

引航员适任培训系列教材

船舶导航系统与 引航资源管理

主编 刘 彤



CHUANBO DAOHANG XITONG YU YINHANG ZIYUAN GUANLI

大连海事大学出版社

引航员适任培训系列教材

船舶导航系统与引航资源管理

主 编 刘 彤

大连海事大学出版社

© 刘 彤 2013

图书在版编目(CIP)数据

船舶导航系统与引航资源管理 / 刘彤主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2013. 7
引航员适任培训系列教材
ISBN 978-7-5632-2879-9

I. ①船… II. ①刘… III. ①船舶驾驶—导航系统—技术培训—教材 ②领航—资源
管理—技术培训—教材 IV. ①U666.11 ②U675.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 149263 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路 1 号 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连住友彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 17.75

字数: 442 千 印数: 1 ~ 1500 册

出版人: 徐华东

责任编辑: 姜建军 杨 森 版式设计: 晓 江

封面设计: 王 艳 责任校对: 宋彩霞

ISBN 978-7-5632-2879-9 定价: 55.00 元

编者的话

港口引航是国家主权的象征,为确保港口、船舶和设施的安全,多数国家实行强制引航。我国海上交通安全法规定:外国籍船舶进出中华人民共和国港口或者在港内航行、移泊靠离港外系泊点、装卸站等,必须由主管机关指派引航员引航。

根据《中华人民共和国引航员注册和任职资格管理办法》,为了配合引航员培训,进一步提高船舶引航安全工作的水平,按照《中华人民共和国海港引航员适任考试和评估大纲》的要求,特编写本教材。教材内容立足引航员工作环境和业务实际,分为船舶导航系统和船舶引航资源管理两篇,全面介绍了在引航环境下现代船舶导航系统的配置、功能和操作使用技术,并在此基础上详细论述了引航资源管理运用、引航团队协调配合技术,探讨了环境、设备和人的因素对引航效率和引航安全的影响。

教材采纳船舶引航资源管理的最新理念,内容符合国际国内最新法规和技术标准,满足STCW公约马尼拉修正案要求,力求概念清楚、理论扼要、重点突出、注重实践,有助于引航员提高船舶引航安全工作的水平,适用于一级、二级和三级引航员适任证书考试培训,还可以作为引航员业务的常备指导用书,同时也可以作为驾驶员狭水道和港区航行业务的参考用书。

教材第一篇由大连海事大学刘彤、陈铎、但高勇和赵学俊编写,其中第一章、第六章和第七章由刘彤编写,第二章由陈铎编写,第三章、第四章和第五章由但高勇编写,第八章由赵学俊编写;教材第二篇由上海海事大学方泉根编写。全书由刘彤统稿。

局限于编者视野、思维和专业水平,书中批言谬说定难杜绝,竭诚希望前辈、同行和读者不吝赐教。

编者

2013年5月

目 录

第一篇 船舶导航系统

第一章 综合导航系统与综合驾驶台系统	(1)
第一节 综合导航系统	(1)
第二节 综合驾驶台系统	(8)
第二章 船用陀螺罗经	(11)
第一节 陀螺罗经指北原理	(11)
第二节 陀螺罗经误差及其修正	(18)
第三节 陀螺罗经结构与电路	(21)
第三章 船用回声测深仪	(31)
第一节 船用测深仪基本原理	(31)
第二节 船用测深仪设备	(33)
第四章 船用计程仪	(36)
第一节 船用计程仪基本原理	(36)
第二节 船用计程仪设备	(38)
第五章 船载 GPS 卫星导航仪	(40)
第一节 GPS 卫星导航系统定位原理及误差	(40)
第二节 船载 GPS 卫星导航仪设备	(44)
第六章 自动识别系统	(49)
第一节 自动识别系统设施及其基本原理	(49)
第二节 AIS 船载设备基本操作	(65)
第七章 船舶导航雷达	(69)
第一节 雷达目标探测与显示基本原理	(69)
第二节 雷达设备工作原理	(76)
第三节 雷达操作	(94)
第四节 雷达观测	(105)
第五节 雷达定位与导航	(135)
第六节 雷达目标跟踪与 AIS 目标报告	(145)
第八章 电子海图显示与信息系统(ECDIS)	(179)
第一节 ECDIS 基础知识	(179)
第二节 ECDIS 数据与显示	(184)
第三节 引航航线设计	(198)
第四节 引航监控与记录	(200)

第五节 安全与风险	(204)
第六节 ECDIS 引航操作提示	(206)

第二篇 船舶引航资源管理

第一章 概述	(209)
第一节 船舶引航资源管理定义与职能	(209)
第二节 船舶引航资源构成与特点	(211)
第三节 船舶引航资源管理作用与内容	(212)
第二章 人的过失与船舶引航事故	(216)
第一节 人的失误与人的行为	(216)
第二节 船舶引航安全影响因素和作用机制	(221)
第三节 船舶引航事故预防	(223)
第三章 文化与情境意识	(227)
第一节 文化意识	(227)
第二节 情境意识	(231)
第四章 通信与团队工作	(237)
第一节 通信	(237)
第二节 团队与团队管理	(240)
第五章 决策与领导	(245)
第一节 决策	(245)
第二节 领导	(252)
第三节 船舶引航中决策与领导	(254)
第六章 疲劳与压力	(257)
第一节 疲劳	(257)
第二节 压力	(261)
第七章 引航资源管理案例分析	(268)
第一节 引航资源管理案例分析	(268)
第二节 引航资源管理事故案例	(270)
参考文献	(276)

