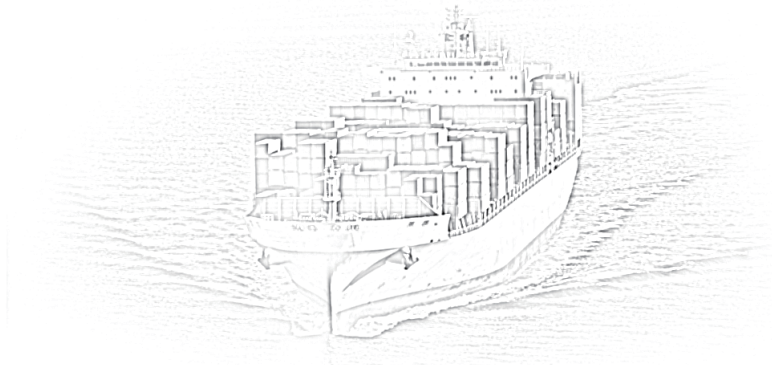


中华人民共和国海事局“十四五”人才发展规划重点教材出版项目  
高等学校交通运输类专业教学指导委员会航海技术教学指导分委员会推荐教学参考书  
海事管理核心教材

# 现代船舶交通控制系统

MODERN VESSEL  
TRAFFIC CONTROL SYSTEM

中华人民共和国海事局 组织编写



人民交通出版社股份有限公司  
北京

## 内 容 提 要

本书系统阐述船舶交通控制的基础理论、操作实践、重要技术以及发展趋势,共分为四篇。第一篇介绍船舶交通控制的概念、定义、目标、功能和特点,船舶交通控制法律法规体系,以及海上交通工程和交通流等相关理论;第二篇系统介绍船舶交通管理系统(VTS)实务;第三篇介绍船舶交通控制主要技术,包括动态感知系统、通信系统、导航系统、航海保障系统以及最新技术发展;第四篇阐述基于“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系和全要素“水上大交管”建设的现代船舶交通控制理论。

本书适合作为高等院校海事管理专业教材及相关专业选修教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代船舶交通控制系统/中华人民共和国海事局组织编写. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2023. 5

ISBN 978-7-114-18738-4

I. ①现… II. ①中… III. ①船舶交通管理系统  
IV. ①U697

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 067159 号

Xiandai Chuanbo Jiaotong Kongzhi Xitong

书 名: 现代船舶交通控制系统

著 作 者: 中华人民共和国海事局

责任编辑: 黄 蕊

责任校对: 孙国靖 宋佳时

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.chinasybook.com>

销售电话: (010)64981400, 59757915

总 经 销: 北京交实文化发展有限公司

印 刷: 北京印匠彩色印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 15.5

字 数: 355 千

版 次: 2023 年 5 月 第 1 版

印 次: 2023 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-18738-4

定 价: 64.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

# 海事管理核心教材

## 编委会成员

主任委员:李国平 曹德胜

(以下按姓氏笔画为序)

副主任委员:马一意 王泽龙 朱汝明 庄则平 刘 晴 许 骐  
阮瑞文 孙玉清 孙有恒 寿 涛 李宏印 李信标  
李雪松 李清彪 杨宗凯 杨新宅 吴 辉 何易培  
汪志军 张 浩 张铁军 陆 靖 洪四雄 袁宗祥  
聂乾震 柴进柱 徐 春 徐增福 黄军根 韩 敏  
曾 晖 谢群威 缪昌文

委员:于洪亮 王 东 王 勇 王 路 王发洲 邓 民  
邓祝森 白宇明 宁 波 曲义江 朱可欣 朱仕武  
刘少清 羊少刚 许吉翔 孙大斌 李大泽 李文华  
李宏兵 杨 川 宋 巍 宋永强 张庆文 陆立明  
陈德丽 季 军 周春发 赵友涛 施 欣 徐斌胜  
梁永铭 彭晓华 董乐义 谢 辉 谢开运 鲍郁峰

学术顾问:严新平

编 审 组:王 平 邓祝森 曲义江 刘敬贤 羊少刚 李光辉  
李宏兵 杨 哲 杨神化 吴 蔚 吴红兵 宋永强  
张 亮 张 涛 张秋荣 季 军 桓兆平 徐 伟  
章文俊

协调联络组:王 鹤 王亚豪 计莹峰 邓 铤 卢顺雄 朱可欣  
刘 奕 李彦辉 杨利超 张俊峰 张海平 陈在长  
林泊舟 周文斌 赵 鑫 秦雪春 黄 蕊 梁 盈  
潘江华

## 本书编写人员

主 编:何易培

副 主 编:阮 巍 王华渊 谢 辉

参 编:施滨峰 张 伟 崔 猛 宋 明 李 宁 周 锋

周 峰 徐建红 谭旭琛 黄林林 王晓明 李佳明



我国是全球海运连接度最高、货物贸易额最大的经济体,进出口贸易量90%左右通过水上交通运输实现,水上航线已经成为国家经济发展的“生命线”。改革开放以后,特别是党的十八大以来,我国日益成为世界上具有重要影响力的航运大国,港口布局及规模、航道等级及里程、船舶船员数量、海运运力已居世界前列,正朝着交通强国、海洋强国、航运强国迈进。习近平总书记高度重视航运事业,提出了“经济强国必定是海洋强国、航运强国”<sup>①</sup>“经济要发展,国家要强大,交通特别是海运首先要强起来”<sup>②</sup>等一系列重要论断,把对航运事业与经济社会发展的规律性认识提升到了一个全新的高度。航运在经济全球化中的地位不可撼动、不可替代。

国家海事管理机构肩负着保障水上交通安全、保护水域环境清洁、保护船员整体权益、维护国家海上主权和人民利益的重要职责,是我国水上的主要行政执法力量,也是目前我国水上规模最大的水上经济类执法机构。根据党中央、国务院统一部署,在建设以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新征程中,国家海事管理机构高度重视交通海事事业高质量发展的要求,研究提出并推动构建“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系,遵循新时代的发展要求,着眼于交通海事事业发展长远规划,以教育部本科专业设置标准为基础,通过与行业高校紧密合作,充分运用政校协同育人机制,组织编写了本套“海事管理”专业核心教材。本套核心教材编写过程中,充分听取了行业内外、系统上下各方意见,开启了政、产、学、研、用联合编写教材的新模式。

教材建设工作是行业人才发展和高等学校人才培养的一项基础性工作,也是提高教育教学质量、实现人才培养目标的重要保证。本套核心教材以习近平新时代中国特色社会主义思想

<sup>①</sup> 习近平:坚定改革开放再出发信心和决心 加快提升城市能级和核心竞争力,载《人民日报》,2018年11月08日01版。

<sup>②</sup> 习近平:稳扎稳打勇于担当敢于创新善作善成 推动京津冀协同发展取得新的更大进展,载《人民日报》,2019年01月19日01版。

义思想为指引,围绕党的二十大提出的中国式现代化的中国特色和本质要求,紧扣《交通强国建设纲要》关于“人才队伍精良专业、创新奉献”的总体要求,遵循海事队伍“四化”建设方向,聚焦服务改革发展大局和完善人才培养体系,以铸魂育人作为工作主线,注重理论联系实际,强调系统谋划,力图构建核心突出、重点明确、特色鲜明、具有新时代交通海事精神的海事管理核心教材体系,系统阐述海事管理的基本理论、关键技术和核心业务以及发展趋势。

