

长江下游石油码头水污染事故影响分析及应急预案

王万杰, 束龙仓, 毛旭东

(河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要:以长江下游石油码头为例, 分析生产过程中水污染事故源及源强, 通过数值计算进行模拟。计算结果表明, 事故发生在涨潮过程时会对上游的自来水厂取水口造成污染。针对长江下游的水文特征提出了相应的应急预案, 以减轻事故发生后对周围水环境的影响。

关键词:长江下游; 石油码头; 水污染; 应急预案

中图分类号: X522 文献标识码: A 文章编号: 1004-6933(2006)06-0102-03

Water pollution accidents at petroleum wharf on lower Yangtze River and emergency measures

WANG Wan-jie, SHU Long-cang, MAO Xu-dong

(State key Laboratory of Hydrology-water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Through a case analysis of a petroleum wharf on the lower Yangtze River, the pollution sources and their intensity during accidents of loading and unloading were analyzed and predicted by mathematical models. The research shows that water intake of water plants on the upper river will suffer from pollution when the accident happens during flood tide. Furthermore, an emergency plan was suggested to reduce the hazardous effects of accidents on water environment.

Key words: lower Yangtze River; petroleum wharf; water pollution; emergency plan

长江下游自江西湖口至长江入海口, 长度约 900 km。沿岸有众多的石化码头, 仅从南京至上海约 400 km 的沿江两岸, 就有南京、镇江、扬州、常州、江阴、张家港、泰州、南通等码头十几处。这些码头小的达千吨级, 大的达数万吨级。由于历史原因和规划的不合理, 部分江段石油码头与取水口犬牙交错, 存在着极大的环境风险。据统计, 江苏省南京、镇江、扬州、常州、泰州、南通 6 市的 11 个饮用水水厂取自长江。因设备质量缺陷或故障以及有关人员的不安全行为等因素, 造成管道(包括泵、阀门、法兰等)泄漏和船舶溢油等事故, 易产生水污染并对周围水环境特别是饮用水源造成污染^[1-6]。为减轻水污染事故对周围水环境的影响, 应对事故的发生源进

行分析, 制定合理有效的污染事故应急预案。

1 水污染事故源及源强分析

1.1 事故源

石油码头的作业方式和工艺流程主要有以下 4 种: ①将石油通过管道直接输送至码头, 再通过码头装船: 管道→码头→船舶。②将较大吨位船舶上的石油通过码头直接驳至较小船舶上。③将船舶石油通过码头输送至岸上的储罐设施: 船舶→码头→管廊→泵→储罐。④将岸上的储罐设施上的石油通过码头输送至船舶: 储罐→泵→管廊→码头→船舶。

根据以上 4 种作业方式的工艺流程, 生产过程中的水污染事故源为管道泄漏和船舶装油过程中的冒舱。引起管道泄漏的主要原因有: 供、受油双方配

作者简介: 王万杰(1964—), 男, 河南嵩县人, 工程师, 硕士, 主要从事环境规划和评价工作。E-mail: cba@hhu.edu.cn

合不当(供方阀门先开,而受方尚未开阀);管道老化或有质量缺陷、管道内压力过大产生的爆管;输油臂脱落;法兰老化;忘记关闭阀门等^[78]。船舶冒舱主要是由于配合不当、操作失误、工作疏忽、阀门失灵等原因造成的。

据统计,1985~1995年长江上游至下游发生船舶污染事故766起,其中由于操作不当引起的污染事故有606起,占事故总数的79%^[5]。这说明工作疏忽和操作不当等人为因素是引起事故性污染的重要原因^[89]。

1.2 源强分析

由于事故的发生有极大的不确定性,其源强难以准确确定。一般地,石油泄漏量的大小与管道输送的流量及泄漏时间有关。

发生事故时的石油流量与液体容器上方的压力、液面与泄漏口的高度差及泄漏口的直径有关,其流量按下式计算^[1]:

$$Q = 10^3 \times C_d A_r \rho_L \sqrt{2(P_L - P_A) / \rho_L + 2gh}$$

式中: Q 为石油泄漏流量, g/s; C_d 为流量系数,取0.60~0.64; A_r 为泄漏口的断面面积, m^2 ; ρ_L 为石油密度, kg/m^3 ; P_L 为石油容器上方的压力, N/m^2 ; P_A 为外界大气压, N/m^2 ; h 为液面与泄漏口的高度差, m 。

