

卫星跟踪天线座装配中关键参数的验证

李 成

[摘要] 论述卫星跟踪天线座装配中方位转台水平度、俯仰轴对方位轴垂直度、方位转台传动精度等几个最重要的参数的测量方法。

关键词: 方位转台 俯仰轴 方位轴 传动精度 误差分析

卫星跟踪天线座是卫星跟踪系统中的基础部件，实施天线两个方向运动，即天线的水平面上 360° 回转（方位）和天线的垂直水平 180° 旋转（俯仰），从而实现对遥远的空中目标进行捕捉，给地面提供准确信息。天线座如图1所示。

其结构精巧，设计的主要精度如下：①方位转台水平度 $10''$ ；②俯仰轴与方位轴垂直度 $10''$ ；③方位传动链回差 $60''$ 。

天线座从零件加工到装配的整个制造过程中都进行严格的质量控制，制造出来的产品是否满足设计要求，还要进行认真的测量，测量数据要准确可靠，这样才能为电气控制系统的控制和补偿设计提供准确的原始数据。现对主

要参数的测量分析如下。

1 方位转台水平度测量

天线座需要控制方位转台的水平度和托架上平面的水平度，其中方位转台水平度尤为重要。方位转台水平度测量方法的确定，也解决了托架上平面水平度的测量，方位转台水平度测量难度在于回转状态的水平度不是静态下的水平度。为此，我们采用水平仪进行互相成 90° 的测量方法，如图2。

(1) 在转台平面搁置一直尺，放上二只互成 90° 方框水平仪进行粗校，消除转台平面与大地之间水平度误差。

摩擦力矩为：

$$dM_f = fp 2\pi r dr \cdot r$$

$$M_f = 2fp \int_{R_1}^{R_2} r^2 dr$$

积分此式得出力矩计算公式。又因每片有两个摩擦面所以有摩擦力矩式

$$2M_f = \frac{4}{3} \pi f W (R_2 + R_1 - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2})$$

f 取 0.15 (钢对钢)

$$2M_f = 0.2W (R_1 + R_2 - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2})$$

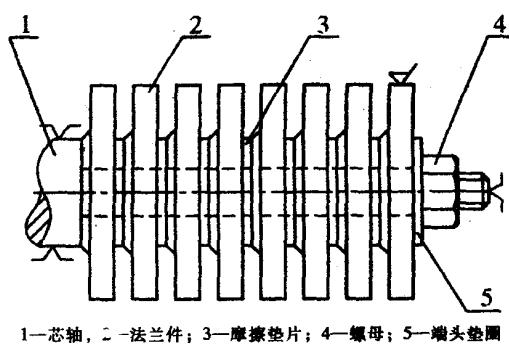
式中， $R_1 = \frac{19.5}{2} = 9.5$ mm = 0.95 cm； $R_2 = \frac{D_2}{2} = \frac{40}{2} = 20$ mm = 2 cm。

$$2M_f = 0.2 \times 3430 (2+0.95 - \frac{2 \times 0.95}{2+0.95})$$

$$2M_f = 1582 \text{ kg} \cdot \text{cm} > M_0 = 1457.5 \text{ cm}$$

4 夹具制作

首先用圆钢在车床上加工垫片 $\varnothing 40 \times 4$ ，孔 $\varnothing 19.5$ 多件，而后加工芯轴，待制后即可直接安装工件每两个工件间加一个垫片，而后用螺栓紧固，再用顶尖顶轴头（工件预先车内孔及一个端面）这样即可开始加工外圆（见附图）。