第一篇 船舶导航系统

第一章 综合导航系统与 综合驾驶台系统

随着卫星导航技术、计算机及传感网技术、现代控制理论、信息处理技术、数字通信技术的发展,早期船舶驾驶台上安装的配置独立、功能单一、信息孤立的各种航海仪器、设备和系统逐步发展成为具备复杂航行环境综合导航、船舶运动集中控制、多目标自动避碰、综合信息优化显示、航行信息快捷交互和航行管理多层面控制等多种功能,能够给船舶驾驶人员提供可信的、有效的、完善的高精度航行信息的完备的智能化综合导航系统(Integrated Navigation System - INS)或综合驾驶台系统(Integrated Bridge System - IBS),如图 1-1-1 所示。近年来,INS 和 IBS 在提高船舶航行自动化程度、保障船舶航行安全、提高船舶营运效益等方面发挥了重要作用,也为船舶在沿岸和狭水道等受限环境中的引航提供了现代化、信息化的操作平台。

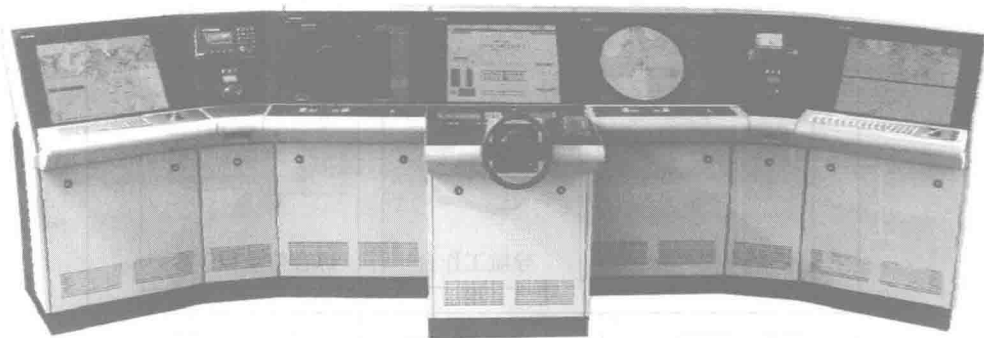


图 1-1-1 综合驾驶台系统

第一节 综合导航系统

1998 年 12 月 8 日和 2007 年 10 月 8 日,IMO 分别颁布了 INS 的性能标准 IMO MSC 86 (70)附录 3 和其修正案 IMO MSC 252(83)附录 30,规定在 2000 年 1 月 1 日~2011 年 1 月 1 日期间安装的 INS 执行先前的标准,2011 年 1 月 1 日以后安装的 INS 执行后者的标准。

一、综合导航系统配置与分类

按照性能标准,根据配置和所完成的功能不同,INS 可分为 A、B、C 三个级别。

(一) INS(A)

INS(A)是能够为本船提供统一、有效、正确的船舶位置、速度、航向、时间和水深等数据的基准系统。INS(A)通常配置有(D)GNSS接收机、计程仪、罗经(陀螺罗经和磁罗经)和测深仪,所提供的信息是保障船舶航行安全的最基本和最重要的信息,并在传感器及其信息出现错误时发出报警信号。为了保证船舶关键信息的可靠性,有的船舶还配置了以上信息的备用传感器。

(二) INS(B)

INS(B)在INS(A)的基础上,增加了电子海图显示与信息系统(ECDIS)、雷达和自动识别系统(AIS),在雷达或ECDIS上自动、连续地标绘出船舶的位置、速度、航向、水深和预测危险情况,提供有助于避开危险的相关信息。

(三) INS(C)

INS(C)是在INS(B)的基础上,增加了自动航向/航迹/航速控制系统、监督报警系统和综合信息控制系统。INS(C)是基本的IBS。

二、综合导航系统控制核心及其功能

航行管理系统(VMS)能够建立和实施航行计划,是综合导航系统的管理控制核心,其重要任务是为船舶驾驶人员提供直观、快捷的实时航行信息,完成对船舶的全面集中控制。它具有电子海图与信息显示和查询、航路执行、航行安全监控、航行数据记录、综合信息显示等功能。VMS通常由导航工作台、辅助工作台和综合信息控制工作台等三个子系统组成,如图1-1-2所示。它们通过接口单元与其他传感器相连,通过局域网通信。导航工作台和辅助工作台具有基本相同的功能,其功能发挥取决于与VMS连接(联机/脱机)的状态。

