

测风雷达传输系统故障分析

杨绍勇

(四川省达州市气象局 635000)

提 要

根据 701 测风雷达测角原理和实践经验, 分析测角上下、左右亮线分别等高时可能存在系统误差的原因, 并指出了误差判断的依据、消除误差的方法及故障检修的方向。

关键词: 测风雷达 故障 检修

引 言

701、701B、701C 测风雷达的天线及传输系统结构复杂而特殊, 使用环境恶劣, 产生的故障错综复杂, 且没有一定的规律可寻, 检修的难度大。特别是故障的隐蔽性强, 产生故障后往往容易忽视。本文试图总结出一些产生故障的内在规律, 供使用和维修中参考。

计算高空风向风速所需的仰角和方位角数值, 是靠观测测角显示器上的四条测角亮线获得的, 它直接关系到测风的准确性。观测时, 摆动天线, 当测角显示器上四条亮线两两等高(左右亮线对齐, 上下亮线对齐)时, 表示天线在方位角和仰角上都对准了目标, 从而测得方位角和仰角数值。这个数值是否一定准确呢? 我们认为, 当四条亮线两两等高时, 并不一定真正对准了目标, 测得的方位角、仰角数值也就不一定准确, 可能产生仰角或方位角的系统误差, 影响高空资料的客观性。

1 测角误差分析

701、701B、701C 测风雷达均是根据天线波瓣偏扫原理, 用等信号强度法进行测角的。天线波瓣表示空间离天线等距离接收点上各方向接收或辐射高频电磁波的强弱。波瓣的偏扫是天馈线系统的相位圈和高频换相电容(701 雷达)或程序方波(701C 雷达)共同完成的。它们将四组天线所接收到的信号以不

同的相位关系进行叠加, 使波瓣与天线的几何中心轴偏离一定的角度, 并按一定的规律产生偏扫, 波瓣的最大值依次偏离上、右、下、左四个方向, 形成上、下、左、右四个波瓣。利用波瓣偏上偏下两个方向时测量仰角, 偏左偏右两个方向时测量方位角。当四组小天线及馈线系统(含同轴电缆、调相器、相位圈、接插头等)的四根馈电线的电气长度相等, 气球正好在天线对准的方向(几何轴方向)上时, 上、下、左、右波瓣接收到的电磁波一样强, 垂直波瓣和水平波瓣的电轴与几何轴及光轴方向完全一致(如图 1、图 2 所示), 气球位于瞄准镜十字线中心, 测角显示器上得到四条等高的亮线, 这时, 测得的方位角和仰角数值是准确的。如果此时由于某种原因使四组馈线的电气长度不完全相等, 就会破坏它们特定的相位关系, 波瓣的电轴方向就会偏离天线

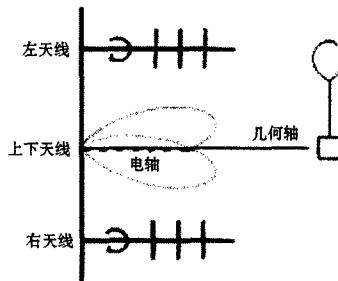


图 1 水平面上的偏扫

几何轴和光轴方向,上、下、左、右四个波瓣接收到电磁波就不一样强,四条亮线就不可能达到等高。摇动天线,只能使四条亮线两两等高,即左右对齐,上下对齐。但目标已偏离了几何轴,在瞄准镜中偏离十字线中心,测得的数值与实际位置产生了误差。

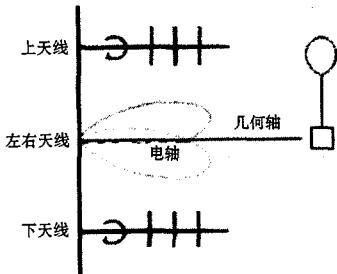


图2 垂直面上的偏扫

下面举个例子探讨误差形成的原理。

正常工作时,测角四条亮线等高,目标正好在几何轴方向,也在瞄准镜十字线中心。由于某种原因,假设上天线馈线电气长度发生变化,就会改变其馈线系统的匹配状态,行波系数减小,损耗加大,不能有效地传输电磁能。离天线等距离处接收(或辐射)能量强度减小,上下波瓣变宽,最大点幅度降低。同时,上波瓣最强接收方向向几何轴方向靠近,接收的电磁能略有增多,上亮线稍有变长;下波瓣最强接收方向离几何轴方向更远,接收的电磁能显著减小,下亮线明显变短,上下波瓣电轴方向偏向几何轴(目标)下方,如图3所示。但水平波瓣不受影响,三轴仍然一致(图1所示),左右亮线仍然等高。转动天线,使仰角升高,让电轴方向对准目标,上下波瓣接收等量的电磁波,形成的上下亮线高度相

