

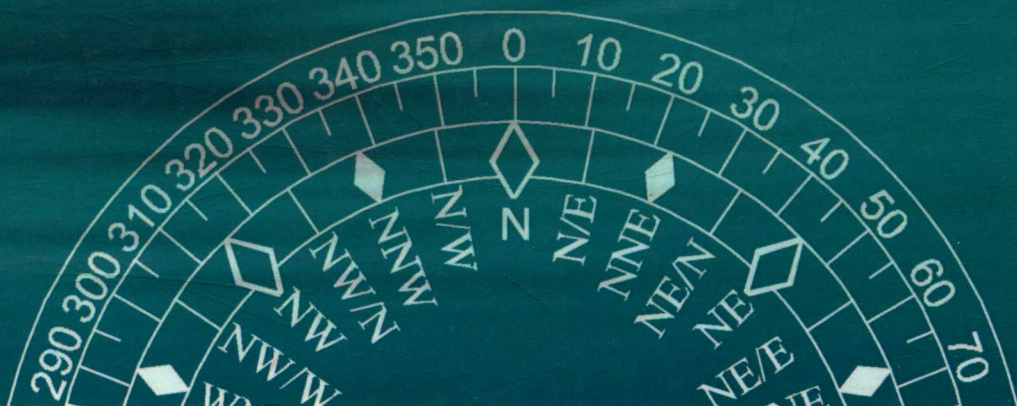
上海海事大学商船学院
上海市航海学会
广东省航海学会
上海研途船舶海事技术有限公司
组编



船舶导航技术手册

HANDBOOK OF SHIP NAVIGATION TECHNOLOGY

邹友家 席永涛 杲庆林 周长江 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

船舶导航技术手册

邹友家 席永涛 杲庆林 周长江 编著

上海海事大学商船学院
上海市航海学会
广东省航海学会
上海研途船舶海事技术有限公司

组编

上海交通大学出版社

内容提要

本书共 11 篇;第 1 篇为船舶驾驶台资源管理的相关概念、理念和方法;第 2 篇为地文导航的相关知识、技能以及航海图书资料的使用;第 3 篇为天文导航的基本原理、天文定位和天测罗经差的计算方法;第 4 篇为航海气象学和海洋学的基础、天气系统和水文相关知识;第 5 篇为有关的导航传感器,包括 GPS、罗经、测深仪以及导航传感器的接口标准;第 6 篇为航海雷达的基本原理和雷达的航海应用;第 7 篇为电子海图显示与信息系统(ECDIS)的基础知识和主要功能;第 8 篇为综合导航的相关系统和设备,包括综合船桥系统(IBS)、操舵仪和航行数据记录仪(VDR);第 9 篇为船舶操纵、1972 年国际海上避碰规则和中华人民共和国内河避碰规则;第 10 篇为全球海上遇险与安全系统(GMDSS)的有关设备和业务;第 11 篇为船舶应急操纵和应急管理。

图书在版编目(CIP)数据

船舶导航技术手册 / 邹友家等编著. — 上海: 上海交通大学出版社, 2017

ISBN 978-7-313-17121-4

I. ①船… II. ①邹… III. ①航海导航—技术手册
IV. ①U675.7—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 103066 号

船舶导航技术手册

编 著: 邹友家 席永涛 杲庆林 周长江

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 郑益慧

印 制: 武汉精一佳印刷有限公司

开 本: 710mm×1000mm 1/16

字 数: 1603 千字

版 次: 2017 年 6 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-17121-4/U

定 价: 658.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 91

插 页: 8

印 次: 2017 年 6 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告 读 者: 如发现本书有印装质量问题请与船海书局发行部联系。

联系电话: 4008670886

《船舶导航技术手册》编辑出版委员会

主 任

胡勤友

执行副主任

周长江

副主任(以姓氏笔划为序)

尤庆华 叶孔霖 江 帆 孙 尧 许瑞雪 李培正
周 海 胡甚平 高晋占 席永涛

委 员(以姓氏笔划为序)

