

交通系统高等学校内部教材

船用无线电导航设备

洪德本 编



大连海运学院出版社

责任编辑：申明瑄



大连海运学院出版社
大连海运学院出版社印刷厂印刷

10.52

Chuanyong Wuxiandian Daohang Shebei

船用无线电导航设备

洪德本 编

①
大连海运学院出版社

内 容 提 要

本书介绍了无线电测向、劳兰C导航、台卡导航、奥米加导航、卫星导航和组合导航系统的设置,对导航设备及其维修作了详细介绍。

本书为海运高等院校海洋船舶通信、导航专业大学本科生的教学用书;海洋船舶驾驶、水运管理和航政等专业大学本科生、海运工程及国际海事研究生的教科书或教学参考书;海船驾驶人员、无线电通信导航人员维修用书;也可供航空、宇航、测绘、石油勘探及国防等部门从事无线电导航的工程技术人员参考。

前 言

本教材是根据高等航海学校船舶通信导航专业《船用无线电导航设备》教学大纲及经十几年教学实践后修改再版的,教学时数约 80 学时。

全书共六章。分别介绍了现代化远洋船舶常用的无线电测向、劳兰 C 导航、台卡导航、奥米加导航、卫星导航及组合导航,对各种实用的无线电导航设备进行了详细介绍。

本书为海运高等院校海洋船舶通信导航专业大学本科生的教科书。内容包括:无线电导航系统的设置、特点及工作原理;无线电导航设备的硬件(电路)、软件(程序)及维护、修理。重点介绍了无线电导航系统的特点,导航设备各级电路的工作原理,整机电路的信号分析及故障诊断方法。

船用无线电导航设备发展很快,新的无线电导航系统及设备不断涌现。为了适应这一发展,本教材在前两次版本的基础上,进行了修改。以新系统、新设备为主,密切联系实际对内容进行了大幅度改动;注重了基本概念、基本原理和基本分析方法;对重点系统、重点设备进行了深入、广泛、细致的分析。

本书也可作为海洋船舶驾驶专业、水运管理专业、航政专业大学本科生,海运工程及国际海事研究生的教科书或教学参考书;也可供海洋船舶驾驶人员、无线电通信导航人员以及各种从事无线电导航的工程技术人员参考。

本书由大连海运学院航海系洪德本编,电子工程系李春宝教授担任主审。在编写过程中,大连海运学院酆天金教授、袁安存教授及盛德元助理工程师,青岛船员进修学院王永勤副教授、大连水产学院孙德斌工程师给予了很大帮助,在此谨向他们致以衷心感谢。由于船用无线电导航设备型号繁多,发展极其迅速,书中不妥之处,请读者批评指正。

编 者

1992 年 10 月

目 录

概论.....	(1)
思考题.....	(6)
第一章 无线电测向设备.....	(7)
第一节 无线电测向系统的设置.....	(7)
第二节 无线电测向原理.....	(11)
第三节 阴极射线管目测式无线电测向仪.....	(15)
第四节 伺服指针式无线电测向仪.....	(22)
第五节 无线电测向仪的误差.....	(26)
第六节 无线电测向仪的维修.....	(31)
思考题.....	(37)
第二章 劳兰C导航设备.....	(40)
第一节 劳兰C导航系统的设置.....	(40)
第二节 劳兰C定位原理.....	(52)
第三节 劳兰C导航仪接收电路.....	(57)
第四节 劳兰C导航仪定时电路.....	(60)
第五节 劳兰C导航仪计时电路.....	(66)
第六节 劳兰C导航仪自动控制电路.....	(75)
第七节 劳兰A、C导航仪自动控制电路.....	(79)
第八节 劳兰C导航仪微处理器控制电路.....	(88)
第九节 劳兰A、C导航仪维护与修理.....	(95)
第十节 劳兰C导航仪维护与修理.....	(105)
思考题.....	(108)
第三章 台卡导航设备.....	(111)
第一节 台卡导航系统的设置.....	(111)
第二节 台卡定位原理.....	(116)
第三节 MK-21型台卡导航仪.....	(118)
第四节 MK-12型台卡导航仪.....	(121)
思考题.....	(125)
第四章 奥米加导航设备.....	(126)
第一节 奥米加导航系统的设置.....	(126)
第二节 奥米加导航仪接收电路.....	(128)
第三节 奥米加导航仪微处理器控制解调电路.....	(131)
第四节 奥米加导航仪维护与修理.....	(141)
思考题.....	(144)

