

# 毫米波天线测量系统的建设

赵军民

(西北电子设备研究所,陕西 西安 710065)

**摘要** :毫米波以其高分辨率、大传输容量以及在大气窗口良好时的穿透性越来越多地受到工程领域的关注,其涉及的理论算法研究、精密加工技术和测量方法也成为了目前需要解决的关键议题。天线近场测量系统作为有效的全天候测试手段用于对毫米波天线进行测试也成为一个重要的辅助研发工具被重视和研究,本文将从毫米波近场测量建设的各个重要环节入手,深入讨论如何建设一套性能优越的毫米波天线测量系统。

**关键词** 毫米波 平面近场 球面近场 温度

**中图分类号** :TN820 **文献标识码** :A **文章编号** :1673-1131(2013)01-0027-02

## 1 概述

本质上来讲,建设一套毫米波天线测量系统所需的设备与建设一套普通的天线测量系统并没有太大的区别,只是需要扩展到更高的频率而已,但毫米波天线测量系统无论是对其所需的基础条件、定位精度、温度以及扩频设备灵敏度的考虑又都有着其独特的特点。

毫米波天线测量系统可以建设为平面近场、球面近场或者远场天线测量系统,而这些系统中又以平面近场的毫米波测量系统建设最为复杂,本文将以平面近场的毫米波测量系统为重点,辅助球面近场和远场测量系统来进行一套性能优良的毫米波天线测量系统建设。

## 2 毫米波天线测量系统扩频设备的建设

由于射频信号随着频率的增高其衰减也越来越高,电缆的传输损耗在达不到毫米波时便已经到了无法容忍的地步,因此毫米波天线测量系统必须采用扩频的方式进行,扩频设备可以说是毫米波天线测量系统建设的一个非常核心的部分,设备配置不当可能会造成系统无法进行正常的数据采集,如表 1:

表 1 某两厂商扩频设备性能比较

| 参数    | 性能(某厂家 1)            | 性能(某厂家 2)              |
|-------|----------------------|------------------------|
| 工作频率  | 75~110GHz            | 75~110GHz              |
| 输入频率  | 12.5~18.33GHz (×6)   | 12.5~18.33GHz (×6)     |
| 输入功率  | 5~13dBm              | 0~13dBm                |
| 输出功率  | -5~1dBm typ.         | 2dBm min., 4dBm typ.   |
| 动态范围  | 80dB min., 90dB typ. | 100dB min., 110dB typ. |
| 幅相稳定性 | +0.2dB, ±2°          | ±0.05dB, ±0.5°         |
| 耦合定向性 | 35dB min., 37dB typ. | 40dB min., 42dB typ.   |

下表 2 为进行平面近场测量系统建设的射频设备性能分析举例:

表 2 平面近场建设系统性能分析

| 空间距离                            | 0.3m   |        |        |
|---------------------------------|--------|--------|--------|
| 测试频率(GHz)                       | 90     | 100    | 110    |
| 源频率 (GHz)                       | 15     | 16.666 | 18.333 |
| 输出功率 (dBm)                      | +10.00 | +10.00 | +10.00 |
| 源输出适配器损耗 (dBm)                  | -0.55  | -0.60  | -0.65  |
| RF 电缆至扩频单元损耗 (dBm)              | -5.48  | -5.84  | -6.18  |
| 扩频输入适配器损耗 (dBm)                 | -0.55  | -0.60  | -0.65  |
| RF in 端口输入电平 (dBm)              | +3.42  | +2.96  | +2.52  |
| 输入电平是否 OK (≥0dBm) 某厂商 2         | OK     | OK     | OK     |
| 输入电平是否 OK (≥5dBm) 某厂商 1         | NO     | NO     | NO     |
| TEST PORT RF 输出                 | +4.00  | +4.00  | +4.00  |
| 空间衰减 (雷达方程计算 0.3m 距离空间衰减)       | -62.21 | -62.13 | -62.96 |
| TEST PORT RF 接收端电平              | -58.21 | -58.13 | -58.96 |
| TEST PORT 接收端电平是否 OK (≥-100dBm) | OK     | OK     | OK     |
| PNA-X 输入电平                      | -58.21 | -58.13 | -58.96 |
| PNA-X 动态范围                      | +136   | +137   | +137   |
| 系统动态范围                          | +77.79 | +78.87 | +78.04 |

