

滑阀副配磨参数微机控制 测量系统的研究

王世民 陈吉红 梁建成 宁德初

(精密机械与仪器系)

摘要 本文论述了滑阀副配磨参数的测量原理,提出了微机控制的滑阀副配磨参数测量系统,介绍了系统的硬件与软件设计,给出了测量系统的实验结果,并对测量系统进行了误差分析,最后得出几点结论。

关键词 测量,滑阀副,配磨参数

分类号 TP211.3

液压伺服系统在航天、航空、制导等领域有着广泛的应用,电液伺服阀是液压伺服系统的核心元件,而滑阀副又是伺服阀的关键,它的加工质量直接影响伺服阀的静态特性、流量增益特性、泄漏特性等指标。由于精度要求高,滑阀副的加工、测量都很困难。为保证加工质量,目前国内各厂家大多都是把滑阀副的阀芯阀套作为配偶件,进行配作,其步骤是先加工好阀套的方孔,然后将阀芯阀套装在一起,对滑阀副的配磨参数进行气动综合测量,以确定阀芯的配磨余量和搭接量^[1]。但现用测量方法大多采用浮子流量计和千分表,其人为读数误差大,操作技术要求高,测量精度低,测量出的搭接量一般都仅作为装配、调试时的参考,而不以此为终检合格标准。测量合格的零件,装试时不一定合格。这些显然不能满足航天、航空事业的发展对阀的精度方面所提出的越来越高的要求。因此,有必要研制一套操作简单,稳定可靠,精度高,功能强,便于在生产厂家推广使用的测量系统。本文提出的滑阀副配磨参数微机控制测量系统正是就这方面所开展的工作。

1 滑阀副配参数的测量原理

1.1 工厂现用测量方法的测量原理

图1是工厂现用测量方法的测量原理图,其测量原理为:将待配磨的阀芯1放入与其相配的加工好的阀套2中,转动螺杆3,推动阀芯在阀套中移动,其位移量用千分表4测出,同时用浮子流量计5测量相应I、II、III、IV工作边相应的流量变化,即可给出四条流量位移曲线。阀芯、阀套组成的滑阀副,实际上相当于一个喷嘴盖板机构,所以流量位移曲线为一条直线。

1989年10月31日收稿

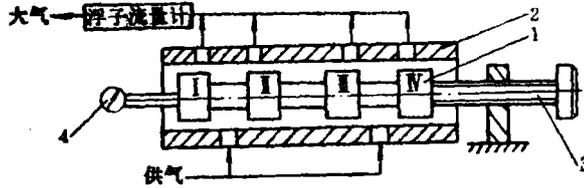


图 1

1. 阀芯 2. 阀套 3. 千分尺丝杆 4. 千分表

从理论上来说,当阀芯、阀套达到理想配合时,四条节流边的流量位移曲线中, I、II边流量位移曲线重合, I、IV边流量位移曲线重合,如图2(a)所示。 L 即为设计要求的搭接量。(详细的理论分析拟另文介绍)。若没有达到理论配合时,各节流边流量位移曲线如图2(b)所示。 $(L_{23}-L)$ 为II、III边的配磨余量, (L_1-L) 和 (L_4-L) 为I、IV边的配磨余量。

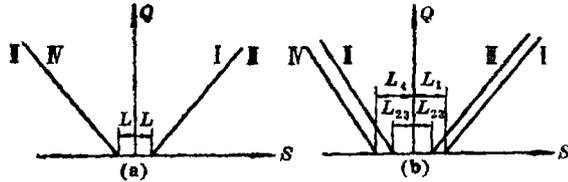


图 2

但由于该系统存在测量误差大的问题,因而不能满足精度及工厂生产发展的需要。

1.2 微机控制测量系统的原理

图3和图4分别是本文所提出的微机控制测量系统的原理图和框图。本系统根据工厂提出的要求,利用了现有的测量台,在气路和测量原理上没有作改动,而是将图1中的千分表换成了高精度电感测头,将浮子流量计换成了线性好、测量比大的LR型量热质量流量传感器,将人工驱动螺杆方式改为计算机控制的步进电机驱动方式。整个系统由计算机进行控制,其工作原理(参见图3、图4)如下:计算机经输出接口和驱动电路,控制步进电机转动,经传动比 $i=1/81$ 的谐波变速器减速后,驱动螺杆转动,从而推动阀芯移动,其位移量和流量分别由电感测头和流量传感器测得,经12位模数转换器

