

高等学校教材

现代导航信息系统

XIANDAIDAOHANGXINXIXITONG

主编
吴建华



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

高等学校教材

现代导航信息系统

主 编 吴建华

主 审 许昌如

武汉理工大学出版社

武汉

内容提要

全书分为十一章。第一章介绍了现代导航信息系统的内容;第二章介绍了船舶气象导航的原理和船舶气象定线方式;第三章介绍了自动操舵系统的发展及原理;第四章介绍了船位推算系统和船位测定系统;第五章介绍了自动识别系统 AIS;第六章介绍了自动避航系统;第七章介绍了船舶交通服务系统;第八章介绍了船载航行数据记录仪;第九章介绍了电子海图显示信息系统;第十章介绍了组合导航系统;第十一章介绍了船舶集成驾驶台。

本书对上述系统的组成、工作原理、功能、特点、应用进行了详细地说明并给出了相关的实例供读者学习。

本书可作为高等航海院校航海技术专业、海事管理专业的本科和专科学生的使用教材,也可作为海船船员适任证书考试的教科书及交通信息工程及控制专业的研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代导航信息系统/吴建华主编. -武汉:武汉理工大学出版社,2007.10
ISBN 978-7-5629-2612-2

I: 现… II: 吴… III: 航海导航-信息系统 IV: U675.7-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 157298 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉洪山区珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

HTTP://www.techbook.com.cn 理工图书网

经销者:各地新华书店

印刷者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:13.75

字 数:352 千字

版 次:2007 年 10 月第 1 版

印 次:2007 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。本社购书热线电话:(027)

87397097 87394412

E-mail:wutp2005@126.com

前 言

随着科学技术的不断发展,近年来对船舶驾驶员的理论和实践水平要求也越来越高。本书依据海洋船舶驾驶专业最新教学大纲,结合海证考试新大纲对航海学新增内容的要求,参考大量的最新航海资料编写而成。

本书编写的目的是为了适应现代导航信息技术的发展,使航海院校毕业的学生尽快适应工作环境,满足教育部对航海类专业学生的培养要求。本书可作为高等航海院校航海技术专业、海事管理专业本科和专科“现代导航信息系统”课程的教材,还可作为海船船员适任证书的教科书及参考书。另外,本书不仅给出了大量设备的实例,还提供了作者从事研究的实例供交通信息工程及控制专业的研究生参考。

本书第二章由张进峰编写;第三章由陈宏权编写;第七章由李红祥编写;第九章由牟军敏编写;第十一章由焦战立编写;其他章由吴建华编写。本书由吴建华担任主编,由许昌如担任主审。

在本书编写过程中得到了许多老师和有关方面的大力支持,在此一并表示感谢。由于航海技术的发展极其迅速,本人水平有限,书中不足之处在所难免,恳请使用本书的师生与其他读者批评、指正。

编 者

2007 年 7 月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 导航系统的概念	(1)
第二节 导航系统的发展	(2)
第三节 现代导航信息系统的内容	(4)
复习思考题	(5)
第二章 船舶最佳航线编制系统	(6)
第一节 船舶计划航线编制系统简介	(6)
一、航线设计的一般方法和准则	(6)
二、气象导航	(7)
三、气候航线和气象航线	(8)
第二节 船舶气象导航的原理	(10)
一、气象导航的基本原理	(10)
二、气象导航使用的资料	(11)
三、船舶气象定线方法	(12)
第三节 船舶气象定线方式	(14)
一、岸上气象导航	(14)
二、船舶自行气象导航	(16)
三、船岸结合导航	(18)
复习思考题	(20)
第三章 自动操舵系统	(21)
第一节 自动控制系统	(21)
一、自动控制系统的基本概念与组成	(22)
二、开环控制系统	(22)
三、闭环控制系统	(22)
四、控制系统的基本组成	(23)
第二节 自动控制系统的数学模型	(24)
一、基本概念	(24)
二、建立数学模型的方法	(24)
第三节 自动控制系统的分类	(25)
一、根据系统数学模型的差异来划分	(25)
二、根据控制系统的对象及其控制任务的不同来划分	(25)
第四节 自动操舵仪简介	(26)
第五节 智能控制的基本概念	(28)
一、智能控制的产生	(28)
二、智能控制系统	(29)
三、智能控制系统的基本结构	(29)