从表 2 中可以看到,对于举例的系统来说,如果采用某厂商 1 的扩频设备,则设备无法正常工作,因为射频信号在扩频设备的输入端口无法达到其最低 5dBm 的输入要求。

同时,系统测量的误差与幅相的稳定性也有非常大的关系,计算后期关系对应表如下表 3:

表 3 幅相稳定性与测量误差之间的关系

| 幅度误差 | 相位误差  | S/E | 最小幅度     | 最大幅度    | 幅度均值    | 相位均值  |
|------|-------|-----|----------|---------|---------|-------|
| 3    | 18    | 10  | -3.3     | 2.39    | 2.844   | 17.5  |
| 1    | 5.7   | 20  | -0.915   | 0.828   | 0.871   | 5.7   |
| 0.3  | 1.8   | 30  | -0.279   | 0.27    | 0.0274  | 1.81  |
| 0.1  | 0.57  | 40  | -0.0873  | 0.0864  | 0.0869  | 0.57  |
| 0.03 | 0.18  | 50  | -0.0275  | 0.0274  | 0.0275  | 0.181 |
| 0.01 | 0.057 | 60  | -0.00869 | 0.00868 | 0.00869 | 0.057 |

从表 3 中可以知道,如果采用某厂家 1 的扩频设备,其幅度稳定性为±0.2dB,其带来的测量幅度误差值为 0.25dB,引入的误差在天线测量中也会是一个较大的误差项。

因此在选择扩频设备时需要做充分的对应系统的动态范围分析和误差分析,以选择合适的扩频设备。

## 3 机械扫描系统建设

对于平面近场测试系统来说,扫描架的长期沉降是一个必须要考虑的因素,因为这将影响到扫描平面的 Z 平面度,而由 X 轴和 Y 轴垂直度形成的 Z 平面度是衡量扫描架机械精度的重要指标,通常 Z 平面度精度要能够达到最高测试频率的  $\lambda/100$ ,即如果最高测试频率为 100GHz,则需要要求的扫描架 Z 平面度为 0.03mm。用于平面近场测试的探头相对于被测天线微弱的摇摆都会造成相位噪声的增大,实际测试表明在 100GHz 的测试频率时,探头摇摆 0.001 英寸就可能产生 3° 的相位误差;因此扫描架的基台建设需要采用严格的避震措施和抗地表运动的措施,这方面需要有专门的基建设计来完成。

而对于球面近场测量系统来说,其关键的机械因素在于 Pol、Theta 和 Phi 三个正交轴的旋转中心的对准,但由于存在三方对准的条件,因此对准难度较大,测量精度会低于平面近场测试和动态范围满足要求的远场测试,而远场测量系统由于空间衰减的原因又很难达到理想的动态范围。因此对于非 RCS 或宽波束天线测试需求来说,通常平面近场测量系统是毫米波测量的理想选择。

平面近场的扫描架结构对于毫米波测试来说使用钢制的在温度条件比较好的情况下便可以满足测试要求。但系统却无法使用自动极化旋转的方式对非线极化天线进行测量,这是因为毫米波是无法使用旋转关节来进行极化的机械转换,

# 图像融合技术研究

廉 敬

(兰州交通大学电子与信息工程学院,甘肃 兰州 730070)

**摘要** 用小波进行图像融合的原理就是将两个原始的图像的小波分解进行融合,这种融合的方法适用于近似系数和详细系数。这两个图像必须同等尺寸且在共有的图像映射上和索引的图像进行关联。

**关键词** 图像融合;小波;系数

**中图分类号** TN911.73 **文献标识码** A **文章编号** 1673-1131(2013)01-0028-02

## The Research of Image Fusion

(The School of Electronics & Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070 China)

**Abstract** The principle of image fusion using wavelets is to merge the wavelet decompositions of the two original images using fusion methods applied to approximations coefficients and details coefficients. The two images must be of the same size and are supposed to be associated with indexed images on a common colormap.

