

# 五维力测力平台的研制

唐毅 葛运建 孙怡宁 申飞

中国科学院合肥智能机械研究所 合肥市 230031

**【摘要】**介绍了一种5维力测力平台的原理,结构以及硬件设计和软件功能,这种结构的5维力具有精度高,频响好的特性。

**关键词:**五维力 测力台 传感器

## Study and Design of Five Dimensions Force/Torque Measuring Table

Tang Yi Ge Yunjian Sun Yining Shen Fei

Hefei Institute Intelligent Machines, Chinese academy of science, Hefei 230031

**Abstract:** In this paper, the principle and structure of the five Dimensions force/torque measuring table the hardware design and the function of software are introduced. This sensor is possessed of the characteristic of high accuracy and a high quality of frequency response.

**Key Words:** Five Dimensions Force/Torque, Force/Torque Measuring Table, Sensor

### 1 引言

多维力传感器,是国家863计划的攻关课题。为航天机器人研制多维力腕关节传感器采用的是十字梁结构,整个传感器是一个整体。后来受国家射击队的委托设计5维力测试台。根据射击项目技术要求,要求台面较大,具体精度要求非常高(各轴向测力精度达到0.1%F.S左右),因此弹性体做成统一整体不仅标定困难而且各个方向力之间互相影响,精度也很难达到。所以采用一种新的结构模式。

### 2 五维力测力台的结构及测量原理

#### 2.1 测试平台的结构

如图1, S1、S2、S3,是3个单维荷重传感器,S是二维传感器,3只高精度单维力传感器(精度为0.01%F.S) S1、S2、S3位于以平台台面的中心为圆心半径为280mm的圆上,二维力传感器S位于平台台面的中心,但与3只单维力传感器处于两个平面上。Si(i=1, 2, 3)设计成S型剪刀力应变型。S1、S2、S3可以测得Z方向的力,而S可以测得X, Y方向的力。

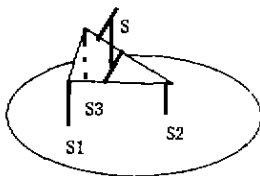


图1 测试平台的结构

#### 2.2 测量原理

如图2,由S1、S2、S3 3个荷重传感器的受力分布可以计算出压力重心坐标(X, Y),根据压力重心坐标可以计算出力矩:

$$M_x = F_y L + F_z Y$$

$$M_y = F_x L + F_z X$$

式中:L为应变片到台面距离。

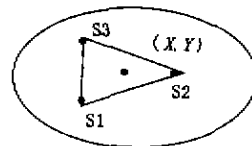


图2 测量原理

这样就得到了5维力( $F_x, M_x, F_y, M_y, F_z$ )。

### 3 硬件设计

总结过去做6维力的经验,对台面强度要求相应要高一些,这样可以保证S和面板的形变传递到3个单维力传感器上,考虑到人体的运动频率不超过10Hz,选用钢板作台面。另外在S的贴片上采用双孔梁结构(如图3)。十字梁的优点是线性好、过载能力强,但在维间耦合的干扰方面性能较差,而双孔梁结构能最大限度地降低维间耦合系数。

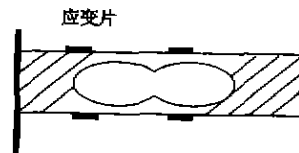


图3 双孔梁结构示意图

5 维力测力平台系统结构如图 4 所示。

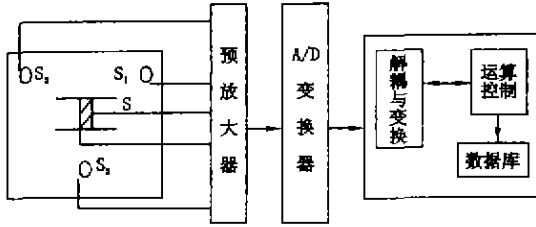


图 4 五维力测力平台系统结构图

3 只单维力传感器是标准的电阻应变式电桥传感器,量程为 50kg,过载能力为 150kg。二维传感器 X、Y 方向的量程为 50kg,Z 方向的量程为 150kg。4 只传感器的供电桥压均为 10V。传感器与放大器的连线采用屏蔽线,且屏蔽层接到传感器的地线上。

