

船舶电子电气员实训教材

船舶通信与导航设备 维护实训与评估指南

主编 刘红屏
主审 柳邦声



大连海事大学出版社

船舶电子电气员实训教材

船舶通信与导航设备维护 实训与评估指南

主 编 刘红屏

主 审 柳邦声

大连海事大学出版社

© 刘红屏 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

船舶通信与导航设备维护实训与评估指南 / 刘红屏主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2014.9

船舶电子电气员实训教材

ISBN 978-7-5632-3074-7

I. ①船… II. ①刘… III. ①航海通信—通信设备—维修—技术培训—教材
②航海导航—导航设备—维修—技术培训—教材 IV. ①U675.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 212251 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

大连美跃彩色印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2014 年 9 月第 1 版

2014 年 9 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm×260 mm

印张: 9.5

字数: 226 千字

印数: 1~1500 册

出版人: 徐华东

责任编辑: 姜建军

责任校对: 张 华

封面设计: 王 艳

版式设计: 晓 江

ISBN 978-7-5632-3074-7

定价: 19.00 元

内容简介

本教材根据《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》中关于船舶电子电气员“船舶通信与导航设备维护”项目评估的要求而编写。全书共十二个单元和一个附录。第一到第十一单元为评估大纲涉及的设备评估项目；第十二单元为船舶电子电气员“船舶通信与导航设备维护”项目评估题与评估标准。为加强学生对该项目业务知识理解，整理部分“船舶通信与导航设备维护”业务练习题作为附录，供学生巩固所学知识。

本教材编写从实际工作要求出发，选取船舶主流通信与导航设备，收集整理设备的维护与维修的案例，通过图片和设备操作的真实界面，展示了设备操作与维护的过程，便于无实际工作经验在校学生的理解，并能达到举一反三的目的。

本教材可作为航海院校船舶电子电气专业“船舶通信与导航设备维护”实训与评估课程的教材，也可作为航运企业相关技术人员的参考资料。

前 言

船舶电子电气员 (Electro-technical officer) 是《海员培训、发证和值班标准国际公约》(International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers—STCW) 新增加的一个职位。船舶电子电气员的培养,是目前世界各海运院校正在探索和实践的一个课题,目前还没有成熟的经验可以借鉴。

“通信与导航设备维护”是船舶电子电气员(以下简称电子员)的一项主要实践评估项目,涉及的范围比较广,包括了船舶通信与导航的所有设备。该项目除理论方面需要电子员对船舶通信与导航设备的组成、原理进行系统掌握外,实训方面也要求电子员对相关设备的维护方法和维修技能进行全面的掌握。但是我国航海教育对船舶通信与导航方面的教学和研究已经中断了近 20 年,因此,目前在全国范围内还没有满足该项目实训教学要求的规范、标准和教材可供参考与使用。同时,随着信息技术的发展,船舶通信与导航设备集成度越来越高,设备更新换代快,使实训教学成为本课程教学过程中最困难的部分。为此,编写符合船舶通信与导航实际的、可操作性强的电子员“通信与导航设备维护”课程的实训教材是非常有必要的。

本教材根据国家海事局颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》中关于船舶电子电气员“船舶通信与导航设备维护”项目评估的要求而编写,并从实际工作要求出发,选取船舶主流通信与导航设备,收集整理了设备的维护与维修的案例,通过图片和设备操作的真实界面,展示了设备操作与维护的过程,便于没有实际工作经验在校学生的理解,并能达到举一反三的目的。

全书共分十二个单元和一个附录,由青岛远洋船员职业学院的教师编写,其中刘红屏任主编,并负责编写了第一、二、三、五、八、十、十一等单元的主要内容;卢金海参编了第一单元部分内容和第四单元;李军负责第六单元编写;丁峰参编第七单元的部分内容;张颖和李波参编第九单元的部分内容;柳邦声负责收集第十二单元评估题和附件的练习题,并担任本书的主审。

教材的出版得到中国海事服务中心和大连海事大学出版社的支持，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促及编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者提出宝贵意见。