四、智能控制系统的主要功能	(30)
五、智能控制系统的数学工具	(31)
第六节 智能控制系统的分类	(31)
一、专家系统控制	(31)
二、模糊控制	(32)
三、人工神经网络控制	(32)
四、仿人智能控制系统	(33)
第七节 我国对自动舵的研究及发展方向	(33)
第八节 自动操舵系统实例	(34)
复习思考题	(40)
第四章 自动定位系统	(41)
第一节 船位推算系统	(41)
一、罗经及计程仪导航系统	(41)
二、惯性导航系统	(41)
第二节 船位测定系统	(42)
一、GPS 全球卫星定位系统	(42)
二、GLONASS 全球卫星定位系统	(43)
三、北斗卫星定位系统	(44)
四、伽利略全球卫星定位系统	(48)
第三节 水下定位导航系统	(52)
第四节 GPS 定位应用实例	(53)
复习思考题	(57)
第五章 船舶自动识别系统 AIS	(58)
第一节 概述	(58)
一、船舶自动识别系统简介	(59)
二、AIS 的国际公约	(60)
第二节 AIS 系统构成及主要功能	(60)
一、系统组成	(60)
二、系统的主要功能及工作模式	(61)
三、AIS 通信协议	(62)
第三节 AIS 在航海中的应用	(63)
第四节 AIS 发展的前景	(65)
第五节 AIS 设备使用实例	(65)
一、设备实例	(65)
二、AIS 信息解码实例	(76)
复习思考题	(84)
第六章 自动避航系统	(85)
第一节 自动避碰系统	(85)
一、自动避碰系统的基本内容	(85)
二、船舶自动避碰系统的构成及基本原理	(86)
三、现有传感器的局限性	(86)

四、现有的避碰装置	(87)
五、船舶自动避碰系统研究概况	(89)
第二节 自动避礁系统	(94)
一、自动避礁系统的研究	(94)
二、实例介绍	(94)
复习思考题	(96)
第七章 船舶交通服务系统	(97)
第一节 VTS 概述	(97)
第二节 VTS 系统的组成	(100)
一、VTS 系统硬件设备	(100)
二、系统软件	(102)
三、管理机构	(103)
四、参与 VTS 的船舶	(104)
第三节 VTS 的管理和成效	(105)
第四节 VTS 目前存在的一些问题	(106)
第五节 新技术在 VTS 系统中的应用	(107)
一、GPS 在 VTS 中的应用	(107)
二、脉冲多普勒雷达在 VTS 中的应用	(107)
三、AIS 在 VTS 中的应用	(108)
第六节 VTS 的发展趋势	(114)
第七节 VTS 系统实例	(115)
复习思考题	(119)
第八章 船载航行数据记录仪	(120)
第一节 概述	(120)
第二节 船舶黑匣子的发展	(121)
第三节 VDR 的配备要求和相关法规	(122)
一、VDR 的安装期限	(122)
二、VDR 管理	(123)
三、VDR 安装	(124)
四、VDR 在海事取证中应注意的问题	(124)
第四节 船舶黑匣子的组成和要求	(124)
第五节 船舶黑匣子的功能	(125)
第六节 S-VDR 概述	(126)
第七节 船舶安装 VDR 的重要意义	(127)
第八节 VDR 的发展方向	(129)
第九节 VDR 实例	(130)
一、KELVIN HUGHES NDR2002 VDR	(130)
二、安可尔船用黑匣子	(143)
复习思考题	(146)
第九章 电子海图显示信息系统	(147)
第一节 电子海图显示与信息系统概述	(147)