1—芯轴，2—法兰件；3—摩擦垫片；4—螺母；5—端头垫圈

摩擦片式多件法兰车削夹具图

5 结语

本工艺技术经生产多年应用至今，成效理想，是企业批量加工小法兰较为经济实用技术。

收稿日期：2001年5月5日

陆博福：黑化设计院高级工程师（黑龙江富拉尔基 邮政编码：161041

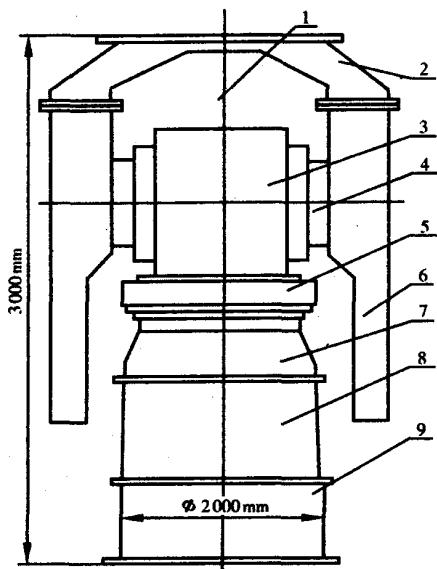
电话：0452-6817725

宁 宁：黑化集团公司双氧水厂助理工程师（黑龙江富拉尔基 邮政编

码：161041 电话：0452-6817407

于春红：黑化集团公司压力容器分厂助理工程师（黑龙江富拉尔基 邮

政编码：161041 电话：0452-6817655



1—方位主轴线；2—托架；3—俯仰箱；4—俯仰轴线；5—方位转台；6—左右支臂；7—上底座；8—下底座；9—基座。

图 1

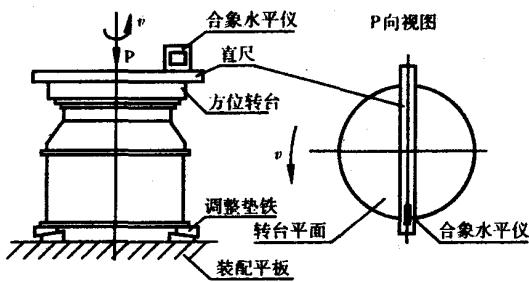


图 2

(2) 将转台精确转 12 等分，直尺上用合象水平仪进行显示，或用光学准直仪测量，每次等分纪录水平仪的读数。

(3) 取出最大数据，作为水平度现状值。

(4) 计算方法（见表 1）

表格中水平仪读数 $0.01 \text{ mm/m} = 2''$

对每 180° 对应点读数进行计算。

转台水平 = $\frac{180^\circ \text{ 对应点读数相加}}{2}$ ，取最大值即为水平度。

$$\begin{aligned}\text{本例对应点水平度最大值} &= \frac{150^\circ \text{ 读数} + 330^\circ \text{ 读数}}{2} \\ &= \frac{0.035 + 0.015}{2} \\ &= 0.025 \text{ mm/m}\end{aligned}$$

方位转台的水平度（角度值） $= 2.5 \times 2 = 5''$ 。

2 俯仰轴对方位轴垂直度的检测

俯仰轴对方位轴的垂直度直接影响天线对大地水平度

表 1

检测点	0°	30°	60°	90°	120°	150°
读数单位 (mm)	0.015	0.015	0.02	0.02	0.02	0.035
检测点	180°	210°	240°	270°	300°	330°
读数单位 (mm)	0.03	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015

和天线俯仰转动的平稳性。

(1) 将俯仰轴部件的轴线方向置于方位转台部件水平最佳位置处。取俯仰轴端面 0° 和 180° 对称点的数据作为检测依据。

(2) 检测数据计算公式

$$\delta = \frac{\delta_0^{0^\circ} + \delta_0^{180^\circ}}{2} - \delta_0$$

式中， δ —俯仰轴与方位轴垂直度，角秒； δ_0 —基准水平时，准直化示值，角秒； $\delta_0^{0^\circ}$ —仰角 0° 时，准直化示值，角秒； $\delta_0^{180^\circ}$ —俯仰角 180° 时，准直化示值，角秒。

(3) 以一轴为例检测数据

长轴：第一次测： $\delta_0 = 86''$ ， $\delta_0^{0^\circ} = 115''$ ， $\delta_0^{180^\circ} = 69''$ ，

$$\delta_1 = \frac{(115'' + 69'')}{2} - 86'' = 6''$$

第二次测： $\delta_0 = 86''$ ， $\delta_0^{0^\circ} = 117''$ ， $\delta_0^{180^\circ} = 70''$ ，

$$\delta_2 = \frac{(117'' + 70'')}{2} - 86'' = 7.5''$$

第三次测： $\delta_0 = 86''$ ， $\delta_0^{0^\circ} = 118''$ ， $\delta_0^{180^\circ} = 69''$ ，

$$\delta_3 = \frac{(118'' + 69'')}{2} - 86'' = 7.5''$$

$$\text{垂直度 } \delta = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}{3} = \frac{6'' + 7.5'' + 7.5''}{3} = 7''$$

3 方位转台传动精度分析

方位转台的传动精度，直接影响跟踪目标的稳定性，因此，传动精度的测量也相当重要。传动精度的测量，通常有两种方法，一种为直接测量法，另一种为间接测量法，前者计算过程不仅复杂，而且需要许多复杂仪表的配合，故我们采用了间接测量法。

