

船用导航雷达的故障与修理

上 册

周繁迪 编著

人民交通出版社

船用导航雷达的 故障与修理

上册

周繁迪 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书分上、下两册。上册共十三章，第一至第九章比较系统地叙述了船用导航雷达各分机的基本类型故障及其检修方法；第十至第十三章分别介绍了雷达的安装、调试与测试等内容，并重点介绍了一些常用的检修仪器的性能与使用方法。下册比较详细地介绍国外近年生产与发展起来的一些新型船用导航雷达及综合导航系统，并对这些设备在维护与检修方面的有关问题，作较系统的介绍。

本书可供已具有一般雷达电路知识的航海驾驶人员和刚从事雷达检修工作的人员学习参考；可作为航海雷达维修人员培训班的教学参考书；也可供从事雷达专业的其他工作人员参阅。

船用导航雷达的故障与修理

上 册

周繁迪 编著

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京大兴县印刷厂印

开本：850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张：13.375 插页：3 字数：331千

1982年7月 第1版

1982年7月 第1版 第1次印刷

印数：0001—3,500册 定价：2.60元

前 言

船用导航雷达的应用，在我国各类船舶上已经相当普及。随着四化建设的进展，还将得到更加广泛的应用。另外，由于多方面的原因，我国近年来进口国外新型雷达的数量也显著增加。这些雷达大多技术比较先进，结构也较复杂。其次，就船用导航雷达技术本身来说，发展也非常迅速，不少原先所谓经典的电路技术，由于逻辑与数字技术的普遍采用，已开始受到挑战。尤其是计算机、微处理机和雷达本机的结合，使船用导航雷达的功能得到了很大的扩展，并使终端显示显得极为生动和活跃。随着雷达技术理论和电子器件的进一步发展，船用导航雷达从体制上被突破也将是可能的。

依据上述的发展趋势，更多地培训雷达维修人员和在职雷达维修人员的再学习问题，十分迫切。编写本书的目的就是想为此提供一本学习参考资料。

本书分上、下两册。

上册中，除必要的原理性说明外，主要叙述了船用导航雷达的基本检修方法和各主要分机的基本类型故障。这部分内容，适用于电子管、晶体管的雷达，而从分析、判断故障的思路来说，它也适用于固态集成化的雷达。对于某些配有计算机或微处理机的雷达，就有可能使用测试与检修软件，从而使检修工作本身的自动化程度也将大大提高。但在上册中涉及的内容与实例主要是电子管和晶体管的雷达，而且是侧重于国产的。

下册中，介绍了一些国外固态集成化的雷达。主要是在七十年代国内有关单位进口数量较大且在技术上具有代表性的，如 DECCA、SPEERY 和 RAYTHEON 等公司生产的几种新型雷达。

叙述中将着重说明其电路工作原理，并在此基础上讨论调整、检修等有关问题。但相对于上册来说，下册中涉及新的内容较多，因此原理说明部分的篇幅相对于上册来说，免不了要多一些。关于综合导航系统方面的内容，也在下册中给予必要的介绍。

本书的上册是由周繁迪同志撰写的，下册将由缪德刚、王世远、王家明、周繁迪等四同志合编。

上海海运学院王世远、大连海运学院缪德刚老师分别审阅了本书的上册书稿；上海水产学院施彬教授、上海科技大学王保华老师也阅审了上册的部分内容。他们都对本书内容提出了许多有益的意见，编者对此表示深切的谢意。

在本书编写过程中，还得到上海远洋运输公司苏义轩、孙龙兴、李宝祖等同志的大力协助，对此编者也深表谢意。

本书由于编者理论水平和实践经验所限，错误和缺点肯定不少，诚恳地希望得到读者的批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 雷达在航海中的应用	1
一、利用雷达测定船位	2
二、利用雷达避碰	3
第二节 雷达的基本组成与工作过程	3
第三节 现代船用导航雷达的概况	6
第二章 雷达故障的检修	11
第一节 故障的一些概念	11
一、故障的含义	11
二、故障平均周期 (MTBF)	11
三、故障在时间上的分布规律	12
第二节 雷达正常工作时的特征	13
一、雷达图象	14
二、监测表头	15
三、信号指示灯	15
第三节 雷达故障的检修	15
一、概说	15
二、判断故障的基本依据	16
三、检查故障的基本方法	18
四、孤立故障的基本方法	20
五、检修故障的一般程序	23
第四节 单级电路的故障和检查	25
一、电子管单级电路的故障	25

