

阜阳市港口及航道水环境风险分析及应急预案

张崇安¹, 王万杰², 张 聘²

(1. 安徽省阜阳市海事局, 安徽 阜阳 236000 2. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 :以安徽省阜阳市港口及航道为例,从风险事故识别、风险概率等方面对阜阳港及航道运输可能产生的事故进行风险评价。采用溢油扩散、漂移模型对可能发生的典型溢油事故进行预测和影响分析,并提出相应的风险防范措施及应急预案,为保障阜阳港水环境安全提供技术依据。

关键词 :溢油模型;水环境;风险分析

中图分类号 :X507 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2007)S2-0069-02

阜阳港位于安徽省阜阳市,地处安徽省西北部。腹地内河众多,水运资源丰富,发展内河航运条件十分优越。近年来,阜阳市内河航运得到了很大发展,港口规模逐渐扩大。2005年,通航里程达 691.06 km (含 168 km 淮河航道),有港口(点)14 个,生产性码头泊位 55 个,100 t 级泊位 48 个,300 t 级泊位 7 个。目前,阜阳港已成为集国内外贸货物运输、装卸、仓储等多功能的综合性重要港口。

随着港口运输的不断繁荣,由船舶带来的水域环境污染的风险也相应增加。其中,船舶溢油事故对水环境的污染是普遍关注的风险问题。船舶一旦发生溢油必将对水体生态环境带来严重破坏,并影响经济发展。据资料统计,2004 年因船舶溢油造成的直接经济损失就达 1000 多万元^[1]。因此,有必要对阜阳港溢油风险进行评价,并提出防范措施以及应急预案。

1 水环境风险事故识别

1.1 事故类别

通过对港口作业及航运中的风险进行全面分析,得出可能发生的主要事故类别为:船舶运输过程中由于撞船等原因造成的漏油事故;货物装卸过程中的货物泄漏风险。

1.2 事故概率

据港监部门统计资料,阜阳航道上还没有发生过大规模的石油等液体化工品的运输风险事故,但随着石油货运量的增加,这一风险仍然存在。美国 1993 年的统计资料表明,美国每年大约有 2 000 次

溢油事故发生在内陆水域,溢油量约 5 000 桶。发生在内河的溢油次数比海洋溢油多得多,且多为较小规模的事故。因此,阜阳港附近航道仍存在一定安全隐患,有必要进行环境风险分析。

2 水环境风险事故影响分析

2.1 典型事故源强分析

石油运输船一旦发生碰撞,就会发生溢油事故。本文中以此作为典型事故,对事故影响进行分析。根据阜阳区域运输船舶的船型、吨位估算设定一次航程石油贮量为 10 t,一次事故泄漏一般按 10% 计算,则单项事故溢油总量为 1 t,据此预测溢油产生的油膜漂移扩散过程。

2.2 预测内容及方法

2.2.1 预测内容

对溢油事故发生后造成的油膜的漂移轨迹及在水面上扩展范围进行计算。

2.2.2 预测方法

a. 溢油扩散模型。由于油比重较水轻,溢油初期,油停在水面上,采用费伊公式进行预测计算^[2]。费伊公式将油膜的扩延分为 3 个阶段,分别是惯性扩展阶段、粘性扩展阶段和表面张力扩展阶段,3 个阶段的公式如下:

①惯性扩展阶段。

$$D_1 = 2K_1(g\Delta V t^2)^{1/4} \quad (1)$$

式中: D_1 为第 1 阶段油膜直径, m; g 为重力加速度, m/s^2 ; V 为溢液总体积, m^3 ; t 为从溢液开始计算所经历的时间, s; K_1 为经验系数,取 1.14。

②粘性扩展阶段。

$$D_2 = 2K_2 (g \Delta V^2 / \sqrt{\gamma_w})^{1/6} t^{1/4} \quad (2)$$

式中： D_2 为第 2 阶段油膜直径，m； $\Delta = 1 - \rho_0 / \rho_w$ ； ρ_0 为油的密度，取 800 kg/m^3 ； ρ_w 为水的密度，取 1000 kg/m^3 ； γ_w 为水的运动粘性系数，取 $1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ； K_2 为经验系数，取 1.45。

③表面张力扩展阶段。

$$D_3 = 2K_3 \left(\frac{\delta}{\rho_w \sqrt{\gamma_w}} \right)^{1/2} t^{3/4} \quad (3)$$

式中： D_3 为第 3 阶段油膜直径，m； δ 为净表面张力系数， $\delta = \delta_{aw} - \delta_{oa} - \delta_{ow}$ ，取 0.3 N/m ； δ_{aw} 为空气与水之间的表面张力系数， N/m ； δ_{oa} 为油与空气之间的表面张力系数， N/m ； δ_{ow} 为油与水之间的表面张力系数， N/m ； K_3 为经验系数，取 1.14。

