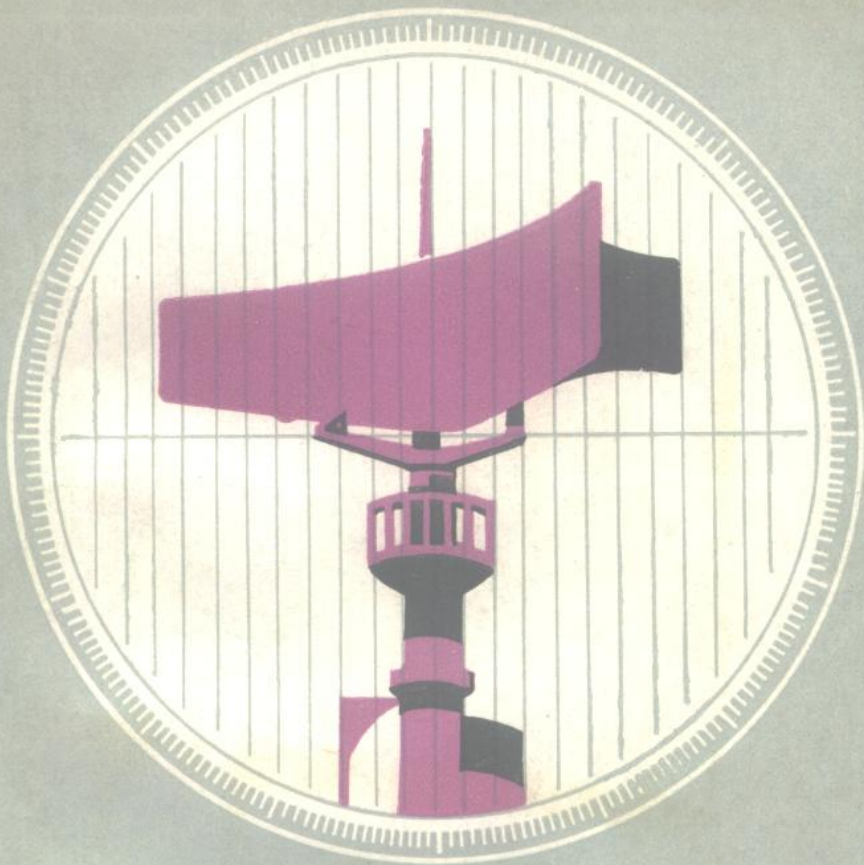




船用雷达

常见的故障及检修

许鼎伍 编 人民交通出版社

内 容 提 要

本书介绍船用雷达常见的故障以及故障产生的原因、检查与排除的方法等。同时书中还列举国产751、753以及几种国外雷达常见的故障及检修的方法。本书可供船舶驾驶员、有关专业学员及船、舰雷达维修人员参考。

船用雷达常见的故障及检修

许鼎伍 编著

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 $\frac{1}{32}$ 印张：4 字数：84 千

1980年7月 第1版

1980年7月 第1版 第1次印刷

印数：0001—4,400册 定价：0.33元

统一书号：15044·5400

前 言

随着无线电技术的发展，雷达在许多领域的应用已日益广泛。在海上运输、海洋渔业、海洋勘探以及海上科学考察等部门，雷达被广泛用来作导航、避碰及定位，对保障船舶安全航行发挥重要的作用。因此，了解船用雷达常见的故障，熟悉并掌握故障的检查与排除的方法，对广大驾驶员及有关维修人员是非常必要的。

本书就是针对上述目的而编写的。书中着重叙述船用雷达常见的故障，列举故障产生的原因和检修的方法。同时，还重点介绍国产751、753以及几种国外雷达常见的故障及检修的步骤供参考。

由于水平的限制，书中的缺点与错误在所难免，欢迎读者批评指正。

作 者

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 船用雷达的组成及其功用	1
第二节 排除雷达故障应注意的事项	2
第三节 分清轻重缓急抓住故障的主要环节	4
第二章 扫描、噪声、发射、回波	5
第一节 无扫描线的原因及检修的方法	5
第二节 显示器无噪声的故障及检修	8
第三节 发射的故障及检修	11
第四节 回波的调谐	13
第三章 辅助电路的故障及检修的方法	18
第一节 船首标志电路的故障及检修	18
第二节 固定距标电路的故障及检修	20
第三节 活动距标电路的故障及检修	21
第四节 海浪干扰抑制电路的故障及检修	23
第五节 雨雪干扰抑制电路的故障及检修	25
第六节 聚焦电路的故障及检修	28
第七节 中心偏移电路的故障及检修	30
第八节 收发开关(天线开关管)电路的故障及 检修	33
第九节 高压电路的故障及检修	35
第四章 751 雷达常见的故障及其排除	38
第一节 天线系统常见的故障	38

