

374-376

# 太湖地区河网水体石油类浓度预测

X522

逢勇 姚琪 褚君达

(河海大学水文水资源及环境学院, 南京 210024)

**摘要** 利用完全混合系统水文动力学模型,对太湖地区河道改造后,由于船型及船流量发生变化而导致的水体石油类浓度的变化进行了预测,通过类比分析得出:预测结果基本符合实际。

**关键词** 石油类污染 太湖地区内河水体 模型预测

石油类浓度, 河网, 水体污染

由于江苏省经济的迅猛发展,迫切需要对苏南现有河道进行改造,河道改造后,在河上航行的船舶类型及船流量都将发生变化,由此,引起河道水体的船舶石油类污染物排放量发生变化,从而导致水体的石油类浓度发生变化。目前,在河道石油类浓度预测方法方面的研究工作开展的很少,本文对此进行了初步探讨。

## 1 船舶油污染排放量预测

### 1.1 船舶油污染排放调查

通过对不同型号船舶的油污染情况调查,得到不同船舶类型含油废水和漏油产生量的平均情况为:拖船的舱底污水排放量为 2.15kg/h;漏油量为 0.008kg/h;挂机船的漏油量为 0.02kg/h。对于拖船含油废水中的油浓度,可取 2000mg/L<sup>[1]</sup>。

表1 现状船舶流量、航行时间及油污染产生量

Tab. 1 The rate of ship, navigation time and the oil pollutant discharged from the ship in 1995

项 目		苏浏线	锡北线	申张线
船舶流量(艘/a)	拖 船	35434	37021	28181
	挂浆机	177172	370210	338170
船舶航行时间(h)	拖 船	5.25	5.39	12.22
	挂浆机	2.91	4.82	10.91
污染物排放量(t/a)	拖 船 废 水 油	0.8	1.4	2.3
	拖 船 漏 油	0.9	1.5	2.6
	挂浆机 漏 油	10.3	35.7	73.8
	总 计	12.0	38.6	78.7

### 1.2 船舶油污染源强度预测

#### 1.2.1 预测公式

$$W = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot H_i \cdot C_i \quad (1)$$

其中,  $W$  为船舶油污染产生量(kg/a);  $Q_i$  为各类船舶年流量(艘/a);  $H_i$  为各类船舶在航道上的航行时间(h);  $C_i$  为各类船舶的污染物产生量(kg/(h·艘));  $i$  为船舶种类。

#### 1.1.2 现状船舶油污染产生量计算

江苏省交通厅航道局在1995年对在苏浏线、锡北线和申张线上航行的船流量进行了观测,观测结果见表1;根据各类船舶在载货与空载时的航速平均值和该航道的实际公里数,可得各航道各类船舶的航行时间(表1)。依据以上两个结果及各类船舶的机舱含油废水和漏油产生量情况,利用公式(1)计算船舶的机舱含油废水产生量及漏油量,结果见表1。

· “苏南内河航运工程环境影响评价”课题研究, 收稿日期: 1997-01-07; 收到修改稿日期: 1997-06-15。  
逢勇,男,1958年5月出生,博士,教授,主要研究方向为水环境数值计算及大气环境,已发表论文20多篇。

1.1.3 船舶油污产生量预测 据江苏省厅设计院对工程开通后五级航道上运行的船型研究,货运量预测及各类船型比例的估算,得各航道2000年、2010年不同船舶年流量见表2。利用公式(1)分别预测2000年和2010年运行船舶含油废水和漏油产生量见表2。

## 2 水体石油类浓度预测

首先根据完全混合系统水文动力学模型计算出航道由污染的平均浓度,再据石油在水中的垂直分布,计算出表层石油浓度值。

### 2.1 完全混合系统水文动力学模型

$$V \frac{d\bar{C}}{dt} = \sum C_i Q_i - W - W' - kV\bar{C}$$

式中, $V$ 为完全混合系统容积; $\sum C_i Q_i$ 为所有通过边界输入输出系统污染物的代数净和; $W$ 为船舶污染物产生量; $W'$ 为泥沙吸附及生物降解部分; $k$ 为降解系数; $\bar{C}$ 为平均油污浓度,上式的解为:

$$C = \frac{W - W' + \sum C_i Q_i}{kV} [1 - \exp(-kt)]$$

具体计算时,取稳态解, $V$ 根据各航道平均特征尺度算得,先从现状石油监测资料中估算出非船舶油污影响的浓度值 $C_0$ , $C_0 = C_s - C_1$ , $C_s$ 为实测的表层石油浓度值; $C_1$ 为船舶石油污染物产生的表层浓度值,在计算 $C$ 时,首先计算船舶油污造成的整个水体的平均石油浓度 $\bar{C}$ ,再按 $\bar{C}$ 与 $C_1$ 的比值,计算出水体上层的石油浓度 $C_1$ ,计算出 $C_0$ 值后,迭加2000年和2010年的船舶油污造成的浓度即可预测2000年和2010年各航道的平均石油浓度值。