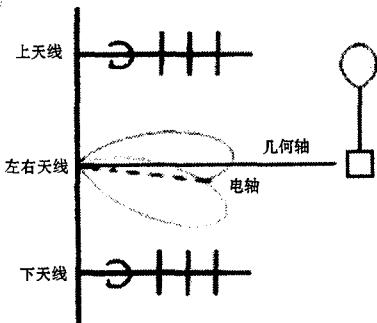


图3 电轴偏离几何轴

等,但几何轴已偏向目标上方(图4所示),气球在瞄准镜十字线中心下方,造成仰角读数偏大。同时,由于上下波瓣等强度接收点下移,接收的电磁能同时减小,故上下亮线低于左右亮线。

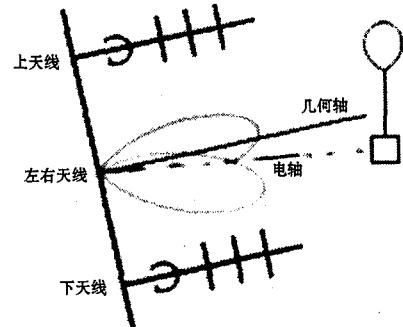


图4 几何轴偏离目标

上述分析已将上天线馈线行波系数减小造成的影响折算到波瓣内去了。实际上,当上天线馈线系统发生故障,而使上下亮线等高时,电轴并非真正对准了目标,而是虚电轴(虚电轴:从圆点同时经过两波瓣非交点所对方向的射线)对准了目标,图5所示,上天线实际接收的能量比下天线多,只不过由于传输损耗,到达接收机的能量相等而已。

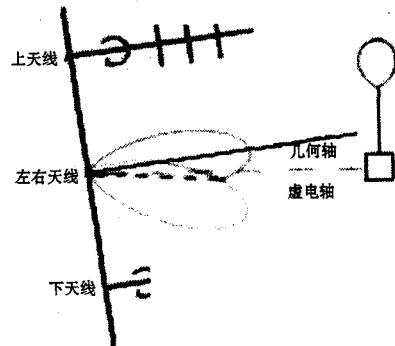


图5 虚电轴接收

同理可分析下、左、右天线馈线电气长度变化时的情况。

(1)下天线及馈线故障时,下亮线基本不变,上亮线变短。使上下亮线摇齐时,其幅度低于左右亮线。仰角读数偏小。

(2)左天线及馈线故障时,左亮线基本不变,右亮线变短。使左右亮线摇齐时,其幅度低于上下亮线。方位读数偏小。

(3)右天线及馈线故障时,右亮线基本不

变,左亮线变短。使左右亮线摇齐时,其幅度低于上下亮线,方位读数偏大。

必须指出,由于任一波瓣都是上、下、左、右天线及馈线系统共同作用的产物,它们之间的影响较大,地形、环境、天气、其它干扰也对波瓣有一定的影响。所以,不同的传输系统、不同的地理环境条件下,相同部位出故障时表现的症状不尽相同,上述现象仅为一般规律。

2 “两两等高”说明了什么

从以上分析可见,只有测角四条亮线完全相等时,电轴才与光轴、几何轴完全一致,天线真正对准了目标,测角数据是准确的。当四条亮线只能达到两两等高时,即上下等高、左右等高,它只是说明了上、下(或左、右)两波瓣接收的能量到达接收机的相等,并不能证明电轴、几何轴、光轴一致,且对准了目标。因此,在实际工作中,若发现原本完全等高的测角四条亮线,只能达到两两等高时,它发出了警告:传输系统可能有故障。

天馈线系统主要由同轴电缆连接而成,最容易引起电气长度发生变化,主要原因有:

(1)长期使用使其性能发生变化。(2)大风大雨及其它原因造成的机械振动。(3)电缆长度的变化。(4)各接触点接触不良。(5)电缆芯线及屏蔽线断裂或两者相碰。(6)调相器松动或调整不当。(7)换相箱内的匹配段误调。(8)漏水。(9)PIN二极管特性变化。(10)程序方波变形等。

