

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01L 25/00 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810020512.9

[43] 公开日 2008年7月23日

[11] 公开号 CN 101226095A

[22] 申请日 2008.1.30

[21] 申请号 200810020512.9

[71] 申请人 中国科学院合肥物质科学研究院  
地址 230031 安徽省合肥市西郊董铺 1130 号  
信箱智能所

[72] 发明人 吴仲城 申 飞 吴宝元 沈春山

[74] 专利代理机构 安徽省合肥新安专利代理有限责  
任公司  
代理人 赵晓薇

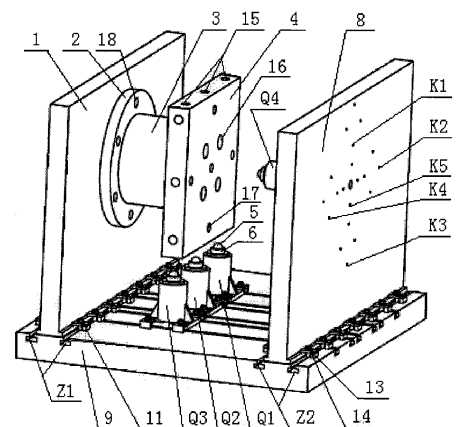
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 4 页

### [54] 发明名称

六维力传感器标定装置

### [57] 摘要

本发明涉及六维力传感器标定装置，包括相互机械连接的传感器固定支座、转接板、六维力传感器、加载板、标准单维力传感器、千斤顶固定支座和底座。加载板、六维力传感器和转接板相互连接，并安装在传感器固定支座上，传感器固定支座安装在底座的第一支座安装导轨上。千斤顶前面置有标准单维力传感器，标准单维力传感器前面置有加载帽，第一千斤顶、第二千斤顶和第三千斤顶分别安装在第一千斤顶安装导轨、第二千斤顶安装导轨和第三千斤顶安装导轨上，第四千斤顶安装在千斤顶固定支座上，千斤顶固定支座安装在底座的第二支座安装导轨上。本发明提供一种结构简单、操作方便、标定精度高的装置，适用于大量程、大尺寸六维力传感器的标定和测试。



1、六维力传感器标定装置，包括相互连接的传感器固定支座（1）、转接板（2）、六维力传感器（3）、加载板（4）、标准单维力传感器（6）和底座（9），其特征在于：

所述的六维力传感器（3）左边通过一组转接板传感器安装孔（19）安装在转接板（2）上，所述的转接板（2）通过一组转接板安装孔（18）安装在传感器固定支座（1）上，所述的六维力传感器（3）右边通过一组传感器安装孔（12）和一组加载板传感器安装孔（16）与所述的加载板（4）刚性连接，所述的加载板（4）上置有上、下、左、右四组侧面加载孔（15）、一组正面加载板传感器安装孔（16）和一组正面加载孔（17）；

所述的加载板（4）的下方置有三个千斤顶，分别为第一千斤顶（Q1）、第二千斤顶（Q2）和第三千斤顶（Q3），所述的第一千斤顶（Q1）、第二千斤顶（Q2）和第三千斤顶（Q3）的上面分别与所述的标准单维力传感器（6）刚性连接，所述的标准单维力传感器（6）的前面置有加载帽（5），所述的第一千斤顶（Q1）、第二千斤顶（Q2）和第三千斤顶（Q3）均安装在所述的底座（9）上；

所述的底座（9）上置有三组平行的千斤顶安装导轨，分别为第一千斤顶安装导轨（G1）、第二千斤顶安装导轨（G2）和第三千斤顶安装导轨（G3），每组千斤顶安装导轨均由两根平行的导轨组成，其中第一千斤顶（Q1）安装在第一千斤顶安装导轨（G1）上，第二千斤顶（Q2）安装在第二千斤顶安装导轨（G2）上，第三千斤顶（Q3）安装在第三千斤顶安装导轨（G3）上，每个千斤顶在各自的千斤顶安装导轨上能够沿着导轨滑动；

所述的底座（9）上还置有两组平行的支座安装导轨，分别为第一支座安装导轨（Z1）和第二支座安装导轨（Z2），每组支座安装导轨由平行的两根导轨组成，所述的传感器固定支座（1）通过支座固定压块（11）和六角螺栓（14）安装在底座（9）的第一支座安装导轨（Z1）上，所述的第一支座安装导轨（Z1）两根平行导轨之间的距离由传感器固定支座（1）的厚度决定，所述的千斤顶固定支座（8）通过支座固定压块（11）和六角螺栓（14）安装在底座（9）的第二支座安装导轨（Z2）上，所述的第二支座安装导轨（Z2）

两根平行导轨之间的距离由千斤顶固定支座（8）的厚度决定；

所述的第一千斤顶（Q1）、第二千斤顶（Q2）、第三千斤顶（Q3）上方的对面是第四千斤顶（Q4），所述的第四千斤顶（Q4）左边与标准单维力传感器（6）、加载帽（5）刚性连接，右边通过千斤顶安装孔（7）安装在千斤顶固定支座（8）上，所述的千斤顶固定支座（8）上的千斤顶定位销（10）对第四千斤顶（Q4）进行定位；

所述的第一千斤顶（Q1）、第二千斤顶（Q2）、第三千斤顶（Q3）对上方的加载板（4）上的侧面加载孔（15）施加力/力矩，所述的第四千斤顶（Q4）对前方的加载板（4）上的正面加载孔（17）施加力/力矩，达到对六维力传感器（3）进行标定和测试的目的。

