

基于安全“金字塔”理论的油船过驳作业风险分析

李纪强, 刘长明, 葛海鹏

(大连海事大学航海学院, 辽宁大连 116026)

摘要: 船对船式原油过驳面临着船舶溢油危险和火灾爆炸危险。尽管至今还未发生过因过驳作业造成的巨大事故, 但是由于油船的特殊性, 一旦发生将造成不可估量的生命、财产损失和严重的海洋污染。本文对过驳的条件和过程进行研究, 分析得出了影响过驳安全的五项影响因素(下文统一简称“影响因素”), 包括环境、人员、船舶、设备、管理。采用调查问卷的形式, 对五项影响因素及22项风险因子进行了调查, 采用“金字塔”法的结构对调查结果进行了重要性排序。最后针对五项影响因素中的主要风险因子提出了具体的安全保障措施。

关键词: 原油过驳; 影响因素; 安全“金字塔”理论

中图分类号: U692

文献标识码: A

0 引言

随着经济的高速发展, 我国石油需求量日益增大。根据相关数据显示^[1], 2016年我国原油需求达到3亿吨, 比2015年需求量增加百分之十。随着船舶大型化的趋势, VLCC船舶成为我国运输原油的主要船型。30万吨级船舶对港口水深等硬件要求较高^[2], 普通港口很难满足其靠泊装卸货要求。大量港口通过锚地船对船的原油过驳转运方式解决硬件条件不足的问题。

船对船原油过驳方式具有节省港口资源、降低船舶运营成本等优势, 但同时过驳作业也面临一系列的风险, 如火灾、溢油等。虽然到目前为止没有过驳作业发生重大事故, 但由于过驳货物的特殊性, 一旦发生事故, 将造成不可估量的损失。因此有必要对原油过驳作业安全的影响因素进行分析, 有针对性地提出保障措施, 增加过驳作业的安全性。

高春元把影响原油过驳安全的影响因素总结为硬件设备(如船舶、缆绳)、软件设备(如公

司)、环境因素、人员因素, 并提出相应的措施^[3], 但是对这些影响因素并没有细化研究; 程金国以广州港为例, 对在受到潮流影响下, 受驳船靠离过驳船的时机做了分析, 并针对受驳船提出了靠离泊操作方法^[4], 但是没有对其他靠离泊中的其他影响因素进行细化分析; 刘卓对锚地过驳的条件进行了总结, 采用层次分析法对影响过驳安全因素进行了分析, 并建立了评价模型, 设计了一套用来评价过驳安全程度的模型^[5], 但是没有考虑海事监管因素, 也没有分析各项影响因素对过驳安全作业影响的大小。目前, 国内对于各项影响因素对船舶过驳作业安全影响的大小缺乏相关系统研究。

1 油船过驳

1.1 过驳条件

油船过驳可分为靠泊、过驳、离泊三个过程。为保证船舶过驳作业安全, 在进行这三项过驳作业时, 应满足如下条件:

(1) 气象条件: 海洋环境复杂多变, 气象条件是影响海上船对船式原油过驳的重要因素。在过驳期间气象条件应满足: 风力等级7级以下; 海浪为4级以内; 能见度1海里以上; 无急转流。

(2) 船舶设备条件: 进行过驳作业前, 应考虑过驳船与受驳船之间的船舶差异限制; 两船能够协调一致地进行接油管、系泊、通行等操作; 对于油管的输油压力、速度应在合理的范围内, 保证在输油过程中不至发生泄漏事故, 造成污染。

(3) 人员条件: 为了更好地执行作业命令, 需要有一位能力出众的负责人来统一协调指挥。指挥人员可以是船长或专业船对船指挥员。指挥员应具备以下条件: 有相关培训经验; 有油船装卸经验; 对周围海洋环境熟悉; 对应急事故可以迅速做出决断。

(4) 管理条件: 《船舶载运散装油类安全防污染监督管理办法》规定^[5], 原油海上过驳作业应按《液货船水上过驳作业安全监督管理规定》规定操作。并向主管当局报告船舶的基本信息、过驳作业的计划时间、过驳作业的方式、过驳的货物种类、需要的援助以及各项证书文件。

