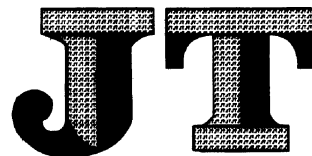


ICS 03.220.40

R 04

备案号:



中华人民共和国交通运输行业标准

JT / T 1143—2017

水上溢油环境风险评估技术导则

Technical guidelines on environmental risk assessment of oil spills at waters

2017-07-04 发布

2017-11-01 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 风险评估准备	3
6 风险识别	5
7 风险分析	6
8 风险评价	10
9 风险应对	10
10 监督和检查	11
附录 A(资料性附录) 风险指数法	12
附录 B(规范性附录) F-N 曲线法	14
附录 C(资料性附录) 船舶舱容对应表	15

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由交通运输航海安全标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：烟台海事局烟台溢油应急技术中心、中海石油环保服务(天津)有限公司、大连海事大学、交通运输部规划研究院、交通运输部科学研究院、广东海事局。

本标准主要起草人：张春昌、熊德琪、安伟、韩龙、徐洪磊、汪守东、陈轩、丛旭东、赵如箱、刘保占、李立、周笑怡。

水上溢油环境风险评估技术导则

1 范围

本标准规定了水上溢油环境风险评估程序和方法,包括风险评估准备、风险识别、风险分析、风险评估、风险应对和监督检查。

本标准适用于船舶、港区储罐、码头、装卸站等设施发生的水上溢油事故风险评估,可作为区域和水运工程建设项目环境风险评价的技术依据。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 19485	海洋工程环境影响评价技术导则
GB/T 27921—2011	风险管理 风险评估技术
HJ/T 130	规划环境影响评价技术导则 总纲
HJ 2.2	环境影响评价技术导则 大气环境
HJ/T 2.3	环境影响评价技术导则 地面水环境
HJ 19	环境影响评价技术导则 生态影响
JTS 149-1	水运工程环境保护设计规范
JT/T 877	船舶溢油应急能力评估导则
GJB/Z 768A	故障树分析指南

《中华人民共和国海上船舶污染事故调查处理规定》(中华人民共和国交通运输部令 2011 年第 10 号)

IMO MSC-MEPC. 2/Circ. 12 综合安全评估应用指南 (Revised Guidelines for Formal Safety Assessment)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

油类物质 oil

除石油化学品以外的原油、燃料油、油泥、油渣及其炼制品的任何形式的石油类物质。

3.2

水上溢油事故 oil spills at waters

船舶、港口、码头、装卸站因违反环境保护法规的行为,以及意外因素的影响或不可抗拒的自然灾害等原因导致油类物质、油类混合物泄漏入水造成的环境污染事故。

3.3

水上溢油环境风险 environmental risk by oil spills at waters

水上溢油事故对环境的危害程度,用风险值表征,为水上溢油事故概率与事故造成的危害后果的

乘积。

3.4

最大可信水上溢油事故 worst case oil spills at waters

在所有预测的概率不为零的事故中,溢油量最大的水上溢油事故。

3.5

可能最大水上溢油事故 probable maximum oil spills at waters

在设定条件下,可能发生的溢油量最大的水上溢油事故。

4 总则

4.1 风险评估工作等级

4.1.1 水运工程建设项目的海上溢油环境风险评估工作等级确定按照 JTS 149-1 要求执行。

4.1.2 区域水上溢油环境风险评估工作等级按照区域内已有或拟建的水运工程项目中的最高工作等级确定。

4.1.3 风险评估工作等级及具体要求如下:

- a) 一级风险评估,应确定风险准则进行风险识别,定量地预测水上溢油事故概率、影响范围和程度,提出风险应对措施,并对风险应对措施进行经济效益分析;
- b) 二级风险评估,应确定风险准则进行风险识别,定量地预测水上溢油事故概率、影响范围和程度,提出风险应对措施;
- c) 三级风险评估,可定性地进行风险识别、风险分析,提出风险应对措施。

4.2 风险评估范围

4.2.1 风险评估的时间范围为水运工程建设项目的建设期和运营期。风险源、风险诱因和主要环境敏感保护目标发生重大变化的,应重新进行风险评估。

4.2.2 水运工程建设项目的风险评估空间范围为项目发生水上溢油事故可能影响的空间范围。

4.2.3 区域风险评估为本区域的空间范围及区域内发生水上溢油事故可能影响的空间范围。

4.2.4 水上溢油事故可能影响的空间范围以溢油事故多发点为源点,在海上通过随机模拟统计法模拟 72h 内溢油可能到达的边界,以及最不利水文气象条件下溢油可能影响的其他主要环境敏感保护目标;在内河可根据水文气象条件模拟 24h ~ 48h 内溢油可能到达的边界,以及最不利水文气象条件下溢油可能影响的其他主要环境敏感保护目标。