第二节 为什么使用电子海图显示与信息系统	(152)
一、发展概述	(152)
二、ECDIS 的主要功能	(153)
三、ECS 在内河水域船舶通航的应用	(155)
第三节 如何学习电子海图显示与信息系统	(157)
第四节 ECDIS 实例	(160)
一、Transas Navi-Sailor 3000	(160)
二、KELVIN HUGHES ECDIS Nucleus 3	(162)
复习思考题	(174)
第十章 组合导航系统	(175)
第一节 船舶组合导航概述	(175)
一、船舶组合导航系统的组合模式	(175)
二、船舶组合导航系统的基本组成	(176)
三、组合导航系统的主要特点	(177)
第二节 船舶组合导航带来的导航技术变革	(179)
第三节 船舶组合导航的发展趋势	(180)
第四节 组合导航基础研究实例	(181)
一、雷达数据的采集与重放	(181)
二、基于 GPS 的船舶航行数据采集与显示	(186)
复习思考题	(189)
第十一章 船舶集成驾驶台	(190)
第一节 集成驾驶台概念	(190)
一、集成驾驶台概念	(192)
二、一人驾驶台操作准予入级的准则	(192)
三、集成驾驶台构成与智能化配置	(193)
第二节 船商综合船桥系统 Navi-Bridge 3000	(195)
一、驾驶台控制面板及显示系统	(196)
二、雷达/ARPA 系统	(198)
三、电子海图系统(ECDIS)	(199)
四、导航仪器系统	(200)
五、SAILOR-3000 型 GMDSS 船用通信设备	(200)
六、网络文件服务器	(200)
第三节 ATLAS NACOS 55-2	(201)
一、概述	(201)
二、NACOS	(202)
复习思考题	(211)
参考文献	(212)

第一章 概 论

人类在新石器时代晚期就已有航海活动。当时中国内地制造的一些物品在台湾岛、大洋洲,以至厄瓜多尔等地均有发现。公元前 4 世纪古希腊航海家皮忒阿斯就驾驶舟船从今天的马赛出发,由海上到达易北河口,成为西方最早的海上远航。公元前 490 年,在波斯与古希腊的海战中,古希腊就曾以上百英尺长的战舰参战。中国,早在汉代已远航至印度,把当时罗马帝国与中国联系起来;唐代为扩大海外贸易,开辟了海上丝绸之路,船舶远航到亚丁湾附近。在当时的科学技术条件下,航海是靠山形水势及地物为导航标志,属地文航海;而以星辰日月为引航标志的,则属天文航海技术之一。指南针是中国历史上的一大发明,宋代将其应用到航海上,解决了海上航行的航向问题,也开创了仪器导航的先例。现代船上使用的磁罗经,是 12 世纪船用磁罗经传入欧洲后,由英国人开尔文改进了的海军型磁罗经。助航设施灯塔很早就已使用。

公元 15 世纪是东西方航海事业大发展时期。1405~1433 年,中国航海家郑和率船队七下西洋,历经 30 多个国家和地区,远航至非洲东岸的现在索马里和肯尼亚一带,成为中国航海史上的创举。1420 年葡萄牙创办了航海学校;船长迪亚士在 1487 年航海到非洲最南端,命名该地为好望角;1497 年达·伽马率船队从里斯本出发绕过好望角到达印度。此后葡萄牙人又到达中国、日本。1492 年 10 月意大利航海家哥伦布发现了美洲大陆。1499~1500 年,意大利航海家亚美利哥 2 次登上美洲大陆考察,证实这片陆地是一片新发现的陆地,而不是哥伦布当年认为的印度岛屿,故命名新大陆为亚美利加洲,简称美洲。16 世纪始,航海技术迅速发展。1569 年地理学家墨卡托发明的投影成为现代海图绘制的基础。进入 20 世纪后,现代航海技术取得重大成就,20 世纪 60 年代出现奥米加导航系统,随后又出现和应用了卫星导航系统、自动标绘雷达等。航海要求船舶迅速而安全地行驶,在现代条件下,需采用现代导航设备。

随着航海技术的发展,GPS、ARPA、ECDIS、AIS 已比较广泛地应用于船舶航行中,面向港口交通服务的 VTS 也在各主要港口投入运行。现代导航信息系统的实质就是将先进的信息技术、通讯技术和网络技术应用于航海,从而实现提高交通的安全水平、提高通航能力和航运效率的目的。

第一节 导航系统的概念

1. 导航

导航即引导航向。

生活中——有经验的人指导没有经验的人。

网络中——分类网站的查询等。

航海中——引导船舶安全、经济地到达目的地。

2. 定位

准确地确定出自己的位置(船位),离目的地还有多远,为导航提供重要依据。

3. 信息

人们到处在谈论信息,我们越来越多地听到信息这个词汇。我们听说:“我们现在进入了一个信息化社会,我们正在迈向信息高速公路,我们将要迎接一个信息爆炸的新时代。”

那么什么是信息呢?

