

15. 流量控制阀

15.1 概 论

15.1.1 流量控制阀及其分类

在液压系统中,用来控制流体流量的阀统称为流量控制阀,简称流量阀。

按结构、原理和功用分类,流量阀可分为节流阀、行程节流阀、调速阀、溢流节流阀和分流-集流阀。

15.1.2 流量控制阀的安装连接

流量控制阀的安装连接方式可分为螺纹式、板式和法兰式,其中螺纹式连接的管口结构及技术条件可参见国家标准 GB/T2878-93《液压元件螺纹连接——油口型式和尺寸》;法兰式连接的法兰结构及技术条件可参见有关的法兰标准。此处仅介绍板式连接流量控制阀的安装面。

(1) 板式连接液压节流阀安装面

参见 14.0.2(1)。

(2) 板式连接液压流量控制阀安装面(摘自 GB8089-87)

A. 符号

本标准采用下列字母符号:

- 字母 A、B、P、T、X 和 Y 为油口符号;
- 字母 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 为固定螺钉孔符号;
- 字母 G 为定位销孔符号;
- 字母 D 为固定螺钉直径符号;
- 字母 R 为安装面圆角半径符号。

B. 公差

(A) 安装面,即粗点划线以内的面积,采用下列数值:

表 15.1-1 主油口最大直径为 6.3mm 的二主油口流量控制阀的安装面尺寸 单位:mm

符 号	P	A	T	B	G	F_1	F_2	F_3	F_4
ϕ	6.3 _{max}	6.3 _{max}	6.3 _{max}	6.3 _{max}	3.4	M5	M5	M5	M5
x	21.5	12.7	21.5	30.2	33	0	40.5	40.5	0
y	25.9	15.5	5.1	15.5	31.75	0	-0.75	31.75	31

- 表面粗糙度: R_a 不大于 $0.8\mu\text{m}$;
- 表面平面度: 每 100mm 距离上不大于 0.01mm;

- 定位销孔直径公差: H_{12} 。

(B) 从坐标原点起,沿 x 和 y 轴计算孔位置尺寸的公差如下:

- 定位销孔: $\pm 0.1\text{mm}$;
- 螺纹孔: $\pm 0.1\text{mm}$;
- 油口: $\pm 0.2\text{mm}$ 。

C. 安装面编号及尺寸

(A) 主油口最大直径为 6.3mm 的二油口流量控制阀(油口尺寸代号:03):

- 安装面编号: GB8098AB-03-4-B;
- 尺寸: 见图 15.1-1、表 15.1-1。

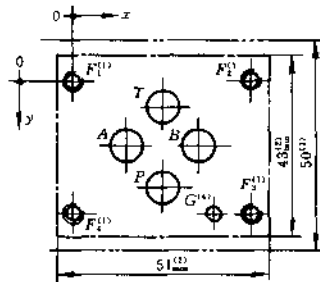


图 15.1-1 主油口最大直径为 6.3mm 的二主油口流量控制阀的安装面(代号:03)

注:其它技术要求见本标准 D 项

(B) 主油口最大直径为 14.7mm 的二油口流量控制阀(油口尺寸代号:06):

- 安装面编号:GB8098AK-06-2-A;
- 尺寸:见图 15.1-2、见表 15.1-2。

(C) 主油口最大直径为 14.7mm 的三油口流量控制阀(油口尺寸代号:06):

- 安装面编号:GB8098 AL-06-3-A;
- 尺寸:见图 15.1-3、表 15.1-3。

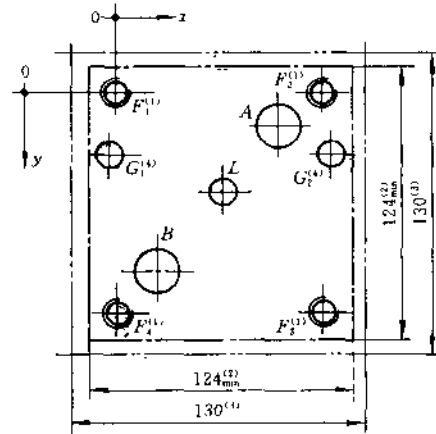
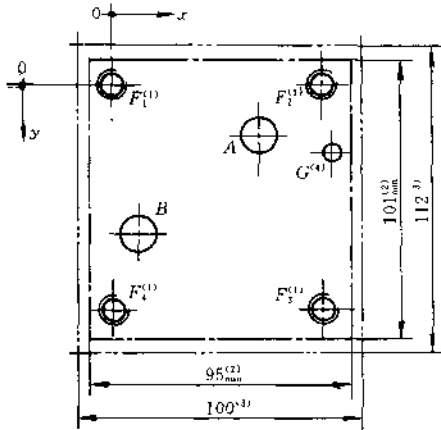


图 15.1-2 主油口最大直径为 14.7mm 的二主油口流量控制阀的安装面尺寸(代号:06)

图 15.1-3 主油口最大直径为 14.7mm 的三主油口流量控制阀的安装面尺寸(代号:06)

表 15.1-2 主油口最大直径为 14.7mm 的二主油口流量控制阀的安装面尺寸 单位:mm

符号 尺寸	A	B	G	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
φ	14.7 _{max}	14.7 _{max}	7.5	M8	M8	M8	M8
x	54	9.5	79.4	0	76.2	76.2	0
y	11.1	52.4	23.8	0	0	82.6	82.6

表 15.1-3 主油口最大直径为 14.7mm 的三主油口流量控制阀的安装面尺寸 单位:mm

符号 尺寸	P	A	T	L	V	G ₁	G ₂	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
φ	14.7 _{max}	14.7 _{max}	14.7 _{max}	11.1 _{max}	6.3 _{max}	7.5	7.5	M8	M8	M8	M8
x	38	19	57	38	11.8	3.2	79.4	0	76.2	76.2	0
y	9.5	73.8	73.8	46.8	12	23.8	23.8	0	0	82.6	82.6

(D) 主油口最大直径为 17.5mm 的二油口流量控制阀(油口尺寸代号:07):

- 安装面编号:GB8098AM·07-2-A;
- 尺寸:见图 15.1-4、表 15.1-4。

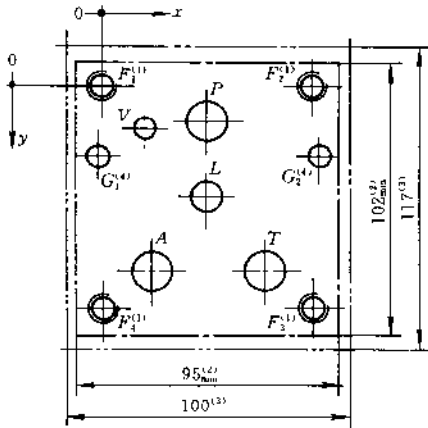


图 15.1-4 主油口最大直径为 17.5mm 的二主油口流量控制阀的安装面尺寸(代号:07)

(E) 主油口最大直径为 17.5mm 的三油口流量控制阀(油口尺寸代号:07):

- 安装面编号:GB8098AN·07-3-A;
- 尺寸:见图 15.1-5、表 15.1-5。

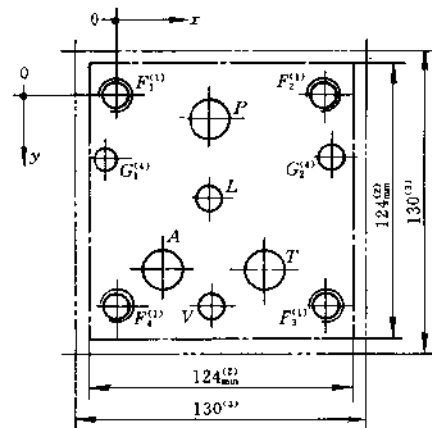


图 15.1-5 主油口最大直径为 17.5mm 的三主油口流量控制阀的安装面(代号:07)

表 15.1-4 主油口最大直径为 17.5mm 的二主油口流量控制阀的安装面尺寸 单位:mm

符号 尺寸	A	B	L	G ₁	G ₂	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
φ	17.5 _{max}	17.5 _{max}	11.1 _{max}	10.4	10.4	M10	M10	M10	M10
x	75	20.6	50.8	-0.8	102.4	0	101.6	101.6	0
y	11.1	86.5	58.7	28.6	28.6	0	0	101.6	101.6

表 15.1-5 主油口最大直径为 17.5mm 的三主油口流量控制阀的安装面尺寸 单位:mm

符号 尺寸	P	A	T	L	V	G ₁	G ₂	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
φ	17.5 _{max}	17.5 _{max}	17.5 _{max}	11.1 _{max}	7.9 _{max}	10.4	10.4	M10	M10	M10	M10
x	50.8	23.8	77.8	50.8	50.8	-0.8	102.4	0	101.6	101.6	0
y	12.7	88.9	88.9	58.7	95.3	28.6	28.6	0	0	101.6	101.6

(F) 主油口最大直径为 23.4mm 的二油口流量控制阀(油口尺寸代号:08);

- 安装面编号;GB8098AP-08-2-A;
- 尺寸;见图 15.1-6、表 15.1-6。

(G) 主油口最大直径为 23.4mm 的三油口流量控制阀(油口尺寸代号:08);

- 安装面编号;GB8098AQ-8-3-A;
- 尺寸;见图 15.1-7、表 15.1-7。

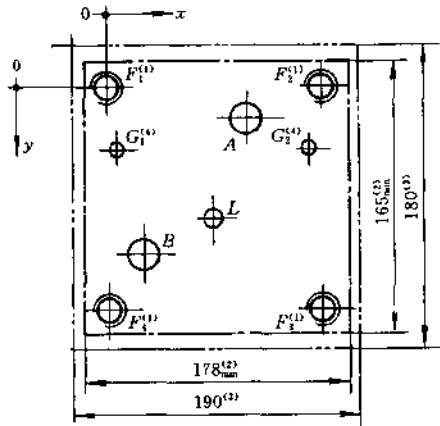


图 15.1-6 主油口最大直径为 23.4mm 的二主油口流量控制阀的安装面(代号:08)

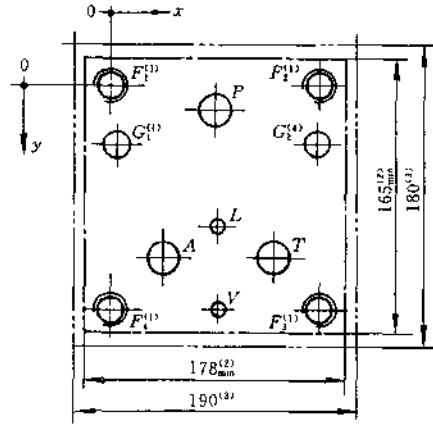


图 15.1-7 主油口最大直径为 23.4mm 的三主油口流量控制阀的安装面(代号:08)

表 15.1-6 主油口最大直径为 23.4mm 的二主油口流量控制阀的安装面尺寸 单位:mm

符号 尺寸	A	B	L	G ₁	G ₂	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
φ	23.4 _{max}	23.4 _{max}	11.1 _{max}	16.5	16.5	M16	M16	M16	M16
x	104.8	22.2	73	1.6	144.5	0	146	146	0
y	12.7	104.8	85.7	41.3	41.3	0	0	133.4	133.4

表 15.1-7 主油口最大直径为 23.4mm 的三主油口流量控制阀的安装面尺寸 单位:mm

符号 尺寸	P	A	T	L	V	G ₁	G ₂	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
φ	23.4 _{max}	23.4 _{max}	23.4 _{max}	11.1 _{max}	7.9 _{max}	16.5	16.5	M16	M16	M16	M16
x	73	30.2	115.9	73	73	1.6	144.5	0	146	146	0
y	12.7	104.8	104.8	85.7	133.4	41.3	41.3	0	0	133.4	133.4

(H) 主油口最大直径为 28.4mm 的二油口流量控制阀(油口尺寸代号:09):

- 安装面编号:GB8098AY-09-2 A;
- 尺寸:见图 15.1-8、表 15.1-8。

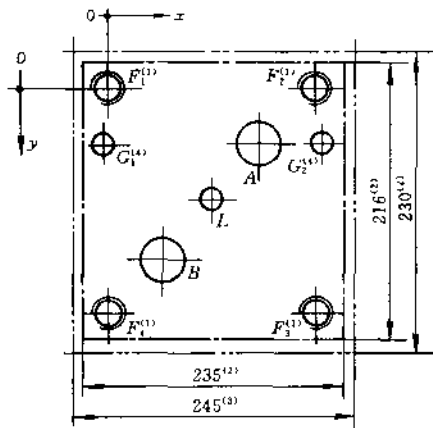


图 15.1-8 主油口最大直径为 28.4mm 的二主油口流量控制阀的安装面(代号:09)

(I) 主油口最大直径为 28.4mm 的三油口流量控制阀(油口尺寸代号:09):

- 安装面编号:GB8098AS-09-3-A;
- 尺寸:见图 15.1-9、表 15.1-9。

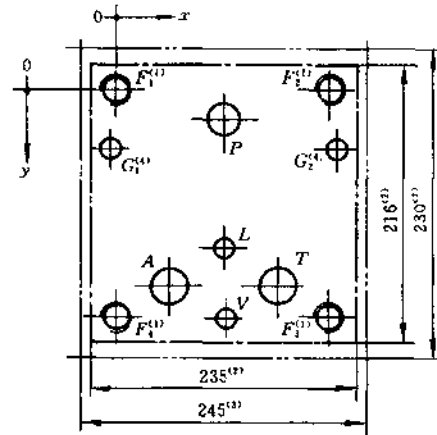


图 15.1-9 主油口最大直径为 28.4mm 的三主油口流量控制阀的安装面(代号:09)

