

船用導航雷達

第二冊

(調整、維修部份)

大连工学院无线电系

雷达专业编译

1974. 4

列 宁 语 录

理论要由实践来鼓舞，由实践来修正，由实践来检验。

毛 主 席 语 录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

无产阶级认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的。

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“教育要革命”的教导，为了培养工农兵学员分析问题和解决问题的能力，适应开门办学的需要，我们在院党委的领导和关怀下，先后在大连红旗造船厂、校办无线电厂和辽宁、上海等地区有关工厂进行了调查研究，收集了工人师傅和技术人员在雷达生产和调整、维修实践中积累的经验、资料。经过分析和综合，查阅一些国外有关书籍，编译成这本资料，定名为《船用导航雷达》。供学员自学和参加实践环节用，同时可供从事雷达工作人员参考。

由于内容较多，所以分两册出版。第一册介绍船用导航雷达的基本工作原理。由于一般教学上所用的教材多选取晶体管内容，所以在编译本资料时则着重叙述电子管方面的内容，以配合所用教材，起到相辅相成作用。第二册介绍调整、维修方法。

由于时间紧迫，没能广泛征求意见，加上我们政治和业务水平较低，尤其是缺乏实际工作经验，本资料在政治思想性和具体内容上一定还存在着很多缺点和错误。请同志们提出批评指正，以便我们通过实践逐步将这本资料（初稿）完善起来。

大连工学院雷达专业

1974.4.

目 录

第一章 船用导航雷达的特性	(1)
§ 1. 距离分辨力	(1)
§ 2. 最小作用距离	(2)
§ 3. 方位分辨力	(3)
§ 4. 船用导航雷达的最大作用距离	(4)
§ 5. 船用导航雷达的一般性能	(6)
第二章 雷达图象识别和在导航上的应用	(10)
§ 1. 各种目标的图象特征	(10)
§ 2. 图象的长度(在中心角所对弧的方向上所测得的长度)	(17)
§ 3. 图象的深度(在荧光屏的半径方向上所测得的深度)	(19)
§ 4. 雨雪干扰和海面反射	(19)
§ 5. 假回波伪象	(23)
§ 6. 容易误认的图象	(30)
§ 7. 在各种距离量程挡上探测目标	(32)
§ 8. 雷达水平线	(34)
§ 9. 图象的精度	(35)
§ 10. 在自船接近陆地时使用雷达应注意事项	(37)
§ 11. 沿岸航行时使用雷达导航	(40)
§ 12. 进出港口时使用雷达	(42)
§ 13. 使用雷达防止船舶碰撞	(43)
第三章 雷达的操作	(52)
§ 1. 船用导航雷达的操作旋钮	(52)
§ 2. 船用导航雷达的操作程序	(55)
§ 3. 用船用导航雷达来测定目标的距离和方位	(57)
第四章 雷达的定期维护	(60)
§ 1. 一般要求	(60)
§ 2. 基本操作	(60)
§ 3. 进行经常性维护的措施	(60)
§ 4. 每日、每周、每月的检查维护	(62)
§ 5. 各机械传动部分的润滑	(63)
§ 6. 维护保养注意事项	(63)
第五章 雷达质量指标的简单监测	(65)
§ 1. 雷达基本性能的稳定性	(65)
§ 2. 利用回波箱对雷达性能监测	(66)
§ 3. 利用回波箱来简单判断雷达的故障位置	(68)

§ 4. 自我校准法监测雷达性能	(71)
第 六 章 清查故障的一般方法	(73)
§ 1. 了解情况	(73)
§ 2. 外部观察	(76)
§ 3. 更换元件	(77)
§ 4. 检查电压和电阻	(78)
§ 5. 工作性能动态检查	(82)
§ 6. 断续损坏故障的检查	(84)
第 七 章 发射机的调整	(86)
§ 1. 高频脉冲包络的观测	(86)
§ 2. 磁控管打火	(89)
§ 3. 磁控管熄灭	(92)
§ 4. 频谱的检查	(92)
§ 5. 波导馈电系统的匹配	(96)
§ 6. 调制脉冲波形的监测	(99)
§ 7. 调制管的使用特点	(100)
§ 8. 调制器中的寄生振荡	(104)
§ 9. 发射机的故障检修	(106)
第 八 章 雷达接收机高放部件的调整	(112)
§ 1. 行波管放大器的调整	(112)
§ 2. 参量放大器	(119)
§ 3. 隧道二极管放大器	(132)
第 九 章 接收机的调整	(141)
§ 1. 混频器调整和速调管质量检查	(141)
§ 2. 中频放大器的调整	(144)
§ 3. 自频调电路的调整	(151)
§ 4. 近程增益电路的调整	(159)
§ 5. 天线开关管的调谐	(160)
§ 6. 接收系统的总调	(160)
§ 7. 在接收通道中的自激	(166)
§ 8. 接收机故障检修	(172)
第 十 章 晶体管电路的调整	(180)
§ 1. 晶体管电路中测量的特点	(180)
§ 2. 晶体管电路工作稳定性的提高	(183)
§ 3. 调整脉冲电路的某些特点	(186)
§ 4. 调整谐振放大器的几个特点	(194)
§ 5. 晶体管稳压电源故障的特性	(196)
§ 6. 防止大功率晶体管击穿的一些办法	(197)
§ 7. 对晶体管的使用提几条建议	(202)

