

# Research Progress on Application of MIKE21 Hydrodynamic Model

Qing Luo, Lihong Liu, Yumeng Wang

Department of Earth and Environment, Anhui University of Science & Technology, Huainan Anhui  
Email: 1456068729@qq.com

Received: Jul. 15<sup>th</sup>, 2020; accepted: Aug. 4<sup>th</sup>, 2020; published: Aug. 11<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

MIKE21 model is a reliable means and an important basis for studying the movement of surface water flow. The model simulation of planar two-dimensional water flow is of great significance for the actual water condition verification, hydrological change calculation and future trend prediction. At present, many experts and scholars have carried out practical application of multi-angle, multi-level and different fields, and have repeatedly verified the accuracy and fit of the MIKE21 model. This paper mainly reviews the application of MIKE21 hydrodynamic model in river flood analysis, flood evolution in flood storage area, analysis of urban waterlogging risk and impact of water conservancy construction. The hydrological changes, general conclusions and application limitations, which are obtained, are discussed by the model under different simulation conditions. On this basis, it elaborates and summarizes, and forecasts the application and development trend of MIKE21 hydrodynamic model.

## Keywords

MIKE21 Hydrodynamic Model, River Flood, Flood Evolution in Flood Storage Area, Urban Waterlogging, Water Conservancy Construction

---

# MIKE21水动力学模型应用研究进展

罗庆, 刘丽红, 王雨蒙

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南  
Email: 1456068729@qq.com

收稿日期: 2020年7月15日; 录用日期: 2020年8月4日; 发布日期: 2020年8月11日

---

## 摘要

MIKE21水动力学模型是研究地表水流运动的可靠手段和重要依据, 模型关于平面二维水流的模拟, 对

于实际水情验证、水文变化计算、未来趋势预测具有重要意义。目前,已有许多专家学者对此展开了多角度、多层次、不同领域的实际应用,并对MIKE21模型的精确度和拟合度进行了反复验证。本文主要综述MIKE21水动力学模型在河道行洪分析、蓄洪区洪水演进、城市内涝风险分析和水利工程建设影响等方面的具体应用,讨论模型在不同模拟条件下得到的水文变化、一般结论以及应用局限性。在此基础上进行阐述和概括,并对MIKE21水动力学模型的应用和发展趋势进行展望。

## 关键词

MIKE21水动力学模型,河道行洪,蓄洪区洪水演进,城市内涝,水利工程建设

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

随着地表水文现象研究的深入,地表水流数值模拟越来越成为当今学者研究的焦点。MIKE21模型是丹麦水力学研究所开发的二维数学模拟软件,在国内外水动力学模拟中受到了广泛运用,并且取得较为良好的效果。其模型简便、运算快捷、模拟精度高、模拟结果真实,是目前国际上较为先进的模型之一。MIKE21水动力学模型是平面二维自由表面流模型,强大的前、后处理和运算功能,可以模拟由于各种作用力的作用而产生的水位及水流变化[1],为从事地表水工作技术人员提供可靠手段和重要依据,模型也在应用中不断发展和改进。

国内外对MIKE21水动力模型主要应用在河道行洪分析、蓄洪区洪水演进、城市内涝风险分析和水利工程建设影响等方面。河道行洪分析对河道安全运行[2]、河堤风险评价[3]具有重要意义;蓄洪区洪水演进[4]的模拟,可以得到在不同水情下的洪水影响;城市内涝是目前亟待解决的焦点问题,需要合理准确地模拟出大暴雨后的城市积水情况[5],找出积水原因和对策;水利工程建设[6]在发挥巨大的社会、经济效益的同时,会对原始流场产生一定影响,影响程度依靠模拟计算。对此,本文主要综述国内外关于这些领域应用的实际问题 and 研究现状,总结MIKE21水动力学模型在各方面应用的研究方法和一般结论,旨在为MIKE21水动力学模型研究前景和方向提供参考借鉴。

## 2. 河道行洪分析

河床经过常年淤积加上河道发生演变,河道运行安全会受到影响,需定期对河道行洪能力进行验证,河道行洪安全要考虑河道堤防、行洪水位和河道流场。唐永[7]构建了关于大辽河河道的MIKE21水动力学模型,依据防洪标准,对大辽河研究区整体堤防进行了分析。类似的河道堤防安全评价,还发生在冯金鹏[8]对大洋河行洪能力进行检验时,在建立水动力学模型模拟计算后,发现岫岩城市段从铁路桥至雅河汇合口上游,右岸和左岸满足不同洪水标准。另外,马贵友[9]对海城河建立二维水动力学模型,计算分析设计洪水条件下河道行洪能力及其流场分布,对河岸岸堤安全性提出了要求。张志林[10]选取东风水库上游复州河附近河道为模拟区,运用MIKE21 FM水动力模块绘制了河道流场图,讨论其行洪安全。郭维东[11]为研究浑河河道交汇口处的水流特性,选取中间河段作为研究对象,采用MIKE21软件进行洪水演进计算,对此河段的水面形态、流速分布及交汇口处分离区、滞留区等位置做了定量分析。

