

# 工程项目设计实例

## —电感传感器在轴承滚柱直径分选中的应用

**学习的目的：**通过本实例的学习，初步了解测量系统的调零、调满度和机械位置细调等过程。本案例可用于其他带有机械结构的技改项目。

### 一、课题要求及主要技术指标

滚柱的标称直径为 10.000mm，允许公差范围为 $\pm 3\mu\text{m}$ 。

在公差范围内，滚柱的直径从 9.997mm 至 10.003mm，分为 A~G 共 7 个等级，滚柱直径测量的绝对误差应小于  $0.5\mu\text{m}$ 。

### 二、设计方案及步骤

#### (一) 机械结构的设计

##### 1. 测微器的选择

由于被测滚柱的公差变化范围只有  $6\mu\text{m}$ ，传感器所需要的行程较短，所以可以选择线圈骨架较短、直径较小的型号。

表 3-1 西铁城精机测微仪系列

(可上网查阅有关的厂商及其产品规格，以下为一个案例)

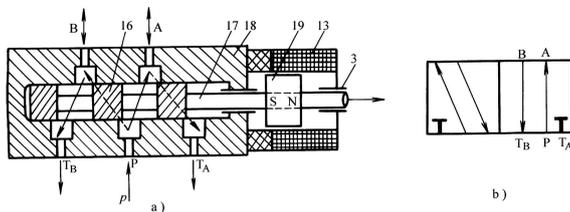
型号	DTH-P	DTH-PA	DTH-PS	DTH-PSH
特征	标准	零点位置变换	小型	小型、线横出
测量范围/mm	$\pm 1$	$-0.4 \sim +1$	$\pm 0.7$	
测杆长度/mm	4	3.5	2	
零点位置/mm	2	0.5	1	
外形直径/mm	$\phi 12$	$\phi 8$	$\phi 6$	
重复精度/ $\mu\text{m}$	0.3			
电缆长度/m	1.5			
测量力/N	0.2~0.7			

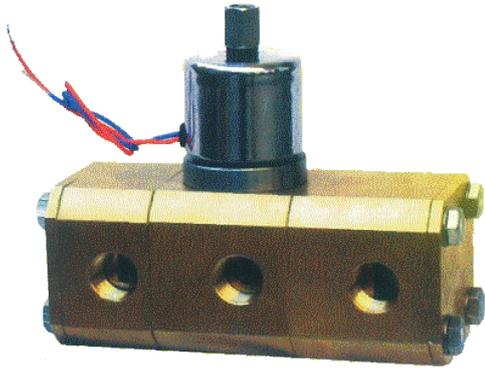
##### 2. 滚柱的推动与定位

采用“振动料斗”。气缸的活塞在高压气体的推动下，将滚柱快速推至电感测微器的测标下方的限位挡板位置。使用“钨钢测头”延长测端的使用寿命。

##### 3. 气缸的控制

什么是气缸：引导活塞在其中进行直线往复运动的圆筒形金属机件。工质在气缸中通过膨胀将压力转化为机械能。





气缸及二位五通电磁阀

气缸有后进/出气口 B 和前进/出气口 A。当 A 向大气敞开、高压气体从 B 口进入时，活塞向右推动，气缸前室的气体从 A 口排出。反之，活塞后退，气缸后室的气体从 B 口排出。气缸 A 口与 B 口的开启由电磁阀门控制。

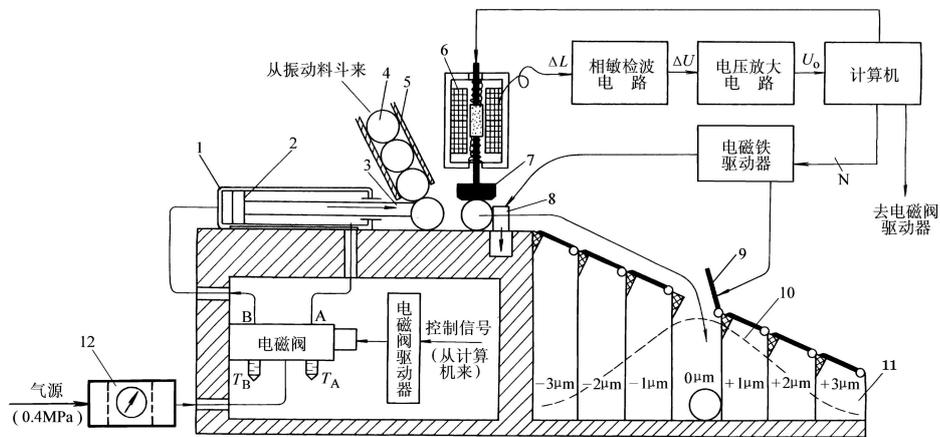


图 3-18 滚子直径分选机的工作原理示意图

- 1—气缸 2—活塞 3—推杆 4—被测滚柱 5—落料管 6—电感测微器 7—钨钢测头  
8—限位挡板 9—电磁翻板 10—滚柱的公差分布 11—容器（料斗） 12—气源处理三联件

