

李沅桥,刘永莲.L波段雷达受地物回波干扰的分析与处理[J].陕西气象,2023(5):80-84.

文章编号:1006-4354(2023)05-0080-05

# L波段雷达受地物回波干扰的分析与处理

李沅桥<sup>1,2</sup>,刘永莲<sup>1</sup>

(1.梧州市气象局,广西梧州 543000;2.梧州市生态环境局,广西梧州 543000)

**摘要:**针对高空气象探测业务中L波段雷达(GFE(L)1型二次测风雷达)跟踪有源目标物技术方法,有时出现探测信号受干扰,进而影响探空数据的连续性和正确性,导致观测质量下降的现象。以梧州高空观测站L波段雷达跟踪信号受干扰异常表征为例,对探空仪器信号问题、雷达元器件故障、外讯号电磁干扰和地物回波影响等进行分析研究。结果表明,采用改进小发射机、调节大发射机频率等措施可以解决信号干扰问题,有效保障高空气象观测资料的质量。为减少此类问题的出现,对雷达保障工作提出几点建议。

**关键词:**L波段雷达;干扰;处理措施

**中图分类号:**TN958

**文献标识码:**A

从2002年起,我国气象部门开始推广使用L波段雷达(GFE(L)1型二次测风雷达)进行高空探测。二次雷达采用跟踪有源目标物的技术方法,通过发射触发信号,即“询问信号”,从天线出发到达探空仪中的无线电回答器,探空仪应答系统被触发后,会立刻产生一个“应答信号”并沿来向返回,作为回波信号被雷达天线所接收。通过计算每对询问和响应信号的往返时间和方向,得到探空气球与地面雷达之间每一秒的直线距离(斜距)、方位角和仰角,利用高空风计算公式获得每个高度层的风向和风速<sup>[1]</sup>。新型雷达有效提高了大气探测数据采集精度,提升了观测数据的内在质量,进一步提高了灾害性天气的监测预警能力,为气象防灾减灾工作提供了良好的基础条件<sup>[2]</sup>。由于探测雷达具有高精度测距和测角的特性,使得雷达脉冲宽度和波瓣的宽度都相对较窄,因此在采集信号的过程中,容易受到干扰而出现探空飞点、乱码、凹口不齐和无信号的情况,严重时还会导致丢球、抓旁瓣球等问题<sup>[3-8]</sup>。通过对

2017—2020年梧州高空气象观测站L波段雷达跟踪信号受干扰情况进行分析,总结出相应的解决方法和措施,有效地避免了高空气象观测资料的缺测。

## 1 雷达干扰现象分析

### 1.1 雷达跟踪异常表现

2017—2020年期间,梧州高空气象观测站L波段雷达在运行期间出现了数次跟踪异常情况,均同时伴随以下现象。(1)雷达频繁摇摆,镜头不停晃动,无法稳定跟踪气球;(2)放球软件会表现出高差过大报警,探空信号有飞点、缺点、错点的情况,探空曲线(处理前)跳变乱点较多,测风秒数据斜距不正确;(3)示波器上的凹口变得模糊不清且波谱不断跳变,四条亮线不平齐,不断上下伸缩;(4)从观测记录的球坐标曲线图分析雷达跟踪情况,发现在施放气球10 min内,球坐标的斜距曲线有锯齿状变化,斜距数据不正常,但10 min后球坐标曲线平滑,雷达跟踪正常。如下图1梧州站2018年3月12—13日球坐标曲线所示。

收稿日期:2022-06-11

作者简介:李沅桥(1990—),男,汉族,广西梧州人,助工,主要研究方向为大气探测及应用。

通信作者:刘永莲(1966—),女,汉族,广西梧州人,高工,主要研究方向为大气探测及应用。

基金项目:广西梧州市气象局科研开发应用项目(梧气科Z2021015)

