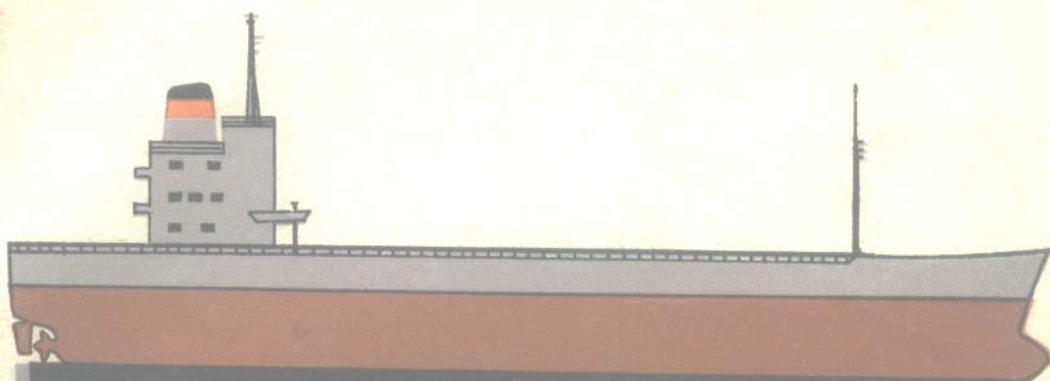
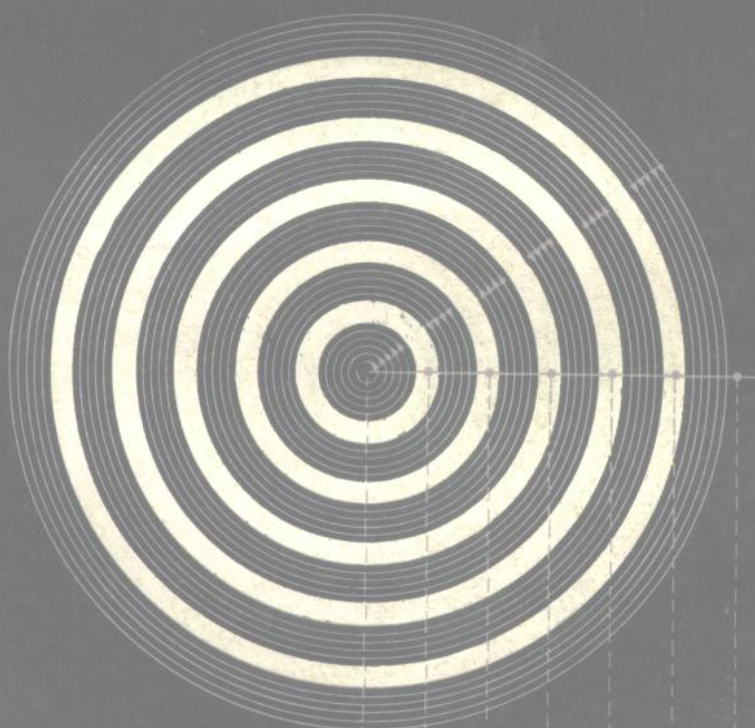


CHUAN YONG LEI DA



船用雷达

张国栋 主编



人民交通出版社

73.463

590

船用雷达

张国栋 主编

人民交通出版社

船用雷达

张国栋 主编

人民交通出版社出版

《北京市安定门外和平里》

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 18 字数: 306 千

1981 年 8 月 第 1 版

1981 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—2,950册 定价: 2.05元

內 容 提 要

本书详细地阐述了船用雷达的性能、电路原理和调整维修方法。通俗易懂，便于自学。

全书共分八章。第一章图像识别，讨论了荧光屏上各种物标图象的性质和识别方法，以及各旋钮的使用要领。第二章至第七章结合典型线路分别地讨论了雷达显示器、接收机、发射机、中频电机和自同步机系统的工作原理、各元件作用及其常见故障发生原因和 处 理 方 法。第八章列举了雷达常见故障现象及其排除措施。

本书可做为船用雷达培训班教材和有关调机维修人员学习资料，也可供有关工程技术人员和学生参考。

0t26/30
26

前 言

为了满足从事于船用雷达设计、安装、调试的广大技工、工程技术人员及广大船员的需要，大连工学院雷达专业的部分教师经过多年的生产实践和资料积累，编写了这本科技读物。为便于读者自学，提高分析问题和解决问题的能力，书中主要以国产船用雷达中常用的典型线路为例，讨论了它们的工作原理和常见故障原因，调整及维修方法。但由于书中也取材于一些国外有关雷达资料，因此所列举的具体数据及质量指标等，只供读者参考。

本书由张国栋主编，王宏禹、姜凤阁参加了编写工作。孙承科、接桂财、张玉顺、孙喜政等对本书进行了审阅。全部插图由毛林弟绘制。

在初稿编写过程中，大连造船厂电工车间雷达班的全体人员，对书中内容逐章逐节作了详细讨论，李维国、宋彥江同志对本书提供了许多资料和故障情况照片。上海无线电四厂六车间的部分同志对本书初稿进行了审查，并提出了改写方案。辽宁无线电二厂、上海船舶运输科学研究所和上海沪东造船厂对编写工作也给予了大力支持。在此一并表示衷心地感谢。

