

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.04.025

# 液压挺柱沉降测试台实时测量

谭强俊<sup>1</sup>, 刘建平<sup>2</sup>

(1. 中国兵器工业第 58 研究所 工业自动化工程技术部, 四川 绵阳 621000;  
2. 西南科技大学 环境与资源学院, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对液压挺柱配合要求高、间隙检测困难问题, 提出一种实时测量方法。采用光栅尺测量沉降位移, PLC 采集光栅尺输出脉冲; 上位机通过串行通信与 PLC 进行数据交换, 对采集数据进行处理; 对上位机实时采集软件进行进程优先级设置。结果表明, 该方法能保证测量实时性, 可对间隙等间接测量提供参考。

**关键词:** 液压挺柱; 数据采集; 时序还原; 进程

**中图分类号:** TP271<sup>+</sup>.31 **文献标志码:** A

## Real-Time Measurement of Hydraulic Tappet Stem Test-Bed

Tan Qiangjun<sup>1</sup>, Liu Jianping<sup>2</sup>

(1. Dept. of Industrial Automation Engineering Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China;

2. College of Resource & Environment, Southwest University of Science & Technology, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** Aiming at high requirement of the fit in the hydraulic tappet stem test, and the difficulty for inspection the gap of hydraulic tappet stem, bring forward a method of real-time measurement. Adopt grating for measuring the displacement of subsidence, PLC for acquisition the pulses which the grating output. The upper computer exchanges the data through serial communication with PLC, and handles the acquisition data. Set the process's priority for ensuring the real-time measurement. The result indicates that the method ensures the real time of measurement, and it can provide the reference for inspection of the gap.

**Keywords:** hydraulic tappet stem; data sampling; timing order restore; process

### 0 引言

液压挺柱是汽车发动机上的重要配件, 作用是防止发动机因气门间隙过小导致气门关闭不严, 同时减小发动机气门敲击声。液压挺柱配气机构最早应用于低速发动机如柴油机上, 随着对发动机的振动和噪声要求越来越严, 液压挺柱配气机构在车用汽油发动机中的应用越来越广泛。目前, 国内轿车发动机几乎全部采用液压挺柱, 有的还采用比较先进的气门正时和气门升程可变技术<sup>[1]</sup>(variable valve timing and valve lift electronic control system, VTEC)。由于液压挺柱配合精度要求高, 而且作为一种偶件, 它的装配还有分组要求, 用常规检测方式进行检测十分困难。针对液压挺柱测试的特殊要求, 笔者设计了基于 VB 的沉降测试台来进行测量, 检测挺柱间隙是否满足质量要求。

### 1 沉降测试的原理

沉降测试就是模拟发动机的实际工作状态, 在额定的压力、额定的时间内, 测出液压挺柱的沉降值, 以此判定该产品是否合格。当液压挺柱受到作

用力时, 它的沉降特性曲线如图 1。

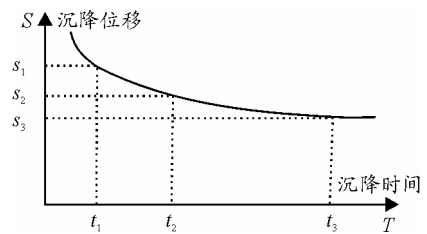


图 1 液压挺柱沉降特性曲线

液压挺柱工作时, 液体流动属于液体的同心环形缝隙流动, 环形缝隙流动有同心环形缝隙流动和偏心环形缝隙流动 2 种形式, 液体的同心环形缝隙流动结构如图 2。

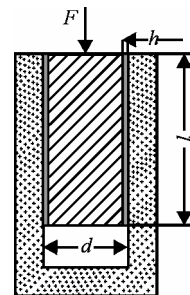


图 2 同心环形缝隙

收稿日期: 2010-12-10; 修回日期: 2011-01-25

作者简介: 谭强俊 (1978—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事工业自动化研究。

图 2 中, 内圆柱的直径为  $d$ , 长度为  $l$ 。内圆柱与外圆筒之间的间隙为  $h$ , 两者之间相对运动。若将环形断面管顺着轴向割开, 然后再展成平面, 就可将环形缝隙间的流动近似看作是平行平板间的缝隙流动。只要将平板宽度用周长  $\pi d$  代替, 根据平行平面缝隙流理论可以得出从缝隙泄漏的流体的泄漏量  $Q$ <sup>[2]</sup>。