吕 雄 刘有奇 江齐锋 孙 敏 李 勇 吴金龙
宋建民 陈熙源 赵玉新 高金飘 黄宁立 龚卫平
褚人乾 蔡鸿达

专业审校

刘 免 吴显沪 高 旗

出版管理

周长江

序 一

航海科学技术主要研究船舶如何选择一条理想的航线上,从起运港将货物安全而经济地航行到目的港的理论、方法和艺术。航海技术是具有悠久历史、内容丰富且又有很强的实践性的综合性应用科学和技术。

古代航海只是一种技艺。古代航海家仅能利用视界内的陆标引航,这种技术称为“引航术”。后来,人们借助太阳和北极星来进行远离海岸的航行。导航工具——罗盘(指南针的雏形)的发明,远距离的航行成为可能。指南针约在 12 世纪由中国传入欧洲,后来又被欧洲的航海家改造成“指北”方向。到 1250 年左右,航海磁罗盘已发展到能连续测量出所有的水平方向,精确度在 3° 以内。在此后的社会发展进程中,各门类科学技术取得突飞猛进的发展,至 15 世纪初,航海逐渐发展为技术。

近、现代航海科学首先表现为船舶和通信的技术发展。新的材料、机械、电气、电子、控制、信息技术逐步应用于航海。18 世纪炼铁业的发展,船舶建造技术开始一个全新的时代。1787 年制造出第一艘铁木船,1841 年建造出第一艘铁质船;1866 年开始用钢造船,1890 年钢质船完全取代铁质船。就船舶动力而言,1769 年研制成蒸汽机,1783 年出现蒸汽动力船;1876 年研制成功内燃机和 1892 年发明柴油机,1903 年则制成内燃机船。就天文航海学来说,18 世纪机械制造业发展与天文学结合,致使 1730 年发明航用六分仪,1767 年天文钟在船上使用。就船舶通讯导航来说,在发现电磁波之后 1895 年发明无线电报,尔后船舶采用无线电通信;1935 年发明雷达,2 年后开始用于船舶探测目标、定位、导航与避碰;1957 年发射第一颗人造地球卫星,7 年后就研制出卫星导航系统,10 年后向民用船舶开放使用。现代科学技术的发展成就,信息科学、计算机技术、网络技术、传感器技术、气象导航技术、通信技术、空间卫星技术、现代控制技术、人工智能技术等在海海上得到了成功的应用,使船舶导航技术取得了长足的进步。进入 21 世纪,出现大数据、移动互联网、云计算在海上的应用,进入了智能航海时代。

航海科学技术可以是航海人员驾驶船舶在海上行航的知识、方法和手段,主要指地文航海技术、天文航海技术、无线电航海技术、船舶通信技术、船舶操纵与避碰技术。无论狭义的还是广义的航海科学技术都依赖于相关门类科学技术,并且是相

关门类科学技术在航海上的综合、集成与应用。

新中国成立后,特别是改革开放以来,航海事业有了很大的发展,在运输航海、渔业航海、科学考察航海、军事航海等各方面都取得了振奋人心、享誉全球的发展成就。2014 年末全国拥有水上运输船舶 17.20 万艘,比上年末减少 0.3%;净载重量 25785.22 万吨,增长 5.7%;平均净载重量 1499.34 吨/艘,增长 6.0%;载客量 103.23 万客位,减少 0.1%;集装箱箱位 231.87 万 TEU,增长 36.3%;船舶功率 7059.85 万千瓦,增长 8.9%。全国水路货运中,内河运输完成货运量 33.43 亿吨、货物周转量 12784.90 亿吨公里;沿海运输完成货运量 18.92 亿吨、货物周转量 24054.59 亿吨公里;远洋运输完成货运量 7.47 亿吨、货物周转量 55935.06 亿吨公里。2015 年末我国共有船员 137 万,其中注册海船船员 66 万,海员数量居世界第一。另据劳氏船级社《全球海洋趋势 2030》一书预测,中国将超过希腊和日本成为世界航运第一大国,占三大船舶市场(油运、干散货、集装箱)的平均份额 20% 以上,实现海运货物和船队占世界市场的四分之一。