1.2 过驳过程

(1) 靠泊作业: ①抛锚。过驳船在海上指定场所抛锚, 等待受驳船靠泊。通常情况下, 过驳船抛锚后顶风流, 受驳船在靠近时, 可请求拖轮协助。②放置衬垫。此操作可由任一条船完成。受驳船因其灵活、方便等特点, 通常衬垫都放在受驳船上。同时, 为防止船舶在离泊作业时由于船间效应的影响发生碰撞, 在船舶首尾也需加上衬垫。③系缆。通常四根头缆、四根倒缆、四根尾缆。



图1 过驳作业示意图

(2) 过驳作业。当靠泊作业完成后, 即可进行过驳作业: ①做好过驳的各项准备工作, 检查各项安全措施、设备情况、消防器材、文件部署等。②负责人在确认靠泊作业合适且合理后, 开始进行过驳作业。③两船交流船舶信息、过驳

计划(过驳顺序、过驳时间、过驳速率等等)、应急计划。④连接输油管, 开始过驳, 并进行安全检查(静电检查、无线电检查、溢油检查、压力检查), 防止危险发生。

(3) 离泊作业。当过驳结束时, 即进行离泊作业: ①在离泊过程中, 船内应保持良好的通信并及时沟通。②按照事先确定的解缆计划进行解除揽绳操作。先进行单绑, 在两船在适宜的离泊角度时, 解除所有揽绳。③两船应等到彻底分开, 再进行其他操纵, 避免船吸等船间效应使两船再次发生碰撞。

(4) 应急操作。在船舶进行靠泊、过驳、离泊整个过程中, 应时刻保持警惕, 做到随时可以处理应急事件。只要两船发生紧急情况, 应立即拉响警报, 按照应急部署表, 采取应急措施; 过驳负责人应视情况确定是否中止作业, 消防人员立即到位; 一旦发生原油溢出, 驾驶台应向当地主管机关报告。

2 油船过驳作业安全分析

2.1 安全“金字塔”理论

美国工程师海因里提出了“安全金字塔”法则: 事故的发生不是由单一因素导致的, 而是受多种影响因素的影响, 而每个影响因素又是由多个风险因子控制。“安全金字塔”法则基于对安全影响因素及其风险因子的分析, 对各因素和因子重要度进行量化并排序, 选择重要度最大的影响因素作为金字塔的基石, 由下到上逐层搭建安全金字塔图, 并针对每一层因素的风险因子按照其量化值所占比例进行图层份额分配, 最终得到安全“金字塔”图, 可以清晰地显示出各层因素对整个事件的影响的重要程度和每个风险因子对其所在层级的影响程度。

2.2 船舶过驳影响因素分析

2.2.1 环境因素

决定原油过驳作业的先决因素是环境因素, 包括底质、风、流、浪、气象能见度和障碍物距离。

(1) 过驳区域一般为锚地, 因此底质的状况决定了锚泊的状况。适合锚泊的底质可以提供较大的抓力, 防止走锚, 方便受驳船靠离以及减少在过驳过程中因船舶震荡而引起的原油泄漏事故。

(2) 风、浪、流等海洋气象因素对过驳作业也产生巨大的影响, 风浪流可使两船发生走锚、断缆、碰撞等事故^[7]。

(3) 过驳作业区域要求能见度良好, 在能见度不良时, 过驳作业危险度升高。

(4) 过驳区域的碍航物对油船过驳作业的影响随距离加大。距离障碍物越近, 受驳船靠离泊越困难, 造成过驳作业危险的风险性越高。当距离大于3海里时, 危险度低, 当距离小于0.5海里时, 危险度高^[5]。

2.2.2 人员因素

在发生的海上事故中, 近90%^[6]均是由人为因素引起的。同样, 在过驳作业中, 人为因素也是其中的一项关键因素。人员因素主要有值班员的精神状态、语言沟通能力、船员业务能力、船员的责任心等。

