

天气雷达天馈系统损耗的测量

王志武 赵海林

郑旭初

(浙江省舟山气象雷达站, 316004)

(舟山市无线电管理委员会)

提 要

根据微波测量的基本原理,利用雷达台站现有的仪器设备,介绍了对天气雷达天馈系统的插入损耗进行定量测量的方法和注意事项,并给出了 713C 天气雷达的天馈系统的测量结果。

关键词: 天馈系统 插入损耗 微波测量

引 言

天气雷达天馈系统损耗这个参数理应在雷达安装架设以前由雷达生产厂家模拟使用单位的天线馈线的实际架设情况进行严格的测量后,作为雷达性能参数的一部分提供给用户。由于这个结构性参数随时间变动很小,所以使用单位只需定期进行常规维护,如每年对波导传输线充气干燥、经常检查波导馈线系统的外观,就可直接引用。但是目前全国各天气雷达用户手中的《产品证明书》主要技术指标这部分只提及“天线馈线驻波比”这一参数,工作中各用户单位也没考虑这个参数。实际上由于天气雷达的安装位置不同,造成天馈系统的结构差别,其插入损耗值是不同的。随着天气雷达回波全国组网拼图的实现,对我国现有的数字化天气雷达的测量误差提出了越来越高的要求,其中之一就是要求定量测量天气雷达天馈系统的损耗^[1]。本文介绍了利用雷达台站现有的仪器设备,如何对雷达的天馈系统损耗进行定量测量,其测量结果的精度足够满足使用要求。

1 准备工作

①超高频电磁波在雷达天馈系统的传输过程中,微波能量的损耗是受多种因子影响的,特别是在各种接口处,由于传输线的不连续性,电磁波传输存在着反射和泄漏,即各种接口处是微波能量损耗的集中地,所以将测量系统接入待测天馈传输线的过程中一定要将它们互相可靠地连接。如:测量线波导和被

测线波导的法兰之间必须先插上两个定位销后再用合适的螺丝固定。

测量线用的电缆线公插头必须充分、干净、紧密地插入波导~同轴转换母插座内,公插头和母插座及相应的屏蔽外圈都要用酒精清洗,使金属表面都能接触良好。在测量过程中拨动该电缆接头使功率计的读数不会发生抖动。

测量线和被测系统用的波导法兰之间由于是刚性连接,有可能产生缝隙,造成微波泄漏和能量反射,故每两个波导法兰中必须用一个抗流法兰,即开有深 $\lambda/4$ 、槽中心与宽边距离也为 $\lambda/4$ 的抗流槽,槽内脏物必须清洗干净。根据半波长短路线在其开口端具有短路的特性,这样即使两个波导法兰的接口处有一小缝隙,它仍具有非常良好的电接触,产生的泄漏和反射都很小。

②由于功率计一般采用浮地隔离,探头与不是同一地电位的被测系统连接时,该电位差很可能烧毁功率头,所以测试前仪器接地端和雷达的机壳应牢固地连接在一起。

③为保证射频频率的稳定性并避免被测系统对功率座热传导引起的温度飘移需预热 30 分钟以上,再调整零点、进行测试。

④预先测量出信号源实际功率输出的最大线性范围作为测量范围。

2 测试过程

2.1 测试原理

先将待测系统接入测试电路,在信号源

功率输出的线性范围内,每改变信号源输出的同轴截止衰减器 0.1dB,就是改变信号源的输出功率 0.1dB,记录下功率计指示值 P_i 和对应的衰减 N_i ;再去掉待测系统,保留专用测试线,将测试用的两波导法兰接头连接在一起,调节信号源输出同轴截止衰减器,当功率计上的读数等于原指示值 P_i 时分别记下对应的衰减量 N_m 。在同一个功率值上前后两次衰减量的差值就是待测系统的插入损耗 N_i (发射信道馈线损耗) 或 N_r (接收信道馈线损耗)。

在测量天馈系统的损耗时,可以把天线喇叭辐射馈源(照射器)看作是一段渐变式匹配器^[2]。实测照射器长 $L = 16\text{cm}$,即 $L/\lambda = 2.88$,查表得反射系数 Γ 小于 0.0125。

根据驻波比公式:

$$\rho = (1 + |\Gamma|)/(1 - |\Gamma|) \quad (1)$$

得 $\rho = 1.0253$ 。

把这段 16cm 长的照射器看作是一段插入损耗 $N_d = 0.21\text{dB}$ 的馈线。

插入损耗:

$$N = N_m - N_i + N_d \quad (2)$$

以上每项测量需进行 10 次以上,并求其平均值和标准差。

2.2 发射信道馈线损耗 N_i 的测量

发射信道馈线损耗测量框图如图 1 所示。

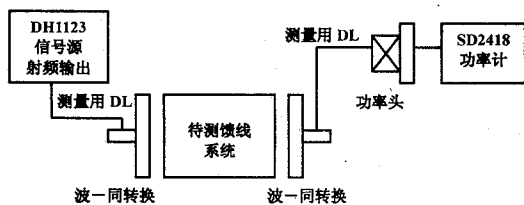


图1 发射信道馈线损耗测量框图

发射信道的待测馈线系统是指从 CKM 输出口到天线小喇叭照射器后这一段。另外,由于发射信道的馈线是传送大功率信号,所以理论上发射信道损耗的测量应用大功率信号源及大功率计来完成,对使用单位来说是不具备这个条件的。本文提出的测量方法是从微波信号源最大的线性输出功率范围内来