河道的洪水演进过程可以在MIKE21水动力模型中完整重现,对河道历史洪水进行模拟时,可以利

用已有观测资料进行参数的率定和验证,如李艳[12]在珥春河洪水演算中,利用20天汛期实测资料进行糙率系数率定,再用1989年洪水资料进行验证,其实测水位、洪峰流量与计算值误差控制在较低水平,证明河道参数选取较为合理,模拟结果接近历史洪水。在洪水演进过程中由于河道地理形状不利,存在漫溢溃堤隐患时,需要人工改造河道,而在河道改造后水文要素必然发生改变,曹磊[13]在浏阳河朝正垸急弯河段(改造拓宽了弯曲段)建立二维模型,利用水面线和断面流速资料对参数率定和验证后,对设计洪水模拟后发现在凸岸水流流速增大,在凹岸局部水位出现壅高。

运用 MIKE21 水动力学模型进行河道行洪分析时,会遭遇精确度和应用局限性问题:河道条件复杂未查明时,模型构建可能不够精确,选取的参数(糙率系数、干湿度和涡粘系数等)要经过反复率定和验证后,才能纳入模型使用中;河道洪水边界条件依据实测流量和水位资料或者设计资料给定,实际河道行洪过程较复杂,资料选取不一定适用河道模型。

### 3. 蓄洪区洪水演进

蓄洪区利用低洼地区分蓄河道超额洪水,削减河道洪峰流量,减低对河道两岸堤防的压力。利用历史洪水或设计洪水资料进行模拟时,不同的洪水条件得到洪水特征也不同,进而分析洪水演进特性、洪水风险区域,以及影响洪水演进的因素。常楚阳[14]利用 MIKE21FM 水动力学模块构建了杜家台分蓄洪区数值模型,分别对历史上不同频率洪水演进过程进行了模拟计算和分析,计算得到了杜家台地区遭遇不同频率汉江洪水时的分洪情况。在国外,Dushmanta [15]运用 MIKE21 水动力学模型成功地模拟了 Carrathool 和 Hay 之间区域的淹没深度,持续时间和在该洪泛区的淹没范围。冯畅[16]利用 MIKE21 水动力学模块,将澧南垸分洪闸流量过程作为边界条件,运用矩形结构化网格剖分计算域,对其分洪洪水演进过程进行数值模拟。孙东坡[17]应用 MIKE21 河流模拟系统,建立了黄河下游夹河滩-高村河段的水动力学数学模型。郭凤清[18]在成熟的 MIKE21 平台搭建了滏江蓄滞洪区洪水演进数值模型,应用 MIKE21 FM 模块中的有限体积法计算了滏江蓄滞洪区的洪水水位、滞洪时间、蓄洪量、流速的动态变化。

河道在时间、环境及人工修建缺陷因素影响下,河段里的险工险段会发生溃堤,侯海红[19]在新沂河标准洪水和超标准洪水出现溃堤情况下,建立了防洪保护区范围内的洪水演进水动力学数值模型,对不同水情下洪水风险集中区域进行了研究。刘冀[20]以碧流河水库下游为研究对象,利用二维非恒定流模型 MIKE21 对超标准洪水引起的淹没状况进行了模拟。

洪水演进会受到地质环境因素的影响,地形是一个重要因素,演进规模和程度在地形差异区域发生改变。蔡美营[21]以贾口洼蓄滞洪区为例,基于已有水文和地形资料,建立了洪水演进二维数值模型并验证,对大清河 100 年一遇设计洪水进行演进模拟,模型充分考虑了地面沉降因素的影响,分析了蓄洪滞区洪水在时间和空间上的分布特征,以及地面沉降状况对洪水特性的影响机制。

蓄洪区洪水演进模拟时,若洪水历时资料不全,模拟时长模糊难以确定,在给定短时段内就不能模拟出完整洪水过程;分蓄洪区、防洪保护区在要实际地理环境基础上进行模拟,在大坝、滩地范围内的蓄洪区与其余场地相比,地形条件和水力参数会有所差异,通过数据前处理对地形高程查验,模型参数依据实际情况选定,避免模拟与实际产生人为误差;洪水边界条件和地质情况依据实际资料插入,实际边界条件观测缺失或地质情况未查明,洪水演进模拟会受到较大影响。