3 误差大小的判断及消除

测角显示器上的四条亮线分别代表各相应波瓣传送到接收机的信号强弱,亮线长表示接收到的信号强。所以,天线及传输系统任何故障都会在测角亮线上反映出来。从前述分析知道,只有四条亮线完全等高时,才真正测准了目标,若上下亮线高于或低于左右亮线,一般都会产生测角误差。根据换相规律,当方位或仰角偏离电轴 3° 以内,左右亮线对应的传输系统发生故障,只会引起左、右亮线高度发生变化而与上、下亮线无关;上下亮线对应传输系统故障只会引起上下亮线高度发生变化,而与左右亮线无关。当偏离大

于 3° 以上,仰角与方位亮线之间的互相影响也很小。因此,我们可以将上下亮线与左右亮线的高差作为判断测角误差大小及故障原因的依据。根据理论分析和实践,我们总结出了判断误差大小及检修的一般方法。

当四条亮线基本等高,或方位、仰角亮线二者高差小于1mm,误差在 0.1° 左右,在瞄准镜中可看到气球偏离十字线中心小于 $1/3$ 小格,属于允许误差,不需调整及检修。当二者高差为3mm(如较高者35mm,低者32mm),误差约为 0.5° ,气球偏离镜十字线中心1.5个小格;当二者高差为十分之一时,误差约为 0.8° ,气球偏离镜中心约3个小格。这两种情况,一般可通过调整调相器解决。当二者高差为 $1/3$ 时,误差超过 2° ,气球偏离镜中心超过三个大格,甚至偏出瞄准镜以外。这种情况必须进行检修,可以根据亮线的相对高低作为检修方向。方位、仰角两组亮线中,幅度较低者即为对应的两传输线之一有故障。如方位两条亮线低于仰角两条亮线,就是左或右传输系统有故障。若观察到某条亮线突然降低,就证明是该组亮线的另一条亮线对应传输系统有故障。

值得指出,一般情况下,只有三轴严格一致时,且对准了目标,四条亮线才完全等高。实际上,由于传输性能的离散性,要达到严格的三轴一致、四条亮线完全等高是不容易的。在实际工作中,首先要保证几何轴对准目标,即目标位于瞄准镜十字线中心,电轴在较小范围内偏离目标,也就是让虚电轴接收,只要调相器能使两波瓣接收的能量到达接收机的相等,对应的两条亮线等高,虽然四条亮线只能两两等高(差别很小),得到的数据也是准确的。不过,它一要受到调相器调整范围的限制,二要每次三轴一致标定结束后,记住二者高差的大小(肯定很小),以此作为判断天馈线系统是否正常的依据。

4 故障实例

例1:上下亮线比左右亮线低2mm左右。

用瞄准镜观测,发现气球偏向十字线下方1.5个小格,调整上、下调相器,使气球在

瞄准镜中心 1/3 小格内, 故障排除。

例 2: 左右亮线只有上下亮线高度的 2/3。

瞄准镜观测, 气球偏右几乎到镜外, 调整调相器, 有所改变, 但调不正常。经查是左天线传输线经调相器后进入相位圈的插头(同轴电缆)屏蔽线全部断开。重新装接插头, 再调调相器, 使气球位于镜中心, 四条线变为等高。

例 3: 观测 23min 后, 下亮线突然降低, 30min 后又突然升高。摇齐后的数值很不正常。变化前后的数据见表 1。

可见, 24~29min 数值明显偏大。下亮线突降突升, 是典型接触不良现象。根据上述方法, 判断是上天线及馈线系统故障。对上天线小组馈线、调相器、相位圈各接插头、

换相箱中 PIN 二极管套等进行检查, 清洁处理, 重新装配, 以后工作中再没发生这种现象。

表 1 测风雷达实测数据

时间/min	仰角数据	时间/min	仰角数据
21	454	27	463
22	448	28	452
23	443	29	445
24	476	30	417
25	469	31	414
26	466	32	410

例 4: 在观测中, 左右亮线很不稳定, 一会儿升高, 一会儿降低, 毫无规律可寻。

根据故障现象, 对左右亮线对应的传输系统进行检查, 最后查出是右馈线进入换相箱的同轴电缆插头外屏蔽层的两根铜丝与芯线相碰。