2、根据权利要求1所述的六维力传感器标定装置，其特征是：所说加载板（4）上置有上、下、左、右四组侧面加载孔（15），所说侧面加载孔（15）每组有三个孔，所说一组正面加载孔（17）置于加载板（4）的正面上，所说一组正面加载孔（17）有五个孔，所说侧面加载孔（15）和正面加载孔（17）均为半球形的，或是平面的加载位置，所说侧面加载孔（15）和正面加载孔（17）在机械加工中要保证足够的孔的位置精度和孔的垂直度。

3、根据权利要求1所述的六维力传感器标定装置，其特征是：所说加载帽（5）是半球形的，所说加载帽（5）的材料是铝合金，或是钢，或是铜，所说标准单维力传感器（6）是精度为0.05%F.S、或0.02%F.S、或0.01%F.S的单维拉/压力传感器，所说标准单维力传感器（6）的量程是1吨，或是5吨，或是10吨，或是16吨，或是20吨。

4、根据权利要求1所述的六维力传感器标定装置，其特征是：所说第一千斤顶（Q1）、第二千斤顶（Q2）、第三千斤顶（Q3）和第四千斤顶（Q4）是手动千斤顶，或是液压千斤顶，或是电动千斤顶，所说第一千斤顶（Q1）、第二千斤顶（Q2）、第三千斤顶（Q3）和第四千斤顶（Q4）的量程是5吨，或是10吨，或是16吨，或是20吨，所说第一千斤顶（Q1）、第二千斤顶（Q2）、第三千斤顶（Q3）在机械设计、加工和安装时需要保证与底座（9）的垂直度，所说第四千斤顶（Q4）在机械设计、加工和安装时需要保证与千斤顶

固定支座（8）的垂直度。

5、根据权利要求1所述的六维力传感器标定装置，其特征是：所说千斤顶固定支座（8）上置有五组千斤顶固定孔，所说第一组千斤顶固定孔（K1）、第二组千斤顶固定孔（K2）、第三组千斤顶固定孔（K3）、第四组千斤顶固定孔（K4）和第五组千斤顶固定孔（K5）在机械加工中要保证足够的位置精度和孔的垂直度，所说第一组千斤顶固定孔（K1）、第二组千斤顶固定孔（K2）、第三组千斤顶固定孔（K3）、第四组千斤顶固定孔（K4）和第五组千斤顶固定孔（K5）的中心位置分别对应于所说加载板（4）上的五个正面加载孔（17）。

6、根据权利要求1所述的六维力传感器标定装置，其特征是：所说底座（9）上的第一支座安装导轨（Z1）与第二支座安装导轨（Z2）之间是平行的，所说第一千斤顶安装导轨（G1）、第二千斤顶安装导轨（G2）和第三千斤顶安装导轨（G3）之间是互相平行的，所说第一支座安装导轨（Z1）和第二支座安装导轨（Z2）与第一千斤顶安装导轨（G1）、第二千斤顶安装导轨（G2）和第三千斤顶安装导轨（G3）之间是垂直排列的，所说第一支座安装导轨（Z1）和第二支座安装导轨（Z2）与第一千斤顶安装导轨（G1）、第二千斤顶安装导轨（G2）和第三千斤顶安装导轨（G3）在机械设计和加工中要保证足够的平行度和垂直度，所说传感器固定支座（1）在机械设计、加工和安装中与底座（9）要保证足够和垂直度，所说千斤顶固定支座（8）在机械设计、加工和安装中与底座（9）要保证足够和垂直度。

7、根据权利要求1所述的六维力传感器标定装置，其特征是：所说转接板（2）上的转接板安装孔（18）和转接板传感器安装孔（19）、六维力传感器（3）上的传感器安装孔（12）以及加载板（4）上的加载板传感器安装孔（16）在机械加工中要保证足够的孔的位置精度和孔的垂直度。

8、根据权利要求1所述的六维力传感器标定装置，其特征是：所说第一千斤顶安装导轨（G1）的两根平行导轨之间的距离由第一千斤顶（Q1）安装孔之间的距离决定，所说第二千斤顶安装导轨（G2）的两根平行导轨之间的距离由第二千斤顶（Q2）安装孔之间的距离决定，所说第三千斤顶安装导轨（G3）的两根平行导轨之间的距离由第三千斤顶（Q3）安装孔之间的距离决定。

## 六维力传感器标定装置

**技术领域** 本发明涉及自动化领域，特别涉及传感器领域中适用于大量程、大尺寸的六维力传感器标定装置。

**背景技术** 六维力传感器能够同时检测三维空间的全力信息，即三维力信息（ $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ ）和三维力矩信息（ $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$ ），主要应用在力及力/位置控制场合，如轮廓跟踪、精密装配、双手协调、试验系统中的六维力信息检测等，尤其是在航空机器人、宇宙空间站对接仿真、火箭发动机推力测试等领域，大量程六维力传感器发挥了极其重要的作用。

传感器的测量精度是评定传感器最重要的性能指标之一，其误差包括随机误差和系统误差。对于六维力传感器来说，其随机误差主要是由内部信号处理电路、量化误差、外界干扰等因素引起；系统误差则主要是由标定系统的标定精度所决定，六维力传感器由于其本身机械结构的复杂性，以及传感器在制造、粘贴应变片等加工工艺环节存在误差，传感器的各输入输出通道之间存在相互耦合的问题，需要通过标定确定各个方向输入输出的耦合关系，计算其耦合矩阵，并通过解耦补偿各维之间耦合带来的影响。因此传感器标定装置的设计和标定方法的研究至关重要，其标定精度将直接影响其使用时的测量精度。