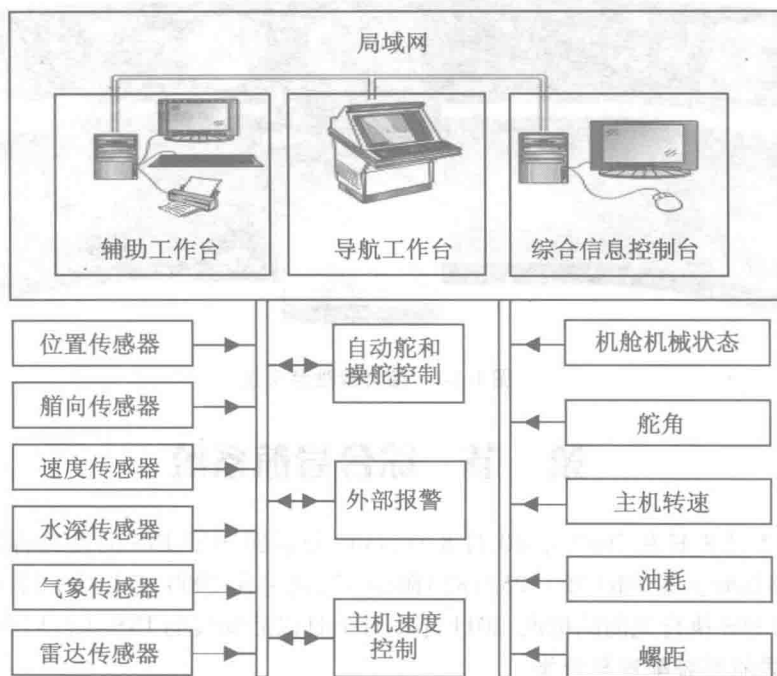


图 1-1-2 航行管理系统框图

(一) VMS 导航工作台

VMS 导航工作台以 ECDIS 为操作平台,是 INS 的基本工作平台。它监视船舶各个航行子系统和导航传感器的状态,能够自动或人工控制船舶按计划航线和航速航行,实施航路执行、航行安全监控,显示航行信息,并记录相关航行数据。导航工作台将操作者指令菜单、ECDIS 数据、各种必要的传感器数据等,按照国际标准以矢量图和字母数字方式综合显示在驾驶台导航信息显示终端,以方便船舶驾驶人员操作管理。在需要时,导航工作台也可以在脱机方式下完成航线设计,实现辅助工作台的功能。

1. 航路执行

在航行过程中,VMS 导航工作台在联机方式下将导航传感器提供的数据与计划航线比较,考虑风流压差等各种航行因素的影响,计算船舶航向、航速、转向速率,到下一转向点的航行参数,按设定的工作模式直接控制自动舵,完成航向、航迹、航速控制等航路执行任务。

(1) 航行模式

航行模式可有真航向模式、预配风流压差模式和航迹保持模式三种。

真航向模式是根据当前船位与下一转向点间的真航向控制船舶航行。此模式通常适用于不考虑风流影响或风流影响较小的海域。

预配风流压差模式是在考虑风流影响的海域航行时,导航工作台根据当前船位和计算出的风流压差,控制船舶向下一个转向点航行。

在航迹保持模式,当船舶偏离计划航线时,导航工作台根据偏航距离(XTE),按照航迹保持算法,不断修正舵令,以安全经济的方式,尽快返回计划航线,如图 1-1-3 所示。

