

## 青岛海湾大桥海域环境油污染风险评估

## THE RISK EVALUATION OF OIL POLLUTION IN THE SEA AREAS NEAR THE BAY BRIDGE OF QINGDAO

苗绿田

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

青岛海湾大桥存在着航行船舶碰撞桥墩的风险因素,根据船舶运载的不同货种,将会发生不同的环境污染风险,其中油轮造成的海面溢油污染尤为重要。本文将对这种环境污染风险概率进行探讨,这是保护海域生态环境的重要环节之一。

关于风险的定义,不同学科(如经济学、保险学、灾害学、管理学等)形成了不同的风险学说<sup>[1]</sup>。无论从哪一角度定义风险,都离不开不确定性。当前通用风险定义的不确定性,包括损失发生的空间、时间、过程和结果的不确定性。故以上所有的不确定性,都只能以风险事故的观测为基础,采用统计的方法加以测度。

W. J. Petak 等系统概括论述了风险分析的内容为相互联系的3个环节,即风险识别、风险估算和风险评价。针对海湾大桥船舶碰撞桥墩的环境风险分析,其内容为风险因素、风险概率和油污染的影响预测。

## 1 风险因素

海湾大桥环境风险因素的分析,就是寻找和确认船舶碰撞桥墩所引发的油污染风险的有关因素或变量的识别过程。风险的主体是船舶,客体是桥梁。

大桥设计中有两个优选方案,桥位布置见图1,其一是渡口桥位:由东岸的渡口起,横跨青岛胶州湾至西岸黄岛嘴,跨海宽度近5 km,采用大跨度悬索桥跨越主航道、中跨度斜拉桥跨越副航道,大桥两岸及海域功能区划为港口和航道;其二是湾口桥位:北起青岛团岛嘴,南至薛家岛脚子石,跨海宽度约3.1 km,采用大跨度悬索桥,大桥两岸功能区划为旅游区,海域为航道。

大桥对海域环境潜在的风险因素十分复杂,其中通航船舶由于航道宽度、航行密度、浅滩和暗礁分布、海雾海况、风暴潮<sup>①</sup>、导航助航、主机故障、违规操作、脱锚等各种客观原因,是造成船舶碰撞桥墩的主要因素。不但危及大桥安全和造成船损,而且溢油事

故将危害胶州湾海域生态环境。

## 2 风险概率

现今缺少各种船舶碰撞大桥的海损事故统计资料,针对大桥所在的胶州湾海域生态环境危害较大的溢油事故统计资料可见(表1),从1974~1987年进出黄岛油码头的油轮事故原因中,船舶搁浅3次、碰撞码头2次、触礁1次。以上6次客观存在的事故原因,比较接近船舶碰撞桥墩的可能性。例如1983年“东方大使”号油轮于中沙礁触礁搁浅,溢油3343 t造成漂油聚积而封闭了团岛水上飞机场入海跑道,并于胶州湾外前海至浮山湾一带岸线上发现浮油块。

另据国际海事组织新闻(IMO NEWS)报道,自1976~1985年全球油轮事故性溢油大于100 t事故原因统计见表2,其中船舶搁浅83次、船舶相撞60次、船与码头墩柱相撞43次、违规操作事故25次、风浪影响事故9次。以上事故共220次的原因,比较接近船舶碰撞桥墩的可能性。

船舶碰撞桥墩的风险概率,与其桥位区通航条件的航道水深、宽度、密度直接相关。从海域地形特征可见,渡口桥位区地形起伏不平,水深变化大,东侧深槽宽610 m、水深约22 m,浅滩宽640 m、水深14.4~20 m;中部深槽宽1449 m、水深20 m;西侧深槽宽650 m、水深23 m,浅滩为中沙礁宽1210 m、最浅水深5.7 m。而湾口桥位地形简单,由两岸向海逐渐变深,水深在20~30 m的宽度720 m,大于30 m的深槽宽度1300 m。由表1可见,发生在胶州湾内的船舶碰撞、搁浅和触礁的事故风险,多出现在渡口桥位区的海域。

