

有冰条件下撇油器回收溢油速率试验研究^{*}

陈 宇¹ 刘启斌¹ 宋 威¹ 李志军² 禹精瑞²

(1. 中海石油环保服务有限公司; 2. 大连理工大学海岸和近海工程国家重点实验室)

摘 要 为评价一种进口多功能撇油器应对渤海冬季溢油的能力, 试验分别对刷式、盘式、鼓式三种撇油头在无冰和有冰(冰密集度约 5 成)条件下进行收油速率测试。试验以 100 L 油品为基数, 测出在各种组合条件下回收油品所需要的时间, 并把鼓式撇油头在有冰条件下的泵速提高, 再进行试验。结果发现三种撇油方式的回收速率不仅与撇油头类型有关, 同时也取决于是否有冰; 在有冰条件下, 三种撇油头收油效果都受到影响, 其中盘式撇油器受影响最大, 无法回收溢油; 在有冰条件下加大鼓式撇油头泵速会提高总回收速率, 但含水率同时提高; 对凝固原油, 撇油器无能为力。试验结果对正确评估三种类型的撇油头在两种情况下的收油效果和相关单位应具备的清除溢油能力, 以及今后引进设备提高应急能力将起到借鉴作用。

关键词 环保 溢油 冰区 撇油器 效率

中图分类号: X506

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2011)01-0027-03

0 引 言

溢油事件的频繁发生, 已经引起世界各国的普遍关注, 它不仅使大量资源流失, 造成生态环境损害, 还可能引发次生灾害和国际纠纷。发生溢油事故后, 首先考虑如何应对溢油事故, 将溢油危害降至最低程度^[1], 而提高撇油器的溢油回收效率是关键。撇油器是各类收油设备的统称, 其性能优劣很大程度上决定了溢油回收行动的成败, 因此撇油器的溢油回收能力是必须要掌握的指标^[2-3]。对于中国渤海和黄海北部的油气工业活动而言, 不仅要了解不同类型撇油器在开敞海域的回收效果, 还要了解它们在冰区的溢油回收能力。目前国内关于冰区溢油回收只是综述性介绍冰区溢油处理手段^[4-5], 对具体操作的研究还比较少。

渤海油气田面积 58327 km², 是我国第二大产区。根据文献^[6], 目前获得原油探明储量 8.6×10^9 t, 探明天然气储量 272×10^9 m³。渤海是我国面积最小、平均水深最浅、纬度最高的海区, 每年冬天都会出现海冰, 冰期主要集中在 12 月下旬至次年 3 月初, 也是北半球结冰的最南端^[7]。在冬季海上石油勘探开发的过程中, 如开采、储存或运输的任何阶段发生溢油突发事件, 后果都将非常严重。冰区溢油清理是一个非常棘手的问题, 而冰是限制海上溢油回收速率的关键因素。为了应对在冰期发生溢油事故, 评估现有撇油器在冰区的收油效果。在总结国外经验的基础上, 在我国进行了首例试验研究。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

冰-油试验需要特定试验场地和试验设备。试验共进行二次, 试验的关键模拟材料如下:

◆ 浮冰 试验浮冰取自试验场地附近的海河口天然冰块, 将其平均尺寸控制在 30 cm×20 cm×10 cm。

◆ 水 模拟试验用水有两种情况: 2 月采用淡水, 并在自然状态下降温到冰点温度, 加入冰块; 4 月直接将海河口的海水泵入试验水池备用。

◆ 油 第一阶段试验油品采用渤西原油与一 35[#] 柴油按 1:0.75 的混合油; 第二阶段试验使用渤西原油。

◆ 试验场地 在中海石油环保服务有限公司塘沽基地大院内修建 15 m×11 m×1.5 m 的试验水池。在水池内用耐油橡胶材料及若干支撑管组成的轻便储油罐开展试验, 轻便储油罐尺寸为 3 m×3 m×1 m, 适合试验使用。试验水池不仅用于设备的试验, 还用于试验后的设备清理。

◆ 撇油器 多功能撇油器是一种高效灵活的自由浮动型收油机。其结构为三角型, 内部可安装刷式、鼓式、盘式三种可互换式模块, 在无冰水域能够高效回收柴油、原油、高粘度机油和乳化油, 且含水率低。

◆ 真空撇油器 真空撇油器是利用真空泵在真空罐体内建立真空并通过撇油头处的压力差回收油水混合物的装置。

^{*} 基金项目: 中国海洋石油总公司技术发展项目(项目编号 C/KJF ETCY 001—2009); 加拿大政府加拿大研究专项奖(2009)

陈宇, 2005 年毕业于天津大学生物化工专业, 硕士, 工程师, 现在中海石油环保服务有限公司工作。通信地址: 天津塘沽区渤海石油路 688 号, 300452