六维力传感器的标定就是通过对六维力传感器施加空间坐标系中独立的力/力矩，或是线性无关的多个力/力矩，读取六维力传感器在各种状态下标定时时的输出，计算得到解耦矩阵。根据实际应用需求，六维力传感器的标定分为静态标定和动态标定，静态标定主要用于检测传感器的静态性能指标，如静态灵敏度、非线性、回差、重复性等；动态标定主要用于检测传感器的动态特性，如动态灵敏度、频率响应和固有频率等。

目前六维力传感器静态标定所采用的加载方式主要有测力环式和砝码式两种。其中测力环式加载采用顶杆方式，由测力环读出加载力值，这种加载允许有较大的加载力，但读数精度较低，高精度的测力环则价格昂贵。砝码式标定是采用等级砝码提供标准加载力，直接用等级砝码作为基准，力值精

度较高，在中、小量程六维力传感器的标定中使用比较普遍，但是不适合大量程六维力传感器的标定。

对于大量程六维力传感器的标定装置来说，由于空间尺寸大，要保证足够的标定精度，除了存在材料处理、加工精度保证等方面的困难外，如何实现对各维力/力矩分量的独立加载也是一个棘手的问题。

在现有技术中有多种结构的传感器标定测试装置，专利号为 CN1715856 的“无级升降式六维力传感器标定装置”和专利号为 CN100337105C 的“并联六维力传感器标定装置”等，经检索查新，其中专利号为 CN100337105C 的专利是最接近的专利技术。它具体公开了一种并联六维力传感器标定装置，包括长短框组成的龙门式支撑框架、加载减速机、标准单向力传感器、加载坐标十字架、标定装置固定平台、载荷传递绳索和滑轮组，标定装置采用大速比减速机来施加载荷，采用龙门式结构作支撑框架。

现有技术中的标定装置存在着不足之处，其一，标定装置通过调整载荷传递绳索与水平面之间的角度来改变施加载荷的方向，在体积较大或者绳索较长时，调整载荷传递绳索与水平面之间的角度很难保证足够的精度，从而使施加的载荷具有较大的方向误差，将直接影响标定精度；其二，标定装置中采用滑轮来施加载荷，而滑轮具有摩擦力，此摩擦力会造成比较大的加载误差，从而影响标定精度；其三，标定装置中对六维力传感器施加的是合力/力矩，无法实现对各维力/力矩分量的独立加载。

**发明内容** 本发明的目的是：避免上述现有技术中六维力传感器标定测试装置的不足之处，提供一种结构简单、操作方便、标定精度高、适用于大量程、大尺寸六维力传感器的标定装置。

本发明的技术方案是：六维力传感器标定装置，包括相互机械连接的传感器固定支座、转接板、六维力传感器、加载板、标准单维力传感器和底座，特别是：

六维力传感器左边通过一组转接板传感器安装孔安装在转接板上，转接板通过一组转接板安装孔安装在传感器固定支座上，六维力传感器右边通过一组传感器安装孔和一组加载板传感器安装孔与加载板刚性连接，加载板上置有上、下、左、右四组侧面加载孔、一组正面加载板传感器安装孔和一组正面加载孔；

加载板的下方置有三个千斤顶，分别为第一千斤顶、第二千斤顶和第三千斤顶，第一千斤顶、第二千斤顶和第三千斤顶的上面分别与标准单维力传感器刚性连接，标准单维力传感器的前面置有加载帽，第一千斤顶、第二千斤顶和第三千斤顶均安装在底座上；

底座上置有三组平行的千斤顶安装导轨，分别为第一千斤顶安装导轨、第二千斤顶安装导轨和第三千斤顶安装导轨，每组千斤顶安装导轨均由两根平行的导轨组成，其中第一千斤顶安装在第一千斤顶安装导轨上，第二千斤顶安装在第二千斤顶安装导轨上，第三千斤顶安装在第三千斤顶安装导轨上；

底座上还置有两组平行的支座安装导轨，分别为第一支座安装导轨和第二支座安装导轨，每组支座安装导轨由平行的两根导轨组成，传感器固定支座通过支座固定压块和六角螺栓安装在底座的第一支座安装导轨上，第一支座安装导轨两根平行导轨之间的距离由传感器固定支座的厚度决定，千斤顶固定支座通过支座固定压块和六角螺栓安装在底座的第二支座安装导轨上，第二支座安装导轨两根平行导轨之间的距离由千斤顶固定支座的厚度决定；

第一千斤顶、第二千斤顶、第三千斤顶上方的对面是第四千斤顶，第四千斤顶左边与标准单维力传感器、加载帽刚性连接，右边通过千斤顶安装孔安装在千斤顶固定支座上，千斤顶固定支座上的千斤顶定位销对第四千斤顶进行定位；

第一千斤顶、第二千斤顶、第三千斤顶对上方的加载板上的侧面加载孔施加力/力矩，第四千斤顶对前方的加载板上的正面加载孔施加力/力矩，达到对六维力传感器进行标定的目的。

作为对现有技术的进一步改进，加载板上置有上、下、左、右四组侧面加载孔，侧面加载孔每组有三个孔，一组正面加载孔置于加载板的正面上，有五个孔，侧面加载孔和正面加载孔均为半球形的，或是平面的加载位置，侧面加载孔和正面加载孔在机械加工中要保证足够的孔的位置精度和孔的垂直度；