表 15.1-8 主油口最大直径为 28.4mm 的二主油口流量控制阀的安装面尺寸 单位:mm

符号 尺寸	A	B	L	G ₁	G ₂	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
φ	28.4 _{max}	28.4 _{max}	11.1 _{max}	19.8	19.8	M20	M20	M20	M20
x	144.5	34.9	98.4	-1.6	198.4	0	196.8	196.8	0
y	17.5	144.5	119	55.5	55.5	0	0	177.8	177.8

表 15.1-9 主油口最大直径为 28.4mm 的三主油口流量控制阀的安装面尺寸 单位:mm

符号 尺寸	P	A	T	L	V	G ₁	G ₂	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
φ	28.4 _{max}	28.4 _{max}	28.4 _{max}	11.1 _{max}	7.9 _{max}	19.8	19.8	M20	M20	M20	M20
x	98.4	34.9	161.9	98.4	98.4	-1.6	198.4	0	196.8	196.8	0
y	17.5	144.5	144.5	119	177.8	55.5	55.5	0	0	177.8	177.8

D. 其他技术要求

- 螺钉孔的螺纹最小深度为 $1.5D$ (D 是螺钉直径); 对于黑色金属材料的安装面, 固定螺钉孔螺纹旋入深度为 $1.25D$, 螺钉孔总深度为 $2D + 6\text{mm}$ 。

- 粗点划线所规定的面积, 是该安装面的最小面积; 矩形直角处可做成圆角, 最大的圆角半径 R_{max} 为 D 。

各螺钉孔沿 x 及 y 轴上至安装面边缘的距离相等。

- 用安装面的每个阀所需的最小空间, 也就是集成块上最小两个相同安装面的中心距。

- 各定位销孔的最小深度为 8mm 。

- 制造厂必须注明各安装面的底板或集成块的最高工作压力。

E. 油口字母符号

二主油口流量控制阀字母符号见表 15.1-10。

三主油口流量控制阀字母符号见表 15.1-11。

表 15.1-10

名称	内泄	外泄
二主油口流量控制阀		
二主油口流量控制阀 (带单向阀)		

表 15.1-11

名称	内泄	外泄
外控三主油口流量阀		
内控三主油口单向流量阀		

15.2 节流阀

15.2.1 概述

节流阀是通过改变节流截面或节流长度以控制流体流量的阀, 将节流阀和单向阀并联则可组合成单向节流阀。

节流阀和单向节流阀是简易的流量控制阀, 在定量泵液压系统中, 节流阀和溢流阀配合, 可组成三种节流调速系统, 即进油路节流调速系统、回油路节流调速系统和旁油路节流调速系统。该阀没有压力和温度补

偿装置, 不能补偿由负载或油液粘度变化所造成的速度不稳定, 一般仅用于负载变化不大或对速度稳定性要求不高的场合。

15.2.2 工作原理

图 15.2-1 为节流阀的结构图和图形符号。当调节节流阀的手轮时, 可通过顶杆推动节流阀芯向下移动, 节流阀芯的复位靠弹簧力来实现; 节流阀芯的上下移动改变着节流口的开口量, 从而实现对流体流量的控制。

图 15.2-2 为单向节流阀的结构图和图形符号,

它把节流阀芯分成了上阀芯和下阀芯两部分。当流体正向流动时,其节流过程与节流阀是一样的;当流体反向流动时,下阀芯起单向阀作用,单向阀打开,可实现流体反向自由流动。

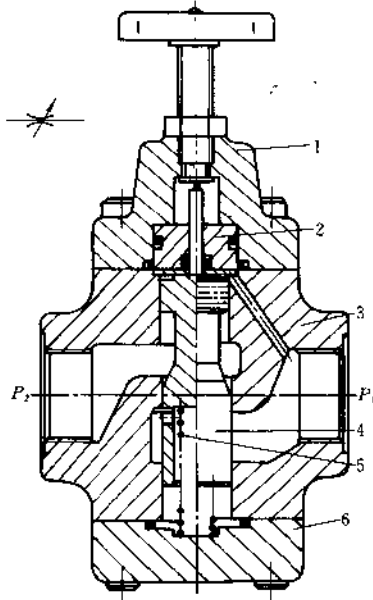


图 15.2-1 节流阀

1—顶盖;2—导套;3—阀体;4—阀芯;5—弹簧;6—底盖

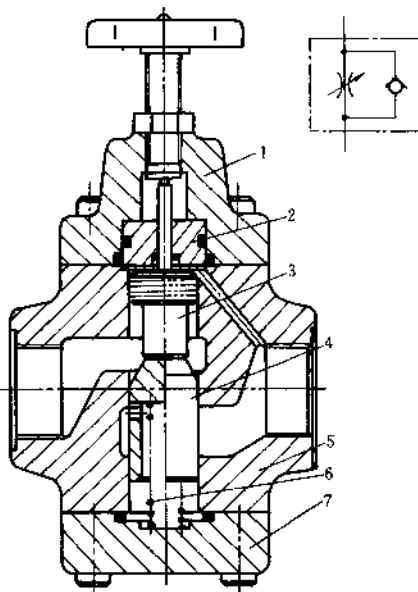


图 15.2-2 单向节流阀

1—顶盖;2—导套;3—上阀芯;4—下阀芯;
5—阀体;6—复位弹簧;7—底盖

15.2.3 性能特性

(1) 性能要求

对节流阀和单向节流阀的性能要求是:

- 流量调节范围大,流量—压差变化平滑;
- 内泄漏量小,对有外泄漏口者,外泄漏量也要小;
- 压力损失小,对单向节流阀,正向和反向压力损失都要小;
- 调节力矩小,动作灵敏。

(2) 节流口形式及特征

节流口是节流阀的核心,节流口形式及其特性在很大程度上决定着流量控制阀的性能。几种常用的节流口形式及其特征如表 15.2-1 所示。

(3) 性能特性分析

A. 稳态特性

(A) 流量稳定性

节流阀的流量特性方程如下:

$$q_v = KA\Delta p^m \quad (15.2-1)$$

式中 K ——由节流口形状、流体流态、流体性质等因素决定的系数,数值由实验得出;

A ——节流口的通流面积(m^2);

Δp ——节流口前、后的压差(Pa);

m ——由节流口形状决定的指数, $0.5 \leq m \leq 1$;

薄刃式节流 $m = 0.5$,

细长孔节流 $m = 1$ 。

节流阀流量特性曲线如图 15.2-3 所示。

由图 15.2-3 可知,节流阀流量的稳定性与节流口形状、节流压差以及油液温度等因素有关。

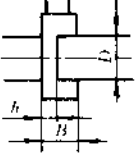
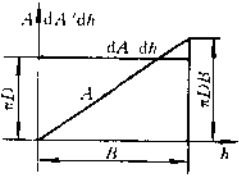
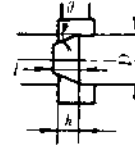
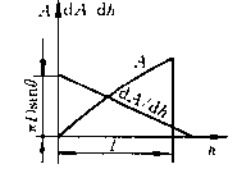
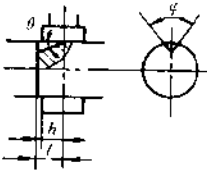
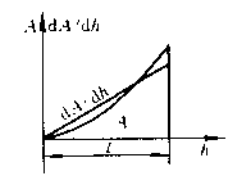
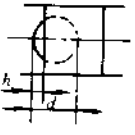
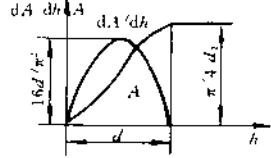
压差变化对流量稳定性的影响 当节流口前后压差变化时,通过节流阀的流量将随之改变,节流阀的这种特性可用节流刚度($d\Delta p/dq_v$)来表征。由式(15.2-1)可得

$$\frac{d\Delta p}{dq_v} = \frac{1}{m} \frac{\Delta p}{q_v} \quad (15.2-2)$$

节流阀的节流刚度越大,流量稳定性越好,用于液压系统时所获得的负载特性也越好。由式(15.2-2)可知:

- 节流阀刚度与节流口压差成正比,压差越大,刚度就越大;
- 当节流口压差一定时,节流阀刚度与流量成反比,通过节流口的流量越小,刚度也越大;
- 系数 m 越小,节流阀刚度越大。因此,为了获得较小的系数 m ,应尽量避免采用细长孔节流,即避

表 15.2-1 节流口形式及其特征

类别	节流口形式	过渡面积 A 与开口 h 的关系	
		特征简图	关系式
沉割槽式			$A = \pi Dh$ $\frac{dA}{dh} = \pi D$
锥阀式			$A = \pi Dh \sin \theta - \pi h^2 \sin \theta \cos \theta$ $\frac{dA}{dh} = \pi D \sin \theta - 2\pi h \sin \theta \cos \theta$
三角槽式			$A = h^2 \sin^2 \theta \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$ $\frac{dA}{dh} = 2h \sin^2 \theta \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$
圆孔式			$A = \frac{d^2}{4} \left[\frac{\pi}{180} \arccos \left(1 - \frac{2h}{d} \right) - 2 \left(1 - \frac{2h}{d} \right) \sqrt{\frac{h}{d} - \left(\frac{h}{d} \right)^2} \right]$ $\frac{dA}{dh} = \frac{32d}{\pi^2} \sqrt{\frac{h}{d} - \left(\frac{h}{d} \right)^2}$

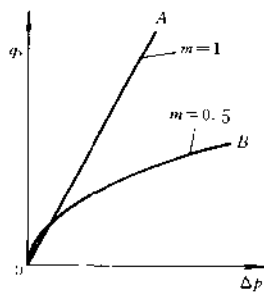


图 15.2-3 节流流量特性曲线

免使流体在层流状态下流动;而是要尽可能使节流口

形式接近于薄壁孔,也就是说使流体在节流口处的流动处在紊流状态,以获得较好的流量稳定性。

油温变化对流量稳定性的影响 当开口度不变时,若油温升高,油液粘度会降低,流量也将随之增大。为了减少油温变化对流量稳定性的影响,可采用薄刃式节流口。这是由于流体流过薄刃式节流口时为紊流状态,其流量与雷诺数无关,即不受油液粘度变化的影响;节流口形式越接近于薄壁孔,流量稳定性就越好。

阻塞对流量稳定性的影响 节流口的阻塞是指节流阀在小开度下工作时,所出现的流量不稳定和断流现象。防止节流口阻塞的措施是:

- 采用大水力半径的薄刃式节流口;

• 选用适当的压差,一般取 $\Delta p = 0.2 \sim 0.3 \text{ MPa}$ 。因为压差太大,能量损失大,将会引起流体通过节流口时的温度升高,从而加剧油液氧化变质而析出各种杂质,造成阻塞;此外,当流量相同时,压差大的节流口所对应的开口量小,也易引起阻塞。若压差太小,又会使节流口的刚度降低,造成流量的不稳定。

• 采用不易产生极化分子的油液,并控制油液温度的升高,以防止油液过快地氧化和极化。

• 构成节流口各零件的材料应尽量选用电位差较

小的金属,以减小吸附层的厚度。

• 精密过滤油液。在节流阀前设置单独的精滤装置,为了除去铁屑和磨料,可采用磁性过滤器。油液也要定期更换。

(B) 流量调节范围和最小稳定流量

节流阀的流量调节范围和最小调节流量与节流口的形式、特征及抗阻塞能力是密切相关的,节流口的这些性能及其之间的关系如表 15.2-2 所示。

表 15.2-2 节流口性能及其关系

类别	工艺性	小流量的稳定性	小流量的灵活性	流量调节范围	抗阻塞能力	线性
沉割槽式	好	差	高	小	好	线性
锥阀式	差	较差	较高	较大	一般	非线性
三角槽式	一般	好	低	大	较差	非线性
圆孔式	较好	较好	较低	一般	好	非线性

B. 动态特性

由式(15.2-1),并考虑节流阀流道中的液感 L , 节流阀前后的总压差为

$$p_1 - p_2 - \left(\frac{q_v}{KA} \right)^{1/m} + L \frac{dq_v}{dt} \quad (15.2-3)$$

对上式线性化后的增量式为

$$\Delta p_1 - \Delta p_2 = \frac{1}{m} \left(\frac{q_{v0}}{KA} \right)^{1/m} \frac{\Delta q_v}{KA} + L \frac{d\Delta q_v}{dt} \quad (15.2-4)$$

式中 q_{v0} ——通过节流阀流量的稳态值。

考虑到稳态下存在着如下关系

$$p_{10} - p_{20} = \left(\frac{q_{v0}}{KA} \right)^{1/m} \quad (15.2-5)$$

式中 p_{10} 、 p_{20} ——节流阀进、出口压力的稳态值。

故增量式可简化为

$$\Delta p_1 - \Delta p_2 = \frac{p_{10} - p_{20}}{mq_{v0}} \Delta q_v + L \frac{d\Delta q_v}{dt} \quad (15.2-6)$$

对上式进行拉氏变换并整理得

$$p_1(s) - p_2(s) = \frac{p_{10} - p_{20}}{mq_{v0}} (1 + \tau s) q_v(s) \quad (15.2-7)$$

式中 τ ——节流阀的时间常数

$$\tau = \frac{mq_{v0}L}{p_{10} - p_{20}} \quad (15.2-8)$$

当节流阀出口压力恒定时, $p_2(s) = 0$, 节流阀的传递函数为

$$\Phi_1(s) = \frac{q_v(s)}{p_1(s)} = \frac{q_{v0}}{p_{10} - p_{20}} \frac{m}{1 + \tau s} \quad (15.2-9)$$

