

基于 MIKE21 的三都港溢油风险研究

段 驰¹, 宁 灏¹, 丁志斌², 路 钊³, 王明强¹

(1.92403 部队, 福建 福州 350007; 2.陆军工程大学国防工程学院, 江苏 南京 210007;
3.31605 部队, 江苏 南京 211100)

摘 要: 三都港口小腹大、水深港阔, 养殖业发达, 对闽东地区经济发展极为重要。港域船舶通行频繁, 船型向大型化发展, 存在一定溢油风险。本研究利用叙利亚溢油事故遥感影像验证了模型的准确性, 采用 MIKE21 软件 Oilspill 模块构建溢油模型, 对水运航线上的 6 个点位和不同风况情景进行溢油模拟。结果表明, 溢油轨迹受风向影响较大, 静风状态时, 溢油在潮汐作用下扩散面积大。研究结果可为海洋环境决策和应急处置提供参考。

关键词: 三都港; 溢油; 风险; MIKE21

中图分类号: X502

文献标识码: A

文章编号: 1006-7973 (2023) 01-0047-03

引言

福建宁德三都港是海峡西岸经济区的重要组成部分, 是我国著名的大黄鱼之乡, 郭沫若曾赞“良港三都举世无, 水深湾阔似天湖”。但其仅有东冲口一个入海口, 水体交换能力较弱。近年来随着宁德三都港域养殖业和航运业深度发展, 事故概率升高, 溢油风险日渐突出。

从 60 年代开始, Blokker、Fay、Hoult 等人陆续建立了溢油风险数值模拟方法^[1], 80 年代 Johansen 提出的拉格朗日油粒子追踪模型^[2]被广泛用于溢油模拟计算中。本研究利用事故遥感影像验证了 MIKE21 软件的准确性。采用潮汐实测值验证水动力模型后, 用 Oilspill 模块进行溢油轨迹模拟。溢油模拟结果可以为当地海事管理部门提供决策参考。

一、溢油模型科学原理

在重力和表面张力的作用下, 海面溢油迅速延展扩散至数公里。虽然溢油油品可能不同, 在风和潮流的作用下最终都将延展至 0.1mm 左右。MIKE21 基于欧拉-拉格朗日粒子追踪理论, 将溢油风化漂移过程划分为延展扩散、蒸发耗散、溶解、乳化、沉积、光解和生物降解等 7 个方面, 并建立数学方程进行模拟。伴随着油品物理和化学性质的改变, 溢油事故造成的生态影响也慢慢恢复。

软件将油品分为两种主要成分: 轻的挥发性组份 (分子量 160g/mol、沸点 < 300℃) 和重组份, 其中重组份包括短期内视为不可降解、蒸发和溶解的蜡质和沥青质。软件考虑 8 个变量来模拟油品状态: 挥发份 (kg)、重组份 (kg)、沥青质 (kg)、蜡质 (kg)、油水比例 (kg/kg)、油粒直径 (m)、溢油面积 (m²)、油在水上或陆上的状态 (逻辑 1/0)。

二、遥感影像验证

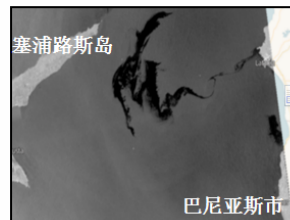
2021 年 8 月 23 日叙利亚沿海城市巴尼亚斯 (35.9242° E, 35.1706° N) 1.5 万 t 储油罐发生泄漏并长时间未得到控制。图 1 显示 8 月 24 日 Copernicus

Sentinel-1 卫星影像, 卫星影像显示溢油面积已达 1,057km², 大部分在公海, 其中巴尼亚斯近海溢油面积 123km², 随着事态发展溢油进一步向塞浦路斯和土耳其海岸靠近。

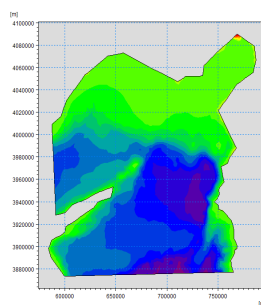
提取全球海陆地形数据库水深数据, 生成 mesh 文件, 采用美国国家环境预报中心 (NCEP) 该地中海海区逐小时再分析风场数据。从 23 日 0 时开始模拟 10d 溢油, 输出结果如图 1 所示。根据模拟结果, 公海溢油面积为 915km², 近岸面积为 205km², 面积数据与实际溢油基本一致。