加载帽是半球形的，加载帽的材料是铝合金，或是钢，或是铜，标准单维力传感器是精度为 0.05%F.S、或 0.02%F.S、或 0.01%F.S 的单维拉/压力传感器，标准单维力传感器的量程是 1 吨，或是 5 吨，或是 10 吨，或是 16 吨，或是 20 吨；

第一千斤顶、第二千斤顶、第三千斤顶和第四千斤顶是手动千斤顶，或是液压千斤顶，或是电动千斤顶，其量程是5吨，或是10吨，或是16吨，或是20吨，第一千斤顶、第二千斤顶、第三千斤顶在机械设计、加工和安装时需要保证与底座的垂直度，第四千斤顶在机械设计、加工和安装时需要保证与千斤顶固定支座的垂直度；

千斤顶固定支座上的第一组千斤顶固定孔、第二组千斤顶固定孔、第三组千斤顶固定孔、第四组千斤顶固定孔和第五组千斤顶固定孔在机械加工中要保证足够的位置精度和孔的垂直度，第一组千斤顶固定孔、第二组千斤顶固定孔、第三组千斤顶固定孔、第四组千斤顶固定孔和第五组千斤顶固定孔的中心位置分别对应于加载板上的五个正面加载孔；

底座上的第一支座安装导轨与第二支座安装导轨之间是平行的，第一千斤顶安装导轨、第二千斤顶安装导轨和第三千斤顶安装导轨之间是互相平行的，第一支座安装导轨和第二支座安装导轨与第一千斤顶安装导轨、第二千斤顶安装导轨和第三千斤顶安装导轨之间是垂直排列的，第一支座安装导轨和第二支座安装导轨与第一千斤顶安装导轨、第二千斤顶安装导轨和第三千斤顶安装导轨在机械设计和加工中要保证足够的平行度和垂直度，传感器固定支座在机械设计、加工和安装中与底座要保证足够和垂直度，千斤顶固定支座在机械设计、加工和安装中与底座要保证足够和垂直度；

转接板上的转接板安装孔和转接板传感器安装孔、六维力传感器上的传感器安装孔以及加载板上的加载板传感器安装孔在机械加工中要保证足够的孔的位置精度和孔的垂直度；

第一千斤顶安装导轨的两根平行导轨之间的距离由第一千斤顶的安装孔之间距离决定，第二千斤顶安装导轨的两根平行导轨之间的距离由第二千斤顶的安装孔之间距离决定，第三千斤顶安装导轨的两根平行导轨之间的距离由第三千斤顶的安装孔之间距离决定，千斤顶在千斤顶安装导轨上能够沿着导轨滑动；

利用标准单维力传感器和第一千斤顶、第二千斤顶、第三千斤顶、第四千斤顶对分别六维力传感器进行加载，通过加载位置的改变实现各个力/力矩分量的独立加载，加力时，加载帽与加载板上的侧面加载孔或正面加载孔刚性接触，通过标准单维力传感器测量实际加载力的大小。



相对于现有技术 CN100337105C，本发明的有益效果是：

其一，本发明中利用标准单维力传感器和千斤顶对大量程六维力传感器进行加载标定，不仅简单方便，容易控制，而且能够实现力的准确传递，施加的力/力矩数值由标准力传感器测量得到，精度比较高；

其二，本发明中通过控制标定装置各个零配件的机械设计和加工精度来保证标定时施加的力/力矩作用点的位置和施加力的方向，这样施加的力/力矩位置和方向比较准确；

其三，本发明的六维力传感器标定装置能够对各维力/力矩分量进行独立加载以及复合加载，加载过程简单，操作简便，计算解耦矩阵方便、快捷；

其四，力有三要素：作用点的位置、方向和大小，本发明通过对这三要素的控制来保证施加的各维力/力矩分量的准确度，从而保证了标定精度，提高六维力传感器使用时的测量精度。

**附图说明** 下面结合附图对本发明作进一步的详细说明。

图 1 为本发明的立体结构示意图。

图 2 为本发明的俯视图。

图 3 为本发明中千斤顶固定支座的左视图。

图 4 为本发明中转接板、六维力传感器和加载板的连接示意图。

图 5 为本发明中加载板的正视图及俯视图。

图 6 为本发明中千斤顶的剖面图。

图 7 为本发明中底座的俯视图。

### **具体实施方式**

图 1 为本发明的立体结构示意图。其中：1 是传感器固定支座；2 是转接板；3 是六维力传感器；4 是加载板；5 是加载帽；6 是标准单维力传感器；7 是千斤顶；8 是千斤顶固定支座；9 是底座；10 是千斤顶定位销；11 是支座固定压块；12 是传感器安装孔；13 是千斤顶固定压块；14 是六角螺栓；15 是侧面加载孔；16 是加载板传感器安装孔；17 是正面加载孔；18 是转接板安装孔；19 是转接板传感器安装孔；Q1 是第一千斤顶；Q2 是第二千斤顶；Q3 是第三千斤顶；Q4 是第四千斤顶；Z1 是第一支座导轨；Z2 是第二支座导轨；G1 是第一千斤顶安装导轨；G2 是第二千斤顶安装导轨；G3 是第三千斤顶安装导轨；K1 是第一组千斤顶固定孔；K2 是第二组千斤顶固定孔；