第五章 卫星导航设备.....	(145)
第一节 卫星导航系统.....	(145)
第二节 卫星导航定位原理.....	(161)
第三节 GPS 卫星导航信号的接收处理	(177)
第四节 GPS 卫星导航仪接收与放大电路	(187)
第五节 GPS 卫星导航仪微处理器控制解调电路	(188)
第六节 NNSS 卫星导航仪接收与放大电路	(195)
第七节 NNSS 卫星导航信号的同步、解调电路	(207)
思考题.....	(212)
第六章 组合导航设备.....	(215)
第一节 组合导航系统.....	(215)
第二节 组合导航系统的数据处理.....	(218)
第三节 MX1105 型卫星/奥米加组合导航仪	(219)
第四节 MX 系列导航仪航速和航向接口电路.....	(222)
第五节 MX 系列导航仪键盘/显示器接口电路	(233)
第六节 MX 系列导航仪微处理器.....	(236)
第七节 MX1105 型卫星/奥米加组合导航仪维护与修理	(237)
思考题.....	(240)
附录.....	(244)
附录一 ADF2200 型船用全自动测向仪技术性能	(244)
附录二 ZD3 型劳兰接收机技术性能	(245)
附录三 LR777 劳兰 C 接收机技术性能	(245)
附录四 YD1 型奥米加接收机的技术性能	(246)
附录五 JLA101 型奥米加接收机的技术性能	(246)
附录六 MX1102 型卫星导航仪技术性能.....	(247)
附录七 MX4400 型卫星导航仪的主要性能.....	(248)

概 论

导航是引导船舶(运动体)沿规定的路线、按规定的时间和精度、安全地到达目的地。在船舶导航过程中,驾驶员采用各种方法确定船位、修正航向和航速,从而根据航行条件及任务,采取措施,引导船舶安全航行,通过狭窄水道和进出港,准确、准时、安全地完成航行任务。

一、船舶导航方法

到目前为止,船舶导航方法可分为如下几类:

1. 推算导航

根据船舶的航向(航行方向)和航程(在一定时间内航行的距离)推算出船舶的位置,即从一已知的坐标位置开始,根据航向、航速和航行时间,推算下一时刻的坐标位置的导航过程。推算导航是最古老、最基本的导航方法,是进行了望(航行值班,避碰)辨认物标、陆标定位及天文定位(利用星体定位)的基础,它是船舶航行中经常性的工作,只需要知道航向和航程,就可以推算出船舶的位置。推算船位的精度决定于起始位置、航速、航向、航行时间、计算器材、所用资料及作图的准确性。在海上对推算导航影响最大的是海流、潮汐和风,推算导航随推算时间的延长而产生积累误差。

2. 陆标导航

陆标导航是利用测定陆标的方位(船与北连线、船与陆标连线间的夹角)、距离或水平夹角等决定船舶的位置,进行导航的陆标导航必须天气良好,物标必须在视界内,而且物标形状易于辨认。陆标定位被公认为实实在在的准确的定位,有时,可以陆标导航为标准导航来考查其它导航方法的准确性。例如,推算导航的准确性,天文导航的准确性及无线电导航的准确性。但如果天气不好,见不到陆标或陆标难以辨认,就无法利用陆标导航。

3. 天文导航

它是利用天空中具有一定运动规律的天体(星、太阳、月亮)决定船舶的位置进行导航的。在白天、早晨、黄昏和蒙影时间利用太阳、月亮、行星或恒星对船舶进行导航。利用航海天文历,确定天文船位圆的圆心,利用六分仪测出天体高度,则船位是在以天体的地理位置为圆心,天体顶距为半径所作的船位圆的圆周上。天文导航必须天气良好,星体和水天线必须清晰可见,测、算、画必须迅速,天文导航是远洋航行中主要的船舶导航方法。

陆标导航是利用海岸或海岛上的标记来对船舶导航,天文导航是利用天空中的星体决定船舶的位置进行导航,推算导航是在已知船位的基础上估算导航,它们都使用极简单的普通导航装置,只能在气象良好的条件下,物标或天体的能见度良好时,才能适用,而且观测繁杂,速度慢及精度差。

4. 无线电导航

利用无线电方法来确定船舶的位置,使船舶(运动体)沿规定的路线、按规定的時間,安全地到达目的地。无线电导航与上述几种导航方法相比,不易受气象影响,在复杂条件及能见度不良情况下,可在近、中、远距离,甚至在全球进行导航。

二、无线电定位的基本原理

从无线电波传播的基本理论中知道:

(1)在理想同一均匀媒质中,电波是直线传播的;