广义地说,信息就是消息。一切存在都有信息。对人类而言,人的五官生来就是为了感受信息的,它们是信息的接收器,它们所感受到的一切,都是信息。然而,大量的信息是我们的五官不能直接感受的,人类正通过各种手段来感知它们,发现它们。

不过,人们一般说到的信息多指信息的交流。信息本来就是可以交流的,如果不能交流,信息就没有用处。信息还可以被储存和使用。你所读过的书,你所听到的音乐,你所看到的事物,你所想到或者做过的事情,这些都是信息。

4. 导航信息

导航信息是关于导航领域的情报(数据)。

5. 系统

系统是由客观世界中实体与实体间的相互作用和相互依赖关系构成的具有某种特定功能的有机整体。

6. 现代导航信息系统

现代导航信息系统是一个从某个设备、渠道获得并提取有用的关于导航的情报(数据)加以处理、存储、显示等为广大用户服务的有机整体。

第二节 导航系统的发展

1. 推算导航

根据船舶的航向、航程推算出船舶位置,所利用的是磁罗经、计程仪、天文钟等。

2. 陆标导航

在有陆标的江河、海区航行时,通过测定陆标的方位、距离或水平夹角等确定船舶的位置。

3. 天文导航

天文导航是利用天球上具有一定运动规律的天体——星、太阳、月亮求出船舶的位置,所用的装置是六分仪。

4. 无线电导航

无线电导航是利用无线电方法确定船舶的位置,并引导它安全经济地航行,利用的是无线电测向仪、劳兰 A、劳兰 C、奥米加、台卡以及卫星导航。

5. 现代导航

现代导航是将无线电导航中的定位装置和其他实体,如 VTS (Vessel Traffic Services)、AIS (Automatic Identification System)、VDR (Voyage Date Recorder)、电子海图等有机地结合起来,通过使用计算机技术、GIS (Geographical Information System) 技术、通信技术、人工智能技术、自动控制技术等,形成的一个现代导航系统。

6. 自动导航

输入目的港,船舶按一定的航向、航速自行航行,并不断地获取导航信息,完成定位、计算、修正、自动避碰等工作,最终安全抵达目的港。

现代导航信息系统研究的是如何运用现代航海新技术,借助具有某些特定功能的系统正确地获取有用信息、处理信息、显示信息,来引导我们的船舶安全、经济地抵达目的地。

现代科学技术的发展推动了现代导航技术的进步,特别是随着 GPS 的普及和应用,电子海图技术的日趋成熟, VTS 和 AIS 的发展,组合导航和集成驾驶的出现,使得导航技术从分离的单个的航海仪器朝着综合的集成的系统方向转变,现代导航技术产生了质的飞跃。

计算机接口技术的应用为各种导航信息的采集提供了保障;计算机软件技术的发展使得各种信息的处理更加快捷和准确;GIS 技术在航海中的应用使得信息显示可视化;通信技术的应用使得信息传输稳定可靠;人工智能技术为船舶智能化提供了理论基础;自动控制技术使得船舶自动化、无人化发展有了可能。

现代导航技术的发展与船舶自动化的发展是分不开的。自动控制技术在其他工业领域得到了广泛的应用,并取得了很大的成功,航海工作者为了追求更多的利润及保障船舶的安全,尝试着把自动控制技术应用到航海领域来。

所谓自动控制,就是在无人参与的情况下利用控制装置使被控对象或过程自动地按预定的运行规律运行。船舶自动化就是事先输入计划航线,船舶能自动操纵、自动导航安全抵达目的港。

按照船舶自动化的发展,自动化船可以分为以下几个阶段:

(1) 第一代自动化船

20 世纪 60 年代以机舱集中控制、集中监测为主,驾驶室也可以主机遥控,一个值班人员在环境较好的机舱中对动力装置进行监视和控制。

(2) 第二代自动化船

20 世纪 60 年代中期,以无人值班机舱为核心,用自动化设备代替轮机人员在机舱值班期间的操作管理工作,定期无人值班。

(3) 第三代自动化船

20 世纪 60 年代末不局限机舱,进入船舶全面实现计算机控制的超自动化船。在一台计算机上设置有:装卸货控制程序、避碰程序、轮机记录程序、船体状态计算程序、卫星导航定位程序、机舱故障应急程序、最佳配载程序、船位推算程序以及最佳航线程序。

20 世纪 70 年代在多台计算机上控制,完善各种程序控制,设有最佳航次程序。以上虽然实现了一些船舶自动化,但是驾驶管理的绝大部分工作还依赖于驾驶员来完成。

船舶驾驶员对船舶状态、航行状态、周围环境等一般是依据其知识和航行经验做出判断,根据这些判断做出决策,不一定正确,更谈不上最佳。船舶自动化下一个目标便是达到真正意义上的自动化——无人化。