$$Q = \frac{\pi d h^3 \Delta p}{12 \eta l} \quad (1)$$

由于  $Q = Av$  和  $v = \frac{s}{t}$ , 可得:

$$t = \frac{12 \eta l A}{\pi d h^3 \Delta p} s \quad (2)$$

$$A = \pi d h - \pi h^2 \quad (3)$$

则有:

$$t = \frac{12 \eta l (d - h)}{d h^2 \Delta p} s \quad (4)$$

$$\frac{4F}{\pi d^2} = \Delta p \quad (5)$$

代入式 (4) 中:

$$s = \frac{h^2 F}{3 \pi d \eta l (d - h)} t \quad (6)$$

式 (1) ~ 式 (6) 中,  $Q$  为缝隙泄漏流体的泄漏量;  $v$  为泄漏流速;  $F$  为施加在挺柱上的作用力;  $d$  为柱塞直径;  $l$  为柱塞与缸体密封长度;  $h$  为柱塞与缸体配合间隙;  $t$  为沉降时间;  $s$  为沉降距离;  $\Delta p$  为压力差;  $\eta$  为液压油黏度;  $A$  为泄漏横截面积。

为了消除在测试过程中接触间隙以及油液中混入的空气影响, 测试在时间  $t_2 \sim t_3$  阶段对  $s$  进行数据采集, 以保证测试精度要求。

## 2 挺柱沉降测试工艺

根据生产需要, 本测试台具有多工位, 可同时测量不同批次的产品, 并具有延时和延程选择功能。测试台放入工件到测试工位以后, 按下“测试”按钮, 启动测试。沉降测试台由同步电机带动恒定配置块下压柱塞, 当沉降头碰到柱塞后, 根据设定的延时或者延程参数, 延时或延程后再采集沉降位移数据, 并对采集数据进行处理判断是否合格。当完成测试以后, 再次启动同步电机上升测头, 带动配重块回到初始位。测试工艺如图 3。

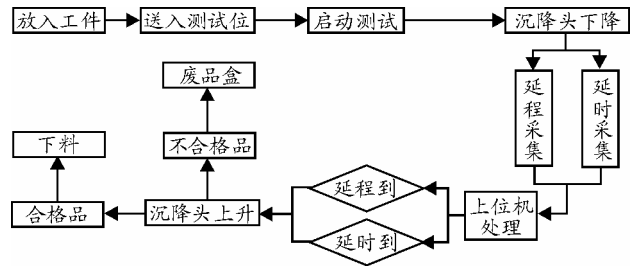


图 3 挺柱沉降测试工艺

## 3 系统设计

考虑到系统的可靠性、灵活性、系统的扩展等要求, 挺柱沉降测试台的设计原则是: 在保证系统可靠工作的条件下, 系统的各项功能要满足测试的实际需要。

常用的 PC 定时器是 IBM PC 硬件和 ROM BIOS 构造的定时器逻辑的一个相当简单的扩展, PC 的 ROM 初始化 Inter 8254 定时器芯片来产生硬件中断 08H, 中断 08H 频率为 18.2 Hz, 每隔 54.925 ms 产生 1 次。也就是在 Windows 中的计时器的最大分辨率是 55 ms<sup>[3]</sup>。而对于可编程控制器来说, 在其内部实现 50 ms 采样周期的数据采集是完全可行的。

考虑到沉降测试时间很短, 且 PC 机采样周期受制于 PC 机定时器最大分辨率。因此, 系统数据采集由 PLC (下位机) 来完成。利用 PLC 中数据转存和逻辑控制功能, 将每次采样数据寄存在连续但不相同数据缓冲区。通过采样周期时间的整定, PC (上位机) 只需要在给定的时间内进行 1 次读取多次采样数据即可<sup>[4]</sup>。