您的意见和建议请发至 E-mail: liuhp@coscoqmc.com.cn。

编 者

2014 年 6 月

目 录

单元一 雷达维护与保养.....	1
一、雷达主要部件与元件识别.....	1
二、雷达基本电路参数测量.....	6
三、雷达测距、测方位原理及误差校准.....	8
四、雷达故障的判断.....	11
五、雷达的保养.....	13
单元二 GPS 导航仪信号的连接.....	16
一、GPS 接收机的基本组成.....	16
二、GPS 导航仪的启动与功能.....	17
三、GPS 接口设置.....	18
四、GPS 与其他设备的连接.....	20
单元三 AIS 船载设备的维护与保养.....	21
一、AIS 船载设备的维护.....	22
二、AIS 船载设备的测试.....	23
单元四 典型罗经的维护与保养.....	24
一、陀螺罗经的使用.....	24
二、陀螺罗经故障排除.....	30
三、陀螺罗经传向故障判断.....	33
四、陀螺罗经指向不稳的故障分类与分析.....	35
单元五 Inmarsat-C 站的维护与检测.....	37
一、C 站日常维护与要求.....	37
二、C 站通信基本操作.....	38
三、C 站的测试.....	46
四、C 站常见故障处理.....	47
五、正确查看或修改船位信息.....	53

单元六 Inmarsat-F 站的维护与检测.....	54
一、F 站日常维护与常见故障处理.....	55
二、F 站电话通信基本操作.....	60
三、F 站的遇险电话测试.....	61
单元七 MF/HF 无线电设备的维护与检测.....	63
一、MF/HF 设备和 MF/HF 天线的维护与保养.....	64
二、电源控制板的检测与供电转换.....	65
三、正确查看或修改船位信息.....	68
四、DSC 的检测.....	69
五、NBDP 通信基本操作、NBDP 线路测试.....	70
单元八 VHF 设备的维护与检测.....	79
一、VHF 设备的日常维护与要求、天线的维护与保养.....	80
二、正确查看或修改船位信息.....	81
三、DSC 的自测试.....	81
单元九 NAVTEX 接收机与气象传真接收机的日常维护与检测.....	83
一、NAVTEX 设备的自检和日常维护.....	83
二、气象传真接收机的自检与日常维护.....	85
单元十 SART 的日常维护与检测.....	87
一、SART 的日常维护和保养要求.....	87
二、SART 的测试.....	88
单元十一 EPIRB 设备的日常维护与检测.....	90
一、EPIRB 的日常维护和保养要求.....	91
二、EPIRB 的自测试.....	91
单元十二 船舶电子电气员“通信与导航设备维护”操作评估题.....	93
附录:船舶电子电气员“通信与导航设备维护”业务练习题.....	130
参考文献.....	141

单元一 雷达维护与保养

船用雷达是装在船上，用于航行避让、船舶定位、狭水道引航的电子设备，其显示屏外观如图 1-1 所示。航海雷达在能见度不良时为航海人员提供了必需的观察手段，它的应用是航海技术发展的一个重要的里程碑。



图1-1 航海雷达设备示意图

一、雷达主要部件与元件识别

（一）雷达主要部件识别

一部船用雷达由触发电路（主机单元）、发射机、天线系统、接收机、收发开关、显示器和雷达电源设备等 7 部分组成,如图 1-2 所示。其各单元的主要部件与连接情况如图 1-3 所示，主要部件包括天线及收发单元、显示单元、主机单元、操控单元、轨迹球、接口单元和电源等部件。

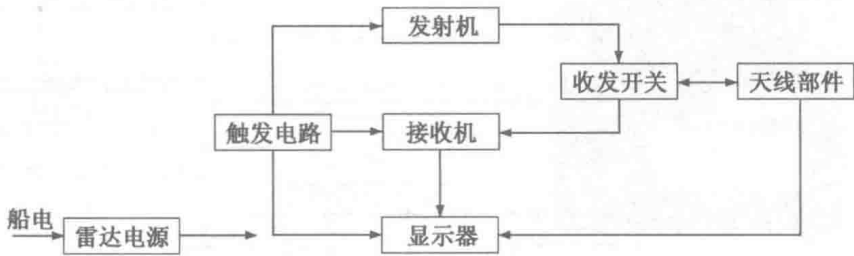


图 1-2 船用雷达基本组成框图

现代雷达除上述基本构成外，大多配备自动雷达标绘仪（ARPA）或具有自动目标标绘功能，使雷达在避碰中的作用得到进一步提高。随着现代科技的发展，基于信息化平台的新型航海仪器和设备的出现，与传统的导航雷达实现了数字融合与共享，如图 1-4 所示。电子定

位系统（主要为 GPS）信号，为船舶提供了高精度的时间和位置参考数据；ECDIS（电子海图显示与信息系统）为船舶航行水域提供了丰富的水文地理数据；AIS 为雷达目标提供了有效的身份识别手段。