二、关于晶体管单级电路故障的情况·····	30
三、单级电路的检查测量·····	32
第五节 雷达修理工作中的安全问题·····	36
第三章 雷达整流电源的故障修理·····	38
第一节 概述·····	38
第二节 整流电源故障的一般性质·····	39
第三节 低压整流电源的故障检修·····	39
第四节 高压整流电源的故障检修·····	43
一、阴极射线管增辉极整流电源的检查·····	44
二、发射机中的高压电源·····	46
第五节 YTB-12 型陶瓷变换器的介绍 ·····	47
一、YTB-12 基本组成与工作过程 ·····	49
二、主要电性能指标·····	49
三、外形与尺寸·····	50
四、环境性能·····	51
五、使用注意事项·····	51
第四章 雷达发射机的故障检修·····	52
第一节 概述·····	52
一、预调器·····	53
二、调制器·····	56
三、高压整流器·····	56
四、磁控管振荡器·····	56
第二节 发射机正常工作时的特征·····	58
一、发射机正常工作时的内部条件·····	58
二、发射机正常工作时的外部标志·····	59
第三节 发射机的故障·····	60
一、磁控管电流没有·····	60
二、磁控管电流偏小或很小·····	62
三、磁控管电流偏大或很大·····	64
四、磁控管电流抖动不稳·····	66

第四节 发射机故障的一般检修步骤.....	70
第五节 磁控管的正确使用.....	70
一、进行正确、适时的“老练”	71
二、注意灯丝电压.....	73
三、保证预热时间与通风设备良好.....	74
四、磁控管电流必须调节适当.....	74
五、保持负载阻抗匹配.....	74
六、其它.....	75
附录1. 几种典型脉冲的频谱及其分析.....	75
附录2. 几种典型电压、电流脉冲和高频包络及其 分析.....	78
第五章 雷达接收机的故障检修.....	80
第一节 概述.....	80
第二节 接收机正常工作的标志.....	83
一、信号通道正常工作的标志.....	83
二、自频调通道正常工作的标志.....	84
第三节 接收机故障的基本类型.....	84
一、噪声正常, 没有回波.....	84
二、灵敏度下降.....	86
三、噪声明显减小.....	87
四、噪声与回波都没有.....	87
五、图象不稳.....	88
第四节 接收机各组成部分的检修.....	89
一、高频组合的检修.....	90
二、中放与检波器的检修.....	97
三、视放故障的检修.....	101
四、信号通道部分的检修方框图.....	102
第五节 辅助电路故障的检修.....	102
一、自频调有晶体电流但不搜索.....	103
二、自频调能搜索但不能跟踪.....	103

第六章 雷达显示器故障的检修	107
第一节 概述.....	107
第二节 指示管(阴极射线管)电路的故障检修.....	110
一、751 雷达指示管电路的故障	111
二、752 雷达指示管电路的故障	115
三、753 雷达指示管电路的故障	117
第三节 扫描与辉亮系统的故障检修.....	120
第四节 固定距标电路的故障检修.....	128
第五节 活动距标电路的故障检修.....	135
第六节 精测距离的数显电路.....	139
一、753 雷达JB分机的工作原理.....	139
二、JB 分机故障的检修	148
第七节 雷达真运动显示系统.....	153
一、概述.....	153
二、真运动显示的基本原理.....	153
三、真运动装置.....	159
四、751 雷达真运动系统的故障	165
第八节 避碰标志线形成原理介绍.....	168
一、避碰标志线及其在避碰中的应用.....	168
二、避碰标志线的形成与距离、方位调节原理.....	169
三、避碰标志部件的方框图及其工作原理.....	173
第七章 雷达伺服系统的故障检修	177
第一节 概述.....	177
一、751 雷达伺服系统的工作过程	177
二、752 雷达伺服系统的工作过程	179
三、753 雷达伺服系统的工作过程	180
第二节 天线驱动部分的维修.....	180
一、控制电路的检查与维修.....	181
二、天线驱动电机的维修.....	184
三、天线齿轮箱的故障介绍	191

