

SUNSTAR 商斯达实业集团是集研发、生产、工程、销售、代理经销、技术咨询、信息服务等为一体的高科技企业，是专业高科技电子产品生产厂家，是具有10多年历史的专业电子元器件供应商，是中国最早和最大的仓储式连锁规模经营大型综合电子零部件代理分销商之一，是一家专业代理和分销世界各大品牌IC芯片和电子元器件的连锁经营综合性国际公司，专业经营进口、国产名厂名牌电子元件，型号、种类齐全。在香港、北京、深圳、上海、西安、成都等全国主要电子市场设有直属分公司和产品展示展销窗口门市部专卖店及代理分销商，已在全国范围内建成强大统一的供货和代理分销网络。我们专业代理经销、开发生产电子元器件、集成电路、传感器、微波光电元器件、工控机/DOC/DOM电子盘、专用电路、单片机开发、MCU/DSP/ARM/FPGA软件硬件、二极管、三极管、模块等，是您可靠的一站式现货配套供应商、方案提供商、部件功能模块开发配套商。商斯达实业公司拥有庞大的资料库，有数位毕业于著名高校——有中国电子工业摇篮之称的西安电子科技大学（西军电）并长期从事国防尖端科技研究的高级工程师为您精挑细选、量身订做各种高科技电子元器件，并解决各种技术问题。

微波光电部专业研制、代理经销高频、微波、光纤、光电元器件、组件、部件、模块、整机；电磁兼容元器件、材料、设备；微波CAD、EDA软件、开发测试仿真工具；微波、光纤仪器仪表。欢迎国外高科技微波、光纤厂商将优秀产品介绍到中国、共同开拓市场。长期大量现货专业批发高频、微波、卫星、光纤、电视、CATV器件：晶振、VCO、连接器、PIN开关、变容二极管、开关二极管、低噪晶体管、功率电阻及电容、放大器、功率管、MMIC、混频器、耦合器、功分器、振荡器、合成器、衰减器、滤波器、隔离器、环行器、移相器、调制解调器；光电子元件和组件：红外发射管、红外接收管、光电开关、光敏管、发光二极管和发光二极管组件、半导体激光二极管和激光器组件、光电探测器和光接收组件、光发射接收模块、光纤激光器和光放大器、光调制器、光开关、DWDM用光发射和接收器件、用户接入系统光收发器件与模块、光纤连接器、光纤跳线/尾纤、光衰减器、光纤适配器、光隔离器、光耦合器、光环行器、光复用器/转换器；无线收发芯片和模组、蓝牙芯片和模组。

更多产品请看本公司产品专用销售网站：[欢迎索取免费详细资料、设计指南和光盘；产品凡多，未能尽录，欢迎来电查询](#)

商斯达中国传感器科技信息网：<http://www.sensor-ic.com/>

商斯达工控安防网：<http://www.pc-ps.net/>

商斯达电子元器件网：<http://www.sunstare.com/>

商斯达微波光电产品网：[HTTP://www.rfoe.net/](http://www.rfoe.net/)

商斯达消费电子产品网：<http://www.icasic.com/>

商斯达实业科技产品网：<http://www.sunstars.cn/> 微波元器件销售热线：

地址：深圳市福田区福华路福庆街鸿图大厦1602室

电话：0755-82884100 83397033 83396822 83398585

传真：0755-83376182 (0) 13823648918 MSN: SUNS8888@hotmail.com

邮编：518033 E-mail:szss20@163.com QQ: 195847376

技术支持: 0755-83394033 13501568376

# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 828.32—1997

idt IEC 835-3-2: 1995

---

## 数字微波传输系统中 所用设备的测量方法 第 3 部分：卫星通信地球站的测量 第 2 节：天线

**Methods of measurement for equipment used  
in digital microwave transmission systems  
Part 3: Measurements on satellite earth stations  
Section 2: Antenna**

1997-03-27 发布

1997-07-01 实施

---

中华人民共和国邮电部 发布

## 目 次

前言 .....	III
IEC 前言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 引用标准 .....	1
3 定义 .....	1
4 测量条件 .....	5
5 天线增益 .....	5
5.1 一般考虑 .....	5
5.2 测量方法 .....	6
5.3 结果表示 .....	10
5.4 需规定的细节 .....	10
6 天线方向图 .....	10
6.1 一般考虑 .....	10
6.2 地面轴向方向图的测量 .....	11
6.3 通过卫星测量天线方向图 .....	11
6.4 天线单脉冲方向图 .....	14
6.5 测量准确度 .....	16
6.6 结果表示 .....	16
6.7 需规定的细节 .....	17
7 极化 .....	18
7.1 极化效率的计算 .....	18
7.2 交叉极化鉴别率(XPD) .....	18
7.3 双极化频率复用天线的两端口鉴别率 .....	20
7.4 结果表示 .....	24
7.5 需规定的细节 .....	24
8 接收品质因素(G/T) .....	24
9 天线噪声温度 .....	24

9.1 一般考虑.....	24
9.2 测量方法.....	25
9.3 结果表示.....	26
9.4 需规定的细节.....	26
10 天线回波损耗 .....	26
10.1 测量方法 .....	26
10.2 结果表示 .....	26
10.3 需规定的细节 .....	26
11 发射—接收隔离度 .....	26
11.1 测量方法 .....	26
11.2 结果表示 .....	26
11.3 需规定的细节 .....	26

## 前 言

本系列标准等同采用国际电工委员会 IEC 835 系列标准《数字微波传输系统中所用设备的测量方法》。各标准的 IEC 前言统一采用 1994 年出版的 IEC 835 的前言。同时,为了符合我国行业标准的要求,在编写本系列标准时删去了原文本中有关国际标准草案(DIS)文件和投票结果报告的内容。

本系列标准的制定,将使数字微波传输系统中所用设备的测量方法规范化,有利于对这类传输系统所用设备进行质量监督,也有利于这类设备的研制、生产、维护和通信网的正常运行。

YD/T 828 在《数字微波传输系统中所用设备的测量方法》总标题下,包括以下 3 个部分,每个部分又包括若干节。

第 1 部分:地面无线接力系统和卫星通信地球站通用的测量;

第 2 部分:地面无线接力系统的测量;

第 3 部分:卫星通信地球站的测量。

各标准的附录 A 和 B 都是提示的附录。

鉴于本系列标准篇幅较大,涉及数字微波传输系统中所用的各种类型设备的测量方法,因此每一节都作为本系列标准中独立的标准出版。

本标准由邮电部电信科学研究规划院提出并归口。

本标准起草单位:邮电部第四研究所

本标准主要起草人:李指行 黄禄洋 邵红威 彭玉琴

## IEC 前言

- 1) IEC(国际电工委员会)是一个世界范围的标准化组织,它由所有的国家电工委员会(IEC 国家委员会)组成。IEC 的目标是促进在电气和电子领域有关标准化方面所有问题的国际合作。为此,IEC 开展了许多活动,此外,还出版国际标准。这些标准的准备工作由各技术委员会负责。任何对所处理的课题感兴趣的 国家委员会都可以参加此准备工作。与 IEC 有联系的国际组织、政府组织和非政府组织也可以参加此准备工作。根据 IEC 和 ISO(国际标准化组织)间的协议所规定的条款,IEC 将与 ISO 紧密合作。
- 2) 技术委员会代表了对所处理的课题特别感兴趣的所有国家委员会。由各技术委员会准备的 IEC 关于各技术问题的正式决议或协议,尽可能准确地表达出国际上的一致意见。
- 3) 这些正式决议或协议以标准、技术报告或导则的形式发表,以建议的形式供国际上应用,并且在该意义上被各个国家委员会接受。
- 4) 为了促进国际上的统一,IEC 的各国委员会同意在它们的国家和地区性标准中尽量直接采用 IEC 国际标准。相应的国家或地区性标准与 IEC 标准之间若有差别,应该明确指出。

数字微波传输系统中所用设备的测量方法

第 3 部分:卫星通信地球站的测量

第 2 节:天线

YD/T 828.32—1997

idt IEC 835-3-2: 1994

1 范围

本标准给出工作在 1GHz 以上频率的卫星通信地球站天线的电气特性的定义和测量方法。该方法可用于数字和模拟信号传输用的反射器型天线的测量。

测量的目的主要是为了确定地球站天线的性能是否符合一般由卫星系统提供者根据《无线电规则》和适用的国际标准(例如 ITU-R 建议 S. 465-5、S. 580-5、S. 731、S. 732 和 S. 733-1)所规定的要求。测量步骤通常由国际卫星业务组织规定。

除非另有规定,测量是在所有天线分系统设备都连接好的条件下进行的。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

IEC 50(60) (1970) 国际电工词汇(IEV)第 60 章:无线通信

IEC 50(712) (1992) 国际电工词汇(IEV)第 712 章:天线

YD/T 828.12-1996 数字微波传输系统中所用设备的测量方法 第 1 部分:地面无线接力系统和卫星通信地球站通用的测量 第 2 节:基本特性

YD/T 828.34-1996 数字微波传输系统中所用设备的测量方法 第 3 部分:卫星通信地球站的测量 第 4 节:低噪声放大器

YD/T 828.37-1997 数字微波传输系统中所用设备的测量方法 第 3 部分:卫星通信地球站的测量 第 7 节:接收系统的品质因数

ITU-R S. 465-5(1994) 在 2~30GHz 频段内用于协调和干扰估算的基准地球站辐射方向图

ITU-R S. 580-5(1994) 用作对地静止卫星的地球站天线设计指标的辐射方向图

ITU-R S. 731(1994) 在 2~30GHz 频段内用于协调和干扰估算的基准地球站交叉极化辐射方向图

ITU-R S. 732(1994) 地球站天线旁瓣峰值的统计处理方法

ITU-R S. 733-1(1994) 固定卫星业务中用的地球站 G/T 值的确定

3 定义

在本标准中,采用下列定义。

本标准中所用的通用术语的定义应参照 IEC 60 和 IEC 50(712)所给出的定义。如不一致,则优先采用此处所给出的定义。

3.1 天线分系统

天线分系统是地球站通信设备的一部分,它包括天线和馈电网络,如图 1 所示。本标准中所研究的天线是指由一次辐射器、主反射器、可能还有副反射器组成的反射器式天线。馈电网络通常可包括频率双工器、发射抑制滤波器、混合波导联接和极化分离器(正交模变换器)或极化器,用波导馈线将馈电网络与发射和接收复接设备、倒换设备以及跟踪接收机连接起来。天线分系统也可能包含调整天线指向的设备。

于给定的测量项目,应该规定天线分系统的端口。

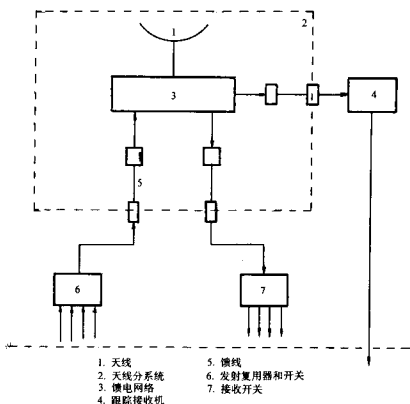


图1 地球站天线分系统

### 3.2 天线端口(天线终端)

天线端口可以在通常进行射频测量的馈电网络的任何接口处定义。为了把天线和馈电网络的特性区分开来,有时将馈电喇叭的波导法兰盘定义为天线端口,但是即使那样,包括全部馈电网络的附加测量有时还是重要的。

