

# 船舶安全配员

郑中义 吴兆麟 著



大连海事大学出版社

本书由

大连海事大学学术著作出版基金资助出版

The published book is sponsored by  
The Academic Works Publishing Foundation  
of the Dalian Maritime University

## 内 容 提 要

本书为船舶安全配员研究方面的专著。全书共9章,内容包括:绪论;人为因素与事故;船舶最低配员与安全;主要航运国家船舶配员研究与发展状况;船舶安全配员立法;船舶配员模型使用工具和内容特征的比较;评价指标体系的建立;评价模型的建立;评价模型的验证和分析。

## 前 言

船舶安全涉及到人、船、环境、管理等各方面的因素,而人(船员)的因素是首要因素。多年来国内外海事统计结果都表明绝大多数海事涉及到人的因素,人为失误成为海事的主要原因。早在三十多年前,国际海事组织(IMO)就在总结各国经验的基础上通过了A.481(XII)号决议《关于船舶安全配员的原则》,在船舶的船员配备上确定了国际标准。随着高新技术不断应用于船舶,船舶自动化和智能化水平越来越高,为船舶减少船员数量提供了客观条件;而国内外航运业的激烈竞争,使得船舶所有人或经营人在降低营运成本时也采用减少船员配备这一手段。因此,在船舶配员逐渐减少的大趋势下,如何科学合理确定船舶最低配员标准一直是国内外研究的重要课题。

IMO A.481(XII)号决议《关于船舶安全配员的原则》文件中指出:“安全配员的目的是为了保证船舶、船员、乘客、货物和财产的安全以及保护海洋环境必须配备足够数量的合格或有经验的船员。”为了达到这一目的,就需要在定性研究和定量研究相结合的基础上,确定各类船舶安全配员的具体标准,其中包括船员的数量、结构和资格等。1997~1998年,我作为课题组长,与郑中义、张宝晨、侯玉强同志共同承担并完成了交通部资助立项课题“关于船舶安全配员的研究”。该研究成果通过了交通部科教司主持的软科学研究成果评审,专家评审意见认定为该成果达到了国际先进水平,并获得了大连市政府的技术推广应用优秀成果二等奖。为了使该研究成果在国内海运界得到广泛应用,给各级水上安全主管部门和各航运单位在研究制定我国的船舶安全配员法规和标准时提供参考意见,我和郑中义同志商讨决定在该课题研究

报告的基础上,进一步参考与补充国内外最新文献资料,并加以分析、归纳、整理,出版这部学术专著。

本书由我和郑中义同志共同构思,郑中义同志执笔,我修改定稿。虽然在撰写和修改定稿过程中反复研讨和再三斟酌,力求提高本书的学术参考和实际应用价值,但它毕竟是国内第一部有关船舶安全配员的学术专著,只能起到抛砖引玉的作用。书中所有不当之处,有待国内广大专家学者和同行们指正。

在本书即将公开出版之际,我们在此感谢参与本课题研究的张宝晨和侯玉强同志。特别要指出的是,侯玉强同志是作为我指导的硕士研究生结合其学位论文选题参与本课题研究的,他在获得硕士学位后留校任教,不幸于2001年因病去世,希望本书的公开出版对他的工作也是一种肯定。

最后,我们衷心感谢大连海事大学学术著作出版基金资助本书出版。



2002年3月23日

# 目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 为什么研究人为因素	(1)
第二节 为什么研究船舶配员问题	(7)
第三节 本书主要内容	(11)
本章参考文献	(12)
第二章 人为因素与事故	(15)
第一节 人为因素	(15)
第二节 人为因素与海上事故	(29)
本章参考文献	(34)
第三章 船舶最低配员与安全	(36)
第一节 海事致因与船舶安全配员	(36)
第二节 船舶配员的潜在危险因素分析	(41)
第三节 船舶配员与海上事故	(56)
第四节 船舶配员数量减少引起的安全问题	(66)
本章参考文献	(71)
第四章 主要航运国家船舶配员研究与发展状况	(74)
第一节 世界船舶安全配员的发展状况	(74)
第二节 各国船舶配员数量减少的基础	(81)
第三节 发达航运国家船舶安全配员及研究现状	(85)
第四节 我国船舶配员现状及存在的问题	(101)
本章参考文献	(105)
第五章 船舶安全配员立法	(107)
第一节 船舶安全配员的国际立法	(107)