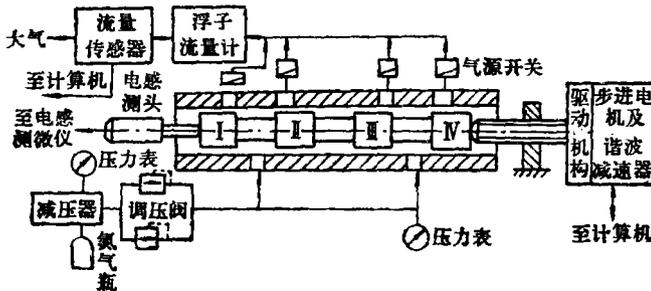


图 3 微机控制测量系统的原理图

变成数字信号送入计算机处理,计算结果在彩色显示器上或彩色绘图打印机上以图形和汉字的形式输出。

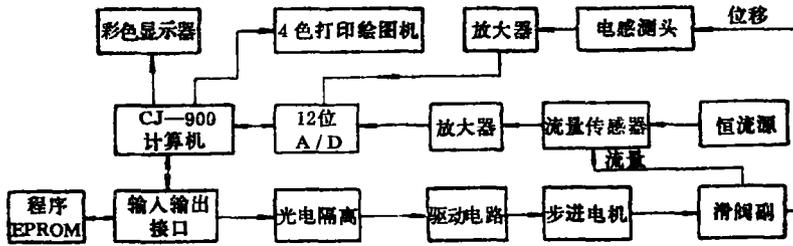


图 4 微机控制测量系统框图

2 微机控制测量系统的硬件与软件设计

2.1 系统硬件设计

2.1.1 传感器的选择

1) 位移传感器：测量系统要求位移的测量范围较大，约为 $\pm 100\mu\text{m}$ ，测量精度高，为 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 。因此，系统选用了DGC-8ZG型高精度电感测头，它具有精度高，线性好，体积小，性能稳定可靠，抗干扰能力强等优点，能满足系统要求。

2) 流量传感器：测量系统要求流量传感器的量程比要大，既能测小流量，又能测大流量；测量精度高；能将流量信号方便地转换成连续的电信号；并能用于动态流量测量。经过分析与比较^[4]，系统选用了LR-3型气体量热质量流量传感器。此传感器量程比大，流量范围为 $0\sim 400\text{升/小时}$ ，精度为 $\pm 2.5\%$ ；适用于高压工作，且压力损失极微，其输出电压信号可方便地放大、采样，因而适合于计算机测量系统。