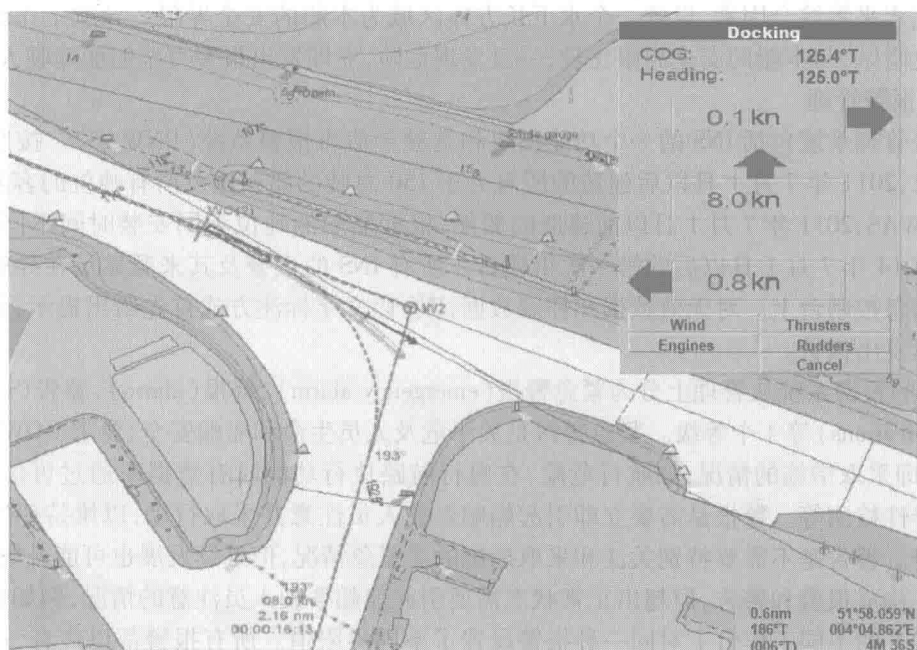


图 1-1-3 带有自动保持航迹的 ECDIS 显示图

(2) 转向模式

当船舶驶近转向点时,导航工作台按照船舶驾驶人员设置的接近转向点的距离或时间发

出报警。如果船舶驾驶人员确认转向,导航工作台输出转向命令给自动舵,控制船舶按照预先设置的转向速率和转向半径转向。

(3)航速控制

导航工作台可以根据计划航速或 ETA 自动控制船舶速度。

2. 航行安全监控

导航工作台能够根据 ECDIS 和导航传感器的数据监控船舶的航行,显示本船当前的船位、艏向、COG(对地航向)、SOG(对地航速)、STW(对水航速)、UKC(富余水深)、ROT(旋回速率)等航行数据,指示导航标识物、航行限制区和危险区,显示 AtoN AIS 报告,监督航向、航迹、航速控制系统的工作状态,发现潜在危险,对非正常工作状态发出报警,保障船舶安全航行。报警分为工作报警和设备报警。工作报警是指系统履行正常功能时提醒值班船舶驾驶人员及时注意航行状态,如潜在危险局面等。设备报警是指 INS 设备失常及功能障碍报警。

(1)航行避碰

导航工作台接收(D)GNSS、罗经、计程仪、AIS 和雷达等数据,能够在雷达显示器或 ECDIS 显示器上关联雷达跟踪目标和 AIS 报告目标,全面监视海域会遇局面,监测航行危险。如果将目标 CPA/TCPA 与船舶驾驶人员设置的安全界限比较,则能够对危险目标及时发出报警,方便航行避碰。

(2)危险区域监控

船舶驾驶人员可以在导航工作台上设置航行危险区,如浅滩、沉船、航行障碍物、禁航区等。船舶驾驶人员也可以根据船长/宽和吃水,考虑航行环境(海域和海况)、船舶操纵特性、本人船艺水平等综合因素,设置一个水下长方体区域为本船的安全界限。导航工作台不断检测航行危险区,与本船的安全界限比较,一旦发现危险,立即发出报警直至船舶驾驶人员应答。

(3)报警管理

报警管理系统包括 INS 的一个功能模块和驾驶台值班报警系统(BNWS)。按照 SOLAS 公约要求,2011 年 7 月 1 日以后建造的所有大于 150 总吨的船舶以及所有吨位的客船都必须安装 BNWS,2011 年 7 月 1 日以前建造的船舶,根据船舶的吨位不同安装时间不同,但最晚不迟于 2014 年 7 月 1 日以后的第一次年检日。所有 INS 的报警及其来源显示在导航工作台和综合信息控制台上。对无效数据和怀疑数据,INS 以文字标注方式首先给出提示,并在 30 s 之内延迟发出报警。

INS 的报警系统从管理上分为紧急警报(emergency alarm)、警报(alarm)、警告(warning)、警示(indications)等 4 个等级。紧急警报是关于危及人员生命和船舶安全、要求 OOW(值班驾驶员)立即采取措施的情况,如航行危险,在履行航路执行功能时有数据未通过可信性、有效性和完善性检测等。警报是需要立即引起船舶驾驶人员注意并采取行动,以维持船舶安全航行的报警。警告是不需要特别关注和采取措施的非紧急情况,但继续发展也可能升级为警报。警示是不构成报警和警告,但超出正常状态需要引起船舶驾驶人员注意的情况,例如船舶驾驶人员在 INS 的不同工作台上对同一种报警设置了不同界限值。所有报警都以声音、视觉和文字方式提示。文字信息提示报警来源,以便船舶驾驶人员识别和找出报警原因。若没有被驾驶员确认,报警会一直持续,直至驾驶员响应。已被驾驶员确认的报警,声音报警解除,但视觉报警一直持续到报警条件不满足后解除。报警声音可以暂时静音,若 30 s 内报警未被确认,声音报警会再次响起。需要驾驶员注意的是,上面提到的警告和警示两个等级的报警可能只

有视觉报警而没有声音报警,驾驶员要留意 INS 显示器上的报警信息,以免忽略可能发生的危险情况。

INS 可以有暂时关闭报警系统的功能,如船舶在锚泊期间,驾驶员可以使用此功能,此时会显示报警关闭提示。这个功能的执行只能在驾驶台操作,在执行自动控制功能时,不能实现此操作。

对于配置了 BNWAS 的 INS,一旦值班驾驶员(OOW)在设定的时间内没有对报警确认,报警将会以声音和视觉信号自动依次转到驾驶员房间、公共活动场所/餐厅,要求援助。

3. 数据记录

导航工作台可以自动记录本船位置、航向、航速和时间,数据记录可根据需要存储、显示和打印。在配备航行数据记录仪的船舶上,相关所有航行数据还按照规定记录在 VDR 中。

(二) VMS 辅助工作台

VMS 辅助工作台同样以 ECDIS 为基本操作平台,主要功能是制订航行计划、编辑和改正电子海图,并可以完成各种航海计算。为了防止影响导航工作台的航路执行功能,辅助工作台通常通过脱机方式实现海图更正和航线设计。辅助工作台将事先选定的电子海图和计划航线提交导航工作台,完成航路执行工作。在需要的时候,辅助工作台还可以执行导航工作台的所有功能。

(三) VMS 综合信息控制台及信息显示

INS 信息集中显示在综合信息控制台上,在需要的时候也可以显示在导航工作台或辅助工作台上。综合信息控制台通过局域网与导航工作台、辅助工作台、导航传感器、机舱信息传感器等连接,采集船舶导航、控制、管理等综合信息,按照船舶驾驶人员设定的页面格式显示船舶综合信息,如图 1-1-4 所示。

