

1 列表对比双边滑阀、四边滑阀在理想开口、正开口情况下的流量增益、流量-压力系数、压力增益。

参数	双边滑阀（理想开口）	双边滑阀（正开口）	四边滑阀（理想开口）	四边滑阀（正开口）
流量增益 K_q	x (等于理想四边滑阀)	$2x$ (等于正开口四边滑阀)	x	$2x$ (为理想四边滑阀的两倍)
流量-压力系数 K_c	x/z (理论上趋于 0)	$2x/z_1$	$x/2z$ (理论上趋于 0)	x/z_1
压力增益 K_p	z (为理想四边滑阀的一半，理论上趋于无穷)	z_1 (为正开口四边滑阀的一半)	$2z$ (理论上趋于无穷)	$2z_1$

参数	双边滑阀（理想开口）	双边滑阀（正开口）	四边滑阀（理想开口）	四边滑阀（正开口）
流量增益 K_q	$K_{q1} = C_d W \sqrt{\frac{p_s}{\rho}}$	$K_{q2} = 2C_d W \sqrt{\frac{p_s}{\rho}}$	$K_{q3} = C_d W \sqrt{\frac{p_s}{\rho}}$	$K_{q4} = 2C_d W \sqrt{\frac{p_s}{\rho}}$
流量-压力系数 K_c	$K_{c1} = 0 = 2K_{c3}$	$K_{c2} = \frac{2C_d W U \sqrt{\frac{p_s}{\rho}}}{p_s}$	$K_{c3} = 0$	$K_{c4} = \frac{C_d W U \sqrt{\frac{p_s}{\rho}}}{p_s}$
压力增益 K_p	$K_{p1} = \infty = \frac{K_{p3}}{2}$	$K_{p2} = \frac{p_s}{U}$	$K_{p3} = \infty$	$K_{p4} = \frac{2p_s}{U}$

U: 正开口开口量

P19 正开口四边滑阀的 K_{q0} 值是理想零开口四边滑阀的两倍，这是因为负载流量同时受两个节流窗口的控制，而且它们是差动变化的。

正开口四边滑阀无因次压力-流量特性曲线的线性度比零开口四边滑阀要好得多。在正开口区域以外，其压力-流量特性和零开口阀是一样的。

P21 零开口双边滑阀的零位系数与零开口四边滑阀相比， K_{q0} 相同， K_{p0} 为后者的一半；对于正开口滑阀也是如此

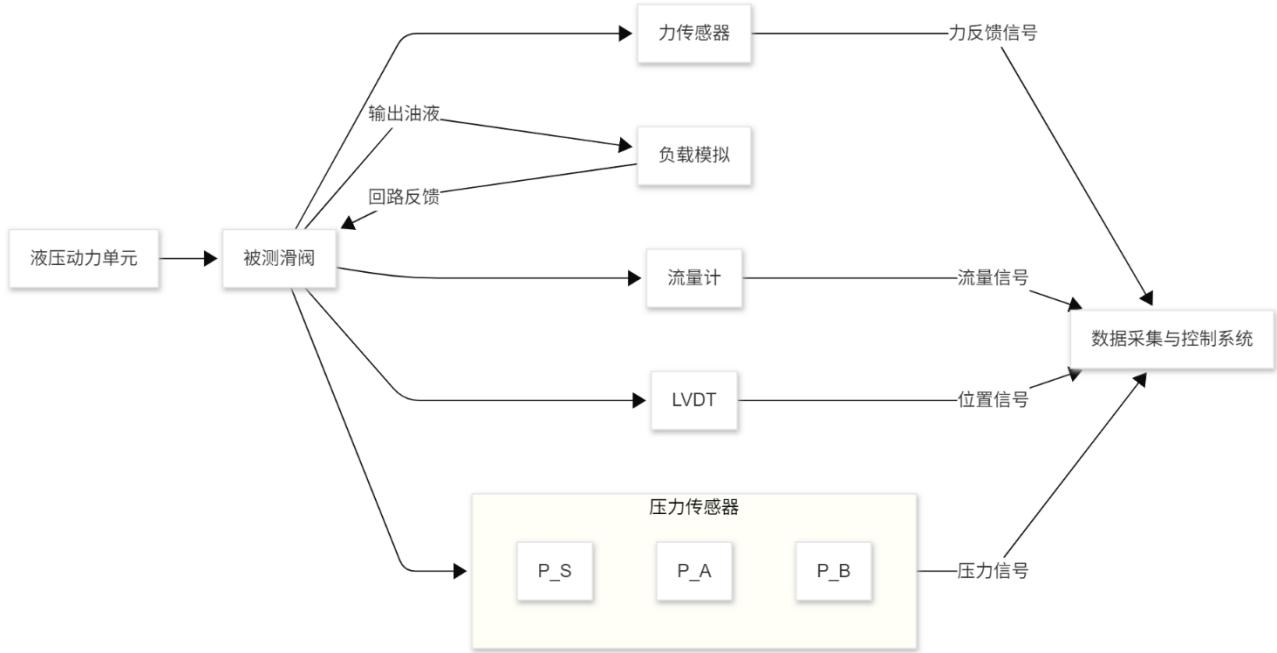
$$K_q = \frac{\partial q_L}{\partial x_v}, K_c = -\frac{\partial q_L}{\partial p_L}, K_p = \frac{\partial p_L}{\partial x_v}, K_p = \frac{K_q}{K_c}$$