### 3.3 天线增益

发射天线的增益是指在给定方向上和在天线给定的距离处在远场区所产生的功率通量密度与在同一距离处无损耗无方向性天线会产生的功率通量密度之比。当然,无损耗无方向性天线与被测天线接收来自同一信号源的功率相同的信号。

对接收天线而言,天线增益  $G$  的定义可根据下式由有效面积  $A_e$  (见 3.5) 推导出来:

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad (3-1)$$

式中  $\lambda$  为波长。

在端口相同的情况下,由于天线的互易性,同一天线用于在相同频率上发射和接收时,上面所定义的增益对发射和接收来说是相等的。

理论上,增益不包含在馈电系统的增益参考面上由极化没有对准和阻抗失配引起的损耗。然而在实际测量中,通常这些因素的影响很小,可以忽略。尽管如此,有时必须给出对应于规定极化的那部分天线增益(正如在 IEV 712-02-44 中所定义的部分增益)。在这种情况下,应该说明参考极化,例如“右旋圆极化增益”或“水平线极化增益”。部分增益是指增益乘以对应于规定极化的极化效率。例如,它可以用一个按规定极化向被测天线辐射的轴向天线来测量。如果将天线极化分为两个正交分量,那么天线增益是与各分量的极化相对应的部分增益之和。

注:除非另有说明,增益将定义为轴向上的增益(最大增益)。

### 3.4 天线方向图

天线(辐射)方向图是在规定的端口处,天线所辐射的或所接收的信号强度沿角度的分布图。它通常对



应于同极化或交叉极化方向图。

### 3.5 天线的有效面积

对于给定的方向,天线的有效面积是传送到天线终端匹配负荷上的功率与入射到天线上的极化匹配平面波的功率通量密度之比。

注:有效面积通常用式(3-1)由增益测量来确定。

### 3.6 天线口面效率

天线口面效率 $\eta$ 是最大有效面积与天线在垂直于最大辐射方向的平面上的投影面积 $A$ 的比值。最大有效面积与3.3中所定义的最大增益 $G$ 有关,即:

$$\eta = \frac{A_e}{A} = \frac{G\lambda^2}{4\pi A} \quad (3-2)$$

式中 $\lambda$ 为波长。

注:天线口面效率的参考平面应该与增益的参考平面相同。

### 3.7 增益基准天线

增益基准天线是精确知道其增益的天线。将被测天线和基准天线进行切换,就可以将被测天线的增益与基准天线的增益进行比较。基准天线通常比被测天线小得多。

### 3.8 轴向

对于跟踪天线,轴向是指跟踪零点的方向。对于非跟踪的定向天线,轴向是指射束最大值的方向。

注:轴向测量通常将一辅助天线(轴向天线)安装在轴向上的塔(轴向塔)上进行测量。

### 3.9 天线极化

天线极化是指辐射天线在规定方向上远区电场的极化。它也是从给定的方向入射并具有给定的功率通量密度,使天线终端上可得到最大功率的平面波的极化。

注:除非另有说明,规定的方向就是轴向。极化用极化椭圆度来表征,或者用同极化分量与交叉极化分量的总和来表征。因此,对于所有方向的极化特性也由同极化的和交叉极化的天线方向图来给出。

### 3.10 轴比

轴比(或椭圆比) $r$ 定义为极化椭圆的长轴与短轴之比(线极化时 $r=\infty$ ,圆极化时 $r=1$ )。

### 3.11 同极化(标称极化)

(天线的)同极化是指天线要辐射(或接收)的极化。

从工作条件下得到最大功率转移的观点来看,地球站天线所要用的极化是在该地球站天线的方向上与卫星天线的相同极化。对线极化而言,卫星极化的方向与地球站和卫星的位置有关,与卫星天线的极化特性和方向稳定性也有点关系。

注:同极化一般是准确的圆极化或线极化。线性同极化通常是以相对于地面或卫星位置所在的地球子午面来规定的。

实际上,即使一个天线只是近似与所要的极化是同极化的(例如远场电矢量可能随频率而稍有移动),也将该天线称作是同极化的。

### 3.12 交叉极化

(与给定的同极化)交叉极化是指与同极化相垂直的极化(两个波传播的方向相同)。如果两个极化的极化椭圆旋转方向相反,轴比相同,并且长轴正交,则称这两个极化是正交的。

如果两个天线的极化是正交的,则称这两个天线是交叉极化天线。如果两个天线的同极化(标称极化)是正交的,则称这两个天线是标称交叉极化天线。

注:实际上,如果两个天线只是近似于正交,有时也称这两个天线为交叉极化天线。

### 3.13 交叉极化鉴别率(XPD)

对给定的方向和规定的端口而言,天线的交叉极化鉴别率XPD是天线极化的同极化分量与交叉极化分量的功率比(单位为dB)。交叉极化鉴别率(单位为dB)由下式给出: $x=10\lg X$ 。例如,在接收情况下,当发射天线的极化从同极化转换为正交交叉极化同时保持发射功率不变时,通过观察功率比就可测得这一比值。

注：除非另有说明，规定的方向指轴向。交叉极化是对多端口天线的每个端口来定义的。

### 3.14 极化效率

极化效率  $\eta$  是一个小于等于 1 的因子，可用下式表示：

$$P_r(\Phi, \theta) = A_e(\Phi, \theta) \cdot S \cdot \eta \quad (3-3)$$

式中：

$A_e(\Phi, \theta)$  为给定入射方向  $(\Phi, \theta)$  上接收天线的有效面积；

$S$  为从方向  $(\Phi, \theta)$  入射的平面波的功率通量密度；

$P_r(\Phi, \theta)$  是由接收天线的—个规定端口传送到匹配终端的功率。

### 3.15 双极化天线

双极化天线是指用于同时发射和/或接收具有两个正交(交叉极化)极化的信号的的天线。如果它具有—个接收端口和—个发射端口，那么与这些端口有关的同极化是正交的。如果它以频率复用方式工作，并且此有 4 个通信信号端口，那么与两个接收端口和两个发射端口有关的同极化在每种情况下都是正交的。

注：如果只考虑两个接收的或发射的工作极化中的一个，那么有时将对应于同一信号传播方向的端口称为“同极化”和“交叉极化”端口。但是，尽管与这些端口有关的天线极化接近所要的同极化和交叉极化，但还是应该将天线极化与这些极化区分开来。

### 3.16 两端口鉴别率(TPD)

双极化的频率复用地球站天线的两端口鉴别率(端口至端口鉴别率，隔离度)是针对两个接收端口和两个发射端口而定义的。

如果卫星天线以两个工作极化中的一个进行辐射，那么与该极化有关的被测天线的接收两端口鉴别率是指相应的接收端口所接收到的功率与另一个接收端口所接收到的功率的比值(两个端口都用匹配负载终接)。

如果被测天线以两个工作极化中的一个向卫星辐射，那么与该极化有关的被测天线的发射两端口鉴别率是指卫星天线的相应端口所接收到的功率与被测天线的功率从—个发射端口切换到另一个发射端口时在同一端口上所接收到的功率的比值(卫星天线的端口都用匹配负载终接)。

TPD 与两个工作极化中的哪一个被分别发射或接收有关。它也要受测试中所用的卫星或轴向天线的特性和传输路径特性的影响。因此它作为衡量被测天线质量的量度常常是不够的，但在某些实际场合下它可能是唯一可测的质量指标。

注：通常必须将两端口鉴别率与多端口天线的发射—接收隔离度(见 3.17)区别开来，也要与针对每个天线端口而定义的交叉极化鉴别率(见 3.13.7.2)区别开来。只有在特定的频率上或者天线性能理想时，这些参量的数值才可能相等或近似相等。

### 3.17 发射—接收隔离度(TRI)

天线的发射—接收隔离度是天线的发射端口上所发射的功率与天线的接收端口上所接收的功率(通过耦合)的功率比。

注：发射—接收隔离度可能包含接收链路中发射抑制滤波器的作用。

### 3.18 远场(远区，费琅荷费区)

天线的远场从离开天线的距离为  $L$  处开始。在远场内，天线方向图几乎与进行测量的距离无关。远场距离  $L$  通常由下式给出：

$$L = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (3-4)$$

式中：

$D$  为天线孔径的最大尺寸；

$\lambda$  为波长。

在远场测量时，测量距离要大于最小工作波长所对应的最大远场距离。

注：

1 当对面天线的最大孔径尺寸  $d$  大于  $0.64D$  左右时,测量所要求的最小距离如下:

$$L = \frac{Dd}{0.32\lambda} \quad (3-5)$$

如果  $D < 0.64d$ ,那么式(3.4)的  $D$  应该以  $d$  代替。

2 对于低旁瓣天线,可能要求测量距离大于式(3.4)所计算出的值。

### 3.19 天线的噪声温度

天线的噪声温度是指在规定频率上一个电阻在每单位带宽内可得到的功率与天线输出端处的功率相同时所对应的电阻的温度。

注:天线的噪声温度与其周围环境中的所有噪声源的影响以及在天线内部产生的噪声(例如由电阻性损耗而产生的噪声)有关。

## 4 测量条件

本标准所述的测量应该尽可能在实际工作条件下进行。应该在详细的设备规范中所给出的所有频带内进行测量。可以在有关各方同意的限值之内,在不同的环境条件下进行测量,例如:

- 风速;
- 冰雹;
- 冰;
- 雨;
- 雪;
- 太阳辐射;
- 温度范围。

应该认识到由于重力、风和天线指向角的影响而造成的天线几何结构的机械变形会影响测量结果,特别是会影响增益、旁瓣、交叉极化和两端口鉴别率的测量结果。

## 5 天线增益

### 5.1 一般考虑

卫星通信地球站的天线增益可以用下列4种方法中的其中一种来测量:

- a) 与一个增益基准天线作比较的方法;
- b) 卫星替代法(接收频带);
- c) 卫星链路功率法(发射频带);
- d) 射电星法。

如果有一个地面轴向测试场,则可以用与增益基准天线作比较的方法(标准增益喇叭法)来测量天线增益。测试场应该具有足够的长度,地面反射要足够低。当测试场长度大于远场距离(见3.18)时,该方法是可行的。

卫星替代法和卫星链路功率法对所有尺寸的天线而言都是实用和方便的方法,但通常不是很精确。当没有轴向测试场可用时,并且被测天线不够大而无法采用射电星法的情况下,可以采用这些方法。

射电星法适用于大天线的测量。该方法的实用性与射电星通量密度、天线增益、系统噪声温度和射电星的能见度有关。当  $Y$  因子(从射电星接收到的功率与天空噪声功率之比)大于  $2\text{dB}$ (见/YD/T 828.37)时,该方法是适用的。同时测量接收品质因素( $G/T$ )和系统噪声温度就可以测出天线增益。

有一些小天线,其馈源不能与低噪声放大器或发射功率放大器拆开。对于这些天线,可以用等效替代的馈源分系统来测量。适用的方法是使用地面轴向测试场的标准增益喇叭法。

应该指定天线分系统中的某些参考点,在这些参考点上要测量或要参照发射增益和接收增益。另外,应该规定滤波器、耦合器、开关和传输线中其它部件的数量,因为在计算和测量增益时,要将它们的损耗考虑在内。