本套核心教材是彰显交通海事行业发展特色、深化海事管理专业内涵建设、聚焦海事管理专业人才培养、突出核心引领和辐射带动作用、定位航海与海事高校相关专业各学段“通识性教育”的教材。本套教材以海事“三保一维护”之使命为目标导向,全方位构建了“4+1”海事管理专业核心教材体系,共25本教材。其中,“4”指核心教材,对应了海事“三保一维护”的四个模块,即水上交通安全保障、水域环境保护、船员权益保护、水上国家主权维护等任务,由22本专业教材详加论述;“1”指四个模块共同指向一个总论,通过《海事管理概论》《海上交通安全法学》《海事海权论》3本教材统领各分支方向。

本套核心教材既可用于普通高校海事管理、航海技术、轮机工程、船舶电子工程、交通运输、法学(海商法方向)等相关专业的本科生教材,还可作为港口、航运、渔业、涉海工程等企业管理人员、海事管理执法人员以及社会科学、安全科学等研究人员的参考用书。

党的二十大指出“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”<sup>①</sup>。希望通过本套海事管理核心教材编写,能够对新形势下海事管理专业人才培养的理念、模式等进一步凝练、归纳、整合,更好地满足海事管理专业课程教学、人才培养需要,为加快建设交通强国,推进交通海事事业高质量发展,全面建设社会主义现代化国家贡献力量。

中国工程院院士



2022年11月

---

<sup>①</sup> 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告(2022年10月16日),载《人民日报》,2022年10月26日01版。

航运在国民经济发展中扮演着不可替代的角色,凭借其高运量、低成本和环保优势,长期以来一直备受世界主要经济体的关注和重视。随着全球经济的飞速发展,国际航运呈现出通航密度日益增高、船舶吨位不断增大、航速不断提升和规则标准逐步提高等显著特征。建立安全高效的近岸和内河通航环境,保障船舶在这些水域内的安全航行,不仅对于促进经济健康高质量发展至关重要,而且对于提升海事国家的国际形象和担当也意义深远。在港口、内水和近岸实施船舶交通控制,是确保船舶在水上安全、高效、环保通行的重要保障,也是海事国家的重要职责。

航运业具有的资金密集型、专业化、国际化特征导致了船舶交通控制在技术、规则和管理方面面临极为复杂、非常专业的局面。船舶交通控制要适应于统一的国际公约以及差异化的国内法规、技术标准和政策。在交通控制技术应用上,不同水域的甚高频通信技术、港口雷达技术、船舶自动识别系统(AIS)、闭路电视(CCTV)技术应用状况以及综合信息管理技术存在差异。持续的信息化、智能化技术发展为交通控制技术带来了更多的应用。不同船舶的类型、尺寸、智能化水平以及不同的水域,对交通流的控制提出了精确性、可靠性、及时性和效率等方面的不同要求。

为了提高船舶交通控制的理论与实践的统一性,本书内容采用了横向上涵盖国际和国内两个基本面,纵向上覆盖过去、现在和未来线性发展历程的架构,以知识模块的纵向和横向编排逻辑,并注重采用实际案例启发学习。这种编排架构有助于读者全面和准确地理解船舶交通控制的基本观点和知识框架。

本书编写组由上海海事大学和浙江海事局组成,何易培、阮巍担任编写组组长,由李宁统稿,阮巍对全书进行定稿。第一篇由阮巍、李宁、施滨峰编写,第二篇由周锋、李宁、崔猛编写,第三篇由周锋、徐建红编写,第四篇由阮巍、谭旭琛编写。上海海事大学李佳明、浙江海事局周峰、王柯、黄林林、王晓明等参与本书资料搜集和编排校核工作。

本书在成书过程中得到了高等学校交通运输类专业教学指导委员会航海技术教学指导

分委员会、交通运输部海事局、浙江海事局、上海海事局、江苏海事局以及大连海事大学、上海海事大学、武汉理工大学、宁波大学的大力支持。感谢浙江海事局梁永铭同志在统筹教材编写和确定教材大纲、课程内容等方面的贡献。本书的顺利成书得益于大连海事大学王大鹏,宁波大学郑彭军、赵丽君,宁波引航站鲍冯军,中国引航协会陆悦铭,上海海事局张俊峰,南京海事局葛同林、朱庆智等同志的有力支持及编写组同仁们的艰辛付出。行业专家对本书内容的甄选给予非常珍贵的指导。人民交通出版社股份有限公司的领导及编辑对本书的出版付出了大量的辛劳。编者在此一并表示感谢。

因编者的能力有限及时间仓促,书中难免存在不足之处,恳请同行、专家及读者批评指正,以期日后完善。

作者  
2023年4月

## 第一篇 船舶交通控制相关基础理论

第一章 综述	/ 3
第一节 船舶交通控制的重要性	/ 3
第二节 船舶交通控制面临的发展趋势	/ 4
第三节 相关定义	/ 5
第四节 船舶交通控制的功能	/ 6
第五节 船舶交通控制的特点	/ 8
第六节 船舶交通控制的运用范围和主要措施	/ 9
第二章 船舶交通控制的对象特性	/ 10
第一节 船舶特性	/ 10
第二节 船舶驾引人员的特性	/ 13
第三节 船舶交通环境特性	/ 15
第三章 船舶交通控制的公约和法律法规基础	/ 19
第一节 船舶交通控制有关的国内法规	/ 19
第二节 船舶交通控制相关的国际组织及其相关公约	/ 21
第四章 海上交通工程相关理论	/ 27
第一节 海上交通的定义	/ 27
第二节 海上交通系统	/ 27
第三节 海上交通工程管理和控制技术	/ 31

第五章	船舶交通流理论	/	33
	第一节	船舶交通流概念及特征	/ 33
	第二节	船舶交通流理论	/ 34
	第三节	船舶交通流的动态结构与有关参数	/ 37

## 第二篇 船舶交通管理系统(VTS)实务

第一章	VTS 基础	/	51
	第一节	概述	/ 51
	第二节	VTS 的作用、功能和目的	/ 54
第二章	VTS 人员	/	58
	第一节	VTS 人员的重要性	/ 58
	第二节	VTS 人员的专业素养	/ 59
	第三节	VTS 人员的职责	/ 60
	第四节	VTS 人员的培训	/ 62
第三章	VTS 的相关制度与程序	/	64
	第一节	水域空间管理	/ 64
	第二节	船舶定线制	/ 65
	第三节	船舶报告制	/ 70
	第四节	VTS 船舶报告	/ 76
	第五节	VTS 的操作和运行	/ 82
第四章	VTS 的法律责任	/	96
	第一节	VTS 的行为方式特性	/ 96
	第二节	VTS 人员有关的责任规定	/ 98
	第三节	管理相对人的职责	/ 100
第五章	VTS 绩效评估	/	102
	第一节	VTS 绩效评价的原理	/ 102
	第二节	VTS 指标体系	/ 107
	第三节	VTS 风险管理	/ 112

## 第三篇 船舶交通控制技术

第一章	船舶交通控制动态感知系统	/	117
	第一节	港口雷达系统	/ 117
	第二节	AIS	/ 121

第三节	港口 CCTV 视频监控系统	/	128
第四节	VTS、AIS 与 CCTV 集成联动监控技术	/	131
第五节	水文气象子系统	/	133
第二章	船舶交通控制通信系统	/	137
第一节	VHF 通信系统	/	137
第二节	水上卫星通信系统	/	141
第三章	船舶交通控制导航系统	/	148
第一节	全球定位系统(GPS)	/	148
第二节	北斗导航系统	/	151
第三节	GLONASS 卫星导航系统	/	154
第四节	伽利略卫星导航系统(Galileo Satellite Navigation System)	/	155
第五节	星链系统	/	157
第六节	船舶远程识别和跟踪系统	/	159
第四章	船舶交通航海保障系统	/	164
第一节	海上助航标志	/	164
第二节	航海保障系统的数字化发展	/	166
第三节	智慧航保	/	167
第五章	船舶交通控制技术的发展	/	171
第一节	即时抵达技术(JIT)	/	171
第二节	航线计划交换技术	/	173
第三节	E 航海	/	176
第四节	海上自主水面船舶(MASS)	/	184