值得指出的是,在近代和现代史中,中国航海科学技术落后于西方发达国家。在航海科学技术方面,则主要是学习、借鉴、引进、消化、吸收西方发达国家的航海科学技术成果,为我所用。我国原创性的航海科技成果较少,先进的船舶动力装置和系统大都凭外国专利制造,先进的航海仪器设备基本上依赖进口,新型特种专用船舶还需在国外船厂订造,在制订和修改国际航海法规和技术标准时中国还未掌握主动权和引导能力。中国将开始从货主国发展成航运国,并且成为世界最大的航运国。目前的状况与我国海洋运输业和船舶制造业在规模上下名列世界前列的状况还不相适应。邓小平同志指出“科学技术是第一生产力”。如果自主创新能力上不去,一味靠技术引进,就永远难以摆脱技术落后的局面。因此,我们要深刻认识到,拥有自主发展的先进航海科学技术,中国才能真正从航海大国走向世界航海强国。这也是航海人的一个中国梦。

航海科学技术的进步,使航海从技艺逐步发展成为科学技术,从帆船时代进入机动船时代,从地文航海和天文航海时代进入 e 航海时代。进入 21 世纪,伴随整个科学技术的迅猛发展,船舶导航技术的发展步伐进一步加快,新技术应用的周期明显缩短,其重要标志表现为:

一是导航定位数字化。传统的陆标定位、天文定位方法已成为特殊情况下的补充手段,无线电导航定位方法经过了无线电测向仪(1921 年)、雷达(1935 年)、罗兰 A(1943 年)、台卡(1944 年)、罗兰 C(1958 年)、卫星导航系统(1964 年)、全球定位系统(1993 年)的发展历程,进入高精度卫星导航定位时代。全球定位系统可在全球范围内全天候为海上、陆上、空中和空间用户提供连续的、高精度的三维定位、速度和

时间信息,使船舶、飞机和汽车等运载工具的导航与定位发生了划时代的变革。采取差分技术的 GPS 和我国北斗定位技术可把精度提高到几米。GPS 现已普遍装在船上,成为最常用、最简便、最准确的导航定位手段。此后,俄罗斯开发了 GLO-NASS 全球导航系统,中国开发了北斗卫星定位系统,欧盟开发伽里略卫星导航定位系统,使得导航定位手段多样化和高精度化。

二是通信自动化。无线电报、电传、无线电话和传真在船上采用,比船舶采用手旗、灯光进行通信已是很大的进步。1982 年国际海事卫星组织(Inmarsat)开始提供全球海事卫星通信服务。Inmarsat 可以为海陆空提供无线电话、电传、传真、数据互联网及多媒体通信业务。船舶使用全球海上遇险与安全系统(GMDSS)是船舶通信自动化的另一重要标志,该系统使用 Inmarsat 和 COAPAS—SARSAT 两种卫星通信系统,它使船与船、船与岸台全方位和全天候即时沟通信息。GMDSS 还能提供紧急与安全通信业务和海上安全信息的播发,以及进行常规通信。GDMSS 在船上的使用导致了驾驶与通信合一,传统的船舶报务员已被取消。

三是海图电子信息化。传统的标明静态、固定航海资料的纸质印刷海图已不适应船舶自动化和航海智能化(e 航海)的发展要求,电子海图显示与信息系统(EC-DIS)在近十几年研发成功并不断完善。该系统不但能很好地提供纸质印刷海图的有效信息,而且综合了 GPS、ARPA、AIS 等各种现代化的导航设备所获得了信息,成为一种集成式的导航信息系统。

四是航海资料数字化。航海所需的各种图书资料原都采用纸质印刷形式。随着计算机技术和互联网技术的发展,航海通告、潮汐表、灯标表等出现了电子版和网络版。海员可购买光盘或在网上查询与下载,这有利于航海图书资料中内容的迅速更新,避免了海员对纸质图书资料的手工更正,使用也更加方便。

