

海 船 船 员 专 业 培 训 教 材

基 本 安 全

防 火 与 灭 火

大连海事大学 编



大连海事大学出版社

海船船员专业培训教材

基本安全 防火与灭火

大连海事大学 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

大连海事大学出版社

© 大连海事大学 2008

图书在版编目(CIP)数据

防火与灭火 / 大连海事大学编. —大连: 大连海事大学出版社, 2008. 7

(基本安全)

海船船员专业培训教材

ISBN 978-7-5632-2206-3

I. 防… II. 大… III. 船舶—消防—技术培训—教材 IV. U664.88

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 115139 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连力佳印务有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:7.5 插图:1 幅

字数:184 千 印数:1 ~ 5000 册

策划编辑:姚文兵

责任编辑:姚文兵 沈荣欣 封面设计:王 艳

ISBN 978-7-5632-2206-3 定价:60.00 元(共 4 册)

前 言

为全面、充分履行 STCW 公约,我国海事主管机关于 1997 年开始重新修订并颁布了一系列新的船员教育和培训大纲,组织编写了相应的培训教材,这些举措为提高我国船员整体素质发挥了重要的作用。

随着航运业的发展、科技水平的提高、船舶配员的国际化、各国对海上安全和海洋环境的高度关注以及对人为因素的日益重视,国际公约、港口国监督、国内相关法规和规则更新步伐明显加快,相关海船专业培训教材的内容也落后于时代的发展。为适应海事新理念、航海新技术的更新以及履行 STCW 公约的需要,大连海事大学组织有关专家重新编写了海船船员专业培训教材。

本系列教材包括《基本安全》(包括《个人求生技能》、《防火与灭火》、《基本急救》、《个人安全与社会责任》4 个分册)、《精通救生艇筏和救助艇》、《高级消防》、《精通急救》、《雷达观测与标绘和雷达模拟器》、《自动雷达标绘仪》、《精通快速救助艇》和《船上医护》共 8 种。

《基本安全》(《防火与灭火》分册)编写分工:宫玉广(第一章第一节、第二章、第三章),杜林海(第四章、第五章、第六章),王新(第一章第二节和第三节、第七章、第八章、第九章,第十章),全书由王新统稿并任主编。

在本书的编写过程中,得到了辽宁海事局船员处和各有关培训机构的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

大连海事大学

2008 年 7 月

第一章 船舶火灾的特点与原因

近年来,随着世界经济的全球化和国内及国际贸易不断增加,我国船舶运输业也得到了迅速的发展,海上运输船舶的数量也在不断增加。与此同时,船舶火灾事故的次数及危险程度一直居高不下,船舶安全生产形势不容乐观。据不完全统计,从2003~2007年五年期间,我国交通港航系统发生的船舶火灾事故数据分别为21、41、28、24和23起,这足以说明船舶消防工作形势依然十分严峻,任务相当艰巨。

第一节 船舶和船舶火灾特点

一、船舶特点

由于船舶种类或船舶类型的不同,各自的建筑风格、结构形式、设备的配备、造船材料的应用以及承运货物的种类、数量、包装形式等方面也不尽相同。但是它们也具有以下一些共同点。

1. 可燃物质多

根据《国际海上人命安全公约》和《钢质海船建造规范》的规定,对现代船舶生活和工作舱室内的舱壁、衬板、天花板及镶板等,已经从船舶结构上采取了相应的防火设计和技术措施。但是,为了满足船舶实际生产需要和船员的生活需要,仍然存在许多的可燃物质,包括燃油、船用物料、货物、日常生活用品、装饰材料等。

2. 人员较多

一艘普通货船上配员数为20人左右,在装卸货期间,船上还有一定数量的装卸工人。一艘客船上可载旅客人数少则几百人多则两千人左右,同时客船上的船员人数也相应增加。现代船舶是客、货载运量最大的交通工具。

3. 火源多

主要有厨房炉灶用火,机舱锅炉、焚烧炉等高温热表面,工作间、甲板上的明火作业,吸烟,电气设备、机器设备等。

4. 承运的货物品种繁多、载货量大

各种运输船舶承运的货物品种繁多,所运输的品种数以万计,如各种干杂货、包装货、散装货;各种液体货物、气体货物及各种化学品货物,特别是化学危险品货物等。

(1) 普通远洋杂货船的载重量通常在0.5~2万t。

(2) 散装货船的载重量,通常为1~20万t。大型船舶可载30多万t货物。

(3) 集装箱船的载箱量,目前最大可载1万2千标准箱,船长可达397m。

(4) 油船、液化气船的载重量更大,VLCC可载39万t左右。

5. 燃油储量大

现代船舶主要以柴油、重油等作为主、副机及其他机器设备的燃料,另外,还有相当数量的润滑油,其储量是根据船舶的续航力及主副机等用油机械设备的功率和单位油耗决定的。与

其他交通工具相比,船舶的燃油储量最大。通常,远洋运输船舶的燃油储量约占船舶载重量的10%。一艘万吨级的远洋货船,其燃油储量一般为800~1200 t;承载7500个标准集装箱的集装箱船在海上航行日耗油量高达250 t,船舶储油量可达几千吨。