第二节	收发器部分常见的故障	41
第三节	显示器部分常见的故障	47
第四节	中频机组常见的故障	62
第五章	753 雷达常见的故障及其排除	72
第一节	天线系统常见的故障	72
第二节	收发器部分常见的故障	75
第三节	显示器部分常见的故障	77
第四节	中频机组常见的故障	83
第六章	几种国外雷达常见的故障及检修	88
一、英制德卡 404、606 及 TM707 雷达	常见的故障及检修	88
二、英制 RM316 及 TM616 系列雷达	常见的故障及检修	93
三、日制 MR-160AX 雷达	故障寻迹表	99
附录		110
附录一	雷达各部分常见的故障及产生的原因一览表	110
附录二	雷达的开关旋钮、主要器件及常用名词英汉对照表	117

第一章 概 述

第一节 船用雷达的组成及其功用

船用雷达一般由四大部分组成。它们是：中频机组、天线系统、显示器、收发器。

1. 中频机组

中频机组的功用是把各种不同的船电（包括直流、交流以及高、低不同的各种电压）经机组变成适合雷达使用的电压和频率。目前雷达普遍采用230伏1000赫（即230V，1000Hz）的中频电源。

中频机组是由电动机与中频发电机联结而成。电动机的额定电压必须与船电一致，当船电输入后立即转动并带动中频发电机一起旋转（电动机与发电机共用一根转轴），使发电机发出230V，1000Hz的中频电压供雷达使用。

部分雷达采用“逆变器”以代替中频机组。逆变器是由可控硅整流器或大功率晶体管组成。由触发电路产生1000Hz的脉冲进行触发，并通过变压器以获得雷达所需的230V中频电压。

逆变器必须工作在直流电源。当船电为交流时应经整流后再供给逆变器。

不论中频机组或逆变器都有稳压及调压电路以使输出电压保持稳定。直流机组还带有使频率保持稳定的稳频电路。

2. 天线系统

天线系统包括天线驱动马达、减速齿轮箱、抛物面反射体（或裂缝天线）、同步发送机以及船首标志突轮触点（或

微开关)等。它的功用是:1)使抛物面反射体(或裂缝天线)以每分钟20~24转的速度顺时针向(自上往下看)旋转。2)把来自收发器磁控管产生的电磁波聚成狭窄的“波束”(水平宽度约 $1\sim 1.5^\circ$,垂直宽度约 $18\sim 23^\circ$)并按一定的方位与俯角向空间辐射。3)接收从目标反射回来的信号,通过波导送至收发器中的接收机。4)由安装在齿轮箱中的同步发送机发送同步信号至显示器,使扫描线与天线保持严格的同步。5)产生船首标志信号。

3. 显示器

雷达的显示器装有主要的控制开关和旋钮,用以控制和操纵雷达各部分和各有关电路的工作。同时,安装在显示器的显像管是显示船舶四周目标以及距离、方位等数据的关键元件。为完成上述的任务,雷达的显示器必须包括下列几种主要电路:1)扫描电路;2)偏转及同步电路;3)距标电路;4)视放电路;5)显像管的电源电路等。

4. 收发器

雷达收发器的功用是控制磁控管振荡以产生大功率的电磁波脉冲,通过波导与天线向空间辐射。同时,由天线接收到的回波信号也在收发器中进行混频,经前中(前置中放电路)与主中(主中放电路)放大及检波后送至显示器的视放电路。因此,雷达的收发器必须包括下列几种主要电路:1)触发脉冲产生电路(某些类型雷达此电路在显示器中);2)预调(预先调制)电路;3)调制电路;4)高压电路;5)本振、混频电路;6)前中、主中电路;7)收发开关(即天线开关管)电路等。

第二节 排除雷达故障应注意的事项

1. 欲迅速、准确地寻找和排除雷达的故障,关键是必

須對雷達各部分的功用以及它們之間的相互關係有清楚的概念。只有这样才能对雷达出现的每一种故障以及可能涉及的范围作出明确的判断，避免走弯路、走错路。更不能在没有弄清各部分工作原理之前依靠碰运气无目的地乱碰一场，致使故障进一步扩大与复杂化。

