

国内航行船舶机舱的火灾成因及管理对策

张灿

(安徽省淮河船舶检验局, 安徽 蚌埠 233000)

摘要:近年来船舶事故频发, 船舶发生事故的成因多集中于机舱, 船员对船舶机舱的安全危害缺乏深刻的认识, 也缺乏相应的管理对策。这种情况下, 我们对船舶机舱火灾的情况进行探讨, 对于降低事故发生的频率, 提高船员的认识, 意义重大。本文通过搜集有关危害船舶机舱安全的资料, 找出危害机舱安全的因素, 也就是从实践和理论两方面, 对船舶机舱安全危害进行分析探讨, 全文按照从船舶事故现象到事故成因, 最后提出管理对策的思路进行展开。

关键词:机舱火灾; 管理对策

中图分类号: U698.4 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 12—0050—03

据相关统计船舶发生的事故中, 机舱设备操作失误或没按要求作业造成的事故占绝大部分。

本文就是通过搜集有关危害船舶机舱安全的资料, 总结前人的经验, 找出影响船舶机舱安全的因素, 并在理论上探讨综合安全评估方法, 也就是从实践和理论两方面着手对船舶机舱安全进行分析, 尽可能地避免由于机舱安全受到危害造成的事故发生。

1 船舶机舱火灾种类

在机舱中的火灾一般分为如下三种类型: 高温火灾、自燃火灾、电器火灾。

(1) 高温火灾。机舱高温来源主要是长时间运转的主机、辅机等, 如果在这些地方堆放杂物, 就很容易

引起火灾。

(2) 自燃火灾。主辅机拆卸后, 擦拭用的纱布等, 在机舱里可能会发生腐蚀等化学反应, 在达到一定的温度时就会自燃。

(3) 电器火灾。特别是老旧船舶, 由于历史和自身的原因, 普遍存在船舶电缆电器等老旧极易发生短路、电弧火花、漏电等引起火灾, 还有不达标的产品上船使用也极易发生电器火灾。

2 船舶机舱火灾的成因分析

综合分析可以从船舶机舱火灾的成因分为三个方面: 设备部件故障因素、环境因素和设计及使用错误。具体如下:

后 20 天内发布。2019 年完成了景气指数技术升级, 主要优化了景气观察指标, 统一了定性判断标准, 考虑了季节调整因子。2021 年 2 季度开始试运行新技术方案, 将适时推出经季节调整后的指数。调查观测点现有 62 家港航企业, 其中港口企业 25 家, 航运企业 37 家。设有 10 个观察指标, 指标名称及注释如下:

(1) 业务量: 报告期内经水路装卸作业的货物总量, 或报告期内企业实际承运的货物重量。

(2) 资产收入率: 报告期内企业主营业务收入与上一年度总资产比值。其中, 主营业务收入指报告期内港口企业从事企业装卸、仓储生产等主要经营活动所取得的营业收入, 或报告期内运输企业从事货运承运、船舶代理、货物代理等所取得的营业收入。

(3) 业务收费价格: 报告期内港口企业向货主或承运的船公司收取的装卸作业费用, 或航运企业向货主收取的运输费用。

(4) 资产利润率: 报告期内企业净利润(扣非税后)与上一年度总资产比值。其中, 净利润(扣非税后)指

报告期内企业当期扣除非经常损益后的利润总额减去所得税后的金额, 即企业的扣非税后利润。

(5) 货款拖欠: 航运企业主要指运费拖欠, 截止报告期, 航运企业应收运费或其他费用的累计之和。港口企业主要指装卸费拖欠, 截止报告期, 港口企业应收装卸费或其他费用的累计之和。

