

大连海运学院出版社

CVA

船舶运输安全学

古文贤 主编



序 言

随着我国社会主义建设的发展,水上交通事业也有了迅速的壮大。如何实现安全生产,搞好水上交通安全的管理和研究开发工作,保障人民生命和国家财产的安全,是我国航运界面临的重大而突出的问题之一。

为了对在职船员,特别是为了对交通部所属水运院校开办的水上专业的学生进行系统的安全理论和安全管理知识的教育,根据交通部教育局(87)教高字 232 号《关于部属水运院校筹办开设安全教育课程的通知》的要求,有关院校共同编写了《船舶运输安全学》。

《船舶运输安全学》是水上专业学生必修的一门专业课,是安全系统工程理论及其方法在水上交通领域中进行移植的一个尝试。其主要任务是阐述海事发生的规律和预防方法,讲授水上专业学生应掌握的船舶运输安全管理的理论和方法,强化学员的安全意识,解决船舶运输安全工作中所面临的实际问题。

在进行实际调研与编写本书的过程中,我们深刻地感到,水上交通安全治理工作是一个涉及到船方、港方、航道、货主、气象海洋、监督检查、立法执法等多方面、多部门的浩繁的大系统。不采取综合治理,不采用系统安全工程的基本理论和方法则断难有所成就。但本书又不是系统安全工程专著。出于水上专业学生船舶运输安全方面还需掌握其他必备知识的实际需要,本书中又专列了一些有关章节内容。

本书由古文贤主编、钱耀鹏主审。第一章由夏国忠编写,第二章由古文贤编写,第三章由邹广彦、於健编写,第四章由蔡存强编写,第五章由陆志材编写,第六章由吴恒编写,第七章由贾舜华编写。

因编者水平所限,误漏之处在所难免;既谓尝试,尚望读者不吝赐教,以图本书之改进。

目 录

第一章 船舶运输安全概论.....	(1)
第一节 船舶运输系统的构成.....	(1)
一、船舶	(1)
二、船员	(4)
三、航道	(5)
四、港口	(9)
第二节 船员安全意识的强化	(10)
一、人因素的一般模型.....	(12)
二、系统中人与机器的不同特点.....	(13)
三、人为失误.....	(15)
四、人的不安全行动.....	(18)
五、安全意识的强化.....	(20)
第三节 船舶运输安全管理	(26)
一、安全管理的基本原理和基本原则.....	(27)
二、安全管理的一般方法.....	(30)
三、安全管理的组织体系及其主要职能.....	(39)
思考与练习 1	(41)
参考文献 1	(41)
第二章 海事及海事预防	(42)
第一节 海事的基本概念	(42)
一、海事的定义.....	(42)
二、海事的分类.....	(46)
三、一次海事与二次海事.....	(48)
第二节 海事统计与分析	(50)
一、海事统计的重要意义.....	(53)
二、我国海损事故分级规定.....	(54)
三、目前常用的海事统计类型.....	(54)
四、根据海事统计分析所做的几点概括.....	(68)
第三节 发生海事的概况、特点和成因.....	(70)
一、船舶海事的概况.....	(70)
二、发生海事的特点.....	(71)
三、海事的成因.....	(72)
第四节 海事发生的基本条件及其作用机制	(75)
一、海事发生的基本条件.....	(75)
二、船员的安全意识和不可抗力.....	(77)

三、海事发生条件的作用机制与海事实例分析	78
第五节 防止海事的指导思想及主要对策	82
一、防止海事的指导思想	82
二、防止海事的基本对策	84
思考与练习 2	95
参考文献 2	95
第三章 单船安全管理	96
第一节 船员管理与船员素质	96
一、船员的素质及其构成	96
二、船员素质方面的基本要求	97
三、船员素质的培养途径	98
四、船员的心理特征与船员管理	101
第二节 单船运输安全组织工作	104
一、单船运输安全组织工作的目的和指导思想	104
二、单船运输安全组织工作的形式	107
三、单船运输安全组织工作的方法	108
第三节 单船全面安全质量管理	117
一、全面安全质量管理中的常用方法	117
二、安全信息及数据的收集和分析	122
三、单船安全运输可靠性分析方法	126
四、单船安全管理中 TSQC 的运用实例	127
第四节 货载与船内环境的安全管理	132
一、货载安全管理	133
二、船内环境的安全管理	136
思考与练习 3	140
参考文献 3	140
第四章 船舶运输安全监督	141
第一节 船舶适航性及其要求	141
一、适航性定义	141
二、适航性的意义	141
三、适航性的要求	142
四、适航性的检查	144
第二节 水上安全监督有关法规的一般意义及作用	145
一、水上运输特点及目前我国水域现状	145
二、水上安全监督手段	145
第三节 海事调查及海事处理程序	147
一、海事调查的目的、任务及一般方法	147
二、海事报告及处理	152
三、海事处理的途径	154

四、海事损失计算	(156)
五、海事处理典型案例	(164)
第四节 VTS 系统在船舶运输安全监管中的应用介绍	(171)
一、VTS 机构	(171)
二、VTS 系统在船舶运输安全监管中的运用	(172)
思考与练习 4	(175)
参考文献 4	(175)
第五章 海事应变和船员安全教育	(176)
第一节 海事应变	(176)
一、船舶应变部署的种类及应变部署表	(176)
二、应变演习与操练计划	(179)
三、船舶自救的组织工作	(181)
四、救助他船的组织工作	(183)
✓ 第二节 船员安全教育	(185)
一、安全教育的基本功能和必要性	(185)
二、安全教育的基本要求及应有的预见	(186)
三、安全教育的计划	(189)
四、安全教育的一般原则	(191)
五、单船安全教育的进行方法	(196)
六、安全作业标准	(197)
七、班前安全会	(198)
八、提高船员安全意识的制度	(199)
九、船员的安全态度调查表	(199)
思考与练习 5	(202)
参考文献 5	(202)
第六章 船舶运输安全的其他有关问题	(203)
第一节 船舶安全保险及其作用	(203)
一、投保险别	(203)
二、除外责任	(205)
三、特殊规定	(206)
四、发生保险责任内的事故时应注意的问题	(207)
第二节 船舶检验对船舶运输安全的重要意义	(208)
一、船舶检验的重要意义	(208)
二、船舶检验机构	(209)
三、船舶安全航行必备的适航证书	(210)
第三节 海洋污染防治中的船舶安全管理问题	(213)
一、船舶引起的海洋污染	(213)
二、防止海洋污染的规定	(214)
三、船舶的防污染设备	(214)