当事故发生在油泵工作期间且管道整个断面破损或脱落时,泄漏流量也可由泵的额定流量估算。

而泄漏时间的长短由事故发生时间及采取措施的有效性决定,少则几分钟,多则数小时。如1995年6月19日发生在重庆万县(现万州区)鼓洞附马油库码头的一起装卸作业溢油事故,因工作人员疏忽,忘记关阀门,导致油库1028t航空煤油泄漏入江^[10]。在日常安全生产管理到位的情况下,管道发生泄漏5min左右即可关闭阀门。

2 石油水污染事故影响分析

以某石油码头为例,进行石油水污染事故影响分析。本文所研究石油码头位于长江下游,主要进行原油和成品油作业,码头上游2km是城市自来水厂取水口,见图1。该江段属感潮河段,受潮汐影

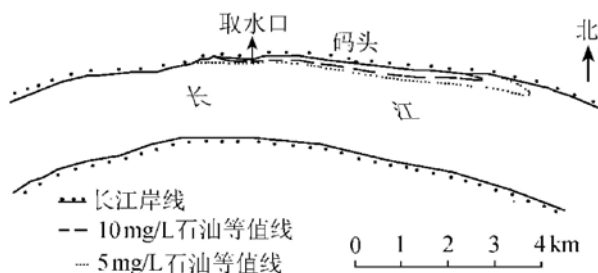


图1 水厂取水口位置及石油事故污染影响区域示意

响。一日内水位有两次涨落,涨潮历时约3h,落潮历时约9h。在丰水期和平水期潮差较小,一般不到1m,涨潮时对水流有顶托现象,但一般无倒流;在枯水期潮差较大,最大潮差为1.5m,有往复流。由于往复流的存在,码头作业过程中的水污染事故可能对上游取水口的水质产生影响。

2.1 预测模式

2.1.1 设计流量与流量演算

设计流量:选择长江最下游的水文站——大通水文站作为水量计算的上边界。统计大通水文站30多年的最枯月平均流量,经频率计算得到10年一遇(保证率为90%)最枯月平均流量约为7580 m^3/s 。最终选取大通水文站1979年1月(平均流量为7220 m^3/s)为典型月。

控制方程:采用一维感潮河段的水量控制微分方程进行流量演算。用Preissmann四点隐式差分格式,并以时段初的水力要素代替时段平均值,对基本方程进行离散。

经计算,得到计算区域上下边界处的典型月水位流量过程。水量计算以水位为边界条件,计算上下游边界处的典型月水位过程,见图2。

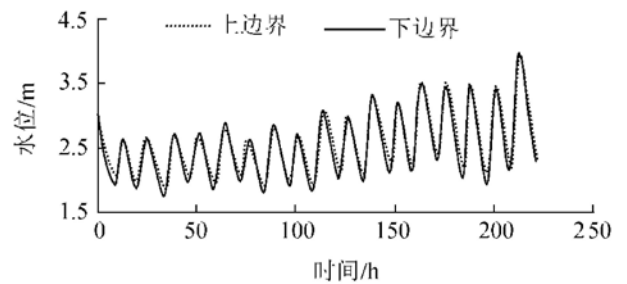


图2 上下游边界处水位过程线

2.1.2 二维水量模型与设计流场

采用二维水量模型,用交错网格与有限体积法对基本方程进行离散,用SIMPLE算法进行数值迭代,计算设计流场。

2.1.3 水质模型

采用二维水质对流扩散方程计算出污染区域的平均浓度。

由于石油浓度在河流垂线方向上为不均匀分布(水面浓度最高),而二维水质模型计算结果为垂线上的平均浓度,因此再根据石油在垂线方向的分布公式计算出表层石油浓度值。

石油沿垂线方向的浓度分布公式为^[11]:

$$C(z) = C_0 \exp[-\alpha(Z_0 - Z)]$$

式中: Z_0 为起始水深, Z 为计算点水深; C , C_0 分别为对应于 Z , Z_0 处的浓度; α 为垂向扩散系数,取 $\alpha = 2.4 m^{-1}$ 。

由于污染物质在计算区域内的停留时间较短,计算时不考虑降解。

2.2 计算结果

根据码头作业区的输油泵流量,计算得管道5 min石油泄漏量为15 t,以此作为计算源强。

模拟计算一个潮周期的石油浓度分布,将不同时刻的预测结果采用包络线几何尺寸进行描述。

经计算,事故发生后5 h的包络线几何尺寸见表1和图1。

表1 事故污染包络线几何尺寸

| 石油类质量 浓度增量/ (mg·L ⁻¹) | 最大长度/m | | | 最大 宽度/m |
|---|--------|------|------|------------|
| | 总长 | 上游 | 下游 | |
| 5 | 6500 | 2800 | 3700 | 230 |
| 10 | 5600 | 2500 | 3100 | 190 |
| 100 | 1200 | 1000 | 200 | 60 |
| 1000 | 230 | 170 | 60 | 30 |