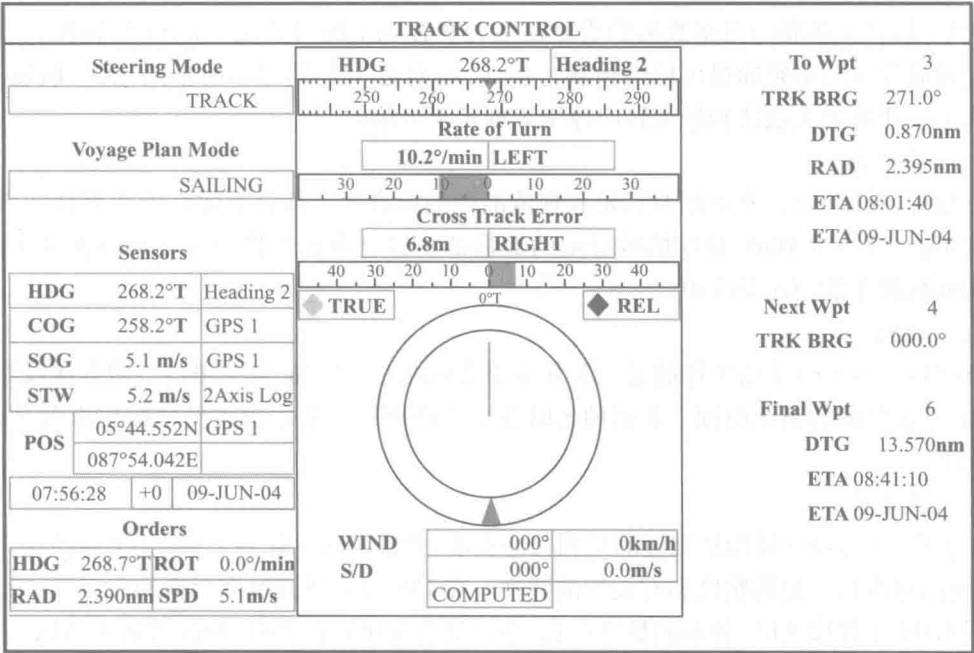


图 1-1-4 综合信息显示

1. 可用信息

INS 显示工作必须的信息,并显示数据来源。

2. 重要信息

INS 能够持续清楚地显示位置、艏向、速度、时间等监控系统运行重要功能时所必需的信息。在需要时,INS 也可以显示补充信息,如龙骨下水深(INS(B)和 INS(C))、显示系统配置和操作模式。

3. 信息内容

在有可能发生信息模糊的场合,INS 在显示传感器信息的同时也显示信息源(如 GPS 1 或 GPS 2 等)、计算结果或人工输入数据、数据测量单位和系统操作模式。

4. 系统配置

INS 能图示或列表显示完整的系统配置、可用的系统配置和正在使用的系统配置。显示的信息可以详细到包括 INS 的子系统、传感器、其他连接的设备、准备给 INS 提供的信息或 INS 已经使用的信息。

5. 操作模式

INS 可以提供大洋、近岸、受限水域(引航航行、进港靠泊、抛锚)和用户定义等航行模式。如果系统处于非常规操作模式,如维修、模拟、训练等不能用于航行的模式,则有明确的标注。

三、综合导航系统信息综合处理

INS 收集、处理和优化各种传感器数据,获得船舶航速、航向、位置和时间等航行数据。INS 收到的或分配的数据必须参照统一的公共基准系统和公共基准点,通过可信性、有效性、完善性和延时性检测。

(一)可信性

可信性(plausibility)是指数据的质量在主观和客观上的可信度。INS 收到的或获取的数据在使用和分配时必须通过可信性检测。例如,艏向是 361° 就是不可信的,实际航速和转向速率大于船舶的最大航速和最大转向速率等都是不可信的。

(二)有效性

有效性(validity)是指数据与逻辑和规范准则的符合度。符合有效性的数据标注良好,否则标注不良。INS 收到的、使用的或分配的数据都要经过有效性检测并标注检测结果。未通过检测的数据不能用在 INS 中。

(三)延时性

延时性(latency)是指事件的起始和其结果之间的时间间隔,包括事件的数据接收时间、处理时间、发送时间和显示时间。数据的延时性应该符合每个独立设备的数据要求及其相应的国际标准。

(四)完善性

完善性(integrity)是指数据应满足相关的要求,并且通过比较多个独立传感器的信息得到验证,使信息保持一定的精度和有效性的特性。在 INS 中要保证数据交换的完善性,当系统处在 INS(C)的工作模式时,若不满足这一点,系统就会发出紧急警报,标注数据未通过完善性检测,需要驾驶员立即给出响应,决定是否继续执行 INS(C)工作模式。当系统不处在 INS(C)的工作模式时,若不满足这一点,系统就会发出警告信息。