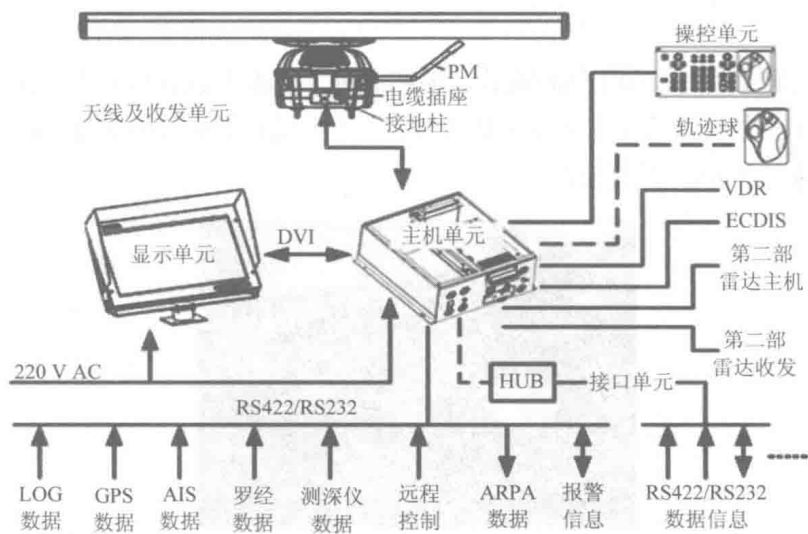


图 1-3 雷达各个部件及连接情况示意图

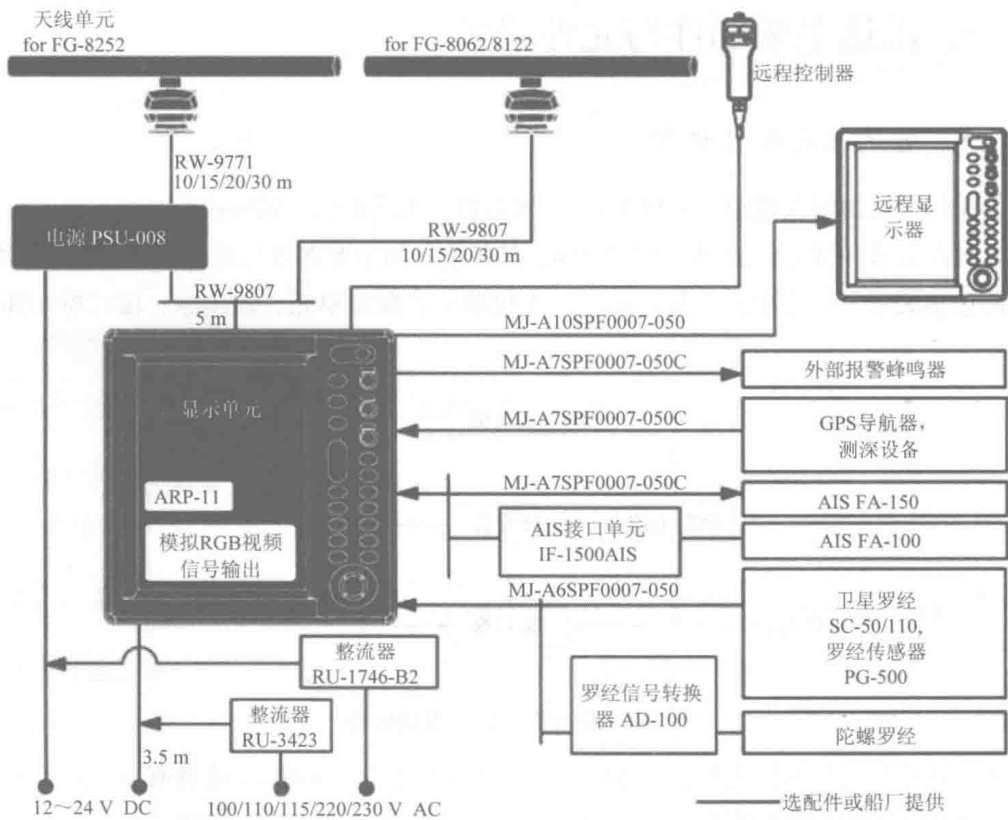


图 1-4 配备数字融合与共享外设的雷达构成示意图

(二) 雷达主要元件识别 (见图 1-5 ~ 图 1-13)

