

船舶自动航行系统^{***}

程启明^{***}

马如宏

(东南大学仪器科学与工程系,南京 210096 东南大学机械系,南京 210096)

摘要 介绍了船舶自动航行系统的发展、组成、内容及功能等,船舶自动航行系统主要由气象/海况状态监测、船体状态监测、最佳航线设计、自动定位、船舶航行操船、避碰/搁浅避险等部分组成。

关键词 电子海 雷达 自动舵 集成桥

分类号 U675.73, TN967.2

1 船舶自动航行系统的发展^[1,2]

60年代初期,国外开始了船舶航行自动化研制工作,其船舶的船位、航向、航速与大圆航行、恒向线航行、渐长线航行及其到转向点的距离和时间等的计算,以及雷达信息的处理和人工标绘的替代等,都是利用计算机来完成的。到70年代,船舶自动航行系统发展到包括进出港、靠离码头、抛锚系泊、货物装卸与装载计算等的自动化了。

60年代末70年代初,随着世界各国海运事业的发展,船舶数量日益增多,吨位越来越大,航速不断提高。港口和航道交通拥挤,船上又无避碰装置,加之导航精度不高,自动化程度低,航海人员误操等原因,致使撞船触礁事故逐年上升,造成生命财产的巨大损失。大型油船海上碰撞污染海面更为严重。因此,提出一个解决避碰的问题。另外,由于国际市场石油价格成倍增长,使海上营运费增加。如何降低费用,节省燃料成为急需解决的问题。再是,为了减少船员,节省开支,减轻航海人员繁琐的航海作业和设备操纵,要求有一个操纵方便、维修简单、显示直观、自动检测和故障诊断报警的自动化系统。

客观的需要,迫使导航界的技术人员,研究开发一种具有避碰、节能和自动操船功能的自动航

行系统。要实现这样的系统,还需要有良好的雷达、电子导航、数字控制和计算机等技术基础,尤其需要具有小型船用计算机。60年代末,当小型计算机开始普及时,国外有的厂家就着手把计算机用于船舶自动化上来。如1969年挪威控制公司(NORCONTROL)试装了世界上第一台船用计算机控制的避碰和综合导航系统,命名为数据桥(DATA BRIDGE)。在此期间日本一工业公司也在研制同样的系统。1970年第一台数据桥系统装于日本“星光丸”油船上。

初期的数据桥系统(或自动航行系统)主要解决将计算机技术用于避碰、导航和自动操舵,并构成自动航行系统,使用的计算机大多是象NOVA机之类的小型机,数控自动舵仍然建立在PID理论的基础上,只是用计算机进行数字控制。随着技术的发展和总结使用及研制的经验,对自动航行系统不断进行改进提高。在这期间又有更多的公司和研制单位投入了自动航行系统的研制,到70年代后期,自动航行系统发展很快,技术性能日趋完善和提高,产品数量和型号越来越多。如挪威控制公司的DB型数据桥,1975年发展到DB2型,到80年代初已发展到DB4型和DB7型。截止到1977年的上半年的统计,已有近150艘船只14种船型,先后装备了DB2型和DB4型。日本一工

* 中国船舶工业国防科技应用、基础研究基金资助项目(编号 97J40.5.2)

** 收稿日期:1999-05-05

*** 程启明,盐城工学院计算机工程系副主任,副教授,东南大学在职博士,江苏省高等学校跨世纪学术带头人培养人选。

业公司的 IHI 数据桥在 70 年代已出售了 300 多台。除了日本和挪威外,美国、德国、前苏联等国家都在大力研制和生产自动航行系统。如美国埃欧特朗公司 (IOTRON CO.) 于 1978 年制成的 DIGINAV 综合导航系统;前苏联研制的“轻风-I”号自动导航系统于 1975~1976 年在“克里木”号油船上进行了全面的海上航行试验。在此期间的自动航行系统在计算机应用上出现了小型机与微处理机并用的情况,单个设备多采用微处理机,综合部分多采用小型计算机。如日本无线电公司 (JRC) 于 1981 年研制成功的 JRC 总导航系统 (JRC SOTAL NAVIGATION SYSYEM)。以上可概括为第一代自动航行系统。70 年代末 80 年代初,着手研制第二代自动航行系统,如自适应数控舵,增强避碰系统的功能(设置和显示航道线、彩色电视光栅扫描显示器,数据航行增加电子海图)在计算机应用上全面采用微处理机。如日本 JRC 公司研制 JRC 总导航系统 II 型;美国斯佩里公司研制的 CINS 中心综合导航系统。

