

# 对某含变频器天线的近场测试<sup>①</sup>

刘灵鸽, 崔 蕾

(中国空间技术研究院西安分院, 西安 710000)

**摘要:**文章提出了两种对含变频器天线的近场测试方法, 重点关注了射频系统的连接布局, 并简要分析了各方案的可行性、优缺点及应用情况。

**关键词:**平面近场测试; 变频器天线; 参考通道; 测试通道

## 0 引言

随着卫星通信应用的深入, 卫星天线的种类越来越多, 天线形式也越来越复杂。传统的卫星天线工作模式相对简单, 一般为无源产品, 天线馈电口的输入信号频率即是天线实际工作的频率, 现有的绝大多数测试场地都是针对该类天线设计建造的。但随着用户对星载天线要求的不断提高, 为了减小损耗等原因, 有的天线采用了变频的形式, 即天线的射频通道部分内置变频器, 使得对天线馈电的信号频率与天线实际工作的频率不一致。文章描述了如何在现有的测试场对该类天线进行测试。

## 1 传统天线近场测试方法

现有的天线测试场地无论在数据采集阶段还是数据后处理阶段, 都是针对传统天线设计建造的, 即对天线馈电口输入的信号频率与天线实际工作的频率一致的情况<sup>[1]</sup>。射频设备的连接方法如图1所示, 箭头方向表示信号流向。射频链路的工作原理是: 系统信号源发出射频激励信号, 先经过耦合器, 耦合出的信号作为系统参考信号经闭环链路混频后直接给接收机, 直通信号给被测天线馈电, 用特性已知的探测装置接收被测天线的辐射信号, 混频后给接收机, 接收机采集两路信号作比值处理。实际近场测试时, 特性已知的测试装置安装在可移动的扫描架上, 离开被测天线一定的距离, 通过二维平面扫描, 获取不同位置处被测天线的辐射信号信息; 在收集到足够多的不同位置的近场幅度、相位数据分布信息后, 对这些数据分布信息进行数学变换, 获得被测天线的远场三维信息<sup>[2]</sup>。在测试中, 采用混频装

置可以有效减小由于距离带来的射频信号功率的衰减, 接收机接收的是经过变频后的中频信号。采用参考信号的作用是获取近场相位分布信息, 同时平衡由于信号源的输出漂移等原因对测试结果带来的误差。考虑到系统测试的动态范围及信号稳定性, 实际测试装置要复杂得多, 除图1的装置外, 还会有放大装置、滤波装置等等。信号源与本振源的输出有着固定的一一对应关系, 即改变信号源的输出频率, 本振源的输出频率将自动改变, 以此来使系统中两个混频装置始终处于正常工作状态并保持中频信号频率的稳定。

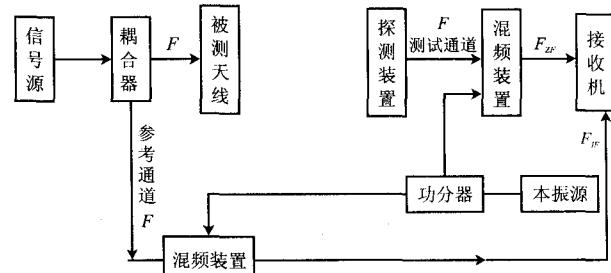


图1 现有场地的射频链路

## 2 含变频器天线的近场测试方法

对于含有变频器的被测天线, 由于信号源的输出信号频率与被测天线的工作频率不一致, 导致进入图1测试通道混频装置的信号频率与进入参考通道混频装置的射频信号频率不一致, 使得必然有一个混频装置无法正常工作。上文描述的传统天线的测试系统和测试方法不能满足测试需求, 必须重新建立测试系统的射频链路, 同时, 编制新的测试数据后处理软件进行数据处理。以下简要给出2种方案