(五) 精度性能

作为最低要求,INS 各个子系统提供的信息精度和性能要满足 IMO 对每个独立设备性能标准的要求,并且 INS 不能降低由每个传感器提供的数据精度。

(六) 统一公共基准系统

INS 在采集、处理、存储和分配数据和信息时,使用统一和强制的基准配置设备所构成的子系统及其功能,称为统一公共基准系统(Consistent common reference system – CCRS)。对于特定的系统数据和重要信息,CCRS 确保 INS 所有的子系统使用了相同的信息源和数据。例如,本船位置、对水速度、艏向、时间等。CCRS 的信息要满足:

1. 参照相同的地点和时间。如果不满足这一点,系统就会给出警告信息。
2. 延时性。如果不满足这一点,系统就会给出警告信息。
3. 有效性。如果系统的重要信息或所控制的功能必需的数据变为无效、不合格或不可用时,系统就会发出紧急警报,显示的信息标注无效,要求驾驶员立即响应。
4. 可信性。如果不满足这一点,系统就会发出紧急警报,显示的信息标注不可信,要求驾驶员立即响应。

(七) 统一公共基准点

INS 性能标准要求在所有航行信息综合显示器上水平测量得到的目标数据,如距离、方位、相对航向和航速、CPA 和 TCPA 等,都必须参考在本船上统一指定的位置点,通常设置在驾驶台指挥位置,如 IBS 综合信息显示器位置、船舶主雷达显示器位置、或驾驶台引航工作台位置等。这个位置定义为统一公共基准点(Consistence common reference point – CCRP)。有的设备在安装时设置了多个 CCRP,在航行中 CCRP 的位置可以根据需要随时更换选择,如避碰时可设在船首,靠离码头时可设在挂靠舷驾驶台甲板等等。CCRP 重新选择后,INS 自动调整各个子系统(如雷达)的偏置,保证所有的测量基准都是统一的,并不影响数据完善性检测结果。需要注意的是,航行环境改变后,船舶驾驶人员测量目标前应谨慎确认 CCRP 的位置,避免发生错误。

(八) 数据标注

经过完善性监测的数据要标注监测结果,为相关的功能使用这些数据提供依据。没有通过完善性监测的数据不能用在自动控制功能中。未执行完善性检测的数据标注“怀疑”。

(九) 传感器数据标注和使用

表 1-1-1 表示数据经过有效性、可信性、完善性检测后的结果。其中前四种情况均未通过检测,给出警报或警告信息,第五种情况通过检测,数据可以使用,没有提示信息。

表 1-1-1 传感器数据的使用和标注

有效性	可信性	完善性	INS 数据标注	报警	结果
未通过	任意	任意	有效性:未通过(完善性:怀疑)	(紧急)警报或警告	不能使用
任意	未通过	任意	可信性:未通过(完善性:怀疑)	(紧急)警报或警告	不能使用
通过	通过	缺少第二传感器,无法检测	完善性:未执行(完善性:怀疑)	(紧急)警报或警告	不能在自动控制功能使用
通过	通过	未通过	完善性:未通过	报警	不能在自动控制功能使用
通过	通过	通过	完善性:通过	无	适用

(十) 数据报警

未通过检测的数据会标注紧急警报、警报和警告三种报警类别。当 INS 所需的重要信息或所要执行功能需要的数据无效、变差或不可用时,发出紧急警报。当 INS 所需的非重要数据无效、变差或不可用时,发出警报或警告。例如,当系统处在 INS(C)的工作模式时,若完善性验证未通过,系统就会发出紧急警报,显示的信息标注完善性检测未通过。当系统不处在 INS(C)的工作模式时,若完善性检测未通过,系统就会发出警报或警告,显示的信息有提示。当系统错误需要提醒驾驶员立即注意时,就要发出警报,当系统错误不需驾驶员立即注意时,就发出警告。当无效、变差或不可用的数据导致系统自动改变工作模式和配置时,则要发出紧急警报。

四、综合导航系统中各个航海仪器间输入输出关系

综合导航系统一方面是指将驾驶台上所有的航海仪器硬件组合为一个整体,另一方面是指各个航海仪器通过电气组合实现相互之间的数据共享。综合导航系统中各个航海仪器间通过串行接口传送数据,其相互连接如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 航海仪器输入输出关系

航海仪器 接口信号	陀螺 罗经	计程仪	测深仪	风速仪	GNSS	雷达	ECDIS	自动舵	AIS	VDR
输入 接口 信号	计程仪 GNSS					陀螺 罗经 计程仪 ECDIS GNSS	陀螺 罗经 (磁罗经) 计程仪 测深仪 风速仪 雷达 AIS	陀螺罗经 (磁罗经) ECDIS GNSS	陀螺 罗经 GNSS	陀螺 罗经 计程仪 测深仪 风速仪 雷达 (AIS) 自动舵
输出 接口 信号	雷达 自动舵 ECDIS AIS VDR	雷达 陀螺 罗经 ECDIS AIS VDR	ECDIS VDR	ECDIS VDR	雷达 ECDIS 陀螺罗经 GMDSS AIS VDR	ECDIS VDR	自动舵 雷达	VDR	雷达 ECDIS VDR	