第三代自动航行系统是当前最新的系统。它除了具有第二代的功能外,增加了通讯、数据总线 and GPS 全球卫星定位接收机等功能,并在系统中引入了专家系统、智能控制等新技术,实现人工智能化。现在,业已引入定位精度极高的 GPS 和罗兰-C 以及电子海图、集中监控与菜单式信息显示系统,实现航行真正的自动化、科学化。如 80 年代,美国 Sperry 公司研制的综合桥系统 (INTEGRATED BRIDGE SYSTEM)、丹麦 Lyngso-VALMAT Marine 的综合船舶控制系统、挪威 NorControl 的船桥控制系统、英国 RACAL-DECCA 的航海与航行管理系统。进入 90 年代,德国 Anschutz 公司的 NAUTO CONTROL 2000 集成导航与控制系统,日本 FURUNO 电子公司的 Voyager 集成桥系统以及日本 IBS 公司的 Route-Master 集成桥系统等。

在自动航行系统的技术开发方面,为了跟踪国外先进技术,于 1981 年中国船舶总公司船舶系统工程部开始搜集和消化这方面的资料,并进行初步论证。同年 11 月在厦门主持召开了由国内有关研究所、工厂和院校代表参加的船舶自动航行技术交流会。经会议研究认为国内应该大力开展这方面的研究工作。其后在 1983 年系统工程部作了自动航行系统论证,上海无线电四厂引进英国台卡公司的 D-ARPA 的生产技术,陆续批量生产

出符合国际海事组织 (IMO) 技术要求的 ARPA 装置,提供装备国内货轮和军用船舶。此后,国内一些单位开展了船舶航行方面的研究与开发工作,但目前国内还未研制成功真正过硬的产品。

2 船舶自动航行系统的作用和地位^[3,4]

船舶自动航行是全船自动化的一个主要组成部分,它是指船舶在航行中,实施航行操纵行动时所使用的系统。它主要由船舶导航定位系统与航行计划制定及实施、自动操舵、主机控制、水上避碰、水下防礁和气象信息接收等装置,通过电子计算机、显示与控制进行有机地结合成一体而构成的。它一方面按所要求的航行计划(输入的)随时测定航行中的船位,给出航迹,并确定是否在预定的航线上,否则就将修正量送至自动操舵装置,自动操舵仪就进行航向修正,使船舶迅速回到计划的航线上来;另一方面,它可存储航线,还能自动地制订航行计划,以及根据所获得的气象信息修改航行计划;再则,它能以电子海图为背景显示出计划航线与船舶的实际航迹。还可将此显示画面引入到避碰装置的屏幕或将 ARPA 自动标绘仪所跟踪的目标引入到航行情况显示屏上;另外,系统还配有水上避碰与水下防触礁装置。

3 船舶自动航行系统的组成及作用^[5,6]

船舶自动航行系统主要由下面子系统组成:

3.1 气象、海况状态监测子系统

该子系统的功能是测取船舶附近气象、海况数据,经过数据处理和评价,向其他子系统提供信息,并向陆地有关部门报告监测数据。

3.2 船体状态监测子系统

船舶状态监测控制子系统的目的是为了确保船体、货物安全,确保正常的航行状态;在船舶上利用传感器监测船体各部分的船体应力、波浪冲击力、船舶加速度、摇摆角度、垂荡幅度等,根据既定的安全标准调整船舶吃水、航向、稳心高度、船速等。另外,还要根据气象、海况监测评价子系统的输出数据、船舶运动特性、船体对波浪的响应特性、预测特定气象、海况条件下船体状态,确定安全对策。