4.3 风险评估程序

风险评估程序见图 1。

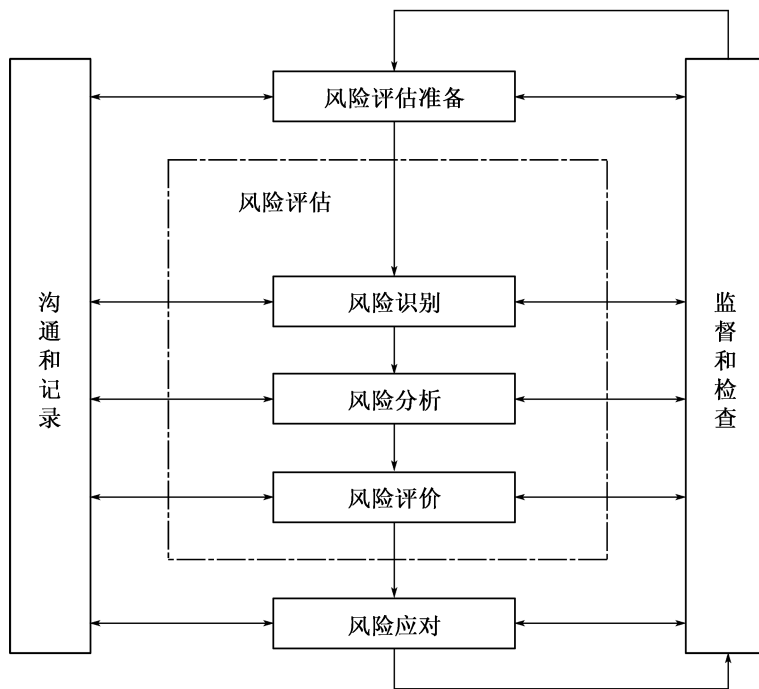


图1 风险评估程序

5 风险评估准备

5.1 沟通和记录

5.1.1 开展风险评估前,应掌握风险评估建设项目或区域的内、外部环境和实施风险管理的过程。

5.1.2 开展风险评估前,可通过现场调研、问卷咨询等方式,与风险评估委托方、建设项目或区域内的利益相关方进行沟通。

5.1.3 沟通应尽可能真实、准确、简洁易懂,记录各利益相关方的风险认知和接受程度,并在确定风险准则和进行风险评价时予以考虑。

5.2 风险准则确定

5.2.1 风险准则确定原则

确定水上溢油风险准则可直接引用国家、地方政府或本行业组织给出的风险准则;无可适用风险准则的,可按照本文件给出的定性、半定量或定量方法确定。

5.2.2 定性方法确定风险准则

5.2.2.1 定性方法确定风险准则可将风险水平分为不可容忍、可容忍和可忽略三类。

5.2.2.2 风险不可容忍的确定标准为:发生水上溢油事故的可能性较大,且事故无法预防或防备;一旦发生水上溢油事故,则会严重破坏重点生态功能区、生态环境敏感区、脆弱区或其他特别敏感水域,造成的生态影响后果严重,生态功能难以恢复和替代。

5.2.2.3 风险可忽略的确定标准为:发生水上溢油事故的概率极小,事故不会对重点生态功能区、生态环境敏感区和脆弱区或其他特别敏感水域造成影响,对其他非特别敏感水域的影响极小。

5.2.2.4 在不可容忍和可忽略的风险水平之间,为可容忍的区间。

5.2.3 半定量方法确定风险准则

5.2.3.1 半定量方法确定水上溢油事故风险准则可采用风险矩阵法。风险矩阵由事故概率和危害后果组成。其中,纵坐标可用事故概率、概率指数或事故频率表示;横坐标为危害后果,可用水上溢油事故的溢油量、危害后果指数表示。概率指数和危害后果指数参照附录 A 的方法确定。

5.2.3.2 统计水上溢油事故的概率,并按照表 1 划分概率等级。

表 1 水上溢油事故概率等级划分

等级	事故概率/发生一次事故的频率
很高	$\geq 1/\leq 1$ 个工作年
较高	0.1 ~ 1/(1 ~ 10) 个工作年
中等	0.02 ~ 0.1/(10 ~ 50) 个工作年
较低	0.01 ~ 0.02/(50 ~ 100) 个工作年
很低	0.001 ~ 0.01/(100 ~ 1 000) 个工作年
极低	$< 0.001/1\ 000$ 以上个工作年