第二节 综合驾驶台系统

综合驾驶台系统(Integrated Bridge System - IBS)是在 INS 基础上发展完善起来的船舶航行及控制系统。IBS 可以完成综合导航、船舶控制、自动避碰、综合信息显示、通信、航行管理、货运装载、消防控制等多种功能,是完善的船舶综合驾驶和综合管理平台,是现代化船舶提高航行自动化程度、保障航行安全、提高营运效益不可或缺的智能管理控制平台。虽然目前 IBS 并非 SOLAS 公约强制安装的系统,但近几年来 IMO、IEC 等国际组织相继对 IBS 的性能标准提出要求,各个船级社对不同级别船舶配备的 IBS 也有规范要求。

一、综合驾驶台系统

根据 IMO 关于 IBS 的性能标准,IBS 由若干个子系统通过内部连接组成,集中获取各个传感器信息和各个工作台的命令/控制,适任的驾驶员通过 IBS 控制管理船舶,提高船舶航行的

安全性和经济性。IBS 至少能够完成航路执行、通信、机械控制、装卸载和货运管理、航行安全和船舶保安以及系统管理中的两个任务。

1999 年 4 月 IEC 颁布了 IBS 性能标准(IEC 61209),对 IBS 的总体性能、数据交换、系统安全、人机交互、报警管理等做了规范。

(一) 总体性能

IBS 的功能不低于独立使用各个设备时完成的功能,构成 IBS 的各个设备应该符合所有 IMO 和 IEC 有关各独立设备的性能标准,子系统执行多任务时满足每个单独设备所能控制、监督和执行的功能要求。各个子系统/传感器提供其详细操作状态和重要信息的延时性和有效性的检测结果。某个子系统/单独设备的故障不影响其他子系统的正常工作和 IBS 所有重要功能,除非某个子系统功能的发挥必须依赖于故障子系统所提供的信息。应操作者要求,IBS 可以显示系统完整的配置、可选的配置以及正在使用的配置。船舶航行安全所需的最少必要的显示内容、控制和信息通常有可以替代的设备和信息源,其信息和信息源的相关信息(如传感器、计算结果或人工输入)在显著的位置持续显示,驾驶员还可以选择显示更多的相关信息。当系统配置改变时,有声音和视觉报警提醒驾驶员注意。重要的功能有可以替代的操作方法,对船舶安全起重要作用的机械控制必须在设备本地操作。在航路执行功能运行时,任何其他操作都不能中断该功能的运行。

(二) 数据交换

IBS 内部接口和外部接口的数据交换符合 IEC 61162 标准。数据从传感器输出至设备接收的延时符合船舶航行及系统设计的要求。IBS 拒收不合格的数据,保证数据在网络中传递的完善性。在个别的节点有错误时,网络能够标注其位置,而且此时数据传递、传感器数据和显示的信息保持正常。

(三) 系统安全

IBS 能够指明可能发生的系统错误和与重要功能有关的连接错误,指明与操作、功能、状态等有关的错误所产生的后果,并能够通过故障分析确认继续操作是否可以保证船舶安全。

(四) 人机交互

性能标准要求 IBS 的人机交互界面和操作信息简单易懂。系统会及时要求驾驶员修正发生的输入错误,确认可能产生不良后果的操作,提示无效的操作。

(五) 报警管理

对于非正常状态,IBS 能够通过音响和视觉给出报警,报警的提示信息能够指明报警产生的原因和造成的后果。根据紧迫程度,IBS 将报警优先权分为紧急警报、警报、警告和警示等 4 个等级。

二、综合驾驶台系统配置和功能

根据 IMO 性能标准要求,IBS 应该执行以下 2 个或更多的操作,包括:航路执行即锚泊、靠泊、操纵、避碰、航行等操作控制;通信即驾驶台内部通信、外部通信、人机通信、人员通信等操作控制;机械控制即报警、电源、舵机、锅炉、加热通风空调、燃油、系统性能诊断等操作控制;装卸载和货运管理即污水、防污染、货舱、货物装配载、油水、舱门等操作控制;航行安全和船舶保安即消防、船损防漏、防海盗、紧急事件响应等操作控制;系统管理即船员训练、值班演习、货运证书、救生设备、航次管理、船舶维护保养、人事管理等操作控制。

IBS 的配置首先要满足有关国际公约和船级社的基本规定和要求,在此前提下,IBS 的配

置可根据不同的船舶类型和船东要求确定,同时还受船舶环境的制约。船东一般按照 SOLAS 公约要求配置相应的助航设备。

三、IBS 和 INS 相互关系

图 1-1-5 图示了 IBS 和 INS 的基本关系。INS 是由若干航海仪器组合在一起,为船舶提供优化综合导航信息的系统。IBS 的功能主要是利用 INS 信息对船舶集中控制,包括航路执行、通信、机械控制、装卸载和货运管理、航行安全和船舶保安以及系统管理。

