



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204389102 U

(45) 授权公告日 2015. 06. 10

(21) 申请号 201420770925. X

(22) 申请日 2014. 12. 10

(73) 专利权人 上海精密计量测试研究所  
地址 201109 上海市宝山区元江路 3888 号

(72) 发明人 罗晓平 仲想生 倪博

(74) 专利代理机构 上海航天局专利中心 31107  
代理人 金家山

(51) Int. Cl.  
G01L 25/00(2006. 01)

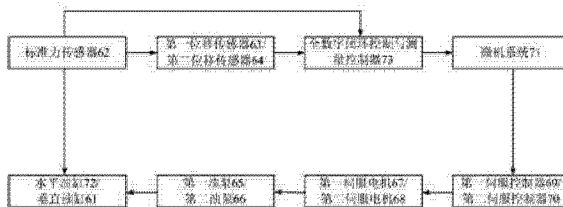
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 实用新型名称

双力源叠加式多维力传感器校准装置

(57) 摘要

本实用新型提供了一种双力源叠加式多维力传感器校准装置,包括:试台;设置于试台上的转接板;设置于转接板正上方的垂直油缸,设置于所述垂直油缸上的标准力传感器和第一位移传感器,第一油泵,第一伺服电机,第一伺服控制器,与第一伺服控制器连接的微机系统;设置于转接板一侧的水平油缸,设置于所述水平油缸上的第二位移传感器,第二油泵,第二伺服电机,第二伺服控制器,第二伺服控制器还与微机系统连接,与水平油缸连接的传动机构;分别与标准力传感器、第一位移传感器、第二位移传感器和微机系统连接的全数字闭环控制与测量控制器。本实用新型结构简单、功能完整,其不仅测量范围较宽、准确度较高,力值加载控制精度高,而且造价低廉。



1. 一种双力源叠加式多维力传感器校准装置,其特征在于,包括:

试台;

设置于试台上的转接板,用于放置被校传感器;

设置于转接板正上方的垂直油缸,设置于所述垂直油缸上的标准力传感器和第一位移传感器,与所述垂直油缸连接的第一油泵,与所述第一油泵连接的第一伺服电机,与所述第一伺服电机连接的第一伺服控制器,与所述第一伺服控制器连接的微机系统;

设置于转接板一侧的水平油缸,设置于所述水平油缸上的第二位移传感器,与所述水平油缸连接的第二油泵,与所述第二油泵连接的第二伺服电机,与所述第二伺服电机连接的第二伺服控制器,所述第二伺服控制器还与所述微机系统连接,与所述水平油缸连接的传动机构;

分别与所述标准力传感器、第一位移传感器、第二位移传感器和微机系统连接的全数字闭环控制与测量控制器。

2. 如权利要求 1 所述的双力源叠加式多维力传感器校准装置,其特征在于,所述垂直油缸和水平油缸分别包括主油缸和加力油缸。

3. 如权利要求 2 所述的双力源叠加式多维力传感器校准装置,其特征在于,所述主油缸和加力油缸的活塞尾端分别安装有随动补偿环。

4. 如权利要求 2 所述的双力源叠加式多维力传感器校准装置,其特征在于,所述主油缸由 100kN 或 50kN 的活塞、油缸组成,油缸的行程在 200mm 以内。

5. 如权利要求 2 所述的双力源叠加式多维力传感器校准装置,其特征在于,所述加力油缸由 10kN 的活塞、油缸组成。

6. 如权利要求 1 所述的双力源叠加式多维力传感器校准装置,其特征在于,所述试台的两侧分别设置有一根立柱,所述试台的正上方套设有连接两根立柱的高度可调节横梁,所述垂直油缸设置于所述高度可调节横梁上。

7. 如权利要求 1 所述的双力源叠加式多维力传感器校准装置,其特征在于,所述第一油泵和第二油泵采用日本 NACHI 高压内啮合齿轮泵。

8. 如权利要求 1 所述的双力源叠加式多维力传感器校准装置,其特征在于,所述全数字闭环控制与测量控制器采用 DTC-350 全数字闭环控制与测量控制器。

## 双力源叠加式多维力传感器校准装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种双力源叠加式多维力传感器校准装置。

### 背景技术

[0002] 多维力传感器能同时检测三维坐标空间的全力信息,例如六维力传感器能够同时感知沿 X、Y、Z 坐标轴方向的三个力分量和绕 X、Y、Z 坐标轴的三个力矩分量,因此它能够比较全面地反映出物体实际受力情况。

[0003] 多维力传感器最早应用于机器人领域,如装在机器人手腕部位的六维腕力传感器用来测量机器人操作手抓取物件时或与外部接触时承受的力/力矩,实现机器人的力觉、触觉。