沉降距离的检测通过光栅测微仪检测, 由 PLC 进行采集。PC 机通过串行通信对由 PLC 传来的数据进行数据处理, 对测试结果进行比较, 从而获得产品合格结论, 并显示测量结果。PLC 完成各测量头的动作。硬件系统如图 4。

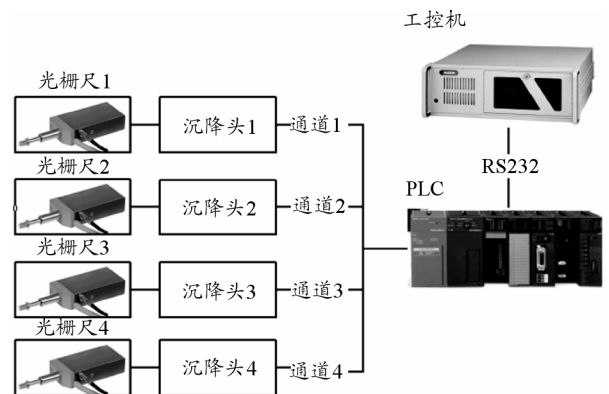


图 4 硬件系统图

### 3.1 检测标准的确定

在沉降测试中，令  $\Delta t$  为沉降时间  $t$  的 PLC 采集间隔时间，考虑到本身挺柱间隙就很小，可以认为挺柱间隙的突变为 0，即  $\Delta h = 0$ ，那么沉降距离为  $s + \Delta s$ ，根据式 (6) 有：

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{h^2 F}{3\pi d \eta l (d - h)} = k \tag{7}$$

式中： $k$  为位移-时间曲线斜率常数。

设  $h$  的上限值为  $h_{\max}$ ，下限值为  $h_{\min}$ ，分别代入式 (7)：

$$\frac{\Delta s_{\max}}{\Delta t} = \frac{h_{\max}^2 F}{3\pi d \eta l (d - h_{\max})} = k_{\max} \tag{8}$$

$$\frac{\Delta s_{\min}}{\Delta t} = \frac{h_{\min}^2 F}{3\pi d \eta l (d - h_{\min})} = k_{\min} \tag{9}$$

根据式 (8) 和式 (9) 可以确定，在沉降测试试验中的检测标准为位移-时间的斜率范围  $k \in [k_{\min}, k_{\max}]$ 。

采样间隔时间越小，沉降距离测量变化范围  $\Delta s \in [\Delta s_{\min}, \Delta s_{\max}]$  也就越小，对测量仪器的精度就会提出更高的要求。本系统采用的是光栅尺测量，通过 4 倍频精度可达到  $1 \mu\text{m}$ 。

### 3.2 PLC 采样频率的确定

在沉降测试台中，PLC 采样频率受扫描周期的影响，为了消除这种影响，在 PLC 程序中设置定时中断采样。一般 PLC 定时中断周期可以设置为  $10 \sim 99 \text{ ms}$ ，取其频率为  $f$ ，中断时间为 PLC 采集间隔时间  $\Delta t$ 。

根据香农定理的要求，设信号的最高频率为  $f_{\max}$ ，有：

$$f \geq 2f_{\max} \tag{10}$$

沉降台测头下降时，光栅尺输出频率  $f_c$  为：

$$f_c = \frac{s}{t \times 1 \mu\text{m}} = \frac{s}{t} \times 10^6 \tag{11}$$

只有当  $f \geq 2f_c$  时，满足香农定理，采样信号不会失真。

### 3.3 时序还原

由于下位机 PLC 采集间隔时间  $\Delta t$  远小于上位机采集间隔时间  $\Delta T$ ，所以上位机 PC 需要在给定的时间内进行一次读取多次采样数据。对 PLC 存储采