且

$$\bar{\Phi}_1(s) = \frac{\bar{q}_v(s)}{p_1(s)} = \frac{q_v(s)}{q_{v0}} \left/ \frac{p_1(s)}{p_{10} - p_{20}} \right. = \frac{m}{1 + \tau s} \quad (15.2-10)$$

同样,当节流阀进口压力恒定时, $p_1(s) = 0$, 节流阀的传递函数为

$$\Phi_2(s) = \frac{q_v(s)}{p_2(s)} = - \frac{q_{v0}}{p_{10} - p_{20}} \frac{m}{1 + \tau s} \quad (15.2-11)$$

且

$$\bar{\Phi}_2(s) = \frac{\bar{q}_v(s)}{p_2(s)} = \frac{q_v(s)}{q_{v0}} \left/ \frac{p_2(s)}{p_{10} - p_{20}} \right. = - \frac{m}{1 + \tau s} \quad (15.2-12)$$

由式(15.2-11)和(15.2-12)可知,节流阀的传递函数由一个放大环节和一个惯性环节组成。惯性环节对高频干扰有过滤作用,当系统中出现频率高于 ω

$= 1/\tau$ (ω 为节流阀的固有角频率) 的压力波动时, 节流阀的输出有很大衰减, 所以节流阀有制止高频脉动的作用。另外, 由于惯性环节有时间常数, 使节流阀对系统中的阶跃输入 (如出口压力突变) 有滞迟作用, 故节流阀又可以缓和液压冲击。

15.2.4 典型结构与工艺要求

(1) 典型结构

按其功用, 具有节流功能的阀有节流阀、单向节流阀、精密节流阀、节流截止阀和单向节流截止阀等; 按节流口的结构形式, 节流阀有针式、沉割槽式、偏心槽式、锥阀式、三角槽式、薄刃式等很多种; 按其调节功能, 又可将节流阀分为简式和可调式两种。

所谓简式节流阀通常是指在高压下调节困难的节流阀, 由于其对作用于节流阀芯上的液压力没有采取平衡措施, 当在高压下工作时, 调节力矩很大, 因而必须在无压 (或低压) 下调节; 相反, 可调式节流阀在高压下容易调节, 它对作用于其阀芯上的液压力采取了平衡措施, 因而无论在何种工作状况下进行调节, 调节力矩都很小。

图 15.2-1 和图 15.2-2 分别为我国联合设计的 L 型单向节流阀和 LA 型单向节流阀。其节流口为轴向三角槽式结构, 作用于节流阀芯上的力是平衡的, 因而调节力矩较小。美国威格士公司的 FN 型节流阀与此结构相类似。

图 15.2-4 和图 15.2-5 分别为德国力士乐公司的 MG 型节流阀和 MK 型节流阀。它直接安装在管路上, 节流口采用轴向三角槽式结构, 旋转调节套, 可改变节流口通流面积, 实现流量调节。由于有部分油液可在环形缝隙中流动, 可以清除节流口上的沉积物。阀芯左端有刻度槽, 调节套上有刻度圈, 以标志调节流量的大小。该阀结构简单, 但调节流量时必须无压下进行。

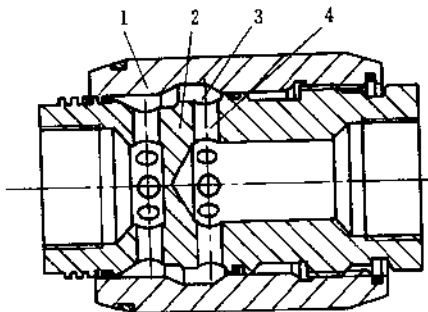


图 15.2-4 MG 型单向节流阀

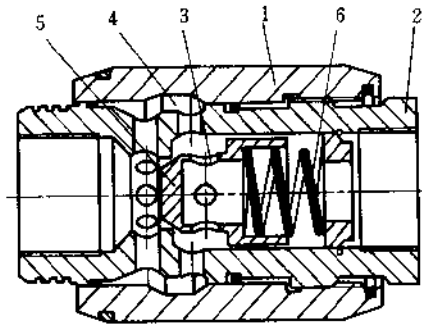


图 15.2-5 MK 型单向节流阀

图 15.2-6 为德国力士乐公司的 F 型精密节流阀。其节流口采用薄刃式结构, 节流阀芯刃口为螺旋线形, 阀套上开有节流窗口, 转动节流阀芯可改变节流面积, 从而实现流量调节。由于采用了薄刃式节流口, 因而其调节流量受温度变化的影响较小。节流阀芯上的小孔对阀芯两端的液压力有一定的平衡作用, 故该阀的调节力矩较小。

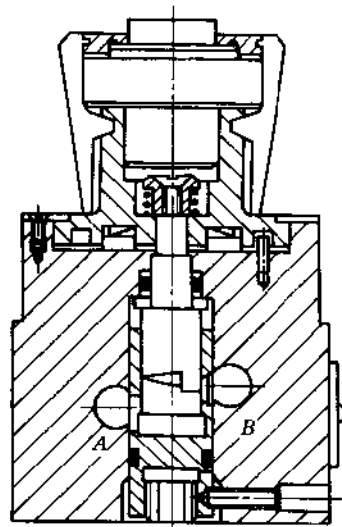


图 15.2-6 F 型精密节流阀

图 15.2-7 和图 15.2-8 分别为德国力士乐公司的 DV 型节流截止阀和 DRV 型单向节流截止阀。其节流口为锥阀式和轴向三角槽式的复合结构, 流量调节主要靠轴向三角槽来完成, 锥面则可实现截止功能。该阀的流量调节也必须无压下进行。

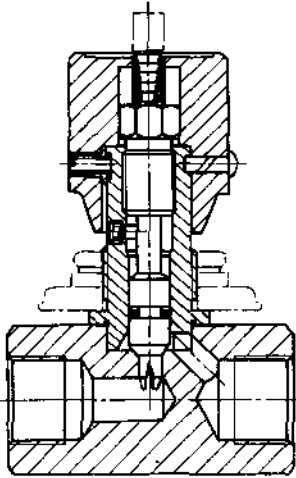


图 15.2-7 DV 型节流截止阀

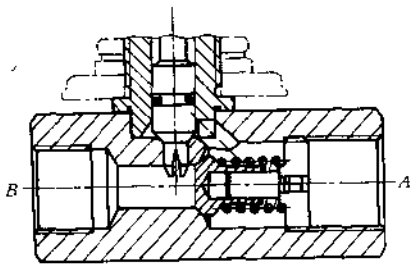


图 15.2-8 DRV 型单向节流截止阀

(2) 工艺要求

参见调速阀部分。

15.2.5 产品介绍

(1) L/LA 型节流阀(联合设计)

A. 型号说明

* - H * *

① ②③④

① 名称

L——节流阀

LA——单向节流阀

② 公称压力:31.5MPa

③ 通径

10——NG10

20——NG20

32——NG32

④ 连接形式

无标记——板式

L——管式

B. 性能参数(见表 15.2-3)

表 15.2-3 L/LA 型节流阀性能参数

通 径		10	20	32	
流 量/(L/min)		40	100	200	
质 量/kg	L 型	管式	1.3	2.1	5
		板式	4.5	6.3	10.8
	LA 型	管式	1.4	3	6.7
		板式	4.5	6.3	10.8

C. 外形与安装尺寸(见表 15.2-4, 15.2-5)

(2) MG/MK 型节流阀(德国力士乐公司)

A. 型号说明

* * G1* / * *

①②③④ ⑤⑥

① 名称

MG——节流阀

MK——单向节流阀

② 通径

6——NG 6

8——NG 8

10——NG 10

15——NG 15

20——NG 20

25——NG 25

30——NG 30

③ 连接形式:管式

④ 系列号:1*——1*系列(1.0~1.9系列安装和连接尺寸相同)

⑤ 工作介质

无标记——矿物液压油

V——磷酸酯液压油

⑥ 附加说明

B. 性能参数

(A) 特性曲线(见图 15.2-9, 试验条件: $v = 36 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$, $t = 50^\circ\text{C}$)

(B) 性能参数

见表 15.2-6。

C. 外形与安装尺寸

见表 15.2-7。

表 15.2-4 L-H*₁、LA-II*₁ 型节流阀外形尺寸(管式连接)

单位:mm

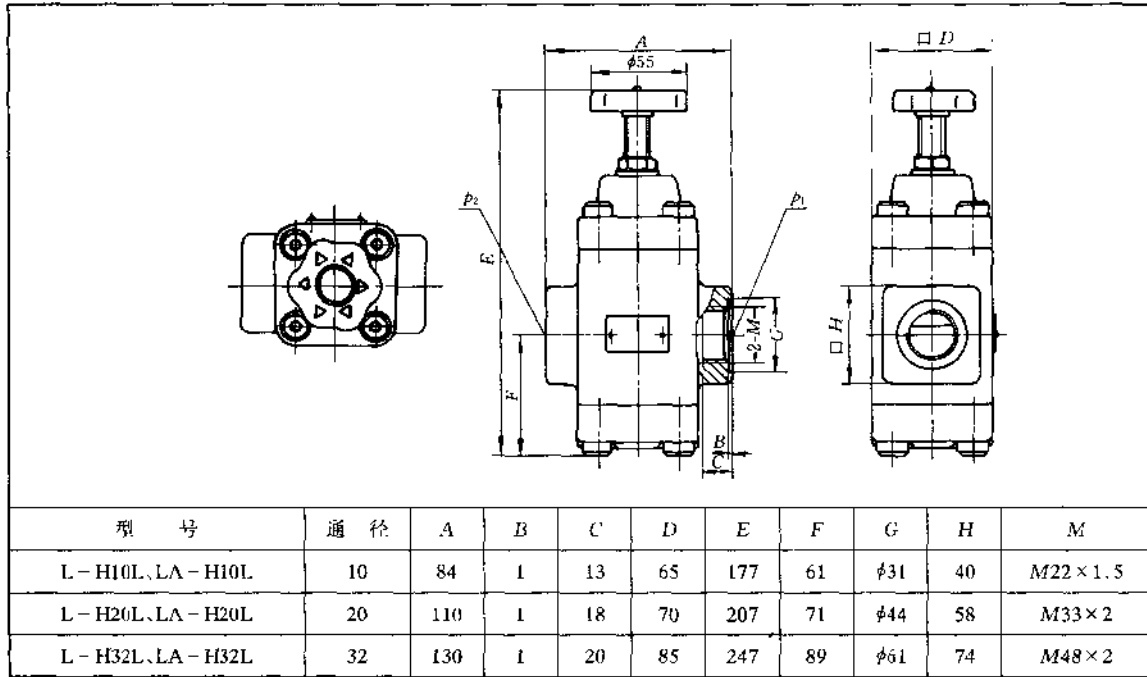
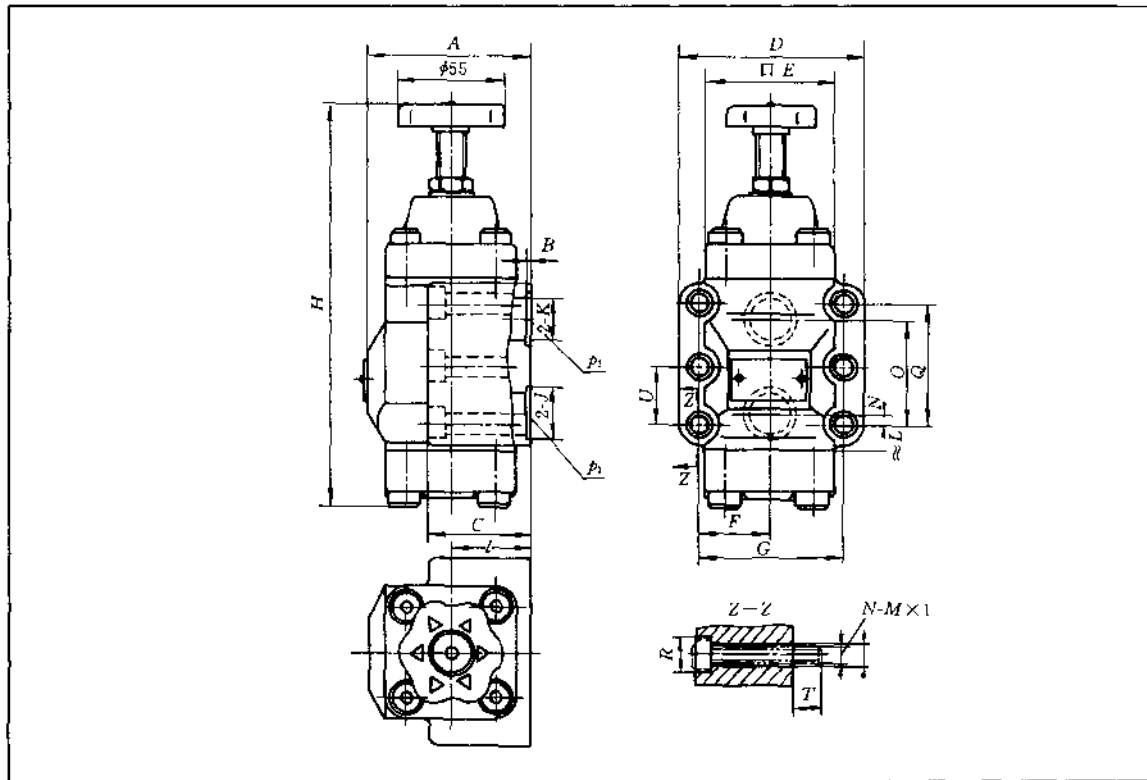


表 15.2-5 L-H*₂、LA-H*₂ 型节流阀外形尺寸(板式连接)