2.1.2 计算机及接口电路

图 5 是电路设计原理框图，其中计算机采用的是性能价格比较好的CJ-900工业控制

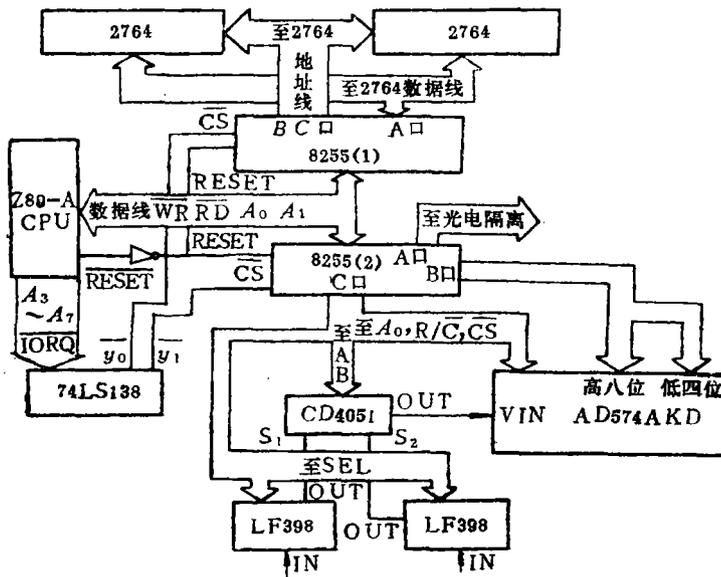


图 5 电路设计原理框图

电脑，其 CPU 为 Z80-A，具有整机体积小，内存大，功能强，技术公开，价格低廉等特点^[3]，可以为测量系统提供较为复杂的数据处理和汉字输入输出等功能。

2.1.3 步进电机的计算机控制

步进电机控制电路由计算机、8255 输出接口、光电隔离器、功率放大器和步进电机组成，其系统框图见图 6。

步进电机选用的是 36BF02A 型，三相，步距角为 6° ，系统采用三相六拍励磁方式，为了减少硬件成本，采用了查表法组成的软件分配器。



图 6 步进电机控制电路框图

2.2 系统软件设计

整个系统软件由多个子程序组成，其运行过程及系统软件总框图详见图 7。

系统软件有以下特点：

- 1) 采用自举启动方式，开机后计算机立即进入系统软件，不需要进行调程序等繁杂操作。
- 2) 采用汉字输入输出，显示、打印汉字的速度较快。
- 3) 调零、标定采用游标显示的方法，吸收了国外一些测量仪器的优点，具有美观、直观等优点。

