

气门误差的单板机自动检测 及分选控制原理(I)

陈宝珊 陈希达

(精密机械工程系)

摘 要

在研制以TP801单板机为核心的气门误差自动检测及分选控制系统中,必然涉及到复杂的硬件接口及软件设计技术,本文介绍了其基本原理。同时,文章对检测中的模型处理及与此有关的质量管理方法进行了阐述。

一、引 言

汽车、拖拉机制造业中的气门尺寸参数及形状误差检测长期以来都是由人工进行的,由于生产量大,人为的因素大大影响了检测效率,同时,手工测量也很容易产生各种系统及随机误差,从而测试精度的提高受到了限制。计算机技术、信号处理技术的发展为气门生产中的自动检测提供了物质保证。

本文根据实际生产中提出的检测自动化及分选智能化的要求,分析了研制气门质量自动检测及分选控制装置中涉及到的计算机检测及分选原理,探讨了形状误差的模型处理,叙述了系统组成及硬件接口电路设计等。文中还就系统丰富的软件进行了介绍,这些软件经过实验运行,证明了它不但能满足测试及分选要求,同时还可实现完善的产品质量管理,软件的人机对话功能对于装置的实际使用也具有很大的意义。

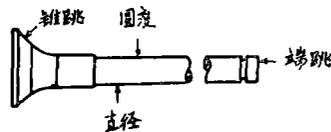


图 1 气门示意图

二、系统的组成及硬件原理

测试分选系统主要由TP801单板机、传感器、多路模拟开关、A/D转换器及控制电路组

本文1987年11月7日收到。

*本文为侨办资助课题。朱尚东、姚国林、郑耀林、杜崇健、顾尉天、郭成伟同志参加了该课题的工作。

成, 图 2 为系统框图。图中四个传感器均为电感式传感器, 分别把气门锥跳、小端跳、圆度及直径的误差 (见图 1) 变化量转换为电感的变化量, 而后经电感测微仪 (DGB - 5 型) 输出, 转变为电压的变化, 当使用电感测微仪 $\pm 100\mu\text{m}$ 档的量程时, 其输出电压的变化量为毫伏级 ($-130\sim+130\text{mV}$), 而 A/D 转换器 (ADC0809) 的输入电压允许变化范围为 $0\sim 4.98\text{V}$, 为此, 必须在传感器之后设置放大电路, 以完成电压放大并实现双极性信号到单极性信号的转换。为了简化电路结构, 在电感测微仪与放大电路之间接一多路模拟开关 CD4052, 通过 TP801 单板机 PIO 口来选通多路开关, 实现四个传感器信号的分时处理。

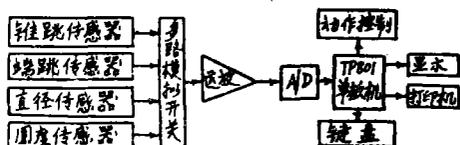


图 2 系统工作原理图

经采样输入到单板机的四个形状误差参量, 通过计算、比较和判断后, 单板机自动分档, 决定气门是属于优质档、合格档、不可修复废品档、锥跳可修档、端跳可修档、圆度可修档或者是直径可修档等, 若某一档次得到确认, 单板机即发脉冲控制分选门打开, 从而达到分选智能化的要求。

图 3 为检测及控制的硬件原理图。图中 CD4052 为双四选一模拟开关, 模拟开关之后的放大电路采用三个运算放大器组成直流并联型差动放大器, 该放大器具有高的差模输出阻抗、高的共模抑制比和大的增益范围。由于放大电路对传感器输出容易产生干扰, 因此在差动放大器之前设置一个电压跟随器, 而为实现信号的双极性转换, 放大电路之后设有偏置电路, 以便与 ADC0809 匹配。