样数据个数  $n$  的整定应确保  $n\Delta t \approx \Delta T$ 。

在 PC 起始和结束采样时，PLC 存储区只有一部分数据区（数据 1~数据  $M$ ）写入了数据。PC 读取数据并记下数据号  $N$ 。时序还原如图 5、图 6。

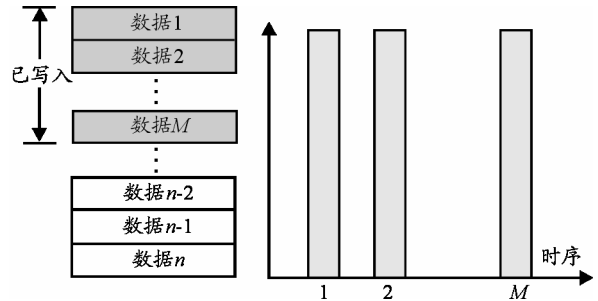


图 5 起始和结束采样时 PLC 数据及时序还原图

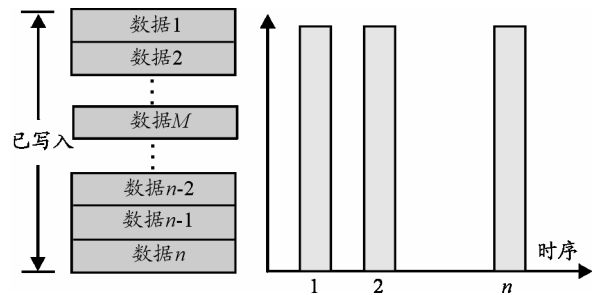


图 6 其余时刻 PLC 数据及时序还原图

### 3.4 上位机实时采集程序设计

在沉降测试台，上位机采用 VB 编程来实现对由 PLC 传来的数据进行数据处理，并对测试结果做合格性判断。

在 VB 环境下，实时采集数据受制于 Windows 中的计时器的最大分辨率<sup>[5]</sup>。在本系统中，定时时钟精度要求在  $100 \text{ ms}$ ，满足使用要求。

在多任务操作系统中，实时采集数据时应避免与 PC 上其他程序发生进程抢占现象，以保障数据采集的实时性。在 PC 上进程可以设置优先等级，将实时采集软件进程设置为最高等级。

1) 获得当前进程的优先级

```
Private Declare Function GetCurrentProcess Lib "kernel32" () As Long
```

2) 使能优先级设置

```
Private Declare Function SetPriorityClass Lib "kernel32" (ByVal hProcess As Long, ByVal dwPriorityClass As Long) As Long
```

3) 设置优先级为实时级

```
Private Const REALTIME_PRIORITY_CLASS = &H100
```

(下转第 87 页)

Pegasos 算法，参数  $\lambda$  的取值在  $\{\lambda | 2 \times 10^{-8} \leq \lambda \leq 2 \times 10^8\}$  之间，对大规模数据库的分类效果进行交叉验证。实验用大规模数据库的详细信息如表 1。

表 1 大规模数据库

数据集	正样本个数	负样本个数	维数
astro-ph_29882.dat	7 010	22 872	99 757
astro-ph_test.dat	7 580	24 907	99 757
CCAT_23149.dat	10 786	12 363	47 236
CCAT_test.dat	370 541	410 724	47 236

固定正样本误分代价  $c_1$  为 1.0，负样本误分代价  $c_2$  从 0.1 开始，以步长 0.1 递增到 1.0，总体上评价分类性能。当负样本的误分代价递增到 1.0 时，成为标准的支持向量机。本部分实验以正样本的识别率（召回率）： $Recall = TP/(TP + FN)$  和  $F\text{-measure} = 1/(Recall + Precise)$  为评价指标<sup>[11]</sup>，其中， $Precise = TP/(TP + FP)$ ，为正样本的预测精度。F-measure 更接近两者中较小的一个，为两者的调和平均值，所以 F-measure 越大，正样本的识别率和识别精度越高，算法的分类性能越好。实验结果如表 2。

