

# Research on the Spherical Scanning Near-Field Antenna Measurements with High Efficiency

Weimin Shi<sup>1</sup>, Yubao Wang<sup>2</sup>, Zhihui Zhao<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aircraft Equipment Department of the Navy, Beijing

<sup>2</sup>Chinese Electronic Science Research Institute, Beijing

<sup>3</sup>The Second Artillery Engineering University, Xi'an

Email: [ping502@163.com](mailto:ping502@163.com)

Received: Aug. 4<sup>th</sup>, 2014; revised: Sep. 2<sup>nd</sup>, 2014; accepted: Sep. 12<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

According to the batch testing requirements of mobile communication antennas, the spherical scanning near-field antenna measurements technology is investigated. After the system is calibrated in amplitudes and phases with all probes, the measurements method is got with many advantages: more sampling probes, faster speed for antenna pattern show and higher degree of automation. In order to verify this method, the ceiling antenna is tested, which shows that the method is better than the traditional far-field test, and it can be more efficient and more accurate.

## Keywords

The Spherical Scanning Near-Field, Multiple Probes, Antenna Measurements, High Efficiency

---

# 高效球面扫描近场天线测试技术研究

史为民<sup>1</sup>, 王玉宝<sup>2</sup>, 赵志辉<sup>3</sup>

<sup>1</sup>海军装备部飞机办, 北京

<sup>2</sup>中国电子科学研究院, 北京

<sup>3</sup>第二炮兵工程大学, 西安

Email: [ping502@163.com](mailto:ping502@163.com)

收稿日期：2014年8月4日；修回日期：2014年9月2日；录用日期：2014年9月12日

## 摘要

针对移动通信天线的批量测试的需求，本文研究了球面扫描近场天线测试技术，经过幅度和相位校准，得到了取样探头多、测量天线方向图速度快、测试自动化程度高的天线测量方法和流程，通过对吸顶天线的测试验证，说明该方法比传统远场法测试能够取得更高的效率和更高的精度。

## 关键词

球面扫描近场，多探头，天线测试，高效率

## 1. 引言

传统的二维天线测试技术，提供了天线两个主要切面或某个指定切面的信号辐射情况，对分析研究、加工制造具有较大的局限性，也不够直观[1]。球面的多探头测试可以实现三维的天线快速测试。多探头球面扫描测试系统与传统的天线测试系统相比较，表现出一系列明显优势[2]：

测试天线速度加快数十倍，例如第3代移动通信的两个关键技术之一的智能天线的测试，在普通的单探头的近场或远场进行全部性能的测试需要一个月；但是在128探头的球面近场测试系统进行这样的测量仅需1天的时间，这就大大提高了天线新产品的研制效率，缩短了开发周期和降低了成本[3]。

能测的天线三维立体方向图的各种参数(包括幅度、相位、轴比、交叉极化、增益系数、波瓣、前后比、上边瓣抑制、下边瓣零值填充等)和任意切面的二维方向图。而传统的测试方法，只能测得天线某几个切面的方向图，难免会漏掉一些重要信息。所以多探头系统特别适合测量一些方向图形状复杂的天线，例如多波束天线和智能天线等。

测试系统对于温度的变化敏感，温度每增加1度，增益测量值增加约0.13 dB。在暗室及其工作室内存有温度湿度监控系统，局部温度调整系统，烟雾火花报警系统，进水报警系统。有效地保证了系统的稳定性和测试数据的重复性。

为此，本文针对移动通信天线的批量测试的要求，研究了球面扫描近场天线测试技术，结果表明该方法比传统远场法测试的效率和精度都得到明显的提高，非常适用于当前迅猛发展的移动通信天线测试领域，快速获取三维立体天线的所有参数；无需人为改变天线架设状态，大大提高测试效率。该方法具有广泛的实用性和巨大的应用潜力。

## 2. 系统工作原理与介绍

多探头的近场测量系统的特点是在扫描平面的二维的坐标系统中的一个方向，布置多个宽带低反射的探头，作为调制散射体，通过多工组合网络系统和顺序电子调制技术，用快速的电子扫描采样来代替慢速的机械扫描，从而大大地提高了测量速度和测试精度[4]。这种天线测量探头的设计具有其独特的性能，已有相关文献进行论述[5]-[7]。

多探头测试技术将传统的机械扫描式单探头测试系统，改为电扫描式多探头测试系统，探头通常在空间成一维、二维甚至三维排列，测试速度极快，而且消除了探头定位不准和移动所带来的误差。同时也可以利用此技术实时测出被测天线在空间各点的空间立体方向图，测试精度很高，而且测试方便。图1为多探头测试系统的系统框图。