(1) 值班人员能够监管整个过驳过程, 及时发现过驳过程中出现的问题, 因此, 值班员的精神状态对过驳作业的安全完成有着很大影响。

(2) 语言沟通能力在过驳作业中对协调本船及它船操作具有重要作用。双方具有一定的沟通基础, 能够准确地从对方语言中了解到相互的意图, 才不会误解作业命令。

(3) 船员的业务能力直接决定过驳作业能否安全顺利进行。靠离泊作业、放置碰垫等工作对船员的操作能力有极高的要求, 因此对船员进行定期培训非常必要。

(4) 船员的责任心将对过驳作业的顺利完成起到至关重要的作用。责任心不强的船员极易发生误操作等问题, 导致事故发生。

2.2.3 船舶因素

船舶状况的好坏将决定过驳作业的危险程度, 主要包括船舶操纵性、船龄、船旗国检查、PSC检查等四方面因素。

(1) 在进行靠离泊时, 受驳船的操纵性在很大程度上影响船舶安全。操纵性好的船舶更易于控制受驳船与过驳船的相对速度和距离, 增加安全性。

(2) 船龄的大小将影响船舶本身的强度和船上设备的情况。船舶各个系统(消防、通信、通风、压载水、报警系统)均会随船龄的增加而变差, 通常认为10年以下的船龄较适合过驳作业。

(3) 船旗国对船舶的监管程度也会影响船舶状况的好坏, 进而影响过驳作业的安全性。

(4) PSC检查记录在很大程度上可以反映出船舶的整体情况。同样, 对于过驳作业的油船,

如果在PSC检查记录中出现的不合格项越多, 存在的安全风险就越高。

2.2.4 设备因素

影响过驳作业的设备因素主要有碰垫、输油软管、系泊揽绳、人员护具等

(1) 碰垫的数量、规格、位置应严格按照过驳计划进行安装, 并且在任何时候使两船不致发生直接接触。碰垫质量越好, 过驳危险性越低。

(2) 输油管是输送油类的软管, 质量、可承受压力、工作温度限制等决定油管的性能。性能越好, 发生泄漏事故的可能性越小, 过驳作业越安全。

(3) 由于过驳作业中, 在海上主要靠揽绳将两船连接在一起, 进行输油过驳作业, 因此, 在受到风浪流及船舶震动的影响下, 揽绳的强度对过驳安全具有很大影响。

(4) 油船过驳区域, 工作人员应穿戴护具, 防止静电积累导致静电起火, 危及全船。

2.2.5 管理因素

(1) 船上监管。在过驳过程中, 船上监管是一项重要的工作。在靠离泊作业时, 要加强监管防止因操作或船间效应发生碰撞; 在过驳时, 在各个岗位上安排专门人员值班; 实时监测各油舱状态; 驾驶台加强值班。

(2) 港口监管。港口当局对油船锚地过驳作业进行安全检查, 确定符合锚地过驳作业要求, 保障过驳作业的安全顺利进行。

(3) 海事局监管。海事局对过驳作业安全文件的审查、对过驳作业中航警的发布、对环境的关注、对航行区域的交通管理等均会影响过驳作业的安全进行^[7]。

(4) 公司监管。公司对船舶负有监督、审查责任。公司应对船舶设备情况、船上人员工作情况进行检查, 确保设备良好, 人员适任。

2.3 安全分析

基于上文分析, 确定了影响油轮过驳作业安全的环境、人员、船舶、管理、设备五项影响因素和22类风险因子。依据安全金字塔理论, 以油船安全过驳为最终目标, 五大影响因素构成金字塔, 22项风险因子分别作为塔砖, 构成塔层。每一项影响因素均对安全过驳起决定作用, 其重要性以塔层面积比表示; 每项指标层均对塔身结构有影响。当指标层失误较多时, 或某些关键结