2. 雷达的显示器及收发器都有一万多伏的高电压，其他电路也有几百甚至上千伏的中压。因此，当雷达开机时必须提高警惕，防止发生触电事故。在关机后的短时间内，不少电容器仍有较高的残留电压，必须用导线或螺丝刀放电后才能进行检修。同时，在开机进行测试或调整时，应养成以单手工作的习惯，另一只手不要与机壳（即地线）接触，避免或减轻不慎触电造成的伤害。

3. 排除雷达的故障应由浅入深、循序渐进。采用分割与隔离的方法一步步缩小故障的范围。利用看（看元件的外表，颜色是否有不正常如烧焦、破裂、变形……等）、摸（摸元件的温度是否过高、或某些元件如电子管或通过较大电流处的电阻等该热而不热）、嗅（嗅元件或电路是否有由于过热，烧焦等散发出的异味）、闻（闻元件或机件是否有跳火、摩擦或其他不正常的声响）等进行初步的检查。

4. 在此基础上可对被怀疑电路采取进一步的措施。“代入法”是检修雷达行之有效的办法之一。在电子管雷达中，对可疑电路的检查应首先从电子管入手，以同型号的、良好的管子对可疑电路进行代入试验。其次，代入试验要一个一个地进行（不要一下子把管子全部换下来），这样才容易找出有毛病的管子，并避免把管子的型号搞乱。当新管子代入后故障仍未排除，说明毛病不在这一级，必须立即复原然后再进行第二个代入试验。

在晶体管雷达中，可用相同的印刷电路板对可疑电路作代入试验。如代入后故障仍未排除，应将原电路板复原。

5. 在进行了上述的检查之后仍未能找到故障的原因，就需要用电表对可疑电路的元件以及有关的电压、电流等作进一步的检查。只要原来判断的故障范围是准确的，一般说来到这里能够找到故障的原因的。否则，就需要采用其他复杂一些的仪器（如示波器、信号产生器、扫频仪……等）对电路各级的工作状况作进一步的检查。

第三节 分清轻重缓急抓住故障的主要环节

1. 在对各种类型的雷达进行故障排除时，必须遵循一定的步骤，分清先后的次序、抓住故障的主要的环节。只有这样才能迅速而准确地判定和排除雷达的故障。就是说，在排除雷达故障时从何入手进行检查，其步骤与先后的次序是不能颠倒而且也是不能任意跳越的。但对于各式各样的故障现象却必须根据轻重缓急，抓住主要矛盾，分清主次逐个加以解决。

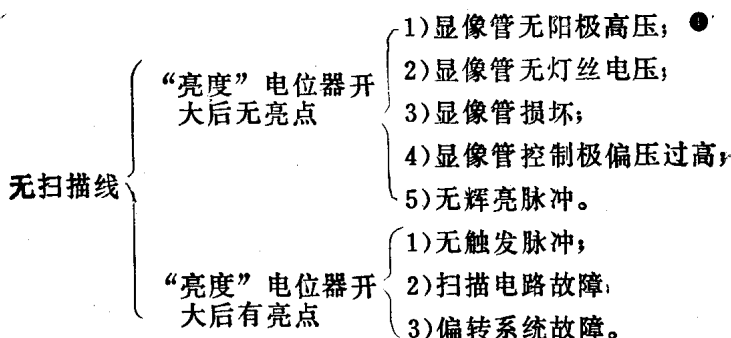
2. 什么是排除雷达故障的先后次序和必须抓住的主要矛盾？归纳起来就是：电源→扫描→噪声→发射→回波。

由于电源（即变流机输出的 230V、1000Hz 电压）是雷达工作的基础，雷达不能在没有上述中频电源的情况下进行工作。而回波是排除雷达故障的最终目的，当各种大大小小的故障排除之后，回波是一定会出现的。因此，上述的“公式”就可简化为：扫描→噪声→发射。

这就是排除雷达故障必须遵循的先后次序和必须抓住的主要矛盾。

第二章 扫描、噪声、发射、回波

第一节 无扫描线的原因及检修的方法



1. 显像管无阳极高压

通常雷达显像管的阳极电压在 $14\sim 16\text{kV}$ 之间。当显像管的阳极无高压时, 从阴极发射的电子就不能到达荧光屏使屏幕发光。因此, 当荧光屏没有亮点出现首先应怀疑阳极是否有高压。普通的电表是不能测量一万多伏的高压的, 但可利用电表的微安表头串联高阻值电阻的方法来解决。