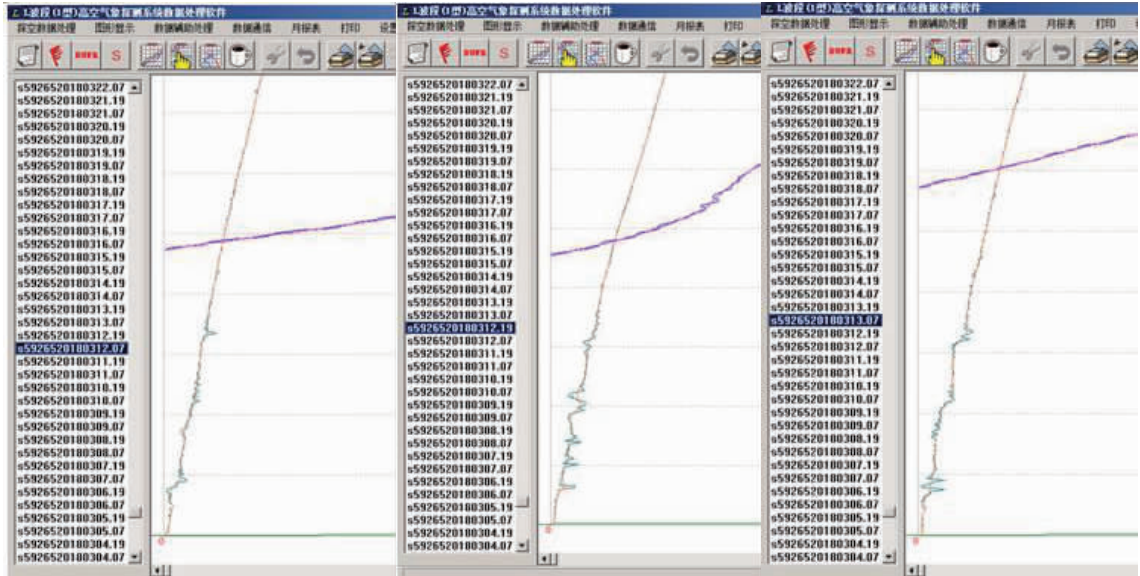


图1 2018-03-12—13 梧州站 L 波段雷达信号斜距曲线锯齿状变化

## 1.2 异常现象原因分析

由于 L 波段探空雷达具有不同故障原因呈现同一异常现象的特点,故采用排除法按照先简单后复杂的方式进行分析解决,主要从以下几个方面进行分析。

(1)探空仪。高空气象探测的异常现象仅出现在施放气球后 10 min 内,10 min 后球坐标曲线平滑,雷达跟踪正常。同时,通过查询施放日志,施放时段没有进行重放球操作,因此排除两个探空仪信号相互影响的情况。故判断该现象为探空仪自身问题引起的可能性较低。

(2)雷达驱动相关元器件。分析认为探测异常现象可能跟雷达仰角驱动相关模块出现故障有关,相关的元器件包括电路板、驱动电机、组合电缆(W8-W11)等<sup>[9]</sup>。运用“自易至难”的故障排查方法,通过更换测距(11-3)、仰角(11-7)、方位(11-8)电路板进行雷达跟踪测试,检查确认电缆线芯的铜丝无异常,发现雷达回波仍然受到干扰无改善;因此,排除电路板等与驱动相关元器件出现故障。

(3)雷达电轴校准状态。L 波段雷达拥有 4 个  $\varphi 0.8\text{ m}$  抛物面天线,单个天线是由一个置于焦点的有源振子和抛物面反射体所组成,抛物面天线利用有源振子和自身的“聚焦”作用来辐射和接收无线电波。天线因存在聚焦的特性而具有较

强的方向性,所以其垂直波瓣和水平波瓣的宽度都比较窄( $\leq 6^\circ$ ),以满足测角精度的要求。若电轴中心在跟踪时与探空仪偏差较大,会在某些情况下接收的地物回波或干扰源信号强于探空仪信号,从而导致出现斜距曲线不平滑的情况。经检查,雷达电轴无偏移,但受干扰现象仍存在,可排除雷达电轴校准不准确的情况。

(4)雷达中频通道盒。如果台站附近存在与通过接收机的中频信号频率非常接近的某种干扰信号,若中频滤波器的性能因机械老化或故障而下降,无法有效抑制阻隔干扰信号。此时,干扰信号会进入中频处理电路中干扰正常信号的接收,从而影响接收机系统,这类干扰被称为中频干扰<sup>[10]</sup>。然而,在更换中频通道盒后,受干扰现象仍然出现,故排除中频通道盒为故障原因的可能性。

(5)大小发射机。施放气球前在地面放球点使用小发射机检查雷达跟踪情况,示波器凹口明显,回波清晰,雷达能准确跟踪仪器;分析探空记录发现,观测资料后期斜距曲线平滑,能够正常良好地跟踪探空仪,基本可以排除大发射机自身故障情况<sup>[11]</sup>。因此排除大小发射机故障原因。

(6)地物回波。因广西地处云贵高原东南边缘,山地、丘陵、石山地貌较多,而大多数台站都建站在市区内的山丘上,受周边山体、高层建筑物的地物回波影响较大<sup>[12]</sup>。梧州高空站西面为近年