四、船舶防污染的安全管理	(216)
第四节 海上搜寻救助的规定	(218)
一、海上搜寻救助的规约和组织	(218)
二、遇难船的行动及注意事项	(220)
三、救助船的行动	(220)
第五节 水上劳动保护法规的意义及作用	(221)
一、国际上的几项规定	(222)
二、人员伤亡的处理	(222)
思考与练习 6	(224)
第七章 现代安全管理理论在水上交通运输现代化中的应用	(225)
第一节 系统安全分析	(225)
一、系统安全分析方法	(225)
二、事故树作图与分析步骤	(227)
三、事故树的定性分析	(230)
第二节 海事预测与船舶运输安全管理决策	(235)
一、海事预测	(235)
二、船舶运输安全管理的决策	(237)
第三节 海上交通管制系统(VTS)	(239)
一、海上交通管理特点	(239)
二、海上交通管制系统构成与管理方式	(239)
三、海上交通管制系统实例介绍——鹿特丹港船舶交管系统	(240)
第四节 海事信息管理——数据库的基本概念	(242)
一、信息的基本概念与信息量	(242)
二、海事信息	(243)
三、数据库	(244)
思考与练习 7	(248)

第一章 船舶运输安全概论

船舶是完成水上交通运输的主要工具。从事客货运输的各类船舶,常因其所担具体运输任务之不同,在船舶结构、设备及性能等方面存在很大差异。由于船舶自动化程度的不断提高,所配船员人数不断降低,但同时却提高了对所配船员在素质上的要求,随着船舶日趋大型化、专业化和高速化,对航道、港口及交通条件也提出了越来越高的要求。因此,为了安全地、高效益地进行水上交通运输,我们面临着的是一个由船舶、船员、航道、港口等要素构成的庞大的航运要素大系统。

概言之,任何复杂的研究对象均可称之为系统。所谓系统即由相互作用并相互依存的若干要素结合而成,具有特定功能的有机的整体。常常会有几个子系统才组成一个更大系统的情况,船舶运输系统亦然。船舶、港口、航道均可认为是子系统,即使是相对独立的船员在事实上也可以认为是一个子系统。其中既有不同部门的工作差别及配合,也有各类船员的教育、训练与养成,更有不同的使用、调配和管理。

船舶运输系统与任何其他系统一样,具备系统的整体性、相关性、目的性以及环境的适应性等特性。同样可以运用现代管理科学中的系统整体性原理,系统内要素的特殊性、普遍性及充分发挥要素作用的原理,动态相关性原理,时空变化性原理,信息传递原理,控制反馈性原理,人的能动性原理和规律效应性原理来进行科学的管理。在有限的资金和物质条件下,通过加强管理包括安全管理来提高经济效益、社会效益和保证安全,以便加快国家的水上交通运输现代化建设。

第一节 船舶运输系统的构成

船舶运输系统大致可分为船舶、船员、航道及港口四个要素或子系统。

一、船舶

船舶自身事实上也是一个子系统,是由许多机械、设备和仪器、仪表组成的具有航行运输能力的自航结构系统。该系统的总控制室即驾驶室内通常设有下述设备:

航海设备:包括计时设备、光学仪器、罗经、操舵仪、计程仪、测深仪、车钟、气象仪器以及航向、车钟自动记录仪等。

通信设备:包括无线电报、无线电话、VHF、船岸有线电话(停泊时使用)、音响信号、视觉通信。

定位系统:包括DF、劳兰、台卡、奥米加以及卫导和GPS系统。

避碰系统:包括号灯、雷达及ARPA等。

其他自动化系统:包括驾驶室主机控制系统、船体养修管理系统、烟雾警报及CO₂施放系统、求救信号自动守听、综合导航系统以及自动进出港系统。

船体养修管理系统已可在驾驶台自动监测舱内温度、湿度、波浪产生的船体负荷、摇摆、气象和海象,并可自动监测重心、浮心和稳性随燃物料消耗而发生的变化,并加以控制。

从船舶运输和水上交通安全的角度来看问题,应对船舶有如下概括的了解。

1. 船舶的大小

在船舶运输安全学中通常用总吨(1总吨=2.83m³)表示船舶的大小,并标注为GT,油轮则多采用载重吨表示,记为DWT。水上交通中船舶的大小从5吨开始直至数十万吨,相差竟有10⁵倍之多,范围非常广。习惯上常把100~500GT的船舶称为小型船,500~3000GT的船舶称为中型船,3000~20000GT的船舶称为大型船,20000~100000GT的船舶称为巨型船,而超过100000GT的船舶则称为超大型船。这些船舶大小的比较如图1-1