单位:mm



续表

型号	通 径	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
L-H10, LA-H10	10	77	1.8	65	90	65	33.3	66.7	177	38.5	φ22	φ13
L-H20, LA-H20	20	86	2.4	54	100	70	39.7	79.4	207	42	φ32	φ20
L-H32, LA-H32	32	105	2.4	64	120	85	48.4	96.8	247	50	φ40	φ28
型号	通 径	M×L			N	O	Q	R	S	T	U	v
L-H10, LA-H10	10	M10×75			7.1	35.7	42.9	φ17	φ11	15	0	4
L-H20, LA-H20	20	M10×60			11.1	49.2	60.3	φ17	φ11	15	0	4
L-H32, LA-H32	32	M10×70			16.7	67.5	84.1	φ17	φ11	15	42.1	6

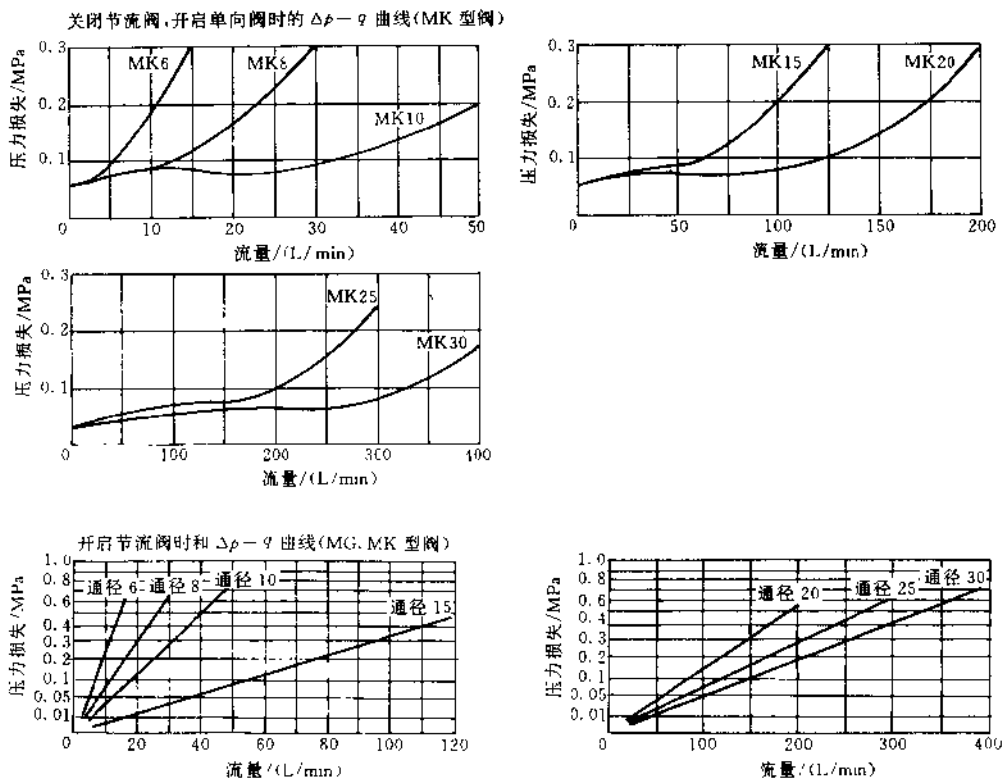


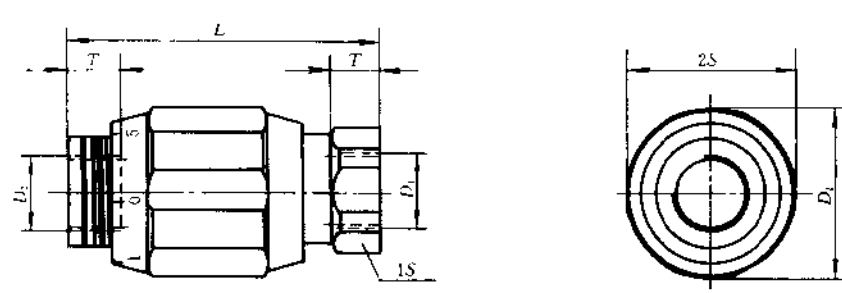
图 15.2-9 MG/MK 型节流阀特性曲线

表 15.2-6 MG/MK 型节流阀性能参数

通 径	6	8	10	15	20	25	30
流 量/(L/min)	15	30	50	140	200	300	400
压 力/MPa	31.5						
开启压力/MPa	0.05 (MK 型)						
介 质	矿物液压油, 磷酸酯液压油						
介质粘度/(m ² /s)	(2.8-380) × 10 ⁻⁶						
介质温度/°C	20 ~ +70						

表 15.2-7 MK/MG 型节流阀外形尺寸

单位: mm



通径	D ₁		D ₂	L	1S	2S	T	质量/kg
6	M14×1.5	G(1/4)″	34	65	22	32	12	0.3
8	M18×1.5	G(3/8)″	38	65	24	36	12	0.4
10	M22×1.5	G(1/2)″	48	80	30	46	14	0.7
15	M27×2	G(3/4)″	58	100	41	55	16	1.1
20	M33×2	G1″	72	110	46	70	18	1.9
25	M42×2	G(1 1/4)″	87	130	55	85	20	3.2
30	M48×2	G(1 1/2)″	93	150	60	90	22	4.1

(3) FN 型单向节流阀(美国威格士公司)

A. 型号说明

* - * FN - * - * - *

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

① 工作介质: 无标记——矿物液压油, 含水工作液

F₃——磷酸酯液液压油

② 地区型号: 无标记——非欧洲系列

E——欧洲系列

③ 名称: 单向节流阀

④ 通径: 03——NG 10

06——NG 20

10——NG 30

⑤ 系列号: 1*——1* 系列, 对于 EFN-10 型 (10~90 系列安装和连接尺寸相同)

2*——2* 系列, 对于 FN-03、EFN-06 型 (20~29 系列安装和连接尺寸相同)

⑥ 连接形式: B——G 螺纹

F——SAE(仅 EFN-06、10 型)

B. 性能参数

(A) 特性曲线(见图 15.2-10)

反向自由流动和最大受控流量时的压降

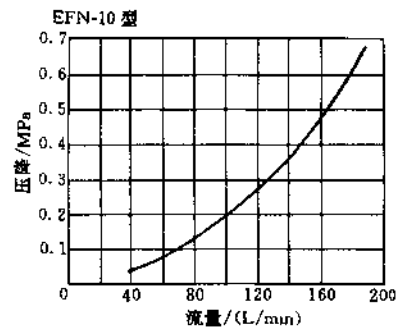
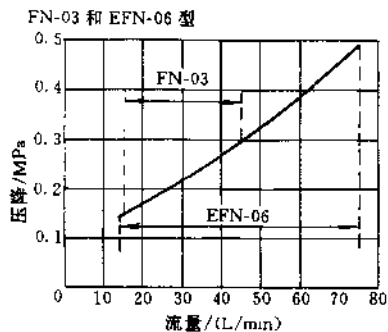


图 15.2-10 FN 型单向节流阀特性曲线

(B) 性能参数(见表 15.2-8)

表 15.2-8 FN 型单向节流阀性能参数

通 径	10	20	30
最大工作压力/MPa	21		
最大流量/(L/min)	38	76	189
介 质	矿物液压油, 磷酸酯液压油, 含水工作液		
介质粘度/(m ² /s)	(13~860) × 10 ⁻⁶		
介质温度/℃	矿物液压油: -20~+80; 含水工作液: +10~+54		
质 量/kg	0.6	1.7	3.7

C. 外形与安装尺寸(见图 15.2-11 和表 15.2-9)

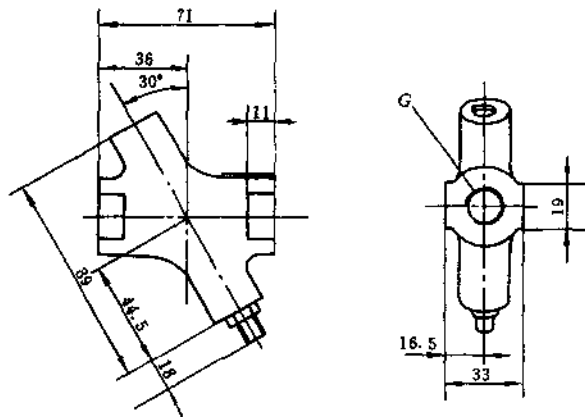


图 15.2-11 FN-03 型单向节流阀外形及连接尺寸

表 15.2-9 EFN-⁰⁶/₁₀ 型单向节流阀外形及连接尺寸

型 号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	螺纹 N	SAE 法兰规格
EFN-06-2x-F	89	52	65	45	90	44.5	22	47.6	23.9	22.1	11	22	-	(3/4)"
EFN-06-2x-B	89	52	65	45	90	44.5	22	47.6	23.9	22.1	11	22	G(3/4)"	-
EFN-10-1x-F	116	73	80	58	100	47	25	58.7	29.4	30.2	15	32	-	(1 1/4)"
EFN-10-1x-B	116	73	80	58	100	47	25	58.7	29.4	30.2	15	32	G(1 1/4)"	-

(4) SR 型节流阀(日本油研公司)

A. 型号说明

* - SR * * - * - 5 *

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

① 工作介质

无标记——矿物液压油, 含水工作液

F——磷酸酯液压油

② 名称: 节流阀

③ 单向阀

无标记——不带单向阀

C——带单向阀

④ 连接形式

T——管式

G——板式

⑤ 通径

03——NG 10

06——NG 20

10——NG 30

⑥ 系列号

5* ——5* 系列(50~59 系列安装和连接尺寸相同)

B. 性能参数

(A) 特性曲线

见图 15.2-12。

(B) 性能参数

见表 15.2-10。

C. 外形与安装尺寸

见表 15.2-11~14、图 15.2-13、14。

表 15.2-10 SR 型节流阀性能参数

通 径	10	20	30	
最大工作压力/MPa	25			
额定流量/(L/min)	30	85	230	
质 量/kg	管 式	1.5	3.8	9.1
	板 式	2.5	3.9	7.5
介 质	矿物液压油, 磷酸酯液压油, 含水工作液			
介质粘度/(m ² /s)	(15~400) × 10 ⁻⁶			
介质温度/℃	-15 ~ +70			

表 15.2-11 SRCT 型单向节流阀外形及连接尺寸

单位: mm

	型 号	A	B	C	D	E	F	G	H	J
	SRCT-03	72	36	44	150.5	53.5	φ38	46	22	(3/8)"
	SRCT-06	100	50	58	180	66.5	□62	64	31	(3/4)"
	SRCT-10	138	69	80	227	86	□80	82	40	(1 1/4)"

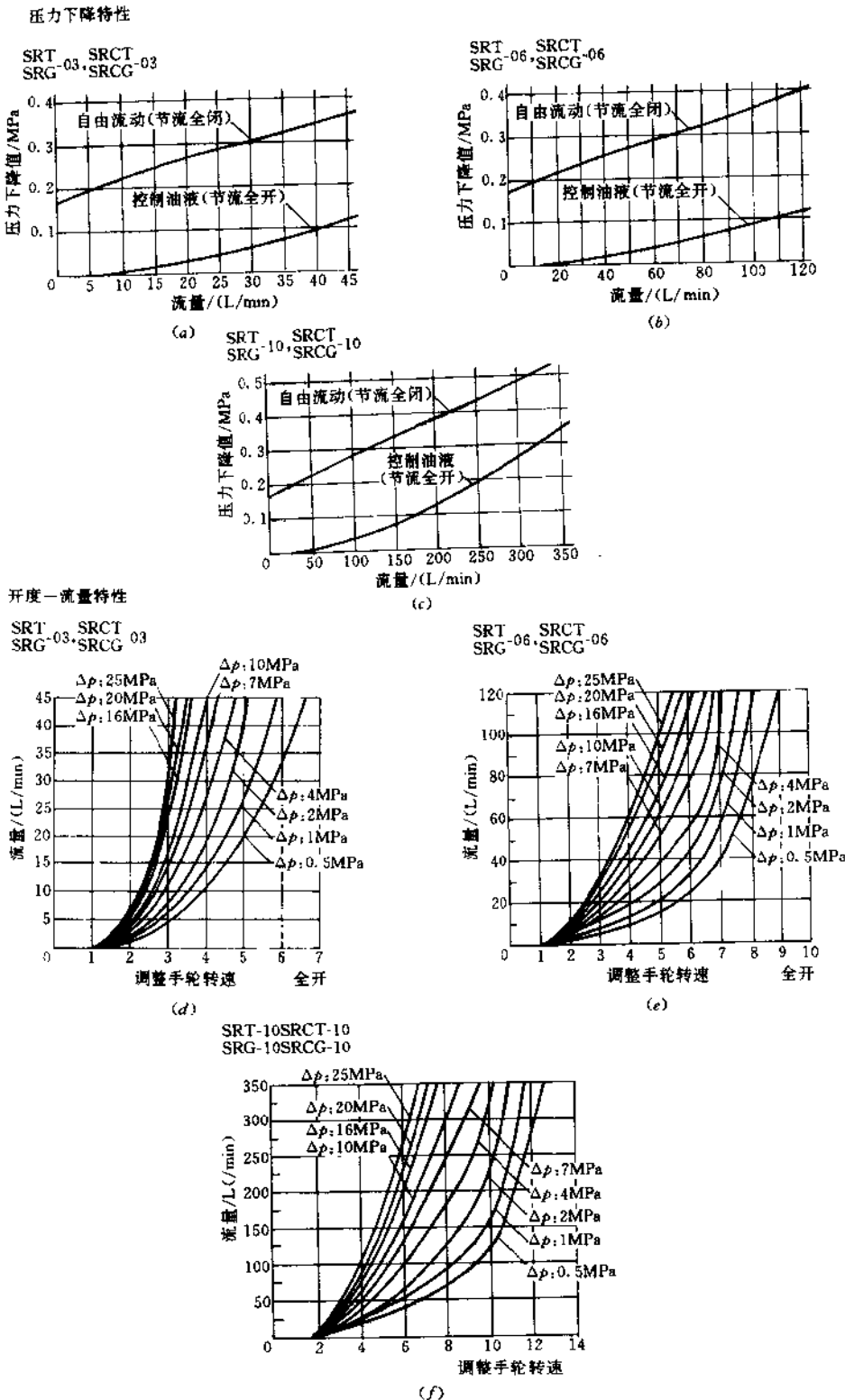
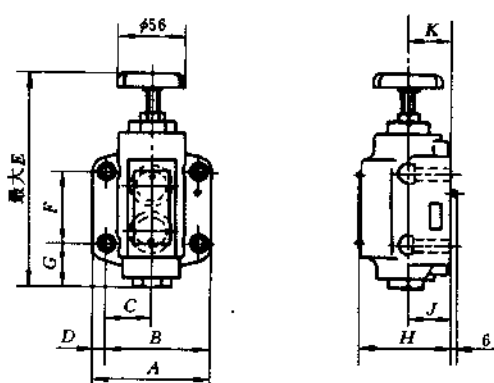