## 第四篇 现代船舶交通控制管理

第一章	现代船舶交通控制发展	/	193
第一节	现代船舶交通控制发展面临的环境	/	193
第二节	现代船舶交通控制的定义和目标	/	194
第三节	现代船舶交通控制的功能和特点	/	194
第二章	“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系	/	197
第一节	背景	/	197
第二节	“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系概念	/	197
第三节	“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系现状和挑战	/	199
第四节	“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系建设目标和意义	/	200
第五节	“陆海空天”一体化水上交通运输安全保障体系建设实施计划	/	201

## 附录 案 例

附录一	沿海水域全要素水上“大交管”：浙江海事局建设案例	/	206
附录二	深远海和内河衔接水域水上“大交管”：上海海事局建设案例	/	215
附录三	长江及内河水域水上“大交管”：江苏海事局建设案例	/	220
参考文献		/	234

第一篇

PART 1

---

---

# 船舶交通控制相关基础理论

船舶交通控制的目标在于保障海上安全、保障海上物流运输链和供应链通畅高效。本篇旨在阐述船舶交通控制的目标、定义和功能,以及其与船舶交通管理、船舶交通服务区别和联系,定义以船舶交通管理系统为主要载体的船舶交通控制系统,识别船舶交通控制对象的特性。

船舶交通的存在必然导致船舶交通控制的产生与发展,因此产生了船舶交通控制理论,并且这种理论随着航运业的发展、技术的应用而不断发展。本篇从船舶交通控制的法律法规理论、海上交通工程理论、船舶交通流技术理论等角度出发,阐述实施船舶交通控制的理论依据和方法论,包括研究作为船舶交通控制系统主体的船舶交通管理系统的地位和性质。总体上,船舶交通控制的基础理论复合应用了国际海事公法、海事行政立法、海事技术和管理实践等多方面理论。在船舶交通控制的法律法规理论方面,主要阐述船舶交通控制的国际公约和行政法规、船舶交通控制的性质和内容。海上交通工程理论、船舶交通流技术理论方面,主要为海事技术和管理理论。

# 第一章 综述

## 第一节 船舶交通控制的重要性

水上交通运输对国民经济发展起着巨大的促进作用。水上交通运输业不仅与造船业、制造业、建筑业等行业密切相关,还与金融业、保险业紧密相连。随着全球经济一体化进程的加快和水上交通运输业的发展,越来越多的船舶频繁活动于港口、水道和海上,使得各水域通航密度大为增加,若不加以规范,将直接导致水上交通秩序变得紊乱和发生水上交通事故的概率上升。同时,水上交通运输的不断发展和人们对水上交通安全的需求越来越高,船舶交通控制在水上交通运输中的保障作用越来越重要,是水上交通安全工作的重要组成部分。

安全是交通运输永恒的主题,要始终把人民群众的生命财产安全放在首位,牢固树立安全发展理念,全面提高安全保障能力。党的二十大进一步指出:确保供应链可靠安全,加快建设交通强国。根据《中华人民共和国海上交通安全法》,国家海事管理机构统一负责水上交通安全监督管理工作,是国家的水上主要行政执法力量,在保障水上交通安全、保护水域环境清洁、保护船员整体权益、维护国家海上主权等方面肩负着重要使命。为贯彻落实党的二十大报告和习近平总书记系列重要讲话精神,加快建设交通强国,推动海事高质量发展,依据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》,中华人民共和国海事局制定了《海事系统“十四五”发展规划》,保障全球航运供应链运输安全、畅通、高效,服务全球航运经济发展。

船舶交通控制是实现水上安全目标的重要手段。为此全球海运国家都采取各种措施来加强水上交通安全管理、改善水上交通航行条件和秩序,如制定与水上安全有关的法规,对船舶的自由行动实施不同形式的约束;建立起专业高效的水上安全管理机构,对水上交通安全进行监督管理;在通航密度大的水域建立船舶交通控制体系,以改善船舶航行秩序,发挥水上交通控制的作用。

“十三五”期间,全国船舶进出港累计 9412 万艘次,港口货物吞吐量 687 亿 t,旅客运送

量 42 亿人次,等级以上水上交通事故件数、死亡人数、沉船艘数和直接经济损失年均较“十二五”时期分别降低 34.8%、26.1%、50% 和 34.4%,搜救成功率达 96%。而中国海事的“十四五”发展规划提出了更高的目标:年均等级以上水上交通事故件数 $\leq 167$  件,年均水上交通事故死亡人数 $\leq 192$  人,年均水上交通事故沉船艘数 $\leq 72$  艘,年均水上交通事故直接经济损失 $\leq 2.35$  亿元,营运船舶氮氧化物、硫氧化物排放与 2020 年相比下降 7% 和 6%,船舶(沿海 25n mile 以内的 200 总吨及以上船舶)动态信息感知率 $\geq 95\%$ 。在实现以上海事管理目标,为国民经济发展提供专业保障的过程中,船舶交通控制离不开船舶交通控制系统的重要参与和服务。在实现未来更高的目标过程中,更离不开现代船舶交通控制系统的支持和贡献。

## 第二节 船舶交通控制面临的发展趋势

随着国际航运业的进一步发展,船舶交通控制面临以下发展趋势:

### 一、持续的专业化发展

传统的船舶交通管理主要是静态的管理,即运用交通规则从宏观上管理船舶交通,而传统的动态管理因手段有限,效率不高。进入现代社会,船舶交通控制的手段强调同时从静态和动态两个方面进行控制管理。现代船舶交通控制系统是由高水平的法规、制度和管理要求,以及信息感知、通信、监测、数据处理和显示等复杂技术,以及整体评价、决策和行动流程组成。法规、制度和管理应适应不断变化的海上安全风险水平,而不断变化的海上安全风险水平又取决于不同的水域地点、时间时期、船舶种类、船舶尺度、货物和人员,因此体现出持续变化的特点;信息感知、通信、监测、数据处理和显示等复杂技术,取决于不同时期各种技术的发展和利用、对特定水域交通的适应等;评价、决策和行动流程的完成,越来越体现出定性和定量分析过程相结合的趋势。

现代船舶交通控制系统的运作,需要由法规、技术和人员三个方面的协调完成,具有相当高的专业性要求。

### 二、更为广泛的国际性

船舶交通控制是对水域内所有船舶的控制,因此需要广泛地运用国际公约和国际通常做法,而国际海事公约和实践始终处于不断变化及发展之中。船舶交通控制的过程中还可能参照其他海事管理实践,比如港口国管理方面的信息进行判断决策,还可能需要考虑与其他国际水域的海事管理体系合作,比如与“一带一路”中海上丝绸之路沿线国家和地区之间就通航安全公共服务与航线航道畅通能力、船舶安全进出港口、航行动态实时监控、海事应急处理等方面进行信息分享和国际合作。在我国更加深入参与全球海洋治理的过程中,船舶交通控制可能面临更多的与海事安全有关的国际性议题,比如通过军事护航、联合执法、跨国行动等共同打击海盗、海上恐怖主义、武装抢劫、走私、贩毒和偷渡等。

### 三、以数据化、信息化为特点的全球航运业“智能、绿色和韧性”发展

全球航运业面临“智能、绿色和韧性”方向的转型发展,未来的国际运输链和供应链将实现全球互联,需要全球数字合作。首先,航运业将进入数字化的新常态,通过云计算、5G、区块链和智能等技术以及更高效率、更加开放的信息沟通和共享机制,改造传统业务流程和监管模式;其次,航运数字化成为产业新的核心要素。航运企业将通过产业链整合、供应链规划、物流信息可视化,全面拓展服务能力,提升客户体验。航运领域的数字化发展焦点集中于数据标准的建立和平台之间数据开放共享;再次,业务运营远程化、航运业务线上办理、远程办单、移动支付、单证无纸化电子化、无接触式办理等新模式将伴随数据共享而越来越流行。船舶交通控制系统的建设和发展需要充分适应以上趋势。