书中所述内容如有某些错误或不当之处，恳切希望读者批评指正。

编 者

1980年

目 录

第一章 雷达图象识别和使用	1
§1-1 雷达图象识别	1
§1-2 操机注意事项	8
§1-3 船用雷达质量指标	15
第二章 显示器(一)	20
§2-1 指示管的工作原理	20
§2-2 指示管和供电电路的故障及其处理方法	24
§2-3 稳压电源	30
§2-4 视放电路	32
§2-5 扫描电路的工作原理	41
§2-6 扫描电路的调整和故障排除方法	48
第三章 显示器(二)	58
§3-1 固定距标电路	58
§3-2 数字测距器	63
附录: 数字集成电路	78
§3-3 真运动电路	82
第四章 接收机	95
§4-1 接收机的通频带	95
§4-2 中频放大器	98
附录: 中放频率特性曲线监测和调谐	105
§4-3 速调管	111
附录: K-19型速调管振荡模的参数	115
§4-4 混频器	115
附录: 十字孔定向耦合器	119
§4-5 混频器调谐和故障排除方法	122
附录: 接收机灵敏度的测量	127
第五章 发射机	128
§5-1 天线开关	128
§5-2 磁控管	130
§5-3 磁调制器	137
附录: 利用脉冲形成网络形成脉冲	141
§5-4 电子管调制器	142
§5-5 磁控管打火与调制管打火	149
§5-6 发射机调整和故障排除方法	152

附录：磁控管发射脉冲频谱的监测.....	159
第六章 中频发电机组.....	162
§6-1 中频发电机组的工作原理.....	162
§6-2 中频发电机组自动调频、调压设备.....	163
§6-3 异步电动机.....	167
§6-4 直流电动机.....	170
§6-5 中频发电机.....	177
第七章 自同步机与扫描同步系统.....	179
§7-1 自同步机与扫描同步系统原理.....	179
§7-2 同步调整.....	181
§7-3 自同步机常见故障及其排除方法.....	184
第八章 雷达故障的清查和处理方法.....	187
§8-1 检修故障的一般方法.....	187
§8-2 故障现象及其处理方法举例.....	190

第一章 雷达图象识别和使用

§1-1 雷达图象识别

在雷达荧光屏上所看到的图象，不只是物标的图象，还有虚假回波。它们之间有共同之处，也有不同点。这就需要操机人员正确识别，熟知自船周围的环境，准确提供航行情况。

一、容易误认的图象

1. 海浪反射

和物标一样，较大的海浪也反射电磁波，造成荧光屏上自船图象附近有很多辉亮斑点。这种干扰在顶风的一侧较重。图1-1所示为东北偏东风，风速为18米/秒，用的是15海里量程。海浪反射干扰严重时，能够淹没低海岸和较弱物标图象（图1-2）。在图1-2中，A为海浪反射；B为低海岸；当时风速是20米/秒；量程是30海里。适当调整“海浪抑制”和“增益”旋钮，可减小海浪干扰。但是，在小渔船密集区域，渔船图象和海浪干扰亮点是很难区分开的，

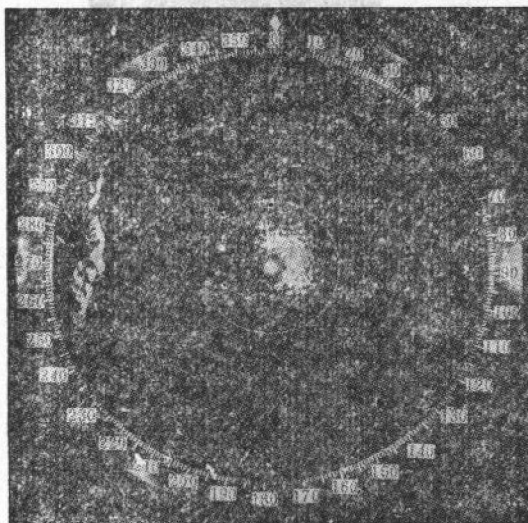


图1-1 海浪反射

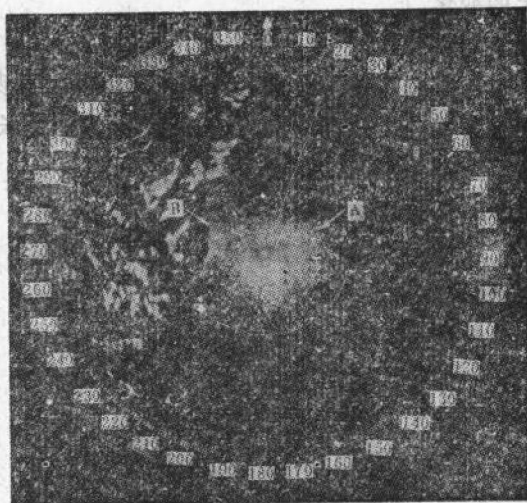


图1-2 海浪反射(严重时)

尤其是在海浪反射非常强的区域，不管怎么调整“海浪抑制”和“增益”旋钮。在近距离几乎发现不了小渔船。图1-3为使用了“海浪抑制”旋钮，量程是8海里时的图象。

2. 潮汐

潮流冲激的波纹也会反射电磁波，产生的雷达图象大体上是一条曲线，容易被误认为是海岸。它可能出现在河流入海处附近，在中等海浪反射时表现得更明显。图1-4，为距离量程8海里时的潮汐反射雷达图象。

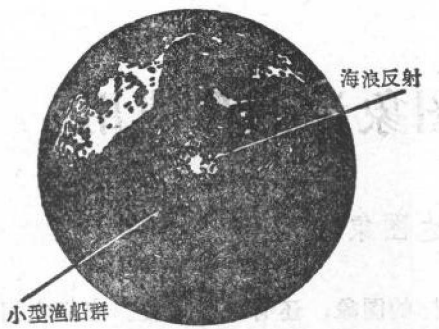


图1-3 海浪反射和渔船群

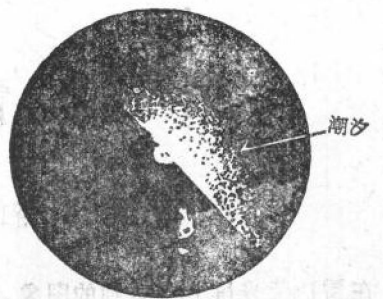


图1-4 潮汐反射图象

3. 冰

在高纬度地区航行时，船舶常遇有各种海冰，其雷达图象有下列特征：

- ①小冰丘：是小、弱、不规则的亮点，在海浪反射杂波中不容易发现。
- ②集结在一起的冰块：是大片范围的小、强、密集的亮点，亮点位置不变或移动很缓慢。
- ③大冰块：在荧光屏上只可见冰块边缘的图象。在冰块周围有海浪反射杂波，可以用这个特点来检验冰区。

