

全国海员培训系列教材

船舶高级消防



中华人民共和国港务监督局
一九九八年

前 言

为了履行经 1995 年修正案修正的《1978 年海员培训、发证和值班标准国际公约》（STCW78/95 公约），进一步做好船员培训、考试、评估和发证工作，提高船员培训的质量，满足有关培训机构和广大船员希望有全国统一的船员培训教材的要求，中华人民共和国港务监督局组织编写了《全国海员培训系列教材》。

该套教材由三大部分组成：海员专业培训系列教材【从之一到之八】；海员特殊培训系列教材【从之一到之九】；船员适任证书考前培训系列教材【按科目划分】。该套教材由有关航海院校、培训机构和港监机构等单位具有丰富教学经验和实践经验的专家、学者，根据 STCW78/95 公约、国际海事组织（IMO）示范培训课程和我国颁布的一系列船员考试大纲和培训纲要编写。该套教材的著作权和版权属中华人民共和国港务监督局，任何单位和个人未经其书面授权，不得翻印。

《全国海员培训系列教材》是中华人民共和国港务监督局指定的培训教材，系海员和航海院校学生参加相应的专业培训、特殊培训和适任证书考前培训指定用教材。

《船舶高级消防》（海员专业培训系列教材之四）由青岛港务监督承担编写。参加编写人员有董远志、刘建军、赵学军、周振路；审定人员有陈鹏、徐增祥、芦庆丰、陆军。

在编写出版过程中，得到了有关单位、人员的大力支持和协作，在此表示衷心的感谢。由于时间仓促，书中难免有疏漏和不当之处，请广大读者不吝指正。

中华人民共和国港务监督局

一九九八年

绪 论

船舶非常容易发生火灾，而且造成的损失巨大。这是因为船舶载运的货物复杂，工作环境恶劣，并且不易得到外援。然而所有这些事实并没有引起全体船员的重视，近几年船舶火灾的数量居高不下就是这个原因。IMO 组织还注意到，加强对控制消防作业的关键船员进行系统而严格的培训是非常重要的。这种培训应是一种着重于消防组织战术和指挥方面的消防技术的高级培训。

一、船舶高级消防员培训的要求

船舶消防是一门综合性很强的学科，它的内容涉及到物理、化学、电子学、经济学、运筹学、社会学、管理学、心理学、行为学等许多领域。在本书中，我们根据 STCW78/95 公约的要求和国内有关法规的规定，结合实际情况，从预防、消灭和安全三个方面加以叙述和总结。

1、STCW78/95 公约关于高级消防的最低适任标准

1) 控制船舶消防作业

(1) 以消防组织、战术和指挥为重点的海上和港内船舶灭火程序

(2) 用水灭火，对船舶稳性的影响、预防和纠正程序

(3) 灭火作业中的通信和协调

(4) 通风控制，包括排烟器

(5) 燃油和电气系统的控制

(6) 灭火过程中的危险（干馏、化学反应、锅炉烟道失火等）

(7) 扑灭涉及危险货物的火灾

(8) 与储存和处置物料（油漆）有关的火灾预防和危害

(9) 对伤员的处置和控制

(10) 与岸方消防人员协调的程序

2) 消防队的组织和训练

(1) 应急计划的准备

(2) 消防队的组成和人员调配

(3) 控制船舶各部位火灾的战略和战术

3) 检查和保养烟火探测和灭火系统及设备

(1) 烟火探测系统；固定灭火系统；便携式和移动式灭火设备，包括各种器械、泵以及救助、生命支持、人员保护及通信设备

(2) 法定检验和入级检验的要求

4) 调查和编写涉及火灾的事故报告

(1) 对涉及火灾事故的原因评估

2、我国“海员高级消防专业培训纲要”