### 2.2 参数估值

石油在水中比较显著的降解作用包括挥发、吸附沉淀和生物降解:

#### 2.2.1 挥发 应用威廉姆斯(Williams and Hann)的石油挥发计算公式:

$$C_v = C_0 \cdot \exp(k_v t) \quad (2)$$

其中, $k_v$ 根据文献[2]的挥发历时曲线求得。

2.2.2 吸附沉淀 石油烃在颗粒物上的吸附量与颗粒物类型有关,据调查这三条航道的泥沙淤积量较少,中国科学院南京地理与湖泊研究所采用放射性同位素法对太湖及太湖河口地区测定的泥沙平均淤积速率为1.11~2.99mm/a(干泥砂量)<sup>[3]</sup>,参考上述数据,估算各航道每年的泥砂沉积量为2615~26434t之间,相应的沉积物吸附的石油量约为每年0.09~1.30t之间。

2.2.3 生物降解 实验发现,大多数菌类的降解值为0.001~0.05g/(m<sup>2</sup>·d)。

### 2.3 水下油浓度分布

油滴所形成的油浓度沿垂线的分布公式如下:

$$C(Z) = C_0 \exp[-\alpha(Z_0 - Z)] \quad (3)$$

其中, $Z_0$ 为水面处深度; $C_0$ 为对应于 $Z_0$ 处的浓度,据海洋上的观测值,可得 $\alpha$ 值的范围大约为

表2 各航道2000年、2010年船舶年流量(艘/a)及油污染物产生量(t/a)

Tab.2 The rate of ship and the computed waste water and leak oil discharged from the ship in the year of 2000 and 2010

		苏浏线 锡北线 申张线			
2000年	船舶	300吨级船	17314	21941	10856
	年流量	100吨级船	108216	137147	257343
		60吨级船	90901	115204	214494
		油污染物产生量	废水量	151	378
	废水中油量	0.54	1.074	6.36	
	挂机船漏油量	1.44	4.76	28.1	
	总计	1.98	5.83	34.5	
2010年	船舶	300吨级船	32337	41543	68724
	年流量	100吨级船	145516	186945	309258
		60吨级船	91621	117707	194718
		油污染物产生量	废水量	249	515
	废水中油量	0.75	1.55	8.18	
	挂机船漏油量	1.16	3.04	15.9	
	总计	1.91	4.59	24.03	

$10^{-3}/m \sim 10^{-1}/m$ , 在内河航道上, 由于水的垂直混合作用较海洋上小得多, 故  $\alpha$  值较海洋上的测值大, 据作者在内河航道上不同深度石油含量的测值, 计算得  $\alpha$  平均值为  $2.4/m$ .

表 3 各航道石油浓度  
预测结果(mg·L)

Tab. 3 The computed oil  
concentration in the year  
of 1995, 2000 and 2010

年份	苏河线	锡北线	申张线
1995	0.50	0.37	0.30
2000	0.46	0.29	0.30
2010	0.39	0.28	0.28

据调查, 目前在航道石油类污染中, 船舶石油类排放量约占总排放量的 50% 左右, 据本文公式计算出的现状船舶石油污染物产生的表层浓度值  $\bar{C}$ , 也占实测表层石油浓度值的 50% 左右, 通过类比分析得出: 预测值基本可以反映未来航道改造后的平均污染状况。

### 3 结论

通过类比分析, 本文计算值基本合理; 航道开通后, 虽然货运量增大, 但由于大吨位船舶比例上升, 挂浆机船的比例下降, 航道石油类污染善较目前有所好转。

### 参 考 文 献

- 1 邓恩国等, 港口工程环境保护法规, 北京: 人民交通出版社, 1995
- 2 张永良, 刘培哲, 水环境容量综合手册, 北京: 清华大学出版社, 1991
- 3 孙顺才, 黄瀚平, 太湖, 北京: 海洋出版社, 1993

## THE PREDICTION OF THE PETROLEUM POLLUTION IN RIVER NET WORK AROUND TAIHU LAKE AREA

Pang Yong Yao Qi Chu Junda

(Hohai University, Nanjing 210024)

### Abstract

With the inland shipping in the river net work around Taihu Lake area being developed rapidly in the near future, it is needed to estimate the environmental problem caused by the shipping. In this paper, the fully mixed water quality model was used to predict the petroleum concentration resulted from the shipping development in the inland river net work. According to the analogue analysis, the calculated results accord with the actual situation basically.

**Key Words** The petroleum pollution, the inland river net, water quality model