第十一章 显示器的调整	(203)
§ 1. 方位的校准.....	(203)
§ 2. 伺服系统的调整.....	(204)
§ 3. 距标的校准.....	(208)
§ 4. 双稳态电路的调整.....	(209)
§ 5. 自由多谐振盪器和单稳态电路的调整.....	(211)
§ 6. 间歇振盪器的调整.....	(213)
§ 7. 扫描电路的调整.....	(215)
§ 8. 电子束焦点的位置的调整.....	(219)
§ 9. 在雷达整机联调时显示器的调整.....	(221)
第十二章 雷达故障的清查和处理	(228)
§ 1. 清查雷达故障的一般方法.....	(228)
§ 2. 清查船用导航雷达故障的具体路线.....	(232)
§ 3. 故障清查和处理方法举例.....	(237)

第一章 船用导航雷达的特性

§1. 距离分辨力

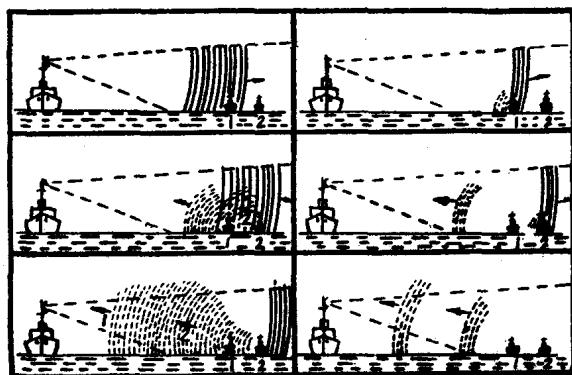
距离分辨力，是位置在同一方向上能够在荧光屏上分辨出来的两个“点目标”的最小距离。

在发射脉冲传播方向上，有两个点目标存在，距离雷达较近的是船 A，和距离较远的是船 B，两船的距离为 Δr （参看图 1）。在某一瞬间，发射脉冲前沿到达 A，船 A 受照射后，便开始在脉冲宽度 τ 的时间内反射电磁波。电磁波由船 A 反射后，经过 $2\Delta r/c$ 的时间（ c ——光速），船 B 开始反射。十分明显，只有当船 A 的回波在船 B 的回波到达船 A 之前结束，在荧光屏上才能分辨出这两个目标。可见，为了分辨出两个目标的回波，脉冲宽度 τ 应该小于

$$\tau < 2\Delta r/c.$$

因此，得出计算距离分辨力的公式

$$\Delta r_{\text{最小}} = c\tau/2.$$



(A) 脉冲宽度大，A 船和 B 船的回波分辨不出来。 (B) 脉冲宽度窄，A 船和 B 船的回波能分辨开来。

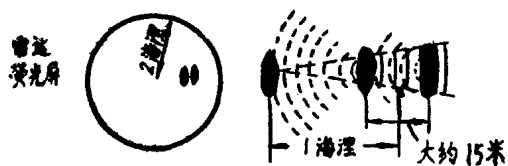
图 1-1. 脉冲宽度和远近两目标的辨别。

从上面的公式可以看出，脉冲宽度越窄，距离分辨力越好。

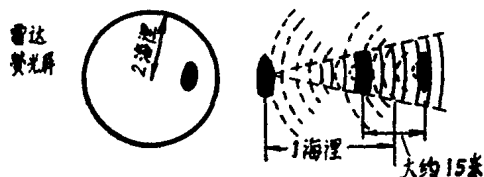
举一个例子说明。发射脉冲宽度是 0.1 微秒时，目标的图象在扫描线方向是 15 米长，这是在 0.1 微秒时间内电波往返行走的距离。所以，使用发射脉冲宽度是 0.1 微秒的导航雷达，它的距离分辨力就是 15 米。实际上，距离分辨力还受到接收机通频带宽度、在荧光屏上的亮点直径大小、扫描速度等因素的影响。它们使雷达的距离分辨力略有增加。