第三节 随动（同步）系统的故障检修·····	195
一、752 雷达随动系统的故障检修·····	195
二、753 雷达随动系统的故障检修·····	202
三、751 雷达伺服系统的故障检修·····	206
第八章 雷达天线波导系统的故障介绍·····	210
第一节 概述·····	210
第二节 波导裂缝天线的故障介绍·····	210
第三节 波导系统的常见故障与修理·····	213
第九章 雷达中频电源的故障与修理·····	215
第一节 概述·····	215
第二节 中频变流机组·····	216
一、中频变流机组的工作原理·····	216
二、中频变流机组的故障与修理·····	223
第三节 静止式中频逆变器的介绍·····	228
一、可控硅中频逆变器·····	228
二、晶体管中频逆变器·····	233
三、直流一直流变换器·····	245
第十章 雷达在船上的安装、通电与整架统调·····	251
第一节 雷达在船上的安装·····	251
一、雷达在船上安装的一般步骤·····	251
二、各分机安装位置的确定·····	252
三、751、752、753 雷达整机电缆连接图 与各分机外形 的安装尺寸·····	254
四、751、752、753 雷达配套波导元件尺寸与数量·····	254
第二节 安装后的第一次通电·····	265
第三节 雷达在船上的整架统调·····	268
一、收发机的调整·····	268
二、显示器的调整·····	273
三、伺服系统的调整·····	279
四、船首线的校准与延时线的调整·····	282

第十一章 雷达主要战术（使用）性能的试验与主要技术性能	284
第一节 概述	284
一、主要战术性能	284
二、主要技术性能	291
三、我国助航雷达规范	297
四、751、752、753 雷达主要战术与技术性能	298
第二节 雷达主要战术性能的试验	300
I、×××型船用导航雷达海上试验文件二份	300
II、×××雷达湖岸试验报告一份	312
第三节 雷达主要技术性能的测试	318
一、发射机主要技术性能的测试	319
二、接收机主要技术性能的测试	328
第十二章 雷达检修用仪表	335
第一节 万用表	335
一、500 型万用表	335
二、MF-30 型袖珍万用表	341
第二节 ZC-25 型携带式兆欧表	341
一、用途	341
二、规格及性能	343
三、线路图	344
四、使用说明	344
第三节 示波器	344
一、SBM-10 型多用示波器	344
二、SR-8 型双踪示波器	353
第四节 ZCL-11 型雷达综合测试仪	356
一、概述	356
二、主要技术性能	356
三、工作原理	358
四、使用方法	359

第十三章 国产雷达检修资料汇集	365
第一节 751 雷达检修资料	365
一、751 雷达主要波形图	365
二、751 雷达主要自制绕组件参数	371
第二节 752 雷达检修资料	387
一、752 雷达主要波形图	387
二、752 雷达主要自制绕组件参数	391
第三节 753 雷达检修资料	400
一、753 雷达主要波形图	400
二、753 雷达主要自制绕组件参数	403
第四节 国产雷达用的电真空器件	408
一、磁控管 (表13-10)	408
二、速调管 (表13-11)	408
三、指示管 (表13-12)	408
四、调制管	409
五、收发管 (表13-15)	409
六、离子稳压管 (表13-16)	409
七、旁热式氧化物阴极电子管 (表13-17)	410
八、电子管管脚 (图13-1)	411
第五节 国产雷达用半导体器件	412
一、二极管	412
二、三极管	414
三、可控硅 (表13-31)	416
四、晶体管管脚 (图13-2)	416

第一章 绪 论

雷达这个名称是英文 Radio Detection and Rangion 的字头缩写“RADAR”的音译，意即“无线电探测和测距”。用无线电波来发现物标并确定其位置的方法称为雷达。为了达到这些目的，所采用的无线电设备称为雷达站。船用导航雷达就是统称雷达站中的一种类型。

当前，世界上的大部分航行船舶，从超大型远洋巨轮到小型的沿岸船舶和渔船，都装设着雷达作为助航仪器。在我国，由于社会主义的水运、海洋捕捞以及雷达工业的迅速发展，船用导航雷达很快地得到了普及和推广。目前，就连许多渔业社队，也都在一些从事海洋捕捞的船只上开始装备导航雷达。可以预计，随着我国四个现代化建设步伐的加快，船用导航雷达必将得到更加广泛的应用。

雷达在船舶上的应用，有助于航行安全，同时也给缩短航行时间、提高船舶周转率，从而提高工作、经济效果带来可能。为了使雷达能起到它预期的功用，船舶驾驶人员和雷达维修人员需要经过专门的训练。否则，就很难充分发挥雷达在助航方面的作用，甚至可能得到完全相反的结果。

第一节 雷达在航海中的应用

船用导航雷达的具体应用很多，但最为基本的是两个：一是定位，二是避碰。此外，在狭水道导航、雾天进出港、测定流向流速、监视或寻找安全锚位、海难救助等，都有其重要作用。