第二节	我国关于船舶安全配员的立法	(113)
第三节	美国关于船舶安全配员的立法	(118)
	本章参考文献	(130)
<b>第六章</b>	<b>船舶配员模型使用工具和内容的比较</b>	<b>(131)</b>
第一节	建立配员模型的必要性及在立法过程中的作用	(134)
第二节	配员模型在非海运领域的应用	(142)
第三节	配员模型中使用的工具和内容的特性	(152)
第四节	使用流程图分析避碰系统	(158)
第五节	用修改过的 Petri Nets 对可维修能力的设计	(161)
第六节	整个系统的可靠性模型	(163)
第七节	航政管理配员模型	(166)
第八节	NRC 功能配员模型	(168)
第九节	Argent Marine 配员模型	(171)
第十节	船上功能分析模型	(173)
第十一节	配员模型比较分析结论	(190)
第十二节	结合建模工具和内容阐述船舶配员问题	(194)
	本章参考文献	(226)
<b>第七章</b>	<b>评价指标体系的建立</b>	<b>(233)</b>
第一节	国际公约中关于船舶安全配员的规定	(233)
第二节	关于船舶安全配员所考虑的因素	(237)
第三节	船舶安全配员中涉及的人为因素	(239)
第四节	船舶最低安全配员评价指标体系的确定	(244)
	本章参考文献	(247)

第八章 评价模型的建立 .....	(249)
第一节 评价指标的分析 .....	(249)
第二节 评价指标权重的获取 .....	(262)
第三节 评价指标隶属函数的确定 .....	(268)
第四节 评价模型的建立 .....	(283)
本章参考文献 .....	(289)
第九章 评价模型的验证和分析 .....	(291)
第一节 评价模型的应用 .....	(291)
第二节 评价模型的验证 .....	(292)
第三节 评价模型的分析 .....	(308)



## 第一章 绪 论

虽然许多科学技术已大量应用于船舶,为船舶安全航行和作业提供了保证,但是在当前情况下,船员仍是海上航行过程中保证船舶、船上人命和财产安全及防止海洋环境污染的主体。正如 Alvin Moscow 在分析事故时所指出的那样:“保证海上人命安全将仍然是每艘船舶驾驶台人员的责任。”<sup>[1]</sup>从海事致因中人为失误的比例来看,IMO、ILO、主要航运国家及海运界学者在对事故原因进行统计分析后用大量的数字证明了人为失误在海事致因中的重要地位<sup>[2~7]</sup>。在以前的立法中,由于只注重船舶“硬件”的立法<sup>[8]</sup>,同时对人与海上事故的关系又缺乏相应的数据进行深入的分析<sup>[9]</sup>,因此关于船舶配员问题的立法及研究相对较少。IMO 关于船舶“硬件”立法的频繁修正,遭到了发展中国家及船舶所有人、经营人等的一些抵制,这样,关于船员素质及船舶配员等方面的要求、立法等逐步成为 IMO 当前及今后的工作重点。<sup>[10,11]</sup>

### 第一节 为什么研究人为因素

#### 一、人为因素是组成水上交通安全系统的重要因素

关于水上交通安全系统的组成问题,不同的学者从不同的角度研究时所提出的观点不完全相同。<sup>[2,12]</sup>有的学者认为水上交通安全系统可由“人—船—环境”组成,也有的认为可由“人—船—环境—港口”组成,但无论如何,都承认人是组成该系统的要素之一,这充分说明了人为因素在水上交通安全系统中的重要性。

