文章编号: 1009- 038X(2000) 06- 0619- 04

多工位健身器阻尼油缸测试机

李　挺
(无锡轻工大学机械工程学院, 江苏无锡 214036)

摘　要: 本测试机的研制目的是为了解决健身器阻尼油缸的大行程、力- 位移动态测试问题. 该机的研制包括机电伺服工作台和计算机测控系统两部分, 由单台计算机集中测控多台工作台, 并实时显示每台机对试件的实测曲线、自动判断试件合格与否、打印图形报表并储存历史记录.
关键词: 计算机辅助测试; 计算机辅助控制; 动态检验; 测力机; 健身器; 阻尼油缸
中图分类号: TQ274.4　　文献标识码: A

The Test Equipment with Multi Testbed for the Testing of the Hydraulic Damper in Bodybuilding Apparatus

LI Ting
(School of Mechanical Engineering, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036)

Abstract: Researching the test equipment is for the purpose of solving the long distance and force-displacement dynamic testing for the hydraulic damper in bodybuilding apparatus. The equipment consists of mechatronic workstation with servo motor, computer test and control system. The centralized management to several workstation by one computer includes showing test curve of hydraulic damper in each workstation in real time, judging the hydraulic damper up or down to standard automatically, printing the report about testing curve and saving the history record in database.
Key words: computer-aided test; computer-aided control; dynamic test; force measuring machines; Bodybuilding apparatus; hydraulic damper

传统的力量训练型健身器械, 为了与人的肢体用力方向保持一个反向抗力, 较多地采用铁块配重装置, 但这种装置体积大, 质量大, 使用时噪声高, 不适合走入家庭. 家庭用的健身器械(如划船器、登山器等) 采用的是一种叫"阻尼油缸" 的液压筒来产生反向抗力.

图 1 是"阻尼油缸" 的力—位移特性曲线, 当杆件被拉伸时, 可产生极大的拉伸阻力, 以抵抗人体的作用力, 如正向曲线 OAB 所示. 而被压缩时, 为了

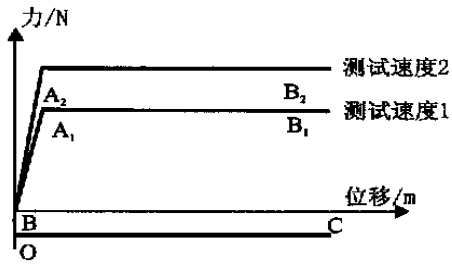


图 1　阻尼油缸的力- 位移曲线

Fig. 1　The force- displacement curve of hydraulic damper

收稿日期: 2000- 01- 10; 修订日期: 2000- 03- 10.
作者简介: 李挺(1968-), 男, 江苏无锡人, 工学硕士, 讲师.

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

能让健身器轻松复位, 杆件阻力极小, 如曲线 CDO 所示.

作为家庭健身器械的关键部件, 国家体育器械生产行业对健身器关键部件“阻尼油缸”制订了严格的质检标准: 要求各种型号的“阻尼油缸”在设定测试速度下, 除起始段外, 其动态拉压力值应在国标规定的公差范围内; 并且“阻尼油缸”内的液压油要求无杂质、无气泡. 据此要求, 测试机要求具有大行程、宽调速范围、实时动态力的测试功能, 而同技术档次的进口设备价格惊人, 且只适用于实验室条件下的材料抽样检测, 满足不了工厂质检室和车间内的大批产品检验的要求. 在生产过程中, 拥有“阻尼油缸”力– 位移特性的测试机成为提高产品质量的关键. 作者研制的“阻尼油缸测试机”较好地符合了国标的检验要求, 该测试机是由微机控制, 能自动对测试参数进行数据处理, 对主要曲线段是否符合公差要求、液压油是否夹杂有杂质和气泡(判断动态曲线是否有突变) 等作结论性判断和打印测试报表的机电一体化测试设备. 该种测试机的Ⅰ型产品已正常运行 8 年之久, 大幅度提高了该行业的产品质量, 在协作生产中为某企业把住质量关, 避免了多次巨额的经济损失, 取得了良好的社会和经济效益.

根据“健身器械行业标准”中所规定的质检要求, 测试设备必须达到:

1) 在 0~ 400 mm 的行程范围内进行任意规格试件的测量;

2) 能在 0~ 50 mm /s 的速度范围内测试, 行程中速度值的允许偏差小于 ±0. 5 mm/ s;

3) 力测量误差小于 ±1%, 位移误差小于 ±0. 5 mm.