上述试验设备的生产信息和型号见表 1。

表 1 试验主要设备生产厂家、型号和性能

设备名称	生产厂家	规格型号	数量/套	性能
多功能撇油器	LAMOR	LMS30	1	收油能力 60 m ³ /h (无冰条件)
真空撇油器	青岛光明	ZK30	1	收油能力大于 3 m ³ /h (无冰条件)
轻便储油罐	LAMOR	9 m ³	2	每套储油能力 9 m ³

1.2 试验方法

首先在试验池内的平地上分别安装两个 3 m×3 m×1 m 的轻便储油罐,记为 1 号和 2 号,在罐体内表面铺满塑料内衬。向 1 号储油罐内注入 0.8 m 深的自来水或海水,之后再倒入 90 L 试验用油(渤西原油或 55 L 渤西原油与 35 L 的-35# 柴油混合油),油膜厚度约 1 cm。将输油管线一端连接多功能撇油器的输油泵出口,另一端放进 100 L 的量油桶内,启动多功能撇油器的动力站并操作吊车将撇油器吊入 1 号储油罐内,待撇油器运转稳定后测试其在连续油膜状态下的回收速率。

在无冰条件下收油测试完毕后,将撇油器吊到 2 号储油罐暂放,将量油桶中回收到的油重新倒入 1 号储油罐,视情况增补试验用油,维持其厚度约 1 cm,再将输油管线放入其中。更换撇油器的撇油头,再次操作吊车将撇油器吊入 9 m³ 轻便储油罐进行试验。试验时使用的撇油头顺序是:刷式、盘式、鼓式。最后进行真空撇油器和吸油毛毡的收油试验。

有冰条件下的试验是将 30 cm×20 cm×10 cm 的冰块放入 1 号储油罐,冰块面积约占储油罐总表面积的 50%。启动吊车把撇油器吊入 1 号储油罐,打开撇油器,待运转稳定后记录收油时间。更换撇油头再次试验时,添加部分准备好的冰块,保持冰密集度约 50%(5 成)的水平。

试验时记录水温、气温和风速风向。全部试验完成后连接潜水泵将储油罐中的污水传输到污水水接收罐中并清理设备和现场。试验条件和内容见表 2。

表 2 冰区清理溢油速率试验条件和内容汇总

日期	2010 年 2 月 2 日	2010 年 4 月 7 日
试验目的	①依次对多功能撇油器的刷式、盘式及鼓式撇油头进行无冰和有冰条件下的收油速率试验;②对真空撇油器进行收油速率试验;③对两种不同材质的吸油毛毡进行收油效率试验。	依次对多功能撇油器的刷式、盘式及鼓式撇油头进行无冰和有冰条件下的收油速率试验。
油品和油量	180 L 渤西原油和柴油以 1 : 0.75 混合的混合油	180 L 渤西原油
风速风向	6.9 m/s,无持续风向	5.8 m/s,东南风向
水量、水温及水深	18 m ³ 、-1℃、1 m	90 m ³ 、-0.5℃、1 m
油膜条件	3 m×3 m×0.01 m	3 m×3 m×0.01 m
气温和天气状况	-2℃,阴转多云	3℃,多云转晴

2 试验结果与分析

设定泵速不变,在连续油膜状态下,测试在无冰和有冰的情况下收集 100 L 油水混合物所需要的时间和回收混合物内的含水率,从而定量评价回收速率:

$$\eta = \left(1 - \frac{w}{100}\right) \frac{6}{t}$$

(1)

式中:

- η ——收油速率,m³/h;
- w ——含水率,%;
- t ——收集 100 L 油水混合物所需要的时间,min。

根据现场试验记录,整理并计算结果,见表 3。

由表 3 可知,这些设备总回收速率都没有达到设备厂方提供 60 m³/h 的理想能力,见图 1。对于混合油,撇油头回收总速度最快的是刷式撇油头,但它回收的水较多。从回收油速率上,排列顺序是:盘式>刷式>鼓式。对于渤西原油,撇油头回收总速度最快的仍然是刷式撇油头;在有冰条件下,三种撇油头都没有回收到溢油。

从油品上看,无论是否有冰存在,渤西原油的收油速率几乎都是 0。渤西原油的凝点高于冰点,试验时原油处于凝固状态,仅鼓式表面能够粘附少许原油,盘式和刷式表面无法粘附原油。即使无冰存在,对于凝固原油,撇油头也无能为力。因此油品的性质决定收油速率的大小。

