

## 气象雷达维修漫谈之五

# 711 雷达高度显示器的检修特点和常见故障的检修

叶 安 健

### 一、检修特点

#### 1. 建立整机概念，全面观察显示器荧光屏图象

711 雷达高度显示器（简称高显）电路多、联系广，互相之间的影响大。因此，在检修高显时，非注意整机不可。一般应当建立两个“整机概念”：一是整个雷达的整机概念，二是整个高显的整机概念。

所谓整个雷达的整机概念，就是要弄清各分机之间的联系，包括电源供给和信号联系。在检修高显时，重要的是供给高显的各种电源和触发脉冲是否正常。首先，交流 115 伏电源和各种直流电源要保证达到额定值，要稳定。如果交流 115 伏电源电压低了，就会直接影响各电子管的灯丝电压，影响电源部输出的各种直流电压，轻则荧光屏图象的辉亮聚焦不好，重则图象不稳定。其次，400 赫和 200 赫的触发脉冲输出要有足够的幅度，脉冲重复频率要准确。因为对于其它显示器，触发脉冲的这些参数稍变一点，荧光屏上图象的变化甚微。而对高显来说，触发脉冲参数变化，电路之间关系配合不当，图象就会“乱套”，出现几条高扫线几条高标线，而且闪烁不定（见图 1）。这种现象可能是由于发射机电位器  $W_2$  调整不当，输出的 400 赫触发脉冲幅度不够，一方面使高显几条支路有时工作、有时不工作；另一方面也使 200 赫触发脉冲输出也不正常，所以高显几条支路无法协调一致地工作。

注意全面观察其它显示器荧光屏图象，可以帮助判断电源和触发脉冲输出是否正常。例如 +300 伏电源电压降低，高显图象自然不稳，而此时往往影响到分频器（146 分机）输出的两种距标的分频比的变化（由 5:1 变为 4:1 或 6:1）。如果我们把这时的高显故障和分频比的变化联系在一起考虑，就容易确定故障原因是高显和分频器的共同部分——显示电源的问题。又如高显出现只有一条垂直扫描线的故障，是距离扫描电路的问题。此时将“平显—高显”转换开关置于“平显”位置，若平显扫描线正常，则说明高显的距离扫描电路中的方波产生器 ( $G_1, G_2$ ) 工作正常，故障在  $G_1, G_2$  之后的几级中；若平显只有一个亮点，则故障在高显  $G_1, G_2$  等构成的方波产生器中。

所谓高显本身的整机概念，就是要搞清它的内部

关系，并对高显本身的图象作多方面的分析：荧光屏上高扫线和高标线是否都正常？高扫线随天线俯仰能否同步变化？天线处于低仰角时或高仰角时各如何？限制电路和辉亮方波电路工作如何？是否有回扫线？当摇动测高手轮时，活动高标线能否均匀上下移动？高标线与高扫线之间辉亮的对比度如何？高标线上是否有刻度？等等。

#### 2. 分清是调整不当，还是机器有故障

高显的调整元件达 23 个之多，有时调整不当所出现的现象与机器故障现象容易混淆。当发现高显荧光屏图象不对头时，如果按正规的调整方法步骤反复调整无效（关于正规的调整方法步骤，见本刊 1977 年第 11 期），一般说来就是机器故障。例如距离量程三档中某一档的高度误差过大，这就有可能是这一档有关电路故障；反之，如果三档误差都过大，而图象又没有明显的畸变，则调整不当的可能性较大。常常在调整中还可以发现某些故障，比如调整高显“锯齿幅度”调钉已经顺旋到底，“锯齿线性”调钉也接近顺旋到底，但高扫线的高度误差仍然偏低。说明高度锯齿电流的幅度不够，通常应先选择优质的 6N1 型电子管更换高度梯形电压放大器电子管 ( $G_{22a}$ )，以增加锯齿电流放大器输入的梯形电压的幅度。必要时应检查高度梯形电压放大器和锯齿电流放大器 ( $G_{24}, G_{25}$ ) 的电路，以及更换电子管  $G_{24}$  和  $G_{25}$ 。

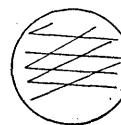


图 1

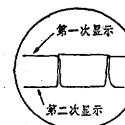
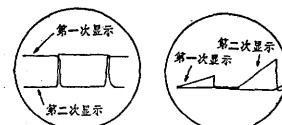