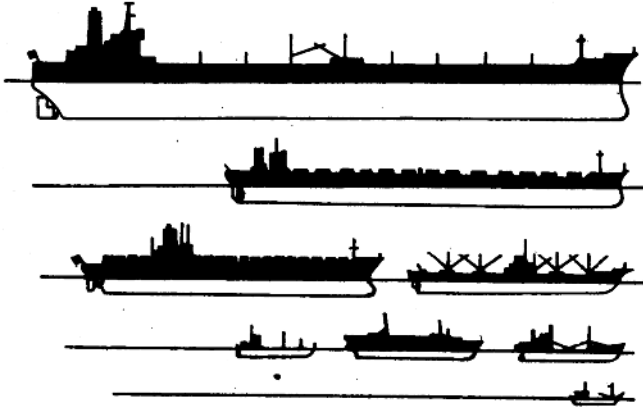


图1-1 船舶大小的比较

所示。

至于船舶尺度,在实用上则与船舶总吨有密切关系。通常船舶长度多以满载吃水时的两柱间长 L_{PP} 来表示,并有如下关系式^[1]

$$GT = L_{PP}^3 / 250 \quad (1-1)$$

大多数100GT以上的船舶(约占68%)处于该值的83%~120%之间。而100GT以下的船舶中以渔船居多数,即便船长相同,总吨却相差甚大。

船舶全长 L_{oa} 较之 L_{PP} ,小型船舶将增加10%,中型船舶将增加8%,大型以上的船舶,其全长 L_{oa} 较其两柱间长 L_{PP} 将增加5%。

一般说来,船宽约为 $L_{PP}/6$,而型深约为 $L_{PP}/12$ 。

2. 船速和船舶运动性能

推船前进保持一定的船速,需主机输出一定的功率,以产生足够的推力,来克服摩擦阻力和兴波阻力等的影响。由于船型的不断改进,特别是采用了球鼻首之后,兴波阻力已得到了较大缩减。目前,除集装箱船、客船等高速船舶之外,其他船舶当采用海上船速(Sea speed)航行,也就是满载时以85%~90%的主机最大持续功率进行航行时,摩擦阻力将成为船舶阻力的主要组成部分,而且大体上与船速的平方成正比。

设船舶所受阻力为 R ,航速为 v_i ,则有效功率

$$EHP = R \cdot v_i / 75 \quad (1-2)$$

由于阻力 R 大体上与 v_i^2 成正比,而有效功率与主机功率 MHP 又有如下关系:

$$EHP = \eta \cdot MHP \quad (1-3)$$

式(1-3)中, η 为推进系数,所以可大致认为 MHP 与 v_i^3 成正比。由此不难推论,如将主机输出功率降低一些,航速却并不明显下降;而将航速升至某一限度后再略提高,则主机增大的

功率输出将大多用于兴波而变得非常不经济。

为使与该船速限度有密切关系的傅汝德数 $F_n (=v_n/\sqrt{Lg})$ 保持一定值, 则只能使船速 v_n 与 $L_{PP}^{0.5}$ 成正比, 然而实践中由于经济方面的考虑, 船速仅与 $L_{PP}^{0.3}$ 成正比, 所以海上船速可近似为^[2]

$$v_n = (GT)^{0.1} \times (10\text{km/h}) \quad (1-4)$$

狭水道或港内水域因船舶密集, 为对付不测事态常采用较 v_n 为低的备车船速行驶。

船舶的大小与船速等要素的对应情况, 如表 1-1 所示。

表 1-1 中所列出的特性时间, 指的是以海上船速 v_n 驶经 1 个垂线间长 L_{PP} 的距离所需的航行时间, 即 L_{PP}/v_n 。在分析船舶动态时它是一个很重要的数据。以 100 000GT 的船舶为例, 其特性时间 T_c 为 36s, 较之汽车特性时间 0.5s 的数据, 竟相差 78 倍之多。

船舶的大小和船速等诸元

表 1-1

总吨位 GT (t)	垂线间长 L_{PP} (m)	全长 L_{oa} (m)	型宽 B (m)	型深 (m)	吃水 (d) (m)	航速 v_n (kn)	特性时间 t_c (s)	主机功率 MHP (1 000ps)
200 000	355.2	372.7	65.2	28.9	22.9	15.4	45.4	45
100 000	296.2	311.0	49.6	25.0	18.0	15.5	36.0	30
50 000	233.0	245.5	34.8	21.2	14.5	15.3	29.6	20
20 000	177.8	188.4	26.2	14.8	11.0	15.1	22.9	12
10 000	140.3	148.7	21.8	12.0	8.6	15.3	17.8	8
3 000	94.7	101.0	15.9	8.1	6.6	13.2	14.0	4
1 000	64.0	69.8	11.2	5.7	5.2	11.6	10.8	2
500	51.3	56.3	9.2	4.6	4.3	11.1	9.0	1.2
200	35.0	38.4	7.2	3.5	3.3	9.9	6.9	0.5
100	26.1	28.6	5.5	2.4	2.1	8.6	5.9	0.2
50	19.7	22.0	4.8	1.8	1.6	7.7	5.0	0.12
20	14.4	15.8	3.7	1.5	1.3	6.9	4.1	0.05

3. 船舶的操纵性能

驶于受限水域或船舶交通密度较高的水域, 船舶必须具备良好的操纵性能, 即良好的航向稳定性、追随性、旋回性以及停船性等性能。

汽车由于当其车速越低越易于做小转弯控制, 所以交通拥挤时就需要并且易于减速。列车沿轨道行驶, 所以只需作控速处理即可。而飞机飞行中若低于某一速度就会因失速而发生坠落。船舶在低速行驶时舵效则将大大恶化, 特别是当船舶一旦紧急倒车 (Crash astern) 进

行制动时,犹如冰雪路上紧急刹车的汽车一样,常会出现航向不稳现象。这就是在流体中航行的船舶、飞机与四轮着地的汽车大不相同之处。

在避免紧迫的航行危险或碰撞危险而实施的紧急制动中,一般船舶需冲前 $8\sim 10L_{PP}$ 才能停船,并需经历 $16\sim 20T_c$ (特性时间)的时间间隔。巨型船的上述数据将增加约 20%,超大型船则将增加 50%左右。若以 DWT 20 万吨、 L_{PP} 为 355m 的超大型船为例,紧急停船距离将达 5km 之多,历时将超过 20min;在此过程中还极易出现不稳定状态。总的来看,停船距离约与采取停船措施时船舶速度的平方成正比。^[3]