1. 磁控管识别

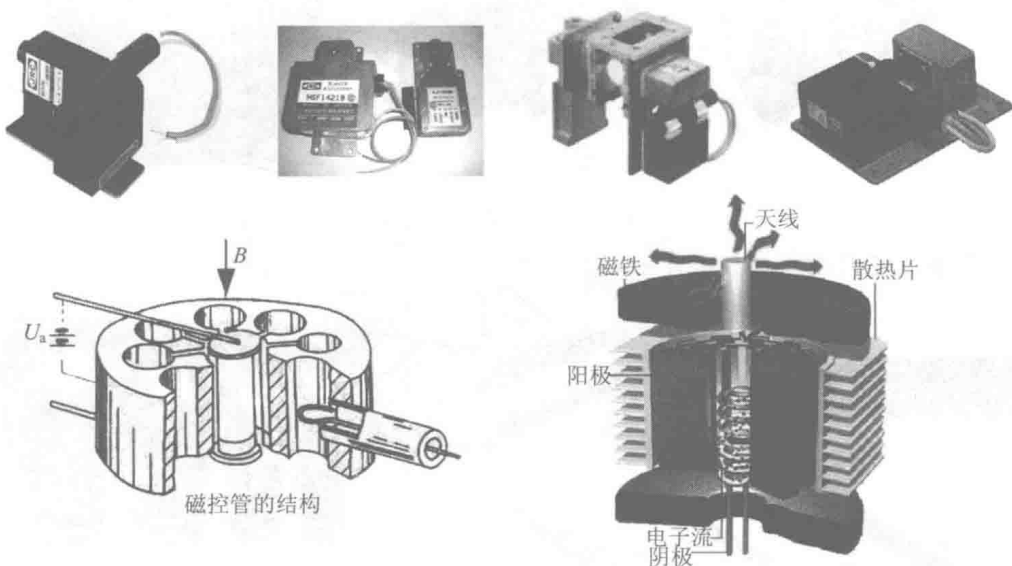
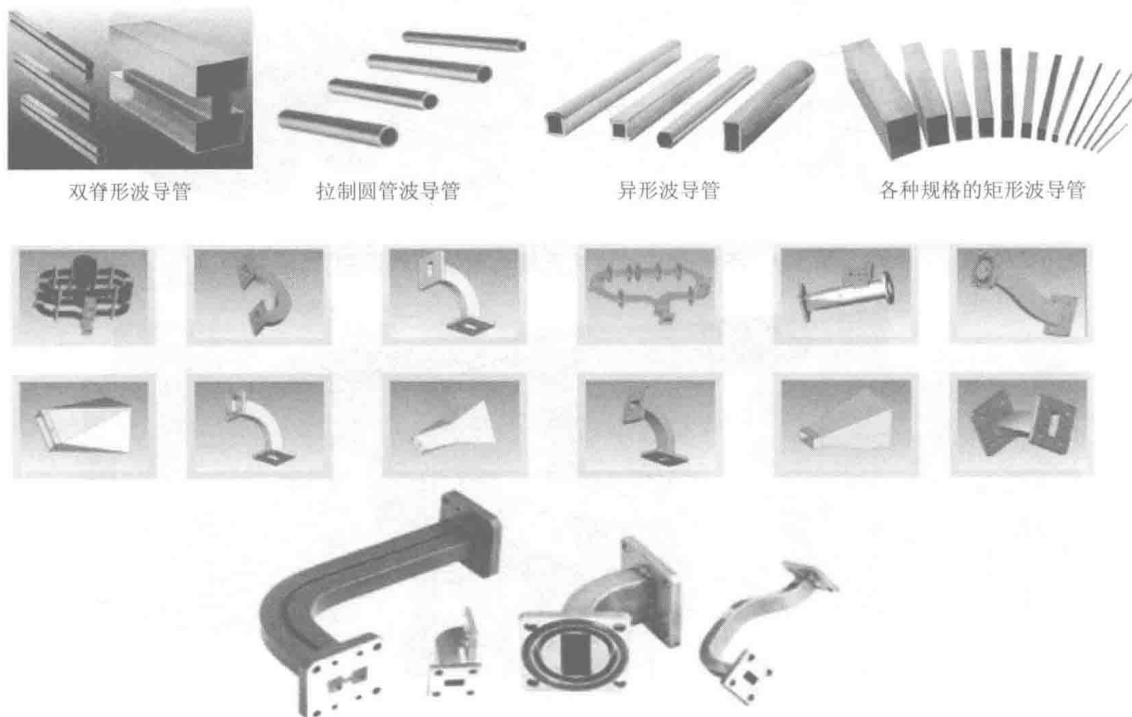