图 15.2-12 SR 型节流阀特性曲线

表 15.2-12 SRCG-03/06 型单向节流阀外形尺寸

单位: mm



型 号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	安 装 面 与 下 面 ISO 标 准 一 致
SRCG-03	90	66.7	33.3	11.7	150.5	12.9	32	64	31	31	ISO5781-AG-06-2-A
SRCG-06	102	79.4	39.7	11.3	180	60.3	36.5	79	36	37	ISO5781-AH-08-2-A

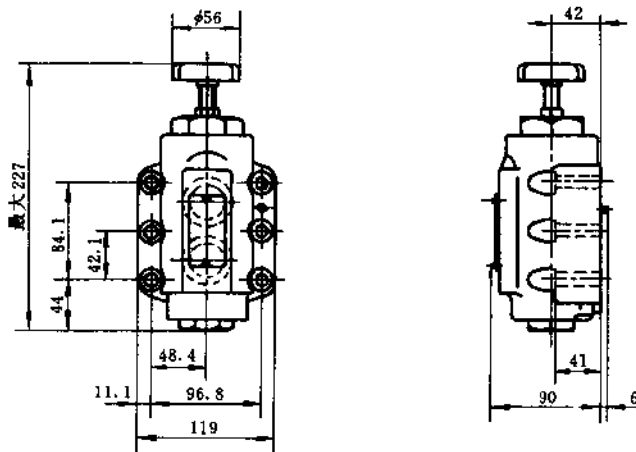


图 15.2-13 SRCG-10 型单向节流阀外形尺寸

表 15.2-13 SRT 型节流阀外形尺寸

单位: mm

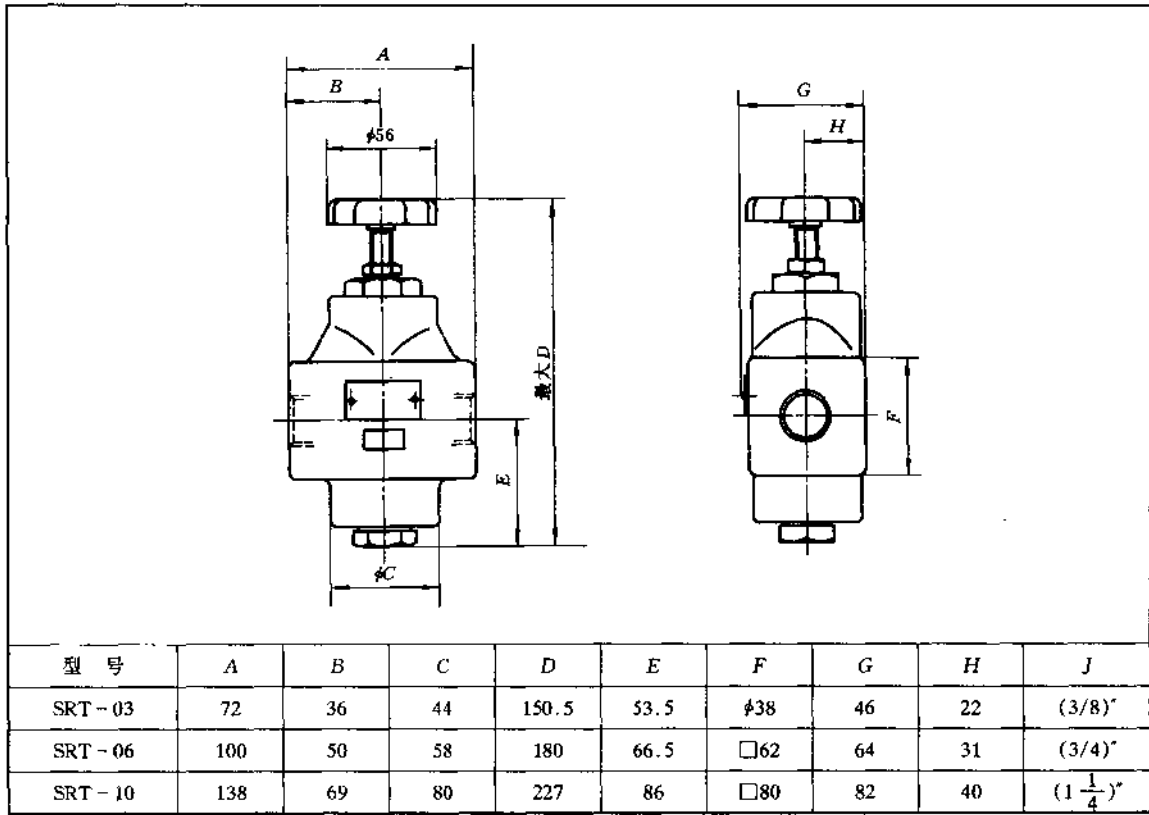
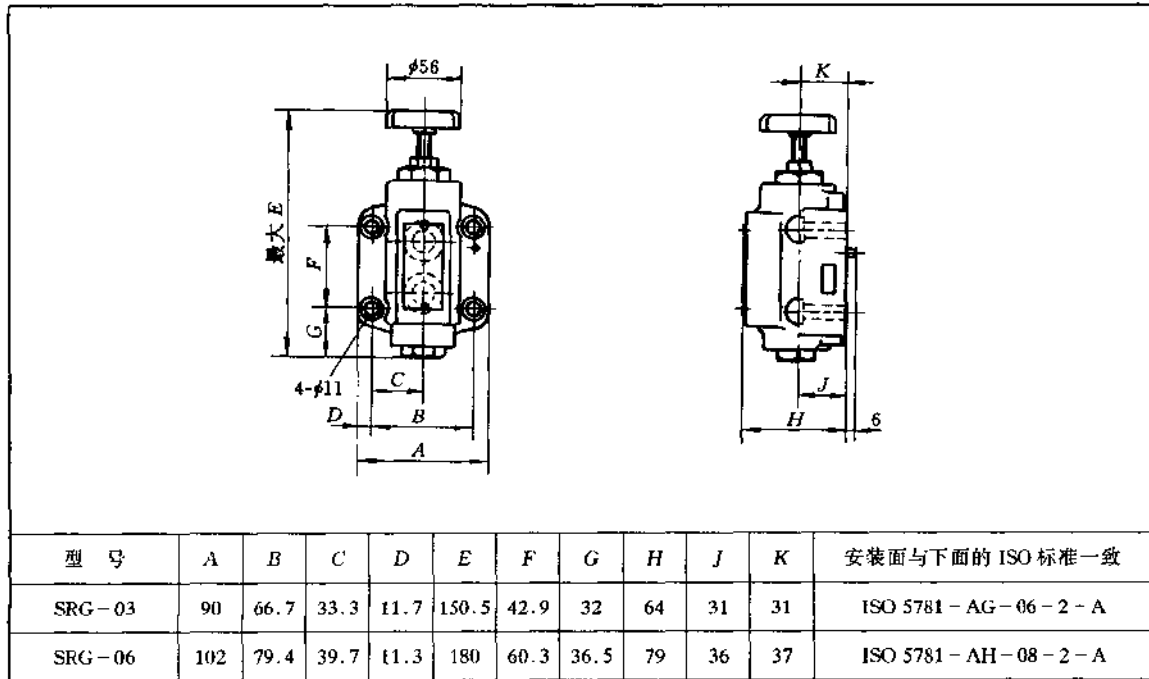


表 15.2-14 SRG-03/06 型节流阀外形尺寸

单位: mm



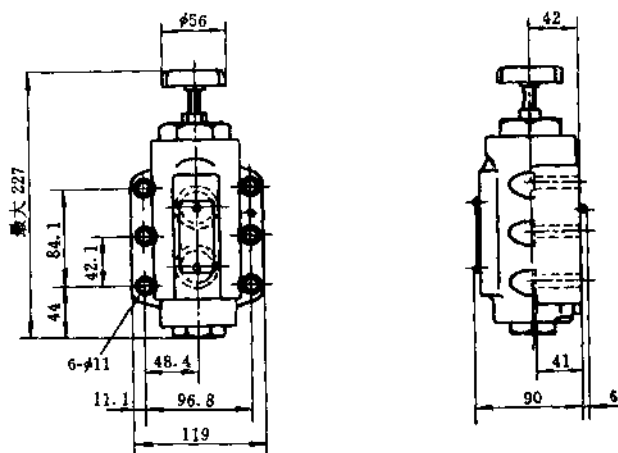


图 15.2-14 SRG-10 型节流阀外形尺寸

15.2.6 选用指南

节流阀主要用在负载变化不大或对速度稳定性要求不高的液压系统中,其主要用途如下:

- 在定量泵液压系统中,与溢流阀配合,组成进油节流调速系统;回油节流调速系统和旁路节流调速系统;

- 对于执行机构需要往返节流调速的系统可使用两个单向节流阀;

- 用于容积—节流调速回路。

15.2.7 安装需知与常见故障

(1) 安装需知

- 安装前要先注意进油口,以防止装错;
- 其余参阅溢流阀部分。

(2) 常见故障

- 阀芯径向卡死,使流量调节失灵;
- 锁紧装置松动,使流量出现不稳定现象;
- 密封面磨损过大,引起内泄漏量增加。

15.3 行程节流阀

15.3.1 概述

行程节流阀是当执行机构运动到规定位置时,利用机械方式逐渐关闭(或打开)节流口,以使执行机构实现快速前进或慢速进给的节流阀,有时也称之为减速阀。将行程节流阀和单向阀并联则可组合成单向行程节流阀。

行程节流阀通常用于定量液压系统中,其主要作用是与溢流阀配合,组成节流调速系统,使运动部件实

现减速、缓冲等功能。

15.3.2 工作原理与性能要求

(1) 工作原理

图 15.3-1 为行程节流阀的结构图和图形符号。当机构撞块推动常开型或常闭型阀芯时,将逐渐关闭或打开节流口,只要控制机械撞块对阀芯的下压行程,就可控制行程节流阀节流口的开口量,从而控制通过阀的流量;当机械撞块对阀芯的作用力取消后,阀芯将在复位弹簧力的作用下,恢复到原始位置。

图 15.3-2 为单向行程节流阀的结构图。单向行程节流阀是行程节流阀和单向阀的组合阀,利用其中的单向阀,可实现油液反向自由流动。

(2) 性能要求

见节流阀部分。

15.3.3 典型结构与工艺要求

(1) 典型结构

行程节流阀按节流口形状有轴向三角槽式和轴向斜面式(锥面式)两种结构,按阀芯在原始位置时的通断状况又可分为常开型和常闭型。

图 15.3-1 和图 15.3-2 分别为我国联合设计的行程节流阀和单向行程节流阀。它们采用了轴向斜面式节流口,阀芯有常开型和常闭型两种结构型式,触头为滚轮结构。