注:区间值前一个数量级包括本数,后一个数量级不包括本数,下同。

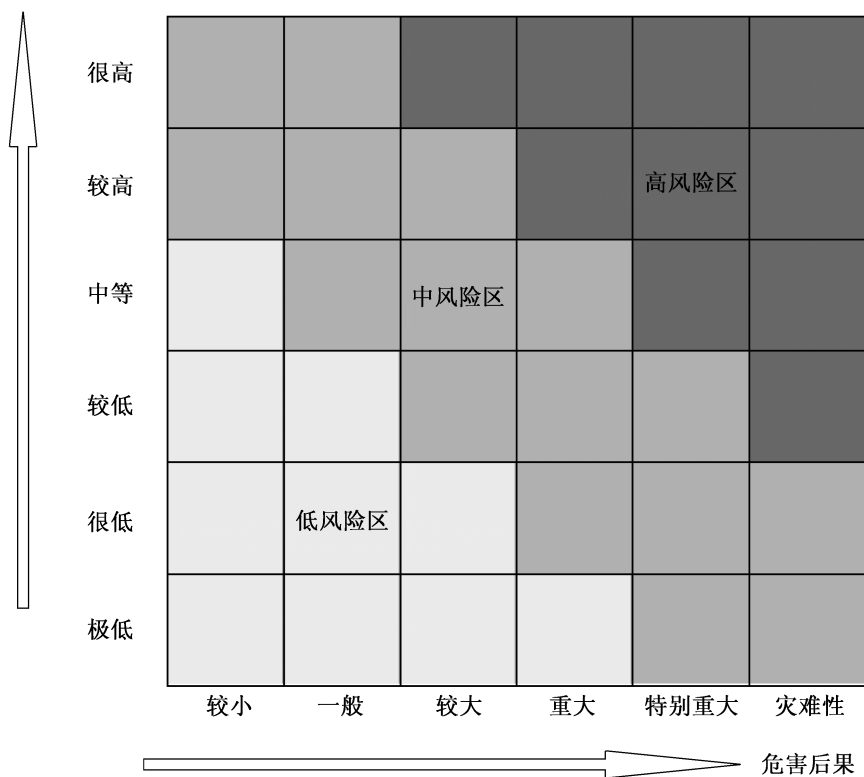
5.2.3.3 计算水上溢油事故的危害后果,并按照表 2 划分危害后果等级。

表 2 水上溢油事故危害后果等级划分

危害后果	量级划分
C1	溢油 10 000t 以上,或造成直接经济损失 ^a 10 亿元以上,或危害后果指数值 ^b ≥ 20
C2	溢油(1 000 ~ 10 000)t,或造成直接经济损失(2 ~ 10)亿元,或危害后果指数值 16 ~ 20
C3	溢油(500 ~ 1 000)t,或造成直接经济损失(1 ~ 2)亿元,或危害后果指数值 12 ~ 16
C4	溢油(100 ~ 500)t,或者造成直接经济损失 5 000 万元 ~ 1 亿元,或危害后果指数值 8 ~ 12
C5	溢油(50 ~ 100)t,或者造成直接经济损失(1 000 ~ 5 000)万元,或危害后果指数值 4 ~ 8
C6	溢油量 50t 以下,或者造成直接经济损失不足 1 000 万元,或危害后果指数值 < 4

注 a:直接经济损失计算按照《中华人民共和国海上船舶污染事故调查处理规定》有关要求确定。
注 b:参照附录 A 方法一计算。

5.2.3.4 可能最大水上溢油事故概率和溢油量组合的风险准则矩阵示意图如图 2 所示。



注:高风险区为不可容忍的风险区域,低风险区为可忽略的风险区域,中风险区为可容忍区域。

图2 可能最大水上溢油事故风险准则矩阵示意图

5.2.4 定量方法确定风险准则

确定水上溢油事故风险准则的定量方法可采用 F-N 曲线法, F-N 曲线法见附录 B。

6 风险识别

6.1 风险源的识别

6.1.1 识别水运工程建设项目或区域内船舶、港区储罐、码头、装卸站等设施装卸、储运的油类物质的种类及其危害性。

6.1.2 分析船舶、港区储罐、码头、装卸站等油类物质装卸、储运设施可能发生的水上溢油事故的环节、工艺和途径。

6.2 事故原因分析

6.2.1 基于风险源识别,分析水运工程建设项目或区域内发生水上溢油事故的直接、间接原因和入水途径。

6.2.2 因安全生产事故引发或导致的水上溢油,可直接引用安全生产事故评估分析结果,分析发生安全生产事故后可能导致溢油入水的原因和途径。

6.3 潜在后果分析

6.3.1 定性分析水上溢油对水环境、生态环境、沉积物环境、大气环境和社会环境的危害后果。

6.3.2 分析水上溢油向环境转移的可能途径和影响方式,根据油类物质理化特性进一步分析水上溢油可能引发的火灾、爆炸等伴生或次生事故。

6.4 风险识别方法

6.4.1 区域和现有水运工程建设项目的海上溢油风险识别宜采用检查表法。

6.4.2 新规划区域和新建水运工程建设项目的风险识别可采用 GB/T 27921—2011 附录 B 推荐的结构化或半结构化访谈法、德尔菲法、情景分析法、事件树法或故障树法等方法中的一种或多种方法进行识别。

6.5 信息收集分析

6.5.1 信息收集

6.5.1.1 水运工程项目风险评估应收集建设项目工程资料、风险评估范围内的环境资料以及事故统计分析和典型事故案例等资料和数据。

6.5.1.2 区域风险评估应收集该区域内的船舶、港区储罐、码头和装卸站等油类物质装卸、储运设施的资料,风险评估范围内的环境资料、事故统计分析和典型事故案例等资料和数据,国内外同行业事故统计分析及典型事故案例资料。

6.5.1.3 收集风险评估范围内主要风险源和环境敏感保护目标的数据资料,根据需要对事故多发点和主要环境敏感保护目标开展实地调研或踏勘。

6.5.2 信息分析

6.5.2.1 根据国家、地方相关应急预案及管理规定,结合现场调研和踏勘,分析确定风险评估范围内水上环境敏感保护目标的溢油环境敏感程度。

6.5.2.2 水上溢油事故多发点根据历史事故统计分析、现场调研和踏勘等方法确定。历史数据不足的,船舶溢油可取码头前沿、航道交叉点、锚地以及当地其他船舶交通事故频发的地点,作为事故多发点;油码头可取码头前沿油品装卸区、输油管线溢油可能入水点作为事故多发点;港区储罐取陆源溢油可能入水的位置作为事故多发点。

6.5.2.3 根据收集的信息资料、调研和现场踏勘,按照风险识别方法,确定水运工程项目或区域的水上溢油事故风险源、影响范围、事故原因和潜在后果。

7 风险分析

7.1 分析内容

7.1.1 根据风险识别结果,分别分析船舶、港区储罐、码头、装卸站等水上溢油事故风险源发生最大可信水上溢油事故溢油量和可能最大水上溢油事故的溢油量,取溢油量最大的风险源分别对最大可信和可能最大水上溢油事故情景进行概率分析。

7.1.2 不同风险源发生事故存在相互影响关系的,按照一个风险源对待。

7.2 事故溢油量分析

7.2.1 船舶溢油事故溢油量

7.2.1.1 新建水运工程建设项目的最大可信水上溢油事故溢油量,按照设计代表船型所载货油或船用燃料油全部泄漏的数量确定;已运营的水运工程项目按照实际航行和作业船舶中载油量最大的船型确定;区域风险评估按照该区域内航行和作业船舶中载油量最大的船型确定。