具体方法如下，如图 3 所示。

(1) 自制手轮，在手轮外圆表面加工球 R 沉淀，球 R 的大小比百分表触头球略大。

(2) 自制手轮安装在马达的输入轴上，将百分表触头接触手轮外圆表面。

(3) 匀速转动手轮，当百分表触头进入手轮外圆的球 R 沉淀内，确定百分表最低点的读数值。同时已证明手轮精确旋转了一周。

(4) 根据速比，得到手轮的转动圈数。传动比 $i=240$ ，则输入轴（手轮）每转 20 圈，输出轴转过 30° 。

初探多用户操作系统中的死锁问题

侯瑞 王海涛

[摘要]较详细地介绍多用户操作系统中死锁问题的起因、发生条件、预防办法以及如何避免、检测和排除。

关键词:多用户操作系统 死锁 资源分配 死锁的检测和排除

在多用户操作系统中，核心问题是支持并发进程调度、提供进程同步和通信机制。由于进程的并发和资源的共享，无论是相互通信的进程还是共享某些不同类型资源的进程，都可能因通信顺序不当或资源分配顺序不当而造成死锁。由于死锁，各种并发进程等待资源而永远不能继续向前推进，严重地危害了系统的可靠性。一般情况下，我们把系统死锁的形式描述为：一组并发进程 X_1, X_2, \dots, X_n

X_3, \dots, X_n ，它们共享资源 $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m$ ($n > 0, m > 0, n > m$)。其中，每个 X_i ($1 \leq i \leq n$) 拥有资源 Y_j ($1 \leq j \leq m$)，直到再没有其它剩余资源。同时，各 X_i 又在不释放 Y_j 的情况下，要求得到 Y_k ($1 \leq k \leq m, k \neq j$)，从而造成资源的互相保持和互相等待。若无外力驱动，这组并发进程将不再向前推进而陷入永久等待状态。

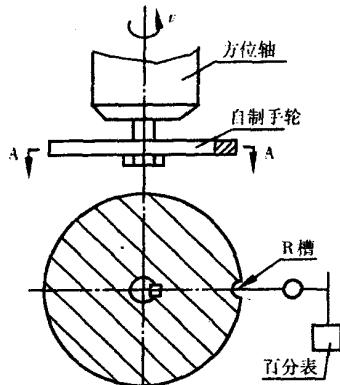


图3

(5) 确定检测为 12 个等分点，则每点间隔理论角度为 30° ，每次转动 20 圈，则光学仪的实际读数就反映出和理论角度的误差。

(6) 通过误差算出传动回差。

4 产生误差的分析

在对方位转台传动精度的检测中，发现实测数据为 $2' 58''$ ，远远低于技术要求 ($\leq 60''$)。具体分析如下。

(1) 影响方位传动精度的链是：零件加工、装配误差→方位减速箱的回差→大齿轮和方位减速箱出轴端齿轮的啮合精度。

(2) 方位减速箱回差 $1'$ (系客户提供)。

(3) 方位减速箱与大齿轮的啮合进行数据分析如下。

① 齿轮的精度为 6 级，通过 6-Jm (GB10095-88) 标准，得到设计测隙为 0.20~0.25 mm。
万方数据

② 为了减少侧隙，又能保证齿轮啮合，防止由于温升及油润滑不良而咬死，故将理论数据实际调整到 $0.16\sim0.17$ mm。

③ 侧隙的存在，必然导致回差的存在。进行下列计算 (见图 4)：

大齿轮模数 $m=4$, $z=176$, 节圆 $\varnothing=z\times m=704$ mm。

$$\sin\alpha = \frac{0.085 \left(\frac{0.17}{2}\right)}{352}$$

$$\alpha = 49.808''$$

$$2\alpha \approx 1'40''$$

再代入

$$\sin\alpha = \frac{0.084 \left(\frac{0.16}{2}\right)}{352}$$

$$\alpha = 46.878''$$

$$2\alpha = 93.75673'' \approx 1'34''$$

则最大空程角度为 $1'40''$ 。

(4) 零件加工和装配的综合误差等于实测值减去方位减速箱的回差 $1'$ 和最大空程角度 $1'40''$ 的数值，即 $2'58'' - 1' - 1'40'' = 18''$ 。

(5) 所以我们的零件加工和装配综合误差为 $18''$ ，已经小于技术要求 $60''$ 的范围了。

综上所述，从该天线座主要精度的综合指标的测量和分析，我们可以得出制造和装配的精度符合设计要求的结论。

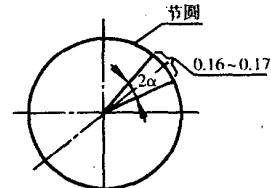


图4

收稿日期：2001年7月23日

作者：上海重型机器厂上海上重环保设备工程有限公司工程师（上海市闵行江川路1800号 邮政编码：200245 电话：021-64302135）

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)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)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)，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>