一、利用雷达测定船位

常用的雷达定位法有：

1. 单物标定位

见图1-1。当在雷达上发现物标 B ，测得舷角 α° ，本船此时航向为 β° ，则物标 B 的真方位是 $\alpha^\circ + \beta^\circ$ （如 $\alpha^\circ + \beta^\circ > 360^\circ$ 时，则可减去 360° 计算），同时测得本船与物标 B 的距离为 S_B 。则在海图上过 B 画一条 $\alpha^\circ + \beta^\circ$ 的方位线，再以 B 为圆心，以距离 S_B （按海图比例，在海图上量取）为半径，画一段圆弧，其圆弧与方位线的交点即为船位。

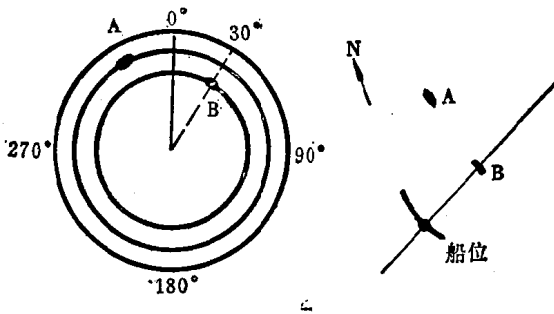


图 1-1

2. 两物标定位

见图1-2。用雷达测得本船与物标 A 和 B 的距离 S_A 、 S_B ，然后以物标 A 和 B 为圆心，以测得的两个距离 S_A 与 S_B 为半径画圆弧，这两个圆弧的交点即为船位。

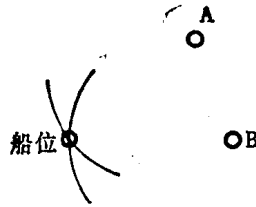


图 1-2

或用雷达测得物标 A 和 B 的两根方位位置线或一个物标的距离位置线和另一个物标的方位位置线来定位。

一般说来，由于雷达测距准确度比测向准确度高，所以在利用雷达定位时，尽可能利用两根或三根距离位置线进行。

二、利用雷达避碰

雷达可在能见度不好的情况下，发现相遇船的能力，这就使我们有可能应用它来防止船舶碰撞。

当在雷达平面位置指示器的荧光屏上发现相遇船的回波信号时，观测者即可测定它与本船的相对位置（用相对运动显示时，本船位置即在扫描中心）。回波信号在指示器荧光屏上的移动，表示本船与相遇船的相对运动。回波信号移动的轨迹，称为相对航向线，当相对航向线经过荧光屏上的扫描中心或逐渐接近时，则本船与相遇船存在着碰撞危险。反之，即不存在碰撞危险。

当确定相遇船的回波信号移动的相对速度后，就可以计算出两船最接近点的时间与距离（即 T-CPA 与 D-CPA）。

为了确切了解相遇船的运动要素，以便决定是否采取避让措施或选择本船的最佳航向与航速来进行避碰，一般都须进行标绘或海图作业。

在利用雷达进行避碰时，船舶驾驶人员必须谨防两种极端的倾向，即过高和过低地估计雷达的能力，在信任雷达的同时，不能忽视避碰规则中所规定在能见度不好的情况下，航行时必要的其它措施。

第二节 雷达的基本组成与工作过程

尽管各种型号的船用导航雷达的内部构造有简有繁，变化甚多，但它们的工作原理都是相同的。因此，可用一个基本方框图来说明导航雷达的主要组成部分。

船用导航雷达几乎无例外地采用脉冲制式，它的基本组成方框如图1-3所示。

定时器：又称触发脉冲产生器，它是整个雷达系统中的控制中心，用以供给同步脉冲信号来规定发射机发射射频脉冲与指示器扫描计时起始的时间，它还使其它有关电路按需要与发射、扫