构失误时，塔身即会崩塌。本文采用调查问卷的形式，采集了30份调查问卷。调查范围涵盖船员、教师、学生。影响因素以1—20分数为等级，其中0为无关，7为不重要，16为重要，20为非常重要；指标层以1—10分为等级，其中0为无关，4为不重要，7为重要，10为非常重要，于两者之间的可用中间数值进行评价。对调查结果进行汇总处理后，得到如下结果（表1、表2）：

表1 影响因素各项对过驳作业的重要性量值

一级	环境	人员	船舶	管理	设备
得分	19.5	16.8	15.6	13	17.9
排序	1	3	4	5	2

表2 指标层各项对过驳作业的重要性量值

一级影响因素	二级风险因子	得分	二级风险因子 / 一级影响因素
环境因素	底质	7	14.3%
	风	9	18.4%
	浪	8	16.3%
	流	9	18.4%
	能见度	9	18.4%
	障碍物距离	7	14.3%

一级影响因素	二级风险因子	得分	二级风险因子 / 一级影响因素
人员因素	精神状态	8	26.7%
	语言沟通能力	6	20%
	业务水平	9	30%
	责任心	7	23.3%
船舶因素	过驳船操纵性	7	24.1%
	过驳油船船龄	8	27.6%
	船旗国检查	8	27.6%
	PSC 检查记录	6	20.7%
管理因素	船上监管	7	26.9%
	港口监管	6	23.1%
	海事局监管	7	26.9%
	公司监管	6	23.1%
设备因素	碰垫强度	9	27.3%
	输油管强度	9	27.3%
	系泊缆绳强度	8	24.2%
	人员护具	7	21.2%

根据表1和表2绘制“安全金字塔”。影响因素的重要性量值决定该因素在金字塔的位置，越靠近塔基重要性量值越大，所以，金字塔由下到上的顺序依次为环境因素、设备因素、人员因素、船舶因素、管理因素。风险因子所占百分比决定了该因子在该层内占据的面积。

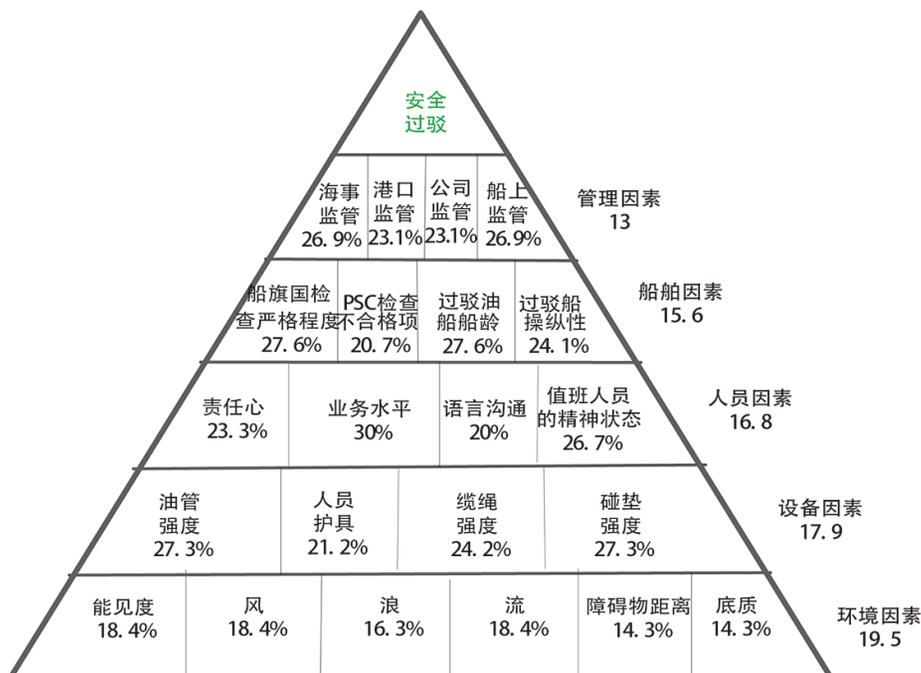


图2 金字塔形权重结构

由表1、表2和图2可以看出：

- (1) 环境因素是进行过驳作业的先决条件，主要受风浪流及能见度影响；
- (2) 设备因素对过驳作业的重要性仅次于

环境因素，系泊缆绳、碰垫和输油管的性能会对过驳作业安全产生重要影响；

- (3) 人员因素是影响过驳作业安全的重要原因，业务水平和值班人员状态占主要作用；

(4) 船舶因素对过驳作业的影响主要是油船船龄和船旗国检查严格程度;