3.3 最佳航线设计子系统

航迹设计子系统包括航线计算、最佳航行计划设计两大内容。它所完成的不仅是航行前计划航线的设计工作,在航行中还要根据计划航线的

执行情况,指挥操船系统维持安全航行状态,使船舶航行在计划航线上,同时要根据当时气象、海况数据及其预报及实时船位等,设计未来最佳航行计划。

3.4 自动定位子系统

智能化船舶对其定位子系统的要求是能够实时、准确地提供定位数据,即能够随时给出实测船舶位置的经纬度数据。就目前的船舶定位手段看,可以满足这一定位要求的是某些无线电定位系统。

3.5 船舶航行操船子系统

操船子系统是实施最佳航行计划、保持船舶航行在计划航线上,同时根据避碰、避险系统的指令进行相应的操船行动的指令执行系统。

这一子系统是由自动舵(包括舵机、船舵、推进器)及导航设备(包括罗经、计程仪)两大部分构成。由于它只是指令执行系统,因此,该系统只接受指令、执行指令并反馈执行信息。指令的更改及执行情况均由指令发出系统进行评价。

3.6 避碰、搁浅避险子系统

在现有的船舶上,船舶了望完全依赖于驾驶员。当船舶会遇他船时,有无碰撞危险是驾驶员根据两船速度会遇状态、两船相对位置关系以及雷达提供的信息,根据一定数学法则计算来判定的。确定的避碰措施及其实施方法也是根据一定法则和法规进行的。船舶有无触礁、搁浅危险以及避碰措施的确定也是驾驶员根据当时的船位、海图信息来判定的。对无人的智能化船舶来说,这些事件的完成也是必须的,因此,这一系统要完成的工作有:探测水下危险碍航物的有无、探测水面上一定范围内他船及其他物体的有无、判定碰撞、触礁、搁浅危险的有无、决定避碰、避险措施、输出避碰、避险指令、实施避碰避险。

3.7 船网数据总线-局部网络

自动航行系统设有数据总线-本地局域网络。通过数据总线将导航雷达、导航传感器、卫星通讯机、主机性能监视系统、综合管理系统与操纵控制系统、导航工作台等联结起来,构成数字回路。这样简化了系统内部间各设备的接口,使它们之间通讯快速、可靠。本系统与全船自动化的其它系统及与地面、卫星之间的通讯是采用局域网 LAN 进行连接,这将使航海信息得以在网上高速传输,各系统共享资源。

4 船舶自动航行系统的研究内容与方法^[7,8]

4.1 气象、海况状态监测子系统

该子系统测取的数据有风向、风速、水温、气压、气温、波高、波向、波长、海流及潮流的有关参数。测取这些数据的设备主要由风向、风速仪,水温、气温传感器,海流计及雷达等。

该子系统仅获得船舶附近的气象、海况数据是无法对未来的气象、海况做出预报的。作为另一数据来源,就是利用通信系统,从地面气象中心获得大范围内的气象、海况数据,如波浪预报图、天气图等。获得这些数据既要利用现有的通信设备,如传真电报等收取一般气象、海况预报,还要配备专用设备,如气象传真机等收取天气图、波浪预报图等。

该子系统在获得上述数据的基础上,还要以数据实时处理、评价,其工作是首先对现有数据进行实时处理,对船舶周围小范围内的实际海况做出评价;之后根据这一评价结果及大量统计资料,做出未来状态趋势预测,提供其他子系统工作的必要数据。

该子系统的硬件设备存在的问题是如何改进现有设备,适合智能化船舶无人航行对这些设备的高自动化、高可靠性的要求。例如,气温、水温等数据的测取在现有船舶上是靠驾驶员人工测取的,而在智能化船舶上,这些气温等数据由传感器测取并直接将测量数据传输到计算机。再如,目前天气图、云图的传输均是采用模拟信号传真传输的,而对于智能化船舶的气象、海况监测评价系统所需要的是直接的数据而并非一张图。因此,要么由气象中心对数据加工后传输给船舶,要么从船舶自身这方面寻求解决方法,这可以利用图像识别技术将天气图所提供的数据输入计算机。