6. 热传导性能强

现代船舶的船体,多为钢质或其他金属材料构成,其导热性能较强。起火5 min后,温度上升到500~900℃时,钢质材料被迅速加热便成为高导热系数的物质,通过船体钢板的热传导,将可能引燃接触或靠近船体的可燃物质,使火势扩大。同时,船体结构的强度也将大大降低,出现变形或断裂,失去承载能力。

7. 结构复杂

现代船舶能载运货物、旅客,具有自航能力,是安全和适居的海上交通工具。其上必有各种不同用途的舱室和许多机器设备。由于船体的空间有限,为布置这些舱室和设备,船体结构势必比较紧凑复杂。舱内的梯道多且比较狭窄,不像陆上建筑那样宽阔。由于船舶类型很多,结构特点各异,舱室和机器设备的分布也不同,扑救火灾时,尤其是在烟雾充满舱室的情况下,很难摸清舱内情况,更增加了灭火行动的难度。

8. 船舶消防设施及器材有限

除了固定式水灭火系统所需要的水灭火剂比较充裕之外,其他固定式灭火系统所配备的灭火剂量是十分有限的,一般只能满足扑灭船舶最大一个舱室发生的火灾。灭火器的种类和数量也是有限的。

9. 船舶是船员的家

由于船舶的特殊性,对于在船上工作的船员来说,船舶不仅仅是工作场所,同时也要保障船员在船期间的生活、学习、休息,相当于船员的家。

二、船舶火灾的主要特点

实践证明,船舶在航行、停泊、修理及货物装卸过程中,均会因各种原因发生火灾。

船舶火灾的主要特点如下:

1. 火灾风险高

由于船上的可燃物质、易燃、易爆物质多且其分布较广,加之船上的火源多种多样,还有船员在船上长期工作、生活,装卸工人在船上装卸货,旅客在船上旅行及观光,船舶同时易遭受恶劣天气或海况的多重影响。因此,船舶火灾易发风险高。

2. 易燃易爆

在船舶的机舱、燃油舱、货油舱、装有危险货物的货舱或集装箱、汽车车辆舱、油漆间等舱室内通常会储存大量的易燃易爆物质,一旦发生火灾极易产生猛烈的大火甚至爆炸。

3. 失控蔓延

虽然船舶都必须采取结构防火措施,但是对于突发的大火或爆炸,船舶的防火结构不久就将失去其防止火灾扩大、增强、蔓延的作用,又由于船舶各区域或舱室紧密相连,势必造成多处相继发生火灾或爆炸,火灾失控蔓延之后,船员无法采取任何有效的灭火行动。

4. 扑救难度大

当船舶在海上航行中发生火灾时,船员只能自行灭火。又由于通道狭窄,人员难以疏散,灭火行动难以展开,而且难以得到外界及时的救援,即使在船舶附近有其他船只,也可能由于

海面风大浪高天黑雾大,他船难以靠近,无法实施有效的救援。

5. 财产损失巨大

船舶一旦发生重大、特大火灾,将会造成的重大损失。一艘船舶的经济价值有几千万至几亿元,船上的货物价值也有几千万至几亿元。

6. 重大人员伤亡

当船舶火灾失控、蔓延或发生爆炸情形时,由于船舶的结构比较复杂,船上人员较多,并且相对比较集中,因此,难以迅速疏散或撤离火灾危险区域,极易造成群死群伤的严重后果。

7. 危险程度高、负面影响大

船舶火灾在不能被及时有效扑灭的情况下,必然对船上人员的生命构成严重威胁,此时船长只能宣布弃船。当船舶在靠港或锚泊发生火灾时,还可能危及港口设施及周围其他船舶的安全。当船舶在海上交通繁忙区域发生火灾时,可能导致航道堵塞,造成海上的交通秩序混乱。在船舶火灾扑救过程中,如发生溢油现象,还可能造成大气和海洋环境的污染。另外,船舶发生重大、特大火灾事故,会在国际、国内产生极大的不良社会影响,同时,也会在船员的心理上留下挥之不去的阴影。

第二节 船舶火灾主要原因

通过对大量的人为因素导致的船舶火灾案例分析,不难找到发生船舶火灾的各种具体原因。为了全面做好船舶的防火工作,船员首先应充分了解火灾产生的原因,为实现船舶防火工作的目标创造有利条件,使船舶防火工作有的放矢。

一、船舶火灾主要原因

1. 吸烟

- (1) 乱扔烟头;
- (2) 躺在床上吸烟;
- (3) 饮酒吸烟;
- (4) 在禁止吸烟处所吸烟。

2. 自燃

- (1) 船用物品自燃;
- (2) 货物自燃。

3. 电气线路和设备

- (1) 短路;
- (2) 绝缘老化;
- (3) 超负荷;
- (4) 受潮或浸水;
- (5) 接触点松动;
- (6) 其他故障。

4. 高热表面

- (1) 温度过高;

- (2) 未采取热保护措施;
- (3) 热保护设施损坏。

5. 明火

- (1) 厨房内炉灶用火失控;
- (2) 锅炉用火失控;
- (3) 焚烧产生的明火;
- (4) 热工作业产生的明火。

6. 危险品

- (1) 包装或容器破损;
- (2) 积载不当;
- (3) 违章装卸;
- (4) 疏于管理。

7. 明火作业

- (1) 焊接前未清理干净动火区及周边的可燃物;
- (2) 在未经测爆合格的油舱、油柜内动火;
- (3) 动火时未准备好消防器材;
- (4) 动火时未安排合格人员看火。

