

海面, 油类, 漂流方向, 速度

3P-44

对海面油类漂流方向及速度的考察

张和庆

(国家海洋局南海分局, 广州 510300)

P734.231

李福娇

(广东省热带海洋气象研究所, 广州 510080)

摘要 根据发生在广东省近海的“大庆236”号油轮, “拉亚埃勒”号货轮的沉船溢油事故和1989年冬、夏两季在广东省西部近海的海上油类漂流实验, 对海面油类的漂流方向和速度进行了考察。经过考察认为: 1) 海面油类漂流方向可以用 $D = C_{CD} + \alpha$ 来拟合; 2) 海面油类漂流的速度基本符合 $U_0 = U_c + \xi W$; 3) 风力因子 ξ 可以简单地用 $(\rho_a / \rho_0)^{1/2}$ 来确定。

关键词 油溢 漂流 现场试验 方向 速度

随着海洋石油勘探开发和航运事业的迅速发展, 因平台、船舶失事和海岸储油设备泄漏而造成的海洋油类污染事件不断发生。由于这类事故在较短的时间内将大量的油类泄漏入海, 对海洋环境和海洋资源造成严重的污染和危害, 并妨碍正常的渔业生产和海上其他活动。因此, 自从1967年“托雷·卡翁尼”号油轮在英吉利海峡失事造成大规模的油类污染事故以来, 许多沿海国家的海洋学家为防止海上溢油污染进行了广泛的研究^[1-3]。国内学者近年来也陆续开展了这方面的研究, 黄礼贤等(1982)率先在珠江口进行了海上石油扩散的试验^[4], 忻韦方(1984)根据国外的有关文献资料进行海面溢油扩散计算方法的研究^[5]。本文根据1983年以来发生在广东省近海的两次典型沉船溢油事故和1989年冬、夏两季在广东省西部近海的海上油类漂流实验为例, 考察海面油类漂流的方向和速度。

一、理论依据

油类入海后在重力因素的作用下, 迅速扩展成油膜, 并在风和表层海流的作用下漂流。Tom Beer^[6]认为海面油类的漂流依赖于风、表层海流、波浪和兰米尔环流, 油类漂流运动的速度 U_0 可视为表层海流流速矢量 U_c 和风速矢量的百分率之和, 即:

$$U_0 = U_c + \xi W \tag{1}$$

ξ 为风力因子, 可以由流体动力学估算。根据海洋学的观点, 风对海面油膜的单位面积的切应力为:

收稿日期: 1991年5月8日; 收修改稿日期: 1991年9月2日,

$$\tau_a = \rho_a C_{D_a} W^2 \quad (2)$$

式中 ρ_a 为空气密度; C_{D_a} 为风对海面油膜的摩擦系数 (亦称曳力系数)。同理, 油膜在风的作用下对海面的切应力为:

$$\tau_o = \rho_o C_{D_o} W_o^2 \quad (3)$$

式中 ρ_o 为油类密度; C_{D_o} 为油膜对海面的摩擦系数; W_o 为风吹油速。当油膜厚度很小时, $\tau_a = \tau_o$, 由式 (2) 和式 (3) 得:

$$\rho_a C_{D_a} W^2 = \rho_o C_{D_o} W_o^2 \quad (4)$$

假设两种介质的摩擦系数一致, 即 $C_{D_a} = C_{D_o}$, 则由式 (4) 得:

$$\xi = \frac{W_o}{W} = \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_o}} \quad (5)$$

油类密度 ρ_o 根据试验的油种或海上溢油事故中泄漏出来的油种确定。

海面油类的漂流方向主要取决于风和表层海流的方向, 因此可以根据现场的风、流观察资料利用下式求得油类的漂流方向:

$$D = C_{CD} + \alpha \quad (6)$$

式中 D 为油类的漂流方向; C_{CD} 为表层海流的流向; α 由下式求取:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\xi W \sin \varphi}{U_c + \xi W \cos \varphi} \quad (7)$$