预测大桥2005年建成后,渡口桥位过桥密度为

<sup>①</sup> 任鲁川. 风暴潮致灾风险分析的基本程式. 海洋与湖沼, 待刊。

收稿日期:2001-03-05;修回日期:2001-03-15

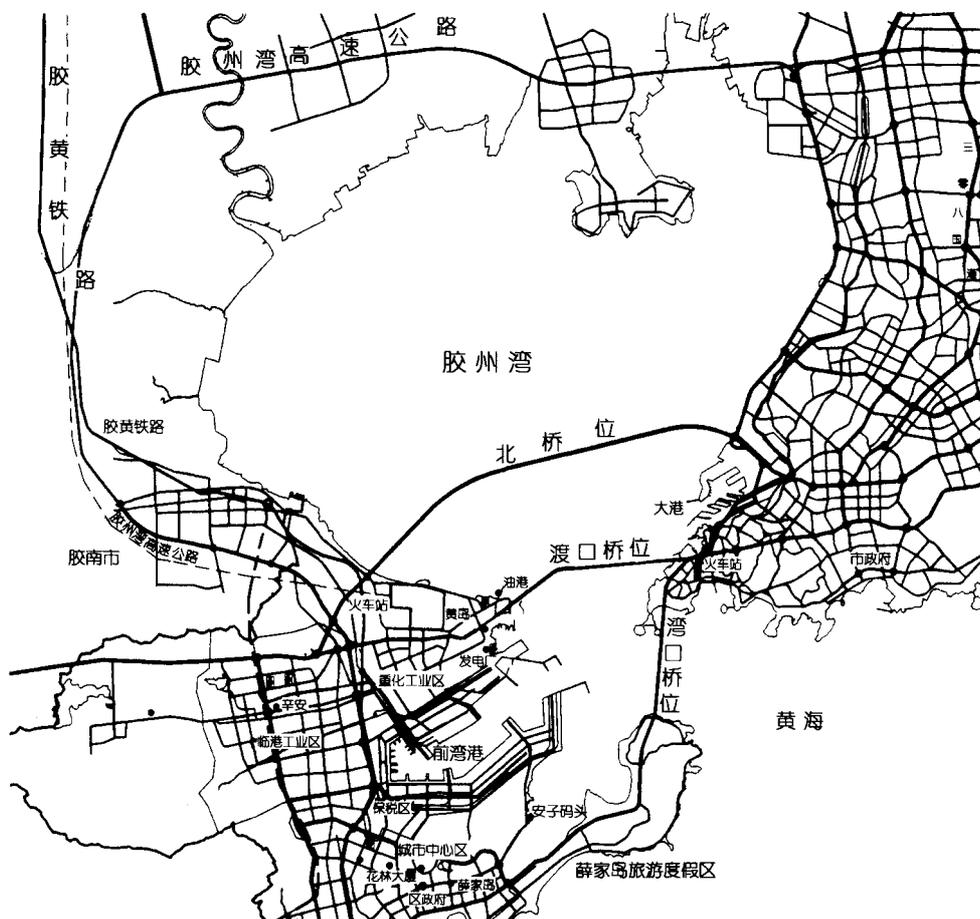


图1 大桥位置

表1 1974~1987年胶州湾内油轮溢油事故统计<sup>1)</sup>

序号	年份	溢油地点	溢油源	溢油量(t)	原因
1	1974	中砂礁	大庆31轮	895	触礁
2	1975	马缔礁	大庆30轮	30	操作失误
3	1975	大港码头	南平轮	30	阀门破裂
4	1977	黄岛油码头	大庆244轮	30	碰撞码头
5	1979	黄岛油码头	塞勒斯总统号	355	碰撞码头
6	1980	中砂礁	大庆256轮	43	搁浅
7	1983	中砂礁	东方大使号	3 343	搁浅
8	1984	中砂礁	加翠号	758	搁浅
9	1987	黄岛油码头	大庆41号	100	油轮失火

1)引自交通部科学研究院,1995。《青岛港溢油应急计划研究报告》。

10 200艘次/a,航道有效宽度为696 m属于宽敞航道,副航道宽度为280 m属于偏窄航道;湾口桥位为13 200艘次/a,航道有效宽度为1 162 m属于宽敞航道<sup>①</sup>。

参考国内外通常应用的帕恩特尔<sup>[2]</sup> 1985年提出的估算公式:  $P = x/4n$ , 式中  $P$  为风险率(艘次/年平均)、 $x$  为某一时间段内观察到的事故次数(即已发生的船舶溢油事故)、 $n$  为同一时间段内可能发生事故的最大次数(一般指船舶通过大桥可能发生事故的最大次数,显然通过大桥的船舶不会全部发生事故,因此在同一航行条件下,即宽敞的航道取可能性为5%,狭窄的航道可能性为15%),  $n$  为相对误差(1/4)。