为了提高距离分辨力，必须减小发射脉冲宽度。大多数船用导航雷达，为了提高近距离目标的辨别能力，同时还要兼顾到最大作用距离，往往采用几种不同的脉冲宽度工作，远距

离用宽脉冲，近距离用窄脉冲。



(A) 在脉冲宽度大的场合，距离分辨力低。



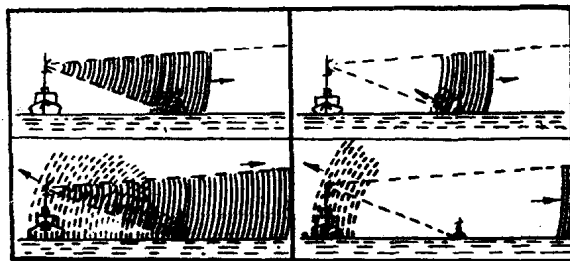
(B) 在脉冲宽度窄的场合，距离分辨力高。

图 1—2. 脉冲宽度和距离分辨力的关系。

通常，在两个目标彼此距离非常近时，两者的回波在荧光屏上形成了一个大的亮点。在这种情况下，可以根据荧光屏上亮点的大小和明暗程度，大致估计出有两个目标存在。所以，实际上的距离分辨力是上述数值的 70% 到 80%。

雷达距离分辨力的测试，一般规定与本船相距 1 海涅处，放置两个相距十五米的小船，这两个小船的回波应该能在显示器荧光屏上清楚地分辨出来（图 2）。

§2. 最小作用距离



(A) 脉冲宽度宽，最小作用距离大，因为近距离目标的回波和发射机在脉冲分辨不开。

(B) 脉冲宽度窄，最小作用距离小。

图 1—3. 脉冲宽度和最小作用距离关系。

最小作用距离，是目标的回波能在荧光屏上清晰地显示出来的最小距离，又叫“盲区”。在最小作用距离以内的任何目标，雷达发现不了。

和距离分辨力一样，当目标很近时，目标的回波就和发射脉冲混在一起，分辨不开（图 3）。因此，脉冲宽度越窄，最小作用距离就越小。在和 §1 同样的例子中，发射脉冲宽度是 0.1 微秒时，考虑到接收机通频带、荧光屏上亮点直径、扫描速度等因素，实际上最小作用距离在二十米左右。

实际上,影响最小作用距离的因素还有天线垂直波瓣的死角。在垂直波瓣的死角内(图4),目标受不到雷达发射电波的照射,当然没有回波,所以看不见。一般地说,同样质量的天线,天线架设越高,死角也越大。实际上,船用导航雷达的天线架设高度在15米左右。在这个高度上,由于天线垂直波瓣死区而引起的最小作用距离大体上是75米左右。不过,天线架设高度大时,可以兼顾到最大作用距离能远一些。

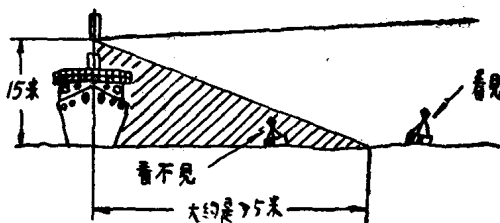


图 1-4. 天线死角与最小作用距离。

最小作用距离还受到天线开关管恢复时间(消电离时间)的影响。在天线开关管没有消电离以前,近距离目标的回波就受到很大衰减。通常,天线开关管的恢复时间在0.1微秒左右。此时,所对应的最小作用距离在15米左右。