### 四、航运业“脱碳”转型和绿色发展

航运业面临“脱碳”转型和绿色发展,带来船舶交通控制系统发展的重大影响:一是船舶要求航行更安全,更快地实现周转。二是绿色航运带来新的安全管理问题。在船舶本身的技术操作以及对新型燃料的使用方面,如对船舶在有关情景下的功率使用做出规定,对运输、加注、应急响应等替代燃料应用的各个环节风险进行进一步识别,对甲醇动力船、双燃料主机船舶、氨燃料船等船舶的操作开展有效安全管理等;在航运业去碳化过程中,大宗清洁能源、新能源商品等运输需求的变化带来新的安全挑战,如氨燃料和氢燃料运输、新能源汽车运输,需要从风险识别、安全营运管理等层面进行综合管控。

## 第三节 相关定义

### 一、船舶交通管理

船舶交通管理,在海上交通工程学中,是指对指定区域内船舶运动的组合与船舶行为所实施的管理。船舶交通管理通常在船舶交通繁忙或拥挤,交通事故频发以及一旦发生交通事故将会造成财产、人命和环境重大损失的区域内施行。船舶交通管理通过采取技术措施,监视船舶交通状况,建立良好的交通秩序,以协助船舶航行,减少海难事故,特别是船舶碰撞、搁浅、触礁等交通事故,从而保证船舶和港口设施安全,保护水域环境和社会环境,提高船舶交通的效率。

实施船舶交通管理的目的是维持良好的水上交通秩序,以确保船舶交通流迅速、畅通和安全地运行,其重点是保证船舶交通安全即避免或减少水上交通事故,其次是保证交通效率即防止和减少交通拥挤和阻塞。交通管理的目的可概括为十二字:增进安全、提高效率、保护环境。从交通管理的目的可以看出,船舶交通管理是和船舶管理、船员管理、通航水域管理等并列的,都隶属于国家海事行政管理的范畴。

## 二、船舶交通服务

按照国际海事组织(IMO)第 A. 1158(32)号决议“船舶交通服务系统导则”,船舶交通服务系统指一政府施行的、能够与船舶交通相互作用,并对船舶交通服务系统区域内发生的情况作出反应的服务,以增进航行安全和效率,促进海上人命安全和支持环境保护。船舶交通服务系统的目的在于减少不安全状况的发展,从而在船舶交通服务区域内促进海上人命安全,增进航行安全和效率并支持环境保护,包括及时提供有关可能影响船舶运动安全并协助船上决策的因素的相关信息,监测和管理船舶交通以确保船舶运动的安全和效率,对不安全状况的发展做出反应。

第 A. 1158(32)号决议进一步指出,为了实现其目的,船舶交通服务系统应提供必要的信息或发布建议、警告和指令。

## 三、船舶交通控制

船舶交通控制在内河或湖泊称为水上交通控制,在海上则称为海上交通控制。借鉴道路交通工程学有关文献中的观点及学者给出的定义,本书中关于“船舶交通控制”一词有较广的含义,即:船舶交通控制是指依据国家有关的法律、法规、规章和政策,根据船舶交通的实际情况,运用科技、法制、服务、教育、培训等手段,科学合理地处理船舶交通中人、船、通航水域及环境之间的关系,疏导、协调、禁限、约束、组织、指挥船舶交通的运行,以达到船舶交通有序、安全、通畅、高效、经济和无污染的目的。

## 四、船舶交通控制系统

指综合实施船舶交通控制功能的各种组成,包括法律法规体系、硬件和技术体系、人员体系以及其相互之间的联动响应等等,其中船舶交通管理系统为执行船舶交通控制功能的重要载体,由一系列的法律法规、管理制度、软硬件技术、专业人员组成。

# 第四节 船舶交通控制的功能

## 一、主要功能

船舶交通控制的主要功能是指交通控制中与船舶航行过程的常规操作相关的部分,目标是力求使船舶交通不出现危险情况,包括总的规则、空间分配、船舶的常规控制和避碰操纵三部分:

(1)总的规则是用于管理一般或特殊的交通行为的准则。为了实施交通管理就必然要根据交通情况及其变化制定各种适当且有效的交通规则,并采取各种适当且有效的方法去执行,以达到交通规则制定者的预期目标。

(2)空间分配是分隔空间并控制其不同部分的使用。空间是指交通所占据的空间,船舶

交通的空间大致可归纳为两维空间(平面的航行水域)。分析各种交通模式中的主要交通事故—碰撞,其实质是两个或两个以上的交通工具在同一时刻到达(即占据)交通空间的同一位置。防止碰撞事故的基点就是让各交通工具在不同的交通空间或其不同的部分运动,以及在不同的时刻运动至交通空间的某一位置。就船舶交通来说,空间分配的例子是实行船舶定线制、在港口水域中划分进出口航道和锚地等。

(3)船舶的常规控制和避碰行动是船舶航行过程中本身的控制。船舶的运动参量如航线、航向、航速、避让操纵、行进与停止等都是由驾引人员决策的。船舶交通控制中,船舶交通系统通过影响船舶操纵者来影响船舶的运动和行为。但是,尽管关于船舶的航行和避碰已有国际、国内交通规章制度指导,但归根到底还要由驾引人员根据当时当地具体情况来执行。

从另一个角度去理解船舶交通控制的主要功能:

(1)实施交通规则属于宏观的、静态的管理,是指根据过去一段时间内船舶交通实况和船舶交通事故实况所制定的原则,并且借助水上交通标志来规范交通运行。一般来说,交通规则及航标在相当长时间内是不变的,同时,交通规则的适用范围较广(水域与船舶),因此,实施交通规则只能对交通从宏观上进行静态的管理,如要求船舶在狭水道内靠右行驶且航行速度不得超过限速规定等。

(2)船舶交通控制则属于微观的、动态的管理,是指采用能够与时刻变化着的船舶交通状况相适应的设备和手段,随时搜集和交换各种有关信息,以不同方式影响和控制船舶动态,甚至指挥船舶交通。因此,这类管理是对船舶交通从微观上进行动态的管理。

(3)船舶交通控制的功能还在不断发展。随着航运业和社会经济的发展,船舶交通控制还致力于提高运输效率,改进船舶对水域环境的影响。

## 二、辅助功能

船舶交通控制的辅助功能是指一旦船舶交通出现危险情况时,船舶交通控制系统发送有关信息,以消除和减少事故的影响和后果,包括以下各方面:

(1)航行——向航行在事故发生地附近的船舶提供信息,例如沉船设立标志或为清除沉船提供设备;

(2)搜救——提供事故详细信息;

(3)海上救助——提供救助信息,例如拖船和消防力量;

(4)污染测量——控制搜救源与防污措施;

(5)潜在灾难——向有关机关提供海上环境的危险信息,如对桥梁的损害、爆炸危险等;

(6)船舶修理——提供修理信息及修理人员;

(7)无线电医疗——提供远程诊断和处理的信息,为船舶提供医疗人员。

## 三、其他功能

船舶交通控制的其他功能是指向有关行政管理和经济管理部门建立联系并提供交通信

息,如向海事管理部门、船舶代理和政府有关行政部门提供信息等。这类功能不是针对船舶的运动和行为的。

## 第五节 船舶交通控制的特点

### 一、安全性

船舶交通控制作为现代的水上交通安全管理手段,所提供的信息服务、助航服务、交通组织服务功能是为了确保海上船舶的安全,其范围可从提供简单的情报信息到在港口或航道内广泛地实施交通管理,主要通过船舶报告制和船舶交通管理系统进行监控、整顿船舶交通,建立良好的交通秩序,协助船舶航行,减少海难事故,特别是船舶碰撞、搁浅、触礁这类船舶交通事故的发生,从而保证船舶安全,保护水域环境,提高船舶交通效率。

