

### 3.6 卫通移动站天线分系统检测设备硬件设计

欧长来 苏有道 李红春

摘要：本文提出供移动站用户对天线分系统进行检修的检测设备应具备的功能、性能指标，以及硬件的完整设计方案。对检测设备的关键部件发射模块和接收模块的构成、工作原理，以及对天线主要指标的定量测量原理也进行了说明。对故障定位到电路板组件一级的原理也进行了说明。

关键词：卫星通信 移动站 天线分系统 检测设备

卫星通信系统移动站天线分系统用于发送、接收卫星通讯移动站电台与卫星间的通信信号，并自动跟踪卫星信号，保证接收质量。本设计方案研制的检测设备供移动站用户对天线分系统进行定期检修，或天线分系统出现故障时，对天线分系统各个部件进行快速检测和故障诊断，将故障隔离到电路板组件一级，达到准确判断并定位天线分系统故障的目的。

#### 一、检测设备的指标考虑

##### 1. 检测设备应实现的基本功能

天线分系统由天线头、与天线头相连的跟踪伺服机构，以及电子部件-天线控制器组成。控制器接收天线状态传感器信号，解算出对天线头的驱动指令和运动参数到伺服机构，带动天线头运动并跟踪卫星。因此，检测设备应实现天线分系统级测试、构成分系统的各整机部件的测试、构成控制器整机的电子电路板组件的测试等三级测试能力，各级测试应能独立进行。对测试功能的具体要求如下：

(1) 系统级测试实现对天线分系统加电运转，判断系统功能是否正常。

(2) 整机级测试实现，①对天线头加电测量，判断天线头功能是否正常，定量测定天线头的驻波比和增益；②对天线伺服转台加电，检测伺服机构功能是否正常；③对天线控制器加电，检测天线控制器功能是否正常。

(3) 电路板组件级测试实现对天线控制器的电路板组件进行检测，判断其好坏。

##### 2. 对检测设备性能指标的考虑

检测设备的主要性能指标首先是频率源精度和稳定度，测试设备频率源精度的选择和稳定性设计保证了系统测试精度。在上行频段和下行频段各选择一个点工作频率，进行天线的测试，而不进行可调谐频段全段测试，既可以达到维修目的，又可以大大简化测试设备的结构、提高频率源稳定度。其它性能指标还有天线头衰减(增益)的测量范围和误差、天线驻波比测量范围，对插入损耗误差的标定等。

本检测设备的使用对象是卫通移动站用户，因为维护资源的种种限制，不可能配置如生产方一样的高精度标准测量仪器。维护人员在进行测试时，检测设备的定量测试结果具备一定的精度即可。确定本检测设备测量误差的主要依据是，使用其测试合格的天线分系统能达到正常的使用指标。

#### 二、检测设备系统硬件组成及作用

检测设备系统的硬件由辅助天线及支撑架、测试设备主机、(射频和控制)电缆组成，视请配置测试用转台。

测试设备主机由发射模块、接收模块、收发转换开关、检测接口电路模块、PC104微机  
和电源模块等部分组成，实现射频信号激励、采集处理，计算机控制、测量，伺服控制信号  
输出和反馈信号输入，GPS接收机信号模拟等功能。测试设备硬件系统的选择保证检测设备  
控制台采用具有WINDOWS风格的人机界面，从而使测试设备操作简单、方便。通过人机界  
面，由PC104微机控制测量过程，原理框图如图1所示。

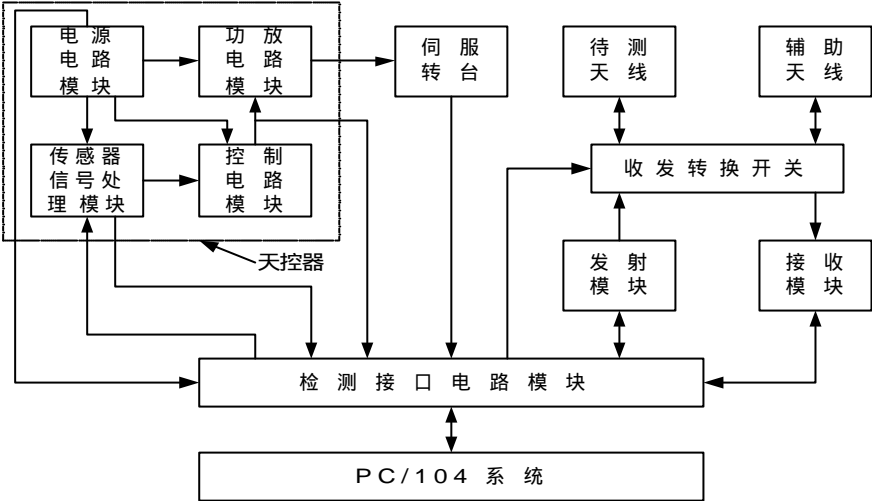


图1 地面检测设备原理框图

其中，检测设备通过检测接口电路模块实现测量信号模/数变换处理等功能，检测接  
口电路模块包括A/D变换电路、数字输入输出接口电路、电平转换电路、定时计数电路、  
数字变换电路等五部分。其配置如图2所示。