[0004] 随着航天技术的不断发展,多维力传感器在航天产品的地面试验设备中被广泛使用,例如对接机构大型试验设备采用六维力传感器测量对接机构从接触、捕获、锁紧到分离整个过程中力和力矩;发动机试车台采用六维力传感器测量发动机推力矢量;太阳翼展开摸态试验中用六维力传感器测量太阳翼根部受力情况;在卫星扰动试验装置、卫星力控扰动系统中也都采用了多维力传感器来进行力信息的测量等等。这些多维力传感器的测量数据对试验结果起着及其重要的作用,因此必须对多维力传感器进行使用前的标定和使用中的周期校准,以确保多维力传感器技术性能满足型号试验的要求。

[0005] 另外,多分量力传感器还在其它领域如舰船内燃机开发研究和监测、螺旋桨轴的推力测量,内弹逆压力和爆炸压力测量、机械加工过程的监测、机器人关节研制、生物力学、运动员辅助训练等等得到越来越广泛的应用,这些多维力传感器也需要作周期检定。

[0006] 目前用于多维力校准的装置从加载方式上可分为砝码加载、机械传动加载和液压传动加载。

[0007] 采用砝码加载的多维力传感器校准装置,它们在结构上基本都是采用砝码、拉绳和滑轮,以砝码产生的重力为力源,通过滑轮转向,实现对多维力传感器各个方向施加力/力矩。燕山大学研制的六维力传感器标定系统的左侧的标定台可以同时加载 12 个方向的力和力矩,它的加载原理是通过滑轮、细绳,将砝码产生的力作用在加载帽上并传递给被校力传感器,如图 1 所示,从而实现对被校六维力传感器的校准,图 1 中,11 为砝码,22 为软绳,23 为滑轮,24 为加载帽,25 为传感器。

[0008] 砝码加载的方式优点是加载精度比较高,一般可以达到 0.1%,而且加载力的稳定性也比较好,但其主要缺点一是不能实现连续加载,二是受砝码质量限制其测量范围很有限,一般在 500N 以下,因此只能在小量程多维力传感器标定中使用。

[0009] 采用机械传动加载的多维力校准装置的工作原理是采用手动或电机控制加力,通过传动装置(一般用蜗轮蜗杆减速器和滑动螺旋副)、标准测力仪将力传递到被校准的力传感器上,以标准测力仪的读数为加载力值,与被校传感器的输出值进行比较,实现对被校多维力传感器的校准。

[0010] 如图 2 所示,大连理工大学机械学院传感测控研究所研制的多功能测力仪标定加

载器不仅能对三个方向同时施加力载荷,而且还可以施加力矩载荷,从而可以进行六维力传感器的标定。该装置铅垂力加载机构是由一个蜗轮蜗杆机构和一个滑动螺旋副组成,三个水平加载机构通过滑动螺旋副产生水平推力,由测力环来显示出力的大小,有效地消除了中间机械传递环节造成的误差,具有操作方便、结构简单、性能稳定可靠等特点。但因为是人力摇动手柄加力,因此加载范围有限,铅垂方向最大力值为 50kN,水平方向最大力值 3kN,且试台空间尺寸有限,无法对大量程、大尺寸的力传感器进行六维标定。另外测力环的准确度只有 0.3 级,加上其它误差因素的影响,校准装置的准确度很难达到 0.5 级,因此该装置仅适合对低精度小量程的多维力传感器进行校准。图 2 中,1 为底座,2 为支撑螺柱,3 为测力计组件,4 为锁紧螺母,5 为铅垂加载机构支架,6 为钢丝绳,7 为横梁,8 为提升机构,9 为测力仪安装基座,10 为铅垂加载机构,12 为可调水平加载机构(1),13 为可调水平加载机构(2),14 为可调水平加载机构(3)。

[0011] 液压传动加载的工作原理是由液压泵站产生一定的压力和流量,通过液压缸执行直线往复运动,将力施加给被校准的传感器。液压加载系统具有加载力范围大、加载力连续可调、原理简单、操作方便等优点,因此在一些大力值校准装置中使用较多。

[0012] 燕山大学研制的六维测力平台静态标定系统由标定加载台、2 个液压加载装置、数据采集装置等几部分组成,用于对大量程柔性铰 6-UPUR 并联式六维测力平台进行标定。液压加载装置提供的加载力 / 力矩通过标定加载台加载到 6-UPUR 并联式六维测力平台上,通过调整标定加载台中两个加载单元的安装位置即可实现六维力的加载。标定系统的液压加载装置由加载单元外套、液压缸、30kN 柱式单维拉压传感器、拉 / 压杆、销轴和加载块组成,如图 5 所示。它通过调节减压阀使加载力 / 力矩至合适大小,利用蓄能器的保压作用使加载力 / 力矩能够较平稳地加载在六维测力平台上。

