

# 利用卫星源测量有源天线G/T值的简便方法

陈辉 路志勇

(中国电子科技集团公司第五十四研究所，石家庄 050081)

Chenhui\_4038@163.com

**摘要：**有源天线的 G/T 值是衡量天线接收系统性能的重要指标之一，利用卫星信标，通过建立有源天线 G/T 值测量系统，给出了测量 G/T 值的具体方法，得到了系统 G/T 值的计算公式，并对测量误差进行了计算分析，最后通过测量实例验证了该测试方法的实用性和准确性。

**关键词：**有源天线；噪声温度；信噪比；G/T 值

## A Simple Method for Measuring the G/T Value of the Active Antenna by Use of the Satellite Beacon

Chen Hui, Lu Zhiyong

(The 54th Research Institute of CETC, shijiazhuang, hebei, 050081, China)<sup>1</sup>

**Abstract:** The G/T value is an important performance for active antenna. By building the measurement system for measuring the G/T of the antenna, the method for measuring the G/T is given by use of the Satellite beacon, and the computing equations are derived, and the error for the measurement is analyzed, finally the practicability and the veracity are validated by an example.

**Keywords:** active antenna, noise temperature, SNR, G/T value

### 1 引言

随着无线电技术的飞速发展，有源阵列天线信号收发系统在数字移动通讯、航天测控、卫星导航等领域的应用日益广泛。所谓有源阵列天线是由有源电路(主要是T/R组件)与天线阵列中的每一个辐射单元或子阵通道直接连接而组成的接收或者发射电磁波的系统即为有源阵列天线，每个有源单元除了作为辐射/接收单元，辐射/接收电磁信号之外，还作为电路的一部分，具有谐振、滤波、功率放大等作用。

目前，G/T值测量的常用方法有：射电天文法、卫星载噪比法和间接法。射电天文法就是利用已知宇宙射电源作为噪声功率源，通过与背景冷空噪声功率之比的Y因子法，直接计算系统G/T值的方法。卫星载噪比法是在已知卫星EIRP的情况下，通过测量天线接收卫星下行载噪比，从而确定G/T值的方法。而间接法是指分别测量出天线的接收增益和系统噪声温度，再计算G/T值的方法。射电天文法测量局限性，一是射电源要在天线的活动范围内，二是射电源的流量密度要稳定、辐射强度合适，三是要考虑各种增益修正，常用的射电源对可测天线的最小口径有要求，否则，如果Y因子过小，测量误差将会增大，无法满足测量精度的要求。卫星载噪比法同样也存在局限性，比如应准确

已知卫星的等效各向同性辐射功率EIRP，还有各种增益修正因子。间接法对无源天线系统是适合的，但对有源天线来说，要想测量天线系统噪声温度有难度。对有些特别类型的天线，如有些天线固定不动，或者射频信号输出为数字合成波束，用传统的测量增益的方法无法实现增益的测量。综上所述，常用的G/T值测量方法，在对有源阵列天线G/T值测量中过程复杂且存在一定难度，本文提出一种利用卫星源测量有源阵列天线G/T值的简便方法，该方法可适用于各种类型的有源天线，对固定和移动天线均适用，同样也适用无源天线的测量，通过实例测量，证明了其具有很强的实用性和准确性。

### 2 有源天线G/T值的测量

#### 2.1 测量原理

利用卫星信标，将天线对准卫星由频谱仪测量标准喇叭天线和待测天线接收到的载噪比，并利用Y因子法测量出标准喇叭天线的系统噪声温度，最后利用公式得到待测天线G/T值。

测量原理如图1所示。

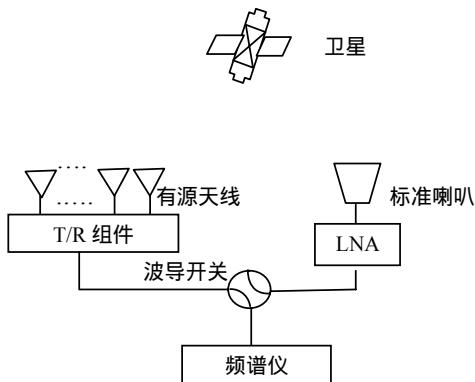


图 1 有源天线 G/T 值测量原理图

## 2.2 测量方法及测试步骤

1) 首先按图1, 连接好测量系统, 加电使系统工作正常, 设置好频谱仪状态。

2) 接标准喇叭测量接收载噪比( $C/No$ )<sub>LB</sub>。

依据功率传输方程可得, 标准喇叭的载噪比:

$$\left(\frac{C}{No}\right)_{LB} = \frac{(EIRP)_s \cdot G_s \cdot A_s}{K \cdot T_{LBS} \cdot L_p} \quad (1)$$

式中:( $EIRP$ )<sub>s</sub>——卫星信标的等效各向同性辐射功率;

$L_p$ ——为自由空间传播损耗,  $L_p = (4 \pi d / \lambda)^2$

$K$ ——为波尔兹曼常数( $K=1.38 \times 10^{-23}$ J/K)