① 收稿日期: 2010-04-08; 修回日期: 2010-09-19

来满足该类天线测试的需求。

方案1:用新的探测装置替代耦合器来建立参考通道。

如图2所示,用新的探测装置替代图1中的耦合器,建立本方案的参考链路,这也是天线远场测试常用的方法。此时,测试通道与参考通道混频装置的射频输入信号频率保持一致,采用同一输出频率的本振源即可使2台混频装置正常工作。但由于系统本振源的输出信号频率由信号源的输出频率 $F_1$ 唯一确定,而实际测试需要的本振频率是由天线的辐射信号频率 $F_2$ 确定的,这之间存在矛盾。解决的方法是,让测试系统自身的本振源处于模拟工作状态,即只是开机,在射频信号的输出口接负载,实际给测试系统混频装置提供本振信号的是新添的另外1台与 $F_2$ 相关的本振源(如图中虚线所示),其输出功率和频率由手动自由设置,不再受制于测试软件给出的不可更改的默认值。此时,测试软件会认为仍是系统本振源在工作,不会发出错误警告或者拒绝工作,这就解决了软件与新添硬件兼容的问题。其他射频部分的连接和布局同传统天线近场测试。

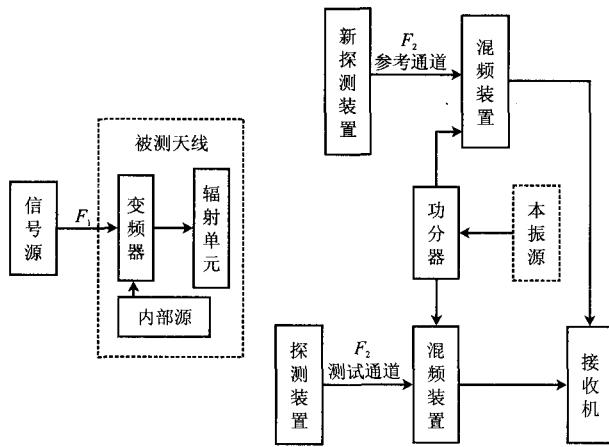


图2 方案1的测试链路

采用该方案的优点是实施方便、原理清楚;缺点是测试精度差,原因在于:(1)由于近场测试时扫描架处于运动状态,所以,新添探测装置必须置于扫描区域以外,而该区域被测天线辐射信号能量很小,加上新添探测装置与原探测装置间的相互影响,都会导致参考通道射频信号稳定性能的降低,进而使得系统的测试精度下降;(2)采用测试系统以外的本振源,其输出信号的触发与同步会对测试结果带来额外的误差,在多频点测试时尤为明显。

方案2:增加与被测天线中上变频器对应的下变频器。

在测试系统中,为使进入测试通道和参考通道混频装置的射频频率一致,在测试通道加入与被测天线中上变频器对应的下变频器,如图3的虚框所示,连接位置在探测装置与测试通道的混频装置之间。被测天线中上变频器的作用是把信号源的输出频率 $F_1$ 变换到辐射单元的工作频率 $F_2$ ( $F_2 > F_1$ ),新添加的下变频器的作用是把探测装置的输出频率 $F_2$ 变回到 $F_1$ 。做变频处理时,2台变频器使用同一台源即被测天线的内部源外加功分器,如图3所示。值得注意的是,要求新添下变频器的性能稳定,变频损耗小,且有一定的功率容量要求。改造后,测试系统满足文中描述的传统天线测试方法对射频链路的要求,可对含变频器的天线进行正常测试。