(2)在理想均匀媒质中,电波传播速度是常数;

$$V = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} \quad (1)$$

式中, μ ——磁导率; ϵ ——媒质的介电常数; V ——电波传播速度

(3)电波在任何两种媒质的边界面上必须产生反射,反射的场强与两种媒质的电性能差异程度有关,在垂直于边界面上投射时,反射系数

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_2} - \sqrt{\epsilon_1}}{\sqrt{\epsilon_2} + \sqrt{\epsilon_1}} \quad (2)$$

式中, ϵ_1, ϵ_2 ——媒质的介电常数。

根据以上的性质可以对目标进行无线电观测。

根据性质(1)可以测定辐射电波的目标的方向;(2)可以确定船舶到目标的距离;(3)可以发现与搜索目标。利用这些组合观测,可以建立各种无线电导航系统。

例如,无线电波以一定的速度在空间传播,当遇到物标时,它具有向着发射体反射能量的性质。雷达就是利用这种无线电波的反射现象来测定物标的距离和方位的。

雷达发射机通过定向天线按一定的方向发射脉冲电波,当遇到物标时,脉冲电波的一部分能量被反射回来,在接收机上就可接收回波。设脉冲从发射出去到回波返回之间的时间间隔为 Δt ,则物标与本船的距离可由下式求得

$$D = \frac{C \cdot \Delta t}{2} \quad (3)$$

式中 C 为电磁波在空间的传播速度, $C=3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。

实际上不必进行计算,可直接从显示器上测出 D 值。

由于雷达采用的是定向天线,它只能集中地向某一方向发射,也只能接收在该方向上的反射回波。天线由马达带动,以某种角速度沿着水平方向旋转。因为只有当天线转到物标方向时电磁波才能射到物标上,也只有在这个方向才能收到来自物标的反射回波。因此,当发现回波后,就可以根据当时天线的方向确定物标的方向。物标的方向也可以从显示器上直接测出。正因为雷达具有这样的作用,就可以进行定位、避碰和导航。

为了完成上述功能,雷达由发射机、接收机(常合称收发机)、显示器、天线和电源等组成。

又例如,若在地面固定点设置全方向发射的无线电导航台,而在船上装有能测定电波方向的无线电测向仪,就可以求得无线电台的真方位。根据无线电台的真方位,确定出船舶所处的一条位置线,这是一条通过导航台的方位线。对于不同导航台测出两条或两条以上的位置线,它们的交点就是船位。

利用地面有源导航台进行测量的方法,除了上述测向法外还有测距法测距差、测距以及测距——测向法。

根据测距差原理构成的导航系统又称双曲线导航系统。双曲线导航是利用“距球面上两点的距离之差为一定值的轨迹是一条以这两定点作焦点的双曲线”这一原理来确定船舶导航的一种方法。如果在地面上相隔一定距离设置两个无线电导航台,从船上测定到两个导航台的距离差

$$r_d = r_A - r_B$$

则可知船一定在与 r_d 对应的一条双曲线上,不同的 r_d 对应不同的双曲线位置线。先后或者同时对两对导航台进行 r_d 的测定,就可以获得两条双曲线位置线,它们的交点就是船位。

测距和方法与测距差方法相似,只是测定的几何参量不是距离差 r_d ,而是距离之和 r_s 。同样,根据几何原理可知,其位置线是以地面导航台为焦点的椭圆。

三、无线电导航系统的分类

无线电导航系统的分类是为了便于研究比较,依据不同的特点可分为不同的类型。

1. 按位置线的形状,在二维空间可分为直线系统(测角)、圆系统(测距)、双曲线系统(测距差)及椭圆系统(测距和);在三维空间可分为平面系统(测角)、球面系统(测距)、双曲面系统(测距差)、椭球系统(测距和)及锥面系统(测角)。

2. 按作用距离可分为远程、中程及近程导航系统和全球导航系统。

距离 内容 类别	近 程	中 程	远 程	全 球
船 船	50n mile	500n mile	1 500n mile	全 球
飞 机	100km	500km	2 000~3 000km	全 球
精 度 (船 船)	1~10m 5~10m	50~500m	2 000~3 600m	2 000~5 000m(Ω) 50~500m(NNSS) 100m(15m)(GPS)

3. 按电气参量分,根据无线电信号的波动方程 $e = E \sin(\omega t - \varphi)$,可分成 4 种基本类型:(1)振幅系统(E);(2)相位系统(φ);(3)时间系统(t);(4)频率系统(ω)。