雷达实际测出的最小作用距离,是取上述数值中最大的一项。

§3. 方位分辨力

在不同方位同一距离的两个目标,在荧光屏上能够清晰地分开时,它们之间的最小距离就是“方位分辨力”。

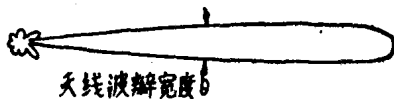


图 1-5. 天线的水平波瓣。

方位分辨力,和天线的水平瓣形状有很大关系(图5)。一般地说,使用波长越短,天线水平尺寸越长,则方向性越好,天线水平波瓣越尖锐。

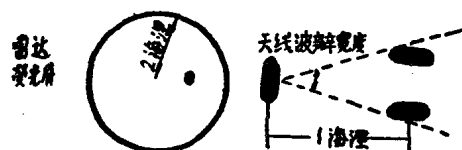
在波3cm波段的船用导航雷达中,天线长1.2米,水平波瓣半功率点宽度(简称“波瓣宽度”)是2°。长2.5米的天线,波瓣宽度是1°左右。长3.6米的天线,大约是0.65°。

在雷达天线作用圆周转动时,一个点目标在天线水平波瓣宽度以内,总受到雷达电波的照射,就总有回波产生。被雷达接收以后,在荧光屏上就形成一个亮点,亮点的宽度和天线的水平波瓣宽度相等。在同一距离上有两个不同方位的目标,如果它们的方位角之差小于天线的水平波瓣宽度,那么第一个目标的回波和第二个目标的回波就混在一起,分不开,在荧光屏上形成一个大亮点(图6)。如果这两个目标的方位角之差大于天线的波瓣宽度,就能在荧光屏上分隔开来。因此,雷达的方位分辨力,就是等于天线水平波瓣宽度。

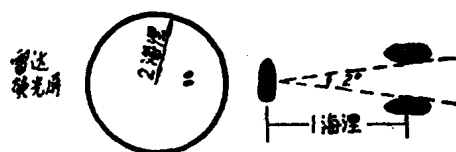
大多数船用导航雷达,都采用波瓣宽度是1°~2°天线。方位分辨力就是1°~2°。

在实际应用中，方位分辨力还可以用能够分辨出来的两个目标的最小距离 D （单位是米）表示。当然，这个数值与目标到本船的距离 R （单位是海里）有关。在使用水平波瓣宽度是 2° 的天线时，有下列关系：

$$D = 1852 \times R \times \sin 2^\circ.$$



(A) 天线水平波瓣宽，两个目标看成一个亮点。



(B) 天线水平波瓣宽度窄，能分开两个目标。

图 1-6. 天线水平波瓣和方位分辨力的关系。

把这个结果列成表对照：

R (海里)	0.5	1	2	3	5	10	30
D (米)	32.3	64.6	129.2	193.9	323	646	1939

通常，规定目标与本船相距 1 海里时进行测试。检查两个浮标的距离多少米时，显示器荧光屏上图象仍能清晰分开。正常情况下，应该不大于 65 米。

§ 4. 船用导航雷达的最大作用距离

无线电波象光波一样，是沿直线路径向前传播的。而地球是圆的。因此，雷达电波不能无限地照射到很远的地方，就是说，雷达的作用距离受到了限制。这个现象，可以用人的视觉范围来说明。站在平地上，我们的视觉范围不过几公里，超过这个范围外的地面目标都在地面视平线以下。如果站在高山上，则山越高，我们的视觉范围就越广，看得越远。俗话说：“站得高，看得远。”就是这个意思。

根据雷达天线高度和目标的高度，不难算出雷达的最大作用距离。在图 7 中，圆弧形曲线表示地球曲面， $h_{\text{天}}$ 是天线高度， $h_{\text{目}}$ 是目标高度。根据几何图形的关系，可得出作用距离 D （单位是公里）和 $h_{\text{天}}$ 、 $h_{\text{目}}$ （单位是米）有下列计算公式：



图 1-7. 雷达最大作用距离估算。

$$D=3.56 (\sqrt{h_{\text{天}}}+\sqrt{h_{\text{目}}}) \text{ (公里)}$$

考虑到在海面上有很多因素影响电磁波的直线传播，一般情况下，雷达实际上直视距离比上述距离大一些。实际上雷达的最大作用距离等于：

$$D=4.12 (\sqrt{h_{\text{天}}}+\sqrt{h_{\text{目}}}) \text{ (公里)}.$$

不同目标反射电磁波的能力不一样。一般地说，目标是金属物体，导电性能好，反射电磁波的能力就强，回波就强。目标面积越大，回波也越强。这时雷达就能在较远的距离上发现。相反，目标面积小，导电性能不好，回波就弱，要在较近的距离才能发现。同时，雷达本身的质量越高（例如，发射功率大，接收机灵敏度高，天线增益高等），能发现目标的距离就远。大多数船用雷达能够发现目标的最大作用距离如下：