进行,对于一个干燥、洁净和无损的波导馈线系统来说,在馈线系统允许传送的能量范围内,其小信号时插入损耗就可认为是实际大信号时的插入损耗值。

CKM 输出口到天线的照射器前的馈线损耗: $N_i = 1.23\text{dB}$ 。(713C 雷达, $f = 5400\text{MHz}$, $P_{\text{out}} = 0.36 \sim 0.25\text{mW}$, SD2418 数字式功率计测量 12 次,平均损耗 = 1.021dB,标准差 = 0.0457dB,波导总长 $L \approx 6\text{m}$ 。)

另外,发射信道的插入损耗值并未因开、关发射机的放电管而发生变化。

如果要测量雷达发射机的 CKM 输出口到功率测试点这段馈线的衰减量,其测量原理类同。不过这段馈线系统主要是由单/双定向耦合器或固定衰减器加可变衰减器组成,所以这段馈线的插入衰减量从 20~45dB 不等。

当用 CKM 的发射功率作信号源时,其衰减应满足:

平均功率:

$$P = A10^{N/10-3}$$

其中: $A(\text{mW})$ 是功率计的读数, N 是总的插入损耗。

对于 713C 雷达,其 CKM 是新的时候, $P \approx 95\text{W}$ 。

2.3 接收信道馈线损耗 N_r 的测量

接收信道馈线损耗测量框图如图 2 所示。

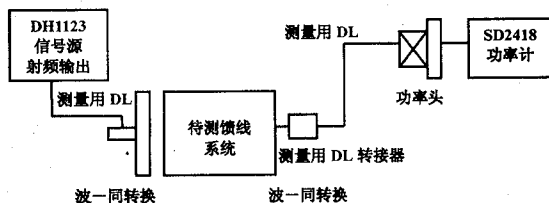


图2 接收信道馈线损耗测量框图

接收信道的待测馈线系统是指从天线照射器到接收机高放输入口。在测量接收信道的馈线损耗 N_r 时,先去掉测量线后级波一同转换,将高放前的输入电缆直接通过 DL 转接器连到测试系统的电缆上。而在测量测试

系统的比较值时,再用波一同转换代替 DL 转接器。经实际测试可得双个波一同转换的插入损耗约比 DL 转接器的插入损耗大 0.15dB,这样所得的实际损耗值应比公式(2)的值再增加 0.075dB。为了模拟实际工作情况,接收信道馈线的测量应尽量输入小信号和使用高灵敏度的小功率计。但是对于 SD2418 数字式功率计,必须在功率计读数大于 0.10mW 范围进行,以满足读数精度在小数后两位。根据互易性原理,把这段 16cm 长的照射器也看作是一段插入损耗为 0.21dB 的馈线。测量时关掉发射机高压并使放电管处于正常工作状态。

天线照射器到接收机高放输入口馈线的损耗 $N_s = 2.18\text{dB}$ 。(713C 雷达, $f = 5400\text{MHz}$, $P_{\text{out}} = 0.01 \sim 0.25\text{mW}$, SD2418 数字式功率计测量 16 次,平均损耗 = 1.97dB,标准差 = 0.047dB,波导总长 $L \approx 6\text{m}$ 。)

由于定向耦合器两个方向上的插入衰减量不一样,而且接收信道还包括放电开关管和一小段同轴电缆,所以接收信道馈线损耗大于发射信道馈线损耗值。

2.4 1.5m 直波导插入损耗的测量

有些台站希望给出每米长波导的插入损耗值。

根据文献[4]给出的($a = 50.8\text{mm}$, $b = 25.4\text{mm}$, $d = 1.63\text{mm}$)WR-187 型波导在工作频段内每百英尺的衰减 dB 数,可以计算出频率为 5400MHz 时 1.5m 的直波导的损耗值为 0.095dB。

而实际测试值:当 $f = 5400\text{MHz}$, $P_{\text{out}} \approx 100\mu\text{W}$, 测量 12 次,得平均损耗 = 0.0945dB,标准差 = 0.026dB。

由于波导中传输的是微波能量并且在天馈系统中除了直波导外还有许多其他部件,存在种种的反射和泄漏,故在测量中,是把整个天馈系统看作一个两口网络,决不是把每个波导转换接头和长波导的损耗值线性相加。

3 测量中注意事项

①小功率计和信号源预热调零后,每次测量动作要快,时间要短,还要不断调零。

②应该尽量从一个方向调信号源的输出同轴截止衰减器,否则要产生回差,增大读数误差。

③方位在 360 度范围内各个方向和俯仰在 90 度范围内各高度角的衰减情况都应一致,否则就是两个旋转关节有问题了。

上述 713C 雷达的测量结果和雷达生产厂家有关部门进行过核对,其数值基本上都符合。对直波导的测量结果和理论计算所得的值高度吻合,说明了本测量方法的正确性。

参考文献

- 1 天气雷达定标仪器培训讲义. 北京:中国气象局,1999 年.
- 2 顾瑞龙. 微波技术与天线. 北京:国防工业出版社,1980 年:81~304.
- 3 沈致远. 微波技术. 北京:国防工业出版社,1982 年:326~381.
- 4 Reference data for radio engineers, Howard W. Sams & CO., INC. 1975, 25-8.

Measurement of Insertion Loss in Radar Transmission Line

Wang Zhiwu Zhao Hailin

(Zhoushan Meteorological Radar Station, Zhejiang 316004)

Zheng Xuchu

(Zhejiang Radio Management Commission Zhoushan Office)

Abstract

According to the basic principle of microwave measurement and with the present instruments at radar stations, a practicable method of measuring insertion loss in radar transmission line is presented. Some points are put forward and some results obtained with 713C radar are reported.

Key Words: radar transmission line insertion loss microwave measurement