对天线头的性能测试由测量单元、模/数转换单元和实现数据处理功能的计算机三部  
分完成，其中，测量单元是天线测量的关键组件。测量单元包括发射模块和接收模块两  
部分，发射模块和接收模块的组成详见图3。

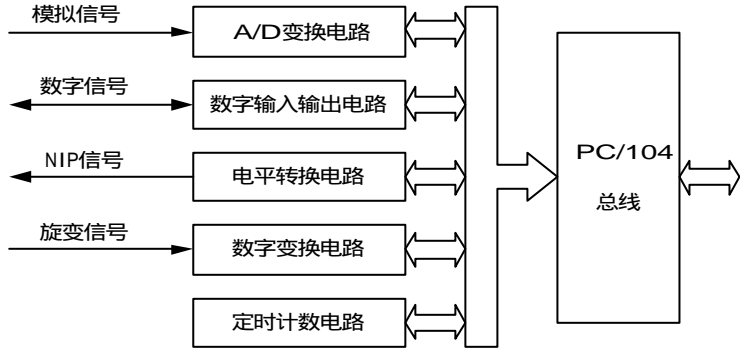


图2 检测接口电路模块配置图

发射模块控制器通过TTL电平控制两路标准信号源 $f_1$ 和 $f_2$ 振荡器，使其中只有一路工  
作，产生微波信号。信号源产生的信号经过发射功率合成器送到功率放大器将信号功率  
放大。微波信号依次经过两个定向耦合器以后，被送到发射天线。隔离器改善功率放大  
器的输出驻波，提高驻波测量精度。定向耦合器1耦合入射波信号，定向耦合器2耦合天

线反射波信号。经过隔离器以后的输入功率电平通过定向耦合器1和功率监视器1，输出到测试设备，用以测量入射波的功率 $P_A$ ；被测天线的反射信号 $P_{反}$ 通过定向耦合器2和功率监视器2输出，用以测量反射波信号。

接收单元处理、放大接收信号，通过校准可得出两天线间的空间衰减。接收功率分配器将接收信号分配给 $f_1$ 和 $f_2$ 滤波器，选择 $f_1$ 和 $f_2$ 信号，抑制其他信号干扰。功率合成器将接收到的 $f_1$ 和 $f_2$ 信号送给低噪声放大器，将接收到的微波信号放大，再送给功率监视器3，代表了接收天线输出的信号大小。

### 三、测量原理

#### 1. 对天线分系统的跟踪能力测试

检测方式分定位检测和模拟飞行动态检测两种方式，定位检测测试若干静态的方位点，模拟飞行动态检测以连续变化的经纬度形式测试天线分系统跟踪能力。测试时，由检测设备输出飞机位置信息给天线控制器，经天线控制器解算后，推动伺服转台动作，引导天线头对准通信卫星，与预先推算的正确位置进行比较，判断系统功能是否正常。