1. 30 浬量程挡：

在 15 浬以上能发现下列目标：

- (1) 沿岸大城市：25 浬以上。
- (2) 海拔 200 米以上的海岸线：25 浬以上。
- (3) 海拔 50~100 米的海岸线：15~20 浬。
- (4) 大型货船：一般情况，16~17 浬。气象条件好时，25 浬以上。
- (5) 狂风暴雨：30 浬以上。

2. 15 浬量程挡：

在 6 浬到 15 浬之间，能发现下列目标：

- (1) 大多数岛屿，海拔较低的海岸线，平坦的海滩。
- (2) 岛上的灯塔：10~15 浬。
- (3) 灯塔船：9~12 浬。
- (4) 中型货船：7~10 浬。
- (5) 大型浮标，特殊角反射器：8~10 浬。
- (6) 防波堤：6~8 浬。
- (7) 暴雨。
- (8) 飞机：6~8 浬。

3. 6 浬量程挡：

在 6 浬以内，能发现下列目标：

- (1) 圆球形浮标：4~6 浬。
- (2) 圆柱形浮标，纺锤形浮标：2~3 浬。
- (3) 小型渔船：3~5 浬。
- (4) 桥。
- (5) 水上暗礁，陆岸。

4. 1 浬到 2 浬距离量程挡：

- (1) 舢舨。
- (2) 小型浮标。
- (3) 鸟群。
- (4) 海带养殖筏和玻璃浮壶。

- (5) 架空电线。
- (6) 木材、箱等浮游物体。
- (7) 自船航迹。

§ 5. 船用导航雷达的一般性能

船用导航雷达是近代船上不可缺少的导航设备。船舶在大雾、暴风雨、暗礁区和黑夜里航行时，只有使用雷达观测周围环境，才能保证安全。导航雷达能显示出船舶四周的水面情况。告诉使用人员那里有暗礁、其他船舶和海岸情况。在轮船进出港口或者在江河中航行时，这种作用更显得重要。此外，导航雷达还可以帮助使用人员确定自船的位置和正确航行路线，发现台风与暴风雨地区，校正航向和航速。

船用雷达，把天线装在桅杆上，并高于最上层的甲板，以免遮蔽了雷达发射的电波，并可使作用距离增加。大船雷达天线高出海面 30 米，大多数导航雷达天线高出海面 15 到 20 米，小的渔船架设天线 4 到 5 米高。整个导航雷达和显示器装在驾驶台上。

船用导航雷达，在出厂时电气性能应能满足下列指标：

1. 作用距离：

天线高出海面 15 米，在正常气象条件下，应能清晰显示出下列目标：

(1) 海岸线：高出海面 60 米时，20 浬；高出海面 6 米时，7 浬。

(2) 面目标：载重 5000 吨货轮，7 浬；长 10 米的小渔船，3 浬；二級圆锥形浮标，2 浬。

2. 最小作用距离：

从二級圆锥形浮标上反射的回波，应能在 45 米距离上和发射脉冲清晰地分离，同时在所有的量程挡上，应该不调整灵敏度控制旋钮，不使用各种反干扰电路，清晰可见该目标的回波图象。

3. 距离测量精度：

用固定距标环测量（把活动距标关掉）目标距离，误差不应超过 1.5%，或者 70 米，取其最大者。用活动距标时，测距误差不应超过 1%，或者 70 米，取其最大者。

4. 距离分辨力：

在合适的量程挡上工作，两个二級圆锥形浮标（有效面积 10 米²），距离本船 1 浬，在同一方位角下，它们之间的距离在 15 米时，显示器上应能清晰地隔开。

5. 方位精度：

在显示器上应能很快地读出任何指定目标回波的方位。在荧光屏边缘上选择两个独立回波，测量它们的方位角，其误差不应超过 1°。

6. 方位分辨力：

天线水平波瓣宽度：

—3db 功率点，±1° 以内（每个方向）

—20db 功率点，±2.5° 以内（每个方向）。

天线付瓣电平：

±10° 以内，小于 -23db。

±10° 以外，小于 -30db。

7. 船的摇摆效应:

在自船摇摆 $\pm 10^\circ$ 以内时, 雷达应能正常工作, 满足 1、2 两项性能指标。

8. 天线转速:

天线能连续旋转 360° 。在相对风速是 80 节时, 天线转速应不小于 20 转/分。

9. 船首线指示:

船首线在显示器上显示, 误差不应大于 0.5° , 船首线亮线宽度也不应大于 0.5° 。有关开关可以随时把船首线关掉。

10. 方位角稳定度:

在和电罗经配合使用时, 显示器上应能稳定地指示出正北方向。当电罗经旋转 2 圈时, 正北方向扫描线必须稳定在 0.5° 以内。

11. 显示器型式:

环视显示器, 示波管有效直径不小于 190 毫米。允许采用光学放大装置, 但是在放大后测量精度应符合上述要求。

12. 显示器量程:

根据具体情况来定。一般有 6 个量程: $1/2$ (或 $3/4$), $1\frac{1}{2}$, 3, 6, 12, 24 (或 24 以上) 哩。在 $1/2$ 或 $3/4$ 哩量程内, 每个相邻距标环之间代表 $1/4$ 哩, 在其余量程上共有 6 个距标环。在活动距标时, 活动距标读数应与固定距标读数在 $1/4$ 、1 和 4 哩处重合。距标环的间隔必须均匀。

13. 操作和电源:

所有开关旋钮应安装在显示器面板上, 便于操作。应尽量减少旋钮数目, 同时应装在明显位置, 容易辨认。从接通电源到开始正常工作的时间应在 4 分钟以内, 从等待位置到正常工作的时间应在 1 分钟以内。雷达应允许电源变动 $\pm 10\%$, 并能正常工作。电源设备中有过荷继电器和保险丝保护。

14. 反干扰:

应能把恶劣天气和海浪的影响减到最小, 满意工作。

15. 性能检查:

必须安装有简易检查设备, 在任何一项质量指标降低 10db 以上时, 能够被使用人员发现故障地点。

为了满足上述指标, 船用雷达各分机应具有下列特性:

1. 波段:

9330 MC 到 9500 MC (大多数)。

3000 MC 到 3100 MC (少数)。

2. 天线极化:

水平极化 (大多数)。

垂直极化 (少数)。

有极少数天线采用圆极化。

3. 天线波瓣宽度:

水平波瓣: 在 $0.6^\circ \sim 2.5^\circ$ 之间, 由天线尺寸决定。

垂直波瓣: 在 15° 到 25° 之间。

4. 天线付瓣电平:

$\pm 10^\circ$ 以内, $-23db$ 到 $-30db$.

$\pm 10^\circ$ 以外, $-30db$ 以上.

5. 天线转速:

在相对风速 80 节时, 转速在 15 转/分到 25 转/分之间, 大多数是 20 转/分.

6. 发射脉冲的峰值功率:

在 3 千瓦到 75 千瓦之间.

7. 发射脉冲的重复频率:

在 6000 赫到 500 赫之间. 近年来大多数雷达采用两挡或三挡可调, 以对应不同的脉冲宽度和距离量程.

8. 发射脉冲宽度:

在 0.05 微秒到 1.2 微秒之间. 大多数雷达有两挡以上可调, 以对应不同的距离量程和接收机通频带.

9. 接收机通频带:

在 2.5 MC 到 30 MC 之间. 近年来多数雷达采用两挡以上可调, 以对应不同的脉冲宽度和距离量程.

10. 中频频率:

在 30 MC 到 60 MC 之间.

11. 接收机的噪声系数:

在 9.5db 到 14db 之间. 通常采用平衡混频器以降低噪声系数.

船用雷达在使用过程中, 性能会有所降低. 但是, 雷达的主要特性, 应该满足下列要求, 低于这些标准时, 应进行检修.

1. 距离特性:

在自船摇摆 $\pm 10^\circ$ 以内, 雷达应能在不同距离上清晰显示出下列目标:

(1) 载重 5000 吨的货船, 不管它的形状如何, 能在 7 浬以上距离清晰显示.

(2) 照明用二级浮标 (有效面 10 平方米), 能在 2 浬以上显示.

该雷达必须能在最小量程挡上清晰地显示出距离本船 70~80 米以内的任何目标, 而且不管天气怎么恶劣, 海浪怎么大.

2. 分辨力:

(1) 方位分辨力: 该雷达必须能清晰地分隔开同一距离上相差 3° 方位角的两个目标.