1 阻尼油缸测试机的结构

多工位阻尼油缸测试机车间应用布置如图 2 所示. 由一台中央控制机对多台伺服工作台进行测控.

阻尼油缸测试机分成两部分.

第一部分为伺服工作台. 通过活动横梁的上下移动, 牵引跨接在活动横梁和固定台面间的试件作伸缩运动; 台体内安装有直流伺服电机和传递齿轮, 为活动横梁提供动力和实现运动速度、位移的调节.

第二部分为计算机测控系统. 由计算机、直流伺服电机、丝杠和增量式光电编码器组成的半闭环伺服系统实现“阻尼油缸”的定速和定距运动控制, 并通过传感器通道采集出拉压力数据及位移值; 检测运动速度; 屏幕上实时显现出力– 位移曲线; 按照一定算法判断测试件合格与否.

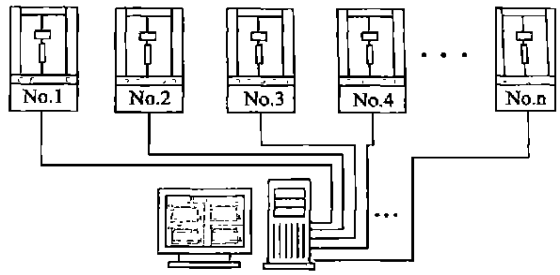
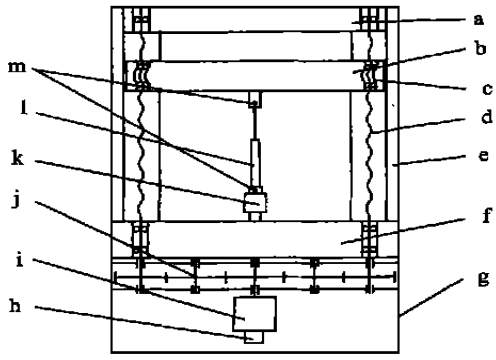


图 2 多工位阻尼油缸测控机应用布置图

Fig. 2 The arrangement of a test equipment with multi testbed

2 伺服工作台

伺服工作台采用立式结构, 机械结构见图 3.



a. 固定横梁 b. 活动横梁 c. 滚珠螺母
d. 滚珠丝杠 e. “U”型立柱 f. 底板
g. 机座箱体 h. 光电编码器
i. 直流伺服电机 j. 齿轮组
k. 拉、压力传感器
l. “阻尼油缸”试件
m. 连接挂耳

图 3 伺服工作台机械组成结构

Fig. 3 The mechanical structure of servo workstation

工作台内部: 安装有一台带光电编码器的直流伺服电机、直流伺服功放电路; 独立于微机控制的第二套手动控制电路; 传递齿轮组保证输出丝杠的同向、同速旋转.

工作台外部: 在台面上, 由两根厚钢板卷成的“U”型立柱共同支撑一根固定横梁; 在“U”型立柱内, 藏放两根滚珠丝杠, 丝杠两端分别支撑在固定横梁和工作台面上, 并伸入台体内和动力源连接; 两丝杠同向旋转, 驱动滚珠螺母及固连于螺母的活动横梁上下移动, 从而牵引“阻尼油缸”伸缩运动.

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　计算机测控系统

3.1　硬件组成

测控系统原理图见图 4. 主测控机采用工业控制机. 测控前向通道, 也就是反映外界状态的信息输入通道. 采用的设备有: BLR- 1 型拉压式负荷传感器, YD- 21 型动态应变仪, 增量式光电编码器, 12 位 A/D 信号转换板, 带光电隔离的开关量输入板. 测控后向通道是对操作对象实现操作控制的输出通道. 采用的设备有: 12 位 D/A 输出板, 带光电隔离的开关量输出板, 作为功率电路开关的固态继电器.

测控系统采用位移半闭环控制结构, 由微机控制, 可实现活动横梁在任意位置定位. 为适应不同试件测试范围的变化要求, 可由用户在微机上设置起始和终止位置, 以规定测试机的工作范围.