7.2.1.2 新建水运工程建设项目的可能最大水上溢油事故溢油量,按照设计代表船型的1个货油边舱或燃料油边舱的容积确定;已运营的水运工程项目按照实际航行和作业船舶中载油量最大船型的1个货油边舱或燃料油边舱的容积确定;区域评价按照该区域内航行和作业船舶中载油量最大船型的1个货油边舱或燃料油边舱的容积确定。确定舱容以实际为准,可参考附录C。

7.2.2 港区储罐溢油事故溢油量

7.2.2.1 根据港区储罐所处的地势、离岸距离等地理条件,分析储罐发生溢油入水的可能性。溢油可能入水的,按照以下要求确定水上溢油事故的溢油量:

- 根据港区储罐的设计资料,确定储罐的数量和最大储罐的容量;
- 调查港区储罐的围护设施、事故池和沟渠管网,分析围护设施、事故池或沟渠管网在发生火灾爆炸事故时可发挥的阻挡或储存溢油作用,可继续有效的,进一步核算储油量;
- 港区储罐最大可信水上溢油事故溢油量按公式(1)计算;

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n C_i - \sum_{k=1}^m R_k \quad (1)$$

式中: Q_1 ——港区储罐最大可信事故的溢油量,单位为立方米(m^3);

C_i ——第*i*个油罐的最大存油量,单位为立方米(m^3);

R_k ——第*k*个围护设施、事故池或沟渠管网在事故时仍可围控、储存溢油的容量,单位为立方米(m^3)。

- 无法取得上述数据的,可取一个最大储罐储油量的50%作为最大可信水上溢油事故的溢油量。

7.2.2.2 港区储罐的可能最大水上溢油事故的溢油量,取港区储罐中1个最大储油罐的容量,根据公式(1)计算;无法取得上述数据的,可取1个最大储油罐储油量的10%作为可能最大水上溢油事故的溢油量。

7.2.3 港口、码头、装卸站输油管道溢油事故溢油量

7.2.3.1 港口、码头、装卸站输油管道的最大可信水上溢油事故溢油量按公式(2)计算。

$$Q_2 = \sum_{i=1}^n C_i + \sum_{j=1}^b (v_j \times t) - \sum_{k=1}^m R_k \quad (2)$$

式中: Q_2 ——输油管道最大可信溢油量,单位为立方米(m^3);

n ——输油管道的数量;

C_i ——第*i*条输油管道的存油量,单位为立方米(m^3);输油管道在不作业时进行排空处理的,存油量取值为零;对于长输管线,只考虑可紧急关闭的一段管道的存油量;

b ——同时作业的输油管道的数量;

v_j ——第*j*条输油管道的输油速率,单位为立方米每小时(m^3/h);采取自流方式装船的,管道的输油速率按实际取值;无设计输油速率的,按表3取值;

t ——最快发现时间(可取巡视间隔时间)和最关闭阀门时间之和,单位为小时(h);

R_k ——第*k*个围护设施、事故池或沟渠管网在事故时仍可围控、储存溢油的容量,单位为立方米(m^3)。

7.2.3.2 不同等级油码头的货油泵输油速率参数见表3。

表3 不同等级油码头的货油泵输油速率参数

油码头等级	1千吨级	5千吨级	1万吨级	5万吨级	10万吨级	15万吨级	30万吨级	>30万吨级
货油泵参数(m^3/h)	200	250	500	1 200	2 500	3 500	5 000	6 000

7.2.3.3 输油管道的可能最大水上溢油事故溢油量,取港口、码头或装卸站输油管道中的1条最大口径输油管线,根据公式(2)计算;区域风险评估取区域内周转量最大的水运工程建设项目的1条最大口径输油管道,根据公式(2)计算。

7.2.3.4 水运工程建设项目的港区储罐和输油管道在发生事故因相互影响可能同时泄漏的,分别按照上述方法计算最大可信和可能最大水上溢油事故的溢油量,取两者之和;两者不可能相互影响的,取两者之中的大者。

7.3 概率分析

7.3.1 有历史数据的,水上溢油事故概率宜采用统计分析法确定,具体方法如下:

- a) 统计不同风险源水上溢油事故历史数据,统计时段应从风险评估的前一年开始,向前追溯,原则上应不少于10年;少于10年的,可选取作业类型、最大可信事故和可能最大事故溢油量,以及自然条件、地理环境相似的其他区域或水运工程项目进行类比分析;
- b) 按照10的 n 次方(从0起算)或者法定事故等级,计算不同等级事故的概率;
- c) 采用内插法,计算最大可信水上溢油事故和可能最大水上溢油事故的概率;
- d) 区域内历史上没有发生过最大可信事故的,最大可信水上溢油事故的概率可按照全球统计数据,结合我国实际情况确定;区域内历史上没有发生过可能最大水上溢油事故的,宜采取类比方法确定;
- e) 根据历史数据,建立水上溢油事故与不同风险源的船舶交通流量、石油运输量里程、码头油品装卸量或吞吐量、储罐周转量等之间的定量关系;再根据未来一段时间的预估数据,对现有概率的计算结果进行修正,经修正后的概率为未来特定时段内的事故概率。

7.3.2 在历史数据充足且细分数据充分的条件下,可按照 GB/T 27921、GJB/Z 768A,采用事故树分析法、故障树分析法、蝶形图分析法计算水上溢油事故的概率。采用多种分析方法的,宜进行比较分析,选取最为可信的概率分析结果。