### 二、强制性

船舶交通控制的目标决定了船舶交通控制的强制性要求,强制性特点是船舶交通控制系统通过强制性手段实现目标。船舶交通控制所依据的国际公约和海事法规带来船舶交通控制行动的强制性,而国际海事公约由缔约国强制实施。其次,从船舶交通管理、船舶交通服务的定义和功能来看,其主体内容是交通控制,其辅助功能的目标也是为了达到控制安全的强制性目标。船舶交通控制对不执行规则的船舶提出信息建议和指示,敦促其改正,并将该船违章航行所造成的交通危险通报有关船舶或部门,采取行政或法律性惩戒行动,使之承担交通违章的法律责任,明显地体现出船舶交通控制的强制性特点。

### 三、专业性

船舶交通控制系统是由高水平的法规、制度和管理要求,以及信息感知、通信、监测、数据处理和显示复杂技术,以及整个评价、决策和行动流程组成。法规、制度和管理应适应于不断变化的海上安全风险水平,而不断变化的海上安全风险水平又取决于不同的水域地点、时间时期、船舶种类、船舶尺度、货物和人员,因此体现出持续变化的特点;信息感知、通信、监测、数据处理和显示等复杂技术,取决于不同时期各种技术的发展和利用、对特定水域交通的适应等等;评价、决策和行动流程的完成,越来越体现出定性和定量分析相结合的趋势。

### 四、系统性

船舶交通控制系统对信息的感知、通信、检测、数据处理和显示,是融合了海上交通态势和目标感知手段,包括对雷达技术、AIS、CCTV、船舶远程识别与跟踪系统、船舶报告制等技术的应用;通过对船舶动静态信息的采集、交互整合、数据的共享和船舶态势预测,根据港口

营运的要求和海上交通安全通航标准,形成船舶交通控制中心各级人员所需的管理信息平台,实现对船舶交通控制系统辖区内的交通组织,促进水域内的船舶航行安全,提高通航水域的交通效率。

## 第六节 船舶交通控制的运用范围和主要措施

船舶交通控制侧重于使用现代信息和数据技术,对船舶水上活动的全程实施监督和管理,实现船舶水上活动的安全、高效、绿色和无污染的目标。实践中,船舶交通控制适用的水域范围有广义和狭义之分。狭义的船舶交通控制水域范围主要指港口及其附近水域、重要水道(海峡)和沿海等通航密集、水域环境复杂或敏感的水域。广义的船舶交通管理水域则指船舶从一个港口泊位起经水上航行至另一港口泊位止所经过的所有水域。伴随着水上交通监管手段和信息技术的发展,水上交通控制开始在基于狭义的交通控制地理范围向广义的水上交通控制转变。

船舶交通控制的措施是指用于管理交通的方法,包括建设并实施交通规则、降低交通密度、降低交通复杂程度、降低交通中的安全风险和不确定性、提供信息参考、减少事故后果的影响等。

## 第二章 船舶交通控制的对象特性

### 第一节 船舶特性

船舶是水上运输和工程作业的主要工具。按用途分,有民用船和军用船;按船体材料分,有木船、钢船、水泥船和玻璃钢船等;按航行区域分,有极区船、远洋船、近洋船、沿海船和内河船等;按动力装置分,有人力船、帆船、蒸汽机船、内燃机船、汽轮机船、电动船和核动力船等;按船舶的推进方式分,有明轮船、螺旋桨船、平旋推进器船、喷水推进和风帆助航船等;按航行方式分,有自航船和非自航船;按航行状态分,有排水型船和非排水型船(半潜船、潜水船、气垫船、水翼船);按机舱所在位置分,有中机型船、尾机型船、中尾机型船等等,按功能分,有货船、客船、工程船、公务船和辅助船等。

船舶由人(船长、驾驶员、引航员等)操纵,故船舶的运动或行为受到船舶本身特性和驾引人员特性的影响,了解熟悉船舶的特性及相关知识有助于更好地进行海上船舶交通控制,避免安全事故的发生。船舶特性主要包括静力特性、运动特性。静力特性主要表现为船舶的浮性、稳性及抗沉性。浮性指的是船舶在一定装载情况下浮于水面位置的能力。稳性指的是船舶在外力矩(如风、浪等)的作用下发生倾斜,当外力矩消除后能自行恢复到原来平衡位置的能力。抗沉性指的是船舶在一个舱或几个舱进水的情况下,仍能保持不至于沉没和倾覆的能力。运动特性指与船舶运动和行为密切相关的特性,例如,船舶尺度、吃水、速度、旋回圈和冲程等。

#### 一、船舶尺度

船舶尺度表明船舶的大小。在海上交通研究中一般要按船舶尺度的大小将船舶分类。船舶总吨位和船舶长度通常被作为分类的量,但各国的分类并不相同。

为了比较同一水域不同时期的船舶交通状况或同一时期的不同水域的船舶交通状况,在水上交通研究中,往往选择某一尺度范围的船舶作为“标准船”进行换算。换算系数大都以船长或船舶的总吨位为基础。换算系数是采用定量和定性考虑相结合的方式确定的。因此,换算的结果不是“等于”,而只是“相当于”。我国在采用“安全指数法”评估船舶交通时

提出的船舶换算系数见表 1-1。

船舶换算系数

表 1-1

船舶总吨	<100	100 ~ 499	500 ~ 2999	3000 ~ 5999	6000 ~ 9999	10000 ~ 14999	15000 ~ 19999	20000 ~ 29999	30000 ~ 39999	40000 ~ 59999	>60000
船长 (m)	<30	30 ~ 50	50 ~ 90	90 ~ 115	115 ~ 135	135 ~ 155	155 ~ 170	170 ~ 195	195 ~ 215	215 ~ 246	>246
换算系数	0.25	0.5	1	1.18	1.41	1.7	2.0	2.25	2.5	3.0	4.0

## 二、船舶速度

在航海学上,船舶速度有船速(Speed Through the Water)和航速(Speed Made Good)的区别。前者指船舶在无风、无流的静水中单位时间内航行的距离,即对水流速度;后者指船舶在风、流和波浪影响下单位时间内实际航行的距离,即对地速度。在航海日志或其他船舶登记表格上查到的船舶速度是船舶的额定船速。额定船速是在可以忽略水深影响的深水中,并在船舶主机额定功率与额定转速条件下,船舶所能达到的静水中的船速,是船舶最大船速。通过目测或雷达进行海上交通观测获得的船舶速度是对地速度,按照船舶报告制的要求由船方报告的速度也是对地速度。航海日志和车钟记录中记录的是船舶主机不同档级的船速。

在船舶实际航行操纵中,考虑到海上气候的变化和港内机动操纵的需要,为了保证安全航行,船舶常留有适当的主机功率储备,在海上使用海上速度,在港内使用港内速度。海上速度和港内速度都是分挡使用的,即:全速进(退)、半速进(退)、慢速进(退)、微速进(退),部分船舶可以实施无级调速。海上速度取最大功率(额定功率)的80%~90%时的船速(通常为全速试航时的80%~85%)。港内速度较海上速度低,具体情况如下:

全速进:海上速度的80%左右。

半速进:全速的60%~70%。

慢速进:全速的35%~50%。

微速前进:最低转速(根据主机机型而定)。

后退速度通常为前进速度的40%~70%。

在交通工程学中,常用“特性时间”即交通工具长度与速度的比值( $L/V$ )来表征交通工具的交通特性。船舶特性时间是船舶行驶过相当于本船船长的距离所需的时间。特性时间越长,船舶操纵就越困难。在实施分道航行和定线制中,可把特性时间相差很大的各类船舶分隔开来。