#### 2. 对天线头的性能测试

检测设备产生点频率射频信号，对天线头发送或接收信号能力进行测试，判断天线头的好坏。

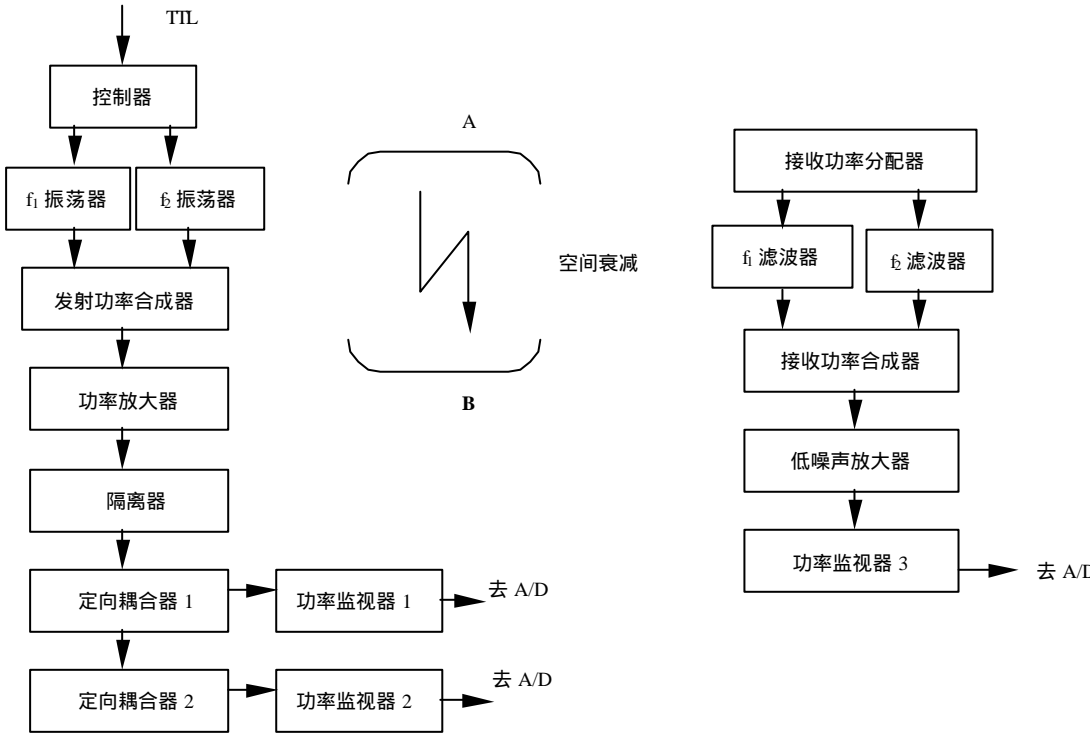


图3 发射模块和接收模块的组成

（1）测试天线头的驻波比。检测设备PC104微机系统控制收发转换开关，使待测天线头处于发射状态。发射模块产生射频信号送到天线头，有一部分射频信号被天线头反射回来。如前所述，发射模块对发射信号和反射信号进行处理，得到与其强度相对应的直流电压信号。这两个直流电压信号通过检测接口变成数字信号V1（发射信号）和V2（反

射信号)，微机系统通过对这两个信号进行处理，就可以得到天线头的电压驻波比。

实际测量时，采集的是信号功率，天线驻波比测量时信号的功率与电压的关系为

$$P=V^2/R \quad V=(PR)^{1/2}$$

驻波比  $\rho$  与入射功率  $P_{\lambda}$ 、反射功率  $P_{\text{反}}$  的关系为

$$\rho = V_{\text{max}}/V_{\text{min}} = (V_{\lambda} + V_{\text{反}})/(V_{\lambda} - V_{\text{反}}) = (P_{\lambda}^{1/2} + P_{\text{反}}^{1/2})/(P_{\lambda}^{1/2} - P_{\text{反}}^{1/2})$$

因此，根据功率监视器测量的入射功率  $P_{\lambda}$  和反射功率  $P_{\text{反}}$ ，就可以得到驻波比  $\rho$ 。驻波比测量的误差主要来自于定向耦合器2的方向性，及系统的剩余驻波比。这些固定误差通过标定可以得到，从而在使用中消除。

(2) 测试天线头的增益。测试接收和发射信号强度，可以得到天线头对信号的衰减程度，即天线增益。将待测天线头与辅助天线等高相对放置，其间距合适。微机系统控制收发转换开关，使天线头分别处于接收或发射状态，相应地使辅助天线处于发射或接收状态。检测设备的发射模块产生射频信号送到处于发射状态的天线，处于接收状态的天线将接收到的射频信号送到接收模块。接收模块将其进行处理，得到与其强度成正比的直流电压信号。检测接口电路将该信号变成数字信号  $V_3$ （接收信号）送到微机系统。微机系统通过对  $V_1$  和  $V_3$  进行对比，就可以得到天线头对射频信号的衰减程度。

被测天线和辅助天线间的空间衰减量是测试天线头增益时必须用到的参数，用标准衰减器替代法测量。将发射单元和接收单元之间接入标准衰减器。首先进行系统定标，记录功率监视器3的输出功率  $P_3$ ，然后将发射单元接到发射天线，接收单元接到接收天线，再测出输出功率  $P_3'$ ，那么，空间衰减量为

$$A(\text{dB}) = \text{标准衰减器衰减量} + P_3(\text{dBm}) - P_3'(\text{dBm})$$

### 3. 对天线控制器的测试

检测设备产生检测天线控制器时所需要的仿真信号。

(1) 对电源电路模块的测试。直接将天线控制器的电源电路模块产生的直流电压送到检测设备接测试口电路进行A/D变换，微机系统对得到的结果进行比较，就可以判断电源电路板组件的好坏。

(2) 对传感器信号处理电路模块的测试。微机系统产生特定的导航信息源NIP模拟信号，该信号通过检测接口电路以串行数字电平信号形式送到传感器信号处理电路模块。传感器信号处理电路模块收到该信号后，结合卫星位置信息进行处理，可以得到天线的跟踪目标角度。微机系统将该角度信息输入，并与预设的目标角度进行比较。如两者一致，表明传感器信号处理电路模块工作正常。否则，表明传感器信号处理电路模块有故障。

(3) 对控制电路模块的测试。微机系统通过传感器信号处理电路产生按一定规律变化的目标角度，控制电路模块通过比较目标角度和转台的实际角度，输出一个模拟直流电压信号。微机系统通过检测接口电路模块将该电压信号变成数字信号，并与预计的信号进行比较，由此可以判断控制电路模块的好坏。

(4) 对功放电路模块的测试。微机系统通过控制电路模块输出一个控制电压，功放电路模块对应该电压产生一个具有一定波形和幅度的驱动信号。微机系统通过检测接口电路模块将该信号变成数字信号，并与预计的信号进行比较，由此可以判断功放电路模块的好坏。

### 4. 对伺服转台的测试

检测设备微机系统通过功放电路模块产生一个电机驱动信号，天线分系统伺服转台应该以一定的转速转动。微机系统通过检测接口电路模块检测转台的转速，如达到预计的要求，表明转台工作正常。否则，表明转台有故障。

## 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，一直致力和专注于微波、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>