图 1-5 不同型号磁控管的识别与结构

2. 波导管识别



包括E、H面弯波导, 扭波导, 铰链, 喇叭状波导元器件

图 1-6 相关雷达波导管

3. 雷达双工器（收发开关）识别

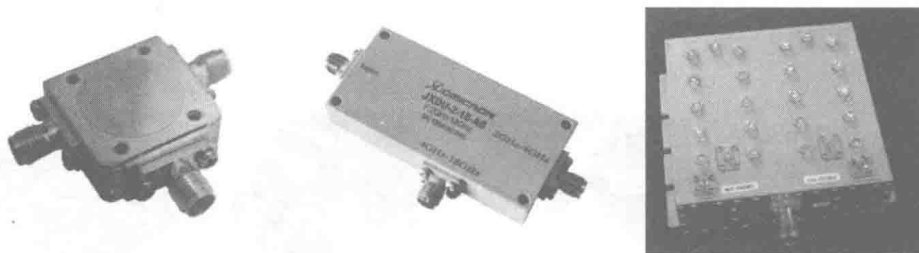


图 1-7 相关雷达双工器

4. 同轴电缆识别

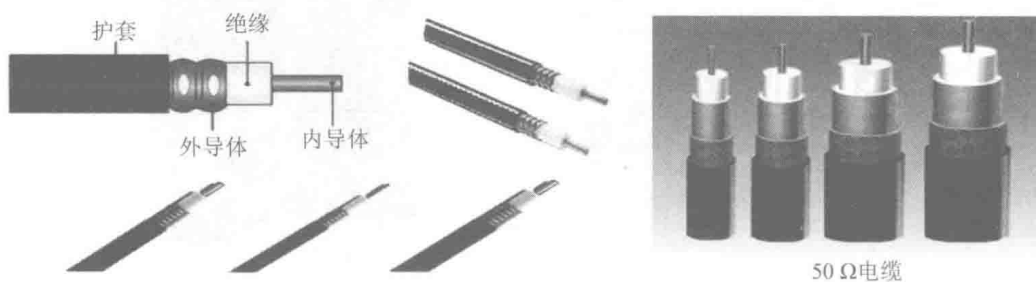


图 1-8 雷达使用的同轴电缆

5. 雷达天线与收发单元识别

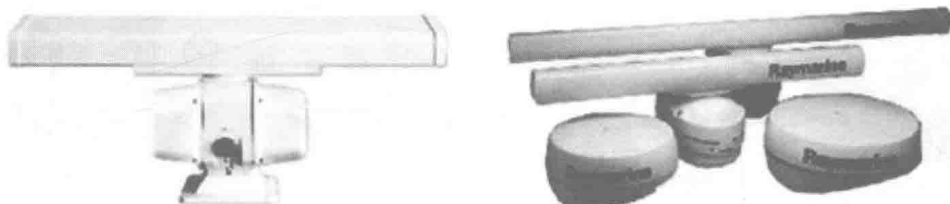


图 1-9 不同型号的雷达天线与收发单元识别



图 1-10 雷达收发单元的检测与调试示意图

6. 本机振荡器（耿氏二极管振荡器）元件识别

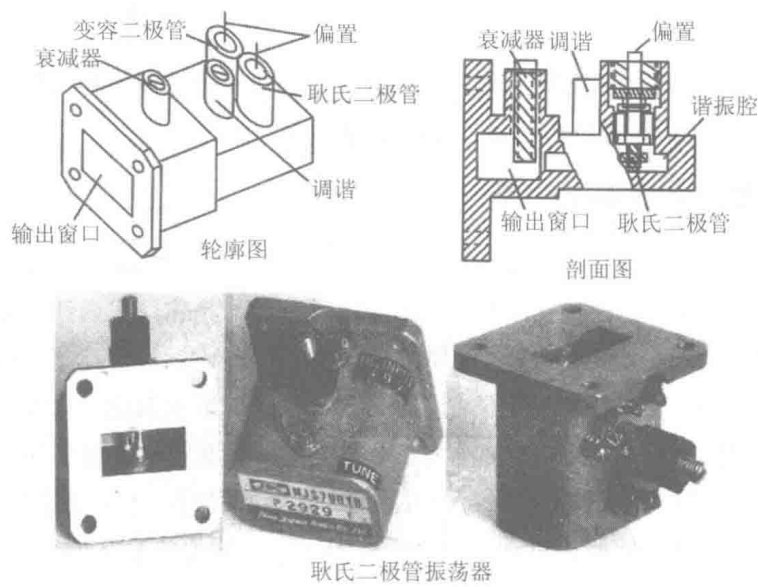


图 1-11 耿氏二极管振荡器示意图

7. 轨迹球识别

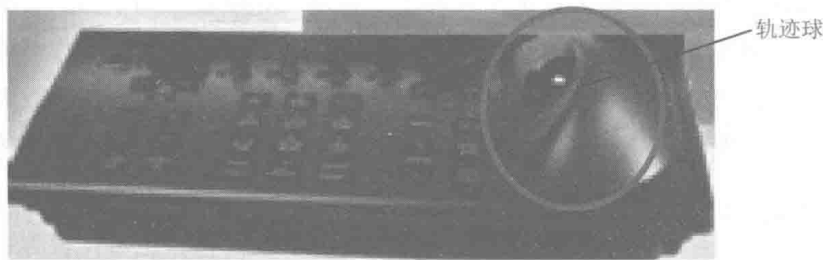


图 1-12 雷达轨迹球

8. 雷达显示器识别



图 1-13 不同型号的雷达显示器

二、雷达基本电路参数测量

雷达收发机内通常设有内置测量表,能监测发射和接收系统的工作参数,即电源电压、磁控管电流、接收系统混频晶体电流及调谐状态指示等。

(一) 磁控管电流参数测量

发射部分的磁控管电流和接收部分的调谐指示是判断收发机是否正常工作最重要的指标。磁控管电流是表示雷达发射系统工作状态的关键参数,是雷达发射机工作周期的平均电流值,其标准有短、中、长脉冲不等,通常在几至十几毫安,标准值在显示器或收发箱及说明书上有标志。测量时,应与雷达设备或说明书上提供的标准值对比,如果在正常范围,说明雷达发射系统工作正常,如果电流偏小或没有,同时雷达显示的回波质量不好或看不到回波,则应考虑到是否磁控管老化或发射系统有故障。雷达磁控管的寿命正常情况下为4 000~20 000 h,每次更换时应标明使用日期,当磁控管超过正常使用期限应及时更换。