④冰山：是单独的图象。回波强度随反射面有较大的变化。

4. 航迹

自船和他船的航迹，都能在荧光屏上呈现出清楚的线条亮迹。航速越快，航迹的图象就越长，越清晰。图1-5是自船的航迹。

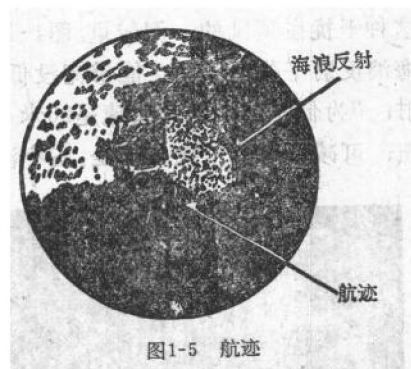


图1-5 航迹

5. 快速运动的物体

快速运动物标的图象是一条短粗的亮线（图1-6，量程为2海里），或者是一连串的亮点（图1-7）。

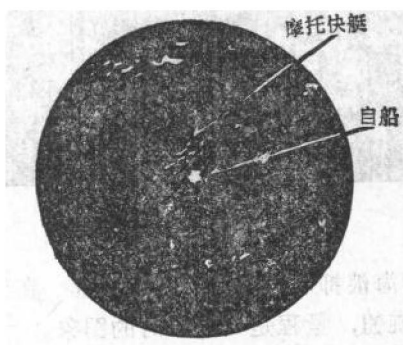


图1-6 摩托快艇的图象

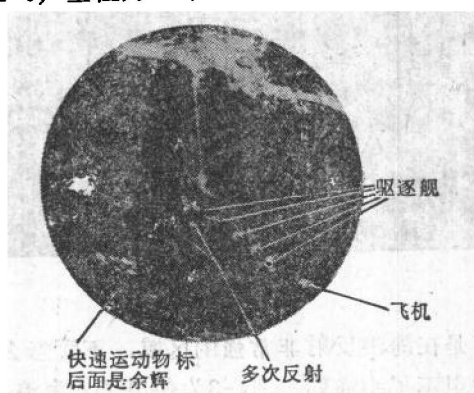
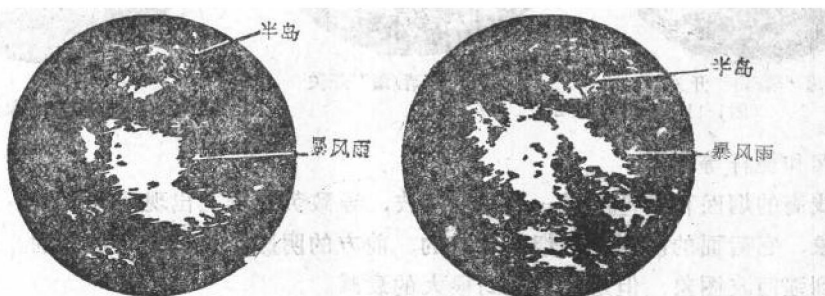


图1-7 驱逐舰和飞机群

6. 雨

雨的图象为大块片状，不很明亮，边缘不整齐和不清晰，并且不断运动，有时在离自船较近的一边也可能有清晰的边缘。暴风雨的图象亮度较大，有明显的界限，容易误认为是陆

地，它的形状不断变化。图1-8 A 是暴风雨的图象，几分钟以后，成为图1-8 B 的形状。雷雨云的图象与暴风雨相似，只是雷达探测的距离比暴风雨近。在各地降雨密度都一样时，调整“晴/雨”开关或“海浪抑制”旋钮，可以辨认出雨区内物标。但是，在降雨密度不均匀时，有浓有淡，在荧光屏上会出现奇怪的图象，容易误认为是其他物标。图1-9 是降雨时图象，当时量程是15海里，A处是群岛，B处是降雨密度大的地区。容易把B处误认为是海岸线。此时，有必要调整“增益”旋钮，把物标回波适当减弱后，再进行观测。



A

B

图1-8 暴风雨的图象

7. 雪

中等程度的雪，没有太大的干扰，只在荧光屏中心出现小的辉亮圆饼(图1-10(1)，量程是1海里)。鹅毛大雪的图象是很多不断移动的片状小

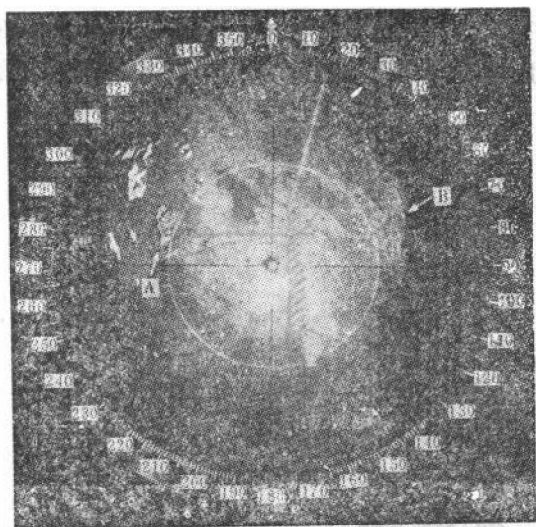


图1-9 密度不均匀的降雨图象

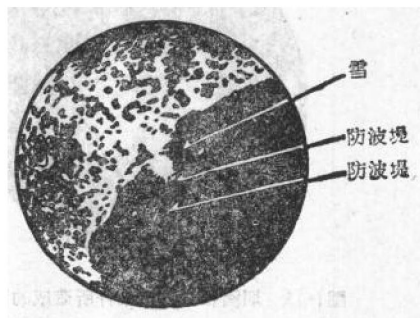


图1-10 雪的图象(1)