8. 火星

- (1) 撞击、摩擦、击打产生的火星;
- (2) 烟囱飞出的火星。

9. 静电火花

静电火花是油船产生火灾的一个重要原因。

- (1) 油舱洗舱时产生的静电火花;
- (2) 装卸原油或石油产品时产生的静电火花。

二、各主要处所的火灾原因

1. 机舱火灾的主要原因

- (1) 燃油、润滑油从设备和管系中的破损部位渗漏,积聚在机舱内而未及时清理。
- (2) 高温热表面,由于隔热材料或防护套破损,燃油喷洒或滴到热表面引起受热自燃。
- (3) 在机舱内进行热工工作时,防护不当或违规操作,引起火灾或爆炸。
- (4) 电气设备过载、电缆绝缘老化引起火灾。
- (5) 机舱内管理不善,如废弃棉纱头没有放在指定的有盖金属桶内,自燃起火。
- (6) 机舱内吸烟。

2. 货舱火灾的主要原因

- (1) 装卸货时,装卸工人在舱内吸烟。
- (2) 因通风不良,使发热并蓄热的货物本身自燃。
- (3) 甲板上进行热工工作,导致舱内货物受热自燃。
- (4) 易产生可燃气体的散装货物,遇火或火星发生燃烧,如散装煤炭。
- (5) 装运危险品时,在装卸和航行期间操作与管理不规范。

3. 生活处所火灾的主要原因

- (1) 吸烟者乱扔烟头,特别是在床上吸烟。
- (2) 电气短路或电气设备使用不当。
- (3) 冬季使用电炉取暖。

4. 厨房火灾的主要原因

- (1) 加热食用油的温度过高,自燃或被点燃起火。
- (2) 油锅内的油洒落在炉灶上。
- (3) 燃油灶内的积油多未被及时清理,遇火发生火灾。
- (4) 用电设备或电路的故障。
- (5) 厨房排烟管路内积油太多。
- (6) 厨房用火期间有关人员离开时间较长。

5. 油漆间火灾的主要原因

- (1) 油漆间存放大量油漆和稀释剂,属于易燃品。
- (2) 吸烟或火花。
- (3) 电路故障。

第三节 船舶火灾案例与分析

一、“大庆 243”号船特大爆炸火灾事故

1997 年 6 月 4 日,“大庆 243”油船在南京港栖霞油船锚地过驳作业时发生特大爆炸火灾事故。经 11 艘各类船舶、2 台大功率消防车(汽渡船载)和近千名公安民警、武警消防官兵、船员四十多个小时的奋力扑救,于 6 月 6 日将大火彻底扑灭。爆炸燃烧造成该油船翻沉,一艘油驳船体断裂沉没,两艘油驳严重烧毁,9 人死亡或失踪,5 人受伤。直接经济损失折合人民币 822.6 万元。

1. 船舶概况

该轮于 1976 年 12 月建造,总长 178.6 m,型宽 25 m,型深 12.6 m;14 个货油舱,22 300 载重吨,无惰性气体保护系统。过驳作业的 3 艘油驳,两艘为 3 500 t 级油驳,船长 66 m,型宽 20 m,型深 4.8 m,分别建造于 1989 年和 1995 年,一艘为 3 200 t 级油驳,船长 86.15 m,型宽 15.66 m,型深 4 m,建造于 1975 年。

2. 爆炸经过

1997 年 6 月 3 日 11 时,该轮装载 19 683 吨原油从黄埔港驶抵长江南京港栖霞油船锚地。12 时 30 分,上述 3 艘油驳船相继靠其驳油,至 6 月 4 日驳油 9 000 吨左右。4 日 5 时 45 分,载重 35 00 吨的“油 63003 驳”、“油 63019 驳”又靠其右舷。6 时许,继续驳油作业;7 时 40 分,载重 3 200 吨的“油 63051 驳”又靠其左舷,并接好输油管,计划当日 18 时再进行驳油作业。

至 12 时 30 分,右舷两驳船共装油 5 000 t 左右。此时,该轮左边 1、左边 3、右边 1、右边 2、中 5、中 7 货油舱全部卸空并结束扫舱;右边 3、右边 4 货油舱合计余油约 1 000 t,中 2、中 4、中 6 货油舱正在卸载;中 1 货油舱已卸空后用蒸汽扫舱并向中 8 货油舱驳舱底油。14 时 42 分,中 1 货油舱部位突然发生爆炸燃烧,继而其他货舱也接连爆炸起火,靠泊两舷的 3 艘油驳也相

继爆炸燃烧,整个燃烧面积近万平方米。

3. 扑救经过

14时44分,南京港公安局接到警报,即令“公消1号”艇和公安摩托艇赶赴火场,并迅速调集百名消防、治安民警前往参战灭火。在附近作业的两艘港口拖船和扬子石化一艘拖消船首先到达火场,努力靠近油船射水冷却。16时许,南京港公安局“公消1号”艇到达现场。此时,油船及右舷处于下风位置的两艘油驳浓烟滚滚,火焰冲天,不时传出巨大的爆炸声。指挥部决定先扑灭处在油船左舷上风位置的“油63051驳”大火。16时10分,“公消1号”艇6门水炮组成厚厚的水幕,顶着阵阵热浪向“油63051驳”靠近,16时18分,开始泡沫灭火并准备登轮近战,不料油驳中部突然爆炸断裂,很快于16时25分沉没。