从安全系统工程的角度来说,安全系统是由“人—机(物)—环

境”组成的,而且在人一机—环境系统中作为主体工作的人理所当然处在首位,这是安全系统工程与其他系统工程存在的显著差异之处<sup>[13]</sup>。

随着高新技术在船上的广泛应用,特别是通信手段的进步,使得船员的功能或者作用有逐渐减少的趋势,但人在水上交通安全中的作用却越来越受到国际海事组织及世界海运发达国家的高度重视。1994年欧洲对重大事故所做的统计分析表明,有80%以上的事事故与人为因素有关,国际海事组织将与人为因素相关的工作作为其21世纪的工作重点之一,这些都说明了人为因素在水上交通安全系统中的重要性。

## 二、人一机工程学中人的重要性

人一机工程学是研究人一机系统在宜人的条件下使系统达到安全、可靠、高效和最佳状态的学科。在人—机工程学内的人—机系统是指由人与机器构成的系统,其中的人定义为所研究系统中参与系统过程的人,而机则定义为与人处于同一系统中并与人交换信息、物质和能量的物。

在人—机系统中,人与机器相互结合,人就成为系统的组成部分,他必须按系统目标的统一要求,完成所分担的任务。为了获得系统的最高效能,除了硬件的可靠度指标要高以外,还要求操作技术熟练。机器要适合人的生理要求,即人员的操作可靠度指标也要高。人一机系统的可靠度与机器的可靠度和人操作的可靠度有关,其表现式为

$$R_s = R_m \times R_n$$

式中:  $R_s$ ——人一机系统的可靠度;

$R_m$ ——人员操作的可靠度;

$R_n$ ——机器的可靠度。

在人—机系统中,机器设备通过可靠性设计与制造,可以得到很高的可靠度,通常在人—机系统中认为其为常量,这主要是为了

改变人员操作的可靠度,这突出了人在人一机系统中的重要性。根据本章参考文献[13]可知,人为差错在系统故障中占有很大的比例。电子设备故障的60%~70%是由人引起的;在飞机和导弹系统中,由人为因素引起的故障分别占故障的60%~70%和20%~53%。

### 三、研究水上交通安全系统中人为因素是必要的

如前所述,水上交通安全系统是由“人一船一环境”组成的。

在船舶因素方面,鉴于1912年4月14日英国豪华客船“泰坦尼克”号发生沉船事故,1914年世界主要航运国家签订了第一个《国际海上人命安全公约》(SOLAS)。随后该公约就一直处在不断完善之中。可以说,每次重大海难事故都是对该公约修改的一个动力。到目前为止已产生了有关该公约的两个议定书和二十多个修正案。可以说,该公约的体系已基本完备,在近期内不会再有较大程度的修改。在防止船舶污染水域方面,经1978年议定书修订的《1973年国际防止船舶造成污染公约》及其对它的近30个修正案也已形成较为完整的体系。上述两个公约与《1966年国际船舶载重线公约》、《1969年国际船舶吨位丈量公约》及《1972年国际海上避碰规则》等形成了对船舶规定和要求的较为完整的体系。国际海事组织履约分委会的成立及当前各国或各区域港口国监督的有效进行,保证了这些强制性规定的实施。

在环境因素方面,也已建立了较为完善的系统和体系。在海上助航标志方面,1980年11月由国际航标协会召集并由政府间海事协商组织(简称“海协”,IMO前身)和国际水道测量组织协办的一次关于助航设备的会议上,通过了“国际航标协会海上浮标制度”。此后,各国的助航标志的设置等逐步走向了统一。《1979年国际海上搜寻救助公约》规定了各缔约国保证为在其海岸附近的海上遇险人员提供适当搜救服务的义务,并对搜寻和救助的组织、合作、准备措施及搜寻和救助的工作程序等做出了规定,要求各缔