(2) 距离分辨力: 该雷达在最小量程上必须分开同一方位角上两个相距十五米的目标.

3. 测量精度:

(1) 方位: 在 $3/4$ 浬量程或其他量程上, 测量任何指定目标的方位角, 误差不应超过 2° .

(2) 距标: 在 $3/4$ 浬量程或其他量程上, 该设备必须能测量任何指定目标的距离, 误差不超过 6%. 在比 $3/4$ 浬小的量程上, 测量距离误差不能超过 80 米.

4. 操作控制和延时: 自接通电源开关算起, 4 分钟以内能够操作, 并正常工作. 或者自等待状态算起, 一分钟以内正常工作.

毛主席教导我们说: “一切产品不但要求数量多, 而且要质量好, 耐穿、耐用。” 为了使船用导航雷达工作稳定可靠, 在出厂以前, 必须保证在下列条件下正常工作:

1. 最高温度:

在甲板以上工作的设备, 环境温度是 70°C 。在甲板以下工作的设备, 环境温度是 50°C 。
在高温下应能连续工作 4 小时。

2. 最低温度:

在甲板以上工作的设备, 环境温度是 -25°C 。在甲板以下工作的设备, 环境温度是 -15°C 。在低温下应能正常工作, 特别是能保证启动时间满足要求。

3. 湿度:

设备应能经受相对湿度为 95%, 温度为 40°C 的潮湿试验 12 小时, 接着立刻在环境温度是 25°C 下通电检查性能。是在湿透的状态下检查。

4. 寿命试验:

在相对湿度是 95% 的环境下, 潮湿 7 天, 拿出来很快吹干, 通电检查性能。如此循环, 共计进行 42 天。

5. 冲击试验:

设备应能承受 $5g$ 的冲击, 天线系统应能承受 $30g$ 的冲击, 每秒钟冲击 2 次, 共计三万次。是在通电状态下进行冲击试验。

6. 振动试验:

在通电状态下, 设备在垂直平面内, 经受单振幅 1.5mm 的振动, 振动频率从 0 到 500 周/秒 可调, 任选三种频率进行试验, 每次时间 40 分钟, 共计 2 小时。

7. 摇摆试验:

设备置于专用摇摆台上, 纵摇摆与横摇摆角度为 $\pm 25^{\circ}$, 周期为 7 秒 (瞬时纵摇摆、横摇摆可达 $\pm 45^{\circ}$, 周期 15 秒各一次), 各摇摆半小时左右。

设备在做完冲击试验, 振动试验、摇摆试验以后, 对分机性能进行测试, 应能正常工作。同时, 无紧固件松动、零件损伤和导线折断现象。

第二章 雷达图象识别和在导航上应用

§ 1. 各种目标的图象特征

由于雷达出现，使航海技术有了很大发展。以前，在黑夜和浓雾中航行时，眼睛看不到远距离情况，只有凭经验摸索着航行。而在雷达出现以后，就能确保安全航行。所以，雷达是航行中常用的方便仪器。

然而，目前的状况却不令人满意，在资本主义国家，装有雷达的船舶也经常在海面上遇难，而且这种事件逐年增长。这是为什么呢？是使用人员过于信赖雷达，把它当作唯一的航海仪器，使得应用雷达的巧拙程度，成为左右航行的唯一东西。这样一来，由于使用技术上问题就会导致重大事故。

雷达确实是很有用的航海仪器。但是它的能力有限。必须要认识到，只有在一定范围内才能发挥作用。在航行中，首先注意的应该是航行安全。所以，必须重视雷达的“能力界限”。雷达优良性能的发挥与使用人员有很大关系。而雷达本身，只不过是在航行中提供航行情况的情报。怎么样利用这种情报，对情况作出合理的判断，并且进一步采取行动处置，这是船长和使用人员的职责。这就好象医生治病，雷达只是 X 光照片，提供有关病情，根据这种病情，做出诊断和处置，则是医生的职责。

对于使用雷达人员来说，最要紧的事是识别图象。那一个是岛的图象，那一个是其他船舶的图象。这和船客远眺船外的风景不同。根据雷达的图象，要准确无误地提供周围情况的报导。这就需要正确的思想方法，需要熟练地掌握雷达性能，熟知航行中四周的环境，具有必要的经验和常识。

