46.93	0.50	47.07	0.36	47.05	0.38	46.95	0.48	47.07	0.56
6	1256	48.64	48.16	0.48	48.25	0.39	48.25	0.39	48.15	0.49	48.15	0.49	47.13	46.65	0.48	46.73	0.40	46.73	0.40	46.62	0.51	46.62	0.51
7	1589	47.55	47.55	0.00	47.55	0.00	47.55	0.00	47.43	0.12	47.43	0.12	46.02	46.02	0.00	46.02	0.00	46.02	0.00	45.90	0.12	45.90	0.12
8	1933	46.64	46.64	0.00	46.64	0.00	46.64	0.00	46.55	0.09	46.55	0.09	45.16	45.16	0.00	45.16	0.00	45.16	0.00	45.07	0.09	45.07	0.09
9	2234	46.34	46.34	0.00	46.34	0.00	46.34	0.00	46.25	0.09	46.25	0.09	44.83	44.83	0.00	44.83	0.00	44.83	0.00	44.80	0.03	44.80	0.03
10	2538	46.30	46.30	0.00	46.30	0.00	46.30	0.00	46.30	0.00	46.30	0.00	44.73	44.73	0.00	44.73	0.00	44.73	0.00	44.73	0.00	44.73	0.00
11	2720	46.22	46.22	0.00	46.22	0.00	46.22	0.00	46.22	0.00	46.22	0.00	44.62	44.62	0.00	44.62	0.00	44.62	0.00	44.62	0.00	44.62	0.00
12	2968	45.84	45.84	0.00	45.84	0.00	45.84	0.00	45.84	0.00	45.84	0.00	44.23	44.23	0.00	44.23	0.00	44.23	0.00	44.23	0.00	44.23	0.00
13	3279	45.73	45.73	0.00	45.73	0.00	45.73	0.00	45.73	0.00	45.73	0.00	44.06	44.06	0.00	44.06	0.00	44.06	0.00	44.06	0.00	44.06	0.00
14	4479	45.15	45.15	0.00	45.15	0.00	45.15	0.00	45.15	0.00	45.15	0.00	43.43	43.43	0.00	43.43	0.00	43.43	0.00	43.43	0.00	43.43	0.00
15	5519	44.70	44.70	0.00	44.70	0.00	44.70	0.00	44.70	0.00	44.70	0.00	42.90	42.90	0.00	42.90	0.00	42.90	0.00	42.90	0.00	42.90	0.00