约国可根据实际建立船舶报告制度,从而将各缔约国对海上搜寻和救助也统一起来。在航行警告方面,1977年由政府间海事协商组织大会通过了A.381(X)号决议,并于1979年统一了世界各国的无线电航行警告制度与做法,建立了世界性的无线电航行警告系统。《1972年国际海上避碰规则》则通过设定会遇中当事船舶的权利和义务基本统一了在避碰中当事船舶做法。在船舶定线制方面,1971年10月,“海协”第七届大会对《1960年国际海上人命安全公约》进行了修改,强调了船舶定线制并确认“海协”是国际范围内制定和通过定线制措施的惟一国际性组织。“海协”于1972年将分道通航制列入《1972年国际海上避碰规则》。“海协”在制定《1974年国际海上人命安全公约》时又将船舶定线制列入该公约,并指出:“为了分道通航包括防止通过指定对各船或某类船舶应避免航行的区域,或者为了避免不安全的情况,已采用的划定航路的做法,尤其是在航线密集区域,业已对航行安全做出了贡献,现建议所有有关船舶采用。”同时,为了指导各国具体考虑与建立船舶定线制,1977年“海协”第十届大会通过了A.378(X)号决议《船舶定线制的一般规定》。在船舶交通服务(VTS)方面,国际海事组织于1985年11月第十四届大会上通过了A.578(14)号决议《船舶交通服务指南》,规定了VTS的宗旨和程序以及VTS的规则等。除上述和其他改善水上交通环境的措施外,国际海事组织还极力要求各航运国家采取保证海上安全及改善通航环境的新技术和新方法,如采用船舶自动识别系统(AIS)等。

总之,在改善海上交通环境方面,国际海事组织和其他国际组织已做了大量工作,也取得了瞩目的成果。在船员方面,关于船员培训、评估、考试、发证和值班方面的规定日臻成熟,特别是STCW公约1995年修正案的通过和生效,对该方面的规定更加完善。

虽然有上述涉及船舶、环境及船员培训、评估、考试、发证和值班方面的规定,但是人为因素在事故中所占的比例并没有发生根

本性的变化,因此,1993年11月在国际海事组织第十八届大会上以741(18)号决议通过了《国际安全管理规则》(ISM规则),并于1994年6月SOLAS缔约国大会上通过了该公约新的第IX章“船舶安全营运管理”,使ISM规则成为强制性规则,将船公司的管理纳入强制性管理的范围之内。

虽然STCW公约1995年修正案和ISM规则的生效在一定程度上对于减少由于人为因素所造成的海上事故具有一定的作用,但是从总体上讲,在水上交通安全系统中,人为因素问题并没有很好地得到解决,这就决定了人为因素问题仍将是研究重点之一。

#### 四、对水上交通安全系统中人为因素的研究相对滞后于对其他交通安全系统中人为因素的研究

与道路交通安全系统相比,水上交通安全系统中关于人为因素的研究是滞后的,与空中安全系统相比也是滞后的。

对空中交通安全系统而言,在1970年之前,该方面的研究主要集中于空中,那时很少有人能够确切地给出人为因素的定义。<sup>[14]</sup>在1975年国际航空运输协会(the International Air Transport Association, IATA)第20届技术会议上得出这样的结论:“人为因素较为广泛的特性和其在航空中的应用还没有得到足够的重视。这种疏忽可能导致在操作上的低效或使相关的人员不舒服,甚至可能给航空引航联盟协会带来重大灾难。”在1976年由IATA召开的引航员会议上也要求采取行动以改善人为因素在引航员工作环境中的应用。1977年在纽约召开的国际航空引航联盟协会(the International Federation of Airline Pilots Associations, IFALPA)的会议上得出的结论是:“应该广泛地关注在应用人为因素知识方面经常出现的失误,以及在商业航空界的许多领域中普遍存在缺乏人为因素的专门知识。”<sup>[14]</sup>从1977年以后,航空界对人为因素的研究和应用进入了一个新的阶段。