[0013] 该六维测力平台静态标定系统设计独特,但也存在许多不足,首先标定系统对六维测力平台施加  $F_z$  以及  $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$  时,需要两个加载单元同时工作,尽管两个加载单元中的液压缸采用并联连接,但由于各液压管路的压力损失不同,加上液压缸的加工尺寸不完全一致等原因,使得加载在六维测力平台上的两个力不能保证完全相同,有时甚至相差较大,这样就导致在其它方向上产生了附加力 / 力矩,因此需要改进液压系统来对液压缸单独控制调节,从而尽可能保证两个加载力相同。其次靠手动调节减压阀难以保证加载力 / 力矩的稳定性。再有就是液压系统设计相对简单还存在着噪声、污染等缺点。从标定加载台的结构特点看,其主体框架和力源位置的设计都是针对特定的 6-UPUR 并联式六维测力平台的,通用性比较欠缺。

[0014] 瑞士奇石乐公司研制过 2 套多维力传感器标定装置,新研制的标定装置有正交三个力源,可以在不改变传感器安装位置的状态下对传感器不同方向施加标准力,从而实现多维力传感器各方向力和力矩的校准。垂直力源最大力值为 500kN,水平力源最大力值为 100 kN,动力由液压系统产生,通过精确控制技术将标准力平稳准确地施加到被校力传感器上,实现对传感器的标定。该装置系统完整,指标优良,可能是当今世界最好的多维力传感器校准装置,但是由于其体积庞大,系统复杂,其造价也是非常的昂贵。

[0015] 除了上述多维力传感器专用校准装置外,目前一些计量技术机构和研究机构在对多维力传感器标定时,还采用了“单力源”的校准装置,这种校准装置通常只有垂直方向一个标准力源,利用标定工装来改变传感器的安装位置,实现对多维力传感器不同方向的加

力,从而实现对多维力传感器各方向力和力矩的校准(如图 3 和 4 所示)。这种装置在对多维力传感器进行校准时,每校准一个方向后都需要把传感器拆下,然后换个方位重新安装调整,操作过程非常烦琐,校准效率低,而且装调中容易带来安装误差影响校准准确度;这种装置还有个最大的缺陷就是没法实现对多维力传感器重要技术指标“耦合误差”的校准。

[0016] 当前多维力测量技术在许多领域被广泛应用,多维力传感器的研制技术得到了快速发展,针对多维力传感器校准装置已开展了大量的研究工作,但是目前国内许多研究机构研制的校准装置大多数都是仅针对某个类型型号的多维力传感器,存在着通用性不强、测量范围有限、力值控制精度不高等一些明显的不足,很难对其它类型、其它外形尺寸的多维力传感器开展标定,无法被计量技术机构用作计量标准开展多维力传感器校准和性能评价工作。而国外仅 KISTLER 公司拥有较完善的六维力传感器标定装置,但是其昂贵的造价无法令国人接受。因此,研制宽量程、高精度、加载效率高、适用性强、研制费用低的通用多维力传感器校准装置成为这个领域技术发展的必然趋势。

### 实用新型内容

[0017] 本实用新型的目的在于提供一种双力源叠加式多维力传感器校准装置,能够解决多维力传感器校准中存在的量程有限(如采用砝码加载的装置)、准确度低、力值控制精度低、功能不全(单力源校准装置)或者是造价极其昂贵的问题。

[0018] 为解决上述问题,本实用新型提供一种双力源叠加式多维力传感器校准装置,包括:

[0019] 试台;

[0020] 设置于试台上的转接板,用于放置被校传感器;

[0021] 设置于转接板正上方的垂直油缸,设置于所述垂直油缸上的标准力传感器和第一位移传感器,与所述垂直油缸连接的第一油泵,与所述第一油泵连接的第一伺服电机,与所述第一伺服电机连接的第一伺服控制器,与所述第一伺服控制器连接的微机系统;

[0022] 设置于转接板一侧的水平油缸,设置于所述水平油缸上的第二位移传感器,与所述水平油缸连接的第二油泵,与所述第二油泵连接的第二伺服电机,与所述第二伺服电机连接的第二伺服控制器,所述第二伺服控制器还与所述微机系统连接,与所述水平油缸连接的传动机构;