图 2



总之，凡是遇到是调整问题还是故障问题“拿不准”的时候，一般都应先调整后检修，在调整中进一步明确是否有故障。

#### 3. 更多地运用波形法

正因为高显电路多而关系复杂，在检修中往往更多地运用波形法。因为有没有波形、形状如何，可以一目了然。当明确本分机有故障，而且大致确定在某

一支路后，便应首先运用波形法，最好用本雷达的距离显示示波器来观察波形。

下面谈谈观察高显波形时应该注意的几个问题。

第一，高度扫描电路、限制电路和辉亮方波电路的波形与天线仰角有关。观察这些波形时要注意天线仰角的位置。假如天线的仰角为零度，则高度扫描电路中旋转变压器以后各级电路无波形；随着天线仰角的增大，这些级电路波形的幅度增大。对于限制电路还应注意不同距离档高低仰角的转换。在低仰角时，只有距离截断脉冲而无高度截断脉冲；高仰角时，两种脉冲同时出现，高度截断脉冲在前，距离截断脉冲在后。

看来，这里用波形法似乎是比较麻烦，其实这正是波形法的优点：它既可看“静止”的波形，又可看“变动”的波形，这对电路工作状态是更为全面的检查。

第二，用距显“800公里”档看200赫的波形时，波形显示情况要清楚。距显的“800公里”扫描线，是用400赫的触发脉冲触发的，而扫描线代表的时间是5333微秒。所以，用这条扫描线来看高显的200赫的波形，就不能完全同步。例如在距显“800公里档”看到的负高标方波（电子管G<sub>15</sub>的栅极波形）如图2a所示，有负的高标方波（第一次显示波形），同时也看到它的间歇期及部分方波期的波形（第二次显示波形）。为什么看到它的间歇期及部分方波期的波形呢？这是由200赫的负高标方波和“800公里”扫描的时间关系决定的。从它们之间的时间关系图（见图3）可知，800公里档的第一次扫描，在5333微秒期间，可以看到负高标方波；但800公里档的第二次扫描，由于不完全同步，只能看到它的间歇期及部分负方波期的波形。而

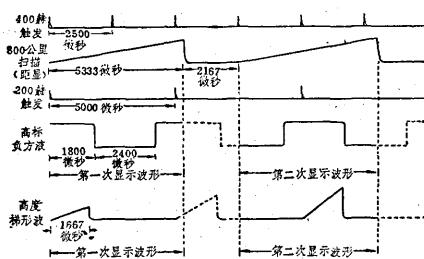


图 3

在这两次扫描期，波形本身是重复的，在距显荧光屏上就能看到两个叠在一起的稳定的波形（见图2a）。不过，从这个波形上仍可清楚地看出，负方波的宽度和幅度，以及波形的失真度。同样道理，在距显“800公里档”看到的高度梯形电压的波形（电子管G<sub>24</sub>栅极的波形）如图2b所示，几次波形并不是出现在同一个地方。根据图3所示的高度梯形波与800公里扫描之间的时间关系，几次梯形波为什么不出现在同一个地方是不难看出的。从图3上看，第一个高度梯形波，正

好出现在800公里第一次扫描的起始处；第二个高度梯形波，出现在800公里第一次扫描即将结束的地方；而第三个高度梯形波出现在800公里第二次扫描的中间；因此，几次显示不能出现在同一个地方。以上仅列举了第一、二、三个高度梯形电压的显示情况，此后第四、五、六个高度梯形电压，又重复上述过程，以此类推，所以在距显荧光屏上看到的仍是稳定的波形（见图2b）。

第三，观测活动高标方波时，要注意测高手轮的位置。活动高标方波放大器（G<sub>27b</sub>）以后各级输出的方波幅度是受测高手轮控制的。当测高手轮使高度刻度在0公尺时，没有活动高标方波输出，此时在电子管G<sub>27b</sub>以后各级电路，看不到活动高标方波。若要观测这些地方的波形，应将测高手轮放在适当位置（例如“1万公尺”处）。