### 4. 城市内涝灾害

近年以来,城市暴雨积水现象严重且频繁发生,研究暴雨积水和洪水演进过程,可以探清暴雨积水和洪水严重区域,查明内涝积水形成原因,为预防城市内涝和做好城市规划管理提供指导。麻蓉[22]以北京市朝阳区某规划小区为例,建立二维模型后,在典型降雨情况下模拟了研究区域内的积水过程。又采

用 ArcGIS 模型对该城市内涝工况模拟,两种模型计算结果对比分析后,MIKE21 模型的计算结果满足规范要求,模拟效果更好、精度更高。吴思[23]运用 DHI MIKE 软件对武汉市几个典型雨水系统建立模型并模拟计算,针对模型建立、参数的设置、数据的选取、地形的设置、模块耦合等问题提出了要点指导。

城市内涝包括暴雨积水通常会受工程设施和地形环境影响,而且影响效果持续明显。李传奇[24]采用适宜的矩形结构网格,考虑到城区建筑物可能对水流运动造成的影响,建立了济南市城区水动力学模型,并利用特大暴雨实测资料对模型糙率进行率定,模拟了历史降雨积水过程。任梅芳[25]以 2012 年暴雨洪水为例,采用 MIKE21 Flow Model 模型模拟莲花桥处积水深度及流速,基于此又模拟了该区域不同降水情景的积水程度。刘绍青[26]运用 MIKE21 软件对济南市城区主要马路及河流进行数值模拟,通过建立的水动力学模型,利用历史实测降雨资料对模型参数进行率定和验证,得到的模型能够准确地模拟该区域内的地形及水流情况。

城市暴雨形成内涝,若城市化程度较高,城市建筑物、工程设施较多,只能利用模型进行局部加密,但实际水流情况较为复杂,不能精确得到局部工况;城市内涝模拟需要数据前处理,城市暴雨资料则显得至关重要,不能完整观测暴雨过程导致原始资料不全,这对输入模拟条件和验证内涝过程影响较大。

## 5. 水利工程建设影响

水利工程的修建会对原始流场产生一定影响,主要取决于修建工程的规模、位置,一般水利工程包括涉河桥梁、船闸和码头等水面工程,建成后会在水位、流向和流速等方面产生变化,考虑这些变化为防洪影响评价和水利工程正常运行提供依据。

杨新伟[27]研究的拟建跨河桥梁在模拟计算后发现,当采用 300 年一遇洪水标准时,桥梁修建后水位产生了壅高,流速基本没有受到影响,对桥梁修建以后两岸堤防、主槽、滩地安全提出了分析评价。叶楠[28]研究大型桥梁的建成对河道产生的影响,通过利用洪水标准模拟计算后,发现桥位所在河道上游均有壅水现象,河槽和桥位断面流速增大,洪峰流量发生减小。果有娜[29]用 MIKE21 模块对模拟河道进行非正交矩形和三角形网格剖分,对河道及圆形桥墩局部的流场进行了数值模拟。张利[30]利用大凌河入海口处地形地貌和边界的特点,进行了多方案的水动力模拟计算,分析不同桥长方案下河道水位、流速的变化规律。

与桥梁工程的修建造成的影响不同,船闸工程的修建往往是在主河道旁滩地进行的,其引航道的开挖,会引起主河道的分洪引流。枚龙[31]以船闸工程中闸室泄水过程模拟为例,充分展现了 MIKE21 软件建模在船闸泄水非恒定流中模拟的优势。王俊杰[32]在梁济运河长沟船闸防洪影响评价中发现,拟建船闸增大了工程所在河段的行洪断面,整体上有利于河道泄洪;以及由于拟建建筑物的阻水作用,在局部产生壅水,但是壅水高度较小的变化特点。齐庆辉[33]在对韩庄双线船闸下游引航道水力特性模拟研究时,船闸灌、泄水过程中会形成非恒定流,水流运动较为复杂,采用了 MIKE21 水动力模型对此进行研究。