建成的城市商业住宅区,有数座高层建筑,与台站直线距离约为1 000 m,特别是每年1—3月期间,近地面层气流以东风为主,雷达向西面接收探空信号,施放后10 min内仰角较低,球坐标的斜距曲线有锯齿状变化,斜距数据不正常。基于上述分析,判断是雷达信号受到地物回波影响的可能性较大。

## 2 处理措施

### 2.1 调整小发射机

目前在用的L波段雷达配备的小发射机和大发射机分别负责近程和远程的跟踪任务。经过对2017—2020年期间观测记录进行分析,小发射机容易在探空前期出现自激现象(自激现象是指雷达发射出去的信号在遇到某些目标或者介质的反射时,部分信号会返回到发射器,再次引起产生和发射信号的现象),更容易受到地物回波的影响,导致雷达跟踪不正常,球坐标斜距曲线出现锯齿状变化现象;因此,考虑对小发射机进行调整。

(1)改进小发射机。在输入端并接电容,增加一个负反馈电路,将一部分输出信号反馈回输入端进行干扰抵消。通过限制信号的振荡幅度和阻尼,提高抑制杂散干扰的能力。

(2)拆除小发射机。将小发射机拆卸,施放气球后在近地层直接使用大发射机跟踪。

采取改进或拆卸小发射机措施后,受干扰现象均有所改善。

### 2.2 调整大发射机

目前广西高空探测使用的探空仪载波中心频率为1 671~1 677 MHz,而台站基本上将L波段雷达的大发射机频率设定在1 674 MHz左右,与外信号1 674 MHz频段以及周边地物回波有可能存在冲突,即使不断调节控制面板上的“频率手动”按钮也无法令雷达前期跟踪正常,从而影响雷达信号的接收。大发射机中的超高频振荡器主要由磁控管构成,其磁路系统就是产生恒定磁场的装置。可以靠改变磁场强度的大小,来调整输出功率和工作频率。由于大发射机工作频率为1 669~1 681 MHz,因此考虑改变大发射机频率来改善外信号干扰情况。使用调频器(图2,图见83页)调节增大雷达大发射机上磁控管(图3,图

见83页)的频率至1 681 MHz。可以使用调频器来调节磁控管中谐振腔的内部尺寸来改变频率,使其工作频率增加到1 681 MHz。在调整过程中,需要遵循以下原则:(1)逐步增大磁控管的频率,以避免过大的频率变化对磁控管产生负面影响;(2)在增大频率的过程中,要密切关注雷达信号的接收情况,确保信号的稳定性和连续性;(3)当磁控管的频率调整到1 681 MHz时,需要持续观察雷达信号的接收情况,确保信号的质量和稳定性;(4)在调整过程中,如果发现信号质量下降或雷达信号不稳定,需及时停止调整,以免对雷达设备造成损害。

在调节改变雷达大发射机上磁控管的频率后,台站放球后10 min内雷达接收信号受干扰的情况基本消除,雷达回波清晰,四条亮线平齐,高差稳定,没有出现球坐标斜距曲线锯齿状变化现象。

### 2.3 调整探空仪工作频率

为减少雷达信号受干扰影响,可通过改变探空仪工作频率的方式达到目的。同时,若台站出现非探空仪信号突失而导致重放球的情况(低空球炸或放球时探空仪被挂到近地面的建筑物、树木),因同一型号的探空仪频率相近(1 675 MHz左右),存在两个探空仪信号相互干扰的可能,也可通过调整探空仪工作频率的方法,即调整探空仪发射电路板(图4,图见83页)中调频螺丝来改变电容器的电容量解决。顺时针旋转螺丝电容增大,频率降低;逆时针旋转螺丝电容减小,频率升高。反复调试直至频率1 685 MHz左右。

## 3 结论和建议

随着城市的快速发展,许多市区台站逐渐被高楼包围,雷达所受到的地物回波影响也发生变化。不同台站因周边环境不同(如发射塔、建筑物、山体等),所受到的地物回波也不尽相同。由于近地面的瞬间风向风速变化较大,若在气球施放时刻雷达跟踪不正常,容易导致跟踪旁瓣球或丢球的问题出现。通过对探空仪器信号问题、雷达元器件故障、外信号电磁和地物回波等进行逐项分析,确定了导致雷达跟踪信号受干扰的主要原因为地物回波。采取改进小发射机、调整大发



图2 L波段雷达大发射机磁控管调频器(文见82页)