#### 4. 落料箱翻板的控制

按设计要求，落料箱共 9 个，分别是 $-3\mu\text{m}$ 、 $-2\mu\text{m}$ 、 $-1\mu\text{m}$ 、 $0\mu\text{m}$ 、 $+1\mu\text{m}$ 、 $+2\mu\text{m}$ 、 $+3\mu\text{m}$ 以及“偏大”、“偏小”废品箱（图中未画出）。它们的翻板分别由 9 个交流电磁铁控制。

##### （二）电信号处理电路设计

系统的电路原理图框图见图 3-18 的上半部分。本设计采用相敏检波电路，该电路能判别电感测微仪的衔铁运动方向。当误差为正值时，它的输出电压亦为正值，反之为负值。

目前已有多家厂商将相敏检波电路制成厚膜电路，性能比分立元件优异，读者可上网查阅有关资料。

### 三、系统的调试

#### 1. 传感器的安装高度调试

将标准件（直径  $10.000\text{mm}$ ）置于测微仪的钨钢测头的正下方，调节测微仪的安装高度，使计算机显示屏上的读数尽量接近“ $0.0$ ” $\mu\text{m}$ ，并完成软件置零。

#### 2. 灵敏度调试

分别将预先用精密光学测量仪器标定的 $+3\mu\text{m}$ 和 $-3\mu\text{m}$ 的滚柱置于钨钢测头下方，改变程序中的灵敏度系数，完成“标定”的过程。“

### 3.活塞行程控制

调节气缸的前后位置和供气三联件上的气压开关（约 0.2~0.4MPa），使行程合乎设计标准。

### 4.测量速度的调试

将一批已知直径的滚子放入振动料斗中，在显示屏上输入“电磁阀动作频率”，逐渐提高气缸活塞的往复速度。并测量动态误差。

### 5.电磁铁翻板的调试

分别将不同直径误差的滚柱置于钨钢测头下方，启动测试软件后，对应的电磁铁翻板应立即打开，等待滚柱落入其中。如果翻板的开启角度不正确，可微调电磁铁的“拉杆”长度。

### 6.温漂测试

将整个测试系统置于可以调节气温的环境中，使测试系统的温度缓慢地从 10℃ 上升至 30℃，再下降到 10℃，反复 4 次左右。误差不应大于 0.5μm，整个温漂测试应大于 48h。

滚子的直径应基本符合\_\_\_\_\_态分布？

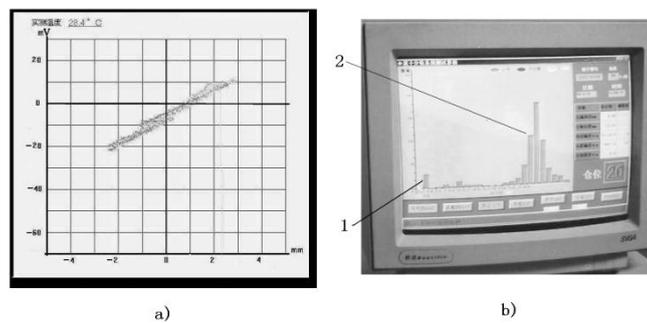


图 3-22 温漂曲线和分选结果显示

a) 4 次温度升降的温漂曲线 b) 分选结果显示

1—废品仓位滚子数量 2—正品仓位滚子数量的分布

## 四、误差分析和对策

该测试系统的误差主要由以下几个部分组成：机械误差、测微器、激励源、放大器、A/D 转换器等，总的误差由以上几项合成。通常情况下，机械未调准引起的误差可达 2%，激励源频率和幅度的漂移可达 1% 以上，信号放大器的误差小于 0.5%，12 位 A/D 转换器的误差小于 0.1%，机械系统的重复性（主要为滞差）和漂移约 1%。

恒值误差可以利用软件予以消除。变值误差的表现主要有两种：一是温漂，二是机械振动引起的安装位置漂移。

**思考：**总的合成误差为多少？（可参考公式 1-14）

温漂如何克服？（可参考 P264~265）

动态误差如何克服？（可参考 P10~11）