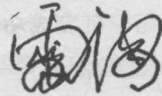
五是航行记录自动化。为了在船舶发生海上事故后查明事故原因,从中吸取教训,采取针对性防范措施,原由海员手工记录的航海日志、车钟记录簿等,现正被俗称为船舶“黑匣子”的航行记录仪(Voyage Data Recorder, VDR)代替。VDR 系统由主机、传感器、数据存储器、专用备用电源和回放再现系统等构成。船上有了 VDR,就有利于避免无法收集事故数据或当事人作伪证的情况发生,从而为海事调查发展为安全调查成为可能。

船舶与设备作为机器,终究还是由人来进行具体应用,航海人员要求熟练使用船舶与设备时,我们的人机系统的认识也需要做一些变化。在船舶技术电子化、信息化、自动化的趋势下,航海人员与船舶机器应该互相适应、人机之间应该合理分工。航海人员作为劳动者的人机结合形式,航海人员作为控制者的人机结合形式,航海人员作为监视者的人机结合形式,它们都以安全、舒适、高效为目标。处在人机

系统中,人也需具有并保持正确的自动化意识。人与机器之间的功能,有一部分是受系统功能性质制约的。在船舶人机系统中,对人与机器进行功能分配应各尽所长,互补所短,使整个系统的总体功能达到最佳效率。值班过程中系统功能分配错误就是给航海人员或机器分配了不适当的任务,以致执行过程中发生了错误,导致事故的发生。如由航海人员能够顺利执行的功能,分配给了船舶设备,或者将应该由机器执行的功能却分配给了人,从而造成整个系统功能分配的不适当,增加了系统发生事故的可能性。

开拓进取,崇尚科学。愿更多的勇敢者献身航海事业,积极探寻航海科学与技术的发展,进一步开发和利用海洋,在“一带一路”战略的实施进程中,为我国从航海大国迈向航海强国,为中华民族的振兴和国家的富强做出贡献。

航海专家、高级船长
教授级高级工程师
中国航海终身成就奖获得者



序 二

海洋是人类的摇篮,海洋是国际贸易的主通道,海洋是航海活动最广阔、最绚丽的舞台。船舶、港口、海洋、航路简单清晰地勾勒出了人类从事航海活动的框架和轨迹。

21 世纪是海洋世纪,海洋已成为人类第二大生存和发展空间。《中国海洋 21 世纪议程》中提到,为了在 2020 年实现全面建设小康社会的目标,为了在本世纪中叶建设成世界中等发达水平的国家,坚持全面协调可持续发展的科学发展观,创新航海科学技术,发展海洋生产力日益重要。世界各国未来的竞争也将在海洋上竞争。充分开发和综合利用海洋资源是世界各国进一步发展的必然要求。通过海洋完成国际贸易和大宗货物运输是客观事实,未来维护国家权益和安全、发展水运经济也需要作为载运工具和平台——船舶技术的基础支撑。

今天,我国远洋运输船舶往来于世界各沿岸国,航线覆盖全球。全面掌握航海导航科学技术,是“船舶更安全、海洋更洁净、航运更高效”的技术要求。现代导航技术涉及到航海技术的许多领域,包括地文航海、天文航海、气象导航、导航信息传输、雷达导航、综合导航、电子海图显示与信息系统、船舶操纵、船舶避碰、海上无线电通信、海上应急管理、船舶智能控制以及船舶资源管理等诸多方面。

现代航海导航,首先表现为船位确定的技术方法,即地文航海、天文航海和无线电航海。利用磁罗经和计程方法开始进行航迹推算,作远离海岸的航行。以三角计算为基础的航海方法是船舶操纵者实用技术,包括平面航法、流中航法、折航法、等纬航法、中分纬度航法、墨卡托航法、大圆航法和混合航法等等。六分仪、天文钟以及天文定位方法的应用,进一步解决了远洋航行中的定位问题,完成了天文航海的构建。现代海图开始普及后,大多数航法计算为海图绘算所取代,使航海作业更方便、直观。陀螺罗经、计程仪、测深仪、雷达、无线电测向仪和各种双曲线定位仪等新式航海仪器航海上广泛使用,在很大程度上提高了推算船位和观测船位的准确性。随着无线电导航系统自动观测能力和观测精度的不断提高以及通过微处理机将船舶各种航海仪器和操纵系统综合起来,初步实现了船舶航行自动化,使导航技术出现了一次新的飞跃。