式中 α 为油类漂流方向与表层海流流向的夹角; φ 为表层海流流向与风向的夹角。

二、结果和讨论

1. 对油类漂流方向的考察

(1) 实例一 (开阔海域)

1983年10月11日, 满载15 000t原油的我国“大庆236”号油轮因印尼籍货轮“克拉巴特山”号碰撞, 不幸在广东省陆丰县近海沉没。沉船溢出原油及各种油料约3 000t, 对广东省东部近海水域和海滩造成了严重的油类污染, 使水产养殖、渔业捕捞、水产资源和海水综合利用受到了严重的损失和损害。沉船船底朝上, 尾部沉入水底, 船底露出水面高约5 m, 长近160 m的油轮斜卧水中, 随时都有断裂并将所载原油全部泄漏入海的可能。一旦全部油类溢出, 将对广东省东部近海和沿岸造成不可估量的损失和损害, 并对香港地区造成严重的威胁。针对这种潜在的威胁, 我们根据海面油类漂流的特点和沉船海区水文气象状况成功地预测了溢油漂流的方向¹⁾。

沉船海区表层海流主要为风海流, 沉船事故发生后, 海区主要受东—东北向风所控制, 风力5~6级, 阵风8~9级。表层海流流向为西—西南向, 实测流速为0.26~0.67 m/s (图1)。

受风和表层海流的控制, 溢出的油类主要向西南偏西方向漂流。由于溢出的油类中主要以高沸点组分为主, 密度也较大, 随着低沸点组分的不断挥发, 沉入水下的部分也逐渐增加, 因此受风的影响逐渐减小而受水体运动的影响逐渐增加。残留在海面的油类由表层海流

1) 张和庆, 1990, 大庆236油轮沉船溢油及其污染方向预测的实践, 全国第二届海洋环境与水环境学术研讨会。

携带向西南偏西漂流，至 115°E 附近受向南流的海流制约，向南输向外海。根据沉船事故发生后，在沉船附近观察的结果考察海面油类的实际漂流方向与理论计算值的情况见表 1。

表1 油类漂流方向计算值与实际观察结果

观测时间	风向 ($^{\circ}$)	风速 (m/s)	流向 ($^{\circ}$)	流速 (m/s)	理论计算值 ($^{\circ}$)	实际观察 结果	潮时
沉船后 6 d	60	6.1	117.5	0.11	156.1	东南	涨潮
沉船后 20 d	60	8.1	234.1	0.68	235.8	西南	落潮

油类在漂流过程中，在波浪和水体的垂直涡动作用下油滴不断掺合到水体中；与此同时，油类中的可溶性组分也不断溶入水体。因此也可以根据水体中的油类浓度分布考察海面油类漂流方向的预测是否正确。“大庆 236”号油轮沉船后 18~23 d 水体中的油类浓度分布见图 2。

经海面油类漂流的实际观察和水中油类浓度分布对理论计算值的考察结果表明，理论计算的溢油漂流方向基本符合实际观察结果。

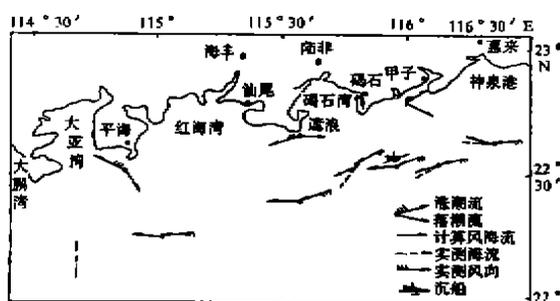


图1 沉船海区表层海流、潮流的流向和风向

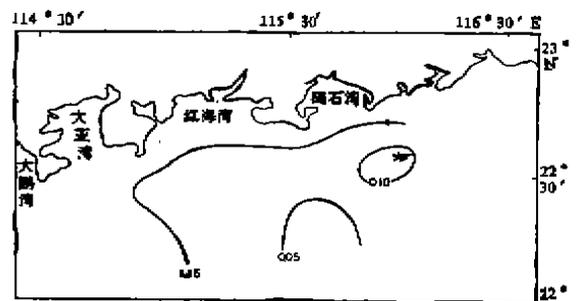


图2 沉船后18~23d水体中油类浓度 (mg/L) 的分布

(2) 实例二 (河口海域)