7.3.3 没有足够历史数据且无法类比的,可以采用概率分析方法,基于全球或全国的水上溢油事故统计数据计算事故概率。

7.4 后果分析

7.4.1 分析内容

7.4.1.1 定性地分析水上溢油事故对风险评估范围内的水环境、生态环境、沉积物环境、大气环境、社会环境的影响程度;在特殊水域、特殊时节内,有需要特别保护的环境敏感保护目标的,应专题分析溢油对保护目标的危害后果。

7.4.1.2 根据风险评估工作等级,定量地预测溢油在水环境中的漂移扩散趋势;宜选用定量方法分析溢油对生态环境和大气环境的影响。

7.4.2 溢油漂移扩散影响预测

7.4.2.1 一级风险评估宜绘制环境敏感现状网格图,将风险评估范围所在的区域至少划分为 50×50 的网格,将岸线和环境敏感保护目标按表4给出的敏感性类别和敏感系数用不同颜色表示(可区分时节)。

表 4 岸线和环境敏感保护目标分类及敏感系数表

分 类		岸线和环境敏感保护目标分类描述及敏感系数				
		很低(0)	低(10)	中等(20)	高(30)	非常高(50)
自然与生态	岸线	极不敏感 (码头、防波堤等)	敏感度低(暴露的岩石、海岬、经常受海浪冲洗的基岩等)	一般敏感(细沙滩、平坦的潮间带、泥岩、粗海滩等)	剪剪感度高(滩涂、泥石海滩、砾质海滩,受遮蔽的岩石海岸等)	剪剪感度极高(受遮蔽的平坦潮间带,盐泽地、红树林等)
	动植物	对油类敏感的物种很少或没有	较小的短期影响	敏感物种仅限于当地价值	有限的中期影响	敏感物种对当地和区域非常重要
	保护区域	无	风景或野生动植物保护区	风景与自然保护区,野生动植物栖息地	海洋公园,海洋保护区,野生生物与海洋哺乳类动物栖息地	国际保护区域
经济与社会	经济	无重要的经济资源或活动	对区域或国家的经济重要程度低(盐田等)	仅对区域的经济会产生某些重大影响(一般养殖区、取水口等)	对区域经济产生重大影响,一些产生国家重大影响(重要养殖区、取水口等)	对国家经济产生重大影响(核电站取水口等)
	文化	无文化重要性	对当地社会产生某些重要影响,对区域影响较低	对当地和地区社会产生重要影响,但国家影响较低	对当地和地区产生重要影响,一些会产生国家重要影响	会产生国家重大文化影响
	社会、娱乐	无社会重要性	对地区或国家产生较低的社会影响	对地区社会有重要影响,但不会产生国家范围内的影响	对地区社会有重要影响,一些会产生国家重要影响	对国家产生重大影响

7.4.2.2 水上溢油漂移扩散预测的油类物质宜采用水运工程建设项目或区域内装卸、储运的有代表性的持久性油类物质,输入值取可能最大水上溢油事故的溢油量,预测起始点取事故多发点。

7.4.2.3 风向风速气象资料取风险评估范围内最近 10 年以上的历史数据,并给出风玫瑰图,列出评价区域的年主导风向、风速,冬季和夏季的主导风向、风速。一级风险评估的风险影响预测需要至少统计近 3 年每天逐小时的风向和风速数据,二级风险评估的风险影响预测需分别统计风险评估范围内冬季和夏季主导风向、风速,以及对主要环境敏感保护目标最不利的风向,风速为相应的不利风速。

7.4.2.4 潮流分别选择涨潮、落潮两种潮型。近岸海域、海湾、河口、海港、河港等的流场计算模拟可分别按 GB/T 19485 和 JTS 149-1 的相关要求进行。

7.4.2.5 溢油在水面的漂移、扩展过程 and 在水体中的扩散输运过程可采用“粒子随机走动模型”,海面溢油应至少考虑其挥发、溶解、乳化、分散和沉降五种风化过程;内河溢油至少考虑挥发、溶解、沉降三种风化过程。

7.4.2.6 采用随机模拟统计法预测,要求如下:

- 一级风险评估应采用随机模拟统计法预测溢油在水面上和水体中的可能扩散范围和危害程度;
- 对每个事故多发点进行不少于 300 次的随机情景组合的漂移扩散轨迹模拟,每次事故情形发生时间不确定,随机选取过去不少于 3 年的任一时刻风向、风速作为历史监测数据,流场数据取海洋动力模拟结果;
- 预测时长为海上 72h,内河时长在 24h ~ 48h 区间内取值,每一次事故模拟均计算并记录各个网格的溢油漂移经过时间、油膜厚度等数据,统计确定溢油对附近区域敏感目标的污染概率、

最快影响时间、油膜厚度和持续影响时间等污染程度信息。

7.4.2.7 一、二级风险评估应采用典型情景模拟法预测分析溢油在水面上和水体中的漂移扩散范围和危害程度,预测时长为海上 72h,内河时长根据水文气象条件在 24h~48h 区间内取值。典型海上和内河水上溢油事故情形模拟参数见表 5。模拟结果应给出溢油漂移轨迹、扫海面积以及到达环境敏感保护目标和岸线的时间、污染面积或长度。

表 5 典型水上溢油事故情形模拟参数

泄漏位置	油种和溢油量	典型风向	风速	潮型/内河径流
事故多发点	风险识别确定的代表性油种; 可能最大水上溢油事故的溢油量	冬季主导风	冬季主导风平均风速	涨潮/丰水期
				落潮/平水期
		夏季主导风	夏季主导风平均风速	涨潮/丰水期
				落潮/平水期
		不利风向	不利风速	涨潮/丰水期
				落潮/平水期