图 15.3-3 为德国力士乐公司的 FMR 型行程节流阀,其节流口为轴向三角槽式,阀芯原始位置为常开型,触头也为滚轮结构。

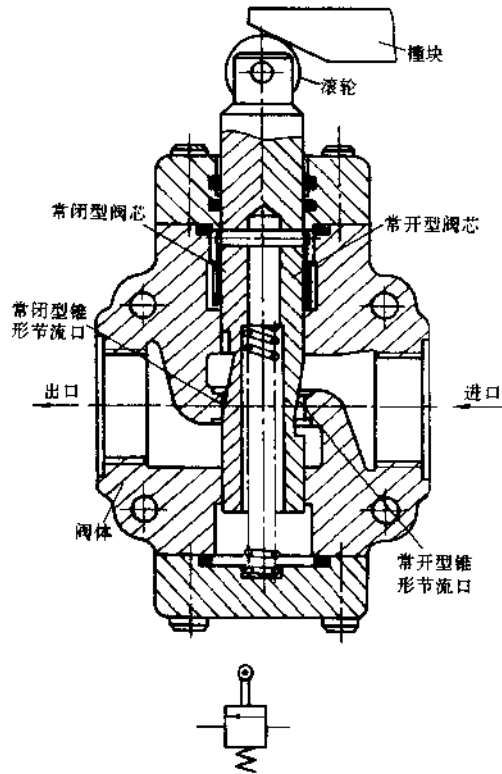


图 15.3-1 行程节流阀

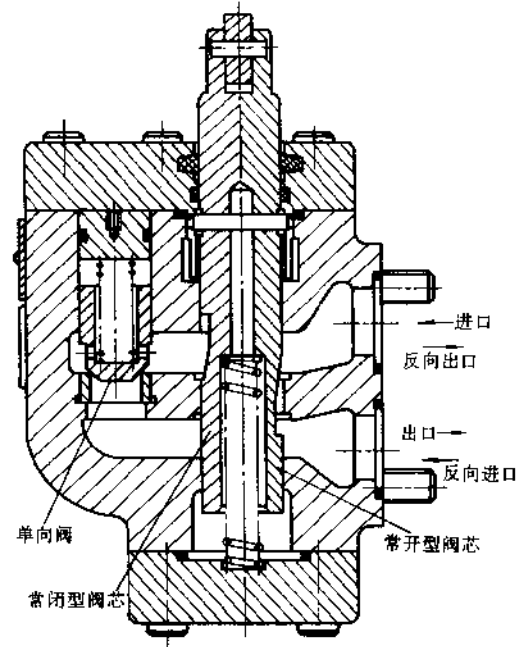


图 15.3-2 单向行程节流阀

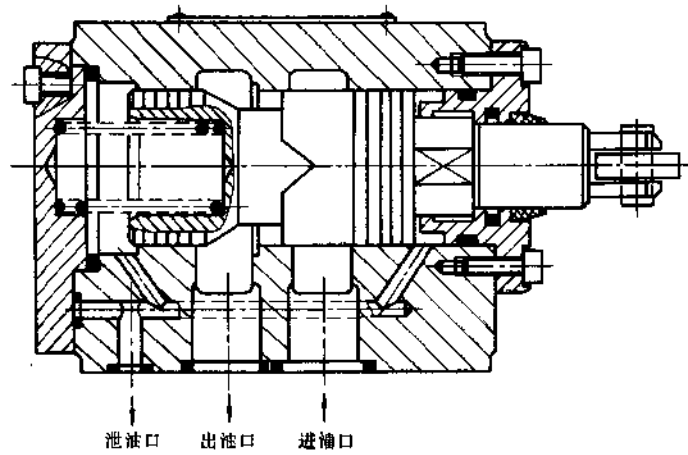


图 15.3-3 FMR 型行程节流阀

(2) 工艺要求
参见调速阀部分。

15.3.4 产品介绍

(1) Z型行程节流阀(日本油研公司)

A. 型号说明

* - Z * * * - * * - 2 *
① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

① 工作介质

无标记——矿物液压油, 含水工作液

F——磷酸酯液压油

② 名称: 行程节流阀

③ 单向阀

无标记——不带单向阀

C——带单向阀

④ 连接形式

T——管式

G——板式

⑤ 通径

03——NG 10

06——NG 20

10——NG 30

⑥ 旁通节流阀

无标记——无旁通节流阀

T——带旁通节流阀

⑦ 滑阀形式

无标记——常开式

C——常闭式

⑧ 系列号

2 * ——2 * 系列(20~29 系列, 外形与连接尺寸相同)

B. 性能参数

(A) 特性曲线

见图 15.3-4, 试验条件: $\nu = 20 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$

(B) 性能参数

见表 15.3-1。

C. 外形与安装尺寸

见表 15.3-2~4。

15.3.5 选用指南

行程节流阀在定量泵液压系统中的主要作用是与溢流阀配合, 组成节流调速系统, 可以用来缓冲和减速。

15.3.6 安装需知与常见故障

(1) 安装需知

• 在使用行程节流阀和单向行程节流阀时, 泄油口一定要接油箱;

• 其余参阅溢流阀和节流阀部分。

(2) 常见故障

• 流量调节失灵, 流量不稳定, 是因为内外泄漏量增大, 阀芯反力过大;

• 其余可参阅节流阀部分。

表 15.3-1 Z型行程节流阀性能参数

通 径/mm		10	20	30
最大流量/(L/min)		30	80	200
最高使用压力/MPa		21	21	21
质 量/kg	Z * T 型	4.3	8.7	17
	Z * G 型	4.3	8.7	17
介 质		矿物液压油, 含水工作液; 磷酸酯液压油		
介质粘度/(m^2/s)		$(20 \sim 200) \times 10^{-6}$		
介质温度/ $^{\circ}\text{C}$		- 15 - + 70		

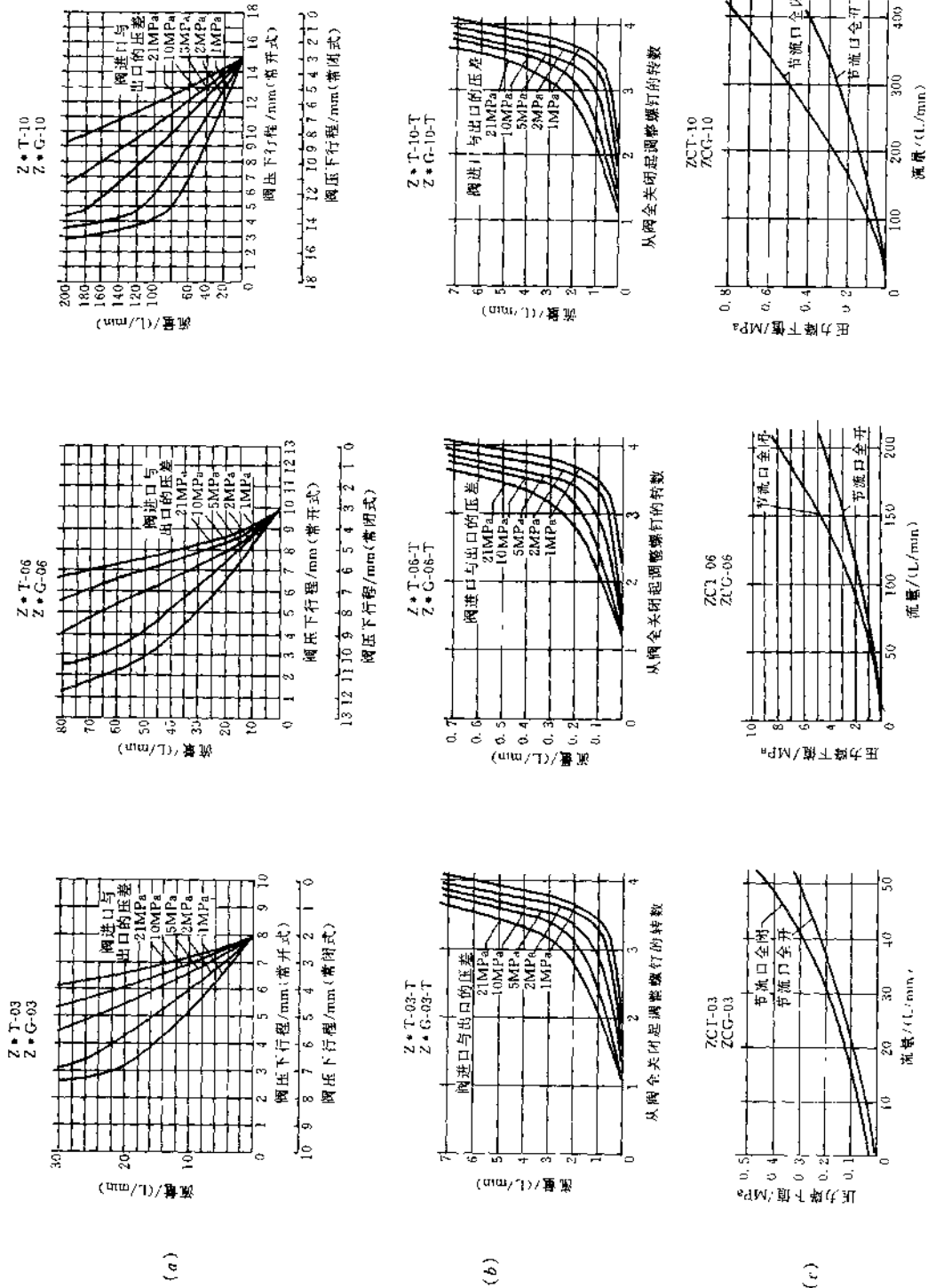
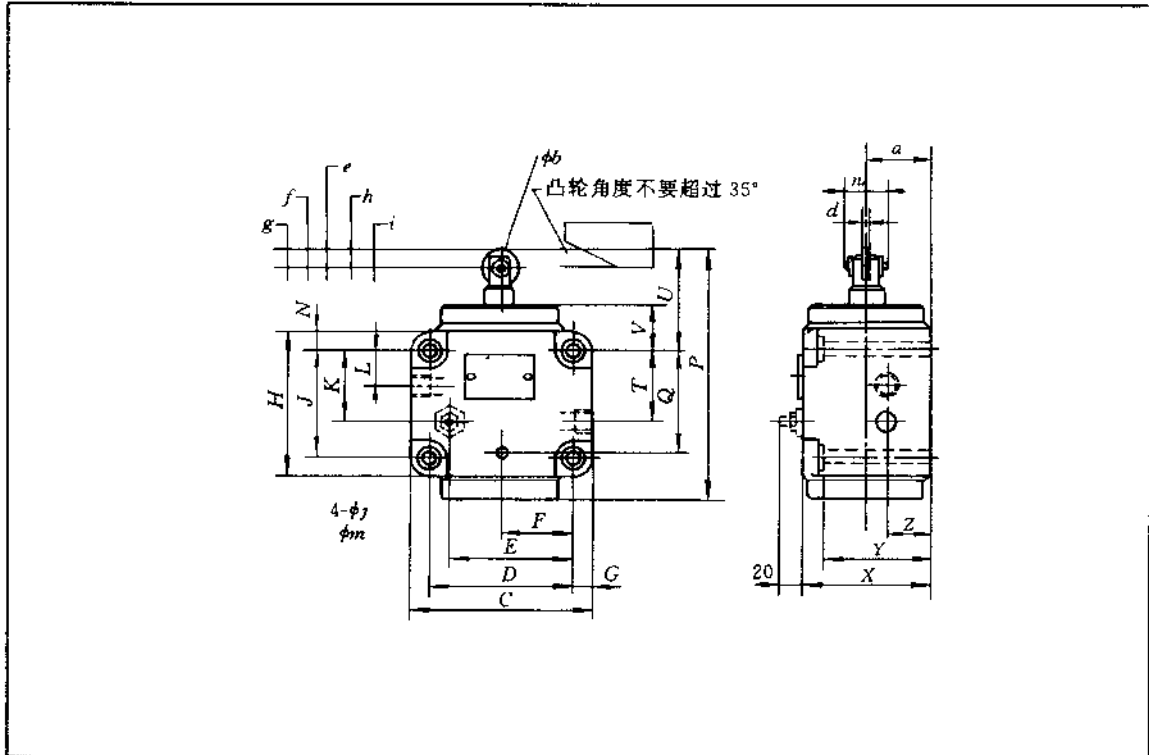


图 15.3-4 Z 型行程节流阀特性曲线
 (a) 行程节流流量特性; (b) 旁节边节流流量特性; (c) 自由节流压力下降特性

表 15.3-2 ZT/ZCT 行程节流阀安装外形尺寸

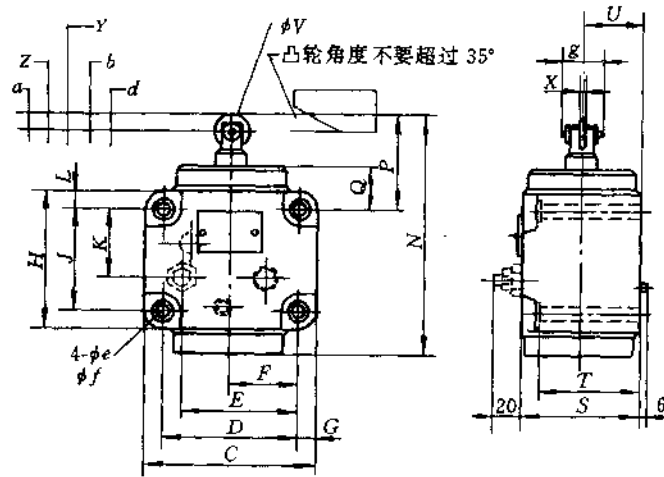


型 号	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	Q	T	U	V
Z*T-03	102	80	66	40	11	82	60	41	20	11	141	58	40	56	25
Z*T-06	120	98	82	49	11	106	84	57	32	11	176	81	57	65	27
Z*T-10	160	132	103	66	14	140	112	75	40	14	224	106	75	80	32
型 号	X	Y	Z	a	b	d	e	f	g	h	i	j	m	n	q
Z*T-03	70	60	25	35	18	6	10	2	8	2	8	8.8	14	24.5	(3/8)
Z*T-06	95	85	32	50	22	8	13	3	10	3	10	11	17.5	29	(3/4)
Z*T-10	110	96	40	55	28	10	18	3	15	3	15	13.5	21	34	(1 1/4)

* 表内除 q 尺寸单位为英寸外,其余尺寸单位为 mm。

表 15.3-3 ZG
ZCG 型行程节流阀外形尺寸

单位: mm



型 号	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	Q	S
Z*T-03	102	80	66	40	11	82	60	41	11	141	56	25	70
Z*T-06	120	98	82	49	11	106	84	57	11	176	65	27	95
Z*T-10	160	132	103	66	14	140	112	75	14	224	80	32	110
型 号	T	U	V	X	Y	Z	a	b	d	e	f	g	
Z*T-03	60	35	18	6	10	2	8	2	8	8.8	14	24.5	
Z*T-06	85	50	22	8	13	3	10	3	10	11	17.5	29	
Z*T-10	96	55	28	10	18	3	15	3	15	13.5	21	34	