1) 绪论、安全和原则

2) 燃烧和理论

3) 船舶消防的组织和训练

(1) 火灾控制计划

(2) 应急计划的准备

(3) 消防队的组成和人员调配

(4) 应急计划的实施（灭火中通信和协调）

(5) 获取帮助的途径和方法（与岸方的联系协调）

4) 船舶灭火程序

(1) 海上灭火程序

(2) 港内灭火程序

(3) 船舶装载危险和有毒货物

(4) 散装液体货船

5) 船舶灭火战术和指挥

(1) 船舶火灾的控制

- a、火灾危害区域
- b、火灾的预防
- c、用水灭火对船舶稳性的影响
- d、通风、排烟器、燃油和电器系统的控制
- e、扑灭危险货物的火灾
- f、与储存和处置物料（油漆等）有关的火灾预防和危害
- (2) 船舶常用的灭火战术
- (3) 船舶灭火指挥的原则和方法
- (4) 灭火指挥决策
- 6) 灭火中的危险
 - (1) 干粉的蒸馏作用
 - (2) 化学反应
 - (3) 锅炉烟道失火
 - (4) 水管锅炉火灾
- 7) 消防器具和设备的检查及维护
 - (1) 火灾报警装置
 - (2) 火灾探测装置
 - (3) 固定灭火系统
 - (4) 消防器材
 - (5) 便携可移动灭火装置
 - (6) 其他器械、泵以及救助、保护及通讯设备
 - (7) 法定检验和入级检验的要求
- 8) 急救
 - 对伤员的管理和控制
- 9) 火灾案例的分析及火灾事故报告
 - (1) 分析火灾事故的原因
 - (2) 评估采取措施的有效性
 - (3) 火灾事故报告的编写
- 10) 讨论和作业

二、船舶高级消防培训的内容

船舶火灾的全部过程按照时间为顺序可划分为三个部分，即火灾预防、火灾扑灭和安全措施。每一个部分都有其特点和正确处理措施。本书就是依照这个顺序进行叙述的。

船舶发生任何火灾都会对船舶和货物造成损害，一旦火灾蔓延扩大还会造成人身伤亡事故，因此船舶不发生火灾是我们的目的。这就要求我们要正确认识船舶火灾的特点，利用船舶配备的消防器材并不断总结经验教训，这是船舶消防的重要基础。

船舶火灾又防不胜防，那么一旦发生火灾后我们应采取怎样的行动呢？本书的第二部分内容围绕着消防组织战术和指挥进行了深入研究和总结。这部分内容是本书的重点，也是目前广大船员最为欠缺的部分。这部分内容的出现是我们在查阅了大量火灾案例并进行了广泛调查研究的基础上又进行概括总结的结果。这部分内容还非常不成熟，希望大家都能不断地调查研究，然后逐步完善这部分内容，这将对提高船舶火灾自救能力，保证船舶安全起到十分重要的作用。

本书的最后的内容是火灾扑救中应注意的安全问题，许多事例说明，火灾伤亡事故并不是被火烧死而往往是由于安全措施未被重视所引起的。

船舶火灾是可以预防的，一旦发生火灾也是可以扑灭的，这里的关键是全体船员都要对船舶消防引起高度重视。有些船舶对消防演习不重视，或者干脆不进行消防演习，采取敷衍了事的态度，这是非常非常危险的。所以，我们认为船舶消防的成败首先取决于船员的态度，其次才是船员的消防技术。我们必须重视这个问题并熟练掌握消防技术，才能搞好船舶消防工作，更好地保证船舶和人命安全。

目 录

第一章 船舶消防的基础知识	1
第一节 燃烧	1
第二节 火灾的分类和灭火剂	8
第二章 船舶火灾的控制	26
第一节 船舶火灾的危险区域	26
第二节 事故树分析法和船舶火灾预防	31
第三节 通风控制	39
第四节 燃油和电气系统的控制	43
第五节 其他防火要求	46
第三章 船舶消防设备	57
第一节 探火与报警装置	57
第二节 固定灭火系统	65
第三节 手提式和移动式灭火器材	78
第四节 消防员装备	95
第五节 防火控制图	98
第四章 船舶消防的组织与训练	100
第一节 船舶火灾控制计划	100
第二节 应急计划的准备	106
第三节 船舶消防队的组成和人员调配	110
第四节 应急计划的实施	118
第五章 船舶灭火程序	122