“油63051驳”沉没后,“大庆243”船左舷约50m远的范围内救助船舶已无法靠近,指挥部决定集中力量扑灭其艙楼及机舱大火。16时31分,“公消1号”艇和3艘拖消船靠上油船尾部,10多条密集水柱向艙楼的火焰中心扫射。16时45分艙楼外部明火减弱。17时05分,消防队员和油船船长强行登轮侦察,发现机舱内大火肆虐。17时15分,3人灭火突击小组向机舱内灌注高倍泡沫,火势得到控制。20分钟后,油船中前部大火又一次进入猛烈燃烧状态,机舱的舷窗冲出阵阵烟雾,上甲板急剧变形上拱,造成船体左倾加剧,指挥部命令施救人员撤离船舶。19时10分,“大庆243”船倾覆坐沉江底。

在油船倾覆前,为最大限度减少损失,约17时50分,指挥部决定全力抢救油船右舷的两艘已燃烧的油驳。消防队员冒着高温辐射,登上驳船砍断缆绳,强行将两油驳拖离油船,之后再组织4艘施救船舶,用强劲的水柱冷却控制油驳大火,18时15分,“公消1号”艇消防炮喷射泡沫进行灭火,18时30分,两艘油驳大火终被扑灭。

“大庆243”船倾覆坐底不久,溢出大量原油在江面上形成了2万多平方米的水面火,由于先期采取了疏散船舶、封航、严密监护堵截等措施,水面火未继续扩大。2小时后油船也处于稳定燃烧状态。6月6日10时许,大火被彻底扑灭。

4. 火灾原因分析

据国家和江苏省有关部门组成的事故联合调查组的调查,排除了人为破坏、外来飞火、其他明火、电气故障以及雷击和雷电感应引发爆炸燃烧的可能性。

从调查情况看,“大庆243”船中1货油舱,事发时尚余30~35cm厚的原油,该原油属甲类燃液体,其闪点为 $-6.7\sim 32.2^{\circ}\text{C}$,爆炸极限为 $1.1\%\sim 6.4\%$ 。该舱从事发当日上午9时30分至发生爆炸,一直在用蒸汽加温扫舱,舱内的油蒸气完全可以达到爆炸浓度,在常温常压下遇明火或火花即会发生爆炸燃烧。据船员普遍反映,中1货油舱的蒸汽加温管存在漏气现象,因此,油蒸气在舱中运动以及高压蒸汽在冲击摩擦时均会产生静电,而不同的静电和电位就会导致放电,产生电火花或电弧,成为引爆源。另外,船员在中1货油舱中使用的植物纤维量油棒拉绳系不良导体,其在油舱内上下移动会摩擦,绳子上就会产生和聚集静电或受油舱内空间电荷作用而感应带电或放电。综上所述,“大庆243”船此次爆炸火灾事故,是其中1货油舱内的爆炸性混合气体被静电放电产生的能量引爆所致。

5. 经验教训

这起油船特大爆炸火灾事故,之所以取得较为理想的扑救结果,其关键之处在于及时把两艘已着火并被“大庆243”轮烈焰笼罩的油驳强行拖离现场,继而彻底扑灭大火,从而有效地遏制了两油驳的爆炸,最大限度地减少了国家财产损失,但也暴露了老旧油船的安全系数低的弊

病。我们应接受教训,并采取相应的措施:一是大型油船应尽快加装惰性气体保护系统,以防止货舱、泵舱等处形成爆炸性混合气体;二是油船的过驳作业、蒸舱、扫线、验舱、检修等环节和工艺流程,要严格执行防火安全规定,尤其要注重静电的产生、积聚和预防措施的研究,以减少静电这一隐形杀手的危害;三是油船过驳作业过程中要重视驳船的安全调度,尽量减少在单位时间内油驳靠泊次数和频率,以防一旦油船失火引起“火烧连营。”

二、“向图”轮火灾事故

1. 船舶概况

“向图”轮系由货船“天堡”轮改造的集装箱船,1986年3月出厂,该船长105.32 m,宽16.00 m,型深9.00 m,尾机型,总吨位4 119吨,额度载重量5 200吨,箱位210TEU,本航次船员共22人。

2. 火灾经过

2005年9月26日13:20时,一名机匠首先发现主甲板上左舷一侧生活区的更衣间门口走廊冒出浓烟和火焰,立即大声呼叫报警,并用手提式灭火器灭火,其他船员听见呼叫后相继赶到现场,自发地用手提式灭火器灭火,但无效果。然后自发改用消防水枪灭火,共使用3只水枪,一支水枪在主甲板左舷内走廊喷水灭火,由于烟大撤出后,改用船舷外搭跳板从舷窗向更衣间喷水灭火,一支水枪在尾甲板左舷走廊冷却,第三支水枪未能出水。