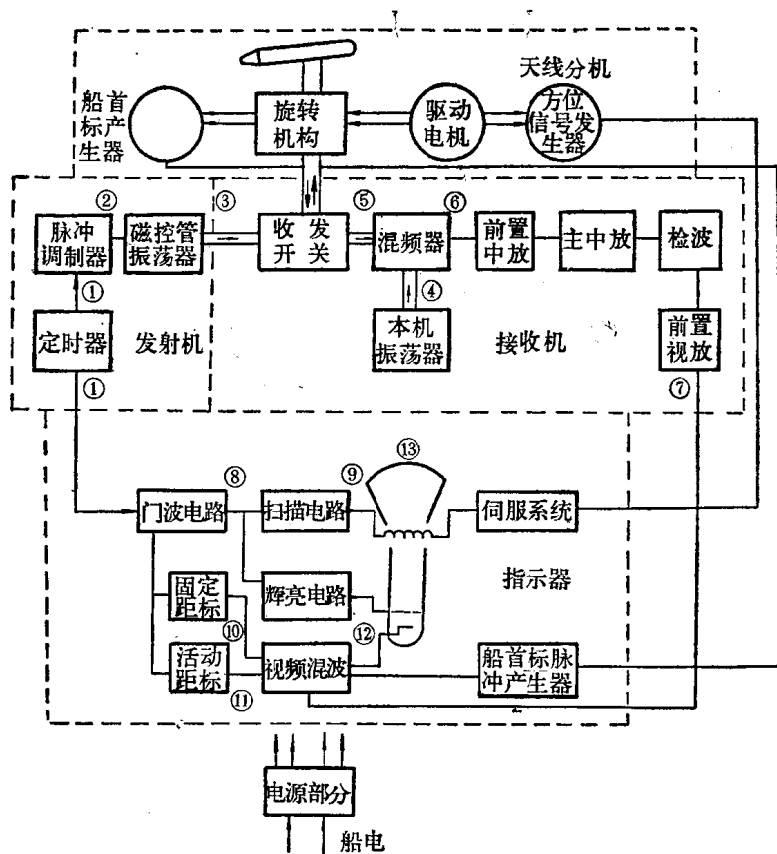


图 1-3

描协调地工作。

定时脉冲的产生在一般的船用导航雷达中，多数采用雷达中频电源经变换后形成，而一些新型的导航雷达（如 RAYTHEON RM1250 等）则采用晶体主振、分频的方法。但是，在船用导航雷达中，一般都不设置专门的定时分机，而只在收发机或指示器内设置相应的组合或电路。

发射机：由脉冲调制器或简称调制器和磁控管振荡器组成。调制器的作用是在定时触发脉冲的控制下，产生具有一定宽度、一定重复频率与一定功率的矩形高压调制脉冲。而磁控管振荡器

在矩形调制高压脉冲的作用下，周期性地产生微波脉冲振荡。

收发开关：它的作用是使发射与接收能共用一副天线。当发射机发射脉冲振荡时，收发开关使天线与磁控管振荡器相接而与接收机断开。当发射脉冲结束而雷达转入接收状态时，收发开关使天线与接收机的前端混频器相接而与磁控管振荡器断开。

天线波导系统：天线的作用是定向地向空间发射与接收从任何物标反射回来的射频能量。波导则是将发射机的射频能量传输

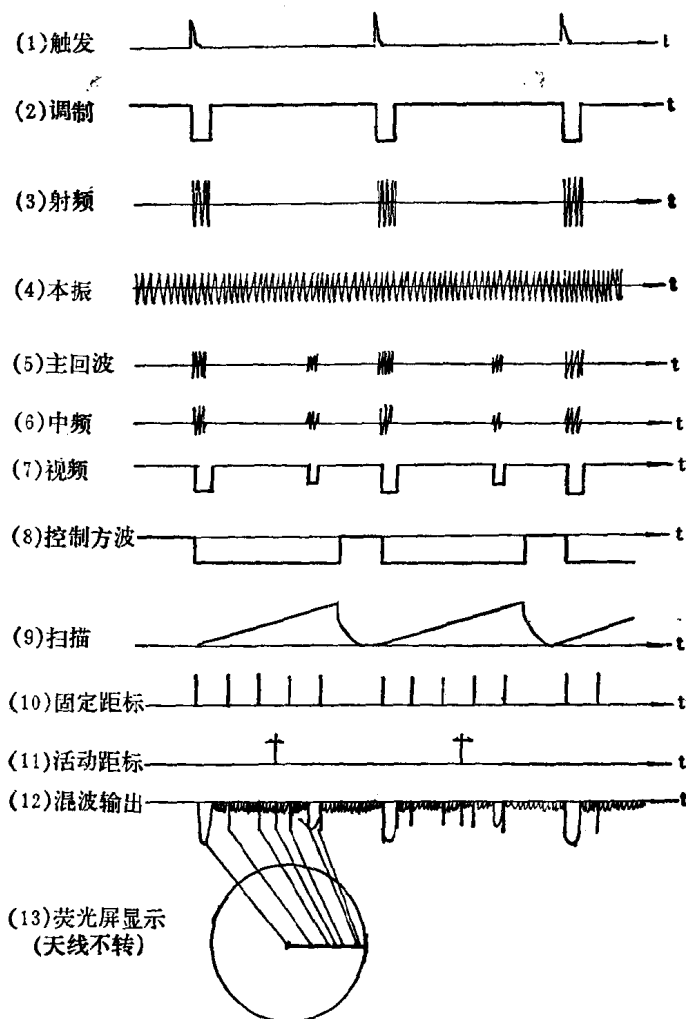


图1-4 全机工作时间波形图