## 三、船舶变速性能

船舶的变速性能主要由船舶运动惯性所体现。运动惯性是船舶进行启动、变速、停车、倒车操纵时所具有的维持原来运动状态的属性,包括了启动惯性、停车惯性和倒车惯性。

启动惯性是船舶由静止状态开进车,使船舶达到与主机功率相应的稳定速度,完成这个

过程所需的时间  $t$  和航进距离  $S$  称启动惯性。

停车惯性是船舶在航进中从主机停车到船对水停止移动所需的时间  $t$  和航进距离  $S$ 。

倒车惯性是船舶主机从全速前进下令全速后退,从发令起到船舶对水停止移动所需时间  $t$  及船舶前冲距离  $S$  称倒车惯性。 $S$  为最短/紧急停船距离。

#### 四、船舶停止性能

船舶停止性能是指船舶对于停车或倒车停船的响应性能,分为惯性停船性能和倒车停船性能。惯性停船性能是指船舶匀速直航中,停止螺旋桨转动,经过一段时间和距离后,使船舶停止的能力。用停止螺旋桨转动后船舶滑行距离来确定船舶惯性停船能力。该距离随船型、航速船速、排水量等有很大变化,一般货船为船长的 8~20 倍,大型油轮则超过 20 倍,船舶排水量越大,惯性停船距离越长。倒车停船性能是指船舶匀速直航中,发出快倒车令,经过一段时间和距离后,使船舶停住的能力。用这段时间内船舶前进的距离来确定船舶倒车停船的能力。倒车停船距离与排水量,初速度成正比,与后退推力的大小成反比。停止距离一般万吨船为 6~8L,5 万吨船为 8~10L,10 万吨船为 10~13L,15~20 万吨船为 13~16L。

#### 五、船舶的冲程和旋回

船舶冲程是指船舶的惯性性能,测定和掌握好船舶在各级速度、各种装载下主机停车和主机倒车时的冲程,对于防止船舶碰撞等海上交通事故来说是至关重要的。海上交通工程学者在研究船舶领域(如水道中同向行驶船舶的前后间安全距离)需要很好地考虑船舶冲程的大小。

船舶在海上特别是在船舶密集水域中航行时常常会与其他船舶相遇,为避免船舶碰撞而采取的主要措施是改变航向(转向避让操纵)。因此,船舶的旋回性能(旋回圈及其要素)是海上交通工程学者研究船舶行为(主要是避碰行为)考虑的重要因素之一。船舶在水道中弯曲处行驶及在转弯进出码头区口门操纵时的航迹往往受到船舶旋回性能的约束。

据日本海上交通工程学者的调查统计,船舶不同吨位、尺度和动态特性的参数(平均值)见表 1-2。

船舶特性参数平均值

表 1-2

总吨 (t)	垂线 间长 (m)	全长 (m)	型宽 (m)	型深 (m)	满载 吃水 (m)	海上 航速 (kn)	特性 时间 (s)	进距 (m)	旋回 时间 (转向 90°) (s)	旋回 直径 (m)	旋回 时间 (转向 180°) (s)	紧急倒车	
												冲程 (m)	时间 (s)
300000	440	462	70	37	29	16.8	51	1400	230	1400	480	8000	1600
200000	360	378	61	34	25	16.5	42	1200	190	1200	400	6000	1360
100000	305	320	48	26	19	16.2	36	1000	160	1000	340	4500	980
50000	240	252	37	19	14.5	15.6	30	770	135	790	270	3100	660

续上表

总吨 (t)	垂线 间长 (m)	全长 (m)	型宽 (m)	型深 (m)	满载 吃水 (m)	海上 航速 (kn)	特性 时间 (s)	进距 (m)	旋回 时间 (转向 90° (s)	旋回 直径 (m)	旋回 时间 (转向 180° (s)	紧急倒车	
												冲程 (m)	时间 (s)
30000	210	222	30	16.2	12.0	15.9	25.7	660	120	710	230	2000	430
20000	180	190	26.5	14.0	10.7	15.1	23.2	600	100	630	210	1400	360
10000	143	150	21.1	11.7	8.5	16.4	17.0	520	85	630	180	1200	280
5000	113	120	16.0	9.3	7.4	13.2	16.7	360	66	390	133	990	230
3000	92	100	15.0	7.7	6.4	12.4	14.5	300	64	330	128	850	240
2000	82	89	12.6	6.5	5.5	12.2	13.1	260	55	280	110	700	230
1000	62	68	10.6	5.5	4.8	11.5	10.5	210	48	220	93	660	220
500	49	54	8.8	4.2	3.7	10.9	8.8	140	37	150	80	460	180
300	39	43	7.5	3.6	3.2	9.3	8.1	120	32	130	63	265	98
200	30	33	6.5	3.1	2.8	8.9	6.6	85	27	95	53	130	58
100	25.0	27.5	5.5	2.4	2.1	8.2	6.0	75	23	77	42	85	47
50	19.7	21.7	4.6	1.8	1.6	7.7	5.0	60	20	60	40	80	45
30	16.3	17.9	4.2	1.7	1.5	7.2	4.4	50	17	50	35	65	30
20	14.4	15.8	3.7	1.5	1.3	6.9	4.1	42	16	45	32	55	25
10	10.8	12.0	3.2	1.2	1.6	6.3	3.4	33	13	34	28	44	21
5	8.2	9.0	2.6	0.9	0.7	6.0	2.7	25	11	25	23	33	18

注:船舶的最大进距(又称纵距)是自船舶从操舵位置到航向转过90°后位置间船舶重心移动的距离。最大进距可通过查阅试航资料中的旋回圈试验结果获取。而对旋回圈的估算数据,则根据IMO1993通过的“船舶操纵性临时标准”规定得知:长度 $\geq 100\text{m}$ 的船舶最大进距 $\leq 4.5$ 倍船长。

## 第二节 船舶驾引人员的特性

船舶驾引人员是指船长、值班驾驶员、引航员等实际下达指挥操纵船舶口令的人员。驾引人员特性是指其心理、生理和行为特征。研究船舶行为和海上交通管理时均需考虑驾引人员特性。驾引人员在船舶航行和操纵值班时间内,总是遵循着“刺激→感觉→判断→行动”活动规律的。驾引人员通过自己的感官接受外界信息产生感觉,不同类型的感觉(如视觉、听觉等)相互联系综合成知觉。知觉是感觉和思维间的一个重要环节。驾引人员借此目测距离、估计时间、判断速度,做出初步反应,因此,视觉特性和反应特性是驾引人员最重要的生理特征。

## 一、视觉特性

由光波作用于眼球视网膜引起的生理反应产生视觉,其中视力、视野、色彩感觉等与驾驶船舶密切相关。

视力是眼睛辨别物体形状的能力,有静视力和动视力之分。驾引人员的视力随着船舶速度的增加而降低,船速越快,视力降低的幅度越大。视力还与亮度有关,夜间亮度小,视力明显减弱,强光照射会使驾引人员产生眩目而使视力明显下降。此外,光线由亮到暗或由暗到亮,视觉有一个适应的过程。由明处到暗处,驾引人员需要在6min后才能看清周围情况,而由暗处到明处则需要3min恢复正常视力。船员资格对视力的要求、避碰规则对号灯亮度的限制、驾引人员交接班时间长短的习惯都与驾引人员视觉特性有关。