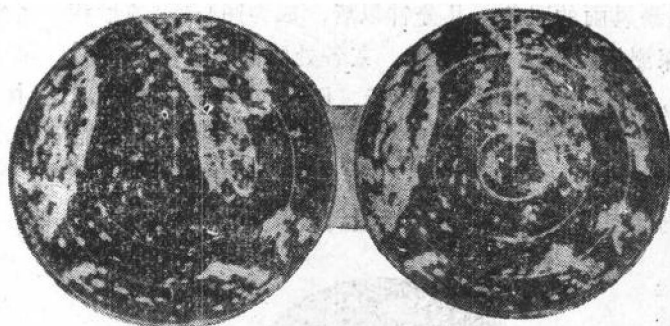
亮点，所占范围较广。使用“晴/雨”开关，可以消除这种干扰。图1-11(2)(B)是下雪时未使用“晴/雨”开关的图象。图1-11(2)(A)是使用“晴/雨”开关后的图象。

8. 雾

中等程度的雾对雷达没有多大影响，而浓雾则会减小它的作用距离。例如，在晴朗的天气，某雷达可发现27海里的物标，而在能见度为30米的浓雾中，对于同一物标，则只能在16海里发现，再远就看不清了。

9. 烟

自船烟囱冒的浓烟也会反射电磁波，对雷达图象产生干扰(图1-12)。烟的图象随着烟的浓度及方向时刻在变化着。



(A)使用“晴/雨”开关 (B)未使用“晴/雨”开关

图1-11 雪的图象(2)

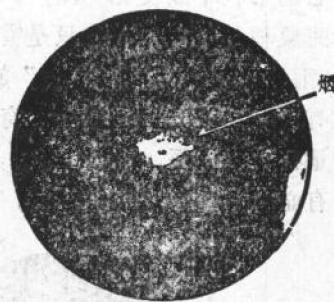


图1-12 烟对雷达图象的干扰

10. 烟囱和桅杆等阴影

比天线高的烟囱和桅杆阻挡一部分电磁波，导致荧光屏上出现阴影区域。图1-13是海浪反射的图象，它后面的阴影是由烟囱造成的，前方的阴影是由桅杆等造成的。在阴影区域虽然还能见到强回波图象，但是它们受到很大的衰减。

11. 架空电线

横跨水道的架空电线也能反射电磁波，但只有在垂直电线方向辐射的电磁波才能被自船雷达收到，在荧光屏上呈现出一个亮点。在图1-14中自船在 a 点时，荧光屏只出现 A 点图象；在 b 、 c 点时，荧光屏上只分别出现 B 、 C 点的图象。当朝着架空电线航行时，电线的图象不断移动，看起来好象是正在航行的小船，而且与自船的距离越来越近，似乎与自船可能碰撞。

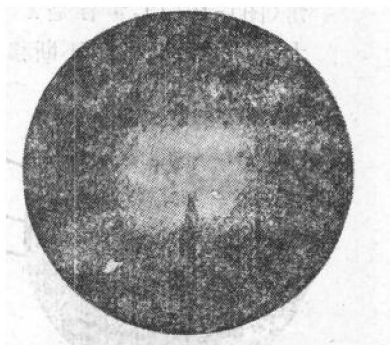


图1-13 烟囱和起重机吊杆所造成的阴影

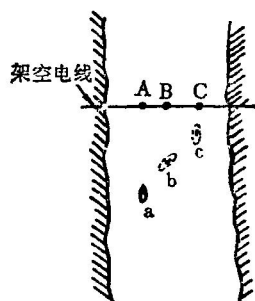


图1-14 架空电线

12. 背面区域

雷达发射的电磁波是沿直线传播的，它照射不到如岛屿、山、陆地等背面的地物。这就使得荧光屏上的图象与物标的实际状况不一样。图1-15(A)是在自船左侧有一细长的岛屿，这时荧光屏上只能呈现出该岛朝向自船一面的回波，而另一半则是背面区域，因此没有图象。当自船移动到该岛屿的另一端时，荧光屏上也只能呈现出该岛朝向自船一端的回波，如图1-15(B)所示，量程为2海里。

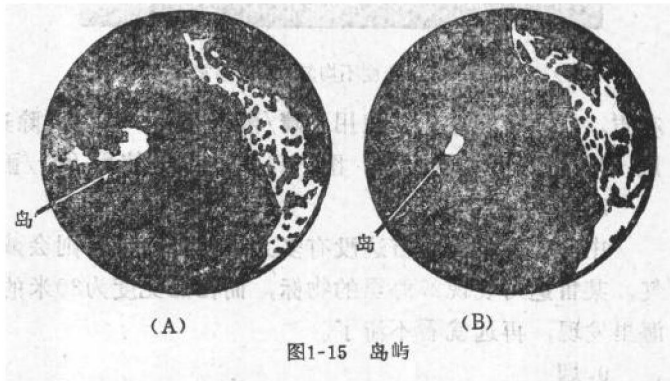


图1-15 岛屿

13.其他

冰雹的图象和降雨时相似。在冰雹直径超过6毫米时,它的反射比雨要强。

沙暴对雷达的探测距离没多大影响。

密集飞行鸟群的图象呈现为快速移动的亮点,容易被误认为高速舰艇。海面上浮动的鸟群,则容易被误认为是浮标。

整齐排列的海带筏,容易被误认为陆地上的物标。

海岸上林荫公路两侧的树木反射电磁波很强,它的回波容易被误认为是海岸线。

二、假回波

在荧光屏上除了显示出物标真实距离和方位的回波以外,有时还会出现假回波图象。应该设法减小和消除它。产生假回波的主要原因有下列几种:天线旁瓣、多次反射、第二次扫描、他船雷达干扰等。