4. 按设置可分为自备式(仅包括运载体上的无线电导航设备)和它备式(包括运载体上的无线电导航设备和运载体外的无线电导航台)。

5. 按设置地点可分为陆基系统(导航台在陆地或海上)、空基系统(导航台在飞机上)、星基系统(导航台在人造卫星上)。

从研究无线电导航设备的角度来看,将无线电导航系统按所测定的电气参量分是比较方便的。因为相同的电参量所对应的设备的技术原理相近,在接收与指示设备中存在着相似的地方。但是,无论从所测量的电参量来看,还是从被测的几何参量来看,都可以构成综合系统。船舶无线电导航发展至今日,已经产生了许多导航系统与导航设备。

四、船舶常用无线电导航系统

能够完成一定的无线电导航任务的技术装置组合,称为无线电导航系统。船舶常用无线电导航系统有无线电测向系统、双曲线导航系统和卫星导航系统。

1. 无线电测向系统

1902 年,丁·斯通发明了无线电测向技术,1907 年发明了测角器,1916 年发明了爱德考克天线。船舶利用无线电测向仪可以寻找无线电台。利用无线电示标台和船载无线电测向仪可为船舶进行导航,确定航行中船舶的位置,引导船舶在不良视距下通过狭窄海道和进出港以及海上救生。1919 年国际电信会议决定分配 1 000m 波长供无线电指向标使用;1972 年国际

电信会议又决定分配 950~1 050m 波长供测向用;1929 年召开的海上人命安全国际会议条约规定 5 000 吨以上客船必装测向仪;1948 年海上人命安全国际会议条约规定 1 600 吨以上船只必装测向仪。1981 年 3 月在 IMCO 海上安全委员会第 44 届会议上提出:“所有 1 600 总吨以上的船只,在进行国际航行时应装备符合 IV/12(a)规定的无线电测向装置。如果有关主管部门认为某些区域可以不装上述设备,则允许 5 000 总吨以下的船只不装备无线电测向仪。无线电测向仪应既可作为导航仪器又可做为测定船只、飞机或救生艇位置的设备。”“1980 年 5 月 25 日以后建造的 1 600 总吨以上的船只在进行国际航行时,应装备具有无线电遇险呼救频率的无线电导航设备,并应符合公约 IV/12(b)中的有关要求。1928 年英国制作了无线电指向标,1930 年我国开始使用花鸟山无线电指向标,目前全世界共设立 1 900 多个专门用于测向的无线电指向标。远洋船舶,大于 1 600 吨的沿海船舶及部分捕渔船都装有无线电测向仪,这些测向仪均为自动式测向仪,按单通道、双通道和伺服指针式分为三类,且满足国际海协的要求,备有 2 182kHz 通道。

2. 双曲线导航系统

双曲线导航是利用双曲线导航台网测定飞机或船舶的位置。根据双曲线原理,船舶通过测量双曲线导航台信号的时间差或相位差求取距离差,得到双曲线船位线。同时对几对双曲线导航台进行测量,就可获得双曲线船位。目前在海上常用的双曲线导航有:劳兰导航、台卡导航和奥米加导航。台卡导航和奥米加导航是相位双曲线导航;劳兰 A 导航是脉冲时差双曲线导航;劳兰 C 导航是脉冲、时差、相位差双曲线导航。

第二次世界大战期间(1940 年)美国研制了劳兰 A,英国研制了台卡。解放后,我国也设立了劳兰 A、台卡双曲线导航系统。在劳兰 A 的基础上,美国相继又研制了劳兰 B、C、D。美国已关闭劳兰 A 而用劳兰 C 双曲线导航系统。目前世界上有许多国家在发展劳兰 C 导航系统,中国沿海正在布设劳兰 C 岸台。劳兰 C 用于海、陆、空导航,还可入水 3m 米为水下导航。1957 年美国又研制了甚低频连续波相位双曲线导航系统——奥米加导航系统,在全球设置八个台,为水上、水下进行导航。

国际海协多次开会研究无线电导航设备,对无线电导航的精度标准初步草案和差奥米加船用接收机性能标准进行讨论。1980 年 2 月 29 日,IMCO 航行安全小组委员会第 24 次会议提出无线电导航的精度标准初步草案。1981 年 1 月 8 日,IMCO 航行安全小组委员会第 25 次会议提出无线电导航的精度标准初步草案。MSCXLWIV/21 通过差奥米加船用接收机性能标准。除国际会议及国际规定外,美国对无线电导航设备提出了要求,例如,1978 年美国海岸警卫队对进入美国水域船舶中劳兰接收机(或相当设备)的规则;1979 年 5 月 31 日,美国海域对无线电导航的要求(1 600 总吨以上的船舶)。随着双曲线无线电导航的发展,各国乃至国际对其会越来越重视,它也将变得国际化、规范化。有些国家也将对其进行限制和控制。