## 5.2 测量方法

### 5.2.1 与一个增益基准天线作比较的方法

#### 5.2.1.1 一般考虑

与一个增益基准天线作比较来测量增益的方法是将增益基准天线与被测天线分别从同一个远方辐射源(轴向天线)接收到的信号电平作比较。

源天线和增益基准天线的极化类型(例如线极化或圆极化)最好与被测天线的极化类型相一致。然而,测量圆极化天线时可以使用线极化源天线和/或增益基准天线,但要加修正(见 5.2.1.3)。

注:被测天线的物理尺寸和增益一般都比增益基准天线要大。

#### 5.2.1.2 测量方法

图 2 给出了通常用于增益比较法测量天线增益的两个相似配置的框图。

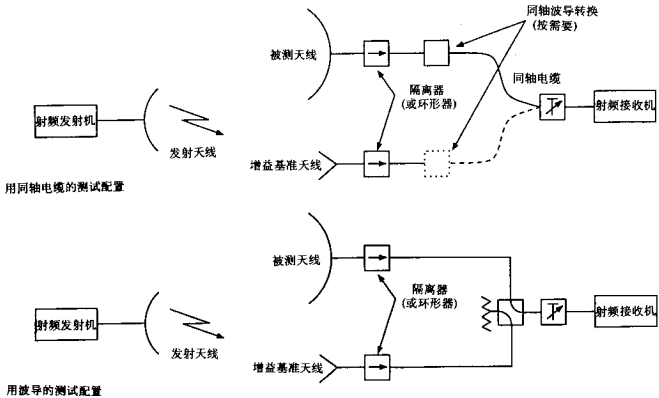


图 2 与增益基准天线作比较测量天线增益

用终端接有一个同轴波导转换和一个隔离器的软同轴电缆,或者用一个波导开关以及两条已知损耗的波导管,将射频接收机依次连接到被测天线及增益基准天线上。

在开始测量时,必须将两个天线即增益基准天线和被测天线交替在方位角和俯仰角上稍微调偏部分射束宽度。然后转动天线的方位角和/或俯仰角,通过最大信号强度点,然后再转回到这一点,依次在方位角和俯仰角上确定每一天的轴向,使其接收到的功率最大。在测量期间,增益基准天线和被测天线的方位角和俯仰角都要固定在该位置上。另外,还应该检查天线极化是否已精确调整,必要时对其进行调整,使天线接收到的电平最大。

步骤 1: 将接收设备与增益基准天线相连接,并记下或记录所显示的接收功率  $P_1$ 。

步骤 2: 将接收设备与被测天线相连接,增加可变衰减器的衰减量,使接收到的功率和上面所显示的接收功率为同一量级,并记下或记录接收到的功率  $P_2$ ,以及在步骤 1 与步骤 2 中记录到的可变衰减器读数的差值。

步骤 3: 重复步骤 1 和步骤 2,直至  $P_1$  和  $P_2$  测量的可重复性达到可以接受的程度。可重复性差可能是由发射源或接收设备的不稳定,或者测试场传播路径条件的不稳定引起的。

然后,可用如下的一般表示式求出被测天线的增益  $G_1$ :

$$G_s(\text{dB}) = 10\lg\left(\frac{P_s}{P_i}\right) + L_{\text{eq}} + G_i \quad (5-1)$$

式中:

$G_s$  为在增益参考点计算出的被测天线的增益;

$G_i$  为增益基准天线的增益;

$L_{\text{eq}}$  为步骤 2 中的衰减器读数与步骤 1 中的衰减器读数之间的差值(通常  $L_{\text{eq}} > 0\text{dB}$ )。

注:

1 为了消除地面反射的影响,应该记录增益基准天线距地面不同高度时该天线接收到的功率。地面反射对直接接收波的干扰会造成电平随高度近似周期性地变化。增益基准天线高度的变化量应足够大,以便记录下一个或多个这种波动。(建议用单独的结构来精确移动增益基准天线。)应该确定增益基准天线所接收到的平均电平,并应用于增益的计算。对于一个好的测试场,电平随高度变化的峰—峰值应小于  $0.4\text{dB}$ 。

2 最常见的是用扫频测量法来测量  $P_i$  和  $P_s$  与频率的关系。然而,用固定频率法测量时,将  $P_s$  调整到与  $P_i$  完全相等要容易一些,这样将使上述方程简化,从而也简化了  $G_s$  的计算。

### 5.2.1.3 使用线极化源天线和/或增益基准天线测量圆极化天线时的修正

情况 1: 被测天线轴比较好

当被测天线的轴比小于  $2\text{dB}$  左右时,可以采用下述的简单修正方法:

a) 线极化的源天线和线极化的增益基准天线。

测得的被测天线增益比实际增益要低  $3\text{dB}$ ,因此应该将测得的增益加上  $3\text{dB}$ 。

b) 圆极化的源天线和线极化的增益基准天线。

增益基准天线接收到的电平要比相同增益的圆极化天线接收到的电平低  $3\text{dB}$ ,因此应该将测得的增益减去  $3\text{dB}$ 。

注:当使用圆极化的增益基准天线时,没有必要进行修正。

情况 2: 使用线极化的源天线,被测天线轴比较差

首先,在适当的源天线极化角下测量天线增益  $G_0(\text{dB})$ 。然后,将源天线的极化角旋转  $90^\circ$ ,再测量天线增益  $G_{90}(\text{dB})$ 。如果使用线极化的增益基准天线,则可采用与情况 1 的 a) 相同的修正方法。此时天线增益  $G$  可计算如下:

$$G = 10\lg \frac{10^{\frac{G_0}{10}} + 10^{\frac{G_{90}}{10}}}{2} \quad (\text{dB}) \quad (5-2)$$

注:当采用圆极化的源天线时,除了按上述情况 1 的(b)进行修正外,不需要再作修正。

### 5.2.1.4 增益测量的准确度

因为该方法只是将两个天线进行比较,所以所用功率计的绝对准确度不是很重要。

为了将接收设备与测量中所用的其它有源电子设备(例如记录仪)之间的增益差引起的误差减至最小,测量增益基准天线和被测天线时通常使用同一套接收电子设备、记录仪等。同时,必须注意将接收电子设备、记录仪等的增益漂移以及发射源输出功率和频率的变化而引起的误差减至最小。两次测量之间的时间应尽量短,以便避免上述变化的影响。

当接收和记录的信号电平范围比较大时,为了将信号检波器、接收电子设备、记录仪等引入的非线性误差减至最小,最好用一个已校准的衰减器把通常较大的被测天线所接收到的信号电平降低到与较小的增益基准天线所接收到的信号电平相同。

在测量期间,使接收机在可能要接收的整个信号电平范围内保持线性是很重要的。

为了将照射场内的不均匀性引起的误差减至最小,应该将增益基准天线和被测天线尽可能放得彼此靠近一些。

被测天线的结构可能比较大,必须保证它的影响不致于显著地改变增益基准天线的特性。

当照射被测天线孔径的入射场与具有均匀振幅和相位的平面波前差别很大时,为了精确地确定被测天线的增益,也需要知道每个天线的功率转移修正因子。

引起误差的其它原因如下：

- 增益基准天线和可变衰减器校准的不准确；
- 由传播效应(包括环境的影响)引起的测试场路径损耗的增大或减小；
- 信噪比不够；
- 测量的观察误差；
- 地面反射和/或其它反射。

### 5.2.2 卫星替代法(接收频带)

该测量技术的原理是将低噪声放大器(LNA)从卫星接收到的信号电平与注入同一LNA输入端的已知源的信号电平进行比较(见图3)。

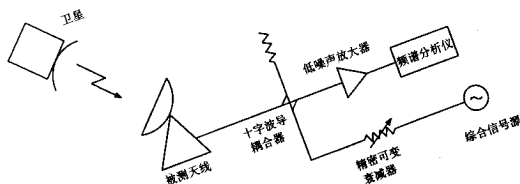


图3 接收天线增益测量配置

从卫星系统监测站(SSM)(或者从与SSM协调的被测天线)向卫星发射一个未调载波。由SSM测量卫星下行信号的EIRP。在被测天线的方向上,下行线功率的关系式为:

$$EIRP - L - a + G = P \quad (5-3)$$

式中:

$EIRP$  是在卫星照射方向图的最大方向上卫星天线的有效各向同性辐射功率(dBW);

$L$  是从卫星到被测天线的下行线路径损耗(dB)(必要时包含大气吸收损耗);

$a$  是卫星照射方向图或在地球上“覆盖区”的最大值与在地球站方向上实际照射之间的差值(dB);

$G$  是被测天线的增益(dB);

$P$  是在天线的增益参考点上的功率电平(dBW)(即至LNA输入口的功率电平)。

在频谱分析仪上显示LNA输出口的功率电平 $P$ 。并记录下来。然后断开卫星发来的信号,并通过十字波导耦合器在LNA输入口上注入来自信号发生器的未调载波。调整信号电平使LNA输出口的功率电平等于 $P$ 。记录此时信号发生器的输出功率。

$$\text{则} \quad P_{gen} - a = P \quad (5-4)$$

式中:

$P_{gen}$  是用精密衰减器调整的信号发生器的输出功率(dBW);

$a$  是相对于天线增益参考点的十字波导耦合系数(dB);

$P$  是天线增益参考点上的等效功率电平,它等于接收卫星信号时测得的功率电平(dBW)。

然后代入式(5-3),由下式计算出被测天线的增益:

$$G = (P_{gen} - a) - (EIRP - L - a) \quad (5-5)$$

式中 $P_{gen}$ 和 $EIRP$ 是测出的数值,而其它参数值是根据前面的测量或计算而得知的。

测量准确度主要取决于在SSM上测量卫星 $EIRP$ 的准确度。总误差通常为1dB到2dB量级。

测量时,应该在线极化条件下对准卫星天线和被测天线的极化。例如,当极化角调整偏差为 $8^\circ$ 时,误差约为0.08dB。

## 5.2.3 卫星链路功率法(发射频带)

测量发射频带天线增益(见图4)要利用基准卫星系统监测站(SSM)的天线增益的数据。

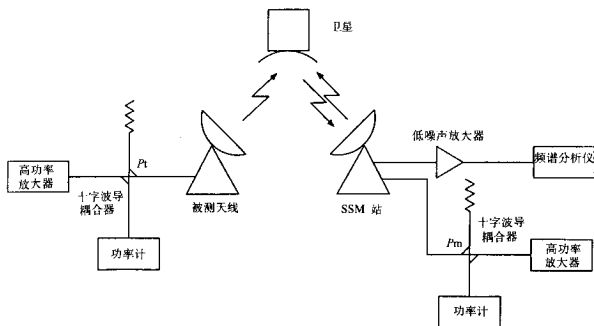


图4 发射天线增益测量配置(卫星链路功率法)

首先,SSM发射一未调载波,其EIRP低于工作卫星转发器的饱和功率。上行线功率关系式为:

$$G_m + P_m - L_m - a_m = S_m \quad (5-6)$$

式中:

$G_m$  是天线增益(dB);

$P_m$  是在天线的增益参考点上测出的上行线功率(dBW);

$L_m$  是从地球站到卫星的上行线路径损耗(dB)(必要时包含大气吸收损耗);

$a_m$  是卫星照射方向图或在地球上“覆盖区”的最大值与在地球站方向上实际照射之间的差值(dB);