1984年4月5日，在珠江口担杆岛北面约4.6 n mile处，南朝鲜的“和平南进”号货船将载重为9290t的巴拿马籍货轮“拉亚埃勒”号撞沉，溢油约600~800t。沉船期间恰为珠江口幼鱼保护期，溢出的油类不仅对渔业生产和附近岛屿的网箱养殖造成了严重的损失，而且对水产资源的损害极为严重。沉船溢油期间一直为东北风所控制，风力3~7级，在东北风的吹送下，表层海流流向西北偏西，实测流速 $0.1\sim 0.26\text{m/s}$ (图3)。海面油类的漂流方向的实际观察结果和理论计算结果的差异见表2。由表2可见，理论计算值比较接近实际观察结果。

河口海区由于地理环境和海底地形比较复杂，水文的时空变化也比较大，因此海面油类在漂流过程中漂流方向也随着表层海流流向的变化产生相应的改变。图4所示的海面油类漂流轨迹分别为“拉亚埃勒”号货轮沉船后第4、5两天跟踪油类漂流的观察结果。

表2 油类漂流方向理论计算值与实际观察结果

观测时间	风向 (°)	风速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	理论计算值 (°)	实际观察值 (°)	差值 (°)
沉船后4 d	30	5.3	300	0.25	261.4	260	1.4
沉船后5 d	30	4.7	292.6	0.23	256.8	250	6.8

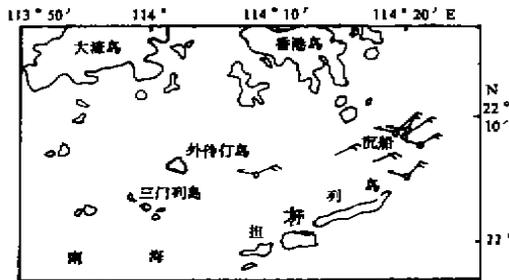


图3 实测海流和风向示意图

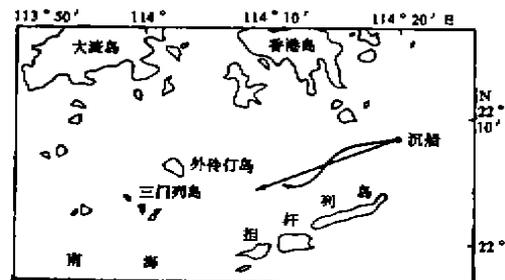


图4 两次跟踪油类漂流的结果

(3) 实例三 (海上油类漂流试验)

为进一步掌握海面油类漂流的规律,以便在海上溢油事故发生后对油类的漂流进行预测,使有关部门及时采取有效的防污措施。我们分别在1989年6月和12月在广东省西部近海进行了海上油类漂流试验,试验根据海区的表层海流特点于6月和12月在涨、落潮各进行一次油类漂流试验,每次试验投放0号柴油100L。油类漂流方向的理论计算结果和实际观察结果见表3。

表3 油类漂流方向计算值与实际观察值

试验号	风向 (°)	风速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	计算值 (°)	观察值 (°)	差值 (°)
1	170	5.5	360	0.075	352.5	360	7.5
2	180	5.5	360	0.075	360	360	0
3	180	6.0	100	0.375	64.3	68	3.7
4	120	4.0	305	0.180	302.6	300	2.6
5	120	3.8	340	0.100	315.7	320	4.3
6	360	2.6	235	0.100	206.9	207	0.1