涉及该子系统有波浪观测方法、预报方法及提高气象中、长期预报的准确度。在一般船舶上,波浪的有关数据是由驾驶员粗略估计并予以记载的。对于智能化船舶需要的是精确的定量数据。在船舶上取代驾驶员进行波浪观测的设备是雷达。利用气象雷达观测波浪的研究开展的较早,已取得了一定成果。利用船舶雷达观测波浪的研究虽已开展,但在提高观测精度、数据处理等方面尚有许多理论上的问题要解决。气象变化万千,因此其中、长期预报的难度较大、准确度较低;而提高其准确性又是预测船舶状态、设计未来航线的关键,

因此尚需要从理论上和实践上寻找解决中、长期天气、海况预报准确度问题的方法。

4.2 船体状态监测子系统

根据船舶的航行状态,这一子系统也具有不同的工作状态,有进出港工作状态、沿岸航行工作状态、大洋航行工作状态。停泊装卸时,船体状态的监控主要由货物装卸管理系统来完成。这一系统各种工作状态下所需要的数据来源有两个:一是由船体上安装的各种传感器获得,主要测取船体各部应力、波浪冲击力、船体倾斜角度、船舶运动参数等;二是由其他系统输入信息,主要有气象预报海况预报数据、潮流、海流信息等。作为系统工作的基本数据还有船舶参数、推进装置工作特性、船舶在各种波浪状态下的响应特性,如摇摆特性、失速曲线、受风面积等。进出港航行中,一般多为狭水道或船舶密度大的水域,这些水域一般水流不大,船舶被限速,所以在进出港工作状态下,一般要调整的主要是吃水差、航速。在沿岸、大洋航行状态下,风、浪影响变大,调整的参数有吃水差、稳心高度、航速、航向等,以避免船舶摇摆角度过大,造成船舶倾覆或货损。

该子系统所使用的传感设备,目前在船舶上尚未得到使用。目前研究的任务是根据系统的目的和船舶无人航行的要求确定应测取哪些数据,有哪些部分是船体安全的关键部位,数据处理和船体状态评价的软件程序。也就是说系统的开发研究要软、硬件两方面开发研究。就监测设备来讲,可以借鉴于工业设备中所使用的监测技术,根据船舶需要开发出船用设备。关于船体状态响应特性、运动特性的评价,造船售货员在理论上和实践上都开展了多年的研究。某种风、浪条件下,处于某一装载状态的某种类型的船舶的运动特性、船体状态响应特性的表述正逐步趋于量化,但目前还难以得到非常完善的理论数学模型。由于实验条件的限制,也难以得到所有状态下的数据。因此,现在根据船载设备的实测数据,给定的安全标准进行实时控制是可能的,但要准确预测未来某种气象、海况状态下的船体状态,确定保证船舶安全的船体控制措施,建立船体响应预测软件还需要进一步的研究。

4.3 最佳航线设计子系统

航迹设计子系统包括航线计算、最佳航行计划设计两大内容。

航线计算部分要完成的工作是进行一般的航

行计算。在这一部分有大圆航法、混合航法、平面航法、恒向线航法及航迹推算的计算程序。可以在设定出发港和目的港及其它参数,进行各种航法的计算,并输出有关数据给其它系统。

最佳航行计划设计软件所要完成的工作是根据气象、海况等自然条件、货物状况、积载状态、船体状态、船舶运动特性(摇摆、加速度、失速特性等)、主机性能(输出功率、耗油量、推进效率等),并基于一定的评价标准,决定出船舶航行的最佳航行计划,并能自动执行这一计划。最佳航行计划既包括所确定的最佳航线,也包括航行于这一航线的最佳航行方法。评价最佳航线的参数有航行时间、燃油消耗及货损、船损等。航行方法主要是指航线上船舶航行航法、最佳船速、偏航时的归航方法。

