

发动机模态试验中的坐标测量

弋东明

中国航天科技集团公司第六研究院十一所

摘要: 本文给出了解决大型发动机模态试验中各组合件几何模型总体坐标的测量方法及柱坐标测量尺的设计制作过程。

关键词: 模态试验; 坐标; 测量尺

中图分类号: V414

文献标识码: A

文章编号: (2004)02-0034-03

1 引言

发动机热试车后,某些部件曾出现由于振动过大而导致结构破坏现象。其中一个重要原因就是结构的动态特性设计不当,为了从根本上解决此类问题,需要利用模态试验分析的方法进行整机干、湿状态模态试验,以全面了解发动机整机及各组合件结构动态特性,并通过结构动力学优化设计为提高结构的合理性和可靠性提供必要的改进依据。

本文重点介绍了在模态试验前获取各组合件测点几何坐标的一种创新测量手段和方法。

2 针对的主要问题

按照模态试验分析步骤首先要进行结点选择,由结点生成几何网络图形,具体做法是在系统上选取适当的测量点,测量各点的坐标,在模态分析软件上输入坐标表,连接顺序表,画出结构的测点图,从而形成几何模型。一般对于结构形式简单的小型试件,各测量点的坐标较容易确定,测量方法很多,有机械测量、气动测量、激光测量、波长测量等各种成熟的测量手段,但对于高 2.72m、最大直径 1.74m 的发动机如此复杂的

大型几何非对称空间结构来说,在总装图纸没有详细尺寸,又缺少大型三坐标测量设备的情况下,要确定各组合件的总体空间坐标是相当困难的。为了保证试验进程,要求在很短的时间内,必须寻求一种快捷的测量手段解决空间坐标测量问题。

3 三坐标测量尺的设计制作与测量方法

3.1 基本思路

一个点的平面位置可以用直角坐标法的几何参数来描述,但不是唯一的,还可以用极坐标法。二者可互相转换(见图 1)。由此推断空间三坐标与柱坐标也可互相转换,在发动机坐标测量问题上利用柱坐标测量比三坐标测量更容易实现。有了基本思想的指导,面对的是具体的实施操作方法。

极坐标和直角坐标坐标转换公式:

$$A(x)=R\cos\phi$$

$$A(y)=R\sin\phi$$

3.2 柱坐标的测量参数内容及方法

柱坐标的测量参数主要包括每转一个极角 ϕ , 相应测出其向量半径 R 和高度 L 。因此为同时获得三种参数,必须制作一个的测量工具。

收稿日期: 2003-10-09; 修回日期: 2003-11-12。

作者简介: 弋东明(1951—),男,高级工程师,研究领域为发动机结构强度及实验技术。

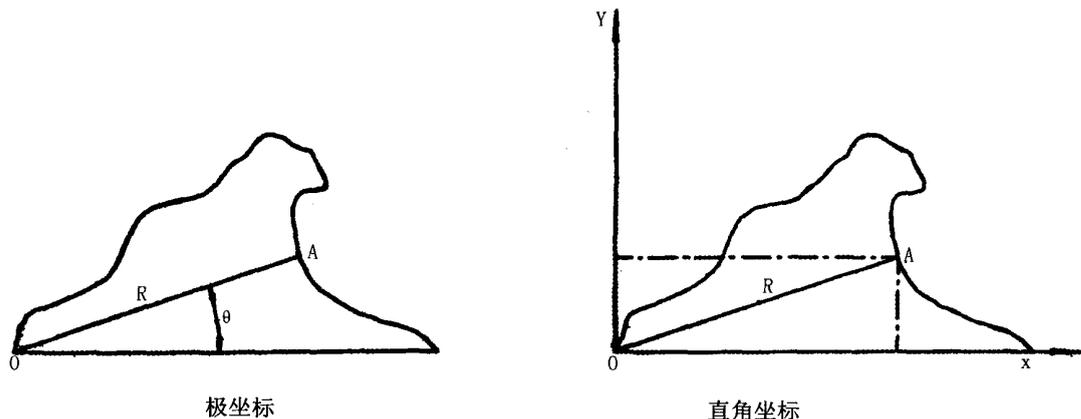


图1 坐标示意图

3.2.1 极角测量方法

首先确定极坐标原点。根据发动机结构的特征，其推力室及大喷管为轴对称结构，常平座是最高点，因此选其中心作为基准点。其次是基线的定位。两个燃料入口管中心联线与涡轮泵轴线正好处于同一平面，以此辅助对称面作为基线不仅可保证测量精度，而且对以后的测量工作可减少工作量。在常平座顶部固定一块打好中心孔的圆形薄铝板，将两个半圆仪相对粘在圆形铝板上作为分度圆，在中心固定一个转轴，极角测量准备工作就绪。

3.2.2 向量半径和高度的测量方法

向量半径和高度的测量需同时进行，具体方法是：用角钢焊成一个直角三角型支架，直角端上下钻孔后加垫片插入中心转轴，支架下面固定一个滑轨。另外用滑轮制作一个滑车安装在滑轨上。将一个5m长度钢卷尺固定在支架上，卷尺端部穿过滑车的导向轮后安装一个铅锤。一根环形拉线在预先设置的摇把上缠绕两圈后固定在滑车两端，转动摇柄可使滑车平稳前后移动。沿支架直角另一边中心线在与分度盘接触面上面安装一分度针。测量尺制作完成（见图2）。

