

# 一种旋转面天线的测量方法

张万才,陈宏辉

(中国电子科技集团公司第 54 研究所,河北 石家庄 050081)

**摘要:** 天线主面精度测量在天线安装过程中占据重要位置,在总结、借鉴经纬仪—带尺法及双经纬仪前方交会法测量原理的基础上,提出了一种较为新型的旋转面天线测量方法——仿双经纬仪法,阐述了该方法的测量原理,同时对该方法的系统误差进行了分析。

**关键词:** 主面精度测量; 经纬仪—带尺法; 双经纬仪前方交会法; 仿双经纬仪法

中图分类号: TN82 文献标识码: A 文章编号: 1003-3114(2006)05-36-2

## technique of measurement on rotary antenna

ZHANG Wan-cai, CHEN Hong-hui

(The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

**Abstract:** Surface measurement takes an important place in installation of antenna. A new type technique of measurement that is called the imitating method of couple transits is raised on the basis of studying the methods of transit-steel tape and couple transits intersection. The principle and system error are analyzed in the paper.

**Key words:** surface measurement; the method of transit-steel tape; the method of couple transits; the imitating method of couple transits

## 0 引言

在天线安装过程中,主面精度的测量是一项非常重要的工作,对于中小型天线,传统的样板法和经纬仪—带尺法以其便捷的操作、较高的精度及可靠性在生产中得到了广泛的应用,但在这 2 种测量方法中,无论是样板还是钢带尺的加工,都必须通过高精度数控机床对既定曲线或被测量点的精度予以保证,尤其对于经纬仪—带尺法,测量过程中必须人工将被测量点转移到主面上,这无疑提高了制造成本,同时降低了测量精度。

随着先进测量技术的出现,射电全息法、双经纬仪前方交会法及摄影法先后被成功应用于天线生产中,但其昂贵的设备及复杂的系统建立过程仍成为取代传统方法的障碍。在总结传统的经纬仪—带尺法,同时借鉴双经纬仪前方交会法测量原理的基础上,本文提出了一种新的测量方法——仿双经纬仪法。

## 1 测量原理及系统误差分析

### 1.1 经纬仪—带尺法简介

如图 1 所示,被测量点 P 由钢带尺转移至主面

上,理论坐标通过主面曲线方程及已知带尺弧长 l 求得,经纬仪 A 架设在主面旋转轴线上,高度 h 已知,因此经纬仪的理论垂直角  $\alpha$  即可求得,用实际观测值与理论值进行比较,即可得到 P 点偏差。

### 1.2 双经纬仪前方交会法简介

如图 2 所示,由

A、B 两台经纬仪建立空间测量坐标系,其中 A 为坐标原点, A、B 连线的水平投影为 X 轴正向, Y、Z 轴符合右

手准则。同时观测待定点 P,可获得 4 个角度观测值  $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta_2$ ,经数据处理可得到 P 点在测量坐标系的三维坐标  $(x, y, z)$ ,计算公式如下:

$$x = L \sin \alpha_2 \cos \alpha_1 / \sin(\alpha_1 + \alpha_2),$$

$$y = L \sin \alpha_2 \sin \alpha_1 / \sin(\alpha_1 + \alpha_2),$$

$$z = L \sin \alpha_2 \cos \beta_1 / \sin(\alpha_1 + \alpha_2),$$

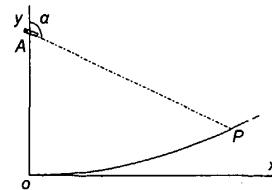


图 1 经纬仪—带尺原理图

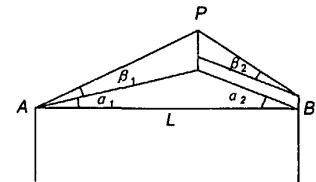


图 2 双经纬仪原理图

收稿日期:2006-01-09

作者简介:张万才(1972-),男,工程师。主要研究方向:天线工艺。

通过对主面上多个特征点测量、计算,最后对所得数据进行拟合、比较处理即可得出每个测量点与理论位置的偏差。

### 1.3 仿双经纬仪法的测量原理

如图3所示,被测量点为P,理论坐标未知,经纬仪分2次架设在主面旋转轴线上M、N处,高度分别为 $h_1$ 、 $h_2$ ,2次测量的垂直角和水平角分别为 $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta_2$ 。在实际生产中,主面内沿点Q由加工缺口定位,其坐标已知,因此可以解得P点在主面曲线中的坐标,从而求得该点的理论垂直角,通过与实测数据相比较,计算出法向偏差。计算过程如下:

$\triangle MPQ$  中:

$$\begin{aligned} l_1 &= MP = (h_1 - h_2) \sin\alpha_2 / \sin(\alpha_2 - \alpha_1), \\ l_2 &= MQ = \sqrt{(h_1 - y_0)^2 + x_0^2}, \\ \alpha &= 180^\circ - \alpha_1 - \arctan(x_0 / (h_1 - y_0)), \\ l_3 &= PQ = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2 \cos\alpha}. \end{aligned}$$

联立求解以下方程组,得到P点在主面曲线中的位置。

$$\begin{cases} z = f(x) & (\text{主面曲线方程}) \\ l = l(x, z) & (\text{主面曲线弦长公式}) \end{cases}$$

此外,对测量数据还可以采取另外一种方法处理,在主面设计坐标系中,以任一台经纬仪的 $0^\circ$ 水平角为基准,计算出所有被测点P的三维坐标( $x, y, z$ ),公式如下:

$$x = l_1 \sin\alpha_1 \cos\beta_1 = (h_1 - h_2) \sin\alpha_2 \sin\alpha_1 \cos\beta_1 / \sin(\alpha_1 - \alpha_2),$$

(上接第20页)

度调制的M值等参数的影响很小。只是对于FM,如果调制信号最高频率与载波频率的比值过小,使得小波变换包络的变化频率很小,约为常数,此时FM调制方式会被错误地识别为PSK。调频指数也会对结果产生影响,但对于常用的调频指数4~10内,基本可以正确识别。

### 3 结束语

本文研究了小波变换技术在模拟调制和数字调制信号识别方面的应用。提出用2次小波变换的逼近相消算法。逼近相消算法对于通信系统中常用的数字调制PSK、FSK、QAM、ASK和模拟调制FM、AM信号能较好地区分。但是受信噪比和某些参数的影

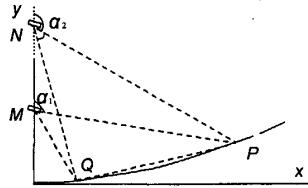


图3 仿双经纬仪法原理图

$$\begin{aligned} y &= l_1 \sin\alpha_1 \sin\beta_1 = (h_1 - h_2) \sin\alpha_2 \sin\alpha_1 \sin\beta_1 / \sin(\alpha_1 - \alpha_2), \\ z &= h_1 + l_1 \cos\alpha_1 = h_1 + (h_1 - h_2) \sin\alpha_2 \cos\alpha_1 / \sin(\alpha_1 - \alpha_2). \end{aligned}$$

应用最小二乘法将所有被测点坐标与理论曲面进行比较拟合运算,从而解算出各点偏差。

### 1.4 仿双经纬仪法系统误差简析

仿双经纬仪法主要依据双经纬仪前方交会测量原理,通过单台经纬仪2次架设测得的数据解算出目标理论坐标,具有精度高、设备简单等特点。

影响测量精度的因素主要有4个:一是经纬仪架设高度 $h_1$ 、 $h_2$ 的误差;二是经纬仪两次架设的同轴度误差;三是仪器本身误差;四是视觉误差,其中经纬仪高度误差又可分为加工误差、测量误差及温差带来的变形等3方面,为主要系统误差源,实际应用中可采取实时测量的方法减小偏差。实践证明,在测距小于10 m时,该系统精度优于0.2 mm。

## 2 结束语

与经纬仪-带尺法相比,仿双经纬仪法根据旋转面天线的结构特性,通过借鉴双经纬仪前方交会法的测量原理,排除了带尺系统的机械加工误差及转移观测目标的人为误差,从而提高了系统精度,同时降低了成本。该方法普遍适用于中小型旋转面天线,在某8.5 m气象雷达天线的测量中,取得了较为满意的结果。

### 参 考 文 献

- [1] 段宝岩.天线结构分析、优化与测量[M].西安:西安电子科技大学出版社,1998.
- [2] 李广云,李宗春.经纬仪工业测量系统用于大型多波束天线的安装与调整[J].测绘通报,2000(10):41~44.

响较大,并且目前小波变换计算实时性不高。因此,低信噪比情况、参数选取的理论分析等方面都有待进一步研究探讨。

### 参 考 文 献

- [1] 孟玲玲,刘春亮.数字通信信号调制识别研究[J].无线通信技术,2006,32(1):39~40.
- [2] AZZOUE E E, NANDI A K. Procedure for automatic recognition of analogue and digital modulations Communications [J]. IEE Proceedings, 1996, 143(5):259~266.
- [3] HO K C, PROKOPTW W, CHAN Y T. Modulation identification of digital signals by the wavelet transform [J]. Radar, Sonar and Navigation, IEE Proceedings, 2000, 147(4):169~176.
- [4] 林洪桦.剔除异常数据的稳健性处理方法[J].中国计量学院学报,2004(1):20~24.

## 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>