(二) 调谐指示参数的测量与调谐

调谐指示正常与否的首要条件是注意磁控管电流是否正常,因调谐指示正常与否表明发射频率和本机振荡(本振)频率之差的中频输出是否最大,磁控管和本振二者缺一不可。本振坏了,没有本振频率和差出中频,调谐指示不正常;磁控管损坏了,工作电流没有,发射机不工作,本振信息也无法混频和差出中频,调谐指示同样没有。由于中频放大器必须工作在额定频率下,才能保证较高的工作性能,而雷达的发射频率会随电压、温度等环境的变化随时漂移,因此要求本振的输出频率必须能够随时可调,以满足雷达中频放大器的工作要求。调谐时,可通过雷达显示器控制面板上的调谐按钮进行手动调整,也可设置为通过设备监测混频器输出的中频信号,实现自动调谐。与调谐指示有关电路的调谐如下:

1. 本机振荡器的调谐

早期雷达的本机振荡采用真空反射式速调管。现代雷达采用耿氏二极管振荡器,其结构可参见图1-4。

正常工作时,耿氏二极管和变容二极管都加有偏置电压,并且加在变容二极管的偏置电压是可以随调谐按钮的调整而改变。调整该电压可以在一定范围内改变振荡器的输出频率,其调整范围应略大于磁控管频率的漂移范围,以满足雷达日常调谐的需要。在谐振腔上还设置了一个机械调谐螺丝,能够在更大的范围内改变谐振腔的固有振荡频率,满足在更广泛的频率范围内对本振的调谐。这个工作通常在雷达安装或更换磁控管或本振时进行。在振荡器的输出窗口设有衰减器,能够调谐振荡器的输出功率,使得混频晶体二极管获得最佳偏置,本振的输出功率通常为毫伏级。

2. 混频器的调谐

雷达的混频器由微波晶体二极管构成。回波信号与本振信号在晶体中差频,经过滤波后

得到中频回波信号，输出到中频放大器。

混频晶体工作在低功率状态，其工作偏置由本振提供。调整本振输出功率，可以使晶体获得最佳偏置。回波信息的功率通常很低，一般为毫伏级。正常工作时，晶体的工作电流可以反映混频器的工作状态。如果晶体电流为额定值，说明变频器（本振和晶体）工作正常，但不表明回波是否被正常接收。