第一节	海上灭火程序	122
第二节	港内灭火程序	131
第三节	油轮和运输危险品船的灭火	133
第六章	船舶灭火战术与指挥	138
第一节	船舶灭火战术	138
第二节	船舶灭火指挥原则	144
第三节	灭火指挥决策	147
第四节	船舶各部位火灾的扑救	155
第七章	灭火中的危险	167
第一节	干馏	167
第二节	化学反应	170
第三节	锅炉烟道失火及水管锅炉火灾	174
第四节	水灭火对船舶稳性的影响	176
第五节	船舶物料间的防火注意事项	179
第八章	急救	182
第一节	火场搜索	182
第二节	窒息和中毒	186
第三节	烧伤	188
第四节	休克	191
第五节	软组织损伤	193
第六节	骨折与脱位	196
第九章	船舶火灾的调查和报告	201

第一章 船舶消防的基础知识

船舶消防应“预防为主，防消结合”。因此船舶消防首先应正确认识火的性质和基本特征。在本章我们将对燃烧和火的分类进行叙述和总结，这在任何时候都是很重要的一个内容。

第一节 燃烧

可燃物质与氧化剂作用发生的放热反应，通常伴有火焰发光和（或）发烟的现象，称为燃烧。人们通常所说的“起火”、“着火”，就是燃烧一语的习惯叫法。对于燃烧的认识，我们将从三个方面加以阐述：燃烧三要素，燃烧类型和火灾蔓延。

一、燃烧三要素

燃烧需要一定的条件才能发生，它必须具备三个条件，又称三要素。这三个要素是指可燃物质、助燃物质和着火源。如果这三个要素不同时具备和相互作用时，燃烧就不会发生。因此结合船舶火灾的特点，对燃烧的三个条件进行深刻的认识和理解是非常重要的，是船舶防火的基础。

1、可燃物质：

凡能与氧化剂反应，同时发光、发热的物质都称为可燃物质。可燃物质有固体燃料、液体燃料和气体燃料三种。

1) 固体燃料

最明显的固体燃料是木头、纸和布。船上也有这些固体燃料。如索具、垫舱板、家具、胶合板、抹布和床垫等。此外船

船载运的货物中也有固体燃料。如包装货、纸筒货、散装货（如粮食）以及轻金属（如：镁、钠、钛）等。

固体燃料的燃烧特性如下：

(1) 高温分解：固体燃料燃烧之前，它必须转化成蒸汽状态。通常一开始是由于干热，而后产生这个转化，随着便引起燃烧。这个过程即所谓高温分解。它是由于热的作用而产生的化学分解。在这种情况下分解导致了从固体状态向蒸汽转化。如果蒸汽与空气充分混合并加热到足够的温度（被火焰、火星、热的电动机加热），就会引起燃烧。

(2) 燃烧速率：固体燃料的燃烧速率取决于它本身的结构。粉末或碎屑状的固体燃料比大块的物质燃烧的快，如小木头片比一根结实的木梁燃烧的快。经过粉碎的燃料与热接触的面要大的多，因而有更多的蒸汽供燃烧，所以火就燃烧得异常猛烈，而燃料也就被迅速的消耗尽了。另一方面，大块燃料要比粉碎后的燃料燃烧的时间长。

尘雾是由非常微小的粒子组成。当一种易燃粉末（如粮食粉末）的尘雾与空气充分混合并被点燃时，它燃烧的非常快，并具有爆炸力。船舶装卸粮食和其他微粒货物时，就容易发生这种爆炸事故。

(3) 燃烧温度：一种物质的燃烧温度是在没有火星和火焰的情况下，造成燃烧的最低温度，不同的物质有不同的燃烧温度。拿某一种物质来说，由于体积、表面积和其他因素的不同，燃烧温度也不同，常见的可燃材料的燃烧温度在 49°C 与 538°C 之间。