就改向性能而言,船舶较之车辆普遍具有起转迟钝、停转不易的特点,它可用纵距和旋回初径表示。在旋回过程中转向角达 90° 时,在原航向上冲进的距离称为纵距(Advance),常以 A_d 代表之;转向角达 180° 时,在与原航向相垂直的正横(Abeam)方向上跨出的横向距离称为(横向)旋回初径,常以 D_T 代表之。船舶在操满舵中(一般船舶满舵舵角为 35° ,有些超大型船的满舵舵角为 40°) A_d 约为 $3.1L_{PP}$, D_T 约为 $3.3L_{PP}$;大多数船舶的 A_d 和 D_T 处于上述数据增减 25% 的范围之内。汽车的最小旋回直径只有 1.6 倍车长,而超大型船则至少需约半海里多。因为这种数据毕竟比停船性能要强,所以大洋上实施紧急避让时采取改向避让较减速避让更为多用。而在近岸水域或港内等狭窄水域中,大、中型船采取备车航行时,因其主机功率输出仅及海上常用主机功率输出之半或略高一些,船舶在鱼贯航行中,将前后距离定为 $6L_{\infty}$ 、左右定为 $1.6L_{\infty}$,确乎是船舶自力操纵、无需发出警告信号的最低限度距离。如用海上船速保持同向行驶,则船舶之间保持前后 $8L_{\infty}$ 、左右 $3.2L_{\infty}$ 是较为适当的,也就是说,各船之间关系如图 1-2 中模型(a)所示。该图中,模型(a)或将其简化得出的模型(b)常被用于船舶的交通模拟;模型(c)对于小船横越大船船首的条件会有更近似的描述。^[4]

二、船员

船员特指乘船并以船上任职为其工作特征的人群组合。由在船船员与待配(船)船员两部分组成。从工作分工及管理上区分,尚可分为干部船员与普通船员、甲板部船员与轮机部船员。并且船长以及甲板、轮机部门的干部船员分别持有各自的任职证书,由专任主管机关海上安全监督局签发方为有效。

按照船舶种类、大小及其航行区域之不同,所需签发和查验的证书也不同。在我国轮船船员考试发证办法中,将船舶种类分为客轮、货轮、槽管轮(油轮、液化气体船、化学品船、罐轮)、拖轮、工程船、辅助船、特殊操纵性能船;将船舶按大小分为 1 600GT 以上(含 1 600 GT)、200~1 600GT 之间(含 200GT)、未满 200GT 三个范围,拖轮按主机功率签注;将船舶航行区域划分为近岸(指距我国海岸 50n mile 以内海域)、沿海(指从原苏联的符拉迪沃斯托克经朝鲜、中国、越南沿海至新加坡,包括日本、菲律宾附近的海域)、远洋(超出近海范围之外的水域)及内河(国境范围内的江、河、湖泊、运河和水库)四种。

干部船员中,除了船长、驾驶员需按上述标准分类之外,轮机长和轮机员则按主机种类(内燃机、蒸汽机、汽轮机)、主机等级(3 000kW 以上、750~3 000kW 之间、750kW 以下)来分类;电机员则按船上全部发电机总功率(1 500kW 以上、800~1 500kW 之间、500~800kW

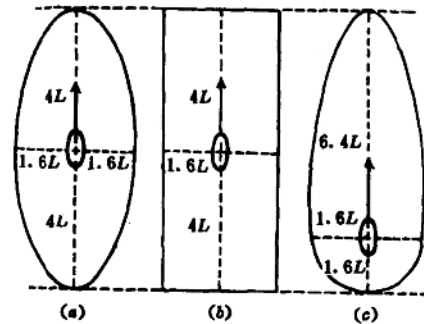


图 1-2 船舶缓冲域模型

之间)分类;通信人员分为一等、二等、三等报务员和话务员。

我国海港引航工作条例中规定,引航员分为一、二、三等和助理引航员四个等级。重申了对进出我国港口和在港内航行、移泊的外国船舶,一律实施强制引航的原则。

水上交通运输的实践表明,具备一定数量和质量水平的船员队伍,是安全经济地发展水上交通运输事业、实现我国水上交通运输现代化的关键。工作在船舶特别是远洋船舶上的船员群体,因其面临着严峻的自然环境、国际政治、经济环境的种种挑战,且经常需要某种程度的独立工作,所以在同舟共济、紧密协同配合、准确完成各自分担任务的基础上,更加强调整体性、协调性、集中指挥的权威性。没有思想、作风、业务技术与技能以及经营管理过硬的船员队伍,特别是干部船员队伍,水上交通运输现代化则只能是空想。

值得注意的是,随着船舶自动化程度的不断提高和发展,将呈现单船所配船员在素质水平上会不断提高要求,而配员数量却不断减少的发展趋势。另外,机电合一、驾机合一,具体操纵的进一步集中和高度自动化的实现,使得有些国家的部分船舶不但普通船员数量明显减少,干部船员数量也明显减少;经由立法确定的最低船员配额竟然降至仅有十数人之多,整个航海教育正面临着结构改革的繁重任务。

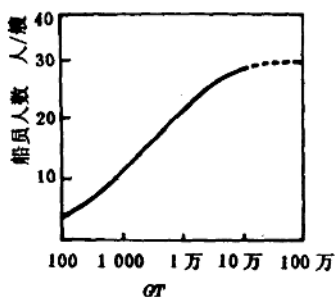


图 1-3 货船和油轮所配船员数量

见。

然而在海运先进国家,出于航运竞争之需要,更由于计算机和高度自动化技术的加速引入和发展,船员社会的成分和来源也在发生变化,1975年之后船舶配员急速加快了减少的趋势,因而整个船员队伍也呈现出总人数减少的趋势。这种情况,一方面给在船员市场上进行角逐的发展中国家带来了新的机会,另一方面也为其进一步占领船员市场,对其船员素质设置了更高的技术业务水准。在这一良好的机遇中,发展中国家的航海教育,应着眼于经营管理型、技术业务综合型、实践能力与外事能力并重型人材的培养,以迎接这种有利于自己的挑战。