河道范围内码头工程中桩基群的存在会导致阻水,对水位、流场等产生影响,码头下部桩基数量较多,影响相互叠加,形成“群桩效应”,构建 MIKE21 水动力学模型可以定量分析水位、流场变化。李坡[34]发现在 100 年一遇标准洪水条件下,由于受码头新建引桥桩基群的阻水效应以及码头港池的开挖影响,码头附近流速均出现有所减小的趋势。同时,研究了码头附近河段水位因受桩基阻水作用发生变化的规律。李彬[35]为研究码头群连体扩建对河道行洪的影响,应用 MIKE21 软件对码头群连体扩建前、后的河道水流流态进行了数值模拟分析,得到了在码头群连体扩建后,主河道水流壅水高度和范围变化特征,以及码头前沿的流场分布情况。

水利工程建设可以通过地形高程局部加密处理,也可以通过 MIKE21 内部的卡片功能进行设置,属性设置依据工程类别而定,对工程的各项指标输入要求完整;工程建设后,原始条件发生改变,如局



部地形高程、糙率等都会随之改变,需要新一套资料构建模型;设施运行时,设计标准或者河道安全评价标准,不一定满足建设后实际情况,根据经验和模型结果进行调整。

## 6. 结论与展望

MIKE21 水动力学模型在国内外的研究中取得了丰富成果,满足了大量生产实践需要,解决了应用区遇到的实际问题,并能对水情演进趋势进行预测。目前,针对国内外大量研究成果作为基础,可以预见,模型未来存在以下问题和应用趋势[36]:

1) 模型应用区域范围扩大。受限于实际工程需要和原始数据资料缺乏,模型往往只能在局部区域和单一河道及其影响区域展开,研究区域范围较小,研究问题所得结论仅适用于小辐射范围。今后,可以逐步建立整个区块甚至整片流域范围内的大模型,对于把握整体内部演变规律,为规划管理以及评价大层面问题提供参考依据。

2) 多模块交互集成应用。本文主要综述了以往国内外水动力学模型应用实例,以平面二维水流运动研究为主,模块仅单一使用,可以与其它模块进行耦合,对泥沙运输、风浪、潮汐、水质环境方面进行模拟,还可以一维、二维和三维模型以及地表水与地下水模块进行耦合计算,实现 MIKE 软件在“水系统”整体内所有相关内容的综合应用。

3) 原始资料和模型参数实时更新。MIKE21 水动力学模型对原始资料和模型参数要求较高,需要对研究区实际情况进行水文地质资料查明,模型构建时要将实际地理环境条件转化成模型要素,模型参数率定和验证要以丰富的历史实测资料作为基础,模型的精确度和拟合度也需要依据实测数据来论证。能够通过联网与地理环境情况和最新实测资料连接,实时更新地理高程数据和历史洪水资料,简化数据处理过程,使环境变化和数据处理误差造成的影响极大降低,对实际还原最大化。

## 参考文献

- [1] 许婷. MIKE21 HD 计算原理及应用实例[J]. 港工技术, 2010, 47(5): 1-5.
- [2] Hooke, J.M. (2015) Variations in Flood Magnitude—Effect Relations and the Implications for Flood Risk Assessment and River Management. *Geomorphology*, **251**, 91-107. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.05.014>
- [3] Guido, G., Carmine, G.G., Irene, R., *et al.* (2016) Assessing River Embankment Stability under Transient Seepage Conditions. *Procedia Engineering*, **158**, 350-355. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.454>
- [4] Saskia, F., Chandranath, C. and Axel, B. (2008) Hydrodynamic Simulation of the Operational Management of a Proposed Flood Emergency Storage Area at the Middle Elbe River. *River Research and Applications*, **24**, 900-913. <https://doi.org/10.1002/rra.1090>
- [5] Gu, L. and Gu, N. (2014) Urban Waterlogging and Stormwater Management. *Applied Mechanics and Materials*, **587-589**, 554-557. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.587-589.554>
- [6] Lu, S.L., Wu, B.F., Wang, H., *et al.* (2012) Hydro-Ecological Impact of Water Conservancy Projects in the Haihe River Basin. *Acta Oecologica*, **44**, 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.07.003>
- [7] 唐永. 基于 MIKE 模型的大辽河行洪能力分析[J]. 吉林水利, 2018(8): 58-62.
- [8] 冯金鹏, 王凯, 殷丹, 等. 岫岩县大洋河行洪能力分析及其洪水风险图研究[J]. 水土保持应用技术, 2017, 13(3): 11-13.
- [9] 马贵友. 水工数值模型在河道洪水验算中的应用[J]. 东北水利水电, 2017, 35(3): 54-57.
- [10] 张志林, 贾艾晨. 基于 MIKE21 FM 模型的河道流场图绘制[J]. 东北水利水电, 2016, 34(10): 35-37+70+72.
- [11] 郭维东, 陈海山, 刘健. 浑河洪水特性数值模拟分析[J]. 水电能源科学, 2010, 28(4): 46-48+126.
- [12] 李艳, 吴桐. 基于 Mike 模型琿春河洪水演进数值模拟[J]. 吉林水利, 2016(12): 8-11+15.
- [13] 曹磊, 张贵金, 夏波, 等. 河道改造对弯曲河段的水力影响模拟研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2016, 14(1): 21-26.
- [14] 常楚阳, 周建中, 徐少军, 等. 基于 MIKE21FM 的杜家台分蓄洪区洪水演进模拟[J]. 人民长江, 2017, 48(S1):