(5) 管理因素是过驳作业的保障条件, 船上监管和海事监管在管理因素中同样重要。

3 结束语

为保障油船安全过驳作业, 根据油船过驳作业影响因素, 总结了以下安全保障措施:

(1) 进行原油过驳前以及过驳过程中, 应时刻关注海洋气象条件的变化(风、流、浪、能见度), 随时接收并分析气象天气图。风力在8级以下、流速在2节以下、浪低于2米、能见度3海里以上时才可进行作业。如发现气象条件对过驳作业产生影响时, 应果断中止过驳作业, 启动应急步骤。

(2) 定期检查碰垫位置、受损程度, 输油管的老化程度及系泊缆绳的强度, 对不合格设备及时上报并更换。

(3) 业务人员应加强培训, 提高自身技能, 在过驳作业中, 严格按照操作规程进行; 值班人员应提高警惕, 保持良好的精神状态, 保证过驳作业安全。

(4) 应限制船龄大的船舶进行过驳作业。当船龄大于10年以上时, 应限制过驳作业。同时, 船旗国应对油船, 尤其是过驳作业的油船进行严格检查, 防患于未然。

(5) 海事主管机构应提升自身监管能力、完善监管制度, 加强对原油过驳作业的各项审查工作^[9], 包括对船舶、经营人、运营人资质的审查以及过驳前各项准备工作的监察; 加强对操作规程的检查, 记录检查结果, 将这些措施落实到实处; 尤其是加强防污染的管理, 并及时发布与周边海域有关的航行通告, 派出巡检船舶, 确保过驳区域无其他影响过驳作业的船舶通航; 对作业船舶进行实时监管, 确保工作人员各司其职, 确保未出现火灾、溢油的安全隐患。

参考文献:

- [1] 牛邵伦. 海上原油过驳作业系缆布置研究 [D]. 大连海事大学, 2017.
- [2] 鲍克者. 大型油轮在宁波港锚地过驳作业安全管理探讨 [J]. 交通企业管理, 2010,(8):34-36.
- [3] 高春元. 长三角海域原油过驳风险分析 [J]. 中国水运, 2006,14-16.
- [4] 程国金. 原油过驳靠离泊危险因素分析及对策措施 [J]. 科技经济导刊, 2017,(16):128-129.
- [5] 刘卓. 锚地原油过驳安全评价与对策研究 [D]. 大连海事大学, 2013.
- [6] 戴佳玲. 我国油船过驳监管制度研究 [D]. 大连海事大学, 2013.
- [7] 包雄关. 基于信息技术的海上原油过驳监管体系 [J]. 中国航海, 2013,36(4):92-95.

Risk Analysis of Tanker Transshipment Based on Safety Pyramid Theory

LI Ji-qiang, LIU Chang-ming, GE Hai-peng

(Navigation College, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: The transshipment of ship-type crude oil is faced with the danger of oil spill, fire and explosion. Although there has been no huge accident caused by transshipment operation up to now, due to the particularity of oil tanker, once it happens, it will cause incalculable loss of life, property and serious Marine pollution. This paper studies the conditions and process of transshipment and analyzes five influencing factors (hereinafter uniformly referred to as "influencing factors") that affect the safety of transshipment, including environment, personnel, ship, equipment and management. And use the form of questionnaire, the five factors influencing and 22 risk factors were investigated, and the structure of "pyramid" method is used to the survey results are the importance, finally based on the five factors influencing the main risk factors in the specific security measures are put forward, to raise awareness of the crew, craft, reduce the pollution of the Marine environment and safety casualties and property losses has a certain guiding role.

Key words: ship-type oil transfer, the influence factor, the Safety Pyramid Theory