三、航道

航道是船舶运输大系统中的一个重要的子系统。它包括航路、航标和航路附近的气象海洋环境等三大部分。

1. 航路

航路是船舶由始发港安全迅速驶抵目的港所选定的路线。在大洋上它以最短距离的大洋航线为基础,并根据气象海洋等因素作适当修正。气导手段的引入,已可实现按照船舶的具体条件结合气象海洋季节等条件,更尽人意选择安全而又节能的最佳航路;自动舵的普遍

应用又大大提高了船舶保向性。总的趋势是,缩短了航时,节约了油耗,增加了安全度,提高了经济效益。

海上虽是自由选择航路的水域,但沿岸水域中因受水深所限,选择航路的自由度大受限制。在狭水道和突出的岬、角附近的水域,因船舶交通密度较高,为碰撞和搁浅事故的高发区,可采取分道通航制这种疏导船舶交通流向、减少船舶会遇的办法来减少事故。IMO 制定了与通航分道相关的《船舶定线制的一般规定》,船舶在使用已被 IMO 采纳的分道通航制水域时,应按国际避碰规则第十条规定执行;当驶于未被 IMO 采纳的分道通航制水域时,应遵守当地主管机关制定的地方规则。

注:IMO 出版的《船舶定线》(Ship's Routeing)中载有 IMO 采纳的全部分道通航制的详细资料,并附有简明示意图。任何有关分道通航制被修改后,随即印出更改或补充性的活页资料,并公告于英版航海通告周刊中。

另外,在英国水道测量局出版的《英版航海通告年度摘编》(Annual Summary of Admiralty Notice to Mariners)中的第 17 部分,刊列了全球各水域的全部分道通航制的名称及大概地理坐标。名称左上角凡标有☆号者,即 IMO 采纳了的。未被采纳的,其使用规则应查阅《英版航路指南》(Admiralty Sailing Direction)或其他有关资料或文件;有的则直接简要地注于海图上。

在这些船舶定线制中,既有 3-2-3, 2-1-2 的标准,也有较低的 1-1/2-1 的水域(第 1、3 数字表示通航分道宽度,第 2 数字表示分割带宽度,单位均为 n mile)。有了如此宽的航道,即便不专设浮标或灯船,仅靠台卡或劳兰等定位系统或一般地文方法,也已足可保证不偏出航道。

港区附近水域,交通密集度更高,很难取得足够宽裕的航路,考虑到浅水、岸壁及船间效应等影响,仅能用较低航速行驶,并希望有 1/2-1/4-1/2 左右的分割航道。在此,1/2n mile (926m)的宽度,正相当于超大型船舶的缓冲域模型的宽度。美国的航路以 1 000 码为标准,日本以 700m 为标准,均与之接近。在这种宽度的航路上为安全航行计,均应设置灯浮、浮标,并显示其航路端头及中央航道线。当然,同时应对驶经该航路的船舶航速做出严格的控速限制。

狭水道、港外泥沙运动多变(常出现于河流入海口附近)的直长航道,以及港湾附近水域,当水深与吃水之比较低时($H/d < 1.4$)时,或在运河以及防波堤开口部等水域存在阻塞比(Blockage factor)较低时($A/A_0 < 9$, A 为航路的水下断面面积, A_0 为船舶水下部分船中横断面面积),将会产生船舶操纵中特有的问题。两船并航时,因船间水速相对加快而压力变低,如两船横向间隔接近到一定程度,则各受到对方的吸引力及转向力矩之影响。当有岸壁存在时也有同样现象。在这类水域中航行的船舶,为了能用较小的压舵角克服上述吸引力和转头力矩的影响,必须使船舶之间或船岸之间保持必要间隔,并将其分别用 W_s (Ship clearance)、 W_b (Bank clearance)表示。根据有关调研资料,船间间隔 W_s 在以港内限速 8kn 左右航行时,需有一倍船长 L 左右的宽度,船岸间隔需有 1.5~1.8 倍的船宽宽度^[5]。

另外,船舶直航时所需要的操船宽度 W_m (Manoeuvring lane)综合地取决于所测出的船舶偏位极限值、船舶在向左或向右修正航向时响应运动滞后造成的偏位、因操舵产生的船尾外移量(Stern kick)以及对风流影响进行修正所产生的偏位量等因素。在港内和在运河按实际限速一般需有 1.7~2.4 倍船宽^[6],所以,港内航道为单通道时,其宽度 W 应为

$$\begin{aligned} W &= W_m + 2W_s \\ &= 1.7B + 2 \times 1.8B = 5.3B \approx 0.8L \end{aligned} \quad (1-5)$$

港内航道为双向分道时,较小的船舶所需尺度若附以“'”符号,那么这种航道宽度 W 应为

$$W = W_m + W'_m + W_b + W'_b + L$$

$$= 1.7B + 1.7B' + 1.8B + 1.8B' + L = 1.5L + 0.5L' \quad (1-6)$$

式(1-5)、(1-6)中均以 $L \approx 7B$ 进行计算。如取 $L \approx 6B$, 则会使航道增宽。具体计算时, 可按式(1-5)、(1-6)作为标准估算。除上述理论推算方法之外, 尚可采用实态运动加以统计的方法。采用该法, 港内航道单通道宽度取为 $1.6L$, 双向通航通道宽度取为 $1.6(L+L')$ 。广大操船人员希望航道宽度能有较理论推算值更为宽裕的数量, 实出于交通运输安全方面的考虑, 应该受到航道设计部门的足够尊重。