第四，用距显“800公里”档看电子管阳极波形时，其幅度会超过距显荧光屏的范围。由于高显多数电路的阳极波形的幅度都较大，如果用距显这个简易示波器直接看这些地方的波形，就不能同时看到它的顶部和底部。因此观测阳极波形时，必须适当调节距显的“粗上下”电位器的调钉（此调钉装在141-3分机内），使距显荧光屏上出现被测波形的顶部或底部。例如，观看限制电路电子管G<sub>16b</sub>的阳极波形，经调整距显“粗上下”调钉后，可看到这个波形的顶部如图4所示。也可调整距显“粗上下”调钉，将其底部“拉”到荧光屏上来显示，即荧光屏上出现图4中虚线部分的波形。从图4上还可看出这个方波的宽度，图4a的方波宽度代表100公里，因为波顶上有两个大刻度；图4b的方波宽度代表200公里，因为波顶上有4个大刻度。也就是说，这两个波形，是高显的距离量程开关分别置于100或200公里时所测的波形。用这种方法，可以检查波形的宽度是否准确。

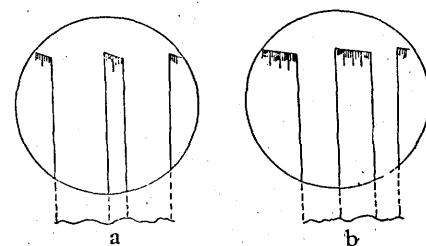


图 4

## 二、常见故障的检修

由于高显的故障类型较多，本文先就高显常见的故障现象，可能原因及检修方法，按故障的主要现象命名，逐个加以讨论。下一期再就高显的部分疑难故障，作必要的分析。

## 1. 无亮点

所谓“无亮点”的故障现象是指高显荧光屏上什么也没有，或者刚开机时有过图象，但很快就什么也没有了。产生这种故障的原因，大致可分为两个方面。

高显以外的原因：触发脉冲没有送到高显，显示电源部输出的直流电压（+300伏、+150伏、-150伏）没送到高显，或者有输出但输出不正常（一般是这些电压过低），显示管及其附属电路故障等。

高显本身的怀疑对象有：辉亮方波电路（G<sub>8</sub>、G<sub>9</sub>）故障，使辉亮方波混合器电子管G<sub>12</sub>的阴极电位过高，以致使显示管阴极电位过高，显示管截止，而无亮点。其次，高度扫描电路的故障，使高度锯齿电流放大器（G<sub>24</sub>、G<sub>25</sub>）的直流电流过大；或者活动高标电路的故障，使垂直位移电流放大器（G<sub>15</sub>、G<sub>16</sub>）的直流电流过大；都会使整个图象移到荧光屏以外，在荧光屏上什么也看不到。

检修“无亮点”故障时，首先扳动“平显—高显”转换开关，看荧光屏上有无闪动图象。若有闪动图象（或亮点），说明示波管及其附属电路是好的；这个闪动图象的出现，是示波管的电子束在荧光屏上作用的结果。若开关扳动时，没有闪动图象，说明示波管及其附属电路，以及显示电流部分有问题。此时，可以观看距显荧光屏是否正常，若距显的图象正常，则故障可能是显示管及其附属电路或辉亮方波电路。如何区别这两个电路是哪一条电路的故障呢？这里介绍一个简单的“拔管法”，即将辉亮方波混合器电子管G<sub>12</sub>拔掉后，观看荧光屏上是否有图象显示。如有图象显示则示波管及其附属电路是正常的；如无图象显示则这部分电路有问题。在拔管前可将亮度调至使辉亮最小，拔管后逐渐加大辉度以防显示管在拔管以后突然变得过亮受损。进一步检查显示管及其附属电路，可以测量显示管各电极到地的电压。增辉极的8千伏高压，可以通过测量第一阳极的+700伏电压来间接地判断。一般来说+700伏电压正常，8千伏高压也就正常，因为+700伏电压是8千伏高压分压后得到的。显示管的栅极电位，可以在控制面板的“辉亮”电位器抽头上测量，其正常值为：-47伏--150伏。此值随“辉亮”旋钮的调节而变。