2) 液体燃料

船上最常见的液体燃料是燃油、润滑油、柴油、煤油、油漆及其他溶剂等。货物中也有易燃的液体。

液体燃料的燃烧特性如下：

(1) 挥发：易燃液体象易燃固体一样也要释放出蒸汽，然后就是燃烧，这个过程就是液体的挥发。液体挥发出汽体的速

率比固体要高，这是因为液体的分子排列的比较松散。此外液体能在很大的温度范围内释放出蒸汽。汽油在-43℃就开始挥发蒸汽，这就造成汽油有不断燃烧的危险。

燃料油润滑油这类较重的易燃液体必须加热到使之释放出足够的气体时，才能燃烧，如润滑油在 204℃时开始燃烧。火很快就会达到这个温度，因此直接同火接触的油会很快的起火燃烧。一旦某种轻的或重的易燃液体开始燃烧，辐射回输和连锁反应就会迅速增强火焰。

易燃液体产生的蒸汽比空气重。这种蒸汽非常危险，因为它将会沉降到低处，慢慢地散发，而且还会漂到远处的火源上去。例如：从集装箱跑出来的蒸汽能够沿着甲板飘移，从甲板上的开口处，飘移到甲板下面去，直到接触火源（如电动机发出的火星）时为止。如果空气与蒸汽充分的混合，它就会燃烧并把火引入到泄漏的集装箱里去。其结果便是严重的火灾及爆炸。

(2) 燃烧：同样重的易燃液体与固体比较，液体产生出的热量大约是固体的 2.5 倍。液体释放热的速度比木头释放热的速度快 3~10 倍。易燃液体溢出时，会扩散很大的面积，释放出大量的蒸汽。因此，当它被点燃时，会产生大量的热。这就是大开口的液体罐及溢出的液体被点燃后为什么燃烧如此猛烈的原因之一。

(3) 闪点：液体燃料的闪点就是指一定的温度，在这个温度上，液体燃料释放出足够的蒸汽，从而在它的表面形成一层可燃的混合气体。混合气体就是空气与蒸汽的混合气体，这种混合气体能够被点燃，但是不能够保持持续的燃烧。

较高一点的温度才能够保持持续的燃烧。这个温度被称为液体的燃烧点。

3) 气体燃料

船上常见的易燃气体包括乙炔，丙烷和丁烷。

气体燃料燃烧的特性如下：

(1) 燃烧：气体燃料已处于可燃的蒸汽状态时，仅需同氧气适当混合，并有足够的热量，便可以燃烧。同易燃液体一样，气体通常产生看得见的火焰，而没有闷火。气体蒸发不需要辐射回输，但是为了使气体不断的被点燃，在燃烧的过程中仍然需要辐射与回输。

(2) 爆炸极限：易燃气体必须同空气以恰当的比例混合，才能形成可燃的混合气体。混合气体中的易燃气体能发生爆炸的最低百分比称为爆炸下限。如果混合气体中的易燃气体少于此限则不能爆炸。易燃气体在混合气体中能发生爆炸的含量的最大百分比称为爆炸上限。几种常见气体的爆炸下限和上限如下：

爆炸上限和爆炸下限（体积百分比）

品 名	爆炸下限	爆炸上限
汽油	1.4	7.6
火油	0.7	6.0
丙烷	2.1	9.5
氢	4.0	74.2
甲烷	5.0	15.0
氧化乙烯	2.0	100.0
氧	8.0	27.0
石脑油	0.9	6.7
丁烷	1.8	8.4
苯	1.4	8.0

在某些特殊情况下，空气中低于爆炸下限的气体或蒸汽也会燃烧。某些装置则根据上述这个原理使用惠斯登电桥来探测是否有潜在的危险或爆炸性的气体存在。由于有了可燃气体指示器这类装置，因此没有必要记录燃料的爆炸极限。但是知道蒸汽与空气的混合气体的某些可能被点燃的限度，并且谨慎地使用这些燃料是非常重要的。

2、助燃物质

与可燃物质相互结合能导致燃烧的物质都叫助燃物质。如氧气，氯气等。

一般来说，空气中的含氧量至少有 16% 才能够维持燃烧。但是，闷火只需要 3% 的氧气，所以如棉花等物质的燃烧仅需要很少的氧气就可闷燃，而且一旦获得氧气的补充容易死灰复燃。