$S_m$  是信号到达卫星的功率(dBW)。

下标“m”表示SSM。SSM记录下发射功率 $P_m$ 。

在这些条件下,卫星将产生某个EIRP。SSM测量它自己上行信号环回的下行功率电平 $P_{SSM}$ 。被测天线发射一未调载波,其EIRP为SSM测得与前面相同的 $P_{SSM}$ 值时所对应的值。这样,上行线功率关系式是:

$$G_t + P_t - L_t - a_t = S_t = S_m \quad (5-7)$$

式中下标“t”表示被测天线。记录下被测天线发射的功率 $P_t$ 。这样,被测天线的增益可由下式计算:

$$G_t = (G_m + P_m) + (L_t - L_m) + (a_t - a_m) - P_t \quad (5-8)$$

式中 $P_m$ 和 $P_t$ 是测出的值,而其它参数值是已知的(由前面的测量或计算得到)。

测量准确度主要取决于SSM的天线增益的测量准确度以及SSM天线和被测天线发射功率的测量准确度。其误差通常为1dB到2dB量级。

测量时,应该在线极化条件下对准卫星天线和被测天线的极化。例如,当极化角调整偏差为 $8^\circ$ 时,误差约为0.08dB。

## 5.2.4 射电星法

用射电星法测量增益是通过测量天线同一参考点处的 $G/T$ 值和系统噪声温度来实现的。天线增益由下式计算:

$$G = (G/T) + 10\lg T, \quad (5-9)$$

式中:

$G$  是被测天线的增益(dB);

$G/T$  是用射电星法测得的接收品质因素(dB/K);

$T_s$  是测得的系统噪声温度(K)。

系统噪声温度和  $G/T$  的测量分别在第 8 章和第 9 章中叙述。

### 5.3 结果表示

在增益参考点上的天线增益应该用相对于规定频率和规定极化条件下无方向源的增益来表示,单位为 dB。在规定的频带内至少要在 3 个频率点上进行测量,并且用图形来表示增益与频率的关系。

### 5.4 需规定的细节

按照要求,在详细的设备规范中应包括下列各项:

- a) 测量方法;
- b) 测量频率;
- c) 极化;
- d) 测量增益时天线系统中所用的接口点;
- e) 天气条件;
- f) 所要求的最小天线增益;
- g) 所使用的射电星(用射电星法时)。

## 6 天线方向图

### 6.1 一般考虑

如果对于不同的频段、极化或跟踪信号,天线都有单独的端口,那么应该在每个端口上测量方向图。也可以测量每种工作极化的方向图。对于一个给定的端口和频率,发射和接收方向图是一样的。在规定的天线端口处测得的信号电平通常用相对于同极化射束峰值的分贝数或者相对于无向性辐射器的分贝数来表示。

一般应该在远场条件下测量天线方向图,方法是把远方的地面轴向天线放在远场内或者用卫星天线作为第二天线。被测天线可以用来作为发射天线或接收天线。两个主轴的同极化和交叉极化天线方向图都要测量。如果在  $\pm 45^\circ$  切面内旁瓣电平过高,可能也需要测量这些平面中的方向图。

一些较小的天线有时安装在子午赤纬角转台(极坐标安装架)上。在这种情况下进行卫星测量,应该测量轨道平面方向图(恒定赤纬)而不是方位角方向图(恒定仰角)。换句话说,把天线转台单元放在方位角转台的一个仰角上就可以完成轴向测量。

如果只有方位角转台可以使用,只要有可能把被测天线围绕主射束轴旋转  $90^\circ$ ,也可以测量仰角方向图(如果天线是对称的,可以只旋转馈源)。

由于分辨率准确度的限制,对于强方向性天线,通常不仅要测量宽角度范围内的方向图,还要测量主射束周围某个近角度范围内(包括第一旁瓣)的方向图。一般只测量近角度范围内的交叉极化方向图。只有当宽角度的交叉极化电平高于同极化电平时,才有必要测量宽角度的交叉极化电平。值得注意的是,宽角度交叉极化方向图与由天线安装系统造成的可能的天线安装方向及源天线的角度位置有关。

交叉极化最大值通常在天线射束的两个零点之间。在线性垂直或水平同极化情况下,交叉极化最大值通常由馈电喇叭决定,一般出现在  $\pm 45^\circ$  平面内。

注:

- 1 天线旁瓣仅在其它通信卫星的方向上(对静止卫星而言,为几乎平行于赤道平面的方向)或在水平方向上(对地面无线接力链路站)引起干扰。
- 2 测得的天线方向图不应该反映出轴向天线或卫星天线的特性、地面和大气的特性(取决于测试场)以及外部噪声和干扰源的影响,但有时也可能反映出这些特性和影响。



- 3 用来自卫星的信号测量天线方向图(见 6.3)时,由于被测天线的主瓣所接收的噪声和无用信号的影响,使得在宽角度范围内精确测量增益很高的天线(例如直径为 32m 的天线)的低旁瓣电平相当困难。在这种情况下,可以用具有足够增益的第二个天线来进行高动态范围的测量,但要在试验现场进行。用第二个天线所接收的信号作参考,在很窄带宽内相干检测出被测天线所接收的信号电平,以有效地消除噪声和无用信号。
- 4 初次进行天线方向调整时,方向图的测量常常也是很重要的。
- 5 带方位轴的方向图的余割修正:对偏离天线方向图最大值的角度要进行修正(见 6.6)。

## 6.2 地面轴向方向图的测量

### 6.2.1 一般考虑

在下列情况下可能要考虑或有必要用地面轴向天线测量天线方向图:

- 如果还没有适当的测量卫星或频率可以用;
- 如果卫星测量的动态范围不够,无法测量低旁瓣;
- 如果卫星信号的交叉极化电平太高,以至于不可能精确地测量天线的极化特性。

轴向测量的优点还有:

- 不必要与卫星控制站进行协调;
- 可以消除轴向天线交叉极化的影响;
- 对 45°切面不必要作方位角修正或有关的修正。

轴向测量的缺点有:

- 有时轴向天线不在被测天线的远场内;
- 非天线工作位置(例如由于重力造成反射器轮廓变形);
- 由天轴向天线仰角低,地面和障碍物的反射的影响增大;
- 时变的绕射效应,例如由日晒造成的地面上方的热空气层所引起的效应。

轴向塔应该置于远场内,并且要放得尽可能高(例如放在高地或山上)。轴向天线的方向性应该足够高,以避免严重的地面反射。被测天线和轴向天线之间至少两个半涅耳区要没有阻挡。另外,在要测量的方位角和仰角范围内,被测天线的主瓣不应该碰上任何障碍物。如果做不到这一点,应将障碍物的角位置标注在天线方向图曲线上。(因为在圆极化情况下,由于极化方向的改变,可能只有在交叉极化方向图上才可以看出反射的影响)。俯仰角切面应该只包括主瓣不指向地面的较低的角度。

### 6.2.2 测量方法

在接收和发射频带内测量方向图的测试配置及测试步骤与在接收频带内通过卫星测量方向图的测试配置(如图 5 所示)以及 6.3 中所述的测试步骤相同。发射测量时,要接到发射端口  $T_{s1}$ 、 $T_{s2}$ ,而不是接到  $R_{s1}$ 、 $R_{s2}$ 。应该用轴向天线替代卫星天线。轴向天线通常发射地球站的发射和接收两个频率。而被测天线只接收信号。

在晚上测量有时可以避免由测试场的热效应所引起的电平起伏。

如果轴向天线的仰角超出天线调整和主反射面准确度所规定的仰角范围,则旁瓣特性可能会恶化。

注:如果轴向天线的交叉极化鉴别率大于被测天线的交叉极化鉴别率,那么测得的交叉极化方向图只表示被测天线的特性。交叉极化鉴别率和频率复用天线的两端口鉴别率之间的差别,见 3.13、3.16 和 7.3。

### 6.2.3 近场修正

当轴向天线位于被测天线的近场内时,方向图旁瓣电平的增大可能无法接受。因此,被测天线应该相对于轴向天线重新聚焦。例如,对馈源和/或副反射器作轴向调整使接收功率最大,并且应提供用于连续调整的装置,就可以实现被测天线的重新聚焦。测量之后,天线应该对着卫星重新聚焦。

测量时被测天线若不重新聚焦,也可以用计算机程序对畸变的方向图进行近似数值修正。在这种情况下,测得的数据应自动存储在大容量存储器中。

## 6.3 通过卫星测量天线方向图

### 6.3.1 接收频带用的测量方法

地球—卫星测试空间可以测量工作条件下的远场天线辐射图,而避免了从地面各处噪声源来的干扰。

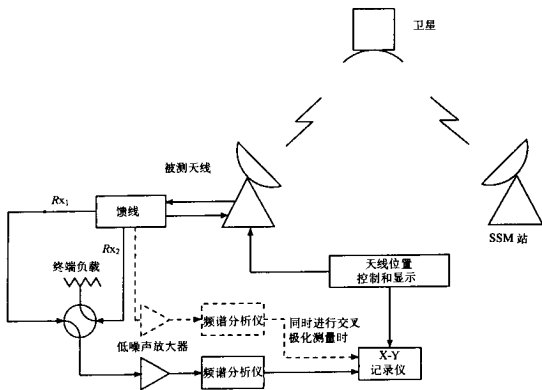


图5 天线方向图测量配置—接收频带

接收频带同极化和交叉极化方向图的测试步骤如下：

测量配置参照图5。

- a) 校准被测天线的转动速率。
- b) 监测地球站(也称为SSM卫星系统监测站)安排卫星发射一个已知EIRP的纯净的未调载波。
- c) 调整地球站天线的指向,使下行同极化信号达到最大值。
- d) 设置频谱分析仪和X-Y记录仪的电平,使得方向图的振幅刻度和角度范围都在合适的位置,并且要保证系统线性良好。
- e) 将天线相对卫星转偏一个要求的方位角到测量的起始位置。
- f) 从起始位置转动天线,经过要求的方位角范围转到所要求的结束位置,一定要保证在此范围中要包括同极化射束最大点。同时使X-Y记录仪工作。校准角度刻度。
- g) 回到射束中心。
- h) 再次调整地球站天线的指向,使得到最大的同极化信号,然后将馈源切换到交叉极化状态。如果馈源有单独的交叉极化端口(图5中的 $R_{x2}$ ),就切换到这个端口。对于没有交叉极化端口的线极化天线,要将被测天线或它的馈源(如果天线具有旋转对称性)旋转 $90^\circ$ (极化调整的方法见7.2.3)。
- i) 重复步骤(e)和(f),测量交叉极化方向图,然后回到同极化最大值位置。
- j) 用频谱分析仪上的衰减器校准相对功率电平刻度。
- k) 记录频谱分析仪的输出 $(C+N)/N$ 。
- l) 在仰角平面上重复进行测量,若有必要并有可能实现,还要在 $\pm 45^\circ$ 平面中的至少一个平面上重复进行测量。

图6给出国际通信卫星标准A型站32m天线在近角范围内测得的接收方向图的实例。

注:

- 1 交叉极化方向图也可以与同极化方向图同时记录下来(见图5中的虚线部分和图6中下面的几条曲线)。
- 2 可以直接给出记录仪的角度数据或者用时基的方式(如果无法用其他方式给出)给出记录仪的角度数据。
- 3 方位角方向图的测量,要求按6.6中所给出的方法进行角度刻度修正。