$A_s$ ——地理增益修正因子

$T_{LBS}$ ——标准喇叭系统噪声温度

$G_s$ ——标准喇叭增益

3) 计算标准喇叭系统噪声温度 $T_{LBS}$

系统噪声温度的测量采用Y因子法, 即用频谱仪测量出LNA分别接常温标准负载和接标准喇叭且偏离卫星指向冷空时的噪声功率差值 $Y_0$ , 则喇叭系统噪声温度 $T_{LBS}$ 为:

$$T_{LBS} = \frac{T_0 + T_{LNA}}{Y_0} \quad (2)$$

式中:  $T_{LNA}$ ——低噪声放大器噪声温度

$T_0$ ——环境温度

4) 待测天线测量载噪比( $C/No$ )<sub>a</sub>

依据功率传输方程可得, 待测天线的载噪比:

$$\left(\frac{C}{No}\right)_a = \frac{(EIRP)_s \cdot G \cdot A_s}{K \cdot T_s \cdot L_p} \quad (3)$$

5) 计算待测天线系统G/T值

由式(1)、(2)、(3)得到:

$$\frac{G}{T_s} = \frac{\left(\frac{C}{N_o}\right)_a}{\left(\frac{C}{N_o}\right)_{LB}} \cdot \frac{G_s}{T_{LBS}} \quad (4)$$

由上式可知, 喇叭增益已知, 只要对星测量出标

准喇叭和待测天线的信噪比, 再求出喇叭系统噪声温度, 就可以计算出待测天线 G/T值。

## 2.3 测量中注意事项

上述测试方法适用于有源天线对星测试, 且要准确知道标准喇叭增益和低噪声放大器的噪声温度, 且可以不用考虑测试电缆的损耗和连接对测试结果的影响。此方法同时适用于无源天线或地球站天线卫星源法G/T值的测量。

## 3 误差分析

该方法测量G/T值, 误差源及其对G/T值的贡献详见表1。

表1 G/T值测量的均方根误差

G/T值测量的误差源	测量误差估计
标准喇叭增益	$\pm 0.15$ dB
标准喇叭噪声温度	$\pm 0.17$ dB
卫星信标喇叭信噪比	$\pm 0.25$ dB
卫星信标天线信噪比	$\pm 0.25$ dB
仪器测量误差	$\pm 0.1$ dB
指向误差	-0.1dB
总的均方根误差	$\pm 0.44$ dB

备注: 测试中标准喇叭为BJ-120N24.7, 增益 $G_s = 24.4$ dBi; 场放噪温 $T_{LNA} = 80$ K,

从表1可以看出, 卫星信标接收的信噪比的测量准确度是影响G/T值计算的主要因素, 因此对信噪比C/N的测量是提高G/T值测量精度非常重要。需要认真对待, 并尽量在同一时间, 反复测量, 取平均值, 以求得到更准确的结果。另外对标准喇叭天线噪声温度的测量中, 也应注意Y因子测量的准确度。

## 4 测量实例

这里给出了某工程的有源相控阵天线G/T值测量过程及结果。测试过程如下:

a) 按照图1连接好仪器设备, 做好实验前准备, 如对标准喇叭天线增益, 低噪声放大器的增益和噪声温度进行标定等;

b) 利用中卫一号87.5°同步卫星进行信噪比测试, 信标频率12.2505GHz, 垂直极化;

c) 标定后标准喇叭增益 $G_s = 24.4$ dBi, 低噪放噪声温度 $T_{LNA} = 80$ K;

d) 实测信噪比: 喇叭( $C/No$ )<sub>s</sub> = 48.63(dB/Hz); 有源相控阵天线 $C/No = 51.10$ (dB/Hz);

f) 喇叭噪声温度:  $T_{LBS} = 99.95$ K;

取 :  $T_0=300K$ ,  $Y=5.8dB$

g) 信号损耗估算 :  $1.25dB$  ;

h) 最后通过计算得到天线系统  $G/T_s$  值 :  
 $G/T_s=8.12(dB/K)$ 。

按照方案中的各部分指标进行估算 ,  $T_{an}=50K$  ,  
 $L=0.5dB$  (馈电网络损耗) ,  $T_0=290K$  ,  $e=1.5dB$  (低噪  
放噪声系数) , 则  $T_s=170K$  , 增益 =  $31.0dB$  , 因此理论值  
为 :  $G/T=8.20dB/K$ 。

测量结果基本反映了该天线的实际情况 , 对天线  
设计及调试提供了实验参考。

## 5 结论

本文介绍的有源阵列天线  $G/T$  值的理论和测量方  
法 , 该方法具有很强的操作性和可靠性 , 推导并给出  
了  $G/T$  值的计算公式 , 并对测量误差进行了理论分析 ,

最后通过测量实例进一步验证了该方法的实用性和准  
确性。

## 参考文献

- [1] 秦顺友 , 王小强 , 载噪比直接法测量地球站  $G/T$  值的精度  
研究 [J] , 通信学报 , 2000 , (3) : 25~31
- [2] 潘捷 , 卫星通信天线  $G/T$  值测量技术 [J] , 邮电技术 , 1993 ,  
(3) : 50 ~ 54
- [3] 毛乃宏 , 俱新得等编著 1 天线测量手册 [M] 北京 : 国防工业  
出版社 , 1987 : 260 ~ 2611
- [4] 郭良 , 李华芳等译 , 卫星通信手册 [M] 北京 : 人民邮电出版  
社 , 1991 : 291 ~ 2931
- [5] 乐铁军 , 朱海冰 , 袁飞 , 有源阵列天线的发展及应用 [J] , 电  
子信息对抗技术 , 2007 , (4) : 22 ~ 27

## 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>