1.天线旁瓣

天线除了在垂直于出口平面的方向(主瓣)以外,在其他方向上也能辐射电磁波,这就是天线旁瓣。普通雷达对于6海里以内的强反射物标,大体上都有假回波出现。大多数雷达天线的旁瓣是对称分布在主瓣两侧约 7° 或者约 90° 方向上,由它们引起的假回波也在实际图象的两侧 7° 或 90° 方向上,距离与真实物标图象相同。图1-16是量程2海里,右舷 90° 有一大船,相距0.8海里时的图象。在0.8海里距离, 0° 和 180° 两处物标亮点是由天线旁瓣引起的假回波。在 7° 的旁瓣上反射很强时,在他船等点物标的两侧有两个弧形亮点出现。旁瓣假回波不与物标图象相连接时,不容易识别,尤其是在出、入港口时,各种物标很多,假回波错综复杂,必须注意。在出现这种假回波时,调节“增益”旋钮,尽量压低增益,是识别假回波的最好办法。旁瓣假回波的强弱与物标反射电磁波性能有关,在自船航行途中,外界条件和相互位置时刻变化,这种假回波会很快自行消失。

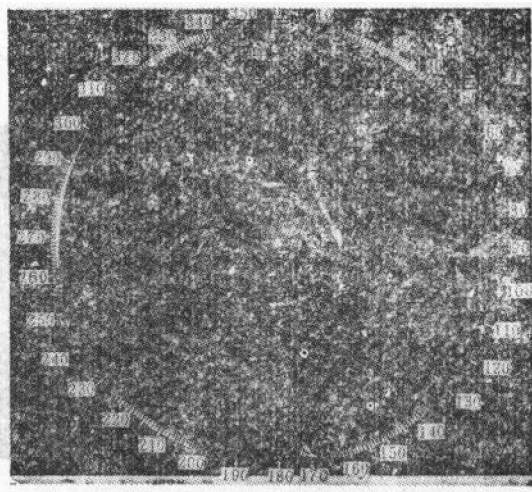


图1-16 天线旁瓣引起的假回波

2.多次反射

多次反射类似光线在镜子之间产生的反射现象。当自船与他船相距很近而且大体上平行航行时,雷达发射的电磁波就在自船与他船之间来回往复反射。每次反射波来到时,荧光屏上就出现图象。例如,距离他船200米时,物标图象就在200米地点上出现,在同一方向的400米、600米也可能出现假回波。真实图象与假回波在同一个方向上,形状相同,真实图象在最近的距离,回波亮点最大。图1-17和图1-18分别是产生多次反射的原理和实况图。

3.镜面反射

(1)自船烟囱和桅杆的反射

物标的反射波碰到自船烟囱或桅杆后,再反射到天线,从而引起假回波。图1-19(A)画出了引起假回波的原理。它的特点是在同一个方向上出现几个距离不同的亮点,这个方向就是烟囱或桅杆所造成的雷达阴影区域。在图1-19(B)中画出了荧光屏上图象。在图中A、B、C

是真实图象， a, b, c 分别是它们的假回波。为了防止这种假回波，天线应尽量架高。如果条件不允许，天线架设高度有限，那么应避免在船首方向产生假回波，雷达天线应架设在烟囱

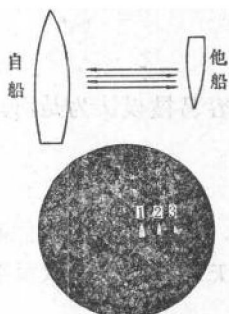


图1-17 多次反射产生假回波的原理图
1-他船的真实图象；2-由于多次反射引起的第一次假回波；3-第二次假回波

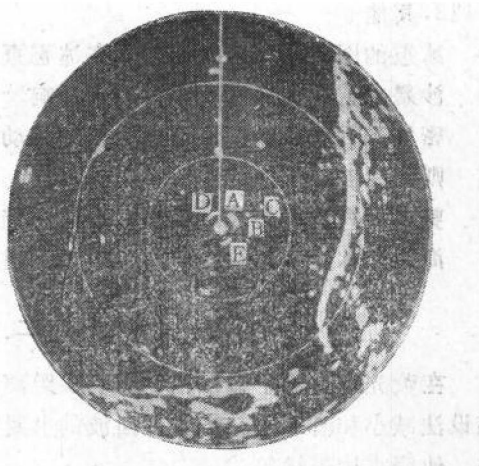
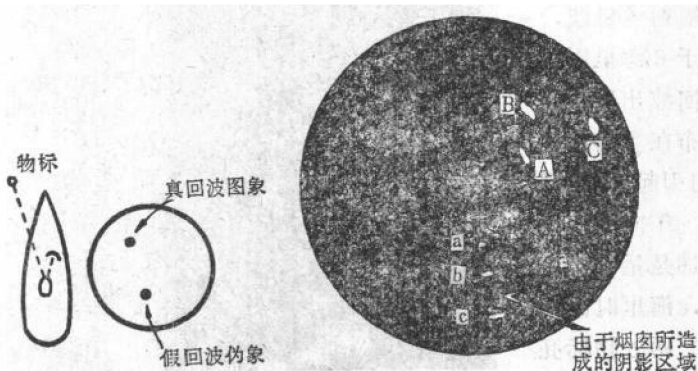