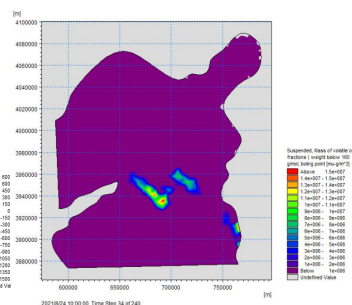
a. 事故航拍



b. 遥感影像



c. mesh 地形水深图



d. 模拟图

图 1 卫星遥感影像和模拟对比图

三、建立水动力模型

1. 水动力模型基础数据获取和生成

(1) 获取地形和水深数据

收稿日期: 2022-05-14

作者简介: 段 驰 (1990-), 男, 福建省福州市仓山区 92403 部队工作, 助理工程师。

通讯作者: 宁 灏 (1986-), 男, 福建省福州市仓山区 92403 部队工作, 工程师。

用 Arcgis 软件将陆地和岛屿 kml 路径文件转换为 xyz 边界文件, Global Mapper 软件将海域水深数据导出 xyz 文件。将墨卡托 UTM 投影转换成经纬度 LONG/LAT 坐标, 设置陆地、东冲口、交溪、霍童溪和兰田溪 5 个边界, 生成三角形网格。水深插值后得到 mesh 网格文件, 如图 2 所示。

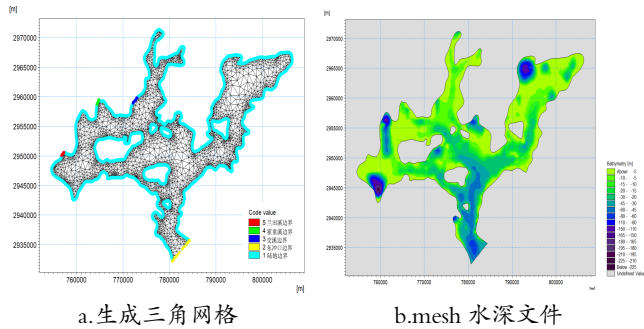


图 2 三都港区网格划分和 mesh 文件

(2) 获取风力数据

从国家气象信息中心获取宁德站 (119.31° E, 26.40° N) 2021 年全年逐日风力数据。根据最大风速 (给定时段内的 2 min 平均风速的最大值) 和风向建立风力 dfs0 时间序列文件, 通过 MIKE21 Plot Composer 模块绘制了风力曲线图和风力玫瑰图, 如图 3 所示。可以看出, 港区全年平均主要控制风向为南风, 主要风力区间为 2.7~3.8m/s。

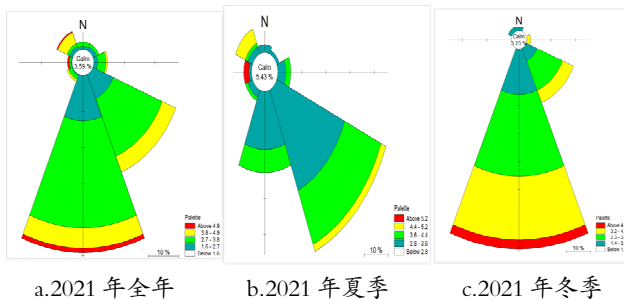


图 3 三都港区年度风力风向玫瑰图

(3) 获取潮汐数据

2021 年 12 月 1 日-8 日利用上海精导科学仪器公司生产的 DCX-25 自容式潮位仪测得潮汐高度, 采用英国 Valeport Model 106 型旋桨式海流计实测得到礁头村码头流速、流向数据, 建立 dfs0 时间序列文件。经软件验证, 实测值和软件预测值吻合。

2. 建立港区水动力模型

建立 MIKE21 水动力模型, 东南开边界采用软件自带潮位预测值进行驱动, 源项设置 3 个河流输入, 径流量分别为交溪 221m³/s、霍童溪 102m³/s 和兰田溪 10m³/s^[3]。干湿边界取软件预设值, 海床阻力曼宁数取 28m^{1/3}/s, 涡旋粘滞系数取 0.20, 时间步长 1,800s, 模拟 240 步 5d 的水动力流场, 生成 decoupled 水动力耦合模型用于溢油分析, 使用 Grid series 工具将水动力 dfsu 文件转换成可供 Oilspill 模块利用的 dfs2 文件。