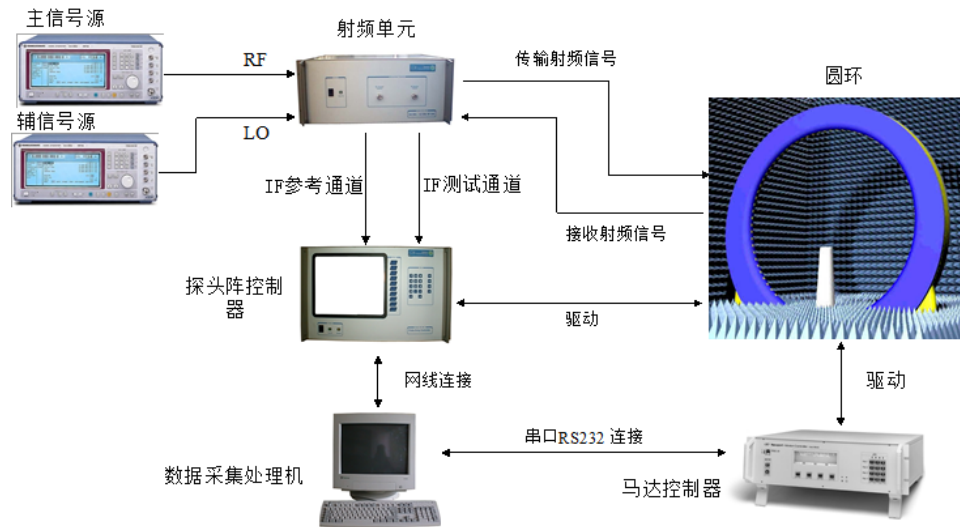


Figure 1. Block diagram of multi-probe spherical test system  
图 1. 多探头球面测试系统框图

图 2 为多探头测试系统的电路原理图。被测天线放在天线转台上作为发射天线， $N$  个采样探头作为接收。主频率综合器的  $F_0$  即被测天线的发射频率。副频率综合器的工作频率为  $F_0 \pm F_{if}$ ，高频单元实际上起变频的作用，并且把中频送到 I & Q 解调器。

在探头控制器里有控制电子卡，它除了把调制信号  $F_m$  加到每一个探头上之外，还把标识信号  $F_i$  依次轮流地加在各个探头上。在某一个时刻只有一个探头的频率为  $F_{if} \pm F_m$ 。

I & Q 解调器的滤波接收电路只接收  $F_{if} \pm F_m$  的信号。这样就可以轮流地把各个探头的电磁场的实部和虚部通过同步检波器取样出来，送入模拟/数字变换器。在获得球面近场的取样数据以后，系统将根据指令进行近场到远场的变换，算出被测天线的远场方向图[3]。

### 3. 全向吸顶天线的近场测量

利用西安海天公司的具有 128 探头的近场扫描测试系统进行天线测试[2]，被测天线为全向吸顶天线[8]，如图 3。该系统的环形探头阵的内径为 6.5 米，安放在  $10 \times 10 \times 10$  米的暗室里，探头的取样间隔是 2.835 度，且探头阵无盲区。被测天线只需 180 度的机械转动就可以得到完整的三维增益方向图。具体测试步骤如下：

- 1) 将天线架设到测试工装上，天线的具体安装方法需要根据天线实际外形结构进行实施；
- 2) 调整天线位置，使得天线的相位中心与圆环的中心基本重合，将测试电缆连接到被测天线馈电端口上；
- 3) 在计算机上打开测试软件，通过测试软件创建测试项目，设定测试频点，开始测试；
- 4) 测试完成后，通过测试软件进行近远场转换，获得天线球面远场数据；
- 5) 用数据导出软件导出所需的二维方向图数据，用结果统计软件统计天线各项参数指标。