### 6.3.2 发射频带用的测量方法

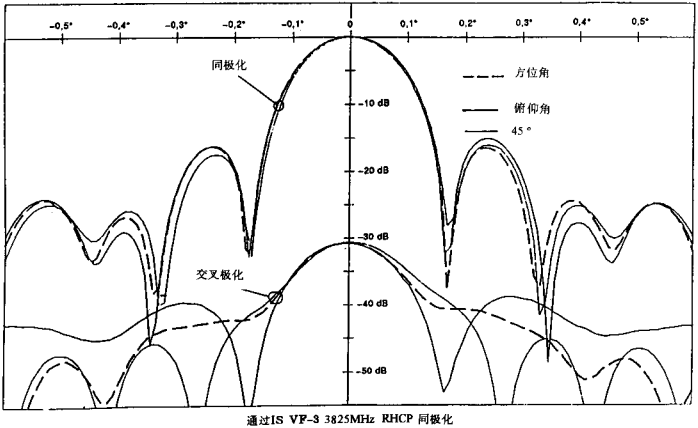


图6 测得的32m天线接收频带的近角度方向图的实例  
测量配置参见图7。

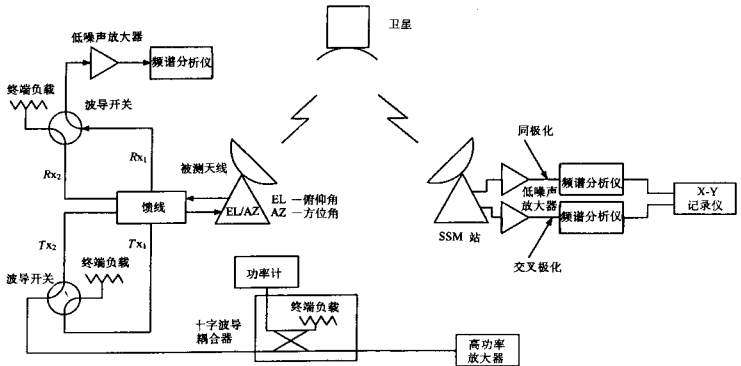


图7 天线方向图测量配置—发射频带

方法1——通常的动态范围(小角度范围)

- 校准被测天线的转动速率。
- 开始与监测站(SSM)协调工作。
- 用频谱分析仪监视,将被测地球站天线调到下行线同极化信号出现最大值的位置。
- 被测天线发射一个适当  $EIRP$  的未调载波,其电平低于工作转发器的饱和电平。检查线性。

e) 记录馈源的功率电平。

f) 与 SSM 协调工作, 测量和记录在同极化和交叉极化两种情况下, 被测天线在方位角和俯仰角平面上所要求的角度范围内转动时, SSM 接收到的信号电平。

方法 2——增大的动态范围(扩展的角度范围)

a) 校准被测天线的转动速率。

b) 开始与监测站(SSM)协调工作。

c) 用频谱分析仪监视, 将被测地球站天线调到下行线同极化信号出现最大值的位置。

d) 被测天线发射一个适当 *EIRP* 的未调载波, 其电平低于工作转发器的饱和电平。

e) 记录馈源的功率电平。

f) 与监测站进行协调, 为了使动态范围最大, 将功率电平增大到卫星的饱和电平。

g) 再记录馈源的功率电平。

h) 与 SSM 协调工作, 测量和记录在同极化和交叉极化两种情况下, 被测天线在方位角和俯仰角平面上所要求的扩展角度范围(取决于可得到的动态范围)内转动时, SSM 接收到的信号电平。

i) 应该对近旁瓣电平和交叉极化电平进行修正, 方法是减去在步骤(e)和(f)测得的饱和与不饱和状态下馈源功率电平之间的差值。

图 8 给出在扩展的角度范围内, 国际通信卫星标准 A 型站 32m 天线的发射方向图的例子。

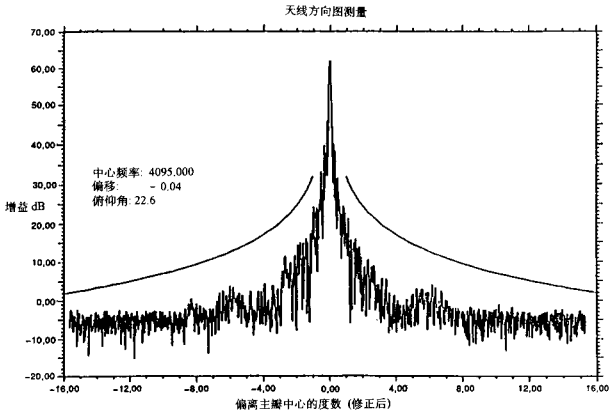


图 8 测得的 32m 天线的发射方向图的实例

注:

1 天线发射时, 不允许天线指向邻近的卫星。

2 为了进一步增大动态范围, 测量主瓣和第一旁瓣的方向图时预加衰减(例如 30dB)。测量其余的角度范围时, 再将衰减去掉。

3 方位角方向图的测量, 要求按 6.6 中所给出的方法进行角度刻度修正。

#### 6.4 天线单脉冲方向图

对于应用单脉冲跟踪系统检测轴向和卫星信标源之间调整不当的天线, 可以用与 6.3 所述的测量上行和下行天线方向图同样的方法来测量跟踪灵敏度。与单脉冲跟踪天线有关的方向图的主要特征是, 在两

个正交平面(方位角和俯仰角)的每一个平面内都有两个主瓣,轴向上有一个公共零点。从一个瓣到另一个瓣相位反转,零点决定了天线的实际指向。要装备跟踪伺服控制系统,用以在仰角和/或方位角平面内将天线驱动到零(最小值)电压的位置,此时天线指向跟踪方向图的零点,对着卫星。

跟踪灵敏度定义为所测得的双瓣方向图(差方向图)在零点处切线的斜率与通信信号(和方向图)用的同极化端口上的信号电平之比。斜率越陡峭,跟踪灵敏度越高。

用线极化信标时,单脉冲跟踪耦合器有两个误差信号终端,一个是方位角的,而另一个是俯仰角的。用圆极化时,只有一个终端。

用线极化信标时的测试步骤:

测量配置参照图 9(接收线极化信标双极化频率复用天线的例子)。 $R_{x1}$ 是与信标的工作极化相对应的通信接收终端(即和终端)。

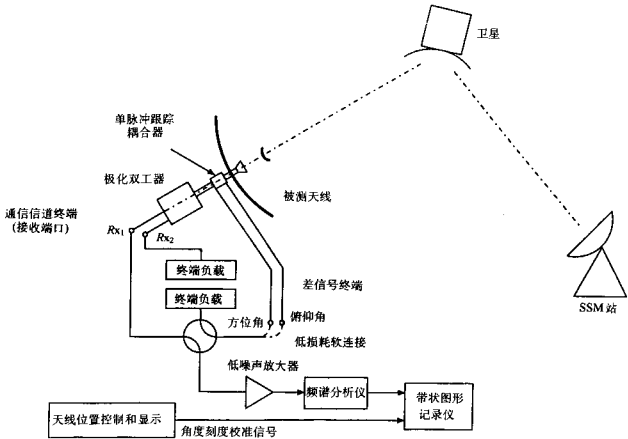


图 9 天线跟踪方向图和灵敏度测量配置

- a) 校准被测天线的转动速率。
- b) 接收卫星的信标信号。
- c) 跟踪卫星,使下行同极化信号达到最大值。
- d) 设置频谱分析仪和 X-Y 记录仪的电平,使和方向图的振幅刻度和角度范围都在合适的位置,并且要保证系统线性良好。
- e) 将天线相对卫星在方位角上转偏一至二个射束宽度到测量的起始位置。
- f) 将天线在方位角上从起始位置转到所要求的结束位置,同时使 X-Y 记录仪工作。
- g) 回到射束中心。
- h) 将 LNA 转接到方位角差信号端口。
- i) 确保天线指向方位角零点的方向。
- j) 转动天线,使它在方位角上偏离卫星正好超过差方向图的一个最大点。
- k) 反向转动天线,通过零点,一直转到刚好超过差方向图的另一个最大点,并记录方位角差方向图。
- l) 将 LNA 转接到同极化通信和终端,并且使天线回到射束中心。

- m) 将 LNA 转到俯仰角差信号端口。  
 n) 转动天线,使它在方位角上偏离卫星正好超过差方向图的一个最大点。  
 o) 反向转动天线,通过零点,一直转到刚好超过差方向图的另一个最大点,并记录从方位角串到俯仰角的方向图。  
 p) 将 LNA 转到通信和终端,并使天线回到射束中心。  
 q) 重复步骤 a)到 p),但是在俯仰角上而不是在方位角上转动天线。将 LNA 连接到俯仰角差信号端口,记录俯仰角跟踪差方向图,再将 LNA 连接到方位角差信号端口,记录从俯仰角串到方位角的方向图。  
 r) 将跟踪差方向图的相对功率刻度变换为相对于通信和方向图的电压刻度,并作出它与相对卫星方向的角度偏离的关系曲线。测量方向图通过零点位置的斜率,单位为[伏特/度]/[伏特]。

注:实际测量误差信号时,可以用原来的跟踪放大器器件来代替 LNA/频谱分析仪的组合。因此有必要将两个系统的放大调到相同。

用圆极化信标时的测试步骤:

一直到步骤 k),本测试步骤都与上述步骤相同,唯一的差别是应该删去步骤 b)中的“方位角”一词,其余各步骤不要。

在稍微增大一些的角度范围内测得的实际方向图的例子在图 10 中给出。

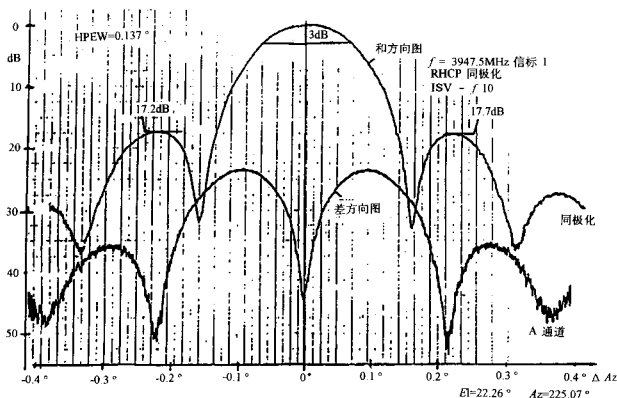


图 10 32m 天线方位角跟踪通道方向图的实例

## 6.5 测量准确度

方向图测量的准确度主要取决于是否能得到为获得正确的信噪比所需要的非常稳定的未调信号。这种信号源应该象目前轨道上卫星的跟踪信标一样稳定,并且没有任何调制。

所测得的天线方向图实际上表示了  $C+N$  值。因为加进了噪声,所以在背景噪声电平附近测得的旁瓣电平将比实际旁瓣电平高,必须进行修正。图 11 用图形给出对测得的  $(C+N)/N$  值的修正量。因此,为了记录最精确的方向图包络,背景噪声电平必须低(即增大动态范围)。在偏离轴向角度较大的区域,如果动态范围扩展到规定的包络(dBi)以下至少 10 到 15dB,则包络的误差将小于 0.5dB。