则扩散结束时的面积为

$$A_f = 10^5 V^{3/4} \quad (4)$$

b. 溢油漂移模型。油膜漂移距离用等效圆油膜随水流漂移的距离表示。油膜等效圆中心的位置根据下式计算：

$$x = x_0 + \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} v_0 dt \quad (5)$$

式中： x_0 为溢油发生的初始位置，m； v_0 为流速与风速的合成速度， m/s ； t_0 为溢油发生时间，s； Δt 为时间间隔，s。

2.2.3 水动力条件

油膜在航道内的扩展迁移与水动力条件有关。阜阳市境内航道纵横交错，本文以骨干航道颍河为例。根据历年水文资料，确定典型断面平均流速，并计算得到水表面的表层水流流速为 0.28 m/s ，作为油膜漂移预测的水动力条件。表面风速不妨取为 0。

2.2.4 预测结果及分析

根据上述源强、水动力条件，得到油膜扩延预测结果，见表 1。

表 1 石油类事故排放油膜扩延预测结果

距事发断面 距离/m	时间/min	面积/ m^2	等效圆 半径/m	厚度/mm
3.4	0.2	76.6	5	16.3
6.7	0.4	153.3	7	8.2
10.1	0.6	229.9	9	5.4
13.4	0.8	306.6	10	4.1
16.8	1	383.2	11	3.3
33.6	2	766.5	16	1.6
67.2	4	1482.8	22	0.8
100.8	6	16390.2	72	0.08
134.4	8	25234.4	90	0.05
168.0	10	35266.1	106	0.04
201.6	12	46358.5	121	0.03
336.0	20	99747.5	178	0.01

由表 1 可见，溢油事故发生后 10 min，油膜到达下游 168 m 断面，等效直径约 212 m，占河宽的 58.9%；20 min 后油膜到达下游 336 m 断面，等效直径为 356 m，几乎布满整个河道。因此，各港口管理处应做好相应的防范措施，加强水上危险品运输和船舶装载危险品的管理。船舶在航道中一旦发生溢油事故，若不采取应急预案，将对航道水环境带来较大影响。工作人员应立即通知相应的应急组织指挥机构，启动应急预案，进行溢油回收，消除水面残液。

3 风险防范措施及应急预案

3.1 风险防范措施

港口、码头一旦发生石油、危险化学品泄漏等事故，将会对生命财产安全和环境造成不可估量的损失。因此，相关主管部门应加强化学品运输、装卸、储存等作业的安全管理，杜绝一切人为事故隐患，减少溢油、泄漏等事故风险，认真落实下列措施是十分必要的^[3-4]。

a. 海事管理部门应做好相应的防范措施，加强水上危险品运输和船舶装载危险品的管理，运载危险品的船只单独过闸，避免撞船、搁浅等事故的发生。

b. 协助有关部门做好进出港船舶的调度工作，做到有序有序，避免船舶相撞。

c. 溢油事故一旦发生，最早发现者切断事故源强，事故部门自救。

d. 若发生溢油事故，应在事故发生点周围布设围油栏，围油栏布置的范围可根据油膜扩展范围确定，将溢油事故污染控制在围油栏包围的水域范围内。同时启动应急预案，进行溢油回收，消除水面残液。

e. 分别制定溢油、泄漏等事故的应急计划，明确事故发生时的应急措施，并定时演习。

3.2 应急预案

阜阳市海事局所属各港区应成立安全领导小组和应急指挥部门，设立事故应急中心，当地海事、环保、公安、质检、卫检、消防等单位为事故应急中心的合作单位，发生污染事故时尽快减轻和消除事故影响。平时由港航监督部门进行安全生产监督、检查，及时发现并排除事故；一旦发生事故，立即启动应急程序，及时汇报^[5]。

事故处理完毕后，港区应将事故原因、溢液量、污染处理过程、污染范围和程度，书面报告海事和当地环保部门，由海事部门和环保部门组织调查，按实际情况确定由事故溢液造成受损失的赔偿费用，经法院最终裁决后，给予经济补偿。（下转第 87 页）