其辐射参数的自动化测量结果如表 1。

表 1 中的参数表格和天线方向图经过一次扫描全部得到，用时 4 分 50 秒，无需改变天线放置状态，具有方便快捷的优点。

### 4. 多探头测试系统的校准

为了保证球面近场测量精度，需要对多探头球面近场系统进行校准。图 4 为幅度和相位校准曲线。

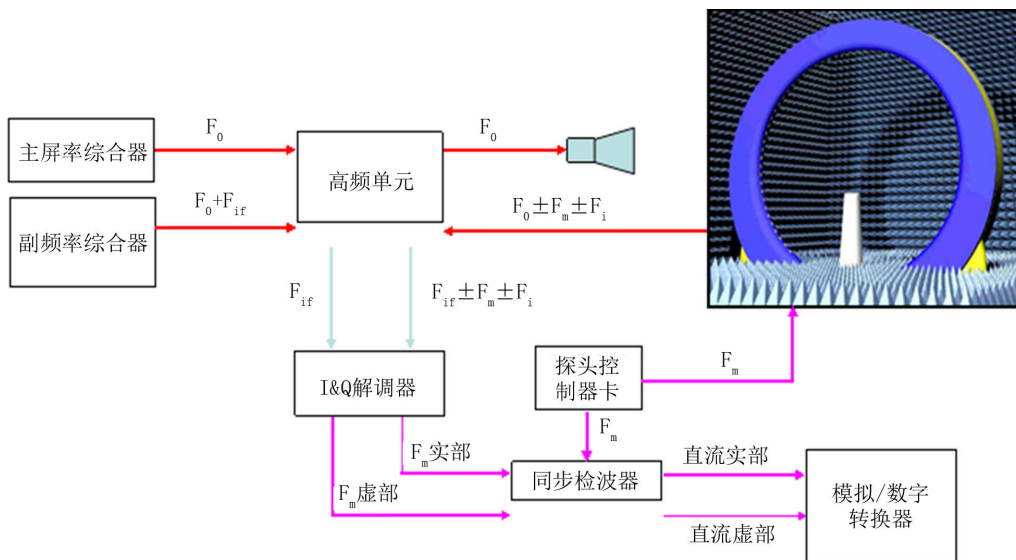


Figure 2. Multi-probe spherical test circuit schematics

图 2. 多探头球面测试电路原理图



Figure 3. Omni ceiling antenna

图 3. 全向吸顶天线实物

校准主要分三个步骤：

- 1) 接收机校准：在接收机内平衡 I & Q 通道的幅度和相位。
- 2) 探头阵校准(正交模校准)：使探头的幅度和相位保持一致，对准探头的电轴，将探头的交叉极化减至最小。
- 3) 增益校准：在近远场变换后用来得到绝对增益。

如图 2 中所示，通过俯仰轴对所有的探头进行校准，并与探头的电轴对准。

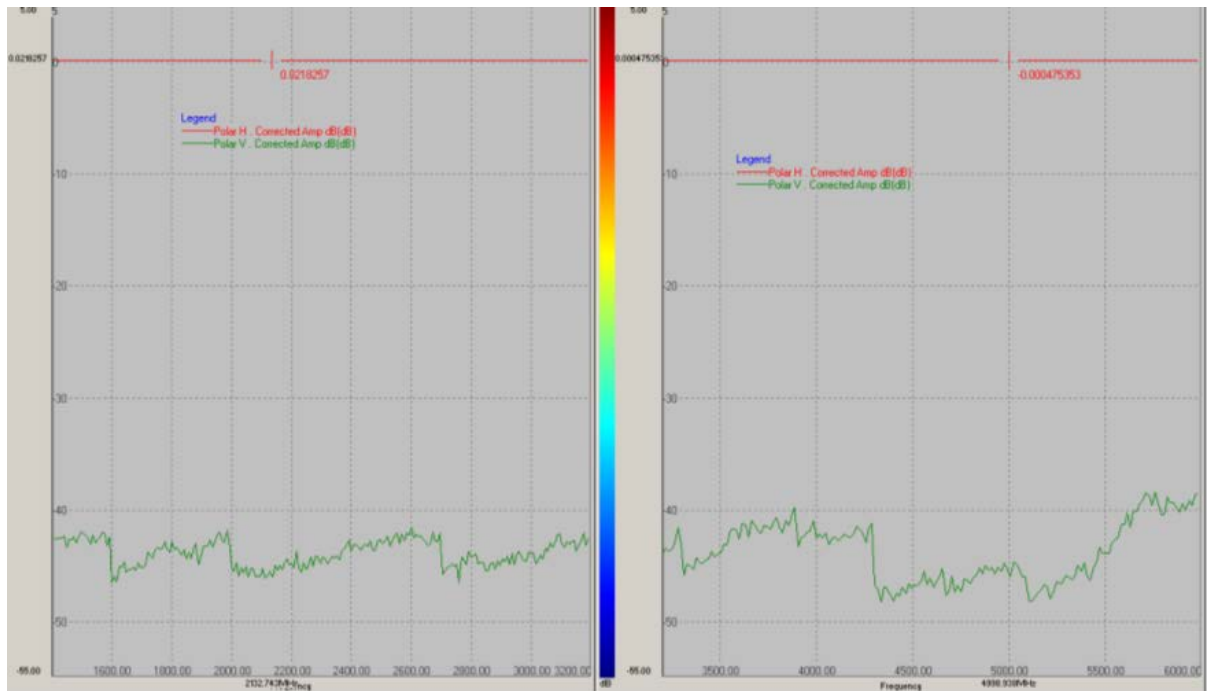
经校准，探头阵的幅度一致性可达到 $\pm 0.15$  dB，相位一致性达到 $\pm 1.0$  度，极化去耦在 40 dB 到 45 dB 之间，电轴的对准 $< 1$  度，测量误差如表 2 所示。

