

新型数控脉冲液压缸的研制

北京钢铁设计研究总院 杨世祥

摘要 北京钢铁设计研究总院与航天工业部国营清华机械厂合作研制成功了新型数控脉冲液压缸。本文介绍数控脉冲液压缸的结构与工作原理及试验结果。

随着现代技术的发展, 液压技术必然与计算机相结合已成为液压技术的发展趋势之一。研制能直接受计算机的数字信号实现伺服控制的大功率直线执行器是很有意义的。本文介绍的数控脉冲液压缸, 与同类型产品相比, 具有结构简单, 制造容易等特点。

数控脉冲缸的结构原理见图1。差动缸的有杆腔始终通入油源压力油, 另一股压力油经三通阀降压为中间压力通入无杆腔, 两腔作用力平衡。输入脉冲信号使步进电机转

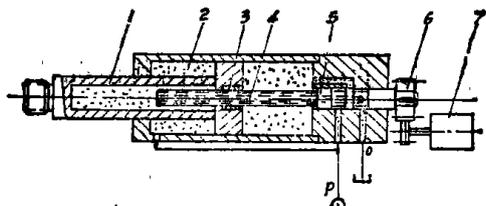


图1 数控脉冲液压缸的结构原理

1—活塞杆; 2—缸体; 3—螺母; 4—丝杠; 5—阀芯; 6—齿轮; 7—步进电机

动, 经齿轮带动阀芯丝杠转动。丝杠在螺母中的转动产生阀芯的轴向位移。阀芯位移改

变了无杆腔的压力, 使活塞移动。活塞移动时带动阀芯丝杠, 至阀芯回到原始轴向位置后停止。此时活塞位移与输入脉冲数成比例。由于活塞利用了油源的能量, 所以能以很大的力拖动外负载。

此脉冲缸的参数如下:

活塞直径	80mm
活塞杆直径	55mm
阀芯直径	15mm
丝杠螺纹	M14×1.5
行程	300mm
供油压力	15~100kgf/cm ²
最大推力	2000kgf
最高速度	2.4m/min
最低速度	0.01m/min
重复精度	±3μm
分辨率	5~10μm

设计时保证阀芯丝杠所受轴向力的合力始终指向一端, 从而消除丝杠螺母副间隙对控制精度的影响。

1. 教育 大专院校课程以系统设计和元件应用为主(约占70%~80%), 元件设计为辅(约占20%~30%); 中等专科学校以应用和工艺为主; 技工学校以制造工艺为主; 用户培训则以实际操作、合理使用维修为主。

2. 科研 大专院校科研课题以理论提高为主, 也可结合实际应用; 科研单位以其对口专业内有共性的研究课题为主, 也可搞些对口专业的系统设计; 工厂的科研课题分两类: 元件厂以研制新产品和改进旧产品的性能、提高其寿命为主, 同类元件的科研项目, 应由一个主导厂为主, 其他有关厂参加

进行。为了改进并扩大元件的应用面, 元件厂也可在元件的应用(系统)方面进行科研工作。液压设备制造厂应以元件应用为研究课题, 避免研究元件设计与制造, 若有所需的特殊类型、规格的元件, 也应由有关元件厂为主研制, 设备制造厂参加。