四、建立溢油模型

1. 油品和溢油量的设定

研究模拟油品设定为柴油, 密度为 830kg/m³, 其轻的挥发性组份 (分子量 160g/mol、沸点<300℃) 占 70%, 重组份为占 30%。设定油粒子数 1000, 方式为 2h 内溢散, 建立 oilsource.dfs0 时间序列文件。分溢油点和情景组合 2 种方式进行模拟, 从 2021 年 12 月 2 日 12: 00 开始模拟 72h。

2. 溢油点的设定

根据港区地形和船舶航线情况选取 6 个溢油点, 位置如图 4 所示。A 点设置在交溪河口, 交溪径流量较大, 可能造成污染较广; B 点设置在礁头村东, 礁头码头外侧, 此点船舶往来频繁, 居民点众多, 若发生溢油, 污染威胁较大; C 点位于三都岛和白鹤岛之间航线上的重点区域; D 点位于青山岛东航道; E 点若发生溢油将对东安岛附近稠密居民点造成严重影响; F 点位于东冲口, 若发生溢油事故后果严重。

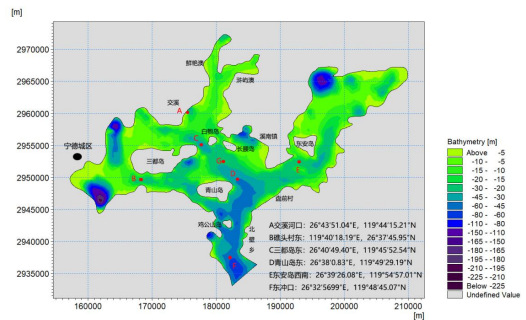


图 4 溢油地点选取

3. 溢油模拟情景设定

参考《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T 1143-2017), 选取三都港中心 G 点为溢油点, 设置情景组合进行模拟, 输出 72h 溢油结果。根据 2021 年风力数据, 设定情景组合如表 1 所示。

表 1 溢油模拟情景组合

序号\情景	风况	风速 (m/s)	风向	温度 (℃)
1	静风	0	0	20
2	夏季主导风	3.5	SE	25
3	冬季主导风	3.1	S	5
4	最不利风	19.4	NW	20

五、溢油模拟结果与分析

1. 溢油点模拟结果

(1) 结果输出

通过对 6 个位置柴油溢油事故进行模拟, 得到 72 h 结果如图 5 所示。

(2) 结果分析

河口 A 点若发生溢油事故, 溢油主要受潮汐影响在河口附近往复扩散, 污染海岸线达到 18km。经 72h 扩散, 污染海域达到 50km²。

航道 B 点的溢油将在 5h 内率先到达青山岛西部海岸, 并在潮汐作用下往复扩散。污染将充斥三都岛和青山岛之间海域, 对港域西南海岸造成严重污染, 72h 污染海域达到