在灵敏度为 $20,000\text{欧/伏}$ 的电表中, 有一档专用以测量 $50\mu\text{A}$ 的直流电流。当表头通过 $50\mu\text{A}$ 电流时电表的指针正好达到“满偏”(即从刻度的一头偏转至另一头)。这时如果串联一个 $300\text{M}\Omega$ 的电阻, 欲使其“满偏”需外接多少伏的电压? 换句话说, $300\text{M}\Omega$ 的电阻接在多少伏的电压上才能产生 $50\mu\text{A}$ 的电流? 代入公式 $I = \frac{E}{R}$, 即:

注: ●指第二阳极。

$$50^{-6} = \frac{E}{300^6}, E = 50^{-6} \times 300^6 = 15,000V$$

(因 $0.00005 \times 300,000,000 = 15,000$)

从上述结果可知：在 $50\mu A$ 档串联 $300M\Omega$ 的电阻，就可以测试高达 $15kV$ 的电压。如购买 $300M\Omega$ 的电阻有困难，可以改用 $500\mu A$ 档串联 $30M\Omega$ 电阻来解决。因 $500^{-6} \times 30^6 = 15,000V$ 。但因串联的电阻小了，加重了高压电路的负载，增加了压降，因此测试的高压读数要比用 $50\mu A$ 串联 $300M\Omega$ 的读数为低，产生一些误差。

有了这个自制的“高压棒”就可以对显示器及收发器的高压进行测量了。但在使用时仍必须注意安全。要把电表放在适当的地方，把黑表棒接在机壳（地线）上，用单手（最好再加戴手套）拿住串联了电阻的红表棒小心接近待测的显像管阳极或高压滤波电容，从 $50\mu A$ 的刻度按比例（即每大格为 $3,000V$ ）读出高压的数值。

2. 显像管无灯丝电压

显像管的灯丝电压一般为 $6.3V$ 。如显像管正常，通电后从其管颈即能看到显像管灯丝的亮光，如无亮光出现，应测量灯丝电压是否正常。

3. 显像管损坏

当显像管的高压及灯丝电压均正常而亮点仍不出现，可关机检查其灯丝是否开路，显像管玻璃外壳是否破裂漏气（显像管或其他电子管漏气时管内会出现大片的白斑）。

4. 显像管控制极偏压太高

显像管的控制极加有一定的偏压，即控制极的电位比阴极负 $25 \sim 75V$ 左右。当调整“亮度”电位器使偏压减小时，从阴极发出的电子才能穿过控制极的小孔射向荧光屏使屏幕

发光。如“亮度”电位器损坏或其它原因致控制极所加的偏压过高，显像管就不会有亮点出现。

5. 无辉亮脉冲

某些雷达当调整“亮度”电位器使控制极偏压最低时显像管仍处于截止的状态，必需在控制极加上一个正极性的“方波”（即辉亮脉冲）才能使显像管导通。在这种情况下就必须检查荧光屏没有亮点是不是由于控制极没有辉亮脉冲引起的。最好的办法当然是使用示波器。既可以观察辉亮脉冲的有无，同时还可以测量其幅度、宽度以及脉冲的前、后沿及顶部是否良好。在没有示波器的情况下可用耳机（或耳塞）听听控制极上是否有辉亮脉冲的声音。由于辉亮脉冲的频率是中频（与触发脉冲相同，一般船用雷达在1000~2000 Hz/秒的范围内），故耳机可以清楚地听到脉冲的尖叫声。耳机或耳塞应选用高阻抗（例如800或1600欧），以减少对电路的影响。在测试时耳机的一端接地，另一端要串联一个0.05~0.1μF的电容用以隔直流。电容的耐压应高于被测电路的电压值以防击穿。

6. 无触发脉冲

当开大“亮度”电位器荧光屏出现了亮点但无扫描线，故障就缩小到触发脉冲、扫描电路、偏转系统等几个范围。检查触发脉冲的有无仍可按上节所述利用耳机听声音的办法。但由于触发脉冲的宽度比辉亮脉冲小得多（其幅度也较小），故声音要小一些，必须注意才能听清。

当触发脉冲正常时即可着手检查扫描电路了。在应用了第一章第二节之3、4、5各点所述的方法检查了扫描电路仍未找到故障的原因时，可用耳机逐级对扫描电路进行检查。扫描电路的工作过程是这样的：触发脉冲输入→方波形成→锯齿波形成→偏转系统。利用耳机监听的办法可对触发脉冲、