表 2 分类性能

$c_2/c_1$	Astro-ph		CCAT	
	Recall	F-measure	Recall	F-measure
0.1	0.965 8	0.881 0	0.967 6	0.906 5
0.2	0.939 2	0.920 5	0.951 8	0.918 4
0.3	0.923 4	0.927 0	0.941 2	0.921 6
0.4	0.912 4	0.927 6	0.933 8	0.922 6
0.5	0.904 2	0.926 3	0.923 1	0.922 2
0.6	0.897 0	0.925 7	0.923 1	0.922 1
0.7	0.892 7	0.925 4	0.923 1	0.921 5
0.8	0.887 0	0.924 2	0.916 2	0.920 7
0.9	0.882 0	0.923 1	0.924 0	0.920 0
1.0	0.878 3	0.922 2	0.911 9	0.919 4
win	7	8	9	7

表 2 中，win 表示代价比从 0.1 变化到 0.9 时 Recall 和 F-measure 值大于代价比为 1.0 的次数，即分类效果好于标准支持向量机的次数。

#### 4 结论

实验结果表明，相对于标准的支持向量机，代价敏感支持向量机能提高对少数类样本的识别率和识别精度，具有一定的竞争力。同时，改进后的 pegasos 算法可以很好地用于求解代价敏感支持向量机，在大规模数据的处理中表现出优越的性能。

#### 参考文献：

[1] 张学工. 关于统计学理论与支持向量机[J]. 自动化学

报, 2000, 26(1): 23.  
 [2] Cortes C, Vapnik. V. Support vector networks. Machine Learning, 1995(20): 273-297.  
 [3] Duda R O, Stork D G, Hart P E. Pattern Classification (2nd), New York: Wiley, 2001.  
 [4] 杨明, 尹军梅, 吉根林. 不平衡数据分类方法综述[J]. 北京师范大学学报, 2008(2): 35.  
 [5] Y. Sun, M. S. Kamela, A. K. C. Wong and Wang, Y. Cost-sensitive boosting for classification of imbalanced data. Pattern Recognition, 2007, 40(12): 3358-3378.  
 [6] Masnadi-Shirazi, H. and Vasconcelos, N. Asymmetric boosting. Proc. of ICML, 2007.  
 [7] W. Fan, S. Stolfo, J. Zhang and Chan, P. Adacost: Misclassification cost-sensitive boosting. Proc. of ICML, 1999.  
 [8] F. R. Bach, D. Heckerman and Horvitz, E. Considering cost asymmetry in learning classifiers. Journal of Machine Learning Research.  
 [9] Shai Shalev-Shwartz. Yoram Singer. Nathan Srebro, Pegasos: Primal Estimated sub-GrAdient SOLver for SVM.  
 [10] Hazan, E., Kalai, A., Kale, S., & Agarwal, A. (2006). Logarithmic regret algorithms for online convex optimization. COLT.  
 [11] D. Lewis, W. Gale. Training text classifiers by uncertainty sampling. Proceedings of the 17th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information, New York, 1998: 73-79.

\*\*\*\*\*

(上接第 76 页)

#### 4 结束语

在液压挺柱沉降测试台中采用上下位机通讯，在上位机中采用时序还原和进程优先级设置，保证了测量的实时性，满足了挺柱的使用要求，对间隙等间接测量参数具有指导意义。

#### 参考文献：

[1] 唐大学, 李志明, 孔七一, 等. 发动机的液压挺柱配气机构[J]. 内燃机, 2007, 12(6): 10-14.  
 [2] 张明. 液压挺柱沉降测试仪的研制[D]. 四川: 四川大学机械工程系, 2006.  
 [3] 王伟, 徐国华. 多媒体定时器在工业控制中的应用[J]. 微型机与应用, 2001(12): 8210.  
 [4] 应站煌, 胡建斌, 赵瑞东, 等. 可编程控制器数据采样特殊性问题讨论[J]. 工业控制计算机, 2010, 23(5): 42-44.  
 [5] 张超, 郑勇, 李健伟, 等. 提取计算机内部高精度时间用于同步测量[J]. 测绘学院学报, 2003, 20(2): 96-99.