## 6.6 结果表示

测量结果最好用图形来表示,例如用记录的图表或绘图仪的输出的拷贝来表示。图 6、图 8 和图 10 给出方向图表示的例子。

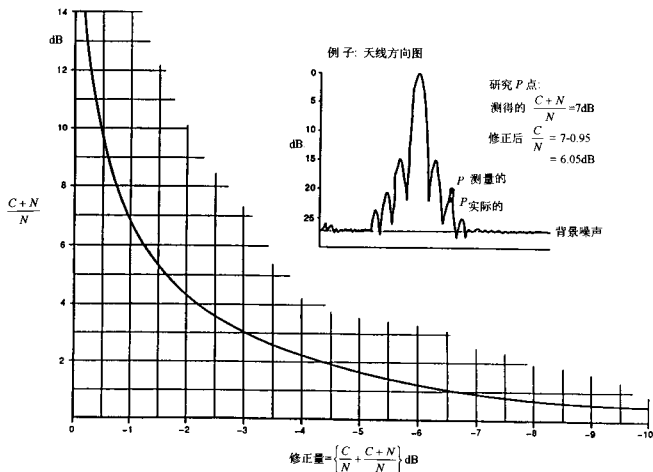


图 11 对噪声电平附近信号测量结果作  $(C+N)/N$  修正

记录方向图上所有相关的信息,包括(如果有的话):

- 所规定的各个量值(见 6.7);
- 卫星下行线和具体的站址条件、天气;
- 频谱分析仪(例如带宽、噪声电平等等);
- $(C+N)/N$ 。

方位角刻度修正:

在采用位于实际水平面以上的仰角处的卫星来测量方位角方向图的情况下,应该用下式对所指示的方位角刻度进行修正:

$$\Delta A_{Z(\text{修正值})} = 2 \sin^{-1} \left[ \sin \left( \frac{\Delta A_Z}{2} \right) \cdot \cos E1 \right] \quad (6-1)$$

式中:

$\Delta A_Z$  为所指示的偏离轴向的方位角角度;

$E1$  为所指示的实际水平面以上的仰角角度。

注:

- 对聚焦比较好以及设计得比较好的天线而言,一般它的同极化方向图的主瓣和第一旁瓣之间的零点较深,并且近旁瓣结构是对称的。
- 通常允许一些旁瓣超过技术规范中所规定的旁瓣包络。在临界情况下,有时可以采用规定的旁瓣统计处理方法(见 ITU-R S. 732)。
- 对俯仰角方向图没有必要修正。

## 6.7 需规定的细节

按照要求,在详细的设备规范中应包括下列各项:

- 频率;

- (b) 极化；  
 (c) 方向图切面的类型(例如  $Az$ —、 $E1$ —、 $\pm 45^\circ$  平面、轨道平面)；  
 (d) 测量方位角方向图的仰角角度(在通过卫星进行测量的情况下)；  
 (e) 容许的最大旁瓣包络。

## 7 极化

### 7.1 极化效率的计算

极化效率的定义见 3.14。极化效率可以用于计算交叉极化鉴别率(见 7.2)和两端口鉴别率(见 7.3)，而且作通信链路的功率估算时也是必需的数据。如果入射波和被测天线的极化相同，则  $\eta=1$ ，否则  $\eta$  小于 1。实际上极化效率近似为 1。

根据极化椭圆的参数计算极化效率  $\eta$  的一般表达式如下：

$$\eta = \frac{(1+r_1^2)(1+r_2^2) \pm 4r_1r_2 + (1-r_1^2)(1-r_2^2)\cos 2\alpha}{2(1+r_1^2)(1+r_2^2)} \quad (7-1)$$

式中：

$r_1$  是在给定的方向上，天线用来发射时所辐射的远场的电场轴比；

$r_2$  是来自同一方向的入射电磁平面波的电场轴比；

$\alpha$  是两个极化椭圆的长轴之间的角度差。

注：

- 1 当两个极化旋转方向相同时取“+”号；当旋转方向相反时取“-”号。
- 2 如果  $\eta$  为零，则天线与入射波是交叉极化的，也可以说天线的极化和入射波的极化是正交的。
- 3 实验确定轴比的方法，见 7.2.3 至 7.2.5。

### 7.2 交叉极化鉴别率(XPD)

#### 7.2.1 一般考虑

交叉极化鉴别率的定义见 3.13。与 7.3 中所述的两端口鉴别率相反，XPD 纯粹是天线的特性，它对于评估同一个或其它通信链路的交叉极化信号的极化干扰是相当重要的。因此，一般应该规定在卫星方向上所要求的 XPD 的最小值。对于双极化的频率复用天线，通常规定两端口鉴别率而不是 XPD，因此应该测量和/或计算两端口鉴别率(见 7.3)。

如果可能，所有测量应该在规定频带内的各不相同的频率上包括边界频率上进行。如果规定了轴向附近某个角度范围内的 XPD，则应该在这个范围内的各个重要方向上重复进行测量。

#### 7.2.2 交叉极化鉴别率的计算

对于任意的同极化，天线的交叉极化鉴别率 X 可以由式(7-2)计算，式中的  $\eta$  是由式(7-1)计算出的极化效率[在式(7-1)中  $r_2$  对应于同极化]。

$$X = \frac{\eta}{1-\eta} \quad \text{任意同极化} \quad (7-2)$$

$$X = r^2 \quad \text{线性同极化} \quad (7-3)$$

$$X = \left(\frac{r+1}{r-1}\right)^2 \quad \text{圆同极化} \quad (7-4)$$

对于线性同极化，天线极化椭圆的长轴与同极化平行时出现的交叉极化鉴别率的最大值 X 由式(7-3)给出，式中  $r$  是地球站天线的轴比[为了从式(7-2)得到这个结果，在式(7-1)中令  $r_1=r$  和  $r_2 \rightarrow \infty$ ]。对于圆同极化， $r$  与 X 之间的关系由式(7-4)给出。

#### 7.2.3 准线极化天线的测量方法

在主射束方向，线极化用的天线上极化椭圆的轴比很高。椭圆的长轴相对于同极化的方向可能有一个小倾角。通常两者都对 XPD 有影响，但是可以将倾角减小到零，因为被测天线的极化椭圆的角度位置通常是可以调整的。这样就可以使用式(7-3)。但是即使被测天线机械上有极化调整的可能性，实际上，



对一个频率和一个方向被测天线调整到交叉极化最小的最佳位置,不应该再对着其它频率和方向进行调整。从这个意义上说,极化调整不精确是正常的。

下面的测量方法采用一个单独的线极化源天线。与被测天线的  $XPD$  指标相比,源天线或接收波的  $XPD$  应该都相当高,而且源天线极化椭圆的角度位置应该是可以调整的。

基本方法:

——被测天线极化角不能调整

当测量主射束方向上的  $XPD$  时,把要测量的天线按它的工作位置安装在测试场里,并用上述处于远场中的源天线来照射。两个天线相互对准方向,即指向最大增益的角度位置。然后,将源天线极化角精确地调整到与所需要的同极化完全平行,并记录被测天线所接收的功率  $P_{\max}$ 。然后将源天线围绕它的射束轴旋转恰好  $90^\circ$ ,再记录接收到的功率  $P_{90^\circ}$ 。为了得到更准确的  $XPD$  值,要调整角度,使得到最小电平,然后将源天线再转  $90^\circ$ ,检查一下  $P_{\max}$  是否相同。交叉极化鉴别率  $X$  由下式给出:

$$X = \frac{P_{\max}}{P_{90^\circ}} \quad (7-5)$$

必要时,在其它方向和频率上重复进行同样的测试。如第 6 章中所述,只要记录下在主射束附近角度范围内的同极化和交叉极化天线方向图,也可以从这些方向图得到以 dB 表示的  $XPD$ ,它正好是同一方向上两方向图上相应点之间的电平差。

——被测天线极化角可以调整

如果被测天线的极化角可以调整,则可以将极化调整到使  $XPD$  最大。为一个特定的端口、指向和频率所选择好的调整位置,不应该再对着其它端口、指向和频率进行调整。

对着给定的方向和频率或规定的角度和频率范围来调整,可以使对应于特定端口的  $XPD$  达到最大值。对于给定方向和频率,找到相应的  $XPD$  最大值的步骤如下:

将源天线在  $90^\circ$  位置附近旋转一点点,在所选择的频率和位置上检查最小功率转移的位置(极化零点)是否与  $90^\circ$  位置一致。如果不一致并且发现有一小倾角,那么调整被测天线的极化零点使其与  $90^\circ$  位置相一致,并记录最小功率  $P_{\min}$ 。再利用式(7-5),式中  $P_{90^\circ}$  代之以  $P_{\min}$ ,就可确定  $XPD$ 。这样就得到了经改进的  $X$  值。也可以使用式(7-3),其中  $r$  是被测天线极化椭圆的轴比。

由于极化调整位置不应该改变,因此应该将基本方法应用于其他端口、方向和频率。

如果要在规定的角度和频率范围内将  $XPD$  调整到最大,则可以记录各重要频率处和  $90^\circ$  位置附近其它极化位置的  $XPD$  方向图。然后选出交叉极化鉴别率最小值最高的那个位置。如果预计  $XPD$  可得到明显改善,则建议采用该步骤。

对于双正交极化天线,应该确定两个同极化相应的两个端口的  $XPD$ 。在极化不完全正交的情况下,一般不可能用调整天线或馈源角的方法同时使两个端口的  $XPD$  都最大。但是,只有当两个端口上测得的最小  $XPD$  相等时,才可以找到最佳极化位置。

双极化的频率复用天线有两个发射端口和两个接收端口,一般通过卫星测量两端口鉴别率(见 7.3),而不是测量  $XPD$ 。但是,因为两端口鉴别率也包含了卫星天线的特性,这种情况下的  $XPD$  可能与天线的品质因素一样有用(当没有采用 7.3.3 中所给出的方法时)。

注:

- 1 源天线的安装方式应该是使同极化方向图的峰点与交叉极化方向图的零点相一致。射束轴应该与机械上旋转轴相一致,并且应该精确地对准被测天线的方向。
- 2 从测试场反射的各信号的电平要低于影响测量准确度的电平是很重要的。
- 3 在 7.2.3 中所述的测量方法可能不适用于大尺寸的地球站天线,因为把源天线放在远区内,并且要置于在频率测试范围内地面反射可以忽略的高度有时是相当困难的。在这种情况下,有时最好是用卫星天线进行测量。但是这个方法必须要有可能将卫星极化从一个线极化切换到高度正交的线极化,或者要有可能旋转被测天线的馈源的极化而不是旋转源天线的极化,而不改变被测天线的极化特性(旋转对称的天线可以满足这个要求)。

## 7.2.4 椭圆极化天线的测量方法

如 7.2.3 中所述,把要测量的天线安放在测试场内,用位于远场区的线极化源天线照射,要将两个天线精确地放在得到最大增益的位置。然后将源天线围绕其射束轴至少旋转  $180^\circ$ ,观察接收功率的最大值  $P_{\max}$  和最小值  $P_{\min}$ 。被测天线的轴比  $r$  由下式给出:

$$r = \sqrt{\frac{P_{\max}}{P_{\min}}} \quad (7-6)$$

然后,可以用式(7-1)至(7-4)计算对于给定的同极化,被测天线的交叉极化鉴别率  $X$ 。如果提供不止一个工作同极化,那么必须对于这些同极化重复进行测量。

7.2.3 中的注 2 和注 3 在此处也适用。

这里给出的用于椭圆极化天线的测量方法也适用于近似圆极化的被测天线,只要所预计的功率差(dB)的测量误差(包含数值的时间稳定性)与被测天线的同样很小的轴比  $r$ (dB)相比较足够小就可以了。如果因子  $r$  接近于 1,那么式(7-4)中的差值  $r-1$  的准确度就相当差。在这种情况下,最好应采用下一条文所给出的方法。如果近似线极化的源天线的  $XPD$  不够高,也要采用下一条文所给出的方法。