在海上安全领域开展人为因素研究的历史,可以追溯到18世

纪中叶对海上事故数据的统计与分析。<sup>[15]</sup>虽然当时研究的主要目的是从技术上、设备上找到导致海上事故的原因,但是作为这一研究成果的第一部国际海上避碰规则除对海上避碰做了技术上、设备上的规定外,客观上还对人的行为提出了许多要求。<sup>[16]</sup>

自从20世纪30年代Heinrich<sup>[17]</sup>第一个提出引发事故的最大根源是人为因素的理论后,陆陆续续有一些安全工作者和航运企业把目光投向人为因素这一领域,对海事中的人为因素进行研究。这些研究主要致力于海上事故的定量统计与分析,从中提取有关人为因素的有价值的信息;致力于研究海事安全系统中人为因素的地位,从中识别影响人的失误的因素。<sup>[18-21]</sup>

真正有组织、有规模地开展人为因素对海上安全影响的研究始于20世纪80年代中后期。英国海事安全部门<sup>[22]</sup>进行的研究表明:在90%的碰撞与搁浅事故中,75%的爆炸、火灾与人为因素有关。当时的许多研究报告都指出,促进海上安全仅靠提高船员的技术标准是远远不够的,必须重视人为因素对海上安全的影响。几起大的海难,如1987年发生的“Herald of Free Enterprise”号客滚船倾覆灾难,1989年发生的“Exxon Valdez”号油船触礁油污事件,1990年发生的“Scandinavian Star”号客滚船火灾等,像警钟一样,敲醒了人们对人为因素在海上安全中所起的作用的认识。欧洲一些国家及美国、日本等国家和地区纷纷组织人力着手对船舶日常管理与操作中的人为因素进行系统的研究。国际海事组织的海事安全委员会(MSC)与海上环境保护委员会于1990年专门成立了联合工作小组,协调各成员国对人为因素的研究。该小组至今已召开了二十余次会议<sup>[23]</sup>。其主要成果已被国际海事组织及海事安全委员会采纳并列入通过的一系列大会决议、指南和建议中。《国际安全管理规则》(ISM Code)<sup>[24]</sup>就是该小组的代表作之一。一些非政府间国际组织如国际船级社联合会(IACS)也在人为因素领域做了大量的工作,有些成果已被国际海事组织所采纳。

目前,各国对人为因素的研究主要致力于以下几个方面:①影响船员行动因素的系统调查;②有关人为因素的数据收集与分析;③改善人一船接口的方法;④人为因素的分类;⑤人的可靠性问题。<sup>[25]</sup>国际海事组织的工作则集中在安全管理、疲劳、正规安全评价(FSA)以及事故调查等方面。<sup>[9]</sup>

人为因素可能是海事预防体系中最显著、最复杂的组成部分。解决与处理好海事安全中的人为因素问题在将来仍然是国际海事组织及其成员国的优先工作。

**五、船舶配员数量的减少使得研究人为因素的问题越来越重要**

由于船舶自动化程度的提高、对传统船上部门设置的改革、通用人员的使用以及岸上对船舶支持的增强等,从20世纪80年代开始,某些发达国家的船舶配员数量有了大幅度的降低,除可能引起船员疲劳、船舶瞭望不足等问题外,也引起了船员所处的环境发生了变化。在船舶航行期间,船员之间的接触减少了,这可能引发船员心理和生理上的新的问题等。

## 第二节 为什么研究船舶配员问题

**一、关于船员适任的问题已有STCW 78/95公约的全面规定**

《1978年海员培训、发证和值班标准国际公约》于1984年4月28日生效后,对统一世界各主要航运国家关于海员培训、发证和值班标准起到了巨大作用。其目的是规定了关于船舶适任的最低知识及必要的培训要求,船舶各部门值班的基本原则及对组成值班部分一般船员的强制性要求等。