智能化船舶——无人操纵状态下的自动驾驶航行系统,是集航海学科知识、船长经验之大成的专家系统,可赋予船舶智能化的逻辑思维决策功能,从而实现船舶的航行操纵和营运自动化的智能管理。

现代导航信息系统与航海自动化两者既有联系,又有所区别,在采集信息和应用信息进行导航过程中,采用了很多自动化手段和技术,为船舶实现自动化提供安全的保障。但两者的侧重点不同,现代导航信息系统强调的是应用技术来达到导航的目的,而航海自动化强调的是自动化理论基础及船舶自动化技术的实现。

第三节 现代导航信息系统的内容

根据前面对现代导航信息系统的描述,可以将各系统关系图整合为自动化时代的导航系统结构关系图(图 1-1)以及无人化时代的导航系统结构关系图(图 1-2)。图 1-1 所处的时期虽然为自动化时期,但驾驶管理的绝大部分工作还依赖于驾驶员来完成,整个系统是以电子海图为中心的,各个系统将自己的信息提供给电子海图供驾驶员实现可视化管理。

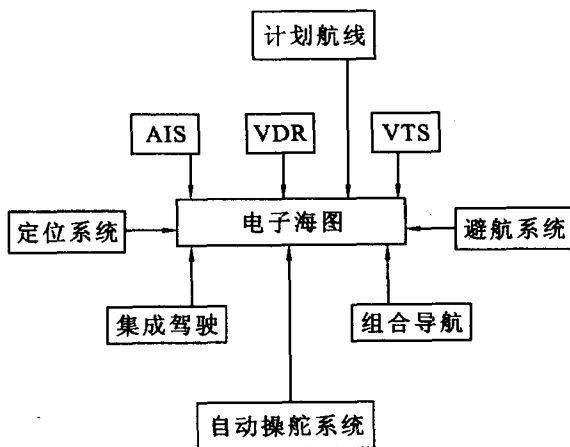


图 1-1 自动化时代的导航系统结构关系图

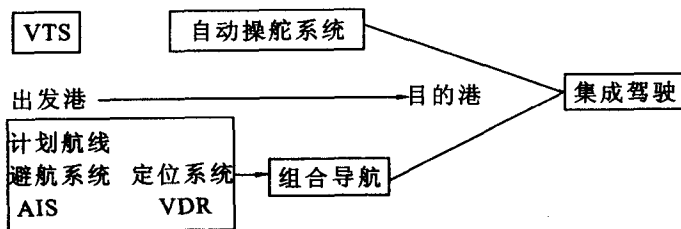


图 1-2 无人化时代的导航系统结构关系图

本书所要叙述的主要内容有:船舶最佳航线编制系统、自动操舵系统、自动定位系统、自动识别系统 AIS、自动避航系统、船舶交通服务系统 VTS、车载航行数据记录仪 VDR、电子海图显示与信息系统、组合导航系统、船舶集成驾驶台。

1. 船舶最佳航线编制系统

在电子海图上直接进行计划航线的制作,为船舶到达某个目的港提供安全、经济的最佳航线。

2. 自动操舵系统

在机舱自动化提供预定的推进动力和航速的基础上,采用自动舵代替人工舵沿着最佳航线航行,在电子海图上能够监控船舶航行状态。

3. 自动定位系统

利用各种定位系统为本船提供实时的、高精度的船位,同时在电子海图上显示出本船的位置。

4. 自动避航系统

将保障本船避开水面上的船舶等目标及水面下的障碍物,可以使用电子海图中的空间分析函数来实现某些功能并在电子海图上得到监控。

5. 船舶交通服务系统 VTS

这是一个港口交通管理和服系统,在船舶的起始港和目的港都将为电子海图上显示的船舶提供导航服务。

6. 自动识别系统 AIS

在港口提供船与岸之间的信息交流平台,在航行中提供船与船之间的信息交流平台,各种 AIS 信息都是在电子海图上显示的。

7. 船载航行数据记录仪 VDR

将本船的各种导航信息记录下来,为海事事故提供分析依据,可以在电子海图上重放船舶航行历史轨迹。

8. 电子海图显示与信息系统

该系统是船舶自动化时期的核心内容,作为现代导航信息的终端设备,显示各种导航信息。

9. 组合导航系统

具有数据定位、数据航行、数据操舵、数据配载以及导航控制台等多个子系统组成的数据驾驶台,它除了执行导航功能外,还可以处理船舶的避碰信息、天文数据、海图绘制及燃料消耗等。