### 7.2.5 准圆极化天线的测量方法

方法 1——将源极化从同极化转换到交叉极化

只有在双极化源天线的圆极化非常好的情况下,才可采用本方法。在这种情况下,只要将源极化从同极化转换到交叉极化并观察或记录给定方向上被测天线的同极化端口处的功率电平差就可以了。只要记录了同极化和交叉极化天线方向图(见第 6 章),就可以直接得到  $XPD$ (dB),数值正好是两个方向图之间的电平差。

注:

1 如果用卫星天线作源天线,由于卫星天线的  $XPD$  所限,通常测量准确度不高。

2 如果用地面源天线进行高精度测量,可以用可调的源极化器,使得在特定频率上交极化很低。但是在这种情况下,最好采用下面所介绍的方法 2。

方法 2——旋转源极化椭圆

如果由于源天线交叉极化的影响使所测得的  $XPD$  的精度超过了允许的范围,因而不能使用方法 1 时,可以采用本方法。

如果圆极化器或者整个源天线可以围绕它的主射束轴转动,有可能完全消除源天线交叉极化的影响。测试步骤如下:

a) 在某个包含所需方向的角度范围(通常指遥控选择跟踪范围或 1dB 射束宽度)内,记录被测天线的同极化端口上的天线方向图(见 6 章)。

b) 将轴向天线从同极化转换到交叉极化。

c) 将源天线极化转动至少  $180^\circ$ ,并记录被测天线的同极化端口上的功率电平。

d) 根据记录的电平找出最大值  $X_{\max}$  和最小值  $X_{\min}$ (单位都为 dB,都大于零)。

e) 由下式计算出被测天线和源天线的轴比  $R_1, R_2$ (单位为 dB,大于零):

$$R_{1,2} \approx \frac{17,37}{2} (10^{\frac{-X_{\max}}{20}} \pm 10^{\frac{-X_{\min}}{20}}) \quad (7-7)$$

将  $R_1$  和  $R_2$  与单独测得的源天线的轴比作比较,通常就可以确定被测天线的两个  $R$  值中哪一个是正确的。然后可以用式(7-4)计算出相应的鉴别率。为了减小统计测量误差,最好在不同的天气条件下作数次测量,然后根据  $X_{\max}$  和  $X_{\min}$ (dB)的算术平均值计算出  $R_1, R_2$ 。

注:

1  $X_{\min}$  对应于源天线和被测天线的极化椭圆长轴平行,而  $X_{\max}$  对应于两天线的极化椭圆长轴垂直。

2 式(7-7)是高交叉极化鉴别率情况下的近似值。

## 7.3 双极化频率复用天线的两端口鉴别率

### 7.3.1 一般考虑

两端口鉴别率的定义见 3.16。

本条文规定具有双正交极化和频率复用能力的大型地球站天线的有关端口之间的鉴别率(隔离度)的测量方法。被测天线的特性以及传输路径的特性和在测试场另一端的的天线的特性都要影响两端口鉴别率。因此它与所规定的工作极化有关。必须将两端口鉴别率与 3.13 中所定义的单端口的交叉极化鉴别率区分开来。只有当被测天线接收到的信号正好是同极化信号,而且与两个接收端口或两个发射端口有关的天线极化完全正交时,两端口鉴别率才和交叉极化鉴别率相同。如果两个天线的极化近似正交,而且接收波象实际情况那样是准同极化的,两端口鉴别率和交叉极化鉴别率通常不可能近似相等。

为了从物理上区分两个相关的端口(同频带端口),将它们称为端口 1 和端口 2。为了从电气上加以区分,将功率电平较高的端口(有点不确切地)称为“同极化”端口,而将另一个端口称为交叉极化端口,这是因为它具有准正交天线极化的特性。(这并不意味着通常可以在交叉极化端口上测量 3.12 中所定义的端口 1 的交叉极化。)由下式确定两端口鉴别率:

$$X_{12}^I = \frac{1}{X_{21}^I} \quad \text{同极化 I}$$

$$X_{21}^I = \frac{1}{X_{12}^I} \quad \text{同极化 II} \quad (7-8)$$

到底用哪一个公式取决于采用的工作极化是 I 还是 II。“极化 I”表示端口 1 为同极化端口,而“极化 II”表示端口 2 为同极化端口。因此, $X_{12}^I$ 表示同极化端口 1 的功率除以交叉极化端口 2 的功率,以此类推。根据定义,等式左边的参数大于 1,并且通常应优先使用这些参数。

注:测量天线两端口鉴别率的角度范围应该至少扩展到跟踪射束宽度范围。此外,因为两端口鉴别率随频率变化,所以对于每个工作极化应该在整个发射和接收频带内进行测量。当使用圆极化的工作卫星进行测量时,应该验证极化方向。可以进行测试的可用测试频率可能会受到限制。

### 7.3.2 通过卫星测量两端口鉴别率

#### 7.3.2.1 概述

使用工作卫星测量两端口鉴别率不会受地面反射或地面噪声源的影响。由于靠近地面而引起的大气绕射和闪烁的影响也将降低。通过卫星测量是优选的方法。卫星天线的极化纯度必须足够高(见 7.3.4)。

#### 7.3.2.2 测量方法

以下方法适用于线极化和圆极化。卫星必须正常工作,使得在要进行测试的地球站上可以在射频环回的条件下进行测量。

典型的测量配置如图 12 所示。地球站向卫星发射一个未调射频信号,地球站接收环回来的信号,在地球站上用频谱分析仪测量接收信号的功率(电平)。如果有可调谐的下变频器,可以将频谱分析仪改接到下变频器的中频输出端。

另一方法是可以用另一个地球站可能是卫星系统监测站(SSM),来接收(用于发射鉴别率的测量)和发射(用于接收鉴别率的测量)测试信号。

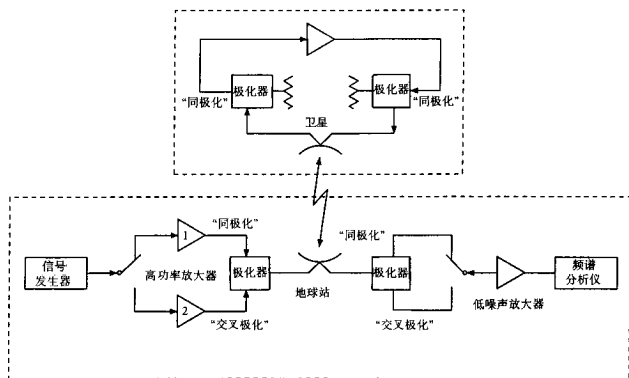
确定传输参数时要使卫星和地球站都工作于它们的转移特性的线性区域内。

测量配置必须能够单独测量在发射和接收条件下的天线两端口鉴别率。如果对于两个可能的同极化中的每一个,卫星都能够按如下方式工作,即可以切断交叉极化通道,而只让同极化(更准确地说是准同极化)信号通过卫星转发器,就可以实现单独测量。地球站的 EIRP 和频谱分析仪的测量带宽必须保证同极化测量时载噪比不低于 45dB。

对于线极化系统,在传输交叉极化期间,应该调整极化,方法是旋转地球站的极化器,使交叉极化分量尽可能达到零。调整好,极化器应该保持在这一位置。如果这一位置与频率有关,则应该将极化器的位置调到在整个频带内交叉极化鉴别率最佳的那个位置上。对于两个所要用的同极化都要进行测量。也应该在跟踪射束宽度内的几个不同点上重复进行测量。

#### 发射两端口鉴别率

通过连接到极化器(或正交模变换器)的同极化端口上的 1 号高功率放大器,从被测天线的同极化端口(以两个可能的同极化中的一个)向卫星发射一未调载波。在“环回”的情况下,在同一地球站或另一个地



图例: Pol: 极化器

\*Co\*: 对发射/接收路径而言, 地球站和卫星站之间同极化

\*Cross\*: 对发射/接收路径而言, 地球站和卫星站之间交叉极化

图 12 利用工作卫星测量交叉极化鉴别率的典型配置

球站(SSM)上用频谱分析仪通过连接到极化器的同极化端口上的1号低噪声放大器测量接收到的载波功率(电平)。然后,被测天线以交叉极化模式(即另一个同极化)通过连接到极化器的交叉极化端口上的2号高功率放大器发射同样的功率。在“环回”的情况下,在同一个地球站或在另一个地球站(SSM)上用频谱分析仪通过连接到同一同极化端口的1号低噪声放大器测量载波的交叉极化分量。

两次测量之间的功率比(以 dB 表示)就是发射两端口鉴别率。

接收两端口鉴别率

通过1号高功率放大器由被测天线的同极化端口向卫星发射一未调载波。用频谱分析仪通过连接到被测天线的同极化和交叉极化极化器的输出端口的低噪声放大器测量接收到的同极化分量和交叉极化分量的功率。

这可以用“环回”的方法来实现,或者必要时可利用另一个地球站(SSM)来实现。

在极化器的每个接收端口处两次测量之间的功率比(以 dB 表示)就是接收两端口鉴别率。

注:

- 1 在每次开始测量之前,应根据天线的同极化信号的响应使它指向最佳位置。
- 2 使用另一个地球站的方法更可取,因为当被测天线的方向转动时,接收增益(对发射鉴别率测量而言)或发射增益(对接收鉴别率测量而言)将是不变的。

### 7.3.3 通过地面圆极化轴向天线测量两端口鉴别率

通过卫星测量圆极化情况下的两端口隔离度往往受卫星天线的影比较大,因为卫星天线的交叉极化高。在这种情况下,采用与7.2.5中测量交叉极化鉴别率的方法2相类似的轴向测量法可能比较妥当,因为这种方法可以减小或消除轴向天线的交叉极化的影响。

本测量可按7.2.5中方法2的测量步骤进行,唯一的不同是将步骤b)改为将被测天线从同极化端口转接到交叉极化端口,而不是转换轴向天线的极化。再根据式(7-7)计算被测天线的轴比,而参数 $x=101gX$ 此时为两端口鉴别率(单位为dB)。可以把经修正的两端口鉴别率看作被测天线的质量参数。

### 7.3.4 两端口鉴别率的测量准确度

## 7.3.4.1 概述

当使用交叉极化性能不很好的源天线(卫星天线或轴向天线)时,双正交极化的频率复用天线的有关端口之间的鉴别率是地球站天线的轴比、源天线的轴比以及两个极化椭圆长轴之间的倾角差的函数。它可以根据 3.14 中所定义的极化效率来确定。如果天线的有关端口用端口 1 和 2 表示,对应的极化效率用  $\eta_1$  和  $\eta_2$  表示,那么对源极化 I 而言,端口 1 和端口 2 之间的两端口鉴别率  $X_{12}^I$  以及对源极化 II 而言,端口 2 和端口 1 之间的两端口鉴别率  $X_{21}^I$  分别由下式给出:

$$X_{12}^I = \frac{\eta_1^I}{\eta_2^I} = \frac{1}{\eta_2^I} \quad (7-9)$$

$$X_{21}^I = \frac{\eta_2^I}{\eta_1^I} = \frac{1}{\eta_1^I} \quad (7-10)$$

用式(7-1)就可以计算出  $\eta_1, \eta_2$ :