## 5. 结束语

多探头球面扫描测试技术在移动通信中应用广泛，利用此技术可以实时测出被测天线在空间各点的

**Table 1.** The list of antenna radiation parameters  
**表 1.** 天线辐射参数列表

频率(MHz)	增益(dBi)	(MAX)V 面波瓣宽度(°)	(MAX)V 面前后比(dB)	(MAX) 下倾角(°)	(60)H 面 波瓣宽度(°)	(60)H 面 前后比(dB)	(90)H 面波 瓣宽度(°)	(90)H 面 前后比(dB)
880	1.09	98.7	0.14	-1	360	0.04	360	0.22
935	1.35	88.54	0.01	12	360	0	360	0.28
960	1.6	86.25	0	-2	360	0.02	360	0.2
1710	4.93	52.73	1.19	-1.5	360	0.05	360	0
1795	4.97	48.57	1.8	-2.5	360	0	354.5	0.11
1850	4.9	45.99	2.2	-1.5	360	0.18	353.5	0
1880	5.29	42.03	2.65	-1.5	360	0.26	339.17	0.17
1900	5.12	45.38	3.58	-1	360	0	333.61	0.48
1920	5.01	44.95	2.3	-0.5	360	0.3	331.64	0.35
2010	5.58	42.34	2.91	-1.5	360	0.13	334.83	0.55
2018	5.55	43.54	2.78	-0.5	360	0	337.57	0.62
2025	5.74	41.88	3.04	-1.5	360	0.1	337.17	0.64
2300	6.07	35.55	5.22	-1	360	0.51	360	1.05
2350	5.33	37.66	5.11	-0.5	360	0.46	360	1.04
2400	5.79	35.27	5.5	0	360	0.7	360	1.02
2442	5.63	36.25	5.87	-2	360	1.05	345.33	1.06
2483.5	5.85	37.26	4.56	-2.5	360	0.79	104.5	0.99



**Figure 4.** The amplitude and phase calibration curve  
**图 4.** 幅度和相位校准曲线

**Table 2. System gain measurement error**  
**表 2. 系统增益测量误差**

被测天线增益	频率(GHz)	增益测量最大误差
0~7 dBi	0.4~0.8	≤1.0 dB
0~7 dBi	0.8~6.0	≤0.5 dB
7~15 dBi	0.4~6.0	≤0.5 dB
≥15 dBi	0.4~6.0	≤0.5 dB

空间立体方向图，测试精度很高，而且测试效率高，远远超过了传统远场测量的效率。三维测量技术的出现，是天线测试技术的重大创新，为全面、细致、精确的分析研究天线辐射特性提供了强有力的工具，是天线性能检测的发展新阶段。

### 参考文献 (References)

- [1] 王玖珍, 薛正辉 (2013) 天线测量实用手册. 人民邮电出版社, 北京.
- [2] 陈锡斌, 芦永超, 陈金虎 (2007) 多探头球面近场测试系统测试准确度的确定. *全国微波毫米波会议*.
- [3] 陈锡斌 (2007) 多探头球面近场测量系统及其创新改造工作. *中国天线年会*.
- [4] Fujimoto, K. and James, J.R. (1994) *Mobile antenna system handbook*. Artech House, Boston.
- [5] Bayard, J., Cooley, M.E. and Schaubert, D.H. (1991) Analysis of infinite arrays of printed dipoles on dielectric sheets perpendicular to a ground plane. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **39**, 1722-1732.
- [6] Levine, E., Shtrikman, S. and Treves, D. (1988) Double-sided printed arrays with large bandwidth. *IEE Proceedings H Microwaves, Antennas and Propagation*, **135**, 54-59.
- [7] Daoyi, S., et al. (2005) A novel broadband polarization diversity antenna using a cross-pair of folded dipoles. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, **4**, 433-435.
- [8] 黄克平, 张振安 (2010) 全向吸顶天线. 中国专利: 佛山市领先通信设备有限公司.