K3 是第三组千斤顶固定孔；K4 是第四组千斤顶固定孔；K5 是第五组千斤顶固定孔。

六维力传感器 3 左边通过一组转接板传感器安装孔 19 安装在转接板 2 上，转接板 2 通过一组转接板安装孔 18 安装在传感器固定支座 1 上，六维力传感器 3 右边通过一组传感器安装孔 12 和一组加载板传感器安装孔 16 与加载板 4 刚性连接，加载板 4 上置有上、下、左、右四组侧面加载孔 15、一组正面加载板传感器安装孔 16 和一组正面加载孔 17。

加载板 4 的下方置有三个千斤顶，分别为第一千斤顶 Q1、第二千斤顶 Q2 和第三千斤顶 Q3，第一千斤顶 Q1、第二千斤顶 Q2 和第三千斤顶 Q3 的上面分别与标准单维力传感器 6 刚性连接，标准单维力传感器 6 的前面置有加载帽 5，第一千斤顶 Q1、第二千斤顶 Q2 和第三千斤顶 Q3 均安装在底座 9 的千斤顶安装导轨上。

第一千斤顶 Q1、第二千斤顶 Q2、第三千斤顶 Q3 上方的对面是第四千斤顶 Q4，第四千斤顶 Q4 左边与标准单维力传感器 6、加载帽 5 刚性连接，右边通过千斤顶安装孔 7 安装在千斤顶固定支座 8 上，千斤顶固定支座 8 上的千斤顶定位销 10 对第四千斤顶 Q4 进行定位；

底座 9 上置有三组平行的千斤顶安装导轨，分别为第一千斤顶安装导轨 G1、第二千斤顶安装导轨 G2 和第三千斤顶安装导轨 G3，每组千斤顶安装导轨均由两根平行的导轨组成，其中第一千斤顶 Q1 安装在第一千斤顶安装导轨 G1 上，第二千斤顶 Q2 安装在第二千斤顶安装导轨 G2 上，第三千斤顶 Q3 安装在第三千斤顶安装导轨 G3 上。

利用标准单维力传感器 6 和第一千斤顶 Q1、第二千斤顶 Q2、第三千斤顶 Q3、第四千斤顶 Q4 对分别六维力传感器 3 进行加载，通过加载位置的改变实现各个力/力矩分量的独立加载。加力时，标准单维力传感器 6 前面的加载帽 5 与加载板 4 上的侧面加载孔 15 或正面加载孔 17 刚性接触，通过标准单维力传感器 6 测量实际加载力的大小。

图 2 为本发明的俯视图。底座 9 上置有两组平行的支座安装导轨，分别为第一支座安装导轨 Z1 和第二支座安装导轨 Z2，每组支座安装导轨由平行的两根导轨组成，传感器固定支座 1 通过支座固定压块 11 和六角螺栓 14 安装在底座 9 的第一支座安装导轨 Z1 上，第一支座安装导轨 Z1 两根平行导轨

之间的距离由传感器固定支座 1 的厚度决定, 千斤顶固定支座 8 通过支座固定压块 11 和六角螺栓 14 安装在底座 9 的第二支座安装导轨 Z2 上, 第二支座安装导轨 Z2 两根平行导轨之间的距离由千斤顶固定支座 8 的厚度决定。

底座 9 上还置有三组平行的千斤顶安装导轨, 分别为第一千斤顶安装导轨 G1、第二千斤顶安装导轨 G2 和第三千斤顶安装导轨 G3, 每组千斤顶安装导轨均由两根平行的导轨组成, 其中第一千斤顶 Q1 安装在第一千斤顶安装导轨 G1 上, 第二千斤顶 Q2 安装在第二千斤顶安装导轨 G2 上, 第三千斤顶 Q3 安装在第三千斤顶安装导轨 G3 上。

图 3 为本发明中千斤顶固定支座的左视图。千斤顶固定支座 8 上置有五组千斤顶固定孔, 分别为第一组千斤顶固定孔 K1、第二组千斤顶固定孔 K2、第三组千斤顶固定孔 K3、第四组千斤顶固定孔 K4 和第五组千斤顶固定孔 K5, 六维力传感器 3 在标定过程中, 按照标定坐标系的定义, 若六维力传感器 3 的 Y 轴正方向垂直向上, 当第四千斤顶 Q4 安装在第五组千斤顶固定孔 K5 时, 对六维力传感器 3 施加的是力  $-F_z$ ; 当第四千斤顶 Q4 安装在第一组千斤顶固定孔 K1 时, 对六维力传感器 3 施加的是力  $-F_z$  和力矩  $-M_x$ ; 当第四千斤顶 Q4 安装在第二组千斤顶固定孔 K2 时, 对六维力传感器 3 施加的是力  $-F_z$  和力矩  $+M_y$ ; 当第四千斤顶 Q4 安装在第三组千斤顶固定孔 K3 时, 对六维力传感器 3 施加的是力  $-F_z$  和力矩  $+M_x$ ; 当第四千斤顶 Q4 安装在第四组千斤顶固定孔 K4 时, 对六维力传感器 3 施加的是力  $-F_z$  和力矩  $-M_y$ 。