2. 航标

海上航路虽也有投以重金, 扫除航路上的障碍, 以确保航路水深, 陆上也不乏投重金以挖掘运河等情况, 但就更普遍情况而言, 仍属于顺其自然地使用水域。为了航行安全, 在这种可辟为航路的水域内, 需自外向内地向船舶提供有益于定位、导航的信息。提供这种信息的手段就是航标, 它发挥的这种功能特称为助航(Aids to navigation)。

航标大体上可分为利用视听觉和用无线电的两类, 而以视听航标占大多数, 并可细分为:

1) 灯塔、灯柱和陆标 这是一些为指示陆上特定位置而专设的结构物。呈塔状结构并可发出灯塔光弧者谓之灯塔; 呈柱状并发光者称为灯柱, 不发光者谓之陆标。

2) 灯浮、浮标 这是一些为指示航道及危险岩礁等位置, 设于水上一定位置并浮于海面之上的结构物。其中发光者称为灯浮, 不发光者称为浮标。为便于船上用雷达辨识, 也有同时具备雷达反射器的灯浮和浮标。

3) 灯标、立标 这是一些为指示危险岩礁而设置的结构物, 有灯光者为灯标, 无灯光者为立标。

4) 导灯、导标 这是一些给船舶指示某一特定导航方位线而设的结构物, 通常由两个以上的航标形成一组。发光者称之为导灯, 不发光者称为导标。

此外, 在狭水道还设有指示可航水道及危险水域的指向灯, 照射岩礁及防波堤端部等处的探照灯和照明灯, 以及指示海上系泊设施的海上泊位灯等。

所有发光设施不但其位置与海图标示位置一一对应, 而且可发出海图对应位置处所标定形式和颜色的光。另外, 上述设施应按照有关规定进行涂装, 用颜色来区别各自特定的性能及意义。

如航标高度为 H , 操船人员眼高为 h , 则陆上视觉航标的有效距离将为 $2.07(\sqrt{H} + \sqrt{h})$, H 与 h 的单位为 m , 有效距离的单位为 $n \text{ mile}$ 。对于 H 为 $100m$ 的航标, 无论何船均可至少在 $20n \text{ mile}$ 之外的距离上加以视认。然而一旦视距降低, 则该距离就会剧减下来。在由外海向其接近的重要地点处设置的具有数十万烛光(cd)的一级灯塔, 其视认距离在晴朗的暗夜可达 $40n \text{ mile}$, 而一般晴夜只有 $20n \text{ mile}$; 然而薄雾略起则只有数海里(仅相当于晴朗暗夜中的 $100cd$), 而一旦下雾则即使 $1n \text{ mile}$ 也看不到它。

当能见度低于规定值($1km$ 左右)时, 平常一同设在灯塔上的雾号设施将会发出雾号, 通过自动报警器和电磁式发声器以及雾钟发出的音响促使雾中过往船舶注意该灯塔的位置。有雾时往往风也比较小, 因而可望得到约 $1n \text{ mile}$ 的雾号覆盖域; 在港内也有用扩音机传达信息的。上述音响信号与传达操纵人员操纵意图的汽笛声一样, 常同船内噪声、风声混杂一处, 因而其足可信赖的覆盖域范围仍是比较窄小的。

由于视觉航标易受雾的影响,听觉航标又受制于风,所以无线电航标设置得越来越多。这种不受能见度限制的中波、短波航标,脉冲转发器和雷达示位标均可起到与灯塔在能见度良好时相同的作用。

此外,在潮流激烈的航道,还专设有向船舶指示流向的电子显示板之类的设施以及灯光设备。有些国家如美国考虑到已多次出现过船舶与桥墩碰撞的事故,甚而造成桥梁塌落的恶果,在横跨航路水道空空的桥梁上设置专用灯光,并通过法规作出了规定。其他国家如日本等也在着手解决此类问题。

3. 气象和海洋环境

船舶虽有视觉通信、无线通信功能,并可直接用汽笛发出表示本船动态等内容的相应声号,但大型以上船舶仍需在相当远处就开始采取必要的操纵措施以策安全。一般地说,汽车凭借灯光即可获取大体信息,而船舶用来显示自身操纵意图的表达功能至今仍是很不充分的,传达得也不好。事实上,为了避免碰撞,所需大多数信息仍不得不由自身瞭望来获得。时至今日,在海事审判中仍一直将是否采取了一切有效手段、进行了充分的正规瞭望,作为判定相应海事责任划分的一条重要依据。

气象和海洋环境,包括潮汐在内均属航海环境学范畴,研究其变化规律对航运经济及安全的种种影响,并作出相应预报或给受困船舶指出迷津,应当是其主要任务。值得指出的是,从海事统计情况看,气象与海洋环境中涉及安全的主要因素有以下几个方面。

1) 影响能见度的主因——雾

根据统计,能见度不良时的碰撞危险度极高。有 10% 的碰撞事故发生在能见距离 0~200m 之情况下,有 15% 发生在 0~1 000m 情况下,有 1/3 发生在 0~4 000m 的情况下。此外,有 20% 的搁浅事故发生在能见距离只有 0~1 000m 的情况下,比碰撞事故所占比例还要高。在铁路干线上当能见距离高于 600m 时即可无障碍地运行,而汽车则只需 200m 左右的能见距离。但在海上却需要 20 倍船长左右的视程。