断面号	起点距	20年											05年										
		整治前	方案1		方案2		方案3		方案4		方案5		整治前	方案1		方案2		方案3		方案4		方案5	
			h	△h	h	△h	h	△h	h	△h	h	△h		h	△h	h	△h	h	△h	h	△h	h	△h
1.00	0	45.48	45.12	0.36	45.26	0.22	45.25	0.23	45.16	0.32	45.10	0.38	49.12	48.70	0.42	48.82	0.30	48.80	0.32	48.72	0.40	48.60	0.52
2.00	306	45.48	45.12	0.36	45.26	0.22	45.25	0.23	45.16	0.32	45.10	0.38	48.65	48.17	0.48	48.30	0.35	48.28	0.37	48.19	0.46	48.05	0.60
3.00	494	45.47	45.12	0.35	45.26	0.21	45.25	0.22	45.16	0.31	45.10	0.37	48.16	47.63	0.53	47.77	0.39	47.75	0.41	47.65	0.51	47.65	0.51
4.00	654	45.21	44.84	0.37	44.99	0.22	44.98	0.23	44.88	0.33	44.83	0.38	48.16	47.64	0.52	47.78	0.38	47.75	0.41	47.66	0.50	47.66	0.50
5.00	849	44.32	43.89	0.43	44.06	0.26	44.05	0.27	43.94	0.38	43.89	0.43	48.08	47.51	0.57	47.66	0.42	47.64	0.44	47.54	0.55	47.54	0.54
6.00	1256	44.04	43.57	0.47	43.65	0.39	43.64	0.40	43.51	0.53	43.51	0.53	47.73	47.22	0.51	47.30	0.43	47.30	0.43	47.19	0.54	47.19	0.54
7.00	1589	43.03	43.03	0.00	43.03	0.00	43.04	0.00	42.89	0.14	42.89	0.14	46.54	46.54	0.00	46.54	0.00	46.54	0.00	46.41	0.13	46.41	0.13
8.00	1933	42.27	42.27	0.00	42.27	0.00	42.27	0.00	42.15	0.12	42.15	0.12	45.61	45.61	0.00	45.61	0.00	45.61	0.00	45.51	0.10	45.51	0.10
9.00	2234	41.88	41.88	0.00	41.88	0.00	41.88	0.00	41.80	0.08	41.80	0.08	45.26	45.26	0.00	45.26	0.00	45.26	0.00	45.21	0.05	45.21	0.05
10.00	2538	41.61	41.61	0.00	41.61	0.00	41.61	0.00	41.61	0.00	41.61	0.00	45.17	45.17	0.00	45.17	0.00	45.17	0.00	45.17	0.00	45.17	0.00
11.00	2720	41.43	41.43	0.00	41.43	0.00	41.43	0.00	41.43	0.00	41.43	0.00	45.07	45.07	0.00	45.07	0.00	45.07	0.01	45.07	0.00	45.07	0.00
12.00	2968	41.00	41.00	0.00	41.00	0.00	41.00	0.00	41.00	0.00	41.00	0.00	44.66	44.66	0.00	44.66	0.00	44.66	0.00	44.66	0.00	44.66	0.00
13.00	3279	40.71	40.71	0.00	40.71	0.00	40.71	0.00	40.71	0.00	40.71	0.00	44.50	44.50	0.00	44.50	0.00	44.50	0.00	44.50	0.00	44.50	0.00
14.00	4479	39.87	39.87	0.00	39.87	0.00	39.87	0.00	39.87	0.00	39.87	0.00	43.86	43.86	0.00	43.86	0.00	43.86	0.00	43.86	0.00	43.86	0.00
15.00	5519	39.12	39.12	0.00	39.12	0.00	39.12	0.00	39.12	0.00	39.12	0.00	43.36	43.36	0.00	43.36	0.00	43.36	0.00	43.36	0.00	43.36	0.00

Deleted: 表2各个工况下不同设计频率的控制断面水位成果表

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体

4 二维水动力分析计算

滩坑水电站发电厂房厂址下游约 1.2km 处建有交通大桥，大桥设计有六孔，跨径 35m，柱径 2m。由于堆渣以及建桥可能使得桥址附近流场的流速和流向发生变化，特别是桥下游岸线形成冲刷，有可能引起河床不同于天然状况的冲刷变化，造成堤防的不稳定，对桥址附近河道及施工营地防洪造成影响。因此，本工程防洪评价有必要对各种工况方案下的流速、流态等变化进行计算。

本次交通桥河段河势影响分析计算采用平面二维数值模型分析各种工况下的流速及流场变化情况。二维计算模型边界条件主要依据一维河道的计算成果，采取与一维河道计算方案相耦合的计算模型。

(1) 计算范围及边界条件

本次平面二维数学模型主要研究电站交通桥附近水流情况，数模的水域边界定在大桥上游 420m，下游 675m 范围内。计算采用的地形数据资料由 1:1000 电子地形图采集。计算域用矩形网格划分，网格步长为 5m×5m，共产生网格点 220*160 共 35200 个网格，时间步长为 2 秒。

计算上边界采用一维计算得到的断面 5 各个方案相应设计频率洪水过程线，计算下边界采用断面 8 各个方案相应设计频率水位过程线，桥梁作为建筑物加入到模型中，其中桥墩的局部流场采用嵌套网格模型，网格步长为 1.7m×1.7m。