图 4 为本发明中转接板、六维力传感器和加载板的连接示意图。先将六维力传感器 3 通过一组转接板传感器安装孔 19 安装在转接板 2 上, 再将转接板 2 通过一组转接板安装孔 18 安装在传感器固定支座 1 上, 最后将加载板 4 通过一组加载板传感器安装孔 16 和一组传感器安装孔 12 安装在六维力传感器 3 上。加载板 4 上置有四组侧面加载孔 15、一组加载板传感器安装孔 16 和一组正面加载孔 17。转接板 2 上的转接板安装孔 18、转接板传感器安装孔 19、六维力传感器 3 上的传感器安装孔 12、加载板传感器安装孔 16 以及侧面加载孔 15、正面加载孔 17 在机械设计和加工中需要保证足够的孔的位置精度和孔的垂直度。

图 5 为本发明中加载板的正视图及俯视图。图 5 中的坐标系是六维力传感器 3 的标定坐标系, 按照右手螺旋法则定义。加载板 4 上置有上、下、左、

右四组侧面加载孔 15，侧面加载孔 15 每组有三个孔，一组正面加载孔 17 置于加载板 4 的正面上，一组正面加载孔 17 有五个孔，侧面加载孔 15 和正面加载孔 17 均为半球形的，或是平面的加载位置，侧面加载孔 15 和正面加载孔 17 在机械加工中要保证足够的孔的位置精度和孔的垂直度。第一千斤顶 Q1、第二千斤顶 Q2 和第三千斤顶 Q3 的中心位置正对着侧面加载孔 15 的三个孔。千斤顶固定支座 8 上的第一组千斤顶固定孔 K1、第二组千斤顶固定孔 K2、第三组千斤顶固定孔 K3、第四组千斤顶固定孔 K4 和第五组千斤顶固定孔 K5 的中心位置分别对应于加载板 4 上的五个正面加载孔 17。

图 6 为本发明中千斤顶的剖面图。本发明中有四个千斤顶，分别为第一千斤顶 Q1、第二千斤顶 Q2、第三千斤顶 Q3 和第四千斤顶 Q4，千斤顶的前面与标准单维力传感器 6 刚性连接，标准单维力传感器 6 的前面置有加载帽 5，千斤顶上置有千斤顶安装孔 7。

加载帽 5 是半球形的，加载帽 5 的材料是铝合金，或是钢，或是铜。标准单维力传感器 6 是精度为 0.05%F.S、或 0.02%F.S、或 0.01%F.S 的单维拉/压力传感器，标准单维力传感器 6 的量程是 1 吨，或是 5 吨，或是 10 吨，或是 16 吨，或是 20 吨。

千斤顶是手动千斤顶，或是液压千斤顶，或是电动千斤顶，其量程是 5 吨，或是 10 吨，或是 16 吨，或是 20 吨。第一千斤顶 Q1、第二千斤顶 Q2 和第三千斤顶 Q3 在设计、加工和安装时需要保证与底座 9 的垂直度，第四千斤顶 Q4 在设计、加工和安装时需要保证与千斤顶固定支座 8 的垂直度。

图 7 为本发明中底座的俯视图。底座 9 上置有两组平行的支座安装导轨，分别为第一支座安装导轨 Z1 和第二支座安装导轨 Z2，每组支座安装导轨由平行的两根导轨组成，第一支座安装导轨 Z1 两根平行导轨之间的距离由传感器固定支座 1 的厚度决定，第二支座安装导轨 Z2 两根平行导轨之间的距离由千斤顶固定支座 8 的厚度决定。

底座 9 上还置有三组平行的千斤顶安装导轨，分别为第一千斤顶安装导轨 G1、第二千斤顶安装导轨 G2 和第三千斤顶安装导轨 G3，每组千斤顶安装导轨均由两根平行的导轨组成。第一千斤顶安装导轨 G1 的两根平行导轨之间的距离由第一千斤顶 Q1 安装孔之间的距离决定，第二千斤顶安装导轨 G2 的两根平行导轨之间的距离由第二千斤顶 Q2 安装孔之间的距离决定，

第三千斤顶安装导轨G3的两根平行导轨之间的距离由第三千斤顶Q3安装孔之间的距离决定，千斤顶在千斤顶安装导轨上能够沿着导轨滑动。

底座9上的第一支座安装导轨Z1与第二支座安装导轨Z2之间是平行的，第一千斤顶安装导轨G1、第二千斤顶安装导轨G2和第三千斤顶安装导轨G3之间是互相平行的，第一支座安装导轨Z1和第二支座安装导轨Z2与第一千斤顶安装导轨G1、第二千斤顶安装导轨G2和第三千斤顶安装导轨G3之间是垂直排列的，第一支座安装导轨Z1和第二支座安装导轨Z2与第一千斤顶安装导轨G1、第二千斤顶安装导轨G2和第三千斤顶安装导轨G3在机械设计和加工中要保证足够的平行度和垂直度，传感器固定支座1在机械设计、加工和安装中与底座9要保证足够的垂直度，千斤顶固定支座8在机械设计、加工和安装中与底座9要保证足够的垂直度。

实施例：

首先，将本发明中的底座9安放在平坦的地面上，利用水平仪对底座9的水平面进行校准，确保底座9处于水平状态。

然后，将加载帽5安装在标准单维力传感器6上，标准单维力传感器6安装在千斤顶上，将第一千斤顶Q1、第二千斤顶Q2、第三千斤顶Q3通过千斤顶安装孔7、千斤顶固定压块13和六角螺栓14分别安装在底座9上的第一千斤顶安装导轨G1、第二千斤顶安装导轨G2和第三千斤顶安装导轨G3上。