对于式(7-9),代入后得:

$$r_1 = r_{e2}, r_2 = r_{s1}, \alpha = \alpha_2^I$$

对于式(7-10),代入后得:

$$r_1 = r_{e1}, r_2 = r_{s2}, \alpha = \alpha_1^I$$

式中:

$r_{e1}, r_{e2}$  是地球站天线在端口 1 和端口 2 处的电压轴比(定义见 3.10);

$r_{s1}, r_{s2}$  是源天线的工作极化 I 和 II 相应的接收波的电压轴比;

$\alpha_2^I$  是源天线的极化椭圆 I 的长轴与地球站天线的端口 2 相应的极化椭圆长轴之间的倾角差;

$\alpha_1^I$  是源天线的极化椭圆 II 的长轴与地球站天线的端口 1 相应的极化椭圆长轴之间的倾角差。

若鉴别率比较高,而且若端口 1 和 2 的极化椭圆分别与源极化 I 和 II 的旋转方向相同,给出的近似值是有效的。

圆极化和线极化是椭圆极化的极限情况。实际上当轴比近似为 1 时,叫做圆极化;而当轴比非常大(趋向于无穷大)时,叫做线极化。

注:在准圆极化情况下,在效率公式(7-1)中取下面的符号,即“-”号,这是因为端口 2 的极化椭圆与极化椭圆 I 的旋转方向相反,而端口 1 的极化椭圆与极化椭圆 II 的旋转方向相反。然而,在准线极化情况下,该公式中必须有“±”号,因为极化方向并不总是已知的。对标称圆极化而言,如果源天线不是在地球站天线的主瓣的角度范围之内,公式中同样要有“±”号,因为在这种情况下,极化性能可能要变坏。(在这种情况下,“交叉极化”端口通常是指两个有关端口中给出较低功率电平的那一个端口)。

## 7.3.4.2 误差源

主要的测量误差源及其影响如下:

a) 在线极化情况下,当轴比非常大时,由于式(7-1)中  $\eta$  有两个符号而带来的不定性所造成的式(7-9)和(7-10)的误差变小。

b) 对线极化天线而言,旋转地球站极化器,调整到最佳位置,就可以消除倾角差。

c) 对圆极化天线而言,除非进行相位测量,否则倾角会测不准。

d) 当接收波的交叉极化鉴别率和地球站的两端口鉴别率大于 100(即 20dB)左右时,地球站天线的两端口极化鉴别率  $X_c$  在如下范围之内:

$$\frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{X_m}} + \frac{1}{\sqrt{X_c}}\right)^2} < X_c < \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{X_m}} - \frac{1}{\sqrt{X_c}}\right)^2} \quad (7-11)$$

式中:

$X_c$  是从卫星方向接收到的波的交叉极化鉴别率;

$X_m$  是测得的两端口鉴别率;

X。可能与式(7-9)和(7-10)中的  $X_{12}^!$  或  $X_{21}^!$  相同,这取决于卫星的极化如何。

例,如果卫星天线的两端口鉴别率是 37dB( $X_e=5000$ ),测得的值是 33dB( $X_m=2000$ ),则地球站天线的两端口鉴别率假定在 28.8dB( $X_e=750$ )和 41.7dB( $X_e=14805$ )之间。

给出另一个简化公式,它与式(7-11)近似等效:

$$|R_m - R_e| < R_e < |R_m + R_e| \quad (7-12)$$

式中,  $R_m$ 、 $R_e$  和  $R_e$  是与线性参数  $X_m$ 、 $X_e$  和  $X_e$  相对应的轴比(单位为 dB)。若各因子 X 的值都相当大,则可以用下式计算 R(单位为 dB):

$$R = \frac{17.37}{\sqrt{X}} \quad (7-13)$$

## 7.4 结果表示

测得的发射和接收交叉极化鉴别率或两端口极化鉴别率应该以 dB 来表示,并且对每个位置和每一测量频率列表表示。应该说明进行测量的射束宽度。测量结果可以用  $A_e/E_1$  平面上的二维点阵来表示,平面上还要标出所规定的最小隔离度的等值线。

另一种结果表示方法如图 13 所示。应该计算(见 7.3.4)并画出测得的点的误差范围。

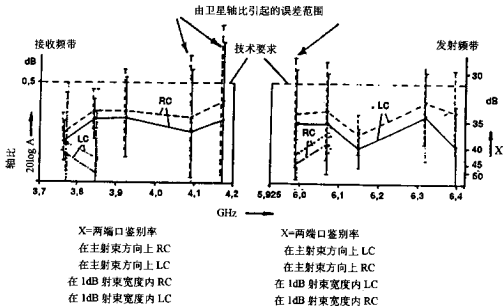


图 13 通过卫星测得的天线轴比的例子(32m 天线)

## 7.5 需规定的细节

按照要求,在详细的设备规范中应包括下列各项:

- 要进行测量的频率范围;
- 极化类型(线极化或圆极化);
- 要进行测量的天线平面和射束角度;
- 要测量的天线端口;
- 所要求的交叉极化鉴别率或两端口鉴别率的最小值。

## 8 接收品质因素(G/T)

该项测量应参照 YD/T 828.37 进行,在 ITU-R 建议 S. 733-1 中也有一些有用的资料。

## 9 天线噪声温度

### 9.1 一般考虑

天线噪声温度是指当天线指向冷空时,以天线分系统输出端为参考的噪声温度。这个参数包含与大气发射(天空噪声温度)有关的影响,大气发射与气象条件(水蒸汽的量)关系很大,还包括天线旁瓣耦合所引

入的地面发射的影响。

## 9.2 测量方法

天线噪声温度  $T_a$  定义如下：

$$T_a = T_s - T_l \quad (9-1)$$

式中,  $T_s$  是系统噪声温度, 而  $T_l$  是 LNA 噪声温度 (以 K 为单位)。这些数值可以由下述方法测出。

### 9.2.1 LNA 噪声温度

该项测量应参照 YD/T 828.12 和 YD/T 828.34 进行。

注：

- 1 该测试通常在工厂内进行, 然而最好是在现场与系统噪声测量同时进行。
- 2 有些小天线的馈源与低噪声放大器或发射功率放大器装在一起, 无法拆开。测量这些天线时, 可以使用等效的替代馈源和适当的放大器。

### 9.2.2 系统噪声温度

在这项测量中, 将来自天线的噪声与来自参考负载的噪声进行比较。

在下面的测试步骤中, 用冷负载作为参考负载。然而, 在无法得到冷负载的情况下, 可以用热负载 (例如已校准的噪声二极管) 作为参考负载。

推荐的测试条件是天气晴朗、无风以及当地的地平线比较低。

参照图 14, 将冷负载接到 LNA 以后, 调节噪声测试接收机的精密衰减器的衰减量, 使得记录仪上有合适的参考电平, 并记下衰减值  $L_c$ 。

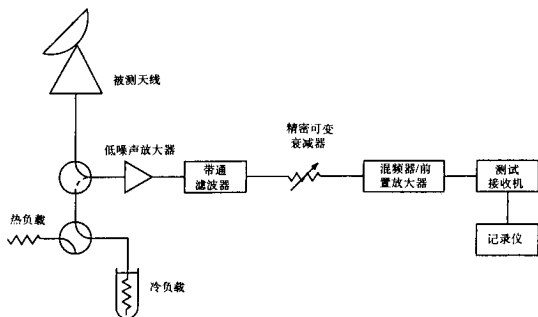


图 14 天线噪声温度的测量配置

再将 LNA 转接到天线馈源端口, 重新调节精密衰减器, 使记录仪显示的读数与上面相同。记下这个新的衰减值  $L_s$ 。

$L_c$  和  $L_s$  之间的差值等于天线系统  $Y$  因子。它们之间的关系式如下：

$$L_c - L_s = Y = 10 \lg \left( \frac{T_s + T_l}{T_a} \right) \quad (9-2)$$

由上式得到：

$$T_a = (T_s + T_l) / Y = T_s + T_l \quad (9-3)$$

式中：

$T_l$  是 LNA 噪声温度 (K)；

$T_s$  是系统噪声温度 (K)；

$T_a$  是天线噪声温度(K);

$T_c$  是冷负载的温度(K);

$$Y = 10^{(Y/10)}.$$

注:选用冷负载或热负载是为了使 Y 因子值最大,以提高测量准确度。

### 9.3 结果表示

测量结果应该说明天线噪声温度的计算值。最好再在频带范围内三个以上的频率点上进行测量。另外,最好在几个俯仰角上进行测量,并且用图形方式表示天线噪声温度与俯仰角的关系。

### 9.4 需规定的细节

按照要求,在详细的设备规范中应包括下列各项:

- a) 频率;
- b) 天线极化;
- c) 俯仰角;
- d) 天气条件;
- e) 容许的天线噪声温度的最大值。

## 10 天线回波损耗

### 10.1 测量方法

该项测量应参照 YD/T 828.12 进行。

在双极化频率复用馈源中,部分反射功率会在测试端口以及其它极化端口上出现。因此,其它极化端口应该终接匹配负载。两个极化端口上的回波损耗都应该测量。最好用扫频法进行测量。

### 10.2 结果表示

测量结果最好用回波损耗(单位为 dB)与频率的关系曲线来表示。

### 10.3 需规定的细节

按照要求,在详细的设备规范中应包括下列各项:

- a) 频带;
- b) 被测端口;
- c) 要求的最低回波损耗值。

## 11 发射—接收隔离度

### 11.1 测量方法

典型的测量配置如图 15 所示。应该参照 YD/T 828.12 来测量发射端口和接收端口之间的损耗。最好用扫频法进行测量。

因为发射—接收隔离度通常都很高,所以可能需要辅助放大器,如图 15 所示。应该注意使来自测试装置的任何泄漏不会引起测量误差。

在双极化频率复用馈源中,部分反射功率会在其它发射和接收端口上出现。因此,其它端口应该终接匹配负载。应该测量发射端口和接收端口所有组合情况下的发射—接收隔离度。

### 11.2 结果表示

测量结果最好用隔离度(单位为 dB)与频率的关系曲线来表示。

### 11.3 需规定的细节

按照要求,在详细的设备规范中应包括下列各项:

- a) 频带;
- b) 测试信号输入端口和输出端口;
- c) 要求的隔离度最小值。



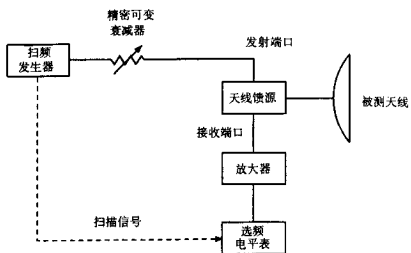


图 15 发射—接收端口隔离度测量配置

附录 A  
(提示的附录)

参考文献

- [1] CCIR Report 390—6;1990,Earth—station antennas for the fixed—satellite service.
  - [2] CCIR Doc. 4/304. Paper for the final meeting of Study Group 4:Fixed Satellite Service, Geneva, 16. 9—20. 11. 1985.
-