3. 生产 机械部对归口厂的产品方向要管, 不能任其自流, 更不许盲目制造劣质产品, 要有一定的强制性。如对合格的新产品或改进后的产品颁发“许可证”等。

4. 技术引进 要全国一盘棋, 统一规划, 在选型方面, 尽量避免重复引进。

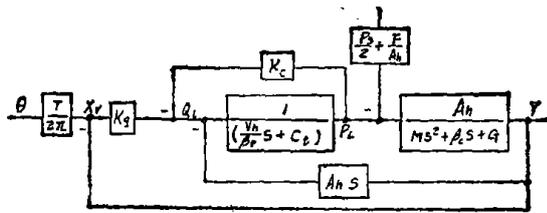


图 2 数控脉冲液压缸的方框图

以阀芯丝杠的角位移 θ 为输入，以活塞位移 Y 为输出，可以画出脉冲缸的方框图，见图 2。图中文字代号的含义如下：

- A_h ——活塞无杆腔有效面积 (cm^2),
- B ——粘性阻力系数 ($\text{kgf}\cdot\text{s}/\text{cm}$),
- C_t ——总泄漏系数 ($\text{cm}^5/\text{kgf}\cdot\text{s}$),
- F ——外力 (kgf),
- G ——负载刚度 (kgf/cm),
- K_c ——流量压力系数 ($\text{cm}^5/\text{kgf}\cdot\text{s}$),
- K_g ——流量增益 (cm^2/s),
- M ——运动部件总质量 ($\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{cm}$),
- P_L ——无杆腔压力 (kgf/cm^2),
- P_s ——供油压力 (kgf/cm^2),
- Q_L ——阀口流量 (cm^3/s),
- S ——拉氏算子 ($1/\text{s}$),
- T ——丝杠螺距 (cm),
- V_h ——无杆腔容积 (cm^3),
- X ——阀芯位移 (cm),
- Y ——活塞位移 (cm),
- β_e ——油液弹性系数, $\beta_e=7000\text{kgf}/\text{cm}^2$;

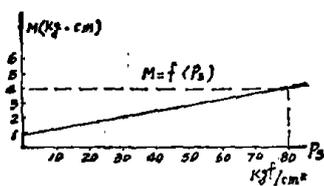


图 3 输入力矩与供油压力

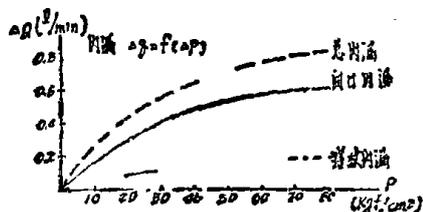


图 4 内漏与供油压力

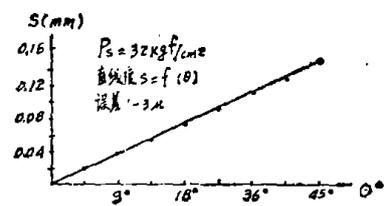


图 5 阀芯转角与活塞位移

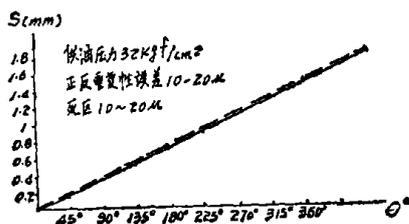


图 6 正反线性重复性

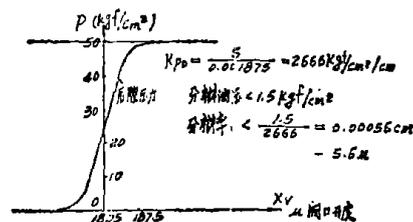


图 7 阀口压力灵敏度

θ ——输入转角 (rad)。

试验中测量了输入力矩 (图 3)、零位泄漏 (图 4)、线性度 (图 5)、重复精度 (图 6) 和阀口压力灵敏度 (图 7)。实测数据如下：

直线度误差	1~3 μm
正反重复性误差	10~20 μm
死区	10~20 μm
压力灵敏度	266.6 kgf/cm^3
分辨率	6~7 μm
重复定位精度	1~3 μm
始动压力	1~1.5 kgf/cm^2
最低跟踪压力	4~5 kgf/cm^2
跟踪误差(0.4m/min下)	50~60 μm
阀芯丝杆间隙	150 μm

将数控脉冲液压缸装于清华机械厂 XKB2122A 三座标数控铣床上，代替原铣床的纵向走刀，进行了实物加工试验。实现了在铝板上定位打孔、铣直线、铣椭圆、铣汉字等多种功能，精度和光洁度均达到较高的水平。

数控脉冲液压缸是可以广泛应用于各种自动控制场合的新型液压元件，兼备迅速准确和力大平稳的双重优点。既可用于闭环控制系统，也可用于开环控制系统。它不但可以广泛地应用到各种数控机床、机械手、舵机、压力设备、自动作业线上，而且也是解决高精度多缸同步问题的理想元件。