美国海军建立了气象导航机构,在理论上和方法上进行了气象航线研究,从实践效益上作了验证。根据天气和海况预报、船舶性能和技术条件、航行任务,为船舶

优选横渡大洋航线和保证付诸实现。

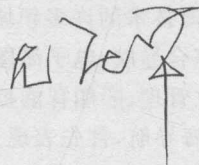
进入 21 世纪以来,高新技术得到迅猛发展并在航海上得到广泛应用,导航技术呈现导航信息传输、雷达导航、综合导航、e 航海技术。通过电子信息方式,整合现有的和新的导航设备,特别是电子设备,在船上和岸上收集、综合和显示海事信息,以增强船舶从泊位到泊位的全程航行、海上服务、安全和安保能力,更好地保护海洋环境,提高航行安全和效率。

《船舶导航技术手册》一书,保留了经典的地文航海和天文航海的主要内容,重点介绍了融入现代高新技术、现代管理理念和心理学最新研究成果的现代航海技术,尤其是船舶资源管理(SRM)、全球卫星导航系统(GPS)、综合导航(IFS)、电子海图显示与信息系统(ECDIS)、海上无线电通信(GMDSS)、船舶自动识别系统(AIS)、航行数据记录仪(VDR)等。

作为一本综合性的航海手册,可以作为肩负实现我国从航海大国迈向航海强国蓝色梦想,实施“一带一路”国家战略的航海类学子们和广大航海工作者们必备的一本非常实用的工具书。

船舶导航,科技助力航海腾飞。航海强国,立志献身八万里航程。创新传承,跃马驰骋于七洲四洋。继往开来,中国航海再创辉煌。

高级船长、教授



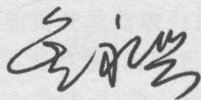
序 三

进入新世纪以来,世界科技在突飞猛进,高新技术在航海领域得到广泛应用,使得航海应用科技面貌焕然一新。特别是现代卫星导航技术与卫星通信技术、电子海图显示信息技术、气象导航技术、综合导航技术等,在船舶导航技术领域的广泛普及;大型化、专业化、高速化、自动化甚至智能化船舶运用的新操纵技术与管理方法,这一切都改变了传统的船舶导航技术体系。实践证明,技术进步对促进船舶安全管理、减少海上交通事故以及防止海洋污染起到了十分有效的作用。近年来,国际海事组织用以人为本的发展理念,提出了培养“高素质海船船员”的新要求。这表明海船船员需掌握先进的航海技术,从而实现平安航海、科学航海。

当前,迫切需要对船舶导航技术领域所发生的最新变化,以及海船船员为促进海上交通安全和保护海洋环境所采取的管理措施,加以梳理、总结、编著成册,以便提供给广大船员和航海工作者在实践中进行学习和参考。受上海熔圣船舶海洋工程技术有限公司的委托,上海海事大学商船学院组织航海系教师精心编著这本反映现代船舶导航科技的技术手册。编著团队是从事航海教育的资深教师,长期跟踪船舶导航技术的发展和变化,他们中既有导航科学技术的研究者,又有船舶生产运营的管理者,还有船舶营运的操作者实践者。他们广泛收集资料,进行了两年多的广泛调研和认真撰写,其内容再现了传统和前沿的船舶导航技术。

秉承理论联系实际的理念,推出符合现代船舶导航应用现状和发展的科学技术手册。其编排顺序为:首先说明地文导航、天文导航、气象导航等基础知识体系,然后阐释导航传感器、雷达导航、电子海图、综合导航等电子导航知识体系,最后全面介绍操纵与避碰、船舶通信、船舶应急、资源管理等实用技术。这是一部反映导航应用技术的力作,也是一部奉献给广大船员和航海工作者的科技参考用书。我相信,《船舶导航技术手册》的出版,无论对于促进航海科技的普及、保障船舶航行安全和保护海洋环境以及建设高素质的海船船员队伍,都将起到积极的推动作用。