船长接到报警后下令微速进,右舵,航向从90°改为230°~250°(当时风向东北风),航速11节降为4节。此后,船长拿着高频上下跑着指挥(上下四次)。开始时,船长认为火势能够控制,没有向公司报告,继续命令二副右转到航向300°。至14:00时,船长见火势失控,下令关闭水密门窗、机舱值班人员撤离机舱,令三副准备向机舱施放CO₂。此时报务员提醒要报告公司,船长即让报务员向公司海务科报告船上火灾情况(此时已延误报告40分钟,并且不是报告公司调度中心,丧失了公司提供岸基支持的最佳时间)。

14:01时,驾驶台发出施放CO₂警铃后,船长指令三副向机舱施放CO₂,令大副准备一号救生艇并清点人数。

随后,船长向调度中心报告:船上发生火灾,火势很难控制,已向机舱施放CO₂;准备弃船。同时叫大副将救生艇降下艇甲板。

调度中心立即启动公司应急程序。

应急指挥中心与船长保持联系,船长反复讲火势增大,都是浓烟,准备弃船。应急指挥中心要求保持冷静,暂时不要弃船,反复询问CO₂全部放了没有、放了多少瓶、要派人探察火势情况、人员是否安全等等。船长则回答烟雾很大,火势越来越大,无法坚持联系等,14:33时联系中断。船长下令全体船员到艇甲板集合。

全体船员在右舷艇甲板集合,船长到艇甲板后,船员上艇待命。

船长观察火势后(驾驶台右舷已冒火,窗玻璃爆裂,空调机间水密门已被烧得变形),下令放艇(艇上只有从驾驶台取出的5件救生衣)。船长、政委、大副、水手长最后从绳梯离船登艇。

14:50时,船长下令救生艇离开“向图”轮,弃船。

“向图”轮于28日被拖至日本IMARI湾。经日方安全评估后,被再次拖至日本博多港卸集装箱。

10月3日,“沪救14”轮开始起拖“向图”轮回国。

3. 火灾原因分析

根据上海市消防局火调处、上海市火灾调查专家委员会、上海市海运公安局消防处联合调查认定:排除放火引起火灾和吸烟引起火灾的可能性,分析该起火灾原因为“向图”轮左舷更衣室吊顶内电气线路故障发热引燃周围可燃物并扩大成灾。火灾直接经济损失134.44万元,根据国家火灾统计管理规定:超过16年以上船龄的火灾损失按照20%折算(该轮船龄已20年),此起火灾事故的直接经济损失折合人民币26.888万元。此起事故属非责任性一般火灾事故。

此起火灾事故的直接原因是:主甲板左舷更衣室吊顶内电气线路故障发热引燃周围可燃物并扩大成灾。间接原因是:该船系1986年建造,适用规范低,生活区内未采用A级耐火分隔,生活区无火警烟火探头,发现起火时间晚,烟囱效应明显,致使火势发展快。

此起火灾事故虽非人为引起的责任性事故,但在火灾事故发生后,扑救火灾的应急反应中,船长、轮机长、政委均有严重失职行为,如报告延误、未执行报告程序、火灾现场未有效统一组织指挥、灭火措施不当等。船员缺乏灭火实际经验和演练,应急应变能力不强,尤其是初期灭火措施不当,后期没有采取统一行动等。致使小火酿成大火,最后弃船。

4. 经验教训

这是一起不成功的船舶火灾扑救案例,教训非常深刻,值得我们认真进行反思和总结。

“向图”轮在扑救火灾的应急反应过程中存在的主要问题有:

(1) 报告时间延误

从13:20时发现火警,至14:00时才报告公司海务科,期间延误整整40 min,丧失了公司提供岸基支持的最佳时间。

(2) 报告程序错误

第一时间报告海务科,至14:05时才报告公司调度中心,又延误5 min,违反了公司SMS规定的报告程序。

(3) 现场未有效统一组织指挥、施救措施不当

①没有组织有效的统一指挥、统一行动。整个施救过程呈无组织状态,直接影响了施救效果。

②灭火措施不当。该轮生活区为非A级防火分隔,生活区无火警烟火探头,火势发展迅速,烟囱效应非常明显。发现起火时,火势已进入“发展”阶段初期,本应立即报警,并采用消防水灭火。但此时船员采用手提灭火器对着着火苗头部或浓烟喷射,没有对准火源喷射,完全无济于事,错过了扑灭初期火灾的最佳时机。待火势进入发展阶段,才拉出3只水枪,又没有统一指挥、统一行动,水枪灭火的作用也没有发挥出来。一支水枪未出水,一支水枪在尾甲板层内走廊冷却,唯一直接灭火的水枪只是对着内走廊喷水,没有对准火源喷水。如果有一支水枪能到达更衣室门口,直接向室内火源打击,火势很快就能控制和扑灭。

③应急应变能力不强,CO₂施放过早。起火点是在生活区主甲板层的更衣室,机舱并未起火。船长在跑上跑下的指挥过程中,始终没能保持头脑冷静,没有对火势及发展有一个准确的判断和认识,临阵慌乱,缺乏必要的指挥素质,没能实施有效的组织指挥。当发现火势失控,又盲目下令向机舱施放大量的CO₂,致使船舶提前失去动力,失去消防水供给,处于无任何自救能力的被动状态。