(6) 劳动力需求: 企业对劳动力需求程度的指标, 为定性判断。

(7) 船产量: 报告期内企业单位船舶运力产生的货运量或周转量, 等于每季度货运量或周转量总量除以投入船舶运力。

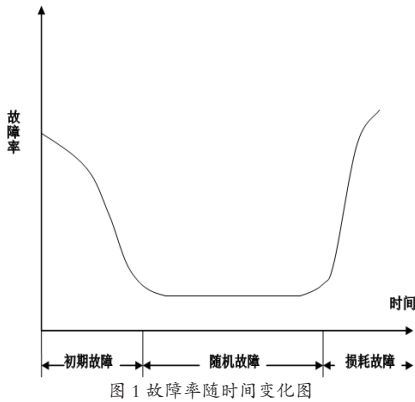
(8) 泊位利用率: 报告期内码头泊位的作业时间占码头泊位日历时间的比重。

(9) 固定资产投资: 报告期内财务实际出资额, 而非项目投资总额。

(10) 资产负债率: 报告期内企业的负债总额与资产总额的比值。

2.1 设备部件故障因素

把设备部件故障出现的概率按时间可以分为三个阶段：初期故障、随机故障、耗损故障。故障率和时间关系图，如图 1 所示。



从图中可以看出，这三个阶段出现故障的概率是不一样的，其本质是故障形成的原因导致的。

2.2 环境因素

环境因素主要是客观因素导致，如高温、磁场的变化、油污等，主要表现在初期故障和随机故障。

2.3 设计与使用错误

设备部件毕竟是人设计和制造的，会出现次品，使用也会出现误操作，都会导致事故。

3 船舶机舱管理对策

本节将根据前面的分析，对船舶机舱设备进行安全等级划分，从而便于分级管理。

3.1 综合安全评估的背景

作为传统的海洋强国，航运事业历史悠久，第一次工业革命的发源地，英国总结大量的船舶事故，英国率先在本国船舶的管理中应用综合安全评估，在 20 世纪八九十年代广泛应用，效果显著。

英国基于综合安全评估在本国的成功应用，1993 年英国政府向 IMO 提交了将综合安全评估应用于船舶安全领域的议案。在随后的几年经过反复讨论研究，在 1997 年召开的第 68 届 MSC 会议上，通过了“综合安全评估应用暂行指南”等。此后，在 IMO 的会员国中逐渐试验推广，取得了积极的成果。但直到现在，该方法在我国的内河航行船舶航运事业中，仍应用较少。

3.2 综合安全评估的应用介绍

综合安全评估基于数据统计，综合评估，研究各种因素的相互作用，衡量采取措施的经济性，提出对策。如图 2 所示：

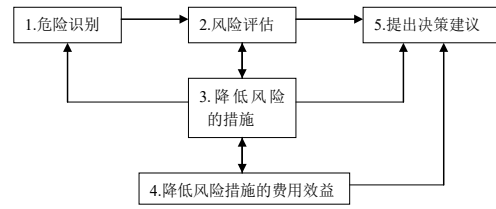


图 2 流程图

3.3 综合安全评估在机舱中的应用与实施

3.3.1 评估指标的确定

机舱设备，每一台设备的运行状况都可用 1 个向量 x 来表示，其每一个分量 x_m 都从一个面反映设备的状况。其影响的主要因素是“人、机、环境、管理”4 个方面，下面对这四大因素进行量化处理。

(1) 人的因素 (x_1)，对于人的因素可以从工作能力、身心健康两方面来考量。首先，工作能力，不同工种可分为：能力强的轮机人员 ($x_{1,1}=80 \sim 100$)；一般轮机员 ($x_{1,1}=60 \sim 80$)；有经验的机工 ($x_{1,1}=40 \sim 60$)；一般机工 ($x_{1,1}=0 \sim 40$)。至于生理心理健康问题的评分过程比较复杂，可粗略分为 5 个等级：正常 (5 分)、轻微 (4 分)、一般 (3 分)、较重 (2 分)、严重 (1 分) 五个级别。可以得出总分 $x_{1,2}$ 。最后确定人的总得分为： $x_1=0.6x_{1,1}+0.4x_{1,2}$ 。

(2) 机器状况 (得分记为 X_2)，关于机器设备的评估可从已用时长 / 设计寿命、故障时长 / 正常工作时长、当前状态三个方面来评估，具体见表 1。

表 1 机器因素得分表

影响因素	评分标准	单项得分
已用时长	< 0.5	$X_{2,1} = 70 - 100$
设计寿命	0.5—0.8	$X_{2,1} = 40 - 70$
	> 0.8	$X_{2,1} = 0 - 40$
故障时长	< 0.5	$X_{2,2} = 70 - 100$
正常工作时长	0.5—0.8	$X_{2,2} = 40 - 70$
	> 0.8	$X_{2,2} = 0 - 40$
当前状态	是否符合当前设备正常 是	$X_{2,3} = 100$
	运行时所需各参数值 否	$X_{2,3} = 0$
总得分计算公式	$X_2 = 0.3X_{2,1} + 0.2X_{2,2} + 0.5X_{2,3}$	