大海域最佳航行计划设计程序用来在船舶开航之前,设计出由出发港至目的港的全程航行区域内,或在航行中设计现在船位至目的港的未来航行区域内的最佳航行计划,它所依据的数据是航行区域内气象和海况的中/长期预报、船舶数据、船舶有关特性等,评价函数是以评价参数为变量的多元综合评判函数。目前,用于评价最佳航线的算法有最小剩余航程法、变分法、极大值原理法和动态规划法。

小海域最佳航行计划设计程序用来在航行过程中,根据短期气象、海况预报、船舶气象、海况实时监测数据、船舶位置及其他参数,做出未来短时间内的最佳航行计划,对大海域最佳航行计划进行修正。之所以要进行这一修正是因为大海域最佳航行计划的制定所依赖的气象、海况中/长期预报精度不高。尤其是中/长期预报无法提供诸如热带气旋那样的典型突发性天气的准确信息,而且对风向、风力的中/长期预报精度也较差。而波高、波向、波速等波浪参数与风的风向、风力、吹送距离等有直接的相关关系,至于波浪的有关参数是计算船体状态、货损、船损、船舶运动状态的重要参数。因此要根据近期的预报做出短时间内的最佳航行计划,对宏观的大海域最佳航行计划进行微观的优化修正。

局部海域最佳航行计划设计程序用来决定船舶在目前或未来几小时内的最佳航行方法。它所依据的数据是气象、海况监视评价系统的现状评价数据和船体状态监控系统的船体状态有关数据。做出这一最佳航行方案的目的是考虑到船损、

货损等因素,要使船舶脱离遭受这种损失的状态。因为,即使是小海域最佳航行计划所决定的方案,也是船舶未来数小时以上时间内的航行计划。在所决定的航向上难免遇到短时间的横浪,或迎浪波长正好等于船长的波浪等非常不利的情况,从而可能造成船损、货损。为了避免这些情况的出现,或出现后进行适当的调整,就要进行局部最佳航行方法的决策,对小海域最佳航行计划进行修正。当危险状态消失后,仍按小海域最佳航行计划航行。

这一子系统的硬件设备即是计算机。系统的开发关键在于其软件的开发。关于最佳航线的研究从 1963 年就已开展起来,到目前为止,主要是围绕气象最佳航线设计展开的,评价参数主要是航行时间和燃油消耗。设计最佳气象航线要解决的主要问题有:最佳航线设计的数学方法,各种气象、海况条件下船体状态、船舶运动特性,掌握和预报气象、海况数据的精度。目前,用于评价最佳航线的算法有最小剩余航程法、变分法、极大值原理法和动态规划法。各种气象、海况条件下船体状态、船舶运动特性的研究是造船人员多年研究的课题。虽然对所有船型、在任何气象、海况条件下船舶运动特性的普遍通用的数学模型尚未出现,但对特定船型船舶的运动特性的定性实验研究也取得了很大成果,而且对其定量描述的数学模型也已出现。这些成果和理论可在大量的文献中查到。提高气象、海况中、长期预报精度仍是影响最佳航线设计的主要因素。其精度的提高还有赖于气象工作者的努力。但航海科研人员提出的利用 500 mbar 高空图相关预报海浪参数等厂家成果也是令人瞩目的。

4.4 自动定位子系统

就目前的船舶定位手段看,可以满足这一定位要求的是某些无线电定位系统。

船舶无线电定位系统有台卡(DECICA),罗兰 A/B(LORAN-A/B),罗兰 C(LORAN-C),奥米伽(OMEGA)等是地面设置的无线电导航系统,这些导航系统定位信息连续、稳定,但是受区域、时间、气候的影响大,定位精度不高,存在定位盲区,且庞大的岸台也易被干扰和摧毁等。不使用电波的直接导航装置,现在常用的是惯性导航系统,这是一种主动式的导航技术,不受外界条件的制约,但是存在误差积累的问题,不能单独长期工作,必须加以校准,且系统造价也高。随着空间技