视野是眼球固定注视一点时所能看见的空间范围,亦有静视野和动视野之分。当驾引人员头部和眼球固定时能够看到的范围称为静视野,而头部固定、眼球自由转动时能够看到的范围称为动视野。动视野比静视野左右方向约小 $15^{\circ}$ 。视野大小与船速大小成反比,船舶静止时驾引人员视野最大,约为 $120^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 。船速越快,驾引人员视野越小,且注意力集中点随之远移,对近处景物的清晰度降低。驾引人员在船舶航行操纵时必须注意这一特性。

驾引人员的色彩感觉与可见光的颜色有关。红色刺激性强,易见性最高;黄色反射的强度最大;绿色给人的心理和生理效果是温柔、平静、有安全感。交通管理以此规定各种船舶视觉通信信号与船舶号灯,如红色表示危险、绿色表示安全等。

## 二、反应特性

人受到外界因素刺激时立即会产生反应。由于刺激因素的强弱、刺激时间的长短、刺激次数的多寡以及人受刺激后反应快慢的差异,使得反应的剧烈程度和时间长短不尽相同。

驾引人员在驾驶船舶过程中不断接受本船、他船、助航设施与标志、水文气象与航路条件及交通管理方面的各种外界信息,并在刺激后做出相应的反应。驾引人员对于早显信息(其出现有一定时间提前量)和先兆信息(其到来之前有一先兆)有所思想准备,故比较容易做出正确的判断和决策。对微弱信息(刺激量小)和潜伏信息(用一般直观方法不易察觉),驾引人员则需集中注意力来搜集。如果疏忽大意,就会产生犹豫或错觉,造成动作迟缓甚至判断错误。难度最大的是突显信息(来之突然),如果驾引人员注意力不集中或反应迟钝,就会措手不及而发生险情或事故。

分析和判断信息是人的大脑的思维活动过程,比感觉和知觉更高级。有些驾引人员在接受外界信息后能迅速做出正确的分析判断和反应,有些驾引人员则不够迅速或不够正确。与前者相比,后者就易于导致险情或事故。分析判断的水平和能力与驾引人员生理、心理特性及经验与技术素质有关。

## 三、疲劳、兴奋与生理节律

驾引人员长时间在复杂的环境中驾驶船舶,精神始终处于紧张状态,增加了心理负荷,容易产生疲劳。另外,驾引人员长时间在单调的环境中驾驶船舶,工作简单重复也可能引起

大脑疲劳。驾引人员的大脑疲劳在生理上表现为感觉迟钝、动作不准确且灵敏性降低,在心理上表现为注意力不集中、思维迟缓、反应慢、心情烦躁等。同样,驾引人员由于工作、生活、人际关系及外界因素的强烈刺激造成大脑过于兴奋,也会引起心理和生理上的变化,表现出注意力不集中和心情烦躁。以上这些情况都影响船舶安全航行与操纵,很易于造成交通事故。

此外,人的生理节律也与交通安全有关系,这在道路交通工程学的交通心理生理研究中得到了验证。生理节律理论揭示了人体内存在着一种体力、情绪、智力的周期循环。当节律波处于低潮时,驾引人员易疲劳、情绪不稳、判断力弱、易出差错。驾引人员掌握了自己的生理节律,在临界期中提醒自己更加注意安全驾驶是有益的。

从心理学考虑,驾引人员的观察、注意和注意力、情绪和情感、意志和气质以及种种心理活动都与交通安全有不同程度的关系。

### 第三节 船舶交通环境特性

船舶交通环境是指船舶运动所处的空间与条件,包括航行水域、水域自然条件和交通条件三方面。海上交通环境与道路交通环境、铁路交通环境、空中交通环境大为不同,从而使海上交通具有与其他交通形式所不同的特征与规律。

#### 一、航行水域

航行水域是船舶运动的场所或空间。从海上交通系统来说,航行水域由港口和航路组成。从地理上说,航行水域包括江河湖海及被称为海湾、海峡、水道、运河、航道、锚地等的水域。

海洋水域辽阔,同内河、港口相比有着巨大的优势,在海上航行的多为大型船舶,排水量、船舶尺度、载重能力都要远远高于后者。此外船舶航行由于大洋洋流、季风会随着季节的变化而变化,因此受季节性影响大,同时海上风急浪高、气候变化大,对船舶的抗沉、抗风能力要求高,故航行于海洋的船舶大型、超大型比例较高。

海运航线是指两港间海上航行的路线,主要包括远洋航线、近洋航线、沿海航线等。远洋航线指的是一个国家或地区与另一个国家或地区之间经过一个或数个大洋的国际海上运输航线。近洋洋航线通常指一国各海港至邻近国家各海港间的海上运输航线。沿海航线指一国沿海区域各港口间的海上运输航线。

航路应具备所要求的充分水深及宽度,以及比较好的水文气象条件。在航路内,一般均设有航标等助航标志。与航路概念相近的概念是水道:凡能给船舶提供水上通道的水域,如海湾、海峡、河流、湖泊等都是水道。水道并不像陆上道路那样呈狭长形状,可能是一个大块水域。与航路概念相近而又与陆地道路相似的概念是航道。航道是水道中具有一定深度、宽度、净空高度和弯曲半径且能供船舶安全航行的水域。航道通常用航标标示。航道还有天然航道与人工疏浚航道之分。航道大多位于港口及其附近水域中。一般来说,在航路水道中,船舶密度较大,故交通也较拥挤,并且也易出现交通阻塞或交通事故。

港口是水陆交通运输的枢纽,是位于江、河、湖、海沿岸,具有一定的设备和条件供船舶往来停靠、办理交通运输或其他专门业务的地方。位于江、河岸的港称河港。位于海岸直接与海洋相通的港称海港。位于江、河出口处附近的港,称河口港。港口水域一般包括港池或停泊区、各类锚地、进出口水道或航道、掉头区等。由于港口是船舶航行的出发地、目的地、中转地等,故港口及其附近水域的船舶密度最大、交通最拥挤并容易出现交通阻塞或交通事故。

港口航道与港口之间有着不可分割的联系,港口航道是为了保证船舶安全、便利地进出港口、锚地和靠离码头,且具有一定水深和宽度的航道。有天然的,也有人工挖掘形成的。航道特性也会随着港口类型而有所差异,如河口港,该港一般位于江河入海处和进海口的河段位置,该类航道自然也受所处地区自然条件影响。航道处于河海交会处,上游河沙淤积至航道,降低航道水深、船舶的通行吃水也会有所影响。当船舶从海洋进入港口航道时,由于淡水海水间密度不同,船舶吃水对操纵有一定的影响,船舶会产生首倾。此外还有海湾港、冻港、潮港等,各类港口都有其特点,航道特性有所差异。不过同内河航道相比,无论是从航道水深、宽度,还是船舶交通量、航速等方面,港口航道都优于内河航道。

内河航道主要涵盖江、河、湖等水域,且各类航道宽度、水深、船舶密度都有所差别,航道有着面广点多、纵横交错、网状分布等特点。此外,内河多为浅水域,内河行驶的船舶多为小型货船或客船。船舶在驶入浅水水域过程中,由于船体周围水流的空间受限,流速加快,摩擦阻力增加,因此在内河航道中,船舶的航速会有所下降。内河航道宽度较小,船舶的机动余地较少,在进行掉头、避碰、系离泊等操纵行为的难度有所增加。此外由于航道宽度的影响,来往船只的间距也较小,船间效应更为明显,由于内河航道风力小,水面波动不大,风浪的船舶操纵的影响较低。