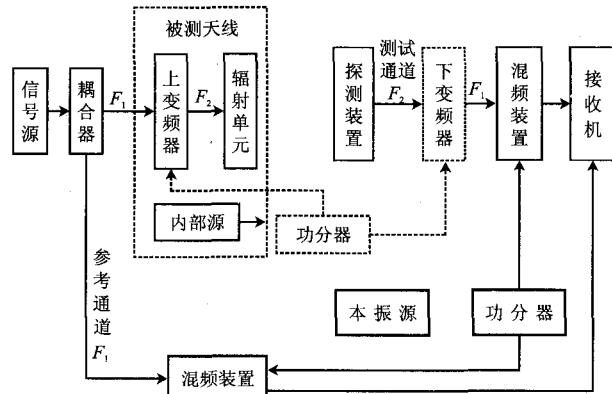


图3 方案2的测试链路

在实际的平面近场测试时,为减小损耗、保证一定的测试动态范围,下变频器及测试通道的混频装置安装在平面扫描架探测装置附近,随探测装置运动,与下变频器相连接的射频电缆(图3中的虚线)以及与测试通道的混频装置连接的射频电缆也会一起做水平和垂直运动。为保证测试精度,这2根电缆的稳定性能要有保证,其幅度和相位在运动过程中的变化一般要求幅度小于0.2dB,相位小于2°。无论原理框图还是具体实施过程,方案2都较方案1复杂,尤其是对射频链路中下变频器的性能要求很高。此外,还必须保证该变频器本振信号输入端采用高性能电缆。但由于此方案的参考通道闭环,信号稳定,因此可以保证测试精度。

无论是方案1还是方案2,由于软件控制的信号源的输出频率与测试时被测天线实际辐射频率不一

致,平面近场测试系统在自动测试时数据采集与后处理过程都会遇到困难,必须有针对性的解决办法。目前,采用该方案带来的软件方面的问题已经解决,并且在实际测试时得到验证,这里不再涉及软件改造的具体方法。

### 3 结论

文章给出了在测试含变频器的天线时的 2 种方案,在测试精度要求不高的情况下,可以采用方案 1,而在有很高的测试精度要求时,必须采用方案 2。

### 参考文献:

[1] 张福顺,张进民.天线测量[M].西安:西安电子科技大学出版社,1995.

- [2] Yaghjian A. An overview of near-field antenna measurements[J]. IEEE Trans. Antennas & Propagat. ,1986, AP-34(1):30~45.

### 作者简介:

刘灵鸽 1979 年生,硕士,毕业于西北工业大学电磁场与微波技术专业,工程师。主要从事天线测量工作。

崔 蕾 1982 年生,大学学历,毕业于西安电子科技大学电磁场与微波技术专业,工程师。主要从事天线测量工作。

## The Near-field Measurement for an Antenna with Mixer

LIU Ling-ge, CUI Lei

(China Academy of Space Technology (Xi'an), Xi'an 710000, China)

**Abstract:** Two methods for the measurement of the antenna with mixer are put forward in this paper. The radio-frequency subsystem is fixed attention on, and at the same time the feasibility, the merits and demerits and application of each method are analyzed.

**Key words:** Planar near-field measurement; Antenna with mixer; Reference channel; Test channel

(上接第 21 页)

## Design of Monitoring System Based on RF Sensor Network and GPRS

MENG Fan-yong<sup>1</sup>, CUI Xiao-jing<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Electronic Measurement of North University of China, Taiyuan 030051, China;  
2. Information and Communication Engineering Department of North University of China, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** For the disadvantage of short range application of most RF monitoring technology, a design scheme of remote radio monitoring system is presented in the paper, based on RF sensor network and GPRS. Software and hardware design solutions for the system are described emphatically. The base station is built up based on ARM7-S3C44B0X chip, and data acquisition nodes of RF sensor network are built up based on 51MCU-STC89C52RC. Communication between nodes and base station is realized by NRF905 RF modules. Design of topology and communication protocols are also addressed so as to solve the problems of conflict detection, hidden nod in RF sensor network. Therefore, the reliability of the system is ensured. Test experiment indicates that this scheme of system is feasible.

**Key words:** Sensor network; RF; NRF905; GPRS; ARM7

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养, 更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 结合实际工程案例, 直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>