7.4.2.8 一级、二级风险评估应在评估范围内的环境敏感保护目标分布图上叠加模拟预测结果图。

8 风险评价

8.1 风险值计算方法

8.1.1 水上溢油环境风险值可用水上溢油事故发生概率及其危害后果的乘积表示,见公式(3)。

$$R = P \times C \quad (3)$$

式中: R ——风险值;

P ——可能最大水上溢油事故概率(事件数/单位时间);

C ——可能最大水上溢油事故造成的危害(损害/事件)。

8.1.2 水上溢油环境风险值也可用风险指数法表征,风险指数的计算参照附录 A。

8.2 风险评价方法

8.2.1 风险评价应首先采用定性的方法确定风险的可接受水平,一、二级风险评估可采用定量或半定量的方法评价风险接受水平,三级风险评估可采用定性方法评价风险接受水平。

8.2.2 风险评价宜采用与确定风险准则相同的方法。采用风险矩阵法的,风险矩阵的纵、横坐标应按照 5.2.3 要求采用相同的参数。

8.2.3 将风险值与风险准则进行比较,给出风险可接受程度结论。经比较分析,风险可忽略的,可不采取风险应对措施;风险不可接受的,可通过采取风险应对措施将风险降低到可接受程度或禁止新建项目;风险可接受的,仍应采取必要的风险应对措施以尽可能地降低风险。

8.2.4 环境费用效益分析方法宜按 HJ/T 130 或《综合安全评估应用指南》的要求进行,分析风险应对措施的可性和对降低风险的贡献度;存在多种可选择的应对措施的,宜进行比较分析,确定合适的风险应对措施。

9 风险应对

9.1 针对风险识别确定的各个风险因素、事故原因和潜在后果,提出防止事故发生、减轻事故影响的

控制措施,并进行充分性、可控性和有效性评估,评估可采用 GB/T 27921 和 GJB/Z 768A 中的检查表方法和事件树方法、故障树方法或者蝶形图法。

9.2 根据风险评估,提出水上溢油应急处置的策略原则、分级响应、重点环境敏感保护目标和污染物后处置措施。

9.3 应急防备能力要求。

9.3.1 根据风险评估的结果,提出相应的避难场所、堵漏、减载、清除等应急处置措施。

9.3.2 区域水上溢油应急防备的应对目标至少为可能最大水上溢油事故。

9.3.3 同一区域内有不同风险源或水运工程建设项目,可按照风险指数法分别计算其风险指数,根据各自风险指数占比确定应承担的应急防备能力比例。

9.3.4 水运建设工程项目的应急防备能力目标以可能最大水上溢油事故溢油量为基础,按照 JTS 149-1 确定本项目的应急防备能力建设目标。

9.3.5 各项溢油应急能力评估方法按照 JT/T 877 确定,根据风险评估提出有针对性的应急资源配置方案。

10 监督和检查

10.1 风险评估过程中和评估结束后,应当对影响风险评估结论的前提条件和环境因素进行持续的监督和检查,以确认下列各项内容:

- a) 风险评估的假定条件是否仍然有效;
- b) 水运工程建设项目或区域的内外部环境是否发生变化;
- c) 是否正在实现预期结果;
- d) 风险评估的结论是否与实际相符;
- e) 风险评估技术是否被正确使用;
- f) 风险应对措施是否有效。

10.2 风险评估后的持续监督检查可由评估单位采用定期回访的方式开展,持续时间不短于 6 年,期间回访次数不少于 3 次。

10.3 监测和记录风险应对措施的效果,必要时对水上溢油事故概率或危害后果重新评估。

10.4 风险评估过程中发现上述内容有变化的,应当及时更新风险评估的信息;风险评估结束后发现影响风险评估结论的主要因素发生重大变化的,应当重新进行风险评估。

附 录 A
(资料性附录)
风险指数法

A.1 方法一

A.1.1 区域单一风险源的水上溢油事故的事故概率指数按公式(A.1)计算。

$$P_c = \lg P + 5 \quad (\text{A.1})$$

式中: P_c ——事故概率指数;

P ——事故概率。

A.1.2 区域单一风险源的水上溢油事故的事故危害后果指数按公式(A.2)计算。

$$C_c = \lg A + \sum_{i=1}^n (P_i \times S_i) \quad (\text{A.2})$$

式中: C_c ——单一风险源的危害后果指数;

A ——可能最大水上溢油事故的溢油量,单位为立方米(m^3);

P_i ——第*i*个环境敏感保护目标受溢油污染的概率,一级风险评估时 P_i 应根据随机模拟统计法计算获得,二级风险评估时 P_i 可取其不利风向的风频;

S_i ——第*i*个环境敏感保护目标的敏感系数(参考表4设置);

n ——可能受溢油污染(受污染概率不小于5%)的环境敏感保护目标个数。

A.1.3 区域内存在多个风险源的,多源综合风险危害后果,按公式(A.3)计算。

$$C_e = \left(\frac{C_{\max}^2 + C_{\text{avg}}^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{A.3})$$

式中: C_e ——多个风险源所造成的综合危害后果指数;

C_{\max} ——所有单个风险源危害后果指数中的最大值;

C_{avg} ——所有单个风险源危害后果指数的平均值。

A.1.4 溢油风险指数值按公式(A.4)计算。

$$R_d = P_c \times C \quad (\text{A.4})$$

式中: R_d ——溢油风险指数值;