10. 船舶集成驾驶台

它是集集成控制、模块化设计、屏幕式显示、工作台式布局和电子海图于一体的系统。

图 1-2 所处的时期为无人化时代,电子海图的作用将被船舶智能化取代。图 1-1 中各个系统大多是分离式的,图 1-2 中更强调各个系统的整合。组合导航系统将船舶最佳航线编制系统、自动定位系统、自动避航系统、AIS、VDR 整合在一起,强调的是认知集成,不再是将惯性导航、卫星导航、天文导航、劳兰 C 导航等导航方式组合在一起,取长补短,以提高定位精度的传统意义上的设备组合导航。船舶集成驾驶台则是将自动操舵系统和组合导航系统整合在一起。系统的主要特点是具有完善的综合导航、自动操船、自动避碰,丰富的图形界面、通信和航行管理控制自动化等多种功能。系统的主要使命是实现船舶航行高度自动化,直至实现最终目标——全自动化无人驾驶。

复习思考题

1. 简述信息、导航、系统的概念。
2. 简述现代导航系统的概念。
3. 简述导航系统发展的过程。
4. 简述船舶自动化发展所经历的几个阶段。
5. 试述现代导航信息系统与航海自动化的关系。
6. 试述自动化与无人化时代导航系统的特点。

第二章 船舶最佳航线编制系统

现代导航所追求的最终目标就是自动导航。如前所述：输入目的港，船舶按一定的航向、航速自动航行，并不断地获取导航信息，完成定位、计算、修正、自动避碰等工作，最终安全抵达目的港。整个过程完全不依赖船舶驾驶员的控制，自动完成。对于自动导航系统，人们要求它首先能自动编制一条安全而经济的航线，并自动控制船舶沿着这条航线驶往目的地。所以自动导航的首要任务是根据运输任务、船舶情况、环境条件等编制一条安全经济的航线，而完成这个任务的就是船舶最佳航线编制系统。

虽然现代远洋巨轮船体坚固并装有先进的导航设备，但海洋气象环境的变幻莫测和巨大摧毁力，仍威胁着巨轮的航行安全。据统计，世界上因风暴、海雾等恶劣天气的影响，每年遇难沉没的大型船舶超过 10 艘，损失相当惨重。海难事故频繁发生，不仅造成生命财产损失，还导致海洋环境污染，引起各国严重不安。因此，按天气和海洋情况，为海上航行船舶选择一条安全的最佳航线越来越重要。航线优选时还要考虑船舶技术状况，以及保证按选定航线安全航行的其他保障措施。用此种方法确定的航线称为气象航线，是推荐航线的一种。

船舶气象导航是现代航海中的一门新技术。在当今国际航运界竞争日益激烈的情况下，为保证在航运市场中的竞争能力，如何减少船舶燃料消耗、降低营运成本、保证安全准时、减小船损和货损已成为人们日益关注的问题。船舶气象导航技术的应用是解决这一问题的的重要手段。

第一节 船舶计划航线编制系统简介

一、航线设计的一般方法和准则

制定航行计划的中心任务是选择最佳航线，这是驾驶员的一项重要任务。所谓最佳航线，通常理解为在保证足够安全的同时，能使船舶航行路线最短、时间最经济的航线。特别是对跨洋的长航线，具有更大的实际意义。大洋航行的特点是航线长，距岸远，水域深，障碍物少，因此，航线具有较大的选择性。为了选择最佳方案，必须充分了解航区的详细情况。

驾驶员在选定大洋航线时应考虑的因素主要有：

1. 气象条件

- (1) 世界风带的一般规律；
- (2) 季风；
- (3) 热带气旋；
- (4) 雾；
- (5) 流冰和冰山。

2. 海况

- (1) 海流；

(2) 海浪。

3. 障碍物

4. 定位和避让条件

5. 本船条件

(1) 本船结构强度;

(2) 吃水;

(3) 航速;

(4) 吨位;

(5) 客货载情况;