(3) 环境状况 (得分记为 x_3)，对于环境状况可从航行区域、工作时间 2 个因素评估，具体见表 2。

表 2 环境因素得分表

变化因子	得分标准	得分情况
航行区域	港口区域或附近	$X_{2,1} = 50$
	远离河岸	$X_{2,1} = 100$
工作时间	白班	$X_{2,2} = 100$
	夜班	$X_{2,2} = 50$
总得分计算公式	$X_2 = 0.4X_{2,1} + 0.6X_{2,2}$	

(4) 管理因素 (x_4)，公司对船员和船舶的管理监督水平从四个方面评估：a 船员证书和能力的适任与否；b 航运公司安全体系建设和实施情况；c 航运公司对于安全检查和船检提的问题整改情况；d 航运公司和船舶对应急预案的准备和操练情况。关于上面四项的评估，合格则该项得 10 分，否则得 0 分。得分的计算公式为

$$x_4 = \sum_{i=1}^4 x_{4,i}$$

3.3.2 权重系数的确定

现假设机舱某设备的“人、机、环境、管理”4 项指标的权重系数分别为 w_1 、 w_2 、 w_3 、 w_4 。权重系数比 w_i/w_j 表示指标 x_i 与 x_j 指标关于评估对象的相对重要程度之比。从而得到评估矩阵如下。

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & w_1/w_4 \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & w_2/w_4 \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & w_3/w_3 & w_3/w_4 \\ w_4/w_1 & w_4/w_2 & w_4/w_3 & w_4/w_4 \end{bmatrix} \quad (1)$$

若用权重向量 $w = (w_1, w_2, w_3, w_4)^T$ ，右乘评估矩阵 A，则得矩阵 A 的特征方程：

$$Aw = \lambda w, \quad (\lambda \text{ 为矩阵 A 的特征值}) \quad (2)$$

通过式 (2) 可求得矩阵 A 与特征值 λ 对应的特征向量 $w = (w_1, w_2, w_3, w_4)^T$ ，整合得到该设备的各权重系数 $w_i (i = 1, 2, 3, 4)$ 。

笔者通过与船员的交谈，根据他们的口述、航行日志和查阅相关资料，总结出了一个关于“人、机、环境、管理”4 项指标的权重系数比，评估矩阵具体如下。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 6 & 8 \\ 1/3 & 1 & 5 & 7 \\ 1/6 & 1/5 & 1 & 3 \\ 1/8 & 1/7 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

由式 (2) 可以求出矩阵 A 的特征值，即为这 4 个评价指标的权重系数

$$w_1=0.5648 \quad w_2=0.2996 \quad w_3=0.0906 \quad w_4=0.0450$$

3.3.3 FSA 模型的确定

具体到船舶机舱设备，影响安全因素“人、机、环境、管理”4 项指标间是相互独立的，故可采取线性加

权综合法来确定评估模型，具体公式如下。

$$y = \sum w_i x_i \quad (4)$$

式 (4) 中 y 为被评估对象的综合评估值， w_i 是与 x_i 相对应的权重系数。

4 船舶机舱安全管理对策

依据上文的综合安全评估，参考相关资料，船舶机舱安全状态可以分为以下五个级别（根据 y 值即综合安全评估值大小）：

当 $y=80 \sim 100$ 分，机舱处于最佳状态，为一级；

当 $y=60 \sim 80$ 分，机舱处于正常状态，为二级；

当 $y=40 \sim 60$ 分，机舱处于轻微不良状态，为三级；

当 $y=20 \sim 40$ 分，机舱处于不良状态，为四级；

当 $y=0 \sim 20$ 分，机舱处于严重不良状态，开航前必须恢复状态，否则禁止开航，为五级。

船舶机舱安全须时刻保持在前两级的状态，具体到船舶，可根据实际情况，对不同的船舶设备制定出各等级的具体要求。所有缺陷必须在开航前纠正。

参考文献：

- [1] 邹高万，刘顺隆等. 中国船舶机舱火灾研究现状 [J]. 中国安全科学学报，2004(5): 77 ~ 78.
- [2] 船舶机械计划保养系统检验指南 [J]. 中国船级社，2012(6): 1 ~ 25.
- [3] 方泉根，王津等. 综合安全评估 (FSA) 及其在船舶安全中的应用 [J]. 中国航海，2004，58(1): 1 ~ 5.
- [4] 中国船级社. 钢质海船建造与入级规范 [S]. 北京：人民交通出版社，2018.56 ~ 57.