其次，将六维力传感器3通过转接板传感器19安装孔安装在转接板2上，将加载板4通过加载板传感器安装孔16和传感器安装孔12安装在六维力传感器3上，将转接板2通过转接板安装孔18安装在传感器固定支座1上。通过支座固定压块11和六角螺栓14将传感器固定支座1安装在底座9的第一支座安装导轨Z1上。

再次，将安装有加载帽5和标准单维力传感器6的第四千斤顶Q4通过千斤顶安装孔7安装在千斤顶固定支座8的第一组千斤顶固定孔K1上。把千斤顶固定支座8通过支座固定压块11和六角螺栓14安装在底座9的第二支座安装导轨Z2上。

最后，检查装置中的每个零配件，确保每个零配件安装准确、牢靠，六维力传感器标定装置安装完毕，就能够对六维力传感器进行标定。

在六维力传感器标定装置的安装过程中，需要保证传感器固定支座 1 与底座 9 的垂直度，千斤顶固定支座 8 与底座 9 的垂直度，第一千斤顶 Q1、第二千斤顶 Q2、第三千斤顶 Q3 与底座 9 的垂直度，第四千斤顶 Q4 与千斤顶固定支座 8 的垂直度，也需要保证转接板 2、六维力传感器 3 以及加载板 4 与传感器固定支座 1 之间的平行度。六维力传感器标定装置通过机械设计、加工和安装的精度来保证标定时加载力作用点的位置和方向的准确，实现力的准确传递，提高标定精度。