表 15.3-4 EGM 型行程节流阀底板尺寸

单位: mm

型 号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P
ZGM-03	146	124	80	60	42	20	22	11	85	60	40	20	12.5
ZGM-06	160	138	98	74	53	24	20	11	108	84	57	32	12
ZGM-10	218	190	132	98	70	34	29	14	140	112	75	40	14

型 号	Q	S	T	U	V	X	Y	Z	a	b	d	e
ZGM-03	58	44	102	26	M8	18	6.2	14	(3/8)''	11	17.5	10.8
ZGM-06	81	60	120	35	M10	18	11	23	(3/4)''	11	17.5	10.8
ZGM-10	106	87	160	45	M12	25	11	29	(1 1/4)''	14	21	13.5

15.4 调速阀

15.4.1 概述

调速阀是由定差减压阀和节流阀串联组成的,它是靠定差减压阀来维持节流阀进出口压差近于恒定,从而保证其流量不受工作负载变化影响的流量控制阀。将调速阀和单向阀并联则可组合成单向调速阀。

调速阀主要用于定量泵液压系统中。与节流阀一样,它和溢流阀配合,可组成三种节流调速系统;所不同的是,调速阀适用于执行元件负载变化大,而且对运动速度稳定性要求又较高的场合。

15.4.2 工作原理

图 15.4-1 为调速阀的工作原理图和图形符号。调速阀的进口压力为 p_1 , 油液经减压阀口后压力减至 p_2 , 然后经节流阀的节流口, 压力再由 p_2 降至阀的出口压力 p_3 。节流阀前后压力 p_2 和 p_3 被分别引至减压阀阀芯的两端, 其压差 $(p_2 - p_3)$ 产生的液压力与减压阀阀芯左端的弹簧力和作用于阀芯上的稳态液动力相平衡, 从而使减压阀阀芯处于某一平衡位置。在节流阀开口不变的条件下, 如果调速阀进出口压差 $(p_1 - p_3)$ 由于外界负载变化而发生变化, 减压阀阀芯的平衡位置则会相应地改变, 以维持节流阀阀口前后

的压差($p_2 - p_3$)近于不变。当出口压力 p_3 因负载变化有所增加而导致($p_1 - p_3$)减小时,由于减压阀阀芯一时来不及运动,整个流道的阻力在瞬间没有变化,故($p_1 - p_3$)的减小必将会引起调速阀流量的下降,从而导致节流阀阀口压差($p_2 - p_3$)的减小,这就破坏了减压阀芯原有的平衡,而使其向下移动,于是减压阀阀口增大, p_2 增大,即($p_2 - p_3$)增大;当($p_2 - p_3$)恢复到原来数值时,减压阀芯在新的位置上达到新的平衡。同理,当调速阀进口压力 p_1 增加时, ($p_1 - p_3$)将会增大,这时减压阀阀芯也能作出相应的动作,以维持($p_2 - p_3$)近于不变。

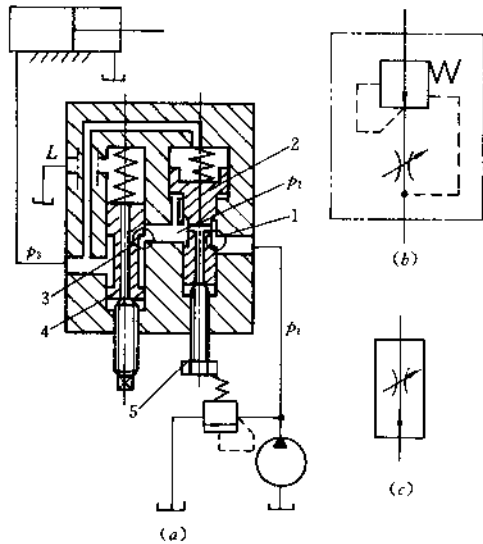


图 15.4-1 调速阀

(a)工作原理图;(b)详细符号;(c)简化符号

1-减压口;2-减压阀部分;3-节流口;

4-节流阀部分;5-行程限位装置

综上所述,不论调速阀进、出口压力如何变化,由于定差减压阀对压力的补偿作用,均可使节流阀前后压差基本上保持不变,即调速阀的流量在负载变化时仍能保持稳定。

15.4.3 性能特性

(1) 性能参数

A. 基本参数

公称压力 指名义上的压力。

公称流量 指名义上的流量。

额定压力 指额定工况时的压力,一般指额定工况下的最大工作压力。

额定流量 指额定工况时的流量,一般指在压力损失值限定条件下所能通过的流量。

B. 稳态特性参数

工作压力范围 指调速阀能可靠工作时所允许的压力范围。一般指从最低工作压力到公称压力的范围。

流量调节范围 指由最小稳定流量到额定流量的范围。

最小稳定流量 指进出口在最低工作压差下,流量变化率不超过限定值时的流量调节范围的最小值。

内泄漏量 指内部运动副高低压腔间的泄漏量,一般指调速阀进口压力在公称压力下,其节流口处于完全关闭时,从出口测得的泄漏量。

外泄漏量 指对有外泄漏量油口者,当其出口压力为某一规定值时,从外泄漏油口测得的泄漏量。

流量变化率 指调速阀的进口压力或出口压力由最低工作压力到最高工作压力变化时,其流量的变化量相对于调定流量的百分比。

压力损失 指调节手轮处于全松位置,节流口全开并通过额定流量时,进、回油口的压差。

反向压力损失 指单向节流阀或单向调速阀,当油液反向流动时,其内部单向阀的压力损失。

C. 动态特性参数

响应时间 指在瞬态过程中,从起始流量到调定流量所需的时间。

瞬态恢复时间 指在瞬态过程中,从达到调定流量到调定流量稳定时所需的时间。

流量超调量 指瞬态过程中,峰值流量与调定流量的差值。

流量超调率 指流量超调量与调定流量的百分比。

(2) 性能要求

对调速阀和单向调速阀的性能要求是:

- 流量调节范围大,要有较小的最小稳定流量;
- 工作压力范围大,且调定流量相对于进口压力、出口压力及温度变化时的流量变化率要小;
- 内泄漏量要小,对有外泄漏口者,外泄漏量也要小;
- 压力损失要小,对单向调速阀,正向和反向压力损失都要小;
- 响应时间要短,瞬态恢复时间要短,流量超调率要低。

(3) 性能特性分析

A. 稳态特性

调速阀的稳态特性主要是指在给定节流阀开度状况下,通过调速阀的流量随其两端压力差变化的规律,其它稳态特性与节流阀相同。

图 15.4-2 是调速阀的物理模型。在稳态状况下,可列出下列方程:

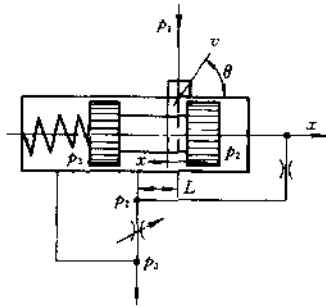


图 15.4-2 调速阀的物理模型

(A) 通过减压阀阀口的流量方程

$$q_{v1} = C_{d1} W_1 x \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_1 - p_2)} \quad (15.4-1)$$

式中 q_{v1} ——通过减压阀口的流量(m³/s);
 C_{d1} ——减压阀阀口的流量系数;
 W_1 ——减压阀阀口的面积梯度(m);
 x ——减压阀阀口的开口量(m);
 p_1 ——调速阀的进口压力(MPa);
 p_2 ——节流阀的入口压力(MPa);
 ρ ——油液的密度(kg/m³)。

(B) 通过节流阀阀口的流量方程

$$q_{v2} = C_{d2} W_2 y \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_2 - p_3)} \quad (15.4-2)$$

式中 q_{v2} ——通过节流阀阀口的流量(m³/s);
 C_{d2} ——节流阀阀口的流量系数;
 W_2 ——节流阀阀口的面积梯度(m);
 y ——节流阀阀口的开口量(m);
 p_3 ——调速阀的出口压力(MPa)。

(C) 减压阀阀芯的力平衡(忽略阀芯与阀体孔之间的摩擦力)

$$K_w(x_1 - x) = A(p_2 - p_3) + F_s \quad (15.4-3)$$

式中 K_w ——弹簧刚度(N/m);
 x_1 ——弹簧预压缩量(m);
 A ——减压阀阀芯的有效作用面积(m²);

F_s ——稳态液动力(N);

$$F_s = 2 C_{d1} C_v W_1 x (p_1 - p_2) \cos \theta \quad (15.4-4)$$

式中 C_v ——流速系数;

θ ——液流流入减压阀阀口的入流角(°)。

(D) 流量连续性方程

$$q_{v1} = q_{v2} = q_v \quad (15.4-5)$$

由式(15.4-1)至(15.4-5)可解得

$$q_v = C_{d2} W_2 y \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{K_w x_1}{A} \left[\frac{1 - x/x_1}{1 + \frac{2 C_{d2}^2 W_2^2 y^2 \cos^2 \theta}{A C_{d1} W_1 x}} \right]^{1/2}} \quad (15.4-6)$$

$$p_1 - p_3 = \frac{\rho}{2} \frac{q_v^2}{C_{d2}^2 W_2^2 y^2} \left(1 + \frac{C_{d2}^2 W_2^2 y^2}{C_{d1}^2 W_1^2 x^2} \right) \quad (15.4-7)$$

对某一特定的调速阀, C_{d1} , C_{d2} , K_w , W_1 , W_2 , x_1 , A 都是常数。对应给定的节流阀开度 y , 可在减压阀整个开度范围内取若干个 x 值, 代入式(15.4-6)中求得 q_v , 然后将对应的 x , q_v 值代入式(15.4-7)中, 即可求得相应点的 $(p_1 - p_2)$ 值。把一系列的 q_v 和 $(p_1 - p_2)$ 画在坐标系中, 并用曲线连接, 即可得到如图 15.4-3 所示的稳态特性曲线。

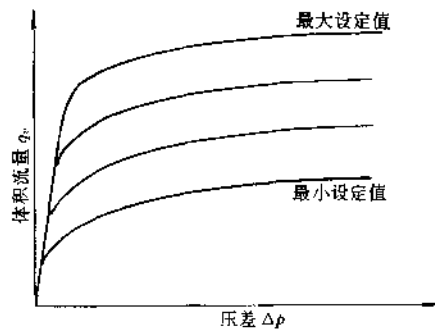


图 15.4-3 调速阀的稳态特性曲线

由式(15.4-6)可知, 只要满足下列条件

$$x/x_1 \leq 1$$

和

$$C_{d2}^2 W_2^2 y^2 \ll A C_{d1} W_1 x$$

则可得

$$q_v = C_{d2} W_2 y \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{K_w x_1}{A}}$$

这表明, 调速阀的流量只决定于节流阀的开度, 与调速阀进出口压差无关。为此, 必须使弹簧刚度无限小(即 x_1 无限大), 阀芯有效面积也无限大, 这在实际

中是做不到的。目前只能采取较小的弹簧刚度,而适当增大减压阀阀芯的有效面积,使调速阀达到一个较好的稳态流量控制精度。

B. 动态特性

在瞬态状况下,调速阀各参数之间存在如下关系:

(A) 减压阀阀口的流量方程

$$q_{v1} = C_{d1} W_1 x \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_1 - p_2)}$$

(B) 节流阀阀口的流量方程

$$q_{v2} = C_{d2} W_2 y \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_2 - p_3)}$$

(C) 减压阀阀芯的运动微分方程

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} = K_w (x_1 - x) - B \frac{dx}{dt} - \frac{\rho q_{v1}^2}{C_{d1} W_1 x} \cos \theta + \rho L \frac{dq_{v1}}{dt} - A (p_2 - p_3) \quad (15.4-8)$$

(D) 阀腔的连续性方程

$$q_{v1} + A \frac{dx}{dt} = q_{v2} \quad (15.4-9)$$

式中 M ——减压阀阀芯的当量质量(kg);

B ——粘性阻尼系数[N/(m/s)];

L ——阻尼长度(m)。

其它符号意义同前。

对上述方程式在某稳态工况附近进行线性化,并进行拉氏变换,可得如下关系式

$$(MS^2 + BS + K')x = \rho L S q_{v1} - A(p_2 - p_3) - 2C_{d1} W_1 x_0 (p_1 - p_2) \cos \theta \quad (15.4-10)$$

$$q_{v1} = \frac{q_{v10}}{x_0} x + \frac{q_{v10}}{2(p_{10} - p_{20})} (p_1 - p_2) \quad (15.4-11)$$

$$q_{v2} = \frac{q_{v20}}{2(p_{20} - p_{30})} (p_2 - p_3) \quad (15.4-12)$$

$$q_{v2} = q_{v1} + ASx \quad (15.4-13)$$

式中 $K' = K_w + 2C_{d1} W_1 (p_{10} - p_{20}) \cos \theta$ ——当量弹簧刚度。 q_{v1} 、 q_{v2} 、 p_1 、 p_2 、 p_3 、 x 表示相应参数的拉氏变换。