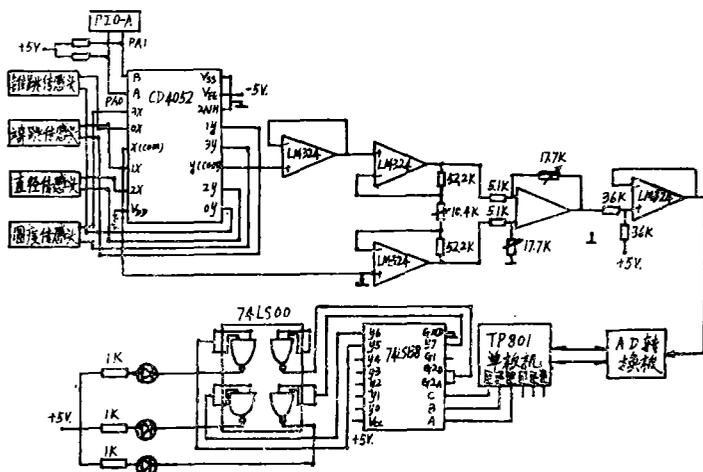


图 3 硬件原理图

在测试分选控制电路中, 考虑到测试台的机械手控制、工件的送料、压紧、松开以及分选门的打开均需由单板机发出脉冲以一定的时序进行, 而单纯通过单板机的 PIO 口发出脉冲又不能满足多达 14 个动作的控制要求, 因此, 有必要通过 PIO 口的 $\text{PB}_2\sim\text{PB}_4$ 以及 $\text{PB}_5\sim\text{PB}_7$ 分别控制两片 3 - 8 译码器 (74LS138), 由 3 - 8 译码器再控制外设, 如图 3 所示, 非工作

状态发光二极管LED常亮，工作时，当3-8译码器某一路被选通，发光二极管即处于熄灭状态。图2中我们给出了三个动作(LED的亮灭)的控制情况，其余动作的控制完全一致。

三、系统软件设计及功能

测试控制系统的硬件电路设计是实现检测及控制所不可少的，但是，没有丰富的软件作为整个系统的支撑，完成自动化及智能化的各种功能都是不可设想的，在我们研制的系统中，检测台的自动控制、误差信息的自动采样以及误差的模型处理都是通过软件实施的，这些软件辅以质量管理以及人机对话功能，完善了装置的性能。图4为系统软件的总框图。图中输入原始数据(系统初始化)一框包括输入工作方式选择字、各误差参量(直径、锥跳、端跳、圆度)的公称尺寸、合格品和优质品的上下偏差以及误差参量实测值是否显示的标志字等。

完成系统初始化以后，按下测试键，系统显示“READY”信息，当按下动作键时，测试台各机构在单板机的控制下运行，同时工件送到测试台，由单板机自动采样并进行模型处理。根据需要，单板机可以依次显示各误差参量的实测值，便于操作人员了解现场情况。

测试装置有三种工作方式可供选择，第一种工作方式用于产品的质量管，这种工作方式可通过单板机计算各误差参量的均值、方差、工序能力等质管参数。为方便操作者，设计求质管参数软件时，我们的方案是使得测试系统不受被测工件个数的限制，在任意工件个数情况下，通过按键均可打印出所要求的质管参数，当测试的工件个数超过100个，则不需按键，测试装置自动打印出质管参数。装置的第二种工作方式用于系统的分选控制，这种工作方式要求单板机模型处理后，分出被测工件的优质、合格档次，然后转入后续工件的采样。装置的第三种工作方式既有第一种方式的功能，又有第二种方式的功能。另外，在系统运行过程中，只要有停机按键输入，单板机即停止目前的工作状态，转入停机状态。