方波、锯齿波等进行检查一直到扫描的功放级。不过有几点需要特别注意：

1)扫描电路的直流电源可能因滤波不佳而带有交流1000 Hz的纹波，经电路多级放大后纹波的声音就容易与方波、锯齿波等混淆。如何鉴别所听到的声音究竟是纹波或是方波、锯齿波等，最简单的办法是拔去触发脉冲输入的插头再用耳机监听。当拔去触发脉冲输入的插头之后如耳机中的声音消失或明显减小，则证明所听到的声音确是方波或锯齿波无误，否则就是电源中的纹波成分造成的。

2)在电子管雷达中由于屏压较高，例如扫描功放级电子管屏压高达1000V以上。当用耳机监听时必须注意隔直电容的耐压并防止触电事故。对功放级的监听一般可进行到其栅极及阴极为止，利用测量其屏极电压以及换新电子管的方法对功放级工作是否正常间接进行判断。

3)耳机所用隔直电容器在对直流电位较高的电路进行监听之后必须加以放电（使耳机的两根引线短路一下）。特别在检修晶体管雷达的电路时，未经放电的隔直电容残留的电压将导致被测晶体管的损坏。

7.当功放级的锯齿波正常而扫描仍不出现时，则故障一定在偏转系统。其原因不外是三种可能：1)偏转线圈开路；2)偏转线圈击穿（短路）；3)偏转线圈的滑环触点接触不良或外接引线断线。在电子管雷达中，偏转线圈的阻值从十几欧到几十欧之间。在晶体管雷达中，其阻值为零点几欧到几欧之间。用电表测量其阻值如太大或太小都是不正常的。

第二节 显示器无噪声的故障及检修

1. 噪声从何而来

所谓“噪声”是指电子管或晶体管中杂乱无序的电压或电流。

由于电子管或晶体管中电子或载流子不规则运动而形成不规则变化的微弱电流，因而形成不规则变化的微弱电压，这些微弱的电流和电压就形成电子管或晶体管的“噪声”。

这种由电子或载流子不规则运动产生的噪声，经接收机多级放大之后其影响就不可忽视。特别在混频及接收机的前置中放级，回波的信号极为微弱，如何提高信噪比（即信号与噪声的功率比）就成为提高雷达接收机灵敏度的关键。

2. 如上所述，噪声的产生是我们所不欢迎的，但却是不可避免的。虽然人们设计了各种抑制噪声的电路，研制了各种低噪声的器件，噪声的功率是可以大大地减小，但经接收机多级放大之后，在显示器的屏幕上仍可以看到密密麻麻的小亮点，这就是通常称之为“杂波”的噪声。因此，由于噪声的出现，我们反而可以用来判断从收发器的本振、混频、前中、主中以及显示器的视放等一系列电路工作是否良好。就是说，当开大“增益”电位器后，荧光屏竟连一点噪声也没有，就可以肯定上述一系列电路中一定在某一环节发生了故障，应首先检查并排除之。

3. 检查无噪声的故障，实际上是检查雷达的本振、混频、前中、主中以及显示器视放等电路那一环节发生故障的问题。在船上没有“扫频仪”的条件下，如何确定故障的所在，可将有关电路分成五个检查点（图1），进行检查。

检查的步骤如下：

1) 开大亮度电位器使扫描线出现。拔去第①检查点视放输入端的高频电缆插头，用电表进行测量（取 $R \times 1$ 档），其方法是用一根表棒接地，另一表棒断续地触碰视放输入的插座处，注视荧光屏在表棒接触的瞬间是否有闪烁的条纹亮

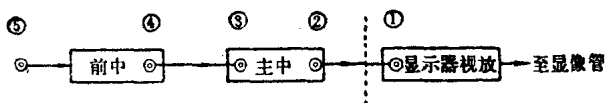


图 1 无噪声故障的五个检查点

- ①显示器视放输入端；②主中输出端；③主中输入端；
④前中输出端；⑤前中输入端（即混频晶体座）

线出现？如有条纹亮线出现，说明视放是正常的，表棒输入的“信号”已通过视放到达荧光屏（电表放在 $R \times 1$ 档系将表中 1.5 伏的电池作为信号源，当表棒接触的瞬间引起的微小火花是频谱很宽的信号，可以由中放或视放电路放大并加以输出）。

2) 将视放输入插头插回原处，拔去主中输出端②，“电表信号”从高频电缆插头的芯线与外壳（即电缆的屏蔽）之间输入（表棒一根接电缆插头的外壳，另一根断续与插头的芯线触碰）。如显示器有闪烁的条纹出现，证明连接显示器视放输入端与收发器中放输出端之间的高频电缆是良好的。