影响能见距离的因素中,雾是主要因素。此外还有降雨、下雪、暴风雨、沙尘暴等。

我国沿海雾区多,雾时长,严重威胁航行安全。如图 1-4 所示,图中黑实线为全年等雾日线。年平均有雾日数以黄海、东海为较多,渤海、南海较少。山东半岛沿岸成山头至小麦岛一带,东海的浙江沿岸至闽北沿岸,是我国两大雾区。黄海平均雾日都在 30 天以上,成山头一带年平均雾日竟有 83 天,最多的一年达 96 天,最长连续雾日 27 天。黄海南部的石臼所至吕泗一带雾也较多。东海海域沿岸,浙江的嵊泗至坎门一带,年平均雾日 53~66 天;台山至三沙一带,最多年雾日达 90 天。在时间分布上,渤海、黄海、东海一般集中在春夏,南海主要在冬春之交。整个雾季具有由南向北推延的规律性。

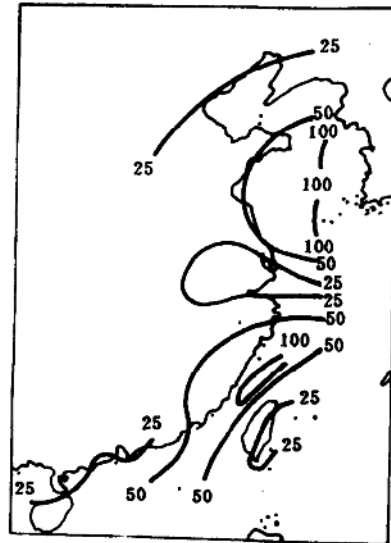


图 1-4 我国沿海全年等雾日线

在东邻日本的主要狭水道,能见度 0~2 000m 的发生率为 2%~4%, 0~1 000m 的发

生率为 0.5%~1%, 0~500m 的发生率为 0.1%~0.3% 左右;北海道及其附近水域较上述情况更差。在北大西洋,英法之间的多佛尔海峡内,能见度不良情况出现的频度为日本上述数据的 3 倍;加之它又是欧美之间的重要航路,来往船只多,而北海、英吉利海峡航道又受浅滩、海脊地形的影响,多雾的环境又增加了船舶航行的困难。

2) 威胁船舶结构强度的重要因素——风浪

除雾之外,风浪是影响船舶运输安全,威胁船舶安全的重要因素。全世界每年在台风中均有遭难、搁浅及碰撞的海事实例,也有受强大季风影响而遭难的船舶。总的来说,波浪的破坏力是由波高决定的,而就风浪而言,其波高又决定于风的强弱及风时的长短。太平洋西岸,包括我国沿海、日本沿海及东南亚还不能说是全球中受风浪影响最大的地区;但印度洋、大西洋则是不能不考虑风浪影响的海域。北太平洋夏季较为平静,从秋季开始风浪增大,直至二月早春风浪达最大,南太平洋趋势大致相同。大西洋与太平洋相似,只是北大西洋冬季大浪频率要高得多。印度洋北部因夏季盛行强劲的西南季风,风浪特别大。阿拉伯海西部是世界各大洋中大浪频率最高的海区,达到 74%。北印度洋的冬季风浪较小。

3) 潮汐的影响

对船舶运输安全而言,潮汐所造成的水深及流速的变化,也有着重要影响,特别是在近岸的受限水域或港内湾内水域。总的来看,在欧洲和美洲,潮差达 10m 的情况并不鲜见,因此修筑了不少可保持内部水位的封闭船坞,并在江河的上游水域建港。在亚洲东岸,即使大的潮差也只 3m 左右,超过 3m 的港口则相对较少,不少港口处于 2m 以下。当然,并不因此而缺少潮流流速很高、狭水道较多的水域;我国和日本的这种水域也不少。流的影响现在虽可认为已经变小了许多,但必须注意的是,大型船近岸操纵中必然出现的低速操纵情况下,甚至是中小型船在类似情况下,常因错估潮流影响而酿成搁浅、触礁及碰撞事故。

四、港口

港口是海上交通的出发点和终端(Terminal),是陆海交通运输的连接处。由于陆地运费较高,不少海运先进国家径直沿海建厂,进口原料直接卸于工厂码头,其产品也经由港口径直运往国外市场,或经仓贮设施转口国内其他沿海用户。

1. 港口的种类

港口依其自然条件可分为海港、河港、河口港以及掘进港;依其使用目的可分为商港、渡船港、工业港(指工厂专用港)、渔港、避风港及军港等;依关税法又可分为开放港(即外籍贸易商船可自由出入的港口)和非开放港口等。

港口的分类问题应在港口法中做出明确的规定,如特定重要港、地方港及避风港等,另外港口法当然还应明确规定出港口区域。而且,规定港口交通法规的应该是港章法,按港章法确定的港口辖区应与港口法规定的港口区域基本一致。渔港应由专门的渔港法规定其具体事宜。

2. 港口的大小

港口的大小随着船舶不断大型化,一直在阶段性地向大型化发展。因此,港口大小的程度既反映着可停靠船舶的大小,也反映着其所属地区和国家的发展水平和外贸的发展水平。一般说来,大型港口平均直径约为 10km,年间可处理货物在数千万吨左右;中型港口直径约为 3km,年间可处理货物在数百万吨左右。由于超大型油轮的投入使用,开始有了港内和外海的油轮泊位和备有卸油设备的单点系泊设备及其相应的系统,这就使得原有

港口辖区逐步扩展开去,因此逐渐形成了东京湾(60km×20km的范围)和旧金山湾(60km×10km的范围)之类的广域港口。

港口货物处理量的统计是极为重要的数据,它与矿业、工业以及国民生产总值等经济指标有着最为密切的关系。与海上交通安全关系最密切的是进港船舶艘数和进港船舶总吨数,以及一定期间内各港区各类船舶发生海事的统计。这些数据在先进海运国家交通部门的统计中占有重要地位,并于每年的一定时间公布。

3. 港口的构成和功能

港内应有船舶停泊设施、上下旅客和装卸与保管货物设施、船舶补给与修理设施以及陆上交通等设施。

为了便于船舶进出与停泊,港口应设有港内航道、泊地、舢舨与驳船之类的小船专用停泊水域及设施,以及停船码头、栈桥和浮筒、单点系泊泊位与卸货场地等系泊装卸设施。巨型船和超大型船多系泊在具备足够水深的浮标上或海底打桩建成的海上泊位(Sea berth)上。