三、“大舜”轮火灾沉没事故

1999年11月24日,山东航运集团有限公司控股企业——烟大汽车轮渡股份有限公司(以下简称烟大公司)所属滚装客船“大舜”轮,从烟台驶往大连途中在烟台附近海域倾覆。船上304人(40名船员,264名旅客)中的22人(5名船员,17名旅客)获救,包括船长、大副和轮机长等船上主要船员在内的282人(男228名,女54名)遇难,直接经济损失约9000万元。

1. 船舶基本情况

“大舜”轮概况:

总吨:9873 t;净吨:5118 t;载重吨:2888 t;总长:126.23 m;型宽:20.0 m;型深:6.7 m;空载/满载吃水:3.93/5.408 m;空载/满载排水量:4915/7803 t;设计航速:18.5节;乘客定额:520人;主机型号:NKK-SEMTIRPC-5V;主机功率:4629 kW×2;建造日期:1983年4月20日。

2. 事故经过

16:21时,船位在小山子岛东北约10 n mile,驾驶台烟雾报警系统报警:D甲板(从上数第四层)汽车舱6区、7区起火。船长令大副、二副组织人员灭火。二副打开汽车舱侧门,发现舱内浓烟滚滚,在没有探明火情的情况下,就立即关闭舱门,并通知驾驶台开启压力水雾系统灭火。同时,轮机长、大副带人去关闭汽车舱通风筒,但艏部一通风筒没能关闭。

16:30时,船位约37°43′.5N/121°37′.4E,船长通过单边带电话向烟大公司调度室报告险情并请求救助;二副与水手使用4支消防水枪冲水冷却C甲板(从上往下数第三层);服务员组织旅客穿救生衣并在救生艇甲板集合。烟大公司将“大舜”轮险情通报山东省烟台港航监督和山东省海上搜救中心烟台分部。之后,烟大公司派本公司的“齐鲁”轮、“兴鲁”轮(均为空载滚装客船)前往救助,但由于风浪太大,两船均未能抵达现场。

16:35时,左舵机失灵,20分钟后右舵机失灵。但始终没有启用应急舵。船舶处于失控状态。

16:45时,交通部烟台海监局(现中华人民共和国烟台海事局)总值班室(本次搜救的现场指挥部)接烟大险情报告,于17:08时和17:13时分别报告烟台市政府值班室和中国海上搜救中心值班室;有关接报单位立即通知和组织协调烟台救捞局、烟台港务局和当地驻军等方面的船舶前往施救。出动参与施救的船舶有“烟救13”(2600马力拖船)等共16艘,只有“烟救13”和“岱江”两轮抵达“大舜”轮附近。

17:25时,根据烟大公司抛“活锚”的建议,船长为了减轻船舶横摇,令抛左锚1节入水(实际1节在锚机,长度25 m)。至船舶倾覆时止,船舶平均以约2.2 kn的速度随风浪拖锚向岸边漂移。

17:30时,途经的空载杂货船“岱江”轮(4042总吨)受命抵达现场施救,因风浪太大、操纵困难,救助失败。此后,该轮按照指挥部的命令,在“大舜”轮东侧约1000 m的海面上抛锚待命。

17:40时,烟台市政府通知公安卫生交通等部门,做好岸上各项救援准备工作,随时待命。

18:00时,烟台市政府值班室向山东省政府值班室报告“大舜”轮遇险情况,交通部副部长洪善祥抵达中国海上搜救中心。

18:25时,交通部烟台海监局请求烟台市政府与部队联系派直升机参与救助。山东省委、

省政府和烟台市委、市政府及青岛市政府及时并在此后的3个小时多次请求北海舰队出动直升机支援。北海舰队答复“直升机不能起飞”，原因是：“天气恶劣，情况复杂，不具备夜间起飞条件”；“抵烟台就需加油，但烟台不具备加油条件”；“莱山附近的空军第五师的机场只给大型机加油，其机场人员、设备型号等多方面条件都与直升机的要求不符，无法加油”；“直升机派飞的条件不具备，风浪太大，螺旋桨会结冰”。

19:21时，“烟救13”轮抵达遇险现场并试图拖带“大舜”轮，该轮在下风舷先后5次接近“大舜”轮，4次向“大舜”轮发射撇缆枪，“大舜”轮也2次向“烟救13”轮发射撇缆枪，但都因风浪太大，带缆失败，此过程持续约2小时。之后，根据指挥部的命令，“烟救13”轮一直守候在“大舜”轮附近，伺机救援。

19:30时，因风大、浪高、天寒等原因，甲板上旅客陆续回舱。此后，船长没有再组织旅客到甲板集合。

20:45时，据在同一海域遇险的“银河公主”轮观测：风向偏北，风力9~10级，阵风11级，狂浪。

21:30时，“大舜”轮火势加大并蔓延而无法控制。

22:40时，烟台牟平区委、区政府组织干部群众赶到养马岛海岸附近，准备救援。

22:45时，山东省副省长林廷生等领导在恶劣的气象条件下，冒着风险从济南乘小型飞机抵达烟台，直接赶赴指挥部。

23:00时，“大舜”轮消防水枪因停泵打不出水，同时船体左倾加剧。在岸上，近700名公安干警、医护人员和部队官兵集结在烟威高速公路养马岛出口处待命，200多辆救援车和2100多名救援人员陆续抵达牟平。