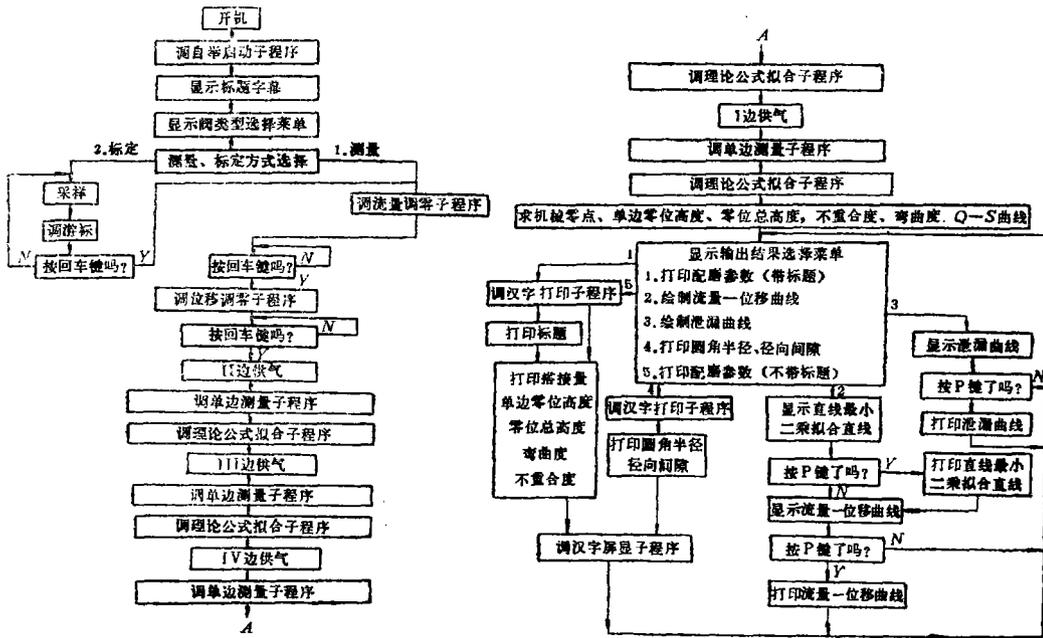


图 7

4) 采用了人机对话和菜单选择方式，测量系统的操作简单、灵活，有利于工厂推广使用。

5) 部分子程序采用机器语言编制，在与高级语言的调用中采取了一些技巧，程序

调用灵活，运行速度快，占用内存较少。

3 测量系统的实验结果

测量实验在共对两种型号多套滑阀副进行了多次测量，以下给出部分实验结果。

1) 4FL-1A型阀的重复测量实验

表 1 是测量结果。从表中可知，重复测量精度为 $\pm 3\sigma = \pm 0.21\mu\text{m}$ 。图 8 是序号为 2 的阀的实测结果曲线。

表 1

序号	开机时间 (分)	各 边 搭 接 量 (μm)			
		I	II	III	IV
1	17	2.69	3.17	3.17	2.75
2	45	2.763	3.09	3.09	2.746
3	75	2.769	3.127	3.127	2.862
4	105	2.85	3.231	3.231	2.651
5	128	2.698	3.024	3.024	2.72
	平均值	2.754	3.127	3.127	2.746
	均方差 σ	0.061	0.07	0.07	0.068

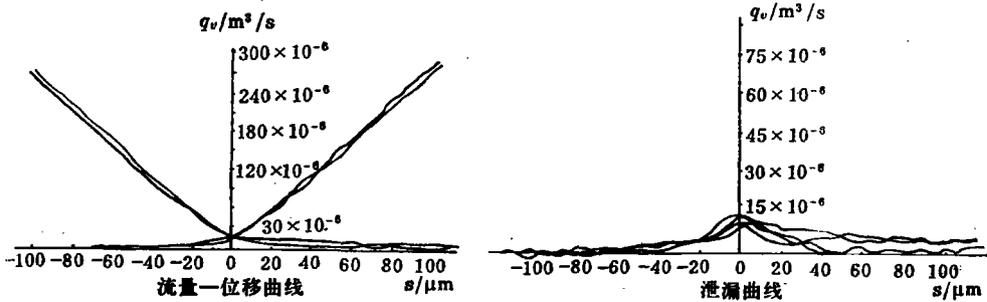


图 8

2) 4FL-2A型阀的重复测量实验

表 2 是测量结果，为节省篇幅，实测图形略。

表 2

序号	开机时间 (分)	各 边 搭 接 量 (μm)			
		I	II	III	IV
1	25	1.68	0.01	0.01	2.33
2	55	1.17	-0.04	-0.04	2.3
3	85	1.4	-0.07	-0.07	2.21
4	115	1.52	0.07	0.07	2.47
5	145	1.54	0.16	0.16	2.19
	平均值	1.466	0.026	0.026	2.3
	均方差 σ	0.16	0.08	0.08	0.1

3) 配磨过程测量实验

此实验是对尚留有部分余量的阀芯进行测量，然后配磨。配磨后，再进行测量，以检查配磨效果，结果见表3。

4) 合格品与废品的测量实验

此实验是分别将 4FL-2A 型阀芯的合格品与废品分别进行测量，以检验测量系统判断产品是否合格的性能。测量结果见表4。

表 3

状态	各 边 搭 接 量(μm)				备注
	I	II	III	IV	
配磨前	11.278	5.195	5.195	4.202	留有余量
配磨后	2.517	1.984	1.984	3.458	合格

表 4

阀号	各 边 搭 接 量(μm)				备注
	I	II	III	IV	
6#	-20.451	2.192	2.192	6.957	废品
5#	1.17	0.04	0.04	2.3	合格品