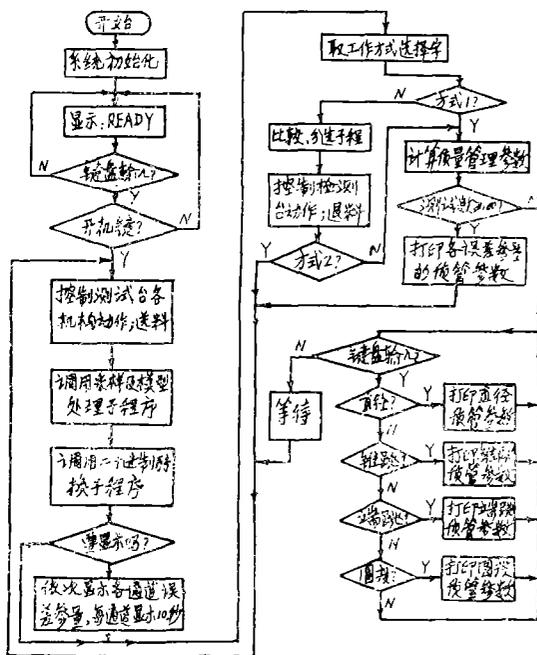


图4 系统软件总框图

系统第二、第三种工作方式中的分选控制主要用于实际生产的产品分类，这可保证产品质量，方便产品返修，改善生产率，从而提高厂家的经济效益。

图5为分选控制的子程序框图。根据生产实际要求，设了7个分选档次，其中优质档和合格档的产品可直接清点包装，而废品档的产品只能通过其它途径加以利用。对于其它4个可修档的产品，则应视具体情况予以重新修整加工。由图4可看出，四个可修档中，按照直

径、锥跳、端跳和圆度的顺序，一旦某一可修档次得到确认，则排到该档之前的所有参量都是合格的。

四、模型处理及质管参数的计算

气门误差的测量是基于单点法进行的，这种方法安装方便、使用简单，但对于单点接触式的电感测微仪，其接受到的信号是一个复合信号，它包括气门回转过程中的系统误差，因此，消除锥跳、圆度测试中信号的系统误差（偏心分量）显然是一个关键问题。目前消除偏心的方法有数字滤波法、谐波分析法、电气法等，这些方法不但存在着原理性误差，同时，运算速度也不快。为此，以锥跳测试为例，用回归方法分离偏心。

(一) 回归参数估计

安装于锥跳方向的传感器拾取到的复合信号可表示为

$$y_i = a + b \sin(\omega t + O_0) + \Sigma_i$$

其中 Σ_i 为服从于偏心分布的随机变量，分布密度函数有^[1]

$$f(p) = \frac{p}{\sigma^2} e^{-\frac{p^2}{2\sigma^2}}$$

其数学期望 $E(p)$ 和方差 $D(p)$ ：

$$E(p) = \sqrt{\pi/2} \cdot \sigma$$
$$D(p) = (2 - \pi/2) \cdot \sigma^2$$

利用最小二乘原理，由均匀采样的样本序列 y_1, y_2, \dots, y_N 可估计出 a, b 和 θ_0 的值，即

$$\hat{a} = \sum_{i=1}^N y_i / N$$

$$\hat{b} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N y_i \sin(\frac{2\pi}{N} i + \theta_0)$$

$$\hat{\theta}_0 = \tan^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^N y_i \sin(\frac{2\pi}{N} i)}{\sum_{i=1}^N y_i \cos(\frac{2\pi}{N} i)} \right]$$

显然，式中 $\hat{\theta}_0$ 为初始相位 θ_0 的估计值， \hat{a} 为直流分量 a 的估计值， \hat{b} 为偏心量的 b 估计值。容易证明，这些估计值的表达式同样适用于圆度的测量。由此，消偏后的误差信号可描述为