3、着火源

在火灾发生初期提供燃烧赖以维持的热能源被称为着火源。如明火，电器火花、摩擦撞击产生的火花、静电火花、雷击、辐射热、化学反应热等。

在火灾发展过程中，可燃物质本身燃烧所释放出的热量也可以维持本身的火势，并促使继续向四周发展蔓延。

二、燃烧类型

物质的燃烧可分为闪燃，着火、自燃和爆炸四类。

1、闪燃

是由于固态或液态物质因蒸发、升华或分解产生的可燃气体或蒸汽与空气混合后，借助火焰时发生的瞬间燃烧过程。

闪点温度下，由于燃烧液体蒸发很慢，生成的蒸汽量仅够维持一刹那的燃烧，来不及供应新的蒸汽以维持稳定燃烧。但闪燃往往是火警的先兆。

闪点是衡量可燃物质火灾危险性的指标，可燃液体的闪点有如下特点：

(1) 两种可燃液体混合物的闪点不具有加合性，高闪点与低闪点的混合液，其闪点低于这两种液体的平均值。例如把闪点为 40℃ 的煤油和闪点为 -38℃ 的车用汽油以 1:1 相混合，其闪点低于 1℃。

(2) 易燃、可燃液体的水溶液，其闪点会随水量比例的增大而升高，醇水溶液的闪点变化规律即是如此。

2、着火（点燃）

可燃物在空气中受着火源的作用而发生持续燃烧的现象成着火。在规定的条件下可燃物质开始持续燃烧所需的最低温度称着火点（燃点）。燃点越低，越容易着火。灭火时，当燃烧中的物质的温度降低到燃点以下，火就熄灭。

石油产品的燃点比闪点高 1-3 度。

3、自燃

可燃物受热升温，在没有明火作用的条件下，能自行着火的现象，称为自燃。

4、爆炸

是指物质氧化还原反应的速度急剧增加，并在极短的时间内放出大量能量的一种破坏力很大的现象。爆炸分为下列几类：

- 1) 由于混合气体或粉尘引起的分散爆炸。可燃气体或液体、粉尘必须在空气中达到一定的体积范围数才能发生爆炸。
- 2) 由单一化合物引起的分散爆炸。如乳化油炸药，黑火药，TNT。

三、火灾蔓延

1、可燃物质的燃烧过程

气体最容易燃烧，其燃烧所需要的热量只用于自身的氧化分解，并使其达到燃点而燃烧。

液体在热作用下，先蒸发成蒸汽，然后蒸汽被氧化、分解，而后在气体状态下燃烧。此后与气体的燃烧过程相似。

固体可燃物质与其周围相接触的空气达到该可燃物的点燃温度时，可燃固体部分首先熔融、蒸发或分解，析出可燃气体或蒸汽，然后与空气混合而燃烧。但如焦炭一类的可燃物，不能成为气态物质燃烧，只是在表面上进行燃烧，在燃烧时则呈炽热状态，燃烧过程释放的热量又加热燃烧边缘的下一层，待达到点燃温度，于是燃烧过程就持续下去。

2、热传播

可燃物燃烧时，要释放出光和热。这些热量除了给物质本身加热，维持燃烧外，还有一部分热量将向四周扩散从而使灾区域扩大。热传播是火灾蔓延的重要因素。热传播有三种形式：

1) 热传导：

热量从物体的一端传到另一端的现象，叫做热传导。这种传导方式主要是靠物质彼此接触的微粒间能量交换得以实现的。固体、液体、气体都有这种性能，其中以固体最强。在固体中又以金属的导热性最强。如主机缸套，扫气箱的温度一般都很高，就是这个原因。

2) 辐射：

以热射线传播热能的现象叫做热辐射。这种热射线以电磁波的形式向四周传播热能。它不受介质影响。象亮着的灯泡往往将其周围的物体烤焦甚至起火。

3) 对流：

依靠热微粒的流动来传播热能的现象叫做热的对流。以对流形式进行热传播的通常只有气体物质与液体物质，分别称为气体对流和液体对流。其中气体对流的强弱与通风孔道的位置的高低、通风孔面积的大小及烟气与周围空气的温差有关。