自从1978年STCW公约生效以来,特别是近些年来,由于导致海上人命财产和海洋环境污染的海事中大部分与人为因素有关,至1994年欧洲各国或各研究机构对海上事故统计结果表明,

80%以上的海上事故与人为因素有关<sup>[15]</sup>,因此对1978年STCW公约进行全面评估就显得很有必要。在船舶配员问题上,一方面,高新技术在船舶上的应用,使船员的劳动强度有了大幅度的下降,有些已经部分地取代了船员的工作;另一方面,传统的船上部门之间的功能划分、设置形式也正在发生变化,各国都在该方面不断地进行着新的尝试,使得船舶配员数量都有了不同幅度的下降。有的国家船舶配员数量降幅相当大,这对船员的适任、值班等提出了新的要求。传统的1978年STCW公约在评价船员的适任性时,主要通过测试船员知识和检查海上资历的方法加以控制,这就造成了用知识替代能力的不正确的认识等。基于上述主要问题,国际海事组织于1995年通过了1978年STCW公约修正案。修正后的公约,主要增加了以下方面的内容:

(1)全面、严格和多方位的遵章核实机制,包括对缔约国主管机关的监督、对船舶和船员的港口国监督以及对方便旗船舶与船员发证监督等。

(2)加强对海员的实际技能培训和评估,并规定海员必须接受系统的专业教育和培训。

(3)对海员培训、考试、评估和发证规定必须建立质量标准体系并受到连续的质量控制。

(4)允许重组传统的船上岗位分布体系,引入适应先进的自动化船舶的“功能发证”体系。

(5)增加了包括模拟器训练、特殊类型船舶、基本安全和人员管理在内的多种强制性和非强制性的培训项目。

(6)严格对证书再有效的规定,并扩大其适用范围。

(7)集中和系统地规定了海员在各种条件下保持正常和安全值班的原则和要求。

综上所述,关于船员适任及其值班原则等问题在新的STCW公约中进行了全面和系统的规定,同时为适应先进的自动化船舶



配员问题,引入了“功能发证”体系,但关于船舶到底应该如何进行配员,才能保证船舶正常安全运行的问题,公约并没有给出具体规定。这一方面要求研究“功能发证”产生的背景,从而有效地进行船舶配员;另一方面,由于新的船员培训、评估、考试及发证规定的出台,也可能需要对现行的船舶配员制度加以调整。

## 二、国际上关于船舶配员问题还没有具体规定

在涉及船舶配员的问题上,国际上还没有具体的规定。早在1981年11月19日国际海事组织就通过了A.481(XII)号决议《关于船舶安全配员的原则》,内容包括正文和两个附件(附件1为“最低安全配员文件的内容”,附件2为“实施安全配员原则的准则”)。这些文件给出了考虑安全配员的原则和实施的准则,但从总体上讲,其内容是笼统的。从文件产生以前及以后,各国关于船舶配员的研究及实践的情况看,也反映出该决议过于原则性的问题。

1990年9月在日内瓦召开的国际海事组织/国际劳工组织培训联合委员会第八次会议审议了船舶配员和安全的疲劳因素,并列举和评估了导致疲劳的船上因素,《1974年国际海上人命安全公约》规则第V章第13条要求各缔约国政府从海上人命安全的角度考虑并采取措施,以保证所有船舶配员充足有效。考虑到STCW公约及其有关会议上要求所有政府确保船员在上岗前得到充分休息的有关规定,以及国际上还没有关于疲劳的技术定义等问题,国际海事组织于1993年11月4日通过了第A.772(18)号决议《船舶配员的疲劳因素和安全》,在其附件中给出了疲劳的一般概念及疲劳的分类等。

在上述两个文件产生之前和之后,国际海事组织及其下属委员会还通过了其他一些涉及船舶配员的文件或建议案,但从总体上看,国际上的这些规定还不具体,还缺乏将这些原则性规定变成具体实施的方法和渠道。