在工程建设项目的风险评价中,一般截

① 中交水运规划设计院,2000。青岛海湾大桥桥梁通航净空尺度和技术要求论证研究报告。

表2 1976~1985年全球油轮溢油事故原因分类统计<sup>1)</sup>

年份	搁浅触礁	船与船相撞	船与码头相撞	失火	风浪	操作失误	战争	进水及机舱事故	未知次数	共计次数
1976	15	4	5	2	1	-	-	-	11	38
1977	4	6	1	3	1	1	-	2	6	24
1978	15	9	3	2	1	4	-	2	6	42
1979	7	12	8	5	4	5	-	-	7	48
1980	7	7	3	2	1	2	-	-	5	27
1981	7	6	1	-	-	1	-	1	2	18
1982	1	1	2	-	-	3	-	1	3	11
1983	7	7	9	3	1	3	-	1	-	30
1984	12	1	5	1	-	-	3	-	3	25
1985	8	7	6	1	-	6	1	-	1	30

1) 同表1。

取可接受的风险水平为  $10^{-3}$ , 忽略较小概率的风险事件, 以减少工作量并提高评价效用。本文参考 1976~1985 年全球油轮溢油事故原因分类统计资料, 按保守性估计, 从 1976 年至 2005 年大桥建成的时间段内, 发生事故仍为 220 次, 两个方案通航密度的事故系数取航道类型的均值条件, 平均风险率估算结果及每次事故周期预测见表 3。初步分析两个桥位区的风险率均大于可接受水平, 渡口桥位风险率相对湾口大 30% 左右。因此, 建立应急计划减少风险污染程度是必要的。

表3 风险率及周期预测

桥位	风险率	平均周期(a/次)
渡口	$5.39 \times 10^{-2}$	19
湾口	$4.17 \times 10^{-2}$	24

表4 溢油风险参数

溢油地点	溢油量(t)	溢油时间(h)	溢油形式	油种	风况	
					风速(m/s)	风向
渡口桥位主塔 7P	1 000	10	定点连续排放源	原油	10	NNW ESE

表5 溢油漂移预测结果

地点	海况	风况		漂移距离(km)	漂移方向抵岸地点	抵岸时间(h)	污染范围(km <sup>2</sup> )
		风向	风速(m/s)				
渡口	涨	ESE	10	9.52	ESE 方向海域		3.10
	落	ESE	10	1.19	黄山嘴至黄岛油二期码头	1.5	0.52
桥位	涨	NNW	10	7.58	石岔嘴至小岔湾	9.3	2.69
	落	NNW	10	8.86	小岔湾	7.2	2.88

### 3 溢油污染影响预测

#### 3.1 溢油地点的模拟

本次选取风险率较高的渡口桥位区海域, 通过大桥主塔 6P~7P 之间的副航道, 靠黄岛一侧的 7P 处为溢油点。

#### 3.2 溢油量的模拟

溢油量的大小是根据船型大小和碰撞事故的轻重有关, 通过副航道的 5 DWT 级油轮前前后后、左中右舱、上下舱。因此, 一般多为边舱破裂溢油的可能性较大, 预估 1 000 t 溢油量较适宜。

#### 3.3 溢油风险条件的模拟

溢油风险的可能性是个随机的不确定因素, 一旦发生油轮碰撞桥墩事故, 油膜漂移扩散的污染情

况,可根据胶州湾的气象特点和规律性海况条件(潮汐、海流、波浪),组合几种常见并易发生的风险条件见表4。

### 3.4 溢油漂移方向和影响范围预测

表4中溢油时间取10 h的条件,是由于我国参加国际海事组织后,执行国际防污公约已有溢油应急计划,一般在溢油发生后约10 h,抗溢油措施可控制溢油的漂移。根据本文作者的预测方法,溢油漂移预测结果见表5,污染范围表示油膜扫过海域表面积。

## 4 小结

初步评价青岛海湾大桥工程建设项目,海上通航对环境油污染的风险水平在 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 之间。

渡口桥位发生溢油污染事故时,在预测时间内污染范围在胶州湾内,污染范围在 $3 \text{ km}^2$ 左右。

### 参考文献

- 1 周惠玲编著。风险管理学。武汉:武汉测绘科技大学出版社,1996。5~7
- 2 中国海上石油总公司。1985年溢油防治会议录第三分册。北京:北京大学出版社,1987。36~38

(本文编辑:张培新)