为保证硬件系统的精度和提高抗干扰能力,共设计了 5 组电源,每只传感器均由独立的电源供电,还有 1 组正负电源提供给运算放大器。每组电源的精度均在 0.1% 以上。

预放大器由传感器调零电路、仪表用运算放大器、采样保持器等组成。传感器的调零电路分为粗调和细调两部分,可精确调节传感器的不平衡零点输出和满量程输出。仪运放大器采用高精度低噪声放大器 AD624A,它具有低噪声、增益精度高、增益温度系数小和高线性度等优良性能。A/D 转换采用并行 16 位 A/D 转换器,精度大于 0.02%。硬件电路中的元件都采用高品质工业级芯片以及多种噪音处理,具有很高的稳定性和抗干扰能力。放大电路如图 5 所示。

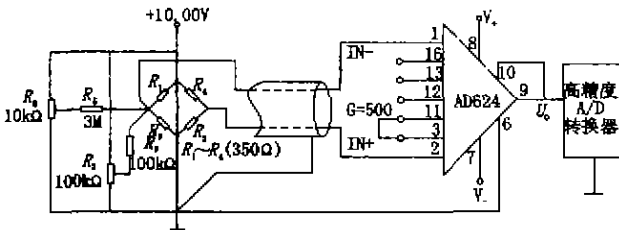


图 5 放大电路原理图

#### 4 动态响应特性

多维力传感器由于负载的不同,是个典型的时变系统,但 5 维力平台一般处于相对稳定,可以看作线性定常(时不变)系统。我们对它进行了动态测试。由图 6 可看出,它具有良好的低通特性。

#### 5 软件功能

根据国家射击队在训练中的要求,设计了实时采集以及分析软件。结构框图如图 7 所示。

##### 5.1 实时测量

根据射击项目的特点,一般保留从运动员击发瞬

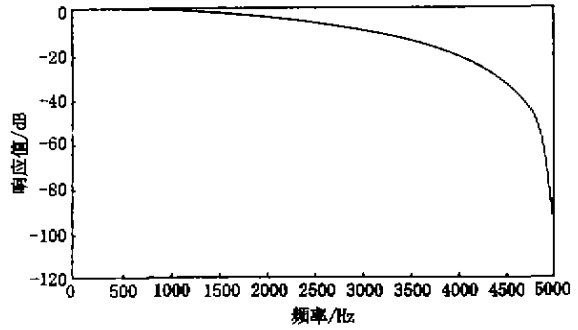


图 6 动态测试

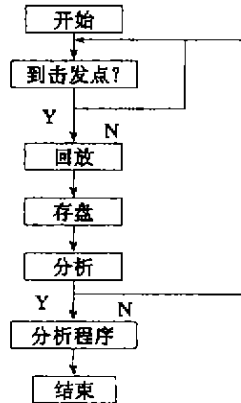


图 7 软件结构框图

间向前推进 8s 的信息,判断击发点通过 I/O 读入 TTL 电平(激光瞄准仪发出)来识别,每次测量完成后可以对刚才的测试过程进行回放,给出 5 维力以及重心变化情况并存盘,结合运动员的测试成绩建立数据库,按成绩的好坏帮助运动员分析动作的合理性。

##### 5.2 分析软件

由实时测量的数据计算各种参数指标,并且给出频谱图。

另外,为了用户自己开发应用软件提供了标准的 ActiveX 控件,用户通过调用标准的库函数可得 5 维力以及重心坐标。

#### 6 结束语

这种独特的结构设计使 5 维力测力平台系统精度:  $F_z > 0.05\%$ ,  $F_x, F_y > 0.1\%$ , 这优于一体化的结构设计,达到了用户的要求,在国家射击队射击运动员的训练中取得了良好的效果,受到了运动力学和生物力学专家的好评。

#### 参 考 文 献

- 1 王国泰,葛运建,王理丽.六维力传感器发展的若干问题.智能机器人学术年报,1994;2(12).
- 2 刘正士,葛运建等.机器人多维力传感器的实验分析.实验力学,1994;9(12):4.