术的发展,开发出了利用人造卫星的导航系统,例如 NNSS、STARFIX、GEOSRAT、GPS 等,其中 GPS 是主要的定位手段,利用 GPS 系统可在全球范围内的任何地点、任何时刻确定船位,其精密定位服务 PPS 可以提供高精度定位,但一般用户只能使用其标准定位服务 SPS,加之 SA 政策的实施,使二维定位精度降到 100 m,为了满足自动驾驶和自动避让的需要,必须采取措施进一步提高 SPS 的定位精度,在近海水域,可利用指向标差分台链进行差分,也可利用滤波技术提高定位精度。GPS 系统并不属于任何国际组织,而属于美国军方。因此,尽管 GPS 可以达到很高的定位精度,世界各国仍不愿意完全依赖 GPS,仍保持其它导航设备,如罗兰 C 等,同时,人们已开始重视俄罗斯的 GLONASS 系统,欧洲也加紧研究开发自己的第二代全球卫星导航系统 GNSS-2,该系统能够克服 GPS 和 GLONASS 的一些局限,尤其是强调系统的完整性。GPS 和 GLONASS 均为军用所设计的,存在一定的风险是允许的,而作为民用导航系统,高可靠性和高精度同样重要。当然,卫星定位信息不连续,平均间隔 90 min。此外,利用声波或超声波确定船位的技术,正在进行研究。

为了实现高精度、高可靠性、全球和全天候连续定位的导航,可把这些单一的导航设备组合起来,构成有机的整体,形成具有信息融合能力的组合导航系统。例如,采用 GPS 和 LORAN-C 组合作为导航定位系统。此外,为实现高精度定位还需采用 Kalman 滤波技术。

4.5 船舶航行操舵子系统

自动操舵仪(即航迹/航向控制器,简称自动舵)是船舶操纵中的关键性设备,它的性能直接影响到船舶的航行安全和经济效益,故而各国都投入很大的人力、物力和财力进行开发和研究。

按控制手段划分,船舶自动舵可分为机械控制式、PID 控制式、自适应控制式与智能控制式四种,其中智能控制式又分为专家系统、模糊逻辑与神经网络等多种方式。目前国内、外市场上有多种成熟的航向舵、航迹舵产品,但控制方法大多为比较成熟的 PID 控制或自适应控制,近几年发展起来的智能控制在自动舵上应用处于方案可行性论证阶段。而由于实际船舶存在非线性、时变性等,传统控制方法的自动舵控制效果并不理想,智能控制的自动舵可解决这些问题,因此,自动舵的智能控制方法是很有意义的研究课题。

4.6 避碰、搁浅避险子系统

安全避让是保障船舶航行安全最重要也是最复杂的一个问题,也是令船东及船员最关心最头痛的问题,虽然导航设备功能不断增加,性能不断提高,但是船舶碰撞、搁浅、触礁等事故仍屡有发生,造成巨大的经济损失、严重的海洋环境污染以及人员伤亡。据分析,人为失误是产生事故的主要原因,减少人为失误是减少海上交通事故、提高船舶航行安全性的关键环节。为了彻底解决人为的失误造成的事故,研究和开发避碰专家系统是自动航行系统是一个重要课题。为了实现安全避让,首先必须准确掌握来船相对本船的距离、方位、航向、航速以及 DCPA、TCPA 等数据,以便正确评估会遇态势,因此 ARPA 的性能至关重要,然而更重要的是正确理解避让规则的前提下,迅速找到最佳避让方案。避碰专家系统可以在掌握足够信息的前提下,及时、正确地判断会遇态势,进行危险评估,并确定最佳避让措施,从而有效地弥补和避免人在观测、判断和决策过程中的失误。