3. 卫星导航系统

1957 年 10 月 4 日,原苏联发射世界上第一颗人造地球卫星(运行三个月),美国约翰·霍普金斯大学应用物理实验室通过测量卫星信号的多普勒频移测定出卫星的轨道位置。1958 年 12 月,美国海军与该实验室制定了“NNSS”(子午仪)计划,1959 年 9 月至 1961 年 11 月分四批发射了 9 颗试验卫星,试验、研究、解决了星载高稳定度时钟、卫星能源、卫星消旋、卫星姿态稳定方式、卫星的可靠性等一系列问题。1963 年 12 月发射第一颗工作卫星,1964 年 1 月正式投入使用。1965~1966 年发四颗工作卫星(寿命一年),1967 年 5 月发二颗工作卫星(寿命五

年),1967年7月29日美国副总统汉弗莱宣布开放该系统,用于非军事目的。目前NNSS卫星有六颗,轨道高度1100km,运行周期106min、轨道倾角90°、卫星重50~70kg、躯体直径50cm。在卫星下面球心角为60°的范围为卫星可见范围,船舶看到1颗卫星的最长时间为18min。在赤道上的观测者,每日见一颗卫星4~6次,见6颗卫星约24~36次。利用NNSS卫星导航系统可进行全球、全天候导航,导航精度高,定点定位精度为几十米,航行船舶定位精度约200m。然而NNSS导航系统每次定位所需的时间长(几分钟~十几分钟),定位间隔长(1.5~8~12小时),航向、航速、海浪颠簸高度等易产生误差,且只能提供二维导航。由于NNSS卫星导航系统的缺点是原理性的,因此美国又重新研制新的卫星导航系统——GPS(导航星全球定位系统)。该系统计划发射18颗卫星,按6个轨道,每个轨道三颗卫星布设。GPS系统卫星高度为20200km,运行周期约12小时,轨道倾角为55°,卫星重450~787kg,辐射功率为418~700W。其载波信号频率为1575.42MHz及1227.60MHz,用伪随机码P码及C/A码调制。在地平线7.5°以上,至少可看到四颗卫星,在地平线以上,至少可看到五颗卫星。该系统分三个阶段进行:1973年12月~1979年6月为原理论证阶段,发射四颗卫星;1979年6月~1985年12月为试验阶段,又发射七颗卫星,用6颗卫星,原计划1986年正式发射工作卫星,1987年为过渡期,有12颗卫星工作,1988年布满18颗工作卫星、3颗备用卫星。但由于1986年1月美国“挑战者”号航天飞机失事,实用完成阶段计划拖后。1990年8月28日局部地区覆盖测试结束。1990年9月14日有14颗GPS工作卫星,预计1994年底,GPS系统趋于完善。1978年12月用X型接收机定位,平均水平位置误差为7.7~24.4m(大部分在10m以内),平均水平速度误差为0.28~0.77米/小时;用Y型接收机定位,平均水平位置误差为11.9~19.6m,平均水平速度误差为0.62~1.1米/小时。

世界上大部分国家均利用NNSS卫星导航系统进行导航,国际上对该系统的运用没有法律规定,美国海岸警卫队对进入美国水域船舶中劳兰接收机(或相当设备)的规则及对连续修正的混合型卫星接收机提出了要求。1979年5月31日,美国海岸警卫队对进入美国海域航行的1600总吨及以上船舶发布了最后规则,对卫星导航仪提出了具体要求。1983年3月,美国“联邦无线电导航计划”宣称GPS的首要目的是服务于美国国家的最高利益。同时指出,在不危害美国国家安全的情况下,GPS也将可以为民用部门服务。不过,对民用部门将要采取一系列的“限制”措施。(1)精度方面,GPS的民用精度为200m(SEP),二维均方根误差达500m。(2)在使用P码方面,除个别与国家利益关系重大,并且可以保守秘密的用户以外,不打算为民用用户开放P码。还有佣金问题。现在的NNSS、未来的GPS均在美国军事部门控制之下,一旦发生特殊情况,美国政府会下令关闭这些系统,从军事和经济角度出发,一些国家都在发展自己的卫星导航系统。原苏联于1978年5月宣布拥有全球卫星导航系统(NNSS),于1982年10月21日将GPS的三颗卫星射入轨道。法国有类似于NNSS的卫星导航系统。日本正在研制卫星导航和气象导航双功能的卫星导航系统。除各国进行独立研究外,各国之间进行了合作,大多处于实验使用和研制阶段。我国也已发射20多颗卫星,发展自己的卫星导航事业。卫星导航越来越受到人们的拥护,它已成为远洋航行的主要定位手段。我国远洋船舶大部分装有NNSS卫星导航仪,NNSS卫星导航系统的民用用户已近4万个。海洋船舶对未来的卫星导航特别重视,卫星导航使船舶导航进入了一个新阶段。