23:38时，船体左倾加剧到90°，并突然倾覆，倒扣在离烟台牟平姜格庄溪村海岸1.5 n mile处，船底露出水面，艏向324°，船位37°28′.5N/121°47′.6E，当时水深约21 m（含潮高4 m）。

3. 事故原因

(1) 气象、海况恶劣是事故发生的重要原因

受西伯利亚强冷空气影响，烟台市从24日中午开始，偏北风逐渐增大到7~8级，约17:00时后风速急剧增大，阵风10级；气温从24日14:00时8.2℃降至25日08:00时-1.3℃，下降约10℃。当日正值农历十七，23:00时为天文大潮高潮潮时，实际潮高4.09 m，比预报的2.48 m高1.61 m。受风浪和大潮影响，沿岸雕像倒塌，路边石条等严重移位。事故附近海域不受遮蔽，实际风力和浪高更大，异常超出预报，实测为偏北风9~10级，阵风11级，浪高5.5~7.5 m。在寒潮降温、大风和大潮的共同作用下，24日中午以后烟台沿海出现了1991年以来第二个最恶劣的气象、海况，致使“大舜”轮遇险，并给施救带来极大困难，直至遇难。同时也使当日在渤海航行的滚装客船“银河公主”号和货船“漩达”等船舶遇险，“中鲁”、“工友”、“生生”等滚装客船被迫返航或使航行时间大幅延长。

(2) 船长决策和指挥失误，在紧急情况下船舶操纵和操作不当是事故发生的主要原因

①“大舜”轮在开航前收到当天烟台气象台发布的寒潮警报，但船长在对这一季节性恶劣气候的形成和影响缺乏足够认识和准备的情况下，就指挥船舶开航出港，在离港后不到2小时遇大风大浪即认为难以抵御，又匆忙指挥船舶返航避风，导致掉头返航过程中，船舶大角度横摇，舱内车辆及其货物倾斜、移位、碰撞，使汽车油箱内燃油外泄，汽车相互撞击摩擦产生火花

而引起火灾,进而导致通往舵机间的控制电缆烧坏,舵机失灵。

②关键时刻没有启用应急舵。经过“大舜”轮打捞后的现场验证,以 C 甲板尾部左右物料间各有一条通道可以通往舵机间,且该通道当时并未受到大火影响。但是,“大舜”轮船员及烟大公司的有关人员认为,只有经过 D 甲板汽车舱的通道才能通往舵机间。由于该通道被大火封堵而无法进入,因此在舵机主控系统失灵、船舶失控的关键时刻,没有派人进入舵机间启用应急舵。

③船长采取向右掉头措施,并企图返回烟台港,船舶转向后,因风压造成船位进一步大幅度向下风漂移,使该船处于只有采取接近横风横浪航行才能返回烟台港的困难和危险境地。

④船舶失火后,在没有探明火情的情况下,盲目打开 D、C 甲板压力水雾灭火系统。在灭火过程中,除打开所有高压水雾灭火系统外,还长时间使用 4 支消防水枪往船舱灌水,因排水不畅,造成舱内大量积水,形成自由液面,船舶稳性严重丧失。

⑤C 甲板汽车舱前后汽车升降舱道门在开航后一直未关闭,且艏部的一个通风筒也未能关闭,加大了 D 甲板汽车舱与外界的空气流通,加剧了火势燃烧的蔓延。

⑥船长对船舶倾覆可能性及其严重后果估计不足,未及时宣布弃船,也未组织旅客重新回到甲板集合待命,致使船舶倾覆时多数旅客被扣在舱内。

(3) 车辆超载、绑扎和系固不牢是事故发生的重要原因

“大舜”轮所载车辆中,经核实的 34 辆货车的总额定载重为 225.5 吨,实载 487.6 吨,为额定载重量的 2.16 倍,其中 33 辆载货车超载。

经对打捞起的“大舜”轮沉船进行验证:C 甲板汽车舱内甲板地铃共有 350 个,其中 327 个完好无损,14 个受外力切割,9 个变形,舱内所载 14 辆汽车无系固痕迹,前舱右侧舱壁两旁系固索具排列整齐;D 甲板汽车舱内甲板地铃共有 357 个,其中 325 个完好无损,30 个地铃无铃无环,2 个变形,舱内 47 辆汽车无系固痕迹。由于 C、D 甲板汽车舱所载车辆没有有效系固,造成车辆和货物因船舶大角度操纵和大风浪航行颠覆、摇摆而倾斜、移位、碰撞,进而引发火灾,导致舵机失灵、船舶失控。