在碰撞事故中,由于两船避碰行动协调所致占有相当大的比例,造成不协调行动的原因一是望疏忽,采取行动过晚,其次是由于 ARPA 的测量误差以及来船的避让行动不明显,动作过小等因素,导致错误的判断,为了避免不协调行动的发生,最有效的办法是会遇船舶进入一定范围后,自动建立通信联系,将本船即将采取的避让措施及时通知对方,来船收到这些信息后,一方面显示出来以提示驾驶员,同时也送到避碰专家系统从而作出协调的避让行动,当然,在避让过程中还要依靠 ARPA 连续进行观测,以确保安全。

目前避碰、搁浅避险方法已采用先进的专家系统、模糊逻辑与神经网络等人工智能方法,但这些方法的实际运用还有很多值得研究的问题。

完成避碰、搁浅避险的硬件设备有水下碍航物探测设备、测深设备、雷达监测设备。这些硬件设备业已得到开发,并在现有船舶上得到了应用,而完成以上工作的软件程序的开发则是这一系统得以实现的关键所在,也是一项比较艰巨的工作。该子系统所必须的软件有:基于海图信息,海况信息,本船位置,探测装置监测信息,判断暗礁有无,暗礁位置、深度及触礁、搁浅危险有无的遇险判定软件,确定避险措施的软件;根据雷达信息,本船航行状态,他船及水上物体有关数据判断碰撞危险有无的碰撞危险判定软件和确定避碰措施的软

件。

4.7 电子海图显示与信息(ECDIS)

自 80 年代以来,世界各国纷纷开展对电子海图的研究,并逐渐成为自动航行系统的核心部分,ECDIS 包括两方面的内容:一是海图数据库,二是电子海图显示系统,IMO(国际海事组织)和 IHO(国际水道测量组织)对电子海图的正式命名为 Electronic Chart Display and Information System,简称为 ECDIS,ECDIS 是指满足 IMO 和 IHO 有关规定能够在电子海图显示器上显示水面及水下的各种海图信息并能实时显示船位信息的电子系统,且具有纸海图同等的精度和效力,除了标准的 ECDIS 系统外,一些厂家的产品中还包括具有部分 ECDIS 功能,但并不完全符合 IMO 和 IHO 规定的以电子方式显示部分纸海图信息的系统,如 RACAL-DECCA 的 Electronic Map 等,这些简化的电子海图系统由于不具有 ECDIS 的全部功能,也不具有纸海图的同等效力,不能称为 ECDIS,因而也被称为“Near ECDIS”、“ECDIS like”,“ECDIS compliant”等。由于它们经济实用,因而在游艇、渔船等小型船舶的导航系统中很受欢迎,而 Electronic Navigational Chart(简称 ENC)则是指为 ECDIS 系统提供的满足一定精度和格式要求的海图数据文件,目前 ENC 文件主要是从纸海图生成的。由于用于 ECDIS 的 ENC 文件可能来自不同的国家和机构,数据一致性(数据的精度和格式等)非常重要。

对纸海图的数字化可产生光栅形式和矢量形式两种不同格式的海图数据文件。光栅图是通过直接对纸海图进行数字化而得到的,海图数据是以图象方式表示的,其优点是精度和可靠性基本与纸海图等效,显示速度快,效果与纸海图相似,制作方便,成本低,主要缺点是数据量大,缩放显示效果差,不能分层选择显示,英国已经从 1996 年开始“光栅海图服务”业务。由 UKHO 提供海图数据,商家负责制作软件,海图数据每星期更新一次;矢量图是按图形方式存储海图信息的,因而海图数据量被大幅度压缩,另外,还可以进行分层选择显示,便于缩放显示,海图数据还可以与其它设备共享。矢量图的主要缺点是制作复杂、周期长、成本高。矢量图比光栅图在显示性能方面具有明显的优势,因而被作为未来海图数据的标准格式,但由于制作全球范围的统一标准的高精度矢

量海图需要很长的时间和大量的工作,因此,在一定时间之内,光栅图仍将与矢量图并存。

4.8 雷达图象、ARPA 数据与 ECDIS 的叠加显示

为了在一台显示器上集中显示更多的信息,大多数自动航行系统还具有在 ECDIS 显示器上显示 ARPA(Automatic Radar Plotting Aid)跟踪目标以及叠加显示雷达视频图象的功能,只叠加显示 ARPA 跟踪目标的好处是容易实现,并且对海图信息的正常显示无太大影响,叠加显示雷达视频图象则可以为驾驶员提供更丰富的信息。有些系统(由 ARLAS 和 NORCONTROL 的产品)已具有电子海图与雷达图象的叠加功能。国内研制的电子海图也具有叠加雷达图象的功能,但叠加雷达图象也存在一些问题:首先是雷达图象数据量大,采集、处理和显示比较复杂;其次叠加雷达图象也会覆盖一些海图信息,尤其是在杂波干扰的情况下更为严重,因此,可采用图象处理和图形识别技术从雷达原始视频图象中检测出目标并提取目标的尺寸和类型信息,然后以符号的形式显示在 ECDIS 上,这样既最大限度地保留了雷达视频图象的信息,又减小了数据量以及对海图显示效果的影响。

雷达是自动航行系统采集目标信息的主要设备,雷达的性能和精度对自动航行非常重要,尤其是实现自动避让要依靠雷达提供会遇船舶准确的位置和运动数据,因此,船用雷达(ARPA)需要解

决以下几方面的问题:提高抗干扰能力,目前船用雷达在风浪较大的情况下,海杂波干扰很严重,发现和跟踪目标的能力大大降低;提高测量精度和数据更新率;增强 ARPA 的目标识别能力,从雷达回波信号中提取目标的尺寸、类型等特征信息。

5 结束语

总之,自动航行系统的功能主要有:可进行最佳航路设置;连续提供船位、航向、航速和漂移的导航定位信息;航路设置航行参数计算,等角线和大圆航法计算,计划航向、修正航向和保持航迹等三种航行模式计算等;用数字海图、ARPA 雷达图两种方式显示的本船航迹、计划航线、ARPA 图象及数据,还可将这两种图形任意迭加;还可设有航迹自动标绘仪,以便记录绘制航迹;手动/自动捕捉目标,自动录取目标数据,雷达图象处理及显示,自动判断危险目标,避让模拟试运算,航道线设置和测算船位漂移;最佳操舵航向的绘出,航向或航迹保持的完成;数据显示、报警、自动检测及故障诊断;与其它系统及与地面、卫星间的通讯,具有通话、电报、数据通讯等功能;系统硬件模块化,软件菜单化,接口、规则国际化。目前国内针对自动航行系统的研究只是在航迹/航向自动舵等局部领域内展开,且没有成熟的系统产品,还要大力进行开发研究,争取尽快达到国外先进水平。

参 考 文 献

- 1 齐国清,贾欣乐. 船舶综合导航系统. 大连海事大学学报,1996,24(1):35~40
- 2 贾欣乐. 单人驾驶台航海信息综合处理与显示系统. 大连海事大学学报,1996,22(3):1~5
- 3 Owen J. Editorial-Advances in navigation. IEE Proceedings-F,1997,144(3):141~142
- 4 Dawson J. Digital Charting, now and in the future. The Journal of Navigation,1997,50(2):251~255
- 5 Judson B. A tanker navigation safety system. The Journal of Navigation,1997,50(1):97~108
- 6 Aldridge A J. A user-centred evaluation for integrated bridge systems. Safety at Sea International,1997(4):28~33
- 7 Komrakov, E. Integrated information systems. Safety at Sea International,1993(10):19~20
- 8 国外航海科技编辑部. 国外驾驶自动化的新发展. 国外航海科技,1990(3):29~33

Ship Automatic Navigation System

Cheng Qiming¹, Ma Ruhong²

1)Department of Instrument Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, PRC

2)Southeast University, Nanjing 210096

Abstract The development, makeup, structure, function of ship automatic navigation system are described. The ship automatic navigation system is consisted of weather/sea-state monitoring, ship-body state monitoring, optimal route planning, automatic positing, track keeping and steering, collision avoiding, and so on.

Keywords electronic chart; radar; autopilot; integrated bridge