[0023] 分别与所述标准力传感器、第一位移传感器、第二位移传感器和微机系统连接的全数字闭环控制与测量控制器。

[0024] 进一步的,在上述装置中,所述垂直油缸和水平油缸分别包括主油缸和加力油缸。

[0025] 进一步的,在上述装置中,所述主油缸和加力油缸的活塞尾端分别安装有随动补偿环。

[0026] 进一步的,在上述装置中所述主油缸由 100kN 或 50kN 的活塞、油缸组成,油缸的行程在 200mm 以内。

[0027] 进一步的,在上述装置中,所述加力油缸由 10kN 的活塞、油缸组成。

[0028] 进一步的,在上述装置中,所述试台的两侧分别设置有一根立柱,所述试台的正上方套设有连接两根立柱的高度可调节横梁,所述垂直油缸设置于所述高度可调节横梁上。

[0029] 进一步的,在上述装置中,所述第一油泵和第二油泵采用日本 NACHI 高压内啮合

齿轮泵。

[0030] 进一步的,在上述装置中,所述全数字闭环控制与测量控制器采用 DTC-350 全数字闭环控制与测量控制器。

[0031] 与现有技术相比,本实用新型包括:试台;设置于试台上的转接板;设置于转接板正上方的垂直油缸,设置于所述垂直油缸上的标准力传感器和第一位移传感器,与所述垂直油缸连接的第一油泵,与所述第一油泵连接的第一伺服电机,与第一伺服电机连接的第一伺服控制器,与第一伺服控制器连接的微机系统;设置于转接板一侧的水平油缸,设置于所述水平油缸上的第二位移传感器,与水平油缸连接的第二油泵,与第二油泵连接的第二伺服电机,与第二伺服电机连接的第二伺服控制器,第二伺服控制器还与微机系统连接,与所述水平油缸连接的传动机构;分别与标准力传感器、第一位移传感器、第二位移传感器和微机系统连接的全数字闭环控制与测量控制器,本实用新型结构简单、功能完整,其不仅测量范围较宽、准确度较高,力值加载控制精度高,而且造价低廉。

### 附图说明

[0032] 图 1 是现有的燕山大学六维力传感器标定台加载方式示意图;

[0033] 图 2 是现有的大连理工大学的多功能测力仪标定加载器;

[0034] 图 3 是现有的多维力传感器单力源力值校准示意图;

[0035] 图 4 是现有的多维力传感器单力源扭矩校准示意图;

[0036] 图 5 是本实用新型一实施例的双力源叠加式多维力传感器校准装置的结构框图;

[0037] 图 6 是本实用新型一实施例 DTC-350 控制器原理图。

### 具体实施方式

[0038] 为使本实用新型的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本实用新型作进一步详细的说明。

[0039] 如图 5 所示,本实用新型提供一种双力源叠加式多维力传感器校准装置,包括:

[0040] 试台;

[0041] 设置于试台上的转接板,用于放置被校传感器;

[0042] 设置于转接板正上方的垂直油缸 61,设置于所述垂直油缸 61 上的标准力传感器 62 和第一位移传感器 63,与所述垂直油缸 61 连接的第一油泵 65,与所述第一油泵 65 连接的第一伺服电机 67,与所述第一伺服电机 67 连接的第一伺服控制器 69,与所述第一伺服控制器 69 连接的微机系统 71;

[0043] 设置于转接板一侧的水平油缸 72,设置于所述水平油缸 72 上的第二位移传感器 64,与所述水平油缸 72 连接的第二油泵 66,与所述第二油泵 66 连接的第二伺服电机 68,与所述第二伺服电机 68 连接的第二伺服控制器 70,所述第二伺服控制器 70 还与所述微机系统 71 连接,与所述水平油缸 72 连接的传动机构,用于控制所述水平油缸的高度;具体的,水平加力由于被校传感器高度各不相同,因此要求水平力源的高度可以调节,才能保证校准装置施力轴线与被校传感器受力轴线一致,因此在水平力源结构设计中首先要充分考虑安装水平力源的结构件的刚度,避免在加力过程中受到反作用力产生变形使施力轴线与多维力传感器受力轴线不一致;其次在水平力源垂直方向增加导轨,通过提升油缸或电缸使水

平力源上下移动,采用位移传感器测量与控制移动距离,保证水平力源的施力轴线与多维力传感器受力轴线一致性;