(4) 其他原因

公司等有关单位安全管理存在一系列的严重问题也是事故发生的重要原因。

第二章 燃烧

第一节 燃烧的本质与条件

一、燃烧的本质

燃烧是一种放热发光的化学反应。燃烧过程中的化学反应十分复杂,有化合反应,有分解反应。有的复杂物质燃烧,先是物质受热分解,然后发生氧化反应。

燃烧是可燃物质与氧或其他氧化剂发生剧烈的氧化反应的结果,瞬时放出大量的热和光。其反应的特征是放热、发光、生成新物质。这是区分燃烧和非燃烧现象的依据。

近代连锁反应理论认为燃烧是一种游离基的连锁反应。连锁反应也称为链式反应,即在瞬间进行的循环连续反应。游离基又称自由基,是化合物或单质分子中的共价键在外界因素(如光、热)的影响下,分裂而成含有不成对电子的原子或原子团,它们的化学活性非常强,在一般条件下是不稳定的,容易自行结合成稳定的分子或与其他物质的分子反应生成新的游离基。当反应物产生少量的活化中心——游离基时,即可发生连锁反应。反应一经开始,就可经过许多连锁步骤自行加速发展下去,直至反应物燃尽为止。当活化中心全部消失时,连锁反应就会终止。连锁反应机理大致可分为三个阶段:

(1)链引发。即生成游离基,使链式反应开始。生成的方法有热分解、光化法、放射线照射、氧化—还原法、催化法等。

(2)链传递。游离基作用于其他参与反应的物质分子,产生新的游离基。

(3)链的终止。即游离基的消失,使链的反应终止。终止的原因一般是由于杂质的影响、抑制剂的掺入或游离基撞击器壁等。

连锁反应有分支链和不分支链两种。

近代燃烧理论认为,可燃物质的多数氧化反应不是直接进行的,而是经过一系列复杂的中间阶段反应;不是氧化整个分子,而是氧化连锁反应的中间产物——游离基和原子。可见,燃烧是一种极复杂的化学反应,游离基的连锁反应是燃烧反应的实质,光和热是燃烧过程中发生的物理现象。

二、燃烧的必要条件

任何物质发生燃烧,都有一个由未燃状态转向燃烧状态的过程。这一过程的发生必须同时具备三个条件,即可燃物、助燃物(氧化剂)、着火源。通常又称为燃烧三要素。

1. 可燃物

凡是能与空气中的氧或其他氧化剂发生化学反应的物质称可燃物。可燃物按其物理状态分为气体、液体和固体三类。

(1)气体可燃物。凡是在空气中能燃烧的气体都称为可燃气体,诸如氢气、一氧化碳、甲烷、乙烯、乙炔、丙烷、丁烷等。可燃气体在空气中燃烧,同样要求与空气的混合比在一定范

围——燃烧(爆炸)范围,并需要一定的温度(着火温度)引发反应。

(2)液体可燃物。液体可燃物大多数是有机化合物,分子中都含有碳、氢原子,有些还含有氧原子。液体可燃物中有不少是石油化工产品,如酒精、汽油、苯、乙醚香蕉水、丙酮、油漆、松节油等等。

(3)固体可燃物。凡遇明火、热源能在空气中燃烧的固体物质称为可燃固体,如木材、纸张、布匹、橡胶、塑料、谷物、煤炭等。在固体可燃物质中,有一些燃点较低、燃烧剧烈的称为易燃固体。

2. 助燃物(氧化剂)

能帮助支持可燃物燃烧的物质,即能与可燃物发生反应的物质称为助燃物(氧化剂)。

(1)空气或氧气。

(2)其他氧化剂,诸如过氧化钠、高锰酸钾等。

3. 着火源

着火源是指供给可燃物与氧或助燃物发生燃烧反应的能量,常见的是热能。其他还有化学能、电能、机械能和核能等转变成的热能。根据着火能量来源不同,着火源有:明火、高温物体、化学热能、电能、机械热能、生物能、光能、核能。

三、燃烧的充分条件

在某些情况下,虽然具备了燃烧的三个必要条件,但由于可燃物的数量不够,氧气不足,着火源的热量不大,温度不够,燃烧也不能发生,因此,燃烧的充分条件是:

1. 一定的可燃物浓度

可燃气体(蒸气)只有达到一定浓度,才会发生燃烧(爆炸)。如有可燃气体(蒸气),但浓度不够,燃烧(爆炸)也不会发生。如在20℃时,用明火接触煤油,煤油并不立即燃烧,这是因为煤油在20℃时的蒸气量,还没有达到燃烧所需的浓度,因而虽有足够的氧及着火源,也不能发生燃烧。

2. 一定的氧气含量

空气中的氧气含量约占21%,此时物质可以完全燃烧。随着氧气含量的下降,物质的燃烧就会逐渐受到影响,而当空气中氧气含量降至11%以下时,绝大多数可燃物质的燃烧就会停止。虽有氧气存在,但其浓度不够,燃烧也不会发生。

3. 一定的着火能量

不管何种形式的点火能量必须达到一定的强度才能引起燃烧反应。否则,燃烧就不会发生。不同的可燃物所需点火能量的强度——即引起燃烧的最小着火能量不同,低于这个能量就不能引起可燃物燃烧。

4. 相互作用

以上三个条件要相互作用,燃烧才会发生和持续。

对无火焰燃烧可用燃烧三角形,表示三者关系,如图2-1所示。燃烧三要素(三边连接)同时存在,相互作用,燃烧才会发生。

无火焰燃烧有三个特点:(1)无连锁反应;(2)氧在可燃燃烧的界面;(3)可燃物为炽热的固体。

对有火焰燃烧,因燃烧过程中存在未受抑制的游离基(自由基)作中间体,因而燃烧三角