检修“无亮点”故障时，为了防止由于垂直位移电流放大器（G<sub>15</sub>、G<sub>16</sub>）电流过大，而使图象移到荧光屏以外，可以摇动“测高”手轮，观看荧光屏边沿处是否有亮区。如为了防止锯齿电流放大器（G<sub>24</sub>、G<sub>25</sub>）的电流过大，可以在电子管G<sub>24</sub>或G<sub>25</sub>的栅极到地并接1~2兆欧的电阻，如图5所示。这样，双向钳位器G<sub>23</sub>即使不导电，也不致引起G<sub>24</sub>、G<sub>25</sub>的栅极成为“自由栅”，从而使其电流过大，显示管的电子束偏转太利害。由于并接在G<sub>24</sub>或G<sub>25</sub>栅极到地的这个电阻阻值较大，对双向钳位器及锯齿电流放大器的正常工作

没有什么影响。

通过以上检查如果证明高显的上述有关电路以及显示管的附属电路都是正常的而仍无图象显示，最后可以更换显示管。不过，显示管突然失效的故障情况较少。往往它的失效都有一个过程，或者是使用时间超过其“寿命”，或者辉亮聚焦逐渐变坏。将以上使用情况联系起来考虑，而显示管各电极电压数据又是正常的，就可以判断是管子本身问题。

## 2. 只有垂直扫描线

这个故障现象是：在荧光屏的左边出现一条垂直扫描线，这条线的长度随天线仰角而变；线上有一个亮点，此亮点随测高手轮而上下移动，如图6所示。

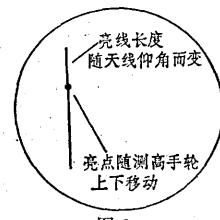
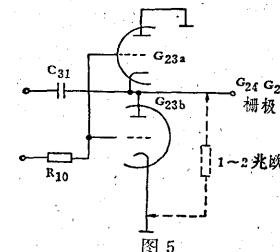


图6

原因是距离扫描电路故障后，没有水平扫描，高标线变成了一个亮点，高扫线变成了一条垂直扫描线。这条线的长度随天线仰角大小而变，当天线仰角为零度时，线也会缩成一个亮点。

判断这个故障出在距离扫描电路的哪一级，最简单的方法是扳动“平显—高显”转换开关，观察平显荧光屏图象是否正常。因为高显的距离方波产生器（G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>）输出的方波要送到平显。如果平显荧光屏图象正常，说明高显的G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>这级电路是正常的，故障在高显的G<sub>3</sub>、G<sub>4</sub>a、G<sub>5</sub>a、G<sub>6</sub>这几级；如果平显荧光屏图象也不正常（只有一个亮点），则故障在距离方波产生器（G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>）。

## 3. 只有水平扫描线

这个故障现象有两种：一是只有一条水平扫描线（见图7a）；二是有两条水平扫描线，其中一条是正常的高标线，它可以随测高手轮而上下移动（见图7b），而另外一条水平扫描线，基本上不随天线仰角移动。

造成只有一条水平扫描线的原因是没有200赫触

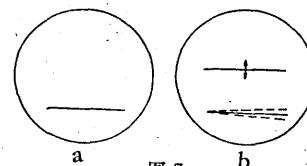


图7

发脉冲。由于没有200赫触发脉冲，高度扫描电路和活动高标电路都不工作，只有距离扫描电路工作而形成的一条水平扫描线。若要排除这个故障，应对分频器（145分机）的200赫触发脉冲产生电路以及它的输

出电路进行检修。

造成有两条水平扫描线的故障原因，主要是高度扫描电路的故障。

检修高度扫描电路，首先要仔细观察荧光屏下面一条水平扫描线，是否随天线仰角变化而略有起伏（图7b虚线所示）。若略有起伏，说明旋转变压器随天线仰角变动时，有感应电压输出，它是好的；反之，则它有问题，或者它以后的电路有问题。

虽然高度扫描电路的级数较多，但总的来说它是一条串联排列的电路，可以采用“中间插入法”来确定故障级。这个“中间点”，可以选择在旋转变压器的插头CZ<sub>5</sub>处，这里测试波形比较方便。如果此处波形正常，说明旋转变压器之前的各级电路是好的，故障在这级之后；如果波形不正常，则应检查旋转变压器之前的各级电路。多检查几点波形，完全可以把故障确定到某一级电路。用距显测得的高度扫描电路的主要电压波形如图8所示。除200赫触发脉冲外，这些波形的幅度和宽度都随天线仰角而变，图中所标幅度的“公分”数，是直接在距显荧光屏上用厘米尺测出的。各部机器可能有所区别，最好在自己所在雷达站，当机器正常工作时测出来，作为检修资料。