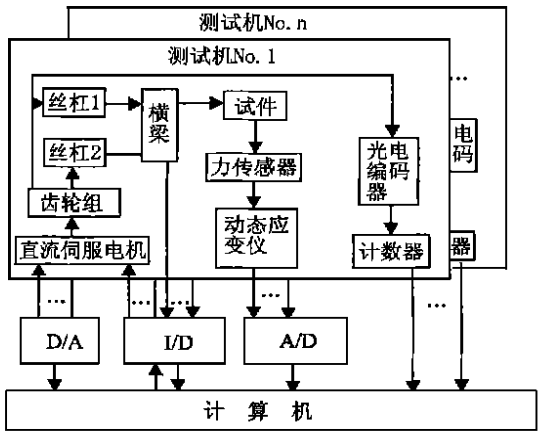


图 4　多工位测控系统原理图

Fig. 4　The principles chart of testing and controlling system for multi testbed

3.2　软件设计

系统设定的力、位移采样周期为 5 ms.

现场测试所受干扰较多, 尤其是安装于工作台面上的力传感器, 直接受到机械系统连续运动所引起的台面震动影响和运动换向时的瞬时冲击. 因此, 必须对计算机从力传感通道采集来的信号作数字滤波处理, 以去除干扰. 为此, 本试验采用了复合滤波处理[2]程序. 系统软件利用连续 3 个采样点进行中值滤波以消除脉冲干扰, 对中值滤波后的相邻 4 个处理点再进行平均滤波以消除随机干扰. 因此, 经滤波后的实际力值采样周期为 60 ms.

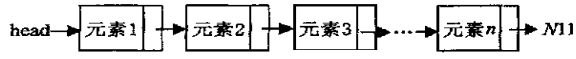
经复合滤波后的力采样数据 D, 代入"采样数据- 力"函数, 转换为实际力值 F. 为得到较高的测量精度, 需对力传感器、动态应变仪、及 A/D 通道进行一体化标定, 并将全测量量程划分为若干个线性段, 用分段线性函数[1]进行描述. 标定的目的是精确确定分段线性函数系数 $k_1 \sim k_n$ 和 $b_1 \sim b_n$, 见式 1.

$$\begin{aligned} F &= k_1 \cdot D + b_1 \quad (D_0 < D < D_1) \\ F &= k_2 \cdot D + b_2 \quad (D_1 < D < D_2) \\ &\cdots\cdots \\ F &= k_n \cdot D + b_n \quad (D_{n-1} < D < D_n) \end{aligned} \tag{1}$$

系统每 60 ms 采样得的数值, 经转换为力和位移后, 存入到下列元素结构中:

```
struct data {
char  machine_NO;      /*  测试机编号 */
int   test_NO;   /*  本机所进行测试的次数 */
long  sort;      /*  本次测试采样点序号 */
float force;     /*  采样点力值 */
float distance;      /*  采样点位移 */
struct data  * next;}      /*  下一元素指针 */
```

每一次拉伸及压缩循环结束后, 可得到表示该进程测量元素的线性序列 S:



系统的参数设置、辅助功能和键盘手动操作由主服务程序完成, 主服务程序如图 5 所示.

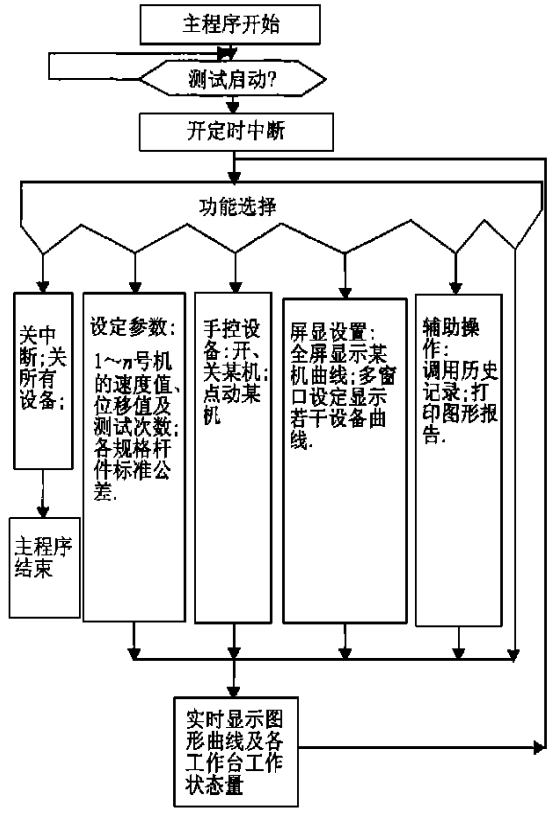


图 5　主服务程序流程图

Fig. 5　The flowchart of main program

© 1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

对各伺服工作台的测试和控制由中断服务程序处理,定时中断周期为 5 ms. 定时中断处理服务程序如图 6 所示.