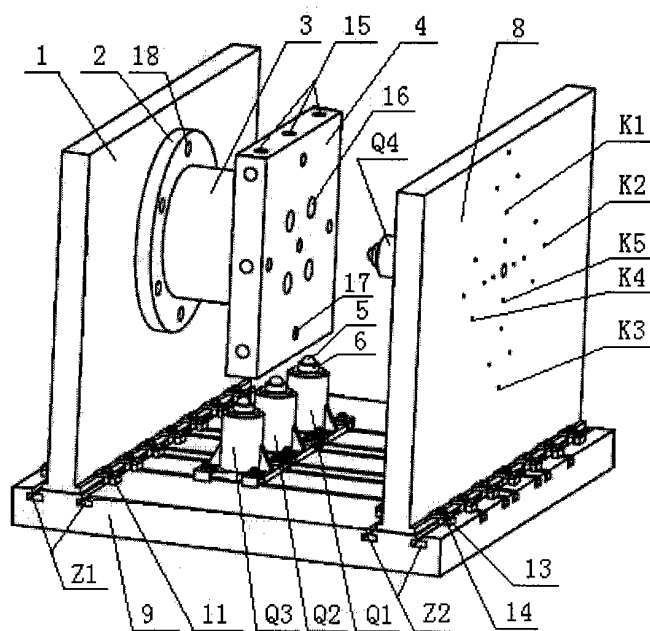


图 1

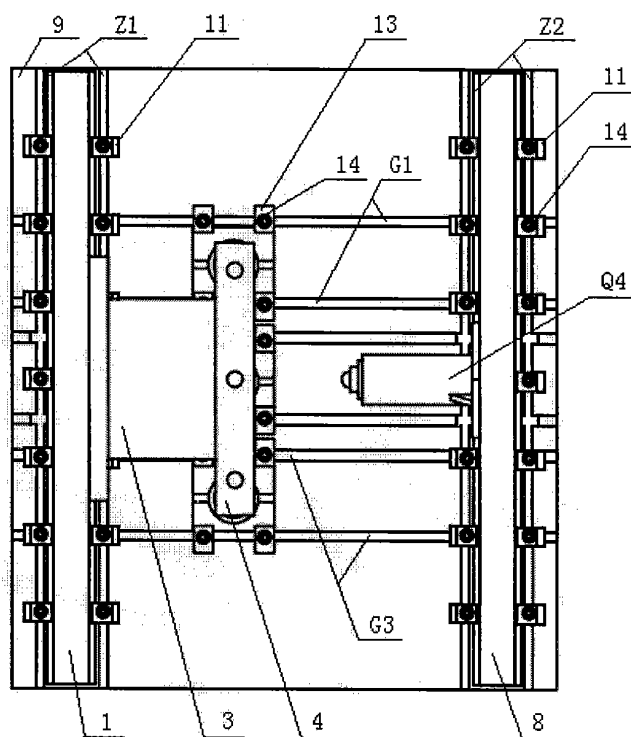


图 2

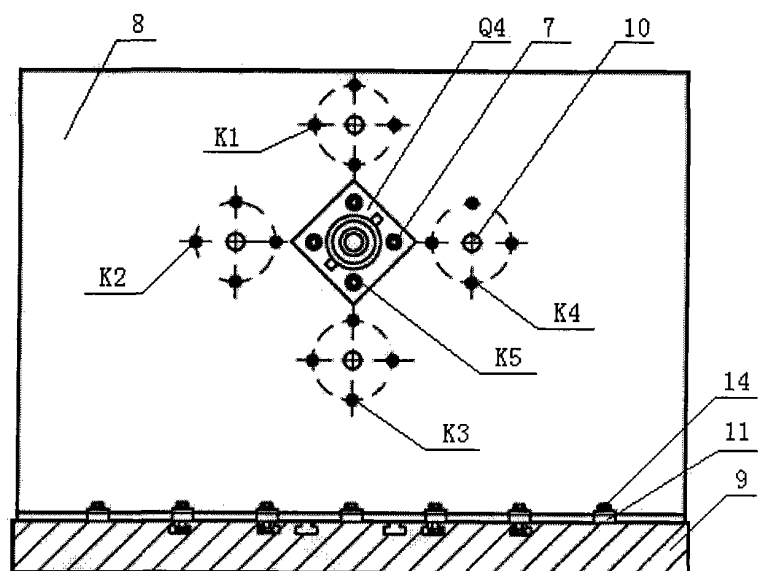


图 3

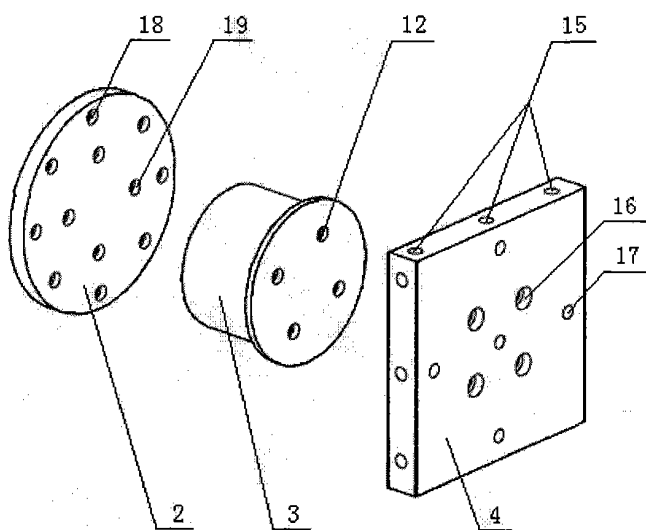


图 4



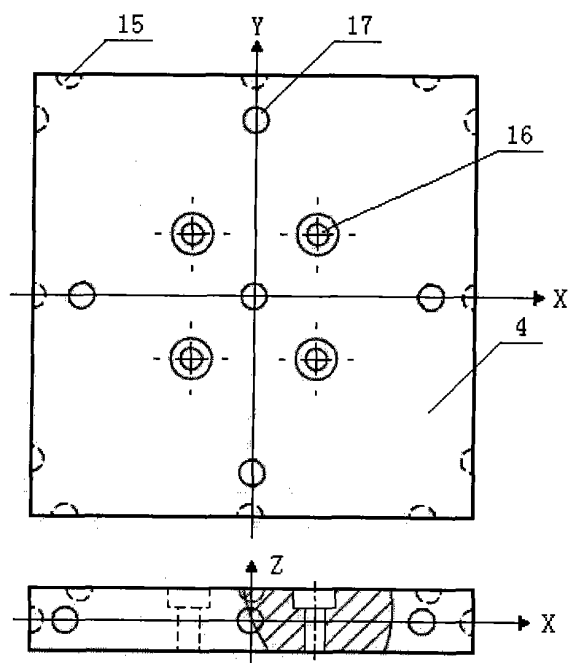


图 5

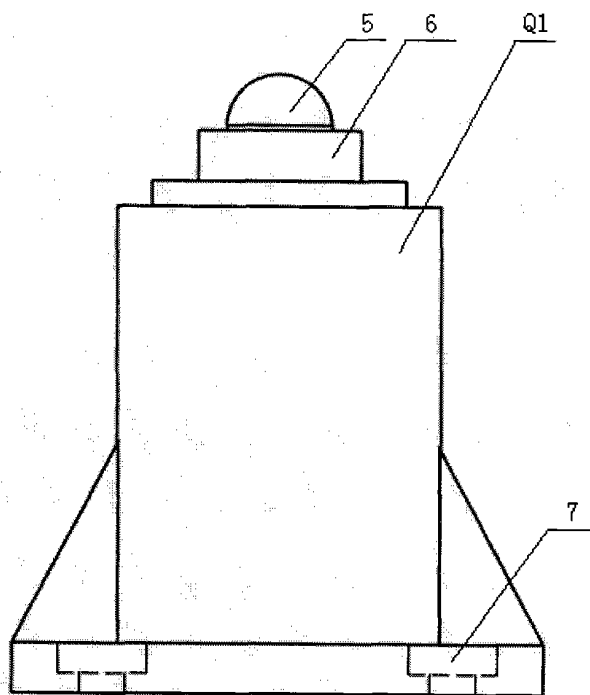


图 6

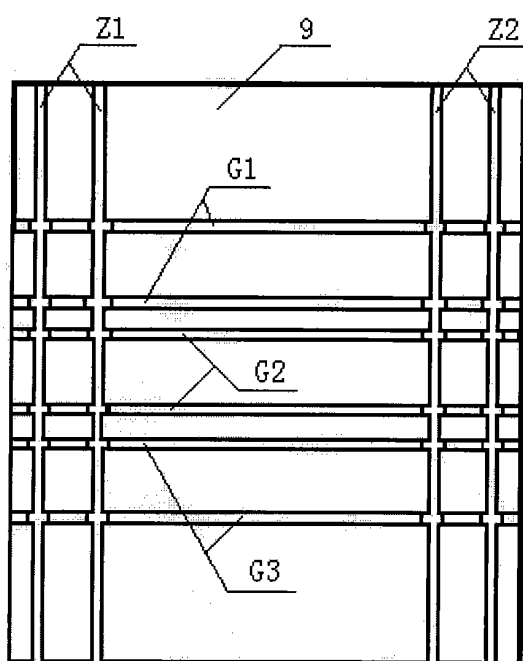


图 7