根据式(15.4-10)至(15.4-13)可作出调速阀的方框图(如图 15.4-4 所示),其输入量为 $(p_1 - p_2)$, 输出量为 q_{v1} 。若对上述方程式进行简化,并消去中间变量,则可得到调速阀的传递函数

$$W(s) = \frac{q_{v1}(s)}{(p_1 - p_2)(s)} = \frac{H_1 s^2 + H_2 s + H_3}{G_1 s^2 + G_2 s + G_3} \quad (15.4-14)$$

$$\text{式中 } H_1 = \frac{Mq_{v10}}{2(p_{20} - p_{30})}$$

$$H_2 = \frac{Bq_{v10}}{2(p_{20} - p_{30})} + A^2$$

$$H_3 = \frac{q_{v10} K_w}{2(p_{20} - p_{30})} + \frac{p_{10} - p_{20}}{p_{20} - p_{30}} 2C_{d1} W_1 \cos \theta$$

$$G_1 = \frac{p_{10} - p_{30}}{p_{20} - p_{30}} M + \rho LA$$

$$G_2 = \frac{p_{10} - p_{30}}{p_{20} - p_{30}} B + \frac{4(p_{10} - p_{20})}{q_{v10}} A W_1 x_0 C_{d1} \cos \theta - \frac{p_{10} - p_{20}}{p_{20} - p_{30}} \frac{q_{v10} \rho L}{x_0}$$

$$G_3 = \frac{p_{10} - p_{30}}{p_{20} - p_{30}} K_w + 4C_{d1} W_1 (p_{10} - p_{20}) \cos \theta + \frac{2A}{x_0} (p_{10} - p_{20})$$

结合传递函数和方框图,对调速阀的动态特性作如下讨论:

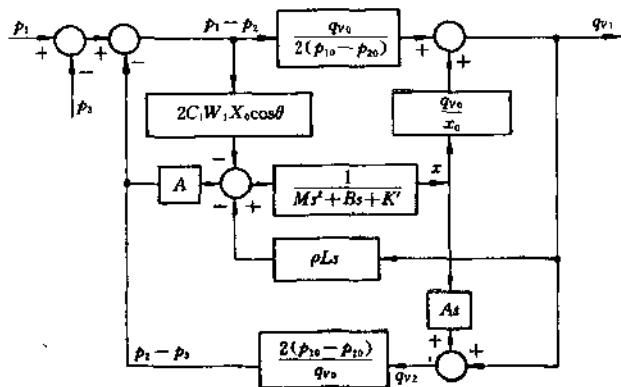


图 15.4-4 调速阀的方框图

(A) 从方框图可以看出, 由于 $(p_1 - p_3)$ 增加, 将使 q_{v1} 和 q_{v2} 增加, 但同时产生一个附加压力差 $(p_2 - p_3)$ 的增量, 使减压阀开口关小, 增加阀口液阻, 使输入压力信号对节流阀的影响减小, 起负反馈作用。这就是调速阀的压力补偿原理。

(B) 传递函数的分母是二阶的。根据罗斯判据, 所研究闭环系统的稳定条件为: $G_1 > 0$, $G_2 > 0$ 和 $G_3 > 0$ 。由于 $G_1 > 0$ 和 $G_3 > 0$ 永远成立, 故调速阀的稳定条件应是

$$\frac{p_{10} - p_{30}}{p_{20} - p_{30}} B + \frac{4(p_{10} - p_{20})}{q_{v10}} A W_1 x_0 C_{d1} \cos \theta > \frac{p_{10} - p_{20}}{p_{20} - p_{30}} \frac{q_{v10} \rho L}{x_0}$$

式中粘性阻尼系数 B 可通过减压阀芯上设置适当的阻尼孔进行调节, 故调速阀的稳定性是可以控制的。

(C) 由传递函数还可看出, 该系统必定出现一个静态误差。这是由减压阀平衡弹簧的特性决定的。

15.4.4 典型结构与工艺要求

(1) 典型结构

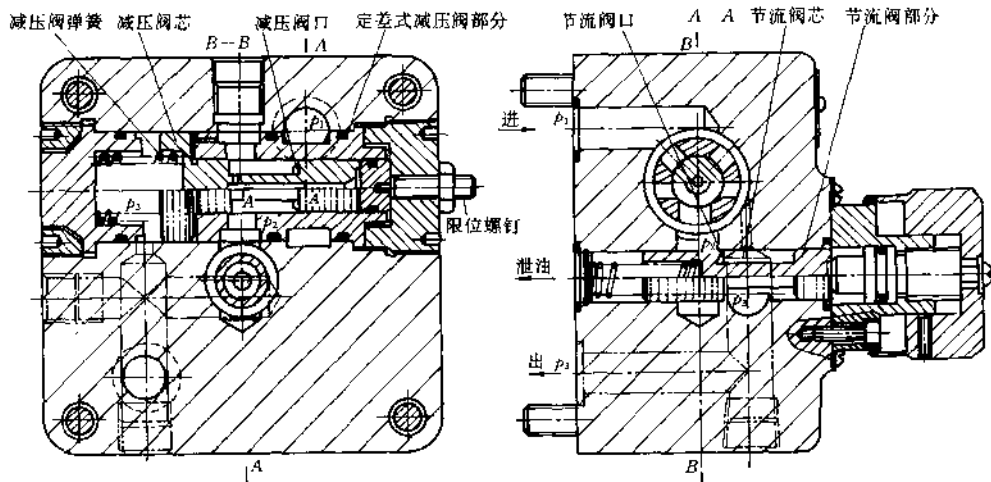


图 15.4-5 Q 型调速阀

图 15.4-6 为美国威格士公司的 FCG 型单向调速阀, 其内装单向阀可使油液反向自由流动。该单向调速阀除用定差减压阀对节流口前后压差进行压力补偿外, 还设置了温度补偿装置, 它可使节流口大小随油温变化自动地作出相应的改变。当油温升高时, 节流口自动减小; 当油温降低时, 节流口自动增大。也就是说, 利用节流口开度变化对流量影响来补偿油温变化对流量的影响, 从而保证调速阀流量的稳定。

调速阀是由定差减压阀和节流阀组成的组合阀。其中定差减压阀大多为二节同心滑阀结构; 节流阀则采用偏心式或薄刃式节流口。偏心式节流口结构简单, 加工方便, 但径向力不平衡, 在高压下使用时调节力矩较大, 而且难以实现微量调节。采用薄刃式节流口, 节流阀芯通常有轴向移动和旋转运动两种运动形式, 轴向移动的阀芯, 与调节手轮部分分体; 而旋转运动的阀芯, 与调节手轮连接成一个整体, 且节流刃口一般为螺旋线形。这种薄刃式节流口, 不论其阀芯为何种运动形式, 只要在节流口处开沉割槽, 都可以消除径向不平衡力, 从而减小手轮的调节力矩; 另外, 由于节流口从全开到全闭时, 调节手轮可以旋转一圈, 甚至几圈, 因此也容易进行微量调节。

图 15.4-5 为我国联合设计的 Q 型调速阀, 其定差减压阀为二节同心滑阀结构; 节流阀芯与阀体孔相配合, 无阀套, 节流口形式为薄刃式; 节流阀芯与调节手轮为分体式, 当调节手轮作旋转运动时, 节流阀芯为轴向移动。该阀节流阀芯开有沉割槽, 调节力矩较小, 可进行微量调节。

图 15.4-7 为德国力士乐公司的 2FRM6 型调速阀和单向调速阀, 其单向阀为球阀结构。节流阀和定差减压阀共用一个阀套, 节流阀芯和减压阀芯成直线布置。节流口为三角槽式, 减压阀口为弓形结构。当旋转调节手轮时, 可通过柱塞推动节流阀芯沿轴向移动, 调节力矩较小。

图 15.4-8 为德国力士乐公司的 2FRM10、16 型调速阀和单向调速阀, 其单向阀为锥阀式, 减压阀芯为

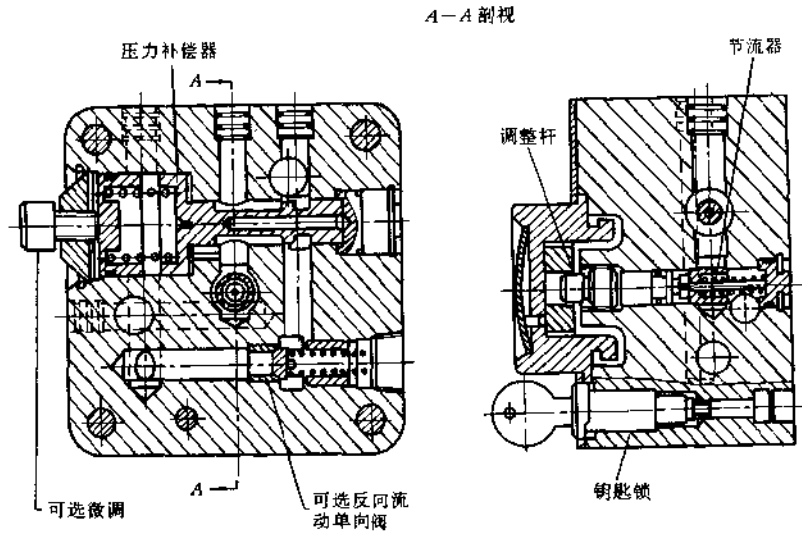


图 15.4-6 FCG 型单向调速阀

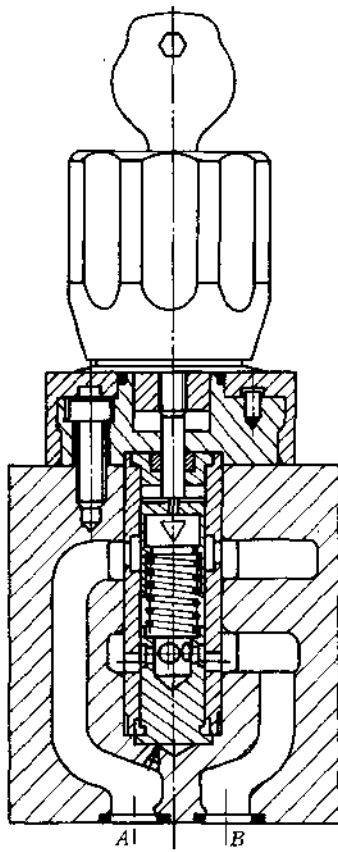


图 15.4-7 2FRM6 型调速阀和单向调速阀

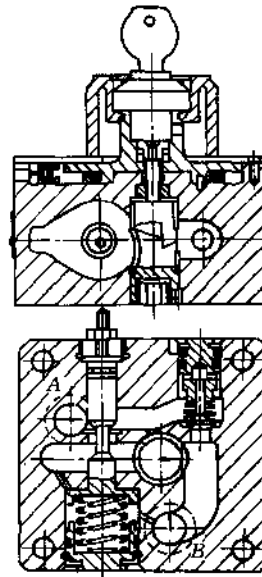


图 15.4-8 2FRM10、16 型调速阀和单向调速阀

二节同心滑阀结构。节流阀芯与阀套配合,节流阀芯刃口为螺旋线形,阀套上开有矩形或异形节流口,由于节流口为较薄的锐边孔,因而流量受油温变化的影响较小。调节手轮与节流阀芯固定在一起,当调节手轮作旋转运动时,节流阀芯随之转动,其螺旋线形刃口也

就相应改变着节流阀套上节流口的开度;另外其零位和最大流量可通过节流阀套底部的内六角螺钉来调节,因此该调速阀的流量调节精度较高,调节力矩也较小。

图 15.4-9 为德国力士乐公司的 2FRH 型液压操

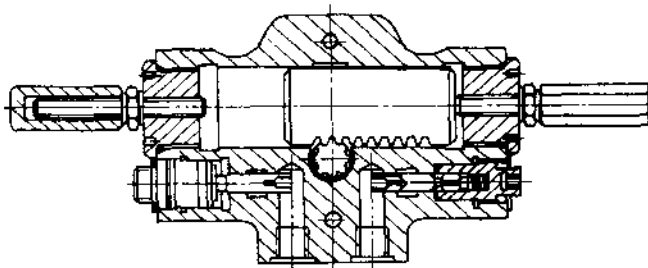


图 15.4-9 2FRH 型液压操作单向调速阀

作单向调速阀,其基本结构与 2FRM 型调速阀相同,所不同的是操作形式由手轮变为液压机构。该机构为一齿条/齿轮传动装置,齿条位于控制活塞上,其往复运动可转变为齿轮的旋转运动,进而操作节流阀芯,改变油液流动方向。靠两端的限位装置可使节流口开度定在两个位置上,从而实现两级流量控制。

图 15.4-10 为德国力士乐公司的 2FRW 型电磁操作单向调速阀,它是电磁阀和液压操作单向调速阀的组合。电磁阀用于改变控制油液的流动方向,从而控制液压操作机构。

(2) 工艺要求

调速阀是由定差式减压阀和节流阀两部分组成的。

A. 减压阀部分

调速阀中的减压阀是定差式减压阀,其结构可分为非嵌套式和嵌套式两种,如图 15.4-11 所示。

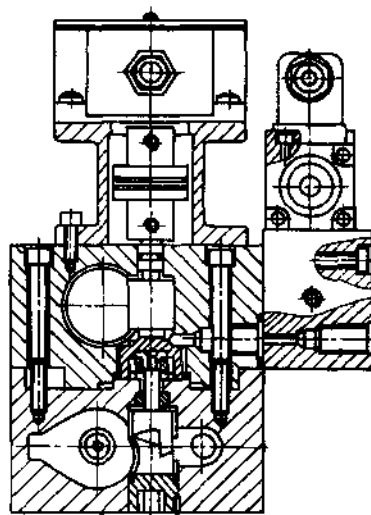


图 15.4-10 2FRW 型电磁操作单向调速阀

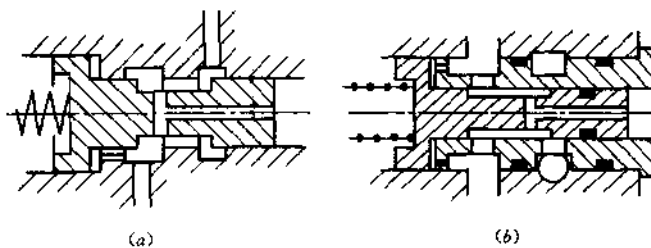


图 15.4-11 定压式减压阀的结