图1-18 多次反射形成的假回波
A-物标真实图象；B、C-多次反射产生的假回波；D、E-天线旁瓣造成的假回波



(A)作用原理 (B)假回波位置
图1-19 自船烟囱引起的假回波

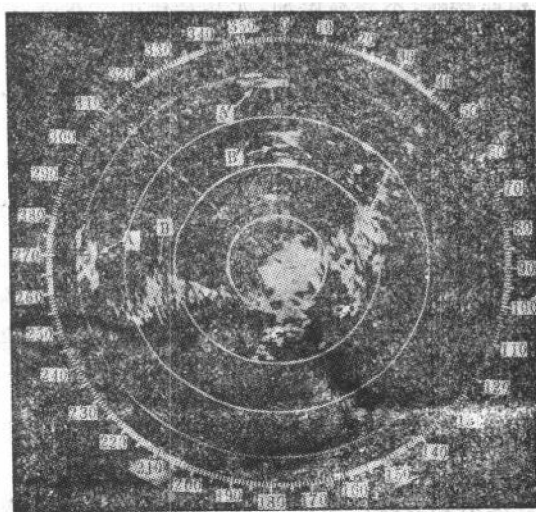
的前面。

(2) 岸上建筑物的反射

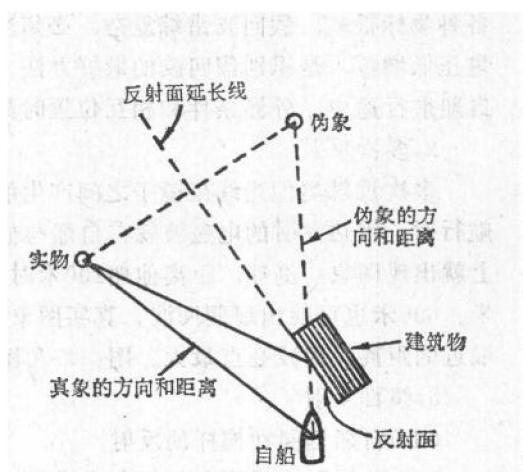
在自船附近的房屋具有良好的反射面，会在这个方向上产生假回波（图1-20）。它的特点是在自船航行过程中，假回波与真实图象之间的相对位置保持不变。

4. 第二次扫描

超过量程规定距离以外



(A)照片



(B)作用原理

图1-20 岸上建筑物镜面反射形成的假回波
A、B-真实回波；A'、B'-假回波；虚线-真假回波之间对称轴

的物标回波,如果它在指示管第二次扫描时到来,仍可在荧光屏上出现。在一些船用雷达中,为了使近距离物标图象清晰,把脉冲重复频率加快。例如,脉冲重复频率是3000赫,在脉冲间隔期间所能探测的距离约27海里,这时29海里的物标回波便可能在第二次扫描的2海里位置出现,造成假回波。在远距离量程,脉冲重复频率是1000赫,在脉冲间隔时间可以探测81海里,这时如果大气中气层密度不同而引起电磁波异常传播,那么90海里处的物标回波会在荧光屏上9海里位置上出现,造成假回波。

第二次扫描假回波具有下列特点:

(1)假回波的距离等于物标真实距离减去发射脉冲间隔时间内电磁波往返的距离。假回波的方位等于真实物标方位。

(2)发射脉冲间隔时间不十分稳定,从而导致假回波图象边缘模糊。

(3)来自陆地的假回波一般成“V”字形,“V”的尖端指向荧光屏中心,如图1-21所示。

(4)如果是陆地回波会在不存在陆地物标的已知位置上出现,对照海图可以查出来。如果是他船的回波,假回波的航向与实际航向不同。

(5)自船雷达改变重复频率时,假回波图象跟随移动。

出现这种假回波以后,可以分别用远近距离量程对比观察,凭经验辨认。如果假回波在荧光屏中心附近,可以用“海浪抑制”旋钮去掉。

5. 他船雷达干扰

他船雷达辐射的电磁波会进入自船雷达在荧光屏上出现螺旋状不连续的亮线,亮线由荧光屏中心发出,不断运动,只要见过几回之后,很容易识别出来。不过,在近距离量程,他船雷达干扰的亮线之间距离加宽,同一条亮线中的亮点间隔变远,有时,不容易辨认。在海上航行时,自船和他船的雷达天线都在旋转,只在两船雷达天线相对的扇形区域有干扰,如图1-22所示。图中A是下雨区域,B是他船雷达干扰。在航行途中,这种条件不会长时间存在,过一段时间以后,干扰图象会自行消失。

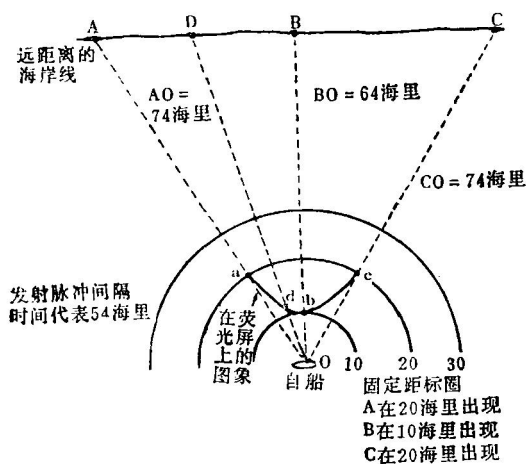


图1-21 由第二次扫描引起的远距离海岸线A、B、C、D在荧光屏上的图象畸变

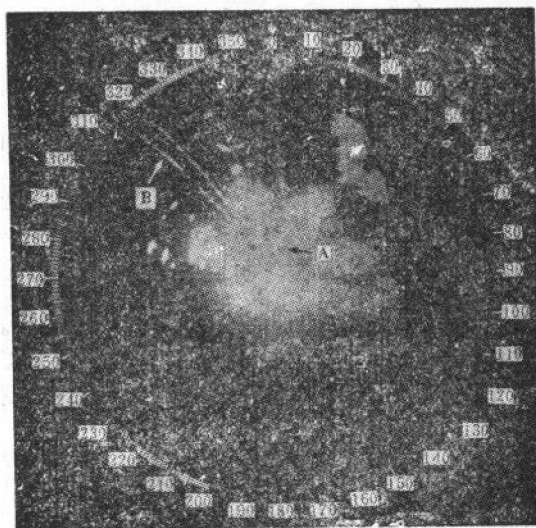


图1-22 他船雷达干扰

§1-2 操机注意事项

一、调整旋钮

1. 辉度

荧光屏图象辉度不够, 弱物标图象比较暗, 可能看不见, 造成漏警。荧光屏图象太亮, 会降低物标图象和背景噪声斑点之间的对比度, 也可能使弱物标漏警。而且, 辉度太强, 使指示管发生散焦, 图象模糊, 并会缩短指示管使用寿命。图1-23为三种不同辉度时荧光屏上的图象。在这三种情况中都把“增益”压低, 荧光屏上不出现背景噪声斑点。