表 3 各种撇油器不同条件下清油性能试验参数

撇油头	指 标	混合油		原油	
		无冰	冰密集度 5 成	无冰	冰密集度 5 成
刷式	时间/min	0.75	1.67	1.5	3.25
	含水率/%	75	90	100	100
	收油速率/(m ³ /h)	2.00	0.36	0	0
	总速率/(m ³ /h)	8.00	3.59	4.00	1.85
盘式	时间/min	1.92	9.33	4.1	5.22
	含水率/%	10	30	100	100
	收油速率/(m ³ /h)	2.81	0.45	0	0
	总速率/(m ³ /h)	3.13	0.64	1.46	1.15
鼓式	时间/min	2.67	5.5	5.5	1.58
	含水率/%	60	80	100	100
	收油速率/(m ³ /h)	0.90	0.22	0	0
	总速率/(m ³ /h)	2.25	1.09	1.09	3.80

从海冰影响看,有冰条件下的收油速率大幅下降。盘式撇油头绝对收油速率最高,也只是其无冰时速率的 16%;刷式撇油头的绝对收油速率次之,是其无冰收油速率的 18%;鼓式最后,相当于其在无冰时的 24%。造成有冰条件下,撇油头工作效率低下的主要原因是:水温较低使油品粘性增大,吸附在冰块的油不易被分开,也很难被撇油器回收;冰块之间缝隙围困的油品无法接触到撇油器,难以回收;冰块阻碍撇油器在水面活动,使回收速率下降。

另外,其它方面的试验还发现:真空撇油器的吸油口入水深度不易掌握,收油速率低,含水率高。1 片 500 mm×500 mm 羊毛材质毛毡吸油前自重 0.22 kg,吸油后重量 1.425 kg。其吸入的油水混合物重量可达自重的 6 倍,但含水率较高;1 片 SPC ENV100-C 吸油毡自重 0.035 kg,吸油后重量 0.415 kg。吸入的油水混合物重量可达自重的 12 倍,且含水率较低。

在实际冰区溢油中,渤海一般以沿岸堆积冰或大面积浮冰为主。浮冰内还有冰脊、水道、潮汐裂缝等^[10]。溢油在海流的作用下迁移到冰块边缘,滞留在冰裂缝、水道和水泊中,有些溢油甚至滞留在冰层下面,这些都增大机械清理溢油的难度。

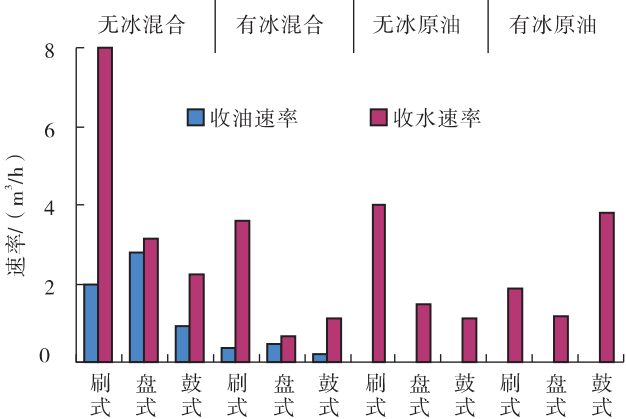


图 1 各种试验条件组合下的收油速率比较

3 结论与建议

◆ 在无冰条件下,三种撇油头都可以顺利回收溢油。其中,刷式撇油器收油速率最快,其次是盘式和鼓式。但油品的粘度越大,回收速率越低。此外,所有的试验结果都没有达到厂方提供总速率 60 m³/h 的水平。

◆ 在有冰条件下,三种撇油头收油效果都受到不同程度的影响,其中盘式撇油器受影响最大,基本无法回收溢油;鼓式和刷式收油速率相当,相对它们在无冰条件时的而言,分别保持各自 24%和 18%的能力。

◆ 提高鼓式撇油头泵的转速会增加总速率,但含水率也同时提高。

◆ 今后在溢油回收方式上需要进一步研究,如更多类型的撇油器在不同冰密集度下工作效率的研究,各种撇油器收油速率随泵转速的变化曲线,各种撇油器对固体溢油回收效果的研究,溢油乳化对机械回收的影响。

参 考 文 献

[1] 崔源,郑国栋,栗天标,等.海上石油设施溢油风险管理与防控研究[J].油气田环境保护,2010,20(1):29-32.

[2] 张铁铸,何树君.胜利油田海洋溢油回收装置与回收方法研究[J].油气田环境保护,2002,12(1):31-33.

[3] 周李鑫,濮文虹,杨帆.海上溢油回收技术研究[J].油气田环境保护,2005,15(1):46-50.

[4] 蒋发林,林建国.有冰海区溢油清理技术及对策研究[J].交通环保,2004,25(4):1-4.

[5] 李志军,王鹏.低温和结冰区溢油清理技术展望[J].中国海洋平台,2002,17(4):1-6.

[6] 中国石油.渤海油田[EB/OL].<http://www.cnpc.com.cn/cn/sybk/gnyc/gnynt/渤海油田.htm>,2010-6-7.

[7] 李志军.论渤海海冰特点及冰区溢油清理的难度[J].中国海洋平台,2000,15(5):20-23.

(收稿日期 2010-10-12)

(编辑 袁立凡)