下面，对各种基础问题加以讨论。这只是书本知识，不是完全的知识。必须在实践中灵活运用，正确处理。

首先，就从雷达的图象谈起。

1. 在环视显示器的荧光屏上所出现的图象是以自船为中心的海图形状的图象。这种图象与日常生活中用眼睛观察到的图象不一样。用日常生活中见到的外景来想象，是有困难的。

2. 从来航海者都是重视烟囱、铁塔等高大显明的目标，并根据这些目标来判断本船位置。而在雷达图象中却并不如此。这些用眼睛看到的非常显明目标，在雷达图象上却只不过是很多图象中的一个小亮点，很难辨认（参看图 4 中 F 点）。但是，如果把雷达增益降低，烟囱等强有反射目标的图象仍然存在，可以根据这些亮点来加以判断。

3. 根据目标的方位和距离，在海图中从几个已知位置上的目标画出位置线，很容易查出本船位置。操作容易，精度良好。

4. 在雷达图象中，海岸线、岸上公路两旁的树木等线条有着重要意义（参看图 4 中 D, E 点）。

5. 降雨是在荧光屏上呈现移动的云彩一样图象，很容易识别。在雨滴和雪反射强的

时候，会把反射弱的目标消失在雨中。此时，调整“海浪抑制”和“反雨雪干扰”旋钮能够发现这些弱目标。（参看图 8 和图 9）。

6. 他船雷达的干扰图象很奇特，是从中心引出螺旋形状的亮线，不断运动（参考图 26）。

7. 在使用过程中，雷达会经常出现假回波伪象。所以，使用人员必须十分了解出现假回波的原理和图象，经常思考，随时判别真伪。

8. 在天线和目标之间，出现有遮断发射电波能量的其他障碍物时，例如在烟囱、灯塔和小山的背后，就有“阴影”出现，在它们背后的目标就很难发现。

在一般情况下，对于小山阴影后面的目标而言，它的最大发现距离要减少 $1/2$ 到 $1/3$ 。而且，小目标就完全看不见。

9. 在出现电磁波异常传播现象时，水平线以下的目标和在障碍物后面的目标也能够被发现。

在普通状态下，由于水平线的障碍，限制了最大作用距离。在电磁波异常传播时，最大作用距离变得比可视距离大，这是因为电波和光波一样，也产生折射的结果（见 § 3）。

10. 对于小型目标和弱反射体而言，例如小型木船、橡皮船等，雷达的作用距离可能还不如用望远镜观察的距离。这一点必须考虑到。

11. 如果从目标反射的回波比在它附近的目标回波弱，那就不能被发现。就是说，在离海岸 200~300 米漂浮的小船，在荧光屏上还能发现，但是如果该船紧靠海岸，那就发现不了。

12. 雷达所发现的目标受到最小作用距离和最大作用距离限制。

13. 雨的反射强度，是根据雨滴的密度来决定。就是说，是根据雨滴大小和各雨滴之间的空间距离来决定。在透过雨层发现目标的时候，由于雨滴能减弱电磁波，使发现目标增加了困难。

在温带地方，雨的图象边缘柔和、软绵。在热带地方，雨滴的反射强烈，图象明亮，特别是在本船侧面反射的图象边缘清晰、整齐。实际上，在还没有降雨的时候，含有雨的云彩也会出现强烈的反射，在云层很低的时候，在雷达荧光屏上的图象看起来和陆地的图象一样。

14. 在下冰雹时，雷达上的图象和下雨的场合非常相似。在冰雹的直径为 6 毫米以上时，它的反射比雨要强烈，不过这种场合很少。一般情况下，冰雹的形状和密度比雨小，此时所出现的影响也弱。

15. 普通情况下雪的影响并不比雨强烈。相反，由于雪是很小的结晶体，它反射的电波较弱。但是，在寒冷地区，一个一个雪片再结晶成雪块的时候，它的反射就强烈得多了。

16. 在红海等地遇到的暴风砂，刮起来后用眼睛所能看到的距离很近，但是对雷达的探测能力并没有什么影响，使用雷达非常方便。

17. 在温带地方，经常会遇到下雾，它几乎不影响雷达的作用距离。在寒冷地区中的雾，特别浓，对雷达的作用距离有影响。举一个例子来说明，在视界 30 米的浓雾中，本来能探测到 27 哩（约 50 公里）的目标的雷达，现在只能探测到 10 哩以内的目标了。

18. 现在讨论一下，由于电波异常传播，使目标回波出现在显示器上二次扫描时所引起的图象畸变（参考本章 § 6）。