C ——危害后果指数,单一风险源选用 C_c ,多个风险源选用 C_e 。

A.2 方法二

A.2.1 区域多风险源的溢油污染指数按公式(A.5)、公式(A.6)和公式(A.7)计算。

$$C_{ij} = \sqrt[3]{P_{ij}' \times H_{ij}' \times T_{ij}'} \quad (\text{A.5})$$

$$H_{ij}' = \frac{H_{ij} - \min(H_{ij})}{\max(H_{ij}) - \min(H_{ij})} \quad (\text{A.6})$$

$$T_{ij}' = \begin{cases} \frac{\max(T_{ij}) - T_{ij}}{\max(T_{ij}) - \min(T_{ij})}, & T_{ij} \neq 0 \\ 0, & T_{ij} = 0 \end{cases} \quad (\text{A.7})$$

式中: C_{ij} ——第*i*个风险源在第*j*个网格单元的溢油污染指数;

- P_{ij} ——第 i 个风险源对第 j 个网格单元的污染概率；
 H'_{ij} ——标准化最大油膜厚度；
 T'_{ij} ——标准化最短到达时间；
 H_{ij} ——第 i 个风险源在第 j 个网格单元可能造成的最大油膜厚度；
 T_{ij} ——第 i 个风险源溢油油膜到达第 j 个网格单元的最短时间。

A.2.2 溢油风险指数表征溢油风险后果大小,按公式(A.8)计算。

$$R_{ij} = p_i \times C_{ij} \times S_j \quad (\text{A.8})$$

- 式中: R_{ij} ——第 i 个风险源在第 j 个网格单元的溢油风险指数；
 p_i ——第 i 种风险源发生事故的相对概率,即源系数,可分类型统一依据事故历史统计得到；
 C_{ij} ——第 i 个风险源在第 j 个网格单元的溢油污染指数；
 S_j ——第 j 个网格单元的环境敏感系数。

A.2.3 单个风险源下的溢油风险指数总值按公式(A.9)计算。

$$r_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} \quad (\text{A.9})$$

- 式中: r_i ——某一风险源的溢油风险指数总值。

A.2.4 多风险源下的综合溢油风险指数按公式(A.10)计算。

$$O_j = \sum_{i=1}^m R_{ij} \quad (\text{A.10})$$

- 式中: O_j ——某个单元网格的综合溢油风险指数。

A.3 方法三

A.3.1 区域单一风险源的水上溢油事故的事故概率指数根据公式(A.1)计算。

A.3.2 区域单一风险源的可能最大水上溢油事故的事故危害后果指数按公式(A.11)计算。

$$C_f = A \div 1\,000 \times \sum (P_i \times S_i \times M) \quad (\text{A.11})$$

- 式中: C_f ——单位油品对敏感资源的综合危害后果指数；
 P_i ——第 i 敏感资源网格受影响的概率,一级风险评估的第 i 敏感资源网格受影响的概率 P_i 应根据随机模拟统计法预测得到,二级风险评估的第 i 敏感资源网格受影响的概率 P_i 可取其不利风向的风频；
 S_i ——第 i 敏感资源网格的敏感系数；
 M ——敏感资源网格图中每个网格的地理面积,单位为平方千米(km^2)。

A.3.3 区域内存在多个风险源的,多源综合风险危害后果,根据公式(A.3)计算。

A.3.4 溢油风险指数值按公式(A.12)计算。

$$R_d = \frac{P_c \times C}{5} \quad (\text{A.12})$$

- 式中: C ——危害后果指数,单一风险源选用 C_f ,多个风险源选用 C_e 。

附 录 B
(规范性附录)
F-N 曲线法

B.1 F-N 曲线法理论详见 GB/T 27921—2011 的 B.29。

B.2 F-N 曲线中的 F (纵坐标) 为水上溢油事故的概率, N (横坐标) 可用水运工程项目或区域的每年水上溢油事故的溢油量或者溢油造成的经济损失表示。

B.3 无国家、地方或本行业给出的基于 F-N 曲线法给出的死亡人数风险准则的, 可用航运安全事故 F-N 曲线为基础, 将溢油量按照式 (B.1) 转换成安全事故死亡人数, 提出水上溢油事故的风险准则。

$$Q = 33.66n + 30.05 \quad (\text{B.1})$$

式中: Q ——溢油量, 单位为吨 (t);

n ——死亡人数, 单位为个。

附 录 C
(资料性附录)
船舶舱容对应表

C.1 船舶总吨与单舱货油/燃油数量关系可查阅下表用内插法确定。

C.2 表 C.1 ~ 表 C.9 给出了各类船舶货油舱容量或燃油数量关系。

表 C.1 成品油船载货率统计表

成品油船载重吨位 (t)	成品油船总吨数 GT	单个货舱油量(85%载货率) (m ³)
1 000 ~ 3 000	640 ~ 1 920	85 ~ 319
3 000 ~ 5 000	1 920 ~ 3 200	255 ~ 531
5 000 ~ 10 000	3 200 ~ 6 300	425 ~ 1 063

表 C.2 原油船载货统计表

原油船载重吨位 (t)	原油船总吨数 GT	单个货舱油量(85%载货率) (m ³)
30 000 ~ 50 000	18 900 ~ 31 500	3 200 ~ 5 300
50 000 ~ 80 000	29 500 ~ 47 200	5 300 ~ 8 500
80 000 ~ 150 000	42 400 ~ 79 500	8 500 ~ 12 800
150 000 ~ 250 000	75 000 ~ 125 000	12 800 ~ 14 200
250 000 以上	125 000 以上	14 200 以上