#### 4. 无高标线

出现这个故障现象时，摇动测高手轮在高度为零公尺处的一条水平扫描线不动，而高扫线完全是正常的。这是活动高标电路的故障。

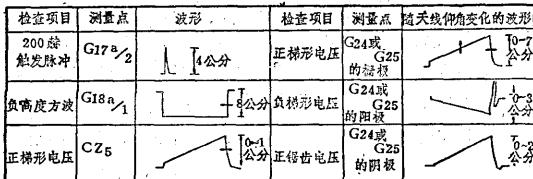


图 8

检修“无高标线”故障时，首先观察零公尺处那条水平扫描线上是否有距标亮点，如果这条线上没有距标亮点，说明高标方波已经产生，电子管G<sub>20</sub>、G<sub>27a</sub>、G<sub>28</sub>、G<sub>29</sub>这几级电路是好的，故障在这几级电路之后；如果这条线上有距标亮点，说明高标方波还没产生，上述几级电路故障的可能性较大。

#### 5. 高扫线只在一个很窄的范围内摆动

这个故障有两种现象：一是天线俯仰时，高扫线只在一个很窄的范围内摆动；另外一种现象是：当顺时针转动“俯仰调速”开关，天线从0°开始上仰时，高扫线却向下边偏扫。

我们知道，711雷达正常工作时，高显的旋转变压器的初始位置：初级线圈和次级线圈的空间位置是互相垂直的。天线正常俯仰时旋转变压器转子（初级）

在-2°—30°范围内往复。旋转变压器次级输出的梯形电压的幅度基本上按线性（正弦函数的起始部分）变化，其变化范围较大，有正有负，如图9所示。所以高扫线在较大范围内摆动。

如果旋转变压器的初始位置不对，例如初级与次级空间位置平行，旋转变压器相当于在仰角88°—120°范围内工作，其波形如图9①所示。由于初、次级平行，天线仰角为0°时，实际上相当于在90°，旋转变压器一开始就有较大输出。当天线再作俯仰时，旋转变压器的输出幅度变化不大（因为幅度包络在正弦函数90°附近），因此从荧光屏上看高扫线在一个很小范围内摆动。同时，由于限制电路的作用，当输出梯形电压幅度大后，其顶部亦被限制掉，高扫线往复摆动范围显得更窄。

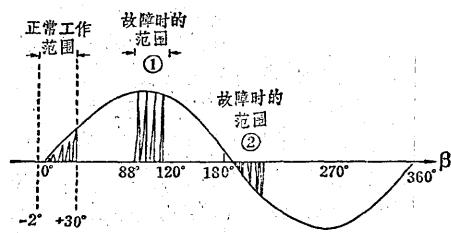


图 9

发现这种故障现象后，可在通电的情况下，天线不俯仰，按下“俯仰同步”按钮，转动仰角刻度盘（实际上是转动旋转变压器）调至正常的高扫线为止。

在正常情况下，天线从0°往上仰时，高度锯齿电流放大器G<sub>24</sub>、G<sub>25</sub>栅极应加上幅度按正弦函数-2°—30°增大的正梯形电压。现在的故障现象为：天线从0°往上仰时，高扫线向下偏扫。说明这时加到G<sub>24</sub>、G<sub>25</sub>栅极的是负的梯形电压，即故障时的工作范围相当于仰角188°—210°（见图9②）。

造成这种故障的原因可能是：（1）旋转变压器初级绕组（定子绕组）D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub>两头对调，接错了，造成旋转变压器定子磁场方向改变了180°。（2）旋转变压器次级绕组（转子绕组）Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>两头对调，造成输出电压的相位相差180°。（3）开机前由于某种原因，单独转动了旋转变压器转子绕组，开机后也会出现这种故障。

发现这种故障现象后，在通电的情况下（天线不俯仰），按下“俯仰同步”按钮，转动仰角刻度盘，调至正常高扫为止。后期出厂的雷达，由于旋转变压器已装在天线俯仰机构处，不能按上述方法纠正，遇到这种故障时，可将旋转变压器Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>或D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub>（只取一对）接线互换一下，即可恢复正常。