(2) 计算工况

本报告分别分析计算滩坑水电站下游堆渣清理及河道整治前、后洪水期下游交通桥附近水动力学形态：

洪水期主要分析计算域内流场分布，分析洪水对岸坡及桥墩的冲刷情况，以及河道内流场变化对行洪安全的影响；分为河道整治前工况和推荐设计方案建设后工况分析。

针对电站下游整治前后的 20 年一遇洪水期各种工况情况，分别计算得到流速等值图，水位等值线图，流速矢量图（由于图较多，将在 PPT 中演示）。

平面二维数学模型主要计算成果见表 3。

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体, 10.5 pt

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

Formatted: Font: 宋体

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体

表 3 滩坑水电站厂址河段主要计算成果汇总表

计算工况	水力开边界		流速范围 (m/s)				最大流速 (m/s)			
	断面 5 流量 (m ³ /s)	断面 8 水位 (m)	断面 5	桥址上游	桥址下游	断面 8	断面 5	桥址上游	桥址下游	断面 8
现状	6368	42.27	2.6~10.29	3~7.59	1.06~7.25	2.5~5.68	10.29	7.59	7.25	5.68
方案 5	6368	42.15	2.5~10.25	2.8~6.99	1.01~6.91	2.36~5.64	10.25	6.99	7.24	5.64
方案 5 地形改造	6368	42.15	2.92~5.23	2.9~6.2	1~6.5	2.36~5.63	5.23	6.2	6.5	5.63

(3) 成果分析

从现状流场图中可以看出,洪水期现状工况下,断面 5 处的流速范围为 2.6~10.29 m/s,最大流速达到 10.29m/s,位于河道左岸行洪区域。从流量分布图和流速分布图上可以清楚的看到行洪主要集中在河道的左侧区域,根据二维模拟的地形网格可以看出断面 4 向断面 5 过渡的区域右岸高程明显高于左岸,高程差达到 2m~3m 左右,致使左岸的分流量急剧加大,最大流速达到 10.29 m/s,且流向偏向左岸,这将加剧对左岸的冲刷,对岸坡的防洪造成不利影响。通过方案 5 的改造并没有改变这种分流比的严重不均衡,原因在于用于一维防洪模拟的工况主要是以降低水位达到防洪要求为目的,工程措施主要集中在岸边堆渣的处理上,而没有针对主行洪河道清淤的措施,造成了虽然防洪水位降低,但由于河道断面地形分布的不均匀性,造成局部河段流量分布失衡,流速过大影响防洪。因此为了防止流场中由于流量分布的严重不均匀造成流速过大,需对河道底部进行清淤,该段清淤主要是针对 4~5 断面的河道左岸,5~6 断面的河道中间行洪区域的工程措施,清淤深度为 2m 作用,整治的最终目的使河段断面的高程分布均匀,流速分布均衡,无特大值,减少对岸线及河底冲刷,以利于行洪安全。

交通桥附近形成了一个典型桥涵流场,从图中可以看出交通桥上游现状工况下河道断面流速范围为 3~7.59 m/s,而断面最大流速大多数出现在左侧河道深泓线附近,右岸的侧向流速在 2.5m/s 左右,而左岸的流速达到 3.3~4.67m/s 左右;交通桥下游河道断面流速范围为 1.06~7.25m/s,最大流速基本与上游相近,最小流速却小很多的,原因在于桥墩的阻水作用造成桥墩正下游面的流速很小,从流场图上可以看出由于交通桥建在河道的一个小转弯处,桥墩产生了一定的导流作用,流线被引导偏向于左岸,对左岸形成了一定的冲刷,冲刷流速达到 4~5 m/s 左右。综上交通桥上下游附近的流场存在两个问题,首先是由于 4 断面~6 断面河道断面地形高程分布不均匀致使行洪的分流偏向于左岸,且造成流速加大;其次由于桥墩的导流作用对流速、流向的改变造成了一定的影响,加剧了对左岸的冲刷。通过