除以上外,还存在着部分特殊水域,由于水域自然地理环境的影响,船舶航行时所表现的特性也稍有不同,如岛礁水域、狭水道等。

岛礁水域是环绕岛屿四周的水域,水域内分布有明礁、暗礁。部分岛礁水域由于通航船舶较少,故测量较少及未测量部分多有存在:有些测点即使标有水深,其精度也不够高,或者水域的航路标志稀少,航标系统极不完备,没有显著物标可供测定船位。有些岛礁虽然成陆,但海拔较低,遇恶劣天气,雷达图像有时也难以辨认。部分岛礁水域因是热带低压发源地,由于水域的自然环境影响,航行在此区域,水深变化较大,海流潮流复杂:如海流湍急、变化无常,往往在礁滩的周围或附近出现涡流与回流等。进出水道退潮时流速较大,而当外海有长浪袭来时,则波涛汹涌,可是一旦进入岛礁环湖之内,则水面变得平静。

狭水道是指相对水深或水道相对宽度较小,因而给通过该水域的船舶操纵带来各种影响的水域,例如港区、江河、运河、锚地、岛礁区、雷区及狭窄海峡等。狭水道内,航道狭窄弯曲,水下浅滩多甚至还有暗礁、沉船或渔栅等障碍物,灯浮标较多、潮流湍急、流向多变、航区复杂碍航物多、水文气象条件多变,船舶交通密集往来频繁,给安全航行带来了不少困难,因此狭水道航行船舶安全风险较大,部分大船过浅滩时往往需要候潮。有些狭水道的可航宽度只允许单船通过,也正是这种独特的水域环境,造就了该水域船舶的岸壁效应更为明显。此外航道弯曲,转向频繁,特别是在风流影响下要正确地掌握转向点,对船舶的保向性稳定性有着较高的要求,同时,狭水道水域如果来往的船只众多,交会频繁,船间效应会更明显。

## 二、锚地水域

锚地是指在水域中指定地点专供船舶停泊以及进行水上装卸作业、补给等的场所。锚地按其功能不同,可划分为:

- (1)引航锚地——等候引航员登船执行引航任务的锚地;
- (2)检疫锚地——供来自境外港口船舶抵港后进行卫生检疫的锚地,有时则兼供引航和海关签证之用;
- (3)停泊锚地——船舶到离港的锚地,供船舶待泊、候潮和补给使用;
- (4)避风锚地——供船舶躲避风浪使用,小船避风需有良好的掩护;
- (5)装卸锚地——供船舶在水上过驳作业使用。

锚地按位置不同,可划分为港外锚地和港内锚地。港口内外锚地常以港口防护建筑物为界线。港外锚地供船舶候潮、待泊、检疫及避风等使用,有时也进行水上装卸作业。港外锚地设在港外,供船舶在进港前停泊等待引航或接受海关、边防检查以及检疫等用。在有天然掩护条件的港外锚地可进行部分减载的过驳作业,使吃水较深的船舶能够进入水深不足的港区。港外锚地一般采用锚泊。

港内锚地供船舶待泊或进行水上装卸作业使用。港内锚地一般设在有掩护的水域,主要供船舶等候靠泊码头或进行水上过驳作业用。停泊在港内锚地的大船如遇台风,一般驶到开阔的港外锚地去抗击台风。设置各种功能的锚地没有固定模式:一些港口可能仅设有一个锚地而担负各种锚地功能和用途,如我国的大连港、秦皇岛港,而另一些港口则因航道、水深、底质以及掩护条件影响设置供船舶停泊的专用锚地。一般采用锚泊,或设置系船浮筒、系船簇桩等设施。

河港一般设供驳船队编解和进行水上过驳或供船舶待泊用的锚地。河港的水上装卸作业锚地通常靠近码头作业区,不占用主航道或影响码头装卸和船舶靠离码头作业用的水域,同桥梁、闸坝、水底管线保持一定距离。如果受客观条件限制,一个锚地不能满足船舶全年使用要求,可根据需要分别设置枯水期、中水期、洪水期锚地。

船舶在锚地的停泊方式有两种。一是船舶自行抛锚停泊,在港外锚地一般采用此种方式;二是系缆停泊,即船舶系缆于浮筒(有单浮筒、双浮筒、多浮筒)或系船桩墩等。

一般情况下,船舶均在已设定的港外锚地或江河入口处的锚地下锚。由于锚地范围已定,操船者只要根据本船具体条件和当时锚地周围的客观环境,选择较为安全的抛锚地点下锚即可。然而,在特殊情况下,船舶根据需要与可能需在一个较为生疏的水域去锚泊,这就要求操船者根据海图、《航路指南》等航行资料,以及水文气象预报做出合理抉择,特别应该注意选择对船舶的作用力影响较小的自然条件、地形条件,有利于安全锚泊的水深条件和底质条件,也就是说,锚地选择应注意以下基本要求:

(1)适当的水深。适当的水深至少应考虑到船舶吃水、图标的锚地水深、潮高、波高及船舶的摇摆状况等加以确定。

(2)良好的底质和海底地形。一般言之,随着由岸向海的过渡,海底底质多为与海岸地质同种类同成因的岩石或堆积物所组成,而且这些堆积物大多粒径较细,多为砂砾、泥和黏土不同比例的混合物。锚地的海底地形以平坦为好,若坡度较陡(等深线较密)则将影响锚

的抓力,容易出现走锚。

(3) 具有符合水深要求的足够旋回余地。旋回余地应依锚地底质、锚泊时间长短、潮流、附近有无障碍物及水文气象等条件综合考虑加以确定。在港区锚地内,由于锚泊船密度较高,一般情况下很难给出宽阔的旋回余地。

(4) 良好的避风浪的条件。水域周围的地形应能成为船舶躲避风浪的屏障,以保证锚泊水域海面的相对平静,尤以可防浪涌袭扰的为最好。风浪的大小受风的吹送距离的影响较大,故应避免在其出口常为迎风的水域锚泊。

(5) 其他。所选锚地附近还应远离航道或水道等船舶交通较密集地区,还应是无海底电缆等水中障碍物的水域,水流宜缓而方向稳定。

### 三、自然条件

航行水域的自然条件是指水域的气象、水文与地形条件等。海上交通所处的自然条件比道路交通复杂、恶劣得多,故风险大。

地形条件是指船舶航行与操纵的空间范围是否受到限制的程度。船舶操纵受水域中过往船舶多而交通拥挤的限制。这种限制一般表现为水域宽度狭窄、水底不平、水道弯曲大、浅滩礁石等碍航物较多等。狭窄水道会出现岸推、岸吸和浪损现象,从而导致船舶碰撞、触岸、搁浅等事故,还易出现交通拥挤甚至交通阻塞现象。

水文条件指水深、水流、潮汐、波浪、冰冻等对船舶交通有影响的各种因素。水深较浅会发生浅水效应而造成船舶速度下降、舵力减小、旋回性变差等。水流速度越大,发生船舶交通事故的可能性越大。冰冻严重时封闭港口与航道,堵塞甚至中止船舶交通。

气象条件是指能见度、大风和台风等条件。能见度不良对交通效率和交通安全影响最大。下雾、下雪和暴雨时,船舶航行速度下降甚至停止航行,严重影响港口交通。能见度不良时航行最易发生船舶碰撞和搁浅、触礁事故。在大风或台风天气,船舶交通效率和交通安全也同样受到不利影响。

### 四、交通条件

交通条件是指港口和航道的布置和设施、水域中助航标志和设施、交通管理规章和手段等,是通过人工努力为便利船舶交通而创造的各种硬环境和软环境,亦可称作人为交通环境。

港区、码头、防波堤、进出口水道是否很好地利用了地形条件,是否避强风强流,水道宽度与深度是否按规定维护,助航标志是否齐全有效,通信手段是否完善便利,交通管理规章制度是否健全,交通秩序是否维持良好,对能否保持船舶交通顺利通畅和安全高效是至关重要的。实际上,交通条件是在深入细致的船舶交通研究过程中被不断提出并逐步提高的,而新的交通条件下又会出现这样或那样的新的交通问题,引导人们进一步研究、探索和解决。