$$\hat{y}_i = y_i - \hat{a} - \hat{b} \sin(\frac{2\pi}{N} i + \hat{\theta}_0)$$

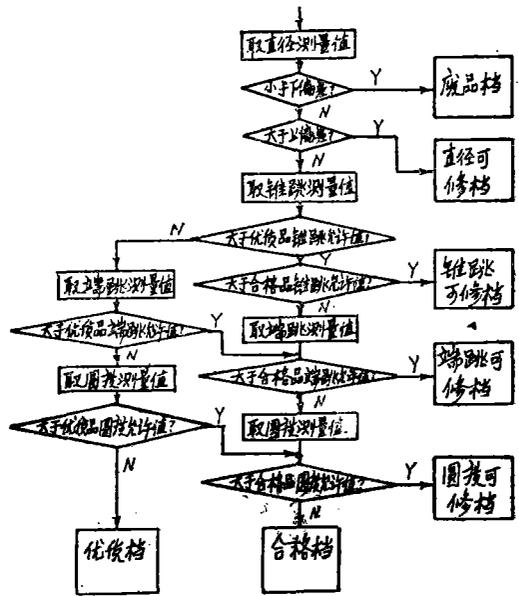


图 5 分选子程序框图

(二) 标准差 σ 的估计

分解离差平方和

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{i=1}^N \hat{y}_i^2 \\ &= \sum_{i=1}^N [y_i - \hat{a} - \hat{b} \sin(\frac{2\pi}{N}i + \hat{\theta})]^2 \\ &= \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{a})^2 - \hat{b}^2 \sum_{i=1}^N \sin^2(\frac{2\pi}{N}i + \hat{\theta}_0) \end{aligned}$$

容易证明

$$E(\hat{a}) = a + \sigma\sqrt{\pi/2}$$

$$D(\hat{a}) = (2 - \pi/2)\sigma^2/N$$

$$E(\hat{b}) = b$$

$$D(\hat{b}) = (2 - \pi/2)\sigma^2 / \sum_{i=1}^N \sin^2(\frac{2\pi}{N}i + \hat{\theta}_0)$$

因此有

$$E[\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{a})^2] = (n-1)(2 - \pi/2)\sigma^2 + b^2 \sum_{i=1}^N \sin^2(\frac{2\pi}{N}i + \theta_0)$$

$$E[\hat{b}^2 \sum_{i=1}^N \sin^2(\frac{2\pi}{N}i + \hat{\theta}_0)] = (2 - \pi/2)\sigma^2 + b^2 \sum_{i=1}^N \sin^2(\frac{2\pi}{N}i + \theta_0)$$

所以 σ^2 的无偏估计为

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \hat{y}_i^2 / [(N-2)(2 - \pi/2)]$$

还可证明, 对于圆度测试, σ^2 的无偏估计为

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^N \hat{y}_i^2 / (N-2)$$

(三) 废品率 p 及工序能力 C_p 的计算

若 N_1 为可修废品数, N_2 为不可修废品数, 则废品率 P 为

$$P = (N_1 + N_2) / N \times 100\%$$

对于公差带中心与概率分布曲线重合的情况, 锥跳的工序能力系数 C_p 为

$$C_p = T / (3.434\sigma)$$

对于圆度误差参量

$$C_p = T / (6\sigma)$$

式中 T 为公差, σ 为一批测试工件标准差的估计值。

五、结 语

1、利用单板机实现气门误差检测控制的自动化及智能化是改善劳动强度、提高生产率的一个有效途径,本文研制的软硬件系统目前虽然还局限于实验室使用,但是,随着系统研究的逐渐深化及误差分离技术的实际应用,整个系统可望进入实用化阶段。

2、系统的测试误差处理是保证测试精度的一个重要技术,由于它涉及内容较多,作者拟专门分篇叙述。

致谢: 作者对郭新跃、张奕鑫在工作中所给予的支持表示感谢!

参 考 文 献

- [1] 陈希达、陈宝珊, 非正态分布工艺设备调整数学模型, 华侨大学学报(自然科学版)7, 3(1986)。
- [2] 陈宝珊, 工件圆度误差的数学描述及计算机数据处理, 华侨大学学报(自然科学版), 9, 3(1988)。
- [3] 陈宝珊, 辨识主轴回转误差模型参数的时序法, 计量技术, 9(1988)。
- [4] Rao, S.B.e.t.c., A Quantitative Analysis of Roundness Error in Cylindrical Chuck Grinding, *Int.J.Math.Tool Des.*, 21, 1(1981)。

Principles of Automatic Testing and Selection Control of Valve Error (I)

Chen Baoshan Chen Xida

Abstract

In developing an automatic testing and selection control system of valve error based on TP-801 single board computer, it is inevitable to involve some complicated techniques in hardware interfacing and software designing. This paper deals with their underlying principles; it also sets forth the processing of model in testing as well as relevant methods of quality control.