混频晶体是非常脆弱的电子元件，过高的发射漏脉冲可烧毁晶体，若发现晶体经常损坏，应考虑双工器和/或限幅器出现故障。

为防止高频辐射击穿晶体，晶体备件一般保存在铅封的包装箱内。更换晶体时，应注意使其处于与机壳相同的电位，不要用手同时接触混频二极管的正负极，防止身体感应的电磁场能量烧毁晶体；还要注意勿使晶体掉落地面，强烈震动也会损坏晶体。

测量混频晶体时，应使用万用表“ $\Omega \times 100$ ”或“ $\Omega \times 1\text{ k}$ ”挡，而不能使用“ $\Omega \times 1$ ”或“ $\Omega \times 10\text{ k}$ ”挡，否则易损坏晶体。一个好的晶体正反电阻比值应在几百至几千之间，如果比值小于 100，将影响回波效果。

3. 中频放大器的调谐

雷达中频放大器普遍采用宽带调谐高增益对数级联放大器，这种放大器对小信号保持较高的放大量，而随着输入信号的提高，放大倍数成对数规律降低，从而扩大放大器的动态范围。因为在不同量程段雷达发射脉冲宽度的改变会引起发射频谱的变化，所以要求接收系统对应量程段的通频带也应有相应的变化。通常在近量程发射窄脉冲，接收系统通频带较宽，回波精度较高；而远量程发射宽脉冲，通频带较窄，接收系统灵敏度较高，易于发现弱小目标。

为适应不同观测者在不同环境下对雷达观测的要求，雷达均采用手动增益，大范围调整中频放大器的放大量，以改变回波在屏幕上的影像质量。

了解上述有关内容，较容易判断磁控管和调谐指示的一些故障：

（1）有磁控管电流，无调谐指示或调谐指示不起作用，一般是本振损坏或收发开关损坏。

（2）有磁控管电流，有调谐指示并且调谐指示能起作用，有噪声（增益开大），无回波，则故障一般在空间端（波导管、旋转关节、辐射体）或视频放大器有问题，如果无噪声（增益开大），则中放有问题。

氖灯是检测雷达发射正常与否的简易工具，可用试电笔中的氖泡来做。拆开试电笔，取出氖泡，用绝缘胶布将氖泡缠在棒状绝缘材料（干木筷、塑料木筷）一头，将氖灯靠近磁控管，或放在移开的收发箱上第一节波导的出口处，氖灯发红，是发射微波感应所致；反之，无发射。

（三）电源电压的测量

雷达的电源主要由船电提供并采用电源转化的方式，直接将船电变化为中频（400 Hz ~ 2 kHz）电源来供雷达工作。通常称这种形式的电源为逆变器，它具有工作稳定可靠，输出精度高，体积较轻，故障率较低，维护方便等特点。

电源转换器分为两大类，早期为旋转式变流机，目前均采用静止型逆变器。对于旋转式变流机，先检查电动机部分运转是否正常，再检查发电机部分工作是否正常，重点检测变流机启动电路。静止型逆变器的组成如图 1-14 所示。

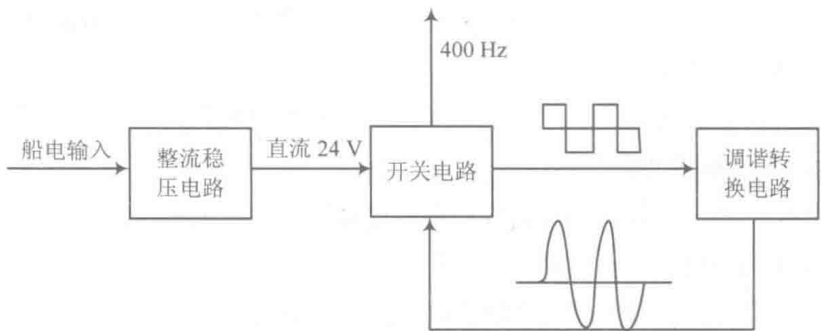


图 1-14 静止型逆变器的组成框图

从图 1-14 可看出，测量雷达电源电压，可测量整流稳压值，再用示波器检测调谐转换电路中的振荡波形，最后测量开关电路 400 Hz 逆变输出的电压。

三、雷达测距、测方位原理及误差校准

（一）雷达测距、测方位基本原理

1. 雷达测距原理

船用雷达测距原理是通过测量目标的距离和方位来确定目标相对本船的位置的，并在此基础上实现雷达的定位、导航和避碰。由于超高频电磁波在空气中沿发射方向匀速、直线传播，并且当电磁波传播中遇到与空气不同的物体（如船舶、海岛、岸线、高山等）时，就会被这些物体反射回来，所以只要我们测量出由雷达天线发射的电磁波脉冲往返于雷达天线与物体的传播时间 Δt ，就可利用式（1-1）求出物标与雷达天线的距离 D ，如图 1-15 所示。