表 4 基于 PPDC 的水质评价模型的实例分析

湖泊	$\rho(\text{TP})/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	耗氧量/ ($\text{gm}\cdot\text{L}^{-1}$)	透明度/m	$\rho(\text{TN})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	PPDC 方法	神经网络 方法特征值	AGA 算法 特征值	IEA 算法 特征值
杭州西湖	130	10.30	0.35	2.76	1.1425	5	4.92	4.85
武汉东湖	105	10.70	0.40	2.00	1.0594	4	4.80	4.72
青海湖	20	1.40	4.50	0.22	0.6177	3	3.09	2.99
巢湖	30	6.26	0.25	1.67	0.8960	4	4.59	4.41
滇池	20	10.13	0.50	0.23	0.8204	4	3.67	3.81

标值都在 5 级(极富营养)水质范围内,评定结果为 5 级,而模糊神经网络法认为其水质等级为 4 级。对于巢湖和滇池,它们总磷指标值分别落在 4 级和 3 级水质范围内,耗氧量指标分别落在 4 级和 5 级范围内,且都与 4 级的上限值相近,透明度指标值都落在 5 级水质范围内,巢湖接近 5 级上限而滇池接近 4 级上限值,总氮指标值分别落在 5 级和 3 级水质范围内,评定结果为 4 级,此与文献 [2] 的结果一致,从两者的投影特征值来看,巢湖的水质比滇池的水质要差些。

最佳投影方向各分量绝对值的大小实质上反映了各水质指标对水质等级的影响程度,各分量绝对值越大则对应的水质指标对水质等级的影响程度就越大,由最佳投影方向 $a'=(0.4196, 0.5172, 0.5947, 0.4503)$ 可见,透明度、耗氧量、总氮、总磷对水质等级的影响程度依次减小,这与水污染管理的经验相一致,这反过来验证了水质评价标准是合理的。

3 结 语

由上可见,基于 PPDC 方法的湖泊环境质量评价模型能有效地克服现有模型的缺点,从应用的角度来看是可行的,该模型具有简单、客观、通用等特点,有着广阔的应用前景。

(上接第 70 页)

4 结 语

阜阳港在运营阶段通过落实完善的事故防范措施,可以将溢油风险事故发生率控制在很低水平,乃至杜绝事故发生。一旦发生装卸溢油事故,虽然将对下游水环境构成明显影响,但通过紧急启动事故应急预案,可以减缓并最终消除对水环境的污染影响,保证下游水体正常的水环境功能。

参考文献:

[1] 金海明. 防止船舶溢油污染宁波港的应对措施[J]. 中国

参考文献:

[1] 金菊良. 水资源系统工程[M]. 成都:四川科学技术出版社, 2002.
 [2] 金菊良, 丁晶. 水质综合评价的投影寻踪模型[J]. 环境科学学报, 2001, 21(4): 431-434.
 [3] FRIEDMAN J H, TURKEY J W. A projection pursuit algorithm for exploratory data analysis[J]. IEEE Trans on Computer, 1974, 23(9): 881-890.
 [4] 赵小勇, 付强, 刑贞相, 等. 投影寻踪模型的改进及其在生态农业建设综合评价中的应用[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 222-225.
 [5] 王顺久, 张欣莉, 丁晶, 等. 投影寻踪聚类模型及其应用[J]. 长江科学院院报, 2002, 19(6): 53-55.
 [6] 倪长健, 崔鹏. 区域泥石流危险度评价的投影寻踪动态聚类方法[J]. 山地学报, 2006, 24(4): 442-445.
 [7] 任若恩, 王惠文. 多元统计数据分析——理论、方法、实例[M]. 北京:国防工业出版社, 2000: 148-151.
 [8] 倪长健. 免疫进化算法[J]. 西南交通大学学报, 2003, 38(1): 87-91.
 [9] 胡明星, 郭达志. 湖泊水质富营养化评价的模型神经网络方法[J]. 环境科学研究, 1998, 11(4): 40-42.
 [10] 金菊良, 丁晶. 遗传算法及其在水科学中的应用[M]. 成都:四川大学出版社, 2000: 118-122.
 [11] 苏鹏程, 倪长健. 基于免疫净化算法的逻辑斯谛曲线水环境质量综合评价模型[J]. 山地学报, 2004, 22(4): 439-444. (收稿日期: 2007-04-06 编辑: 高渭文)

水运, 2006, 4(4): 52-53.

[2] 杨柳俊. 阳鸿石油码头水环境风险事故影响评价[J]. 水资源保护, 2005, 21(5): 46-48.
 [3] 李永华, 刘华祥, 李帅. 化学品仓储项目水环境风险评价及防范[J]. 广东化工, 2005, 32(7): 95-96.
 [4] 王泽申. 安全分析和事故预测[M]. 北京:北京经济学院出版社, 1990: 112-114.
 [5] 毛文永. 环境影响评价技术方法[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2006: 263-265. (收稿日期: 2007-11-30 编辑: 徐娟)