上海海事大学
载运工具运用工程教授、博导



前 言

致力于远洋航海的实践者,想必对船舶导航的悠久历史及其对海洋文明发展所起到的作用感到好奇,并引发对这一既古老又充满现代活力的理论和技术一探究竟的愿望。船舶导航意思是引导船舶沿一定航线从一点运动到另一点的方法。这里既有船舶操纵的技术,又有与船舶相关设备的应用技术。既有船舶航海技术,也有包括船基、岸基、天基的无线电技术,当下还包括了船舶信息技术。因而,船舶导航技术是船舶操纵、空间通信、信息互联等相关门类科学技术在航海上的综合、集成与应用。

全书共分 11 篇。第 1 篇简要介绍船舶资源管理(SRM)、船舶人力资源管理、船舶安全管理、航次计划与团队管理(BTM)等船舶驾驶台值班要求。第 2 篇精要说明地球坐标、方向和距离以及海图与船位基础知识。第 3 篇介绍天球坐标系、天体视运动、时间与天体位置、天文船位线、观测天体求罗经差等与现代航海适用的实用技术。第 4 篇解释大气环流、气团与锋、锋面气旋、冷高压与副热带高压、热带气旋、海流、海浪等基础知识,介绍船舶海洋气象导航。第 5 篇介绍电子位置传感器、航向测量装置、深度及航程测量设备(SDME)、导航传感设备接口标准等。第 6 篇介绍雷达工作原理、雷达使用性能与影响因素、航海雷达目标跟踪和显示、AIS 目标显示、航海雷达新技术。第 7 篇介绍电子海图显示与信息系统(ECDIS)的系统组成与功能要求、ECDIS 的基本导航功能、ECDIS 的显示功能、航线计划功能、航行监控功能以及雷达和 AIS 数据叠加、电子海图与雷达信息叠加等。第 8 篇介绍综合船桥系统(IBS)、首向自动控制系统以及船用航行记录仪(VDR)等;第 9 篇具体介绍了船舶操纵的船体性能、环境对船舶运动的影响、船舶在不同环境条件下的操作以及国际海上避碰规则;第 10 篇介绍全球海上遇险和安全系统(GMDSS)、船舶电台的管理、MF/HF/VHF 通信、INMARSAT 日常通信、海上安全信息业务、遇险、紧急与安全通信等;第 11 篇介绍船舶应急操纵、船舶应急管理技术。

本书由上海海事大学商船学院、上海市航海学会、广东省航海学会、上海研途船舶海事技术有限公司组编,由席永涛副教授、胡甚平教授、胡勤友教授统稿,尤庆华高级船长、教授审定,周长江负责出版管理。第一篇船舶驾驶及驾驶台团队,由席永涛、胡甚平编写;第二篇地文导航、第四篇气象导航由邹友家编写;第三篇天文导航由沈淳编写;第五篇导航传感器、第六篇雷达导航由应士君编写;第七篇电子海图显

示与信息系统由刘德荣编写;第八篇综合导航由陈宇里编写,第九篇船舶操纵与避碰由杲庆林、龚雪根编写,第十篇船舶无线电通信,由刘伟潮编写;第十一篇船舶应急由杲庆林、龚雪根编写。

由于船舶导航技术涉及领域非常广泛,科技发展很快,编写者力求做到物理概念清晰、说明详尽、前沿跟踪迅速、图形描述细致,使得手册图文并茂、深入浅出。虽然编者在本书的系统性、整体性和实用性等方面做出了努力,也进行了一些有益的尝试,但是限于学术水平有限,加上时间仓促,本书难免存在疏漏与错误,恳请使专家学者和读者批评指正。