$$D = \frac{1}{2} C \times \Delta t \tag{1-1}$$

式中： C 为电磁波在空气中的传播速度， $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 300 \text{ m}/\mu\text{s}$ 。

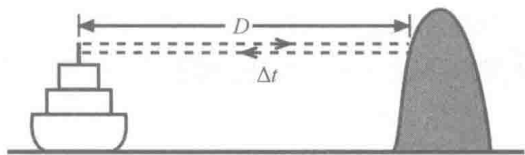


图1-15 雷达测距原理

在雷达显示器上，扫描中心代表雷达所在的船舶，反射物体的回波显示在显示器上，根据显示器距离标尺就可以测量出反射物体到船舶的距离。

如果以雷达天线位置为本船基准点，雷达测得的目标到本船的距离，应该为目标前沿到

雷达天线之间的距离。如果雷达发射机到显示器在触发脉冲的作用下同时开始工作,则雷达所测得目标距离包含了发射机到天线和天线到显示器之间的信号传输路径,因而会产生测距误差。

2. 雷达测向原理

雷达通过天线的不停旋转,瞬间定向发射并接收电磁波脉冲,所以电磁波脉冲回波的方向就是反射物体的方向。在雷达显示器上有表示方向的方位圈(固定方位圈或罗经方位圈),显示器上反射物体回波所对应的方位圈刻度就是该物标的方位。

(二) 雷达测距误差与校准

雷达测距误差对航行安全影响非常大,应按性能规定的标准要求进行调整,使其误差不应超过所用量程的 1%或 30 m 中的较大值。如果雷达测距误差大于性能标准的规定,需按雷达技术说明书中的要求进行调整。

雷达测距和测方位涉及的误差包括:系统误差、随机误差和使用者操作误差三类。航行中,电子电气船员应根据航行的环境对雷达系统误差做出判断并能校准系统误差。

测距系统误差包括:定时误差、统一公共基准点误差、像素误差、脉冲宽度误差、活动距标圈误差等,其中像素误差、脉冲宽度误差不涉及维护校准。这里介绍定时误差、统一公共基准点误差和活动距标圈误差。

在船上,通常可通过以下几种方法确定雷达测距误差:

(1) 如果船舶安装了 DGPS 接收机,则可以在 DGPS 有效精度区域,利用 DGPS 确定准确船位。在海图上选择适合雷达观测的某个近目标,测量其距离,并比较该目标的雷达距离,获得雷达的测距误差。

(2) 船舶靠泊时,使用雷达测量港区某明显目标的距离,与其通过海图作图获得的距离比较,获得雷达的测距误差。

如图 1-16 所示,观测近距离(≤ 0.25 n mile)一平直岸线或防波堤 A,如果回波呈现出弧线,则说明有测距误差。若图像为 B 弧线,表示雷达测量的距离大于实际距离;若图像为 C 弧线,表示雷达测量的距离小于实际距离。

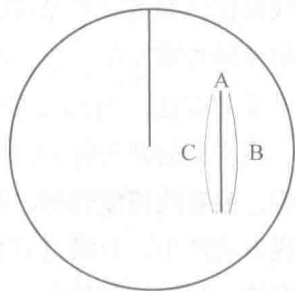


图 1-16 雷达测距误差判断示意图

1. 定时误差校准

定时误差的成因不在此做解释,其调整方法与不同厂商、不同型号的设备有关,通常包括以下步骤:

(1) 在气象海况平静、靠泊或锚地周围环境适宜的情况下,选择北向上相对运动显示方式,雷达量程 ≤ 0.25 n mile,按上述方式获得雷达的测距误差。

(2) 参考所用雷达技术说明书,按照说明书规定的步骤进行调整,一般传统的 PPI(平面位置显示器)雷达要调整显示系统的延时线,操作比较复杂,现代雷达只要按照说明书操作菜单调整目标回波相对雷达图像扫描起始点的延迟时间即可完成。