**Keywords:** Image Fusion; Wavelet; Coefficients

### 1 图像融合技术概述

简而言之,图像融合(Image Fusion)是指通过对多个信道采集到的同一个图像数据进行一系列的图像处理技术。其目的为将各个信道收集到的数据进行提炼以便提取最有用的信息,最后将各个信道的数据综合成为质量较高的图像,这样做的好处就是可以大大提高图像数据的利用率,提高数据的可靠性和精度且使原有图像的分辨率有一个极大的改善。

### 2 图像融合技术的原理

图像融合技术按照层次分的话,一般来说可分为三层,依次为数据级融合、特征级融合、决策级融合。数据级的融合亦叫做像素级融合,其含义是对各个信道采集来的原始数据直接

进行处理最终进行融合的一种方法,它是其他两种融合方法的基础,当然这也是目前图像融合技术领域的重要研究方向。其优势为可以获得最原始、最直接的现场数据,这些数据处理的结果可以为其他融合层次提供依据。图像融合的层次如图 1 所示:

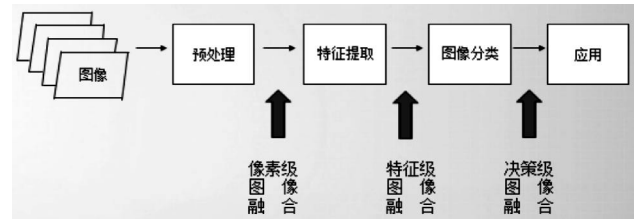


图 1 图像融合的三个层次

其损耗、误差以及费用均在考虑的范围。这就需要对非线极化测量时分别进行两个极化的测量,将测量所得的数据进行极化的合成以获得最终的测量结果。

### 4 温度对毫米波测量系统的影响

近场测量根据奈奎斯特原理需要在半个波长以内进行采样,对于毫米波天线来说,其测量采样需要在半个毫米内完成,因此采样点会变得非常密集,同时如果天线的尺寸也比较大,则采样时间将会非常长,例如一个直径 1m 的 87GHz 的天线,进行一次平面近场采集约需要 20 小时的时间。考虑到被测天线和扫描架系统均是由金属材料组成,随着温度的变化,其发生的细微形变都有可能影响到测量精度。

### 5 测量结果的误差分析和补偿

如果是建设远场毫米波测量系统,其误差主要来自于系统动态范围不足以及测试距离不够远,选择适当的性能的扩频设备并在保持满足动态范围的情况下保持适当的测试距离其测量结果通常是可信的。

而如果是建设的平面近场测量系统,则影响测量精度的因素会很多,但无论是来自于机械的还是射频的还是其它方面的,都可以通过误差定向测量的方法来量化分析,现在的依据主要是美国国家标准局制定的 18 项误差标准。但由于对 18 项误差的标定测量非常耗时,一套 18 项误差对于毫米波测

量系统的标定来说通常需要耗费一个月的时间,而这 18 项误差中的截断误差、收发天线的互耦和多次反射误差、微波暗室的散射反射误差和射频系统的泄漏误差等四项误差源对总的误差贡献了 95%以上的误差,因此为了节省时间同时又能够评估系统的测量结果的可信度和误差范围,会采用进行四项误差标定的方法标定误差值作为整个系统误差的范围。

### 6 结语

我们通过对毫米波天线测量的理论分析和工程验证,证实了平面近场毫米波测量系统的可实施性,为未来毫米波天线测量的研发调试提供了有力的基础,相关实验验证的分析准确性和可行性,也为后期发展短毫米波乃至太赫兹天线测量系统提供了理论依据,具有深远的意义。

### 参考文献:

- [1] 叶云裳.天线平面近场研究[J].中国空间科学技术,1986
- [2] Dan Slater,Near-field Antenna Measurements
- [3] Allen C.N., Error Analysis techniques for Planar Near-field measurements, IEEE Trans, 1988

**作者简介** 赵军民(1966-),男,陕西西安人,主要研究方向为天线测量理论、电磁兼容测量理论、大功率测量系统。