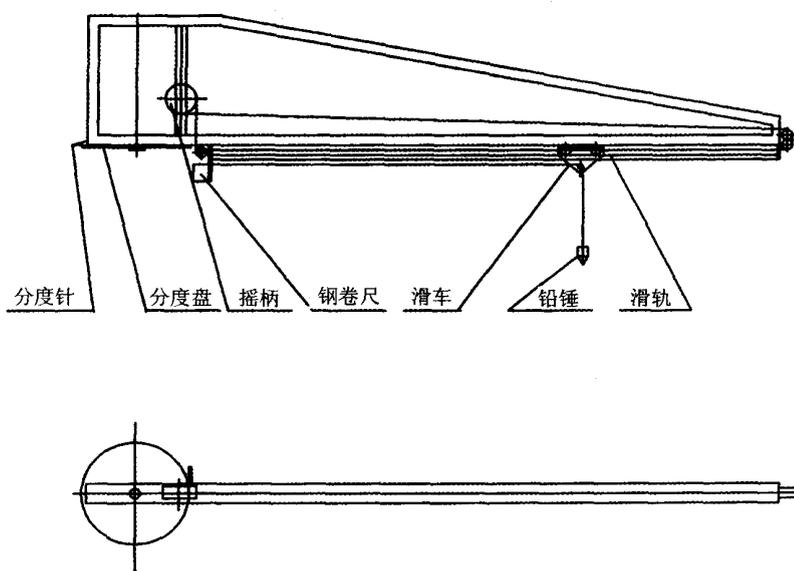


图2 坐标测量尺示意图

测量时转动测量尺，同时移动滑车拉动卷尺使铅锤对准测点后，在分度盘上根据分度针所指示的位置，读出角度值，在卷尺根部与滑车的导向轮处分别记录总长和高度值，二者相减后得到向量半径。

发动机结构复杂，对处于测量尺投影面内发动机表面的测点可用上述方法测得，其它部位例如各种走向的导管、处于涡轮下面的测点坐标仅靠测量尺还是无法测量，还需加工制作一个辅助测量装置（见图3）。

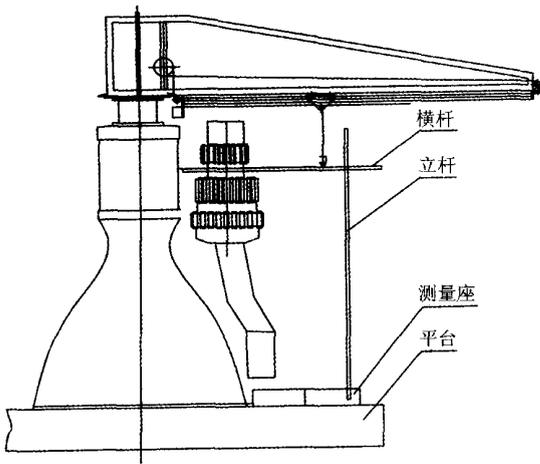


图3 辅助测量装置示意图

辅助测量装置制作利用了圆形平台和发动机大喷管下端圆形裙边的特点，由测量座、定位轮、立杆、横杆、钢板尺等组成。在测量座下面安装一个短杆，两端分别安装两定位轮；将横杆和立杆用连接件成十字连接后，将立杆垂直固定在测量座中心。测量前首先用测量尺校准：将两定位轮贴紧喷管裙边，调整横杆和立杆的导向槽，使横杆轴线与测量尺中心重合。测量时移动测量座，滑动横杆，使横杆前端测量针指向测点后，用测

量尺量出横杆高度位置，即测点高度坐标；用钢板尺量出横杆距离，经过计算得到向量半径。

为简化测量，对于发生器、调节器等轴对称组合件则分别建立其局部坐标，测量各自安装位置后只需将参数输入坐标转换程序便可获得所有测点总体坐标。

4 验证结果

整个测量工作均为人工操作，计量工具为钢板尺、卷尺等常用计量工具，其测量准确度、精确度与其它测量手段相比均不可避免有一定的误差。因此在数据整理阶段通过曲线拟合，进行了必要的调整和处理使测量误差得到消除。参照结构设计图纸进行了进一步验证，最终的坐标测量结果表明，完全能满足模态试验要求。

5 结论

通过这种测量方法的实际应用，确定了燃烧室、喷管、发动机进口管、三底、工艺环、降温器、燃气发生器、蒸发器、涡轮泵等组合件的测点坐标，尤其是 BJ0306-10、DG4500-10 等 16 根三维空间走向导管的总体测点坐标。在此基础上建立发动机整机几何模型，完成了发动机干、湿两种状态的模态试验，获得了整机及各组合件的振型、频率、阻尼等模态参数，对发动机的动态特性有了清楚的了解。

这是一种创新的简易三坐标测量方法，在完全不具备测量设备的条件下，仍然不失为一种有效的坐标测量手段。由于模态几何模型的几何尺寸误差对模态参数的获取影响有限，因此，用此方法获取的几何模型能够提供相当精度的结构模态参数。