[0044] 分别与所述标准力传感器 62、第一位移传感器 63、第二位移传感器 64 和微机系统 71 连接的全数字闭环控制与测量控制器 73,具体的,所述微机系统用于向第一和第二伺服控制器输出控制指令,第一和第二伺服控制用于控制伺服电机驱动第一和第二油泵,从而所述第一油泵加油驱动垂直油缸向被校传感器施加垂直力源,所述第二油泵加油驱动水平油缸向被校传感器施加水平力源,所述全数字闭环控制与测量控制器从设置于标准力传感器、第一位移传感器和第二位移传感器采集力参数和位移参数并发送到微机系统,所述微机系统根据所述力参数和位移参数向所述伺服控制器输出下一步的控制指令,从而开始新一轮的力参数和位移参数的采集和控制。这里采用双力源的垂直油缸和水平油缸的主体结构,即在垂直方向(Z轴)和水平方向各设计一个加载力源,具有垂直方向和水平方向加载功能,克服了单力源校准装置无法实现多维力传感器耦合误差校准的缺点,通过将安装被校准传感器的转接板转位  $90^\circ$ ,可以方便地实现对  $F_x$ 、 $F_y$  的标定,与单力源结构相比在标定时可以避免不断拆下被校准传感器重新安装带来的烦琐工作和不必要的安装误差,并且可以实现对多维力传感器耦合误差的校准(单力源结构校准装置无此功能),与三力源结构相比研制成本和实现的难度可以大大降低,同时造价上比较低廉。另外,这里采用全数字闭环控制与测量控制器,实现系统参数的在线辨识,控制量在线优化,各控制环之间无冲击自动切换,进行力、位移全数字闭环控制,实现力和位移的保持,确保标准力的可控和高稳定性。通过配置多个不同测量范围的高精度标准力传感器实现校准装置的宽量程和高准确度。

[0045] 优选的,所述垂直油缸和水平油缸分别包括主油缸和加力油缸。具体的,这里采用主油缸和加力油缸的液压加载系统,由主油缸给标准力传感器和被校力传感器加载,快速完成 90% 的加载,然后由加力油缸给主油缸加力,工作慢速逼近设定的校准力值,通过控制加力油缸活塞微量位移达到系统所要求的精度,并通过全数字闭环控制与测量控制器采用微量反馈控制技术确保了标准力值的正确性,通过全数字闭环控制与测量控制器确保施加力值的准确性和平稳性,同时也提高了加载效率,这样就解决了一般液压加载的多维力校准装置在加载过程中容易出现过冲现象、加载精度不高等问题。

[0046] 优选的,所述试台的两侧分别设置有一根立柱,所述试台的正上方套设有连接两根立柱的高度可调节横梁,所述垂直油缸设置于所述高度可调节横梁上。具体的,两根立柱和高度可调节横梁形成门式结构,通过加工保证和安装调试比较容易实现校准装置施力轴线与被校传感器受力轴线一致。一实施例中,100kN 双力源叠加式多维力传感器校准装置主体机架采用成熟的柱式框架结构,主体由高度可调节横梁、两根立柱、试台和机座构成;高度可调节横梁、试台及传动机构部件采用优质材料铸(锻)造而成、内应力采用人工时效处理及精密加工制造;主体机架的关键尺寸设计、加工工艺、热处理工艺、加工精度及装配性能,由具备专业大型试验设备工厂制造,保证校准装置的主体在 100kN 额定载荷作用下具有足够的刚度和稳定的性能。

[0047] 优选的,所述第一油泵和第二油泵采用独立的液压动力站(液压伺服单元和油源)为液压系统的驱动动力源,例如可采用日本 NACHI 高压内啮合齿轮泵,电机、伺服阀、减压阀、顺序阀、溢流阀、单向阀、油管、接头、油缸活塞杆以及活塞密封等主要部件应采用进口或国产优质产品,确保液压系统无泄漏、低发热量、低噪音。应有电子温度计显示油温,油温

过高时报警并开启风冷装置降低油温。油箱具有液位计显示油箱的油位。

[0048] 优选的,如图6所示,所述全数字闭环控制与测量控制器采用DTC-350全数字闭环控制与测量控制器,DTC-350是基于DSP技术的全数字闭环控制与测量控制器,具有全数字闭环控制、多通道采集等功能,用于伺服系统的控制。DTC-350测控芯片选用TI公司的DSP。该芯片具有40MIPS计算能力,32位定点,集矢量控制、位置捕获、A/D转换等多项外设功能于一体,是高端工控领域应用十分广泛的一款DSP,也特别适合应用在测力设备控制与测量上。全数字闭环控制与测量控制器具有快速加力和精密加力的能力,能够自动控制机器完成各级负荷的加、卸负荷循环检定,能够做到长时间力值稳定,符合JJG734-2001《力标准机检定规程》。

[0049] 优选的,所述主油缸和加力油缸的活塞尾端分别安装有随动补偿环,不仅起到活塞运动导向作用,而且能够保护主密封在恶劣情况下不至受到损伤;主油缸和加力油缸主密封采用特殊材料以减小与缸壁间的静摩擦。主油缸由加力100kN(垂直方向)和50kN(水平方向)的活塞、油缸组成,油缸的行程在200mm以内,用来给被检传感器施加力或空间的微量调整。加力油缸由约10kN的活塞、油缸组成,用来给被检传感器施加给定力值的左右和微量控制;另外可采用宽频伺服加载系统,一套机构可以完成粗加载、精加载,调节和稳定加力油缸活塞位移量最大可达到3-4纳米,调节范围为1-40K,即活塞最大位移量可为最小位移量的40000倍,活塞移动量没有限制,可以满足各种不同变形量传感器校准需要。