为了抑制波浪的影响和调节潮位,港口还有防波堤、防沙堤、导流堤、防潮堤、水门以及护岸等外部设施。防波堤虽对造成港内平静水面有益,但对船舶航行及操纵有碍。随着进口船舶向大型化发展,加宽防波堤构成的口门宽度的情况不在少数。因此,在这个问题上,集中许多重要港口于同一较大海湾内的国家将会从中取得许多好处。在潮差较高的西欧,坞式港口和河港在以往比较多,因而适应船舶大型化要求并非易事,一般多采取建设新的港口以适应巨型船与超大型船的需要。

随着港口货物处理量不断扩大,许多大港将其本身向运河及河川延伸,因而有了很大发展。在这种水道上常因拖驳及其他小船拥塞而使港内交通更趋复杂;而港内与陆上相连的近港公路及铁路也起着重要作用,并依靠它们使港口在其周围的工、商、经、贸大系统中发挥重要的枢纽功能。系泊码头线的总和是表示港口能力的重要标志,同样,大型船所用的系泊码头线总和也是一个国家港口总能力高低的重要标志。无数百公里的这种大型船系泊码头的专用线,便很难称之为现代化的水上交通大国。不但数量要大,而且质量要高,为了进一步改善营运中船舶在港时间中用于装卸的时间过长(一般货船约占一半)的落后状况,并进一步提高货运质量及装卸效率,一直在推进集装箱化,并且已出现了具备信息处理系统的新的专用集装箱码头。

通过上述有关水上交通运输系统构成及功能分析可知,一个国家的水上交通运输系统是该国整个国民经济发展的产物,是支持其现代化发展的一条重要支柱。随着世界各国经济和贸易的不断发展,具有成本低、运量大等重要特点的水上交通运输系统也在发生着变化。概括起来就是船舶日趋大型化、专业化、高度自动化;船员知识能力结构日趋综合化(一方面是知识能力在技术型、经营管理型和涉外型的综合化,一方面是技术知识能力中的驾驶与通信、轮机与船电以及驾驶与轮机的综合化)和船舶定员数额的少人化;航道与港口交通日趋密集化、交通事故多发化及大型化。但是,不管如何变化,安全及效益问题过去是,今后仍将是全部问题的核心,是追求的总目标。

第二节 船员安全意识的强化

现代化的水上交通运输离不开船舶和船员,而由船员驾驶船舶又总是在一定的水上交通运输环境,包括自然条件、航道条件、交通条件下完成运输任务的。

事实上,从水上交通运输实践出发,在由船员—船舶—环境所组成的船舶运输系统中,存在着各要素之间异常紧密的联系及相互作用,概括地说如图 1-5 所示。该图清楚地反映了各要素之间总的关系,同时也反映了船员在对整个系统做出评价和判断中的作用及地位之重要。

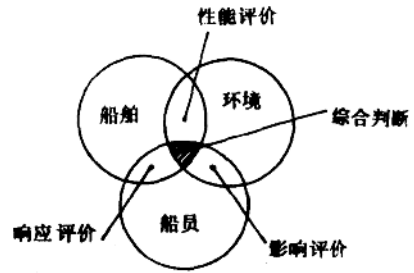


图 1-5 船舶运输系统中船员的作用

船员安全地驾驶船舶需要及时准确地掌握船舶所处环境的复杂变化,否则便不会有正确的驾驶。图 1-6 表示的内容为船员安全驾驶船舶所必需收集的信息。其中,信息 A 为本船实时运动状态信息,包括航向 TC 、航速 v_s 、地理位置 (φ, λ) 等; B 为外力状态信息,如风、流、浪等外界条件的影响; C 为交通条件和航道的信息,如船舶会遇、航道及助航设施、水深等; D 为操船资料信息,如船舶操纵性能、主机性能、操船模式以及驾驶法规等。信息收集不

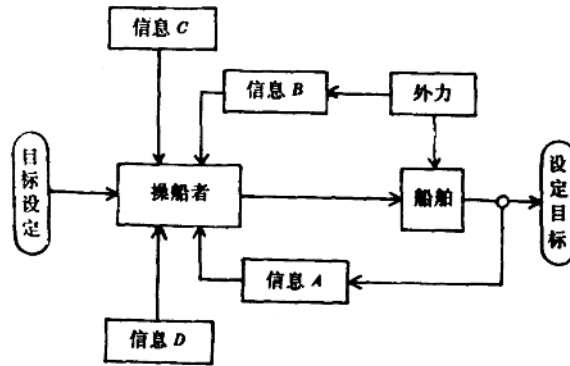


图 1-6 船员所收集的信息

足就是盲目驾驶,难免会造成海事。

收集信息的目的在于安全有效地驾驶船舶,因而必须将收集到的信息,按一定流程去正确处理,并经必要的反馈,才能发出正确而及时的指令去控制船舶的运动。船员对信息作出

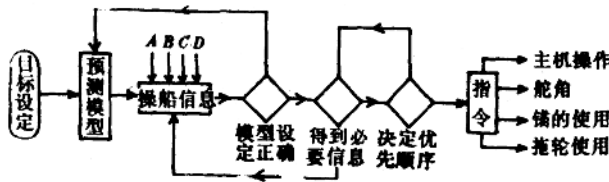


图 1-7 驾驶船舶的主要信息流程

处理以控制船舶的流程,如把船员作为独立的智能系统来看,则这种信息流程如图 1-7 所示。

概括地说,船员当然不能超越船舶及其所处的具体环境条件,去期求运输任务的胜利完成;但同时也可以而且必须这样说,凭借一定船舶条件和具体环境,完全可以审时度势驾驭