3) 以同样的方法沿③、④、⑤各检测点逐一输入“电表信号”，假设当表棒触碰③即主中输入端时显示器荧光屏上没有任何反应，故障就在主中电路。

4) 当故障的范围初步确定之后（例如初步判断为主中故障），先利用第一章第二节的 3、4、5 所述的办法进行初步的检查，如仍未能发现故障的所在，可用“电表信号”由后到前逐级注入的办法对被判断为故障的电路作仔细的检查。

5) 如“电表信号”从晶体座处输入仍可看见条纹状的闪光，无噪声的故障就在混频晶体或本振。检查的方法参阅第二章第四节之 3、4。

注：①大部分雷达收发器的视放均与主中在一起，故主中输出端实为收发器的视放（或称预视放）输出。

6)对晶体管雷达,当用电表 $R \times 1$ 档作输入信号 进行检查时,如晶体管的输入没有隔直电容器应注意表棒的正、负极性。对于 NPN 晶体管,必须以黑表棒(电池的正端)接地,以红表棒(电池的负端)作输入试验。如系 PNP 管必须以红表棒接地,黑表棒作输入,以免损坏晶体管。

第三节 发射的故障及检修

1.所谓“发射”是指磁控管受电路的调制按一定的时间间隔(脉冲重复频率)和一定的持续时间(脉冲宽度)产生超高频的电磁波脉冲。

通常对磁控管进行调制有如下三种形式:1)刚性调制:用脉冲调制管;2)软性调制:用闸流管;3)磁调制:用磁调制开关。

2.对磁控管进行调制的方式虽各不相同,但最终输出一个调制脉冲使磁控管产生振荡却是共同的。因此检修“无发射”的故障对各种不同的调制电路其方法基本上是相同的。现以常用的“刚性调制”为例,列举六个检查点(图2)如下:

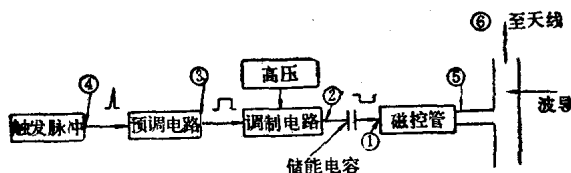


图2 检修无发射故障的测试点

1)检修“无发射”的故障可从第①检查点开始,把电路

分为前后两半。第①检查点是调制脉冲输出处。如这里调制脉冲正常，前面的高压、调制电路、预调电路、触发电路等就不必加以怀疑，故障就在磁控管以及后面的波导、天线系统等。检查的方法是利用氖灯（霓虹灯）对交流高压的辉光作用的原理，取氖灯一只（可用 WY1 或 WY2 稳压管代用），以绝缘良好的有机玻璃棒、胶木棒或胶柄螺丝刀绑妥，单手持棒（最好加戴手套）小心靠近磁控管灯座或储能电容附近（不必碰及磁控管灯座或电容）。由于调制脉冲具有 $5 \sim 8$ kV 的高电压，氖灯（或稳压管）中的气体将立即游离而产生明亮的辉光。

2) 如第①检查点氖灯不亮，可将氖灯移至第②检查点即调制管的屏帽附近（调制管的屏帽有 $10 \sim 14$ kV 的高压同样要注意人身安全）。如②处氖灯亮，故障为储能电容开路或磁控管碰极、阴极电路短路等。如氖灯不亮，故障的可能是：1) 调制管屏极无高压；2) 调制电路故障；3) 无预调脉冲；4) 无触发脉冲。

检查高压的有无仍按第二章第一节 1 点所述的方法进行。如高压正常，可进一步检查调制电路（即调制管及其帘栅压、偏压、阴极电路等）。如调制电路未发现有任何故障，可采用第二章第一节 5 所述的方法，利用耳机听声音的办法检查调制管的栅极是否有预调脉冲。

3) 如在第③检查点听不到预调脉冲的声音，可用耳机对预调电路及触发电路逐级进行检查。

4) 当第①检查点已有调制脉冲但仍无发射，即系磁控管或其阴极电路，灯丝电路等故障。在关机后可测量磁控管阴极对地的电阻，视各类雷达不同其阻值从 $5 \sim 25$ k 的范围内。检查磁控管的灯丝电压应在开机但保证未开高压时进行。因磁控管灯丝的一端与阴极相连，以保证灯丝与阴极的同电