[0050] 微机系统可采用自适应PID控制算法自动控制,系统空载时,用位移传感器反馈信号控制(即位移闭环),系统受力后,用力传感器反馈信号控制(即力闭环)。微机系统具有加载控制功能,可以按照JJG391-2009《力传感器检定规程》、JJG144-2007《标准测力仪检定规程》以及JJF(军工)20-2012《多分量测力仪校准规范》的检定校准要求自动加载并可实时显示加载过程的曲线(力-时间曲线)。一方案中采用0.03级标准力传感器,校准装置的准确度等级为0.1级。设备供电要求为:220V±10%,其他无特殊要求。

[0051] 本实用新型针对当前在多维力传感器校准中存在的量程有限(如采用砝码加载的装置)、准确度低、力值控制精度低、功能不全(单力源校准装置)或者是造价极其昂贵等问题,本实用新型结构简单、功能完整,其不仅测量范围较宽、准确度较高,力值加载控制精度高,而且造价低廉。

[0052] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0053] 显然,本领域的技术人员可以对实用新型进行各种改动和变型而不脱离本实用新型的精神和范围。这样,倘若本实用新型的这些修改和变型属于本实用新型权利要求及其等同技术的范围之内,则本实用新型也意图包括这些改动和变型在内。

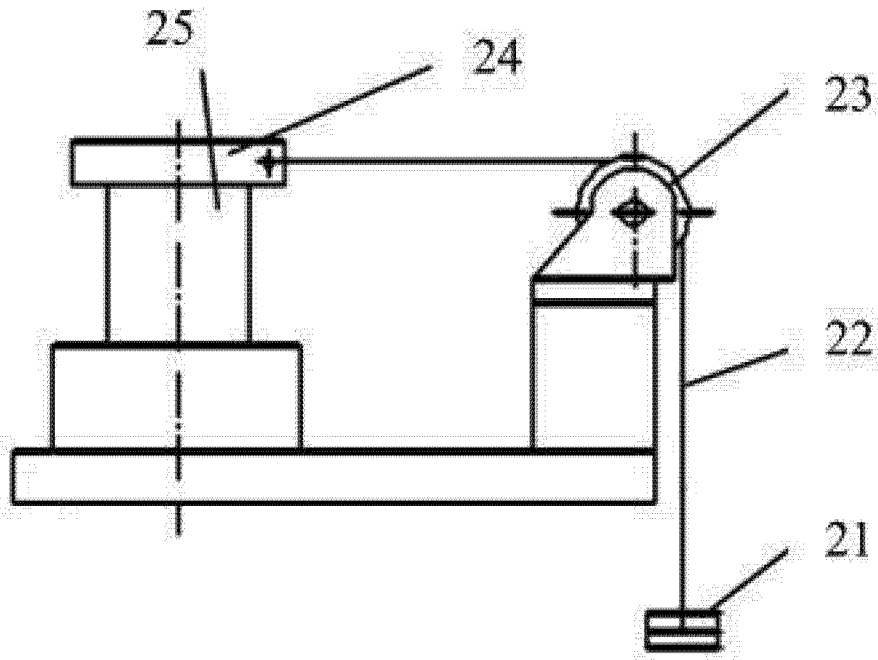


图 1

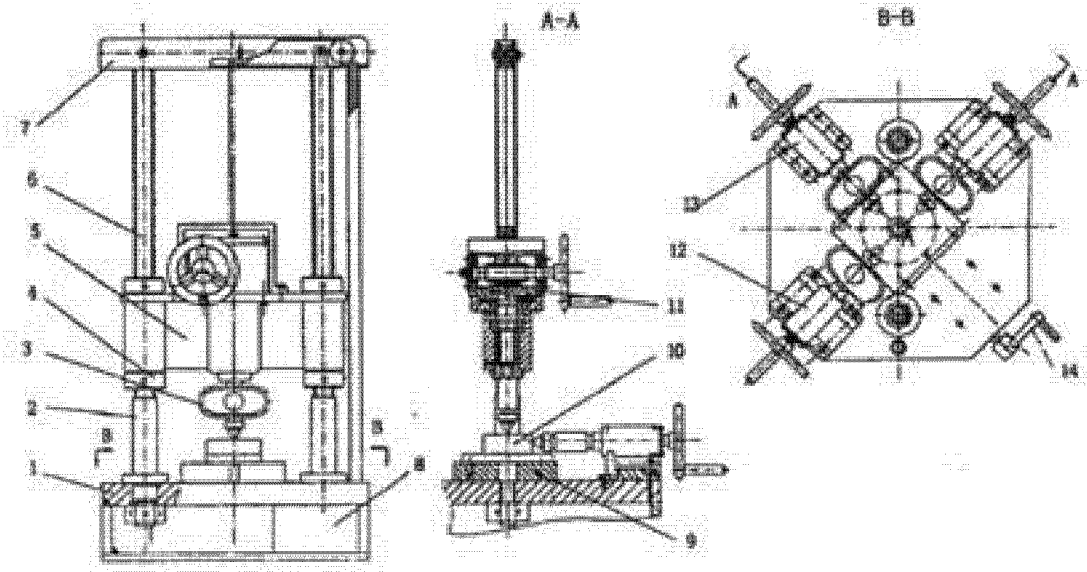


图 2

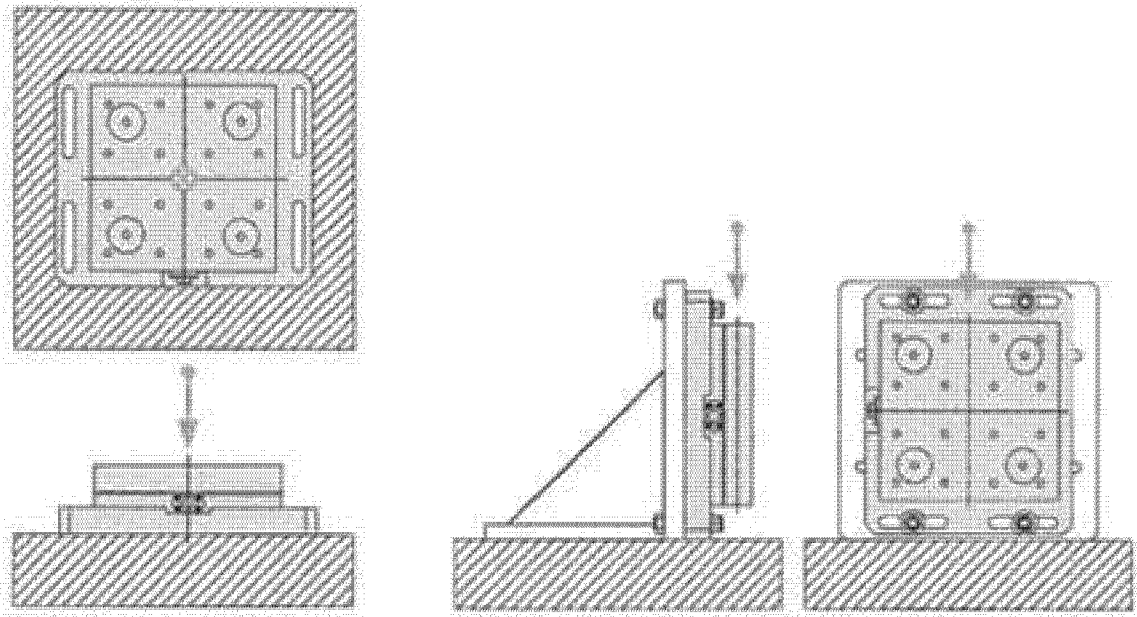


图 3

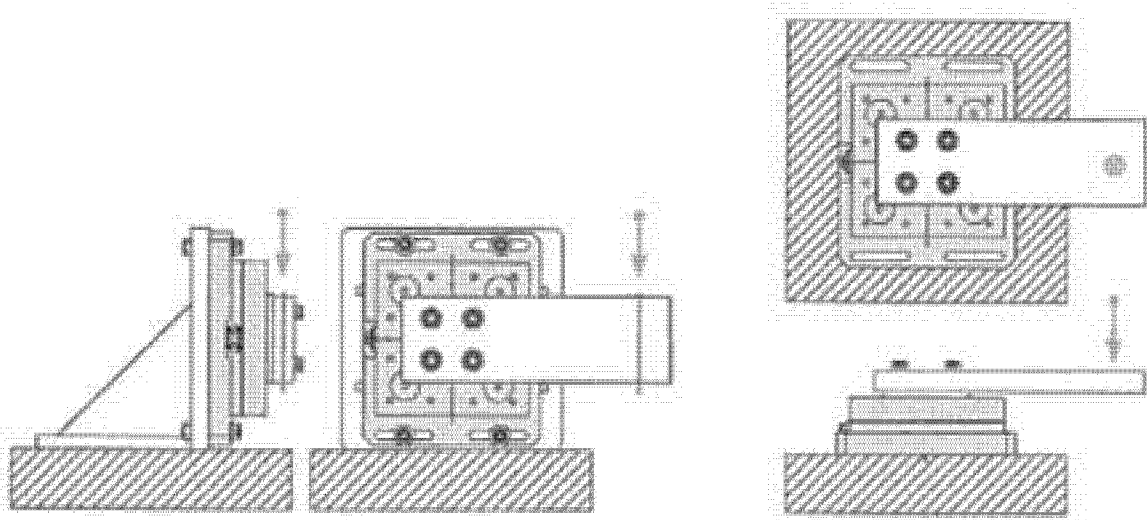


图 4

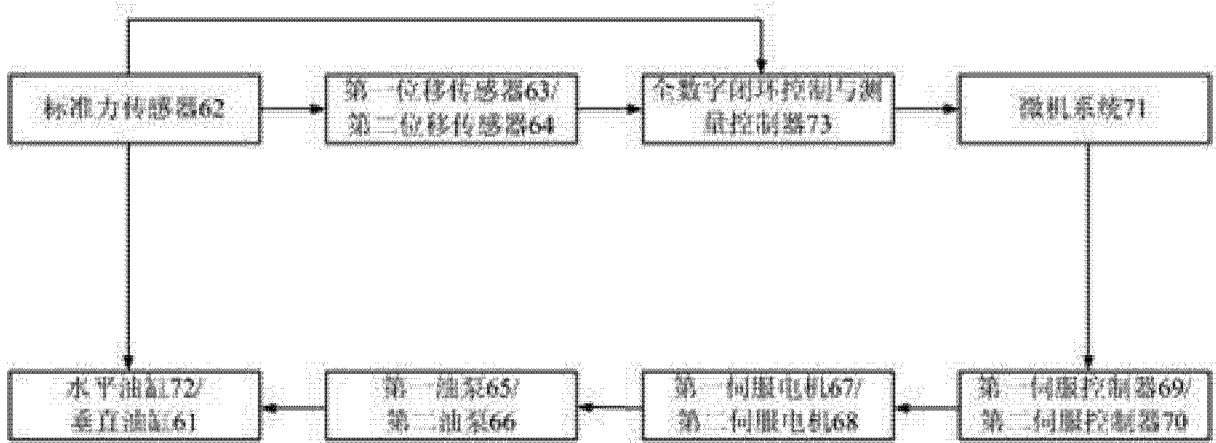


图 5

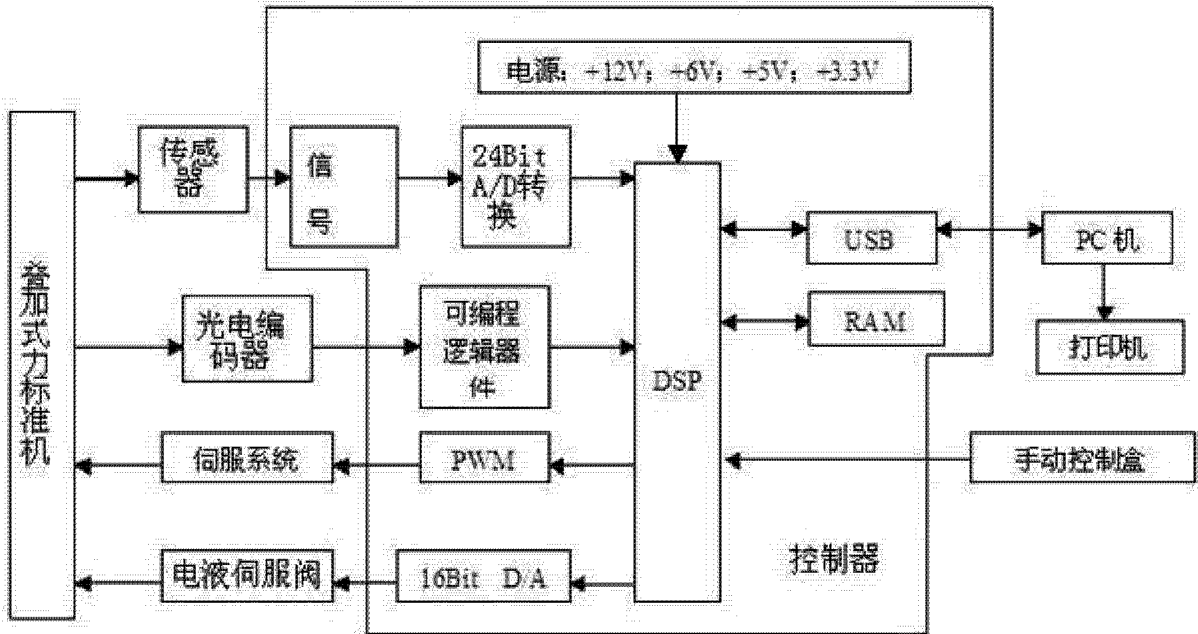


图 6