Formatted: Font: (Default) 黑体, (Asian) 黑体, (Intl) Times New Roman

Formatted: Font: (Default) 宋体, (Asian) 宋体, 9 pt, Bold

Formatted: Font: 宋体

Deleted: 表 3 滩坑水电站厂址河段主要计算成果汇总表

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

Formatted: Bullets and Numbering

工况 5 的改造清理了桥两岸的堆渣使行洪断面增大，流速有所降低，桥上游断面流速范围 2.8~6.99 m/s，最大流速从现状工况下的 7.59 m/s 减小为 6.99 m/s。桥下游断面流速范围 1.01~6.91 m/s，最大流速与现状工况下的 7.25 m/s 减小为 6.91 m/s。通过方案 5，即对河道淤积断面进行疏浚的工程措施，交通桥上游最大流速减小为 6.2m/s，下游最大流速较小为 6.5m/s，同时从流场图中也可以看出由于疏浚作用使左岸的分流量减少，桥墩的导向作用也有所减弱，桥下游岸边的流速由工况前 4~5m/s 减少为 3m/s 左右。

从图中可以看出该段流场相对较为稳定，流速分布均匀，现状工况下流速范围在 2.5~5.68m/s 左右，方案 5 流速范围在 2.36~5.64m/s 左右，方案 5 流速范围在 2.36~5.63m/s 左右。由于该段河道地形无河道断面突然收缩放大、地形变化突兀不规则、岸线蜿蜒曲折等情况，故流场分布也较为均匀，几种工况下的流速范围都变化不大，且流线基本与岸线顺直，只是在 7 断面~8 断面岸线形成一弯道，水流对左岸形成一定的冲刷，冲刷流速在 3~4m/s 的范围内，影响较为有限。

综上所述为 MIKE 水动力学模块在大型电站防洪评价中一个实例，希望本文能为今后大型电站的综合防洪评价分析提供一些借鉴，同时也希望抛砖引玉，得到各位专家和同行在该方向提出建议和改进的措施。

作者简介：

程开宇，1978 年 11 月 11 日出生于吉林省长春市，华东勘测设计研究院助理工程师，厦门深青溪综合治理可研项目经理。2002 年毕业于河海大学水文水资源利用专业，2004 年至 2006 年在吉林大学计算机科学与技术学院攻读软件工程硕士。作为项目负责人及专业主设人承担院科研项目 2 项，I、II 类工程设计项目 30 余项。著有《实用河网水力计算研究》论文及 20 多项工程设计、咨询报告。从事工作及研究方向为城市防洪规划、水文水资源利用及水利水电工程水动力分析等。

陈雪良，1984 年毕业于上海电力专科学校电力系统发电厂专业；曾任华东勘测设计研究院规划处水能室副组长、工程四部副经理、工程二院副院长、信息中心主任、工程院副院长；现任华东勘测设计研究院环发院副院长兼水资源及动能经济所长。先后参加了浙江瓯江小溪、福建大樟溪干流、云南怒江下游、四川西溪河、力丘河水电梯级开发规划、浙闽边界交溪流域水资源综合利用规划、中华人民共和国水资源复查成果(分省)第七卷江苏省、湖州市(市区)城镇供水水源规划、杭州市水资源规划、景宁县新区(外舍)防护预可、先后参加了紧水滩、石塘、刘岐、莒口、新安江扩建、黄坛口扩建等常规水电工程、天荒坪、桐柏、舜皇山等抽水蓄能工程、临海括苍山、苍南鹤顶山、玉环鸡山等风电场设计工作；还参

Formatted: Font: 10.5 pt

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

Formatted: Font: 10.5 pt

Formatted: Font: 宋体, 10.5 pt

加了华东水电中长期发展战略规划、华东水电深度开发研究专题研究、西电东送、华东抽水蓄能电站开发时序研究。