五、无线电导航的发展

随着航运、国防等事业的发展,人们对船舶无线电导航系统提出的基本技术要求是:性能

可靠,抗干扰性强,作用距离远,定位精度高,并具有单值性。为了增加导航的可靠性以及提高导航精度,往往在同一艘船上装备许多种导航设备,这些导航设备的性能各自都不是完善的,各有长处与短处,这样就产生了一个能否取长补短,相互补充的想法。随着电子计算机技术的发展,大大促进了这一设想的实现。现在把各种导航设备(多种传感器)有机结合起来,通过中心计算机统一处理和利用各种传感器的输入信息,这就形成了组合导航系统的完整概念。目前,组合导航系统是导航领域内一个明显的发展方向。

随着无线电理论和应用的不断发展,其用途越来越广泛,如无线电通讯、无线电导航、无线电广播、无线电授时等等。频段的选择与划分就产生了困难,同时造成了人为的干扰。除了开辟新的频段(上至光波,下至声波)和设计巧妙的识别技术之外,一个办法就是综合利用,即由一个发射台担负不同的用处(如导航兼授时,导航兼通讯),例如国外对综合卫星已有研究和应用。预料综合应用将成为一个重要问题。

目前的无线电导航系统远远没有满足人们对导航的要求,如全天候,全球覆盖,高精度、快速连续显示等适于各种导航环境及要求,这就有待于完善现有的体制和进一步发展新的体制。可以说,为船舶研制多功能的,适应性能强的,高可靠性的,高精度的设备虽然复杂但却是便于使用与维修的各种组合导航系统,这是船舶无线电导航技术发展的主要方向。

思 考 题

1. 到目前为止,船舶导航分几类? 各有什么特点?
2. 用无线电方法测定船位利用了无线电波传播的哪几个主要特性? 测定船位的基本方法有哪些? 其基本原理是什么?
3. 什么叫无线电导航及无线电导航系统?
4. 无线电导航系统依据不同的特点,可以分为哪几类? 依据不同的特点如何全面地称呼无线电测向系统、劳兰 C 导航系统、台卡导航系统及奥米加导航系统?
5. 国际上召开了几次会议研究无线电测向系统? 最后一次会议对船舶无线电测向装备提出什么要求? 无线电话遇险呼救频率为多少 kHz?
6. 双曲线导航原理是什么? 常用的双曲线导航有哪些?
7. 国际组织召开了几次会议研究无线电导航设备(双曲线导航)? 美国对无线电导航设备提出了几次要求?
8. 为什么世界各国都在积极发展卫星导航系统? 美国国防部投资巨额研究 GPS 卫星导航的目的是什么?
9. 人们对船舶无线电导航系统提出的基本技术要求是什么? 人们对导航的要求是什么?
10. 什么是组合导航? 船舶无线电导航技术发展的主要方向是什么?

第一章 无线电测向设备

第一节 无线电测向系统的设置

一、无线电示标台

船舶在海洋上航行时,可以采用各种方法测定船位,例如用天体或陆标定位。当遇雾、雨、雪、海面上视线不好的时候,可以利用无线电导航仪器定位。无线电导航仪器种类很多,目前常用的有:雷达、劳兰、台卡、奥米加、卫星导航接收机、测向仪等等,测向仪是其中比较简单的一种。无线电测向是利用无线电设备——无线电测向器来测定岸台的传播方向,在海上专供无线电测向用的发射台称为无线电指向标。船舶测到了示标台的方向以后,如果我们知道这个示标台在海图上的位置,就能得到一条通过示标台与船舶的位置线。如果测得两个或两个以上的示标台,那么两条或两条以上位置线的交点就是船位。为了提供多条位置线,由一定数目的无线电指向标组成若干组,每个组由1~6个示标台组成,示标台以相同的频率发射调幅或等幅定向或不定向电报波,周期大约为6分钟。为区分组中的各个示标台,每个示标台发射它们各自的特征信号。例如在大连由老铁山、圆岛、大三山岛三个无线电指向标构成一组,从00分开始各台轮流发射2分钟的特征信号,周期为6分钟,每小时播发6次,其发射频率为308kHz,它们的特征信号分为LT、YD、DS的调幅或等幅电报波。示标台尽可能设置得使某一范围能接收到两个以上的台信号,由于测向仪的作用距离在100n mile左右,故每组中示标台间的位置不能太远。在海图上标有示标台的大概位置,确切的位置可由该海区的航标表中查取。航标表视需要与可能每年或隔年出版一次。平时,若发现无线电指向标有变动,有关部门将通过航海通告随时通知船上。