测试软件运行后,测试人员显示单机监测方式可在主程序中的"屏显设置"中选择全屏(图 7),或是多窗口显示多机监测方式(图 8).

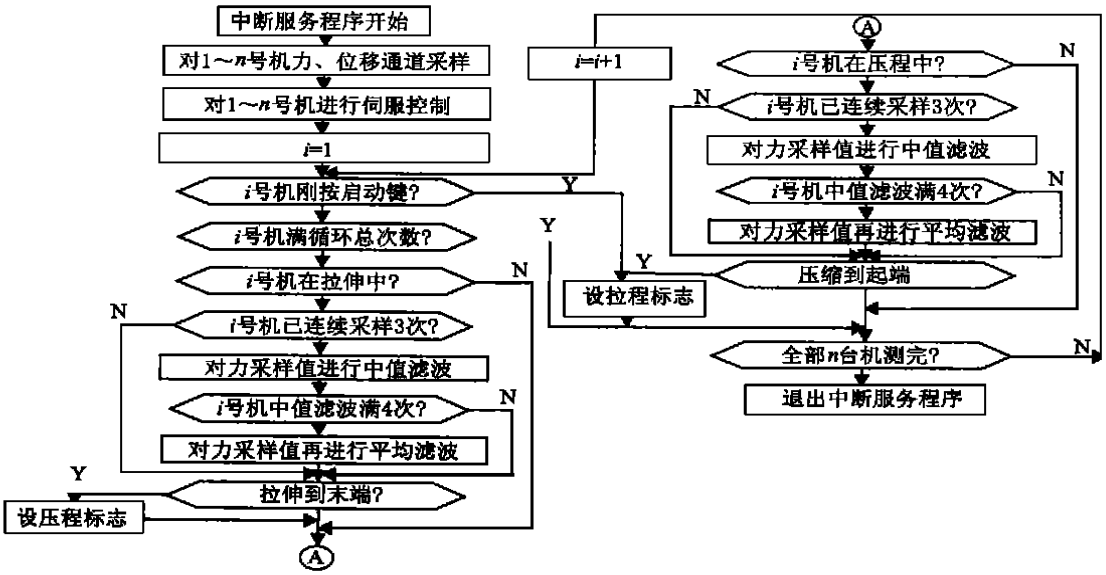


图 6 定时中断服务程序流程图

Fig. 6 The flowchart of regular time interrupt program

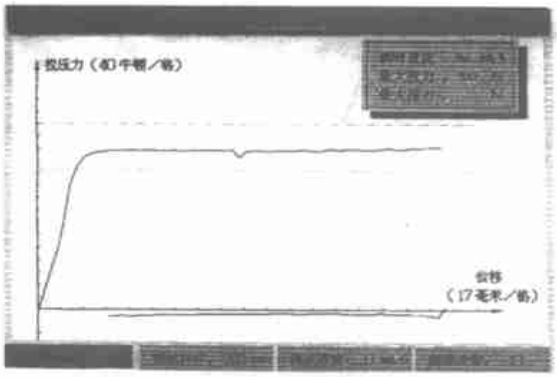


图 7 测试机监测曲线屏幕图形

Fig. 7 A testing curve on the watching screen

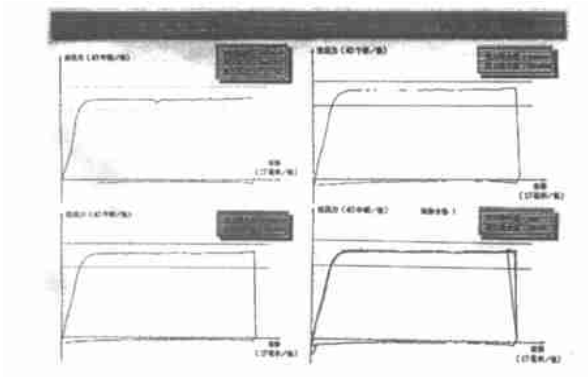


图 8 多窗口测试曲线检测屏幕显示的图形

Fig. 8 The watching screen with multi windows showing curves from different testbeds

参考文献

[1] 王厚枢, 余瑞芬, 吴志鹤等. 传感器原理[M]. 北京: 航空工业出版社, 1987.

[2] 何克忠, 李伟. 计算机控制系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.

(责任编辑: 李春丽)

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net