2. 海面油类的漂流速度

在实际的海上溢油事故中, 要利用跟踪某一块油膜来确定海面油类的漂流速度是比较困难的。因此, 这里主要利用海上油类漂流试验的结果来考察海面油类的漂流速度 U_0 。试验以油料投放点为原点, 沿风和表层海流的合成方向每隔100m设置一条观察断面, 共设5条断面。每一断面设一艘观察船, 另设一艘跟踪油类的漂流。表4为1989年6月和12月不同潮时情况下油类漂流速度试验的结果。

表4 油类漂流速度理论计算与实际观察结果 (单位: cm/s)

试验号	U_c	ξW	理论计算 U_0	实际观察	差值
1	7.5	22	29.4	29	0.4
2	37.5	24	40.1	36.5	3.6
3	10.0	15.2	23.8	22	1.8
4	10.0	10.4	18.1	18.8	0.7

三、结 语

1. 关于风力因子 ξ , 一般文献认为取值范围为0.02~0.05, 黄礼贤等认为取0.035为宜^[4]。也有文献认为可以用 $0.0127/(\sin\varphi)^{1/2}$ (φ 为观察点的地理纬度)求取。笔者认为风力因子 ξ 主要表现为风对海面油类的作用力和克服海面对油类的粘滞力, 与油类本身的物理特性有关。经对珠江口沉船溢油漂流方向和海上油类漂流试验的考察结果认为, 用 $(\rho_s/\rho_0)^{1/2}$ 求取 ξ 比较合适, 既简单又方便。当然, 要使风力因子 ξ 更客观地应用于油类漂流的方向和速度上, 有待于进一步的实验和考察。

2. 我们曾利用本文所用的考察理论依据, 对1983年以来广东省近海的重大船舶事故中的油类的漂流进行了预测^[7], 也对莺歌海作业的某石油钻探平台附近的海面油类来源进行了分析^[8], 均取得了令人满意的结果。

3. 本文所考察的油类漂流方向均以溢油处或油料投放点为原点为例进行考察。在实际的溢油事故中, 油类在漂流过程中会因表层海流流向和风向的变化而使油类的漂流方向发生相应的改变(如图3所示)。

4. 在实际的溢油事故中, 掌握油类漂流速度是十分重要的。它涉及到预测溢出的油类可能漂流的距离(综合考虑油类在漂流过程中的挥发、消解、乳化、掺合和溶解的因素)和污染的范围。

参 考 文 献

- [1] 近藤五郎著, 李树华译, 1984. 流出油的特性, 交通环保, 国外科技增刊第一辑, 1~28.
- [2] 松崎惠四郎. 1982. 海上流出油シミュレーションとその利用, 公害と対策, 18, 12, 14~20.
- [3] Samuils, W. B., 1982. An oilspill trajectory analysis model with a variable wind deflection angle. *Ocean Engineering*, 9, 4, 347~360.
- [4] 黄礼贤等, 1982. 石油在海洋中扩散, 环境科学丛刊, 3, 1, 7~12.
- [5] 忻韦方, 1984. 关于海面溢油扩散的计算方法, 交通环保, 1, 6~12.
- [6] 汤姆·比尔著, 甘雨鸣等译, 1989. 近海环境海洋学, 中山大学出版社, 200~206.
- [7] 张和庆, 1989. 珠江口海域沉船后油类的分布特征, 海洋学报, 11, 6, 730~736.
- [8] 张和庆, 1987. A平台附近浮油膜来源的分析, 海洋通报, 6, 1, 54~57.

EXAMINATION ON DIRECTION AND VELOCITY OF OIL DRIFTING AT SEA

Zhang Heqing

(South China Sea Branch, SOA, Guangzhou 510300)

Li Fujiao

(Guangdong Institute of Tropical Ocean and Meteorology, Guangzhou 510080)

Abstract Two shipwrecks occurred offshore of Guangdong Province in October 1983 and April 1984 and caused serious oil spill. The direction and velocity of oil drifting at sea in the two accidents were successfully predicted. And in summer and winter of 1989 two oil drifting experiments were conducted offshore of west Guangdong coast. It is concluded that the theory presented here was satisfying on the four cases.

Key Words Oil spill Drifting Field test Direction Velocity