14-18.

- [15] Dushmanta, D., Jin, T., Jai, V., *et al.* (2013) Storage-Based Approaches to Build Floodplain Inundation Modelling Capability in River System Models for Water Resources Planning and Accounting. *Journal of Hydrology*, **504**, 12-28. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.033>
- [16] 冯畅. 澧南垸分洪洪水演进模拟与可视化及蓄洪调度研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南师范大学, 2013.
- [17] 孙东坡, 靳高阳, 李向阳, 等. MIKE21 在黄河下游洪水演算中的应用研究[J]. 人民黄河, 2009, 31(11): 27-28.
- [18] 郭凤清, 屈寒飞, 曾辉, 等. 基于 MIKE21 的滠江蓄滞洪区洪水危险性快速预测[J]. 自然灾害学报, 2013, 22(3): 144-152.
- [19] 侯海红, 黄渝桂, 章鹏. 基于 MIKE 软件在防洪保护区洪水演进的研究[J]. 治淮, 2016(10): 18-20.
- [20] 刘冀, 李伟, 张弛, 等. 碧流河水库下游河道行洪能力及洪水淹没模拟[J]. 中国农村水利水电, 2008(2): 22-25.
- [21] 蔡美营. 蓄滞洪区洪水特性对地面沉降的响应研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2014.
- [22] 麻蓉, 白涛, 黄强, 等. MIKE 21 模型及其在城市内涝模拟中的应用[J]. 自然灾害学报, 2017, 26(4): 172-179.
- [23] 吴思, 王芳, 齐同湘, 等. DHI MIKE 软件在武汉市典型雨水系统评估中的应用[J]. 中国给水排水, 2014, 30(19): 113-115.
- [24] 李传奇. 济南市城区暴雨积水二维水动力模拟研究[C]//中国水利学会水力学专业委员会、中国水力发电学会水工水力学专业委员会、国际水利工程与研究协会中国分会. 水力学与水利信息学进展 2009. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2009: 5.
- [25] 任梅芳, 徐宗学, 黄子千, 等. 北京莲花桥区域暴雨积水模拟研究[J]. 水力发电学报, 2017, 36(12): 10-18.
- [26] 刘绍青. 济南市城区洪水淹没模拟研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2009.
- [27] 杨新伟, 常春龙. MIKE21FM 模型在跨河桥梁防洪影响评价中的应用[J]. 科学技术创新, 2017(36): 111-112.
- [28] 叶楠, 张蔚. MIKE21 模型在某大桥洪水影响分析中的应用[J]. 吉林水利, 2018(6): 44-48.
- [29] 果有娜. MIKE2 在圆形桥墩对河道洪水影响数值模拟中的探讨[J]. 水利水电工程设计, 2012, 31(1): 15-18.
- [30] 张利, 孟晓路. 基于 MIKE21 FM 模型的跨河桥梁壅水影响研究[J]. 中国防汛抗旱, 2018, 28(4): 44-47.
- [31] 枚龙. 基于 MIKE 模型在内河航道整治中应用研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2014.
- [32] 王俊杰. Mike 21 在梁济运河长沟船闸防洪影响评价中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2009.
- [33] 齐庆辉, 曲红玲, 东培华, 等. 韩庄双线船闸下游引航道水力特性模拟研究[J]. 水运工程, 2015(9): 117-122.
- [34] 李坡. MIKE21 在码头桩基“群桩”水力学效应分析中的应用[J]. 江淮水利科技, 2017(2): 26-28.
- [35] 李彬, 刘博, 郑国栋. 码头群连体扩建对河道水流影响的数值模拟[J]. 广东水利水电, 2013(6): 1-2+12.
- [36] 刘俊勇, 张云, 崔树彬. MIKE 软件在珠江流域水资源管理与规划中的应用[J]. 人民珠江, 2010, 31(1): 56-59.