编者
2017 年 3 月

目 录

第一篇 船舶驾驶及驾驶台团队.....	1
第一章 船舶资源管理概述	3
第一节 资源管理的内涵和作用	3
第二节 资源与管理	5
第三节 资源管理的工作原理与要求	9
第二章 船舶人力资源管理	16
第一节 人因素与船舶安全	16
第二节 船舶组织和团队	37
第三节 船长的责任	65
第四节 通信与沟通	76
第三章 船舶安全管理	93
第一节 制度与程序	93
第二节 人机系统与自动化意识	102
第三节 工作任务分析与风险评估	106
第四章 航次计划与团队管理	113
第一节 航次计划的规范要求	113
第二节 航行计划执行规范在船上的实践	117
第三节 引航员在船	120
第二篇 地文导航	131
第一章 坐标、方向和距离	133
第一节 地球形状和地理坐标	133
第二节 航向与方位	135

第三节	向位的测定与换算	137
第四节	能见地平距离和物标地理能见距离	141
第二章	海图	144
第一节	海图	144
第二节	识图	146
第三章	船位的确定	149
第一节	航迹绘算	149
第二节	陆标定位	152
第三节	潮汐与潮流	156
第四节	中版航海图书资料	163
第五节	英版航海图书资料	167
第三篇	天文导航	183
第一章	基本原理	185
第一节	天文定位基本概念	185
第二节	天文航海主要内容	186
第二章	天球坐标系	188
第一节	天球坐标系	188
第二节	坐标变换	195
第三节	天球图	198
第四节	航用天体	200
第三章	天体视运动	203
第一节	天体周日视运动	203
第二节	太阳周年视运动	207
第三节	行星、月亮视运动简介	210
第四章	时间与天体位置	214
第一节	时间系统概述	214
第二节	恒星时	217
第三节	视时	219
第四节	平时	221
第五节	区时	226
第六节	求测天世界时	232

第七节 求天体位置	235
第五章 求天体真高度	244
第一节 航海六分仪	244
第二节 求天体真高度	250
第六章 天文船位线	258
第一节 高度差法(又称截距法)	258
第二节 太阳、行星和恒星船位线	263
第三节 观测太阳中天高度求纬度	264
第四节 观测北极星高度求纬度	267
第七章 观测天体定位	271
第一节 观测太阳移线定位	271
第二节 晨昏测星定位	274
第八章 观测天体求罗经差	280
第一节 观测天体求罗经差的原理及其注意事项	280
第二节 观测低高度太阳方位求罗经差	282
第三节 观测太阳真出没方位求罗经差	285
第四节 观测北极星方位求罗经差	286
第五节 利用 GPS 船位求罗经差	287
第四篇 气象导航	289
第一章 气象学基础	291
第一节 大气的组成与结构	291
第二节 气压	294
第三节 风	299
第四节 空气的垂直运动和大气稳定度	306
第五节 温度与湿度	307
第六节 云与雾	313
第二章 大气环流	319
第一节 行星风带和气压带	319
第二节 实际大气平均水平环流的基本特征	321
第三节 季风环流	324
第四节 局地环流	328

第五节 地方性风	329
第三章 气团与锋	331
第一节 气团	331
第二节 锋	334
第四章 锋面气旋	342
第一节 锋面气旋的发展演变	342
第二节 锋面气旋的天气结构和活动规律	344
第三节 我国近海和日本近海的锋面气旋	348
第五章 冷高压与副热带高压	352
第一节 反气旋概述	352
第二节 冷高压	353
第三节 副热带高压	356
第六章 热带气旋	359
第一节 热带气旋概况	359
第二节 热带气旋的形成条件和强度变化	361
第三节 热带气旋的天气结构和风浪分布特征	362
第四节 热带气旋的移动	364
第五节 南海热带气旋	366
第六节 船舶测算和偏离热带气旋的方法	368
第七章 海流	372
第一节 海流的分类和表示方法	372
第二节 世界大洋表层海流模式	376
第三节 世界海洋表层海流系统	378
第四节 海流传真图	383
第五节 厄尔尼诺现象和拉尼娜现象	385
第八章 主要海洋水文气象要素的气候分布	387
第一节 大洋上风与浪的分布概况	387
第二节 中国近海风与浪的分布概况	388
第三节 海冰分布概况	388
第九章 海浪	390
第一节 概述	390
第二节 群波和驻波(简述)	392