按照下列程序调整“辉度”旋钮:

(1) 把“辉度”、“增益”和“海浪抑制”旋钮都反时针旋到底。

(2) 将“晴/雨”开关放在晴位置; “距离量程”开关置于所需要的量程。

(3) 缓慢地顺时针旋转“辉度”旋钮, 逐渐增加辉度, 直到荧光屏上刚刚出现旋转的扫描线。

(4) 再稍微减小辉度, 把“辉度”旋钮稍微反时针旋转一点点, 在荧光屏上刚刚看不见扫描线。此时辉度为合适。

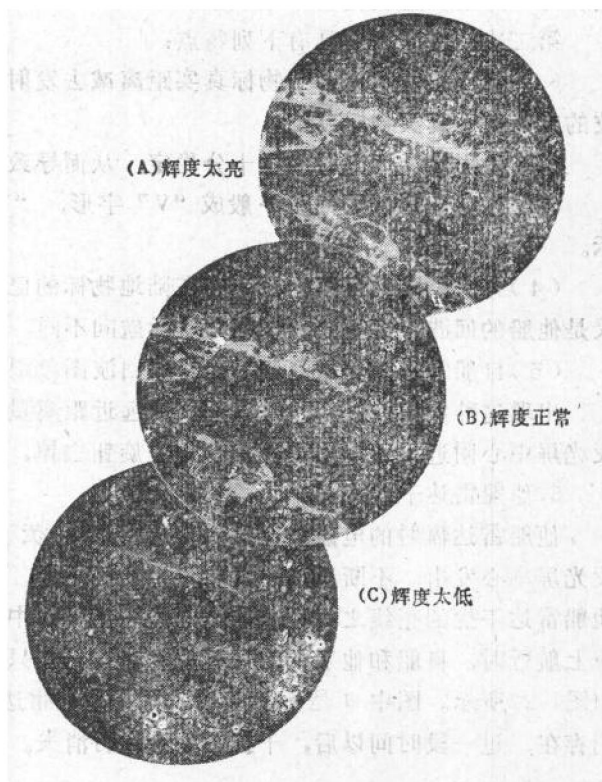


图1-23 “辉度”旋钮的调整

2. 增益

“增益”旋钮的正确位置是荧光屏上背景噪声斑点刚好可见, 而又不留痕迹, 如图1-24。在刚刚可见背景噪声斑点时, 整个雷达处于最灵敏状态, 能发现物标的距离最远。增益压低以后, 荧光屏图象虽然清晰, 没有背景噪声斑点, 但是这样会降低作用距离, 损失一些弱物标回波图象, 造成漏警。而把增益抬得太高, 背景噪声斑点和物标图象之间的对比度减小, 分辨微弱物标信号有困难, 一些弱物标回波被背景噪声斑点淹没, 也可能造成漏警。因此调整增益要合适。一般, 在近距离, 增益可以低一点, 适当调整“增益”和“海浪抑制”旋钮, 使荧光屏图象清晰。在使用远距离量程时, 需要有足够高的增益。但此时要注意荧光屏中心的辉度, 不要过亮。

按照下列程序调整“增益”旋钮

(1) “辉度”旋钮位置要适中。

(2) 把“增益”和“海浪抑制”旋钮都反时针旋到底。

(3) 将“晴/雨”开关放在晴位置, “距离量程”开关置于所需要的量程。

(4) 缓慢地顺时针旋转“增益”旋钮，直到荧光屏上暗黑区域出现轻微的噪声斑点，而又不妨碍对图象观察和不破坏图象质量为止。

在调整过程中，要灵活地调整增益。暂时压低增益可以从荧光屏图象中辨认出强回波物标；在图象拥挤区域，会使荧光屏画面清晰（不过，要注意不丢失重要物标）；在海浪干扰严重的地区，可以减轻海浪的干扰。在有雨雪干扰的情况下，正确使用增益旋钮就显得更加重要。“增益”旋钮在正常位置时，雨雪干扰可能太强，妨碍观察淹没在雨雪干扰中的物标回波。暂时压低增益就能辨认出这些物标。在观测暴风雨区域以外的物标时，要把增益调得比正常值稍高一点，以便发现物标。