预测结果表明,在整个潮汐过程中,不同时刻的污染物浓度分布不同:涨潮时对上游影响较大,落潮时对下游影响较大。石油类质量浓度增量为10 mg/L的包络线范围为事故点上游2500 m,下游3100 m;石油类质量浓度增量为5 mg/L的包络线范围可至上游2800 m;上游2.1 km取水口处的石油浓度高达42 mg/L。

可以看出,事故的发生不仅污染了长江水环境,而且对上游的城市取水口造成严重影响。因此,必须根据长江下游的污染特征制定行之有效的应急预案。

3 应急预案

长江下游大部分江段处于感潮河段,江水还有倒流现象,为了能在事故发生后迅速、准确、有效地进行抢险工作,必须制定严格的应急预案。

溢油事故发生后,企业应立即组织人员进行抢险,同时通知环保部门对长江水质进行跟踪监测,并告知附近自来水厂。

溢到岸上的石油应及时用接油盆、吸油垫、草垫和木屑等器材吸收,阻止或减少溢油入江。岸上残留的石油严禁用水冲入江中。如果泄漏到长江中的石油量较大,应迅速布设围油栏。实践表明^[12],围油栏对长江干流的溢油拦截效果很明显,围后石油回收率可达80%以上。围油栏布设时应考虑所在江段当时的水文特征:若发生在涨潮过程,应在事故源的上、下游进行布设;若发生在涨憩或落憩过程,应在周围进行布设;若发生在落潮过程,由于水流速度较快,应在下游一定距离进行布设。实施围油后,

组织人力用吸油器、收油机、油水回收船等设备,抓紧时间回收溢油,并将回收的油料运送到污水处理设施集中处理,达标排放。

事故应急预案实施的成败与日常管理有着密切的关系。企业必须高度重视,并配备围油栏、收油机、吸油材料(如稻草、锯屑等)和消油剂等应急防污器材,做好事故应急处理培训工作,定期进行模拟演习。只有这样才能将溢油事故对长江水环境的污染降至最小程度。

4 结 语

长江下游多处于感潮河段,因而采用二维感潮河段水量、水质模型对石油事故污染程度和范围进行预测。受潮汐的影响,石油码头水污染事故会对上、下游水质造成污染。制订详细、合理的事故应急预案并在实际中付诸实施,可有效减轻石油水污染事故的度和范围,减轻或避免对上、下游自来水厂水源地的污染。

参考文献:

- [1] 李又明. 散化码头化学品水污染危害性评估模式研究[J]. 交通环保, 2002, 23(2): 11-12.
- [2] IAKOVOU E T. An interactive multiobjective model for the strategic maritime transportation of petroleum products: risk analysis and routing[J]. Safety Science, 2001, 39: 19-20.
- [3] PORTE C, BIOSCA X, SOLE M, et al. The Aegean Sea oil spill one year: petroleum hydrocarbons and biochemical responses in marine bivalves[J]. Marine Environmental Research, 1996, 42(1-4): 404.
- [4] 李伯昌, 施慧燕. 长江口河段水环境现状分析[J]. 水资源保护, 2005, 21(1): 43.
- [5] 汪亭玉, 安翔. 船舶对长江中下游水域污染的调查分析[J]. 水资源保护, 2004, 20(1): 45.
- [6] 印卫东. 防治长江水污染的对策与法律制度的完善[J]. 水资源保护, 2003, 19(1): 40.
- [7] 于倩秀. 浅析石油库输油管路系统常见事故的原因及预防[J]. 石油库及加油站, 2003, 12(1): 30.
- [8] 梁丹亚. 船舶事故及修拆船工程对水域的油污染与防治[J]. 江苏船舶, 1995, 12(4): 45.
- [9] 浦宝康. 船舶油污染防治的30年[J]. 交通环保, 2000, 21(5): 32.
- [10] 汪明娜, 汪达. 长江水污染事故成因及处理对策探讨[J]. 水资源保护, 2004, 20(1): 58.
- [11] 逢勇, 姚琪. 太湖地区河网水体石油类浓度预测[J]. 湖泊科学, 1997, 9(4): 375-376.
- [12] 胡承兵. 长江干线船舶防污工作的现状、存在的问题及对策[J]. 交通环保, 2000, 21(1): 26.

(收稿日期: 2005-11-02 编辑: 徐娟)