火灾蔓延虽然由传导、对流、辐射引起，但它必须通过火灾蔓延的途径去实现。火灾蔓延的途径分为内部途径和外部蔓延途径。内部途径主要是通过建筑物内部的结构引起火势蔓延，如船员房间的木质门、桌子等；外部途径从烧穿的舱室顶部、门窗等向外窜火焰，靠热传播形式蔓延到临近舱室或可燃物质。

3、灭火的基本方法

由于任何火灾都必须具备物质燃烧的三个条件，这三个条件缺一不可。因此船舶的一切防火、灭火措施都是围绕破坏物质燃烧的三个条件进行的。根据这一原理，船舶灭火的基本方法有：

1) 隔离法

针对可燃物,将在火场周围的可燃物与燃烧物分隔开来不使火势蔓延,并使燃烧因缺乏可燃物而停止。如将燃烧物迅速转移到安全地点或投入海中;移走火源附近的可燃物、易燃、易爆物品;关闭可燃气体或液体进入燃烧地点的开关等。

2) 窒息法

是用一种不燃的物质覆盖燃烧物表面使之与空气隔绝、或者释放某种惰性气体冲淡空气中的含氧量或关闭火场的通风筒、门窗,停止或减少氧气的供给,使燃烧因得不到足够的助燃物而熄灭。常用的覆盖物有:石棉毯、黄沙、泡沫等。常用于冲淡火场空气中含氧量的不燃气体有:二氧化碳气体,卤化烃,水蒸汽和氮气等。

3) 冷却法

是将灭火剂喷洒到燃烧物上,迅速降低其温度,当燃烧的温度降低到燃点以下时,火就会熄灭。通常用水来冷却降温。另外用水洒在火场附近的建筑物或燃烧物上,使之降温可以阻止火灾的蔓延。

4) 抑制法(中断法)

就是使用灭火剂渗入到燃烧反应当中去,使助燃的游离基消失,或产生稳定的或活动性很低的游离基。使燃烧反应中止。如用卤化烃灭火。

第二节 火灾的分类和灭火剂

不同物质燃烧所表现出来的特征是不同的,因而扑灭不同的火灾应使用相应的灭火剂。如果不了解火的特征而盲目采取行动,不仅不能及时将火扑灭,还可能会导致火灾蔓延扩大,以致造成更大的损失。

一、火灾的分类

掌握不同物质燃烧的特征，比较有效的方法就是对其进行分类。火灾的分类各国有不同的方法，现在国际海事组织采用欧洲共同体的火灾分类法，将火分为四类。

1、甲类火

常见的固体可燃物质着火，称为甲类火。可用水和水溶液去扑灭。这些物质包括木材、木基物质、布、纸、橡胶以及某些塑料等。

船上常见的引起甲类火的物质可分为三大组：

1) 木材和木制物

由于木材的用途极其广泛，因此木材经常发生火灾。在船舶上木材常用来做舱壁内板，垫舱板和隔货板。木制物是指那些经过加工的木材或木纤维，包括某些种类的绝缘板和壁板、纸和纸板等。

木材和木制物的性质取决于具体的类型。例如干燥的枫树（硬木）比同样干燥的松树（软木）在燃烧时产生的热量大。但是所有的这些物质都是可燃的。他们在一定的高温下，会碳化，着闷火，点燃和燃烧。但通常不会自燃。在有火源，例如有火星，火焰或在热辐射下容易引起燃烧。木材能被高温热解成为在低温 度下就能着火的木炭。

(1) 燃烧特点：

木材的燃烧温度取决于很多因素，如：大小、形状，水份的含量和种类。一般来说木材的燃烧温度是 204°C ，但是 100°C 被认为是长期存放木材不会自燃的最高温度。

木材和木制物的燃烧速率主要取决于其物质结构，所得到的空气含量，水份含量以及其它因素。然而木材只有在被热蒸发之后才能充分燃烧。

慢慢烧旺的火或辐射热源会逐渐地传播足够的热量使舱壁和舱顶表面的木制品开始热解。因此释放出来的可燃气体与周围的空气混合。当这种混合气体达到易燃的程度时，任何火