表 C.3 成品油船燃油舱中燃油数量关系

成品油船载重吨位 (t)	成品油船总吨数 GT	燃油总舱容 (m ³)	燃油总量(载油率80%) (m ³)	燃油舱单舱燃油量 (m ³)
1 000 ~ 3 000	640 ~ 1 920	50 ~ 230	40 ~ 185	5 ~ 30
3 000 ~ 5 000	1 920 ~ 3 200	150 ~ 380	120 ~ 300	15 ~ 50
5 000 ~ 10 000	3 200 ~ 6 300	250 ~ 760	200 ~ 600	25 ~ 100

表 C.4 原油船燃油舱中燃油数量关系

原油船载重吨位 (t)	原油船总吨数 GT	燃油总舱容 (m ³)	燃油总量(载油率80%) (m ³)	燃油舱单舱燃油量 (m ³)
30 000 ~ 50 000	18 900 ~ 31 500	1 510 ~ 3 780	1 208 ~ 3 024	151 ~ 504
50 000 ~ 80 000	29 500 ~ 47 200	2 360 ~ 5 664	1 888 ~ 4 531	236 ~ 755
80 000 ~ 150 000	42 400 ~ 79 500	3 392 ~ 9 540	2 714 ~ 7 632	340 ~ 1 272
150 000 ~ 250 000	75 000 ~ 125 000	6 000 ~ 15 000	4 800 ~ 12 000	600 ~ 2 000
250 000 以上	125 000 以上	10 000 以上	8 000 以上	1 000 以上

表 C.5 液化气船燃油舱中燃油数量关系

液化气船载重吨位 (t)	液化气船总吨数 GT	燃油总舱容 (m ³)	燃油总量(载油率80%) (m ³)	燃油舱单舱燃油量 (m ³)
<5 000	<4 000	<480	<384	<64
5 000 ~ 10 000	4 000 ~ 8 000	320 ~ 960	256 ~ 768	32 ~ 128
10 000 ~ 30 000	8 500 ~ 25 500	680 ~ 3 060	544 ~ 2 448	68 ~ 408
30 000 ~ 50 000	27 000 ~ 45 000	2 160 ~ 5 400	1 728 ~ 4 320	216 ~ 720
50 000 ~ 80 000	75 000 ~ 120 000	6 000 ~ 14 400	4 800 ~ 11 520	600 ~ 1 920

注:没有考虑部分液化天然气(LNG)运输船舶采用蒸汽轮机,且动力燃料来自所载 LNG 的汽化气。

表 C.6 散货船燃油舱中燃油数量关系

散货船载重吨位 (t)	散货船总吨数 GT	燃油总舱容 (m ³)	燃油总量(载油率80%) (m ³)	燃油舱单舱燃油量 (m ³)
<5 000	<3800	<456	<365	<61
5 000 ~ 10 000	3 400 ~ 6 800	272 ~ 816	218 ~ 653	27 ~ 109
10 000 ~ 30 000	6 500 ~ 19 500	520 ~ 2 340	416 ~ 1 872	52 ~ 312
30 000 ~ 50 000	18 300 ~ 30 500	1 464 ~ 3 660	1 171 ~ 2 928	146 ~ 488
50 000 ~ 80 000	27 500 ~ 44 000	2 200 ~ 5 280	1 760 ~ 4 224	220 ~ 704
80 000 ~ 150 000	44 000 ~ 82 500	3 520 ~ 9 900	2 816 ~ 7 920	352 ~ 1 320
150 000 ~ 250 000	76 500 ~ 127 500	6 120 ~ 15 300	4 896 ~ 12 240	612 ~ 2 040

表 C.7 集装箱船、滚装船、小汽车运输船燃油舱中燃油数量关系

集装箱船载重吨位 (t)	集装箱船总吨数 GT	燃油总舱容 (m ³)	燃油总量(载油率80%) (m ³)	燃油舱单舱燃油量 (m ³)
<5 000	<3 300	<396	<312	<39
5 000 ~ 10 000	3 800 ~ 7 600	304 ~ 912	243 ~ 730	30 ~ 122
10 000 ~ 30 000	8 700 ~ 26 100	696 ~ 3 132	557 ~ 2 506	70 ~ 418
30 000 ~ 50 000	30 000 ~ 50 000	2 400 ~ 6 000	1 920 ~ 4 800	240 ~ 800
50 000 ~ 80 000	55 000 ~ 88 000	4 400 ~ 10 560	3 520 ~ 8 448	440 ~ 1 408

表 C.8 杂货船、冷藏船燃油舱中燃油数量关系

杂货船载重吨位 (t)	杂货船总吨数 GT	燃油总舱容 (m ³)	燃油总量(载油率80%) (m ³)	燃油舱单舱燃油量 (m ³)
<5 000	<3250	<390	<312	<39
5 000 ~ 10 000	3 400 ~ 6 800	272 ~ 816	218 ~ 653	27 ~ 109
10 000 ~ 30 000	8 300 ~ 24 900	664 ~ 2 988	531 ~ 2 390	66 ~ 398
30 000 ~ 50 000	30 000 ~ 50 000	2 400 ~ 6 000	1 920 ~ 4 800	240 ~ 800

表 C.9 驳船燃油舱中燃油数量关系

驳车载重吨位 (t)	驳船总吨数 GT	燃油总舱容 (m ³)	燃油总量(载油率 80%) (m ³)	燃油舱单舱燃油量 (m ³)
<5 000	<2 550	<306	<245	<31
5 000 ~ 10 000	3 100 ~ 6 200	248 ~ 744	198 ~ 595	25 ~ 99