4 测量系统误差分析

影响系统测量精度的因素及其所引起的测量误差分析如下：

1) 电感测头正反向零位定位误差的影响：所引起的测量误差为 $\delta_1 \leq 0.15\mu\text{m}$ 。

2) 传感器非线性误差的影响：其中电感测头所引起的测量误差为 $\delta_2 \leq \pm 0.294\mu\text{m}$ ，流量传感器所引起的测量误差为 $\delta_3 \leq \pm 0.24\mu\text{m}$ 。

3) 传感器温漂的影响：其中电感测头所引起的测量误差为 $\delta_4 \leq \pm 0.05\mu\text{m}$ ，流量传感器所引起的测量误差为 $\delta_5 \leq \pm 0.035\mu\text{m}$ （对于4FL-1A型阀）， $\delta_5 \leq \pm 0.1\mu\text{m}$ （对于4FL-2A型阀）。

4) 倍率标定误差的影响：所引起的测量误差为 $\delta_6 \leq \pm 0.041\mu\text{m}$ 。

5) 阀芯工作边跳动量的影响：所引起的测量误差为 $\delta_7 \leq \pm 0.2\mu\text{m}$ 。

6) A/D转换器误差的影响：所引起的测量误差为 $\delta_8 \leq \pm 0.11\mu\text{m}$ 。

由上述可得测量系统的总误差为（以 4FL-2A 型阀为例）， $\delta = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^8 \delta_i} \leq \pm 0.482\mu\text{m}$ 。

5 结论

(1) 在我国伺服阀加工工艺领域中，我们首次研制出经济、实用小巧的配磨参数测量系统。经过现场对不同型号、多套滑阀副的多次反复测量，表明该系统稳定、可靠，

能满足生产实际的需要。

(2) 该系统的重复测量精度高, 对于 4FL-1A 型阀为 $\pm 3\sigma \leq \pm 0.25\mu\text{m}$, 对于 4FL-2A 型阀为 $\pm 3\sigma \leq \pm 0.5\mu\text{m}$ 。

(3) 该系统对测量过程中误差分析合理, 数据处理采用了非线性参数估算的方法, 消除了数据处理原理误差。根据分析和对比, 本测量系统比工厂原用的测量系统的精度高。

(4) 该系统电路设计合理, 性能优良。程序编制技巧强。采用了自举启动、游标调零、标定、人机对话、汉字菜单和汉字输出等方法。系统使用非常方便, 操作简单易学。

(5) 该系统可同时测出许多配磨参数(包括搭接量, 单边零位高度, 零位总高度, 配磨曲线的不重合度、弯曲度, 节流边圆角半径和径向间隙等)。能绘制彩色流量一位移和泄漏曲线, 这对保证伺服阀的加工质量和伺服阀的装配与调试都具有重要意义。

(6) 该系统的汉字编码方法简单, 占内存少, 修改容易, 打印、显示速度快。

(7) 该系统与工厂现用滑阀副量测台配接容易, 不须改变气路。软件作微小的改动, 可适用于更多型号的滑阀副的测量, 极利于推广使用。

参 考 文 献

- [1] 陈建华. 滑阀副开口叠合量气动测量方法的研究. 上海仪表厂, 1988
- [2] 范鸿金. 气动精测滑阀开口理论分析. 计量学报, 1982
- [3] 上海微电脑厂. CJ-900微机使用说明书
- [4] 陈吉红. 滑阀副配磨参数测量系统的研制. 国防科技大学硕士学位论文, 1989

A Research of Microcomputer Control Measurement System for Grinding-in Parameters of Slide Valves

Wang Shimin Chen Jihong Liang Jiancheng Ning Dechu

(Department of Precision Machinery and Instrumentation)

Abstract

This paper describes the measurement principle of grinding-in parameters of slide valves. The measurement system for the grinding-in parameters of slide valves controlled by a microcomputer is established. Hardware and software design for the system is introduced, the experimental results of measurement system are presented, the measuring errors of the system are analysed. Finally, several conclusions are obtained.

Key words measuring, slide valves, grinding-in parameters