52km²。

航道 C 点的溢油将随着潮汐在港域中心海域往复运动，重点污染白匏岛和长腰岛及中部海域。72h 油污染扩散海域达到 71km²。

航道 D 点的溢油主要造成主航道污染，部分油粒子 2h 即到达东冲口附近的鸡公山岛，3.5h 到达东冲口附近海域。72h 污染海域达到 78km²。

E 点若发生溢油将迅速污染东安岛北部海域，油污在潮汐作用下 4h 即到达鸡公山岛，72h 污染面积达到 138km²，对当地大黄鱼和海带养殖造成威胁。

入海口 F 点若发生溢油，30min 就能到达海岸，油污主要威胁北壁乡海域，72h 污染海域达到 28km²。

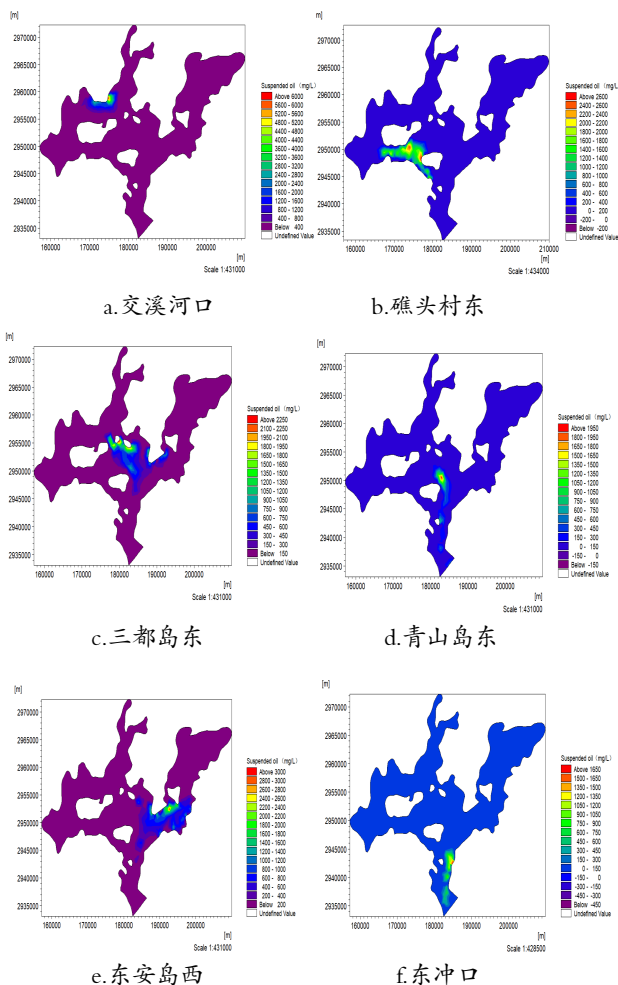


图 5 溢油点模拟结果

2. 情景组合模拟结果

(1) 结果输出

G 点嵌入溢油轨迹输出结果如图 6 所示。

(2) 结果分析

静风时，溢油 2h 到达青山岛西北海岸，6h 到达鸡公山岛，32h 全面扩散至溪南镇和东安岛南侧海岸。污染物主要受潮汐影响，污染范围大，72h 溢油扩散面积达到 150km²。

夏季时，溢油 1.5h 到达白匏岛，4h 到达长腰岛，油污

在两岛南侧海域往复运动。72h 溢油污染扩散面积达到 32km²。

冬季时，溢油 2.5h 到达溪南镇海岸，主要污染东北部海岸，72h 溢油扩散面积达到 34km²。

不利风时，溢油在 NW 风向作用下，直扑青山岛东北角（45 min 到达）和北壁乡海岸（1.5h 到达），对其港区东部海域造成污染，72h 溢油扩散面积达到 39km²。

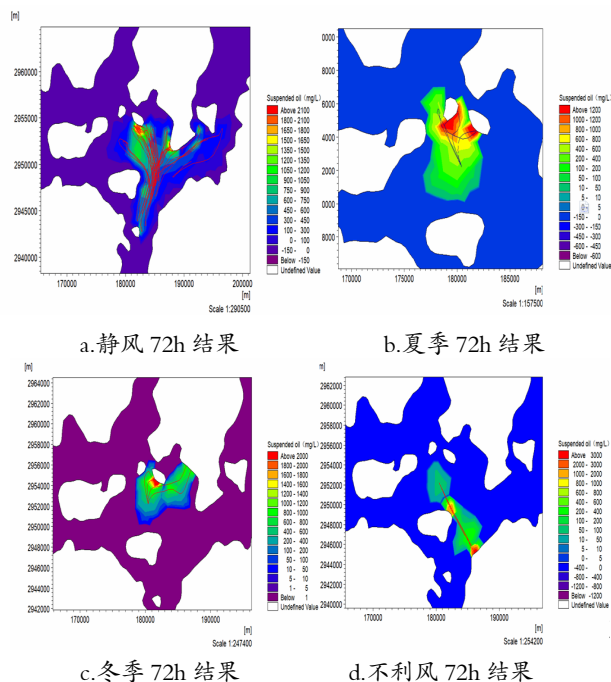


图 6 溢油情景组合模拟结果

六、结论与对策

本研究利用 MIKE21 软件 Oilspill 模块，选取了不同点位和风况情景进行溢油模拟，通过模拟结果的直观体现，发现：溢油轨迹受风向影响较大，溢油向下风区域集中；静风状态时，溢油在潮汐作用下往复运动，较风况情景组合时，溢油扩散面积大。

三都港海事管理部门须按交通运输部《船舶污染应急设备库运行管理规范》备齐围油栏、收油机、吸油毡、消油剂等防溢油设施设备；加强与相关部门沟通协调，在设备和组训方面互相支援，建立联动长效机制；加强应急处置指挥训练，修订完善方案预案，提高污染控制和清除能力，为港区生态和人民健康保驾护航。

参考文献

- [1] 李燕, 杨逸秋, 潘青青. 海上溢油数值预报技术研究综述[J]. 海洋预报, 2017, 34 (5): 89-98.
- [2] Johansen O. A New Simulation Model for Oil Spill Management [A]. Proceedings Oil Spill Conference[C]. Washington DC.1987: 529-532.
- [3] 福建省宁德市水利局. 宁德市水利志[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.