(6) 船员。

在自动导航系统中, 航线设计系统显然是其中很重要的子系统, 分析设计航线的几个主要依据, 例如障碍物、定位和避让等方面的资料可以在系统中加以储存, 并根据有关通告适时加以改正; 本船条件可以根据资料与航次装载情况进行校正。相对于一个航次, 或一个长航程的一段具体时间, 可以认为这些条件不是随机的, 从而突出了气象与海况在航线设计中的地位。随着气象学和海洋学的发展, 船舶通讯导航设备的不断完善, 计算机技术、现代控制理论在航海上的应用, 以及进而逐步发展起来的以中、长期天气预报为基础的气象定线技术, 气象导航系统也逐步发展起来。

二、气象导航

1. 气象导航的定义

目前把根据中短期天气与海况, 结合船舶性能、技术条件与航行任务, 来选择最佳航线、确定航向、调整航速、指导航行的方法, 称为船舶气象导航, 也称为气象定线或船舶最佳航线 (Optimum Track Ship Routing, OTSR)。气象定线所推荐的航线, 称为气象航线。

根据船舶运输任务和船长要求的不同, 所推荐的航线又分为以下几种:

(1) 最短航时航线

最短航时航线是使船舶从出发港到目的港之间的整个航行, 在确保安全 (即船损、货损减小到最低限度) 的前提下, 航时最短, 使之节省燃料, 提高船舶营运效益。因此最短航时航线又称为经济航线。

(2) 最省燃料航线

在一定的航线时间, 提供燃料消耗最少的航线。这种航线是直接通过节能而获得经济效益, 又称为节能航线。对于特定班轮, 在保证班期的前提下, 采用节能航线, 可获得更大效益。

(3) 货物安全航线

为货轮提供对于货物, 特别是那些装载于甲板的货物给予最小损害的航线。

(4) 最舒适航线

为客轮和旅游船提供在航行中尽量减小大风浪的影响的最舒适航线, 以便最大限度地保障旅客安全, 提供舒适条件。

(5) 为完成船上预定的维修保养工作, 提供足够好天气的航线

(6) 以上准则的某一组合

无论选择哪一种航线,大范围的天气和海况是船舶气象导航的基础和关键。气象导航的成功与否取决于对天气、海况预报的准确程度,取决于导航者制作推荐航线和变更航线的的能力。鉴于目前气象科学的发展水平,只能作出3~5天的准确预报,预报时效和准确率远远不能满足航程远、航时长航线的要求,对于更长时效的预报就不得不采用气候资料作为补充。因此最佳航线只能是在现阶段科技水平上的“最佳”,是相对的。

2. 气象导航方式

船舶气象导航可分为岸上气象导航、船舶自行气象导航和船岸结合导航三种方式。目前,岸上气象导航已具有比较成熟的导航技术和工作系统,船舶自行气象导航和船岸结合导航尚未得到广泛的应用。

(1) 岸上气象导航

岸上成立专门的气象导航机构,通过大型计算机和全球通信网络,对气象、海况、船舶等资料进行分析,把最佳航线提供给船舶。

(2) 船舶自行气象导航

船长根据水文、气象传真图和现场观测资料,结合本船性能等资料综合分析来确定最佳航线。采用这种方法要求船长具有丰富的水文、气象知识和预报能力。同时依靠传真机提供天气数据只能避开最可能出现坏天气和恶劣海况的地区,在做中长期预报和制定整条远洋航线时,都很大的局限性。

(3) 船岸结合导航

岸导机构为船长提供初始推荐航线和中期天气、海况预报,然后由船长选定航线;或者为船长提供第一阶段航线,即从进入公海开始至48小时这一段航线,以及不断提供气象、海洋方面的预报资料,以后的航线设计由船长完成。

岸上定线和船舶自行气象定线各有优缺点。岸上定线有比较全面的各类预报资料,并用大型计算机进行航线计算,还有各类专业人员和充分的时间选择最佳航线。而船舶自行气象定线不具备这些条件,但船上能随时得到可靠的现场资料,又最了解本船的性能。所以今后的发展趋势是船岸结合气象导航,这样才能收到更好的效果。

三、气候航线和气象航线

根据长期的天气和海况统计资料,结合航海经验,总结分析出与各大洋的季节特征相适应的航线。《世界大洋航路》(Ocean Passages for the World)、《航行指南》(Sailing Directions)等航海图书资料介绍的不同季节世界主要港口之间的航线都属于气候航线。