2 设计四边滑阀稳态液动力、瞬态液动力的测量方法，给出合适的测试原理图和传感器类型。

2.1 稳态液动力测量方法

2.1.1 测试原理与装置

原理：固定阀芯位移，调节稳定流量和压力，直接测量轴向液动力。



装置：液压动力单元（泵、溢流阀、滤器），阀芯定位机构（伺服电机/液压缸）

传感器：力传感器（拉压式，测量总轴向力），LVDT 位移传感器（阀芯位置），压力传感器（P、A、B、T 口压力），流量计（主油路流量），数据采集系统（同步记录力、位移、压力、流量）

2.1.2 关键测量步骤

系统校准：干运行（无油液）标定机械摩擦力 $F_{tare}(x_v)$

设工况：调节供油压力 P_S 和负载压力 P_A, P_B

阀芯定位：驱动阀芯至目标位移 x_v 并保持稳定。

数据采集：记录稳态力 F_{total} 、压力、流量。

计算液动力：

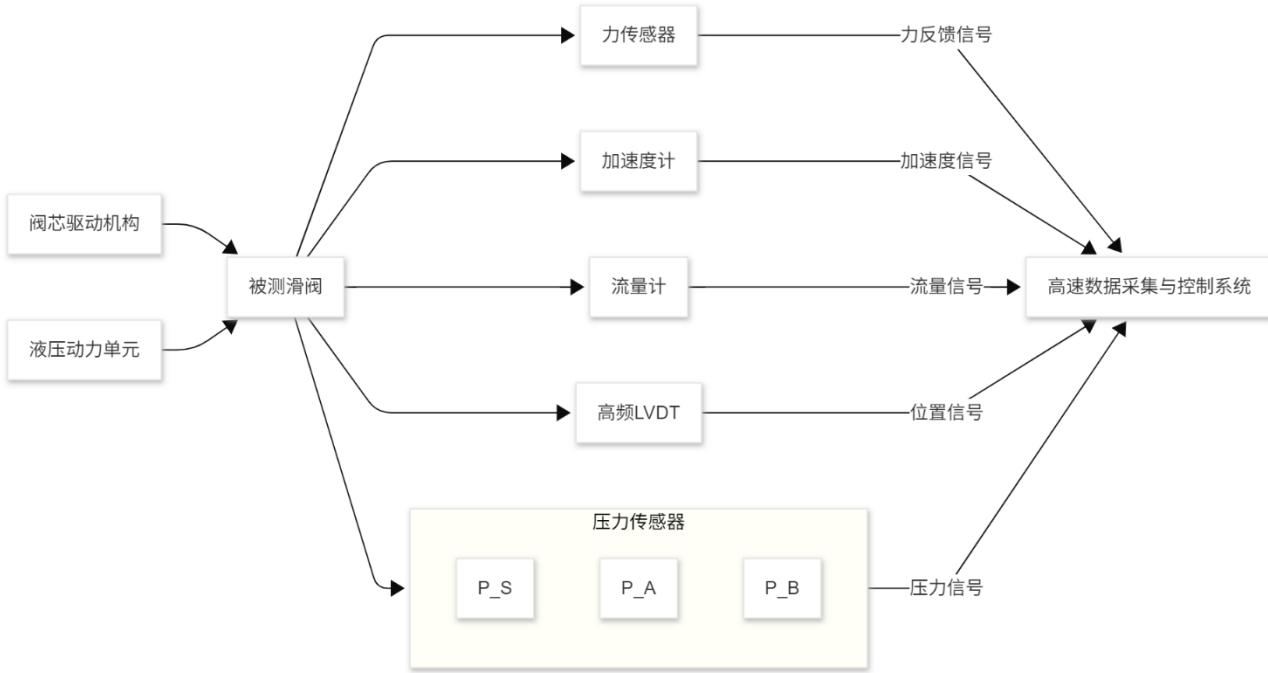
$$F_{steady} = F_{total} - F_{tare}(x_v)$$

多工况重复：改变 x_v, P_S 、负载，获取数据

2.2 瞬态液动力学测量方法

2.2.1 测试原理与装置

原理：阀芯动态运动时，分离惯性力、摩擦力和液动力。



装置（需高频响组件）：高速阀芯驱动机构（伺服电机/液压伺服）

传感器：压电式力传感器（高频动态力），加速度计（阀芯加速度 $a(t)$ ），高频 LVDT（位移 $x_v(t)$ ），压电压力传感器（动态压力），高速数据采集系统（采样率 \geq kHz）

2.2.2 关键测量步骤

动态校准：干运行标定惯性力 $F_{inertia} = m_{total} \cdot a(t)$ 和摩擦力模型。

初始工况设定：设定 P_S 和负载压力。

阀芯动态驱动：按阶跃/正弦轨迹运动阀芯。

同步高速采集：记录力 $F_{measured}(t)$ 、位移 $x_v(t)$ 、加速度 $a(t)$ 、压力。

数据处理：

液动力分量计算：

$$F_{flow}(t) = F_{measured}(t) - F_{inertia}(t) - F_{friction}(t)$$

瞬态液动力：

$$F_{transient}(t) = F_{flow}(t) - F_{steady}(x_v(t), Q(t), \Delta P(t))$$