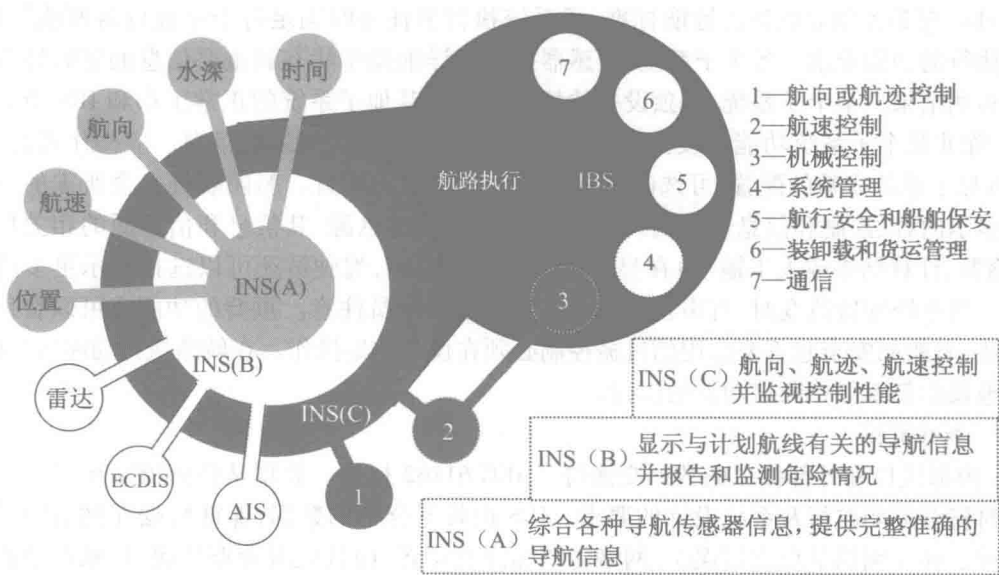


图 1-1-5 IBS 和 INS 相互关系

INS 和 IBS 最重要的概念是将船舶各种设备和系统通过机械和电气组合有机连接,对传感器信息进行综合处理,给驾驶员提供完整的、准确的信息和操作控制命令。从目前实船配置来看,IBS 在配置和功能上完全覆盖了 INS,如果在 INS(C)的基础上增加通信、机械控制、装卸载和货运管理、航行安全和船舶保安以及系统管理中的任意一个或多个功能,就是 IBS。

第二章 船用陀螺罗经

第一节 陀螺罗经指北原理

一、陀螺仪及其特性

陀螺罗经(GyroCompass)俗称电罗经,是利用陀螺仪(Gyroscope)的特性,在地球自转运动的影响下,借助于力矩器使陀螺仪主轴自动地找北,并精确跟踪地理子午面的指向仪器。它可用于指示船舶艏向(Heading)和测定物标方位,以及作为方位稳定设备等。可见,陀螺罗经找北的核心部件是陀螺仪。

(一) 陀螺仪

工程上将高速旋转的陀螺转子及其悬挂装置的总称叫做陀螺仪。如图 1-2-1 所示,陀螺仪由转子、内环、外环和基座支承悬挂。转子轴(OX 轴)称为陀螺仪主轴,内环轴(OY 轴)称为水平轴,外环轴(OZ 轴)称为垂直轴。陀螺仪主轴借助于悬挂装置绕其几何中心指示空间任意方向。陀螺仪三个转轴的交点与转子中心重合,该点称为陀螺仪的几何中心。重心与几何中心相重合的陀螺仪称为平衡陀螺仪。不受任何外力矩作用的平衡陀螺仪称为自由陀螺仪。

陀螺仪主轴相当于一个指示方向的指针,如果这个指针能够稳定地指示真北,陀螺仪就成为了陀螺罗经。

(二) 陀螺仪特性

陀螺仪主轴动量矩 H 描述了转子高速旋转运动的强弱状态与方向。其大小与转子的转动惯量 J 及角速度 Ω 有关($H = J\Omega$)。主轴动量矩的正向与转子旋转方向满足右手定则;可以用主轴动量矩矢量方向表示主轴的指向。如图 1-2-2 所示,陀螺仪主轴动量矩 H (OX 轴正向)水平指向空间某一方向。

1. 陀螺仪定轴性(gyroscopic inertia)

不受任何外力矩作用的陀螺仪主轴将保持其空间初始指向不变的特性,称作陀螺仪的定轴性。如图 1-2-2 所示若主轴初始指示水平方向,即使将陀螺仪基座倾斜,主轴仍指原来方向没变;如将基座旋转,主轴仍然水平的指示原来的方向,没发生任何变化。

2. 陀螺仪进动性(gyroscopic precession)

在外力矩作用下,陀螺仪主轴的动量矩 H 矢端以捷径趋向外力矩 M 矢端的特性,称为陀

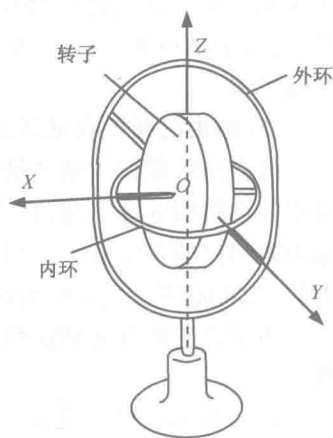


图 1-2-1 陀螺仪的结构

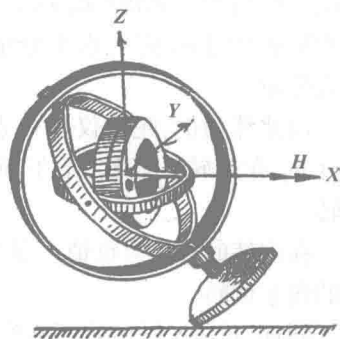


图 1-2-2 陀螺仪的定轴性