气候航线与气象航线是不同的,但它们之间也有联系。气候航线是气象航线的基础;气象航线正是克服气候航线不足而逐步发展完善起来的。

1. 气候航线是气象航线的基础

气候航线是以长期气象资料统计平均数据(即气候状况)为依据,是在气候条件下较优的航线,并且有现成完整的方案,选定方法简便,易被船长们接受,成为人们长期以来经常选用的习惯航线。气候航线对气象航线有一定的实用价值和参考价值,主要表现在:

(1) 在天气过程相对稳定、无显著异常现象的季节和区域,例如低纬度地区,在一年绝大

多数的时间里天气与气候资料相差不大,除非受到热带气旋和东风波等气旋性环流影响时,天气与气候资料才会出现较大的差异,所以完全可用气候资料代替天气资料来拟定和设计航线。

(2) 大洋很多地区由于观测站稀少,气象资料不足,天气预报随意性较大,特别是在低纬度和南半球海域尤为明显,这就需要参照气候航线来拟定航线。

(3) 由于目前天气和海况一般的时效只有 5~7 天,单纯依靠这种时效来选定航行时间达十几天的最佳航线还有许多困难,所以必须参考有关的气候资料。例如,在选择跨洋的航线时必须得考虑大洋上风、浪、流、雾和低气压的气候状况,分析一下航线大致选择在哪个海域带内较为有利,然后再根据大气和海况的中短期预报来具体选择航线,确定航向。

习惯航线是选定最佳航线的参照物,是气象定线的基础。利用它拟定航线可以避免盲目性,能大大减少工作量。有些气象导航的航线与某一习惯航线是比较接近的。例如,北太平洋冬季多数西航跨洋航线的气象航线,与经白令海的高纬度习惯航线比较接近,这样在选择西航的气象航线时,可以把这条高纬度习惯航线作为基础。在一般的情况下,选定的气象航线不可能偏至千里以外,除非气候有较大的反常。因此在习惯航线的基础上,选定符合实际存在的海况,以及近期预报的气象状况的航线,这种定线方法是合适的。

习惯航线作为选择具体航线的基础航线,还要根据不同的季节、月份等作具体的分析。例如,《世界大洋航路》中以半年为期划分(冬半年、夏半年)的气候航线,与实际选择的最佳航线有时相差就很大;如果气候航线是按季节或月份推荐的,那与最佳航线就比较接近,将这种气候航线作为选择最佳航线的基础航线就更为合适。

2. 气候航线的不足

(1) 气候航线上的船舶所遇到的实际天气与海况往往与航线设计所依据的气候状况不一致。

气候图是采用多年的历史资料平均状况所绘制的,实际上年与年之间的差别很大,即使在同年、同月,每天的状况也有很大的差别,实际航行中所遇到的天气和海况往往与气候平均状况不一致,有时差别非常大,这样就给航行带来了一定的困难,给不少船舶在安全经济等方面带来了许多问题,这是气候航线最主要的不足之处。

例如,北太平洋、北大西洋上的温带气旋多数产生于大洋西部,向东北方向移动,最后进入永久性的阿留申低压和冰岛低压。在气候图上只有阿留申低压和冰岛低压,而温带气旋在一般气候图上反映不出来。这样依据气候图和资料选定的气候航线,就没有把这些温带气旋考虑进去,而这些温带气旋所引起的大风浪对航行影响很大,是在北太平洋、北大西洋中高纬度航行经常遇到的恶劣天气,特别是西行时,有时在一个航次中遭遇到气旋族,就会接连遇到 3~5 个低气压,造成整个航程都在狂风恶浪中航行。因此,温带气旋是船舶气象定线重点考虑的对象。

(2) 一般航海资料中所推荐的气候航线,从气候角度分析都是比较优越的,但从当时实际的天气和海况来分析,就不一定是优越的,甚至是很坏的。一些有经验的船长反映,航海图书资料中所推荐的有些航线,多次实践无法完全实施,原因是遇到了大风浪,不得不改变航线。

例如,航海图书中推荐的北太平洋中纬度航线,是沿北纬 35°或略偏南的等纬圈航线(日本至西经 160°或 150°左右为等纬圈航线,两端可以是大圆航线或恒向线航线),也称为南方航线。它比大圆航线航程多 500~600n mile,在冬季西航时选择这条航线,从气候的角度考虑那