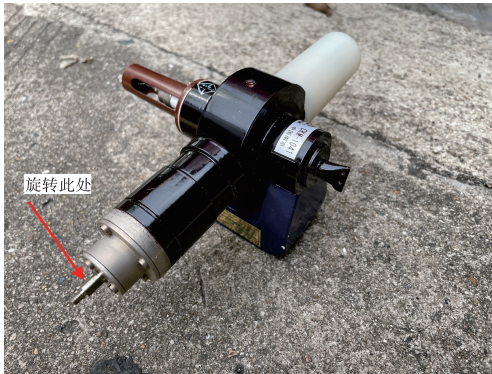
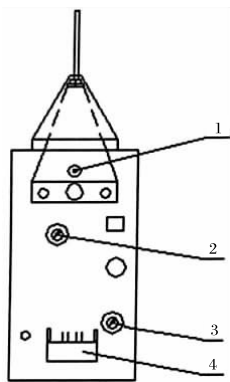


图3 L波段雷达大发射机磁控管(文见82页)



1.调频螺丝 2.电位器2RP2 3.电位器2RP1 4.XP1

图4 L波段雷达探空仪发射机结构示意图(文见82页)

式,尽可能地跟踪气球并记录异常现象,方便后续开展分析。

(3)根据重放球的具体情况,调整探空仪频率至1 685 MHz左右再进行施放,避免雷达受前一个探空仪的信号影响。

(4)改进、调整小发射机。在小发射机输入端并接电容,避免出现自激现象,并提高抑制杂散干扰的能力。将小发射机拆卸,施放气球后在近地

射机工作频率或改变探空仪频率的措施,可以有效解决干扰问题,提高了雷达运行的稳定性。为减少雷达受干扰出现跟踪异常情况,提出以下几点建议:

(1)定期对雷达进行检查、维护,发现隐患及时维修。利用大发射机检查近地面雷达接收回波情况,及时发现台站附近新增干扰源,做好频率保护。

(2)制定应急处置方案,值班员发现雷达受干扰跟踪异常时,立即将雷达“天控”设置为手动模

层直接使用大发射机跟踪。

(5)调整大发射机或探空仪频率。根据实际情况调整大发射机至最佳工作频率(如1 681 MHz)以避免其他干扰,如地物回波、大功率设备设施(干扰源如信号塔、无线电塔等)。施放前调整探空仪工作频率,减少干扰对雷达信号的影响。

在雷达定期维护的过程中,需关注雷达周边环境频率的变化,一旦发现电磁干扰应进行详细分析,并针对干扰源制定具体的技术防护措施。同时,制定相应的工作应急处置方案以提高值班员应对突发情况能力,从而保障探空业务正常运行和观测资料数据准确性。

#### 参考文献:

- [1] 张继光,计萍,张敏,等. GFE(L)-1型二次测风雷达的工作原理及标定[J]. 电子世界,2014(5):66-74.
- [2] 刘永莲,黎朝钧. L波段雷达探空异常记录的分析与处理[J]. 贵州气象,2015,39(2):51-54.

- [3] 张红军,张娜娜,张洁新. L波段高空气象探测雷达丢球的原因分析及应对[J]. 北京农业,2015(25):147-148.
- [4] 吴佳妮,赵学华,陈长丘. L波段雷达低空低仰角探测技术[J]. 气象科技,2010,38(4):467-471.
- [5] 王雯燕,杨忠全. L波段雷达发生丢球的原因及解决办法[J]. 陕西气象,2007(4):47-48.
- [6] 张颖梅,张聪娥. L波段雷达探测资料质量控制方法探讨[J]. 陕西气象,2014(5):46-48.
- [7] 中国气象局监测网络司. 常规高空气象探测业务规范[M]. 北京:气象出版社,2010:1-6.
- [8] 赵卢霞,王丽,张小刚. L波段高空气象探测系统特殊问题处理方法[J]. 气象与环境科学,2009,32(增刊):347-349.
- [9] 赵育俊. L波段探空雷达维护维修技巧[J]. 中低纬山地气象,2020,44(6):92-95.
- [10] 梁懿. L波段雷达接收机的设计[D]. 成都:电子科技大学,2014.
- [11] 刘永莲,李沅桥,李宇中,等. 基于 GFE(L)1型雷达测风资料失测的类型及原因分析[J]. 自动化与仪器仪表,2018(5):33-39.
- [12] 王宁. 浅谈地物对气象雷达探测的影响及处理方法[J]. 科技风,2019(25):140.