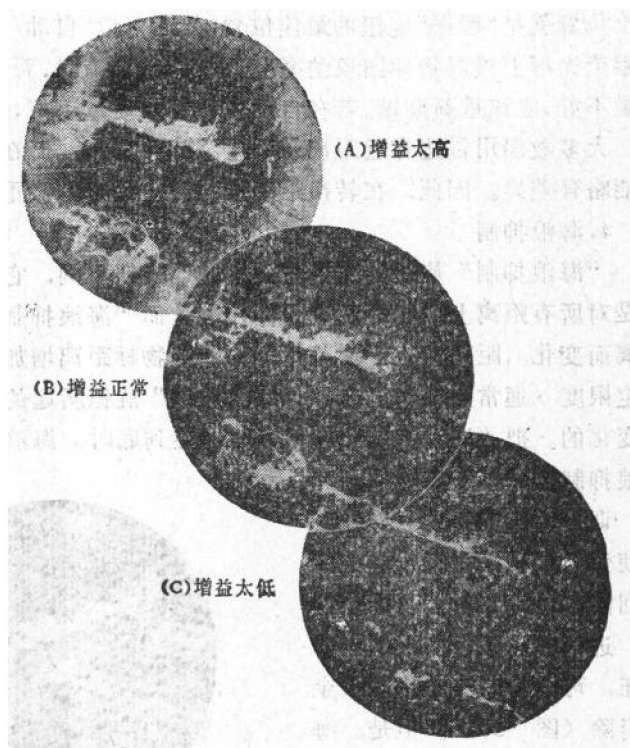


图1-24 “增益”旋钮的调整

3. 调谐

“调谐”旋钮是用来调整本振（速调管）频率的。只有在正确频率上工作时，接收机输出回波信号才最强。调整“调谐”旋钮，使远距离量程回波图象最好。在近距离量程回波信号很强，荧光屏图象受本振调谐情况影响较小。调整“调谐”旋钮的重要标准是在荧光屏上尽可能容易辨认出弱物标，图象最清晰，如图1-25。如果雷达装有“调谐指示”电表，可观察调谐指示电表读数来旋转“调谐”旋钮。在调谐准确时，电表指示最大。雷达在工作中，要随时调整“调谐”旋钮，以保证荧光屏回波最多，图象最清晰。

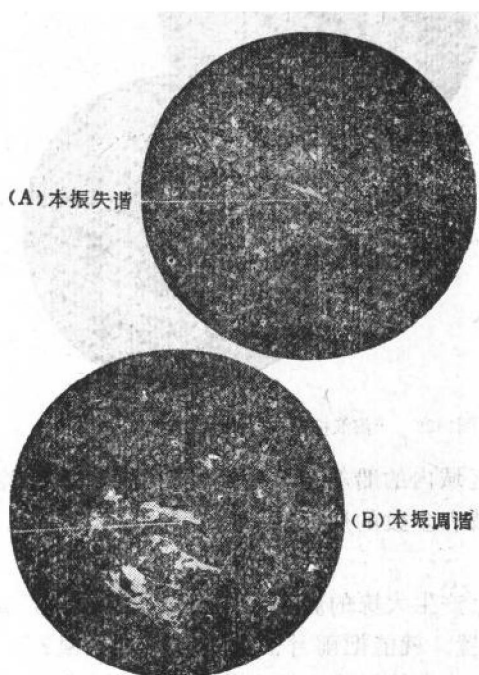


图1-25 “调谐”旋钮的调整

速调管在通电10分钟以后，处于热稳定状态，振荡频率稳定。因此，调谐要在通电10分钟以后进行。在具有自动频率微调电路的雷达中，调谐时，要把“自动/手动”开关放在手动位置。选择远距离量程的微弱物标图象，逐渐缓慢地旋转“调谐”旋钮，使弱物标的回波

最强,并使“调谐”旋钮不管是顺时针还是反时针稍微旋转,荧光屏上图象都无明显的变化,这个位置就是“调谐”旋钮的最佳位置。然后再把“自动/手动”开关轮流放在自动或手动位置,观察荧光屏上微弱物标图象的亮度。在调谐准确时,看不出图象有变化。如果在手动位置图象质量不好,应该重新调谐。若在自动位置图象质量不好,就要检查自动频率微调电路工作情况。

大多数船用雷达在近距离量程用窄脉冲工作,而在远距离量程用宽脉冲工作,发射频率可能略有差异。因此,在转换距离量程时,最好稍微重调一下“调谐”旋钮。

4. 海浪抑制

“海浪抑制”旋钮的作用与“增益”旋钮不同,它是辅助增益控制的部分。“增益”旋钮是对所有距离上的物标都有同样作用。而“海浪抑制”旋钮是使接收机的放大量随物标的距离而变化。距离越近,增益越低,随着物标距离增加,增益逐渐升高,直到物标距离超过一定限度(通常为5海里)，“海浪抑制”旋钮所起的作用才很微弱。海浪抑制的作用区域是变化的。把“海浪抑制”旋钮顺时针旋到底时,海浪抑制范围最大;反时针旋转到底时,海浪抑制区域等于零。

调整“海浪抑制”旋钮,可使荧光屏中心附近出现的海浪回波减弱,而能辨认出小物标。进一步调整“海浪抑制”旋钮,可以把海浪干扰图象全部消除(图1-26)。但是,海浪抑制作用过强,也会使物标回波减弱,从而丢失近距离物标,造成漏警。因此在操机过程中,不要把“海浪抑制”旋钮长期固定在一个位置上不变。每隔一段时间要调整一下,以适应不同的海面 and 天气,保证荧光屏上既看不到海浪干扰,又不丢失近距离内的物标回波。在使用远距离量程时,通常调整“海浪抑制”旋钮,减小荧光屏中心区域亮度,把注意力集中在远距离上,以便观测远距离物标。在

自船周围下雨或者下雪时,处于暴风雨或暴风雪区域内的船舶和航标回波被雨雪干扰淹没时,暂时增加海浪抑制,可以辨认出大船的强回波和多数航标。

5. “晴/雨”开关

下雨下雪时,从雨雪反射的电磁波在荧光屏上产生大块的辉亮斑点,容易把斑点区域内的弱物标图象淹没。将“晴/雨”开关扳到雨的位置,就能把雨雪干扰降低到最低限度。它的原理是在视频放大器中使用了微分电路,对宽脉冲进行微分,把宽脉冲变成了窄脉冲(图1-27)。这样在荧光屏上物标回波变细或变小;而雨雪干扰经微分后减轻或消失。尤其是在



图1-26 “海浪抑制”旋钮的调整