根据不同的需要设有不同用途的无线电示标台。例如,航海用无线电示标台,航空用无线电示标台,雾中导航用无线电示标台,校准船上测向仪用的无线电示标台等等。关于这些台的设置和呼号,航用海图及各海区航标表中专有标注。英版“无线电信号表”(The Admiralty list of Radio Signals)第二卷和美国“无线电助航”(The US Radio Navigational Aids)等许多刊物中都载有无线电示标台的详细资料。

根据发射的方向特性,船用无线电示标台分为如下两种类型:

1. 不定向无线电指向标 RC(环射式无线电示标台)这种指向标用无方向性天线发射信号,一般用T型或伞型天线,船舶上必须装备无线电测向仪——即具有方向性特征的接收机来接收信号进行测向。

2. 定向无线电指向标 RW(旋转式定向性无线电指向标)这种指向标用方向性天线发射信号,一般用配有测角器的正交环状天线产生旋转的8字形定向性无线电信号。船舶上用无线电测向仪或一般的接收机接收信号进行测向。

除专用于测向的无线电指向标外,一些海岸电台或船舶电台在接受使用船舶的要求后也发射无线电测向信号,改用测向用的频率,发出自己的呼叫随从QTG。我国指定上海、天津、青岛、大连、秦皇岛、广州、汕头七所海岸电台办理临时示标业务。在我国沿海的船舶可向以上八座电台提出要求进行QTG业务。申请是以电文的形式向海岸电台发出,包括“QTG”缩写和要

求发射的频率。在国际上,为这种用途使用的频率通常为 410kHz。发射无线电测向信号的岸、船台可视为临时无线电指向标 R 。

二、无线电测向电台的作用范围

目前世界上总共有 1 900 多个定向和不定向无线电示标台,这些示标台发射的频率范围多数为 255kHz~525kHz,常用 291.5~318.5kHz。用莫尔斯电码发射识别呼号,其发射信号的功率和作用距离关系如表 1-1 所示,功率以 kW 为单位。

表 1-1 无线电示标台输出功率与作用距离

输出功率 (kW)	作用距离 (n mile)	输出功率 (kW)	作用距离 (n mile)
0.025	45	1.0	240
0.05	80	1.5	280
0.1	100	2.0	300
0.2	130	3.0	330
0.3	155	5.0	400
0.4	170	10.0	500
0.5	180		

船舶在海上航行时可以利用这些(定向、不定向及临时)无线电示标台进行定位,进行船舶之间互相搜索、导航。

船舶无线电测向仪利用无线电示标台、广播电台、船舶电台进行无线电测向,这些电台电波的作用范围如下表所示:

表 1-2 电台电波作用范围

电 波 类 型	可 用 范 围 (n mile)	
	白 天	晚 上
无线电示标台(A_2 255~525kHz)	150	80
广播电台(A_3 500~1 500MHz)	90	65
船舶电台(A_1 2.5MHz 左右)	75	60

船舶利用无线电测向进行海难救助、定位与导航。无线电测向精度为 $\pm 2^\circ \sim \pm 5^\circ$ 。

表 1-3 全世界无线电示标台统计数据

示标台种类 数目(台) 时 间	QTG 服务	不定向 RC	定向 RW	定向/ 不定向	航空 Aero	方位 RD	校准 Calib	康家 Conso	雷达 Radar
1977 年	69	964	14	23	774	6	54	11	830
1978 年	68	965	13	28	801	6	57	11	926

R : Coast station providing QTG service

RC: *NON-directional Radiobeacon*

RW: *Rotating pattern Radio beacon*

RD: *Directional Radiobeacon*

Calib: *Calibration Radio beacon*

三、无线电测向

无线电测向的过程简述如下:

(1) 将所测定的无线电舷角读数换算为无线电舷角(Q_r)

$$Q_r = Q_m + F$$

(2) 将无线电舷角换算为无线电真方位(RTB)

$$RTB = T_c + Q_r = CC + \Delta C + Q_m + F$$

(3) 将无线电真方位(大圆方位)换算为恒向线方位(RLB)

$$RLB = RTB + \psi \text{ (近距离时可不进行此项改正)}$$

(4) 在墨卡托海图上,从示标台按恒向线方位的反方向($RLB \pm 180$)画出位置线。在上面各式中:

Q ——无线电舷角

CC ——罗经航向

Q_m ——无线电舷角读数

ΔC ——罗经改正量

F ——无线电自差

RLB ——恒向线方位

RTB ——无线电真方位

ψ ——大圆改正量

TC ——真航向

如能同时测得两条(一般为三条)上述的位置线,则其交点(或小三角形)即为无线电测向船位,如图 1-1 所示。例如,在我院航海楼利用老铁山、圆岛、大三山岛三个无线电信标台,实验人员能够同时很快地测出三个无线电信标台的相对方位,并且能在标有该组示标台地理位置的海图上画三条方位线,它们的交点(或小三角形)就是该楼的位置。老铁山、圆岛、大三山岛等,无线电信标台的特征如下表所列:

表 1-4

中国北方海区部分无线电信标台

台 名	台 址	范 围 n mile	频 率 kHz	载 波	波 类	呼 号
大三山	38°51' . 9 121°49' . 3	70	307	950Hz	A ₂	DS
老铁山	38°43' . 6 121°08' . 6	100	307	800Hz	A ₂	LT
圆 岛	38°40' . 6 122°09' . 7	70	307	650Hz	A ₂	YD
黄白咀	38°54' 14" 121°42' 57"	50	299	等 幅	A ₁	YB
王家麦岛	36°04' . 4 120°26' . 4	200	211	等 幅	A ₁	MD
燕 尾	24°28' . 8 119°49' . 8	200	211		A ₂	YW

在测定无线电舷角读数时,为提高测量精度应:

①本船的收发报机及收音机的天线,均应处于绝缘状态。天线附近的索具等金属物质均应保持在测定自差时之状态,避免产生意料不到的误差。

②在夜间为避免夜间效应(或称极化误差),在离示标台 30~50n mile 范围进行测向,其精度不低于白天;距离增大时,由于夜间效应,测向准确度大大降低;日出与日落 1 小时内,夜间效应最后还不宜进行测向。利用短波测向时,白天与晚间均存在极化误差。

③当船与岸距离较近(小于 10 个波长时),且船与示标台的直线与海岸线夹角小于 20°时,因海岸对电磁波的影响而使测向产生很大的误差(海岸效应),不宜进行测向。

④在恶劣条件下测向时,应多测几次,取其平均值。

国际无线电示标台呼号采用莫尔斯符号(Morse symbols),操作者需认真核对台址及其呼号,该符号如下表所列:

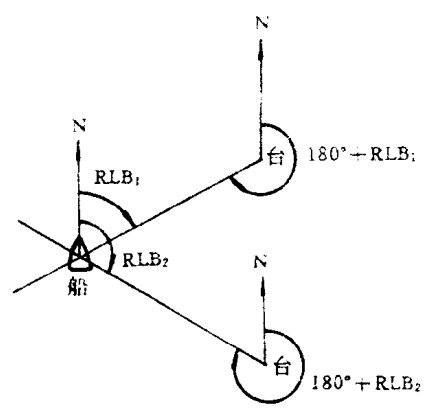


图 1-1 无线电测向定位

表 1-5 无线电测向呼号即莫尔斯符号(Morse symbols)

字 母	呼 号	字 母	呼 号	数 字	呼 号
A	· —	N	— ·	1	· — — —
B	— · · ·	O	— — —	2	· · — — —
C	— · — ·	P	· — — ·	3	· · · — —
D	— · ·	Q	— — — —	4	· · · · —
E	·	R	· — ·	5	· · · · ·
F	· · — ·	S	· · ·	6	— · · · ·
G	— — ·	T	—	7	— — — · ·
H	· · · ·	U	· · —	8	— — — · ·
I	· ·	V	· · · —	9	— — — — ·
J	· — — —	W	· — —	0	— — — — —
K	— · —	X	— · · —	点	一单位
L	· — · ·	Y	— · — —	划	三单位
M	— —	Z	— — · ·		

无线电测向系统与其它无线电导航系统相比作用距离近,白天 100 海里,夜间 500 海里(一般为百十海里),定位精度(测向精度为 $\pm 1^\circ \sim \pm 5^\circ$)较差。但是,无线电测向系统通用性较好,发射台简单,设备成本低,尤为重要,无线电测向仪是目前海上唯一能测定无线电电台方向的无线电导航设备。1981 年 3 月在 IMCO 海上安全委员会第 44 届会议上提出:“所有 1 600 总吨以上的船只,在进行国际航行时应装备符合 IV/12(a)规定的无线电测向装置。如果有关主管部门认为某些区域可以不装上述设备,则允许 5 000 总吨以下的船只不装备无线电测向仪。无线电测向仪应既可作为导航仪器又可做为测定船只、飞机或救生艇位置的设备。”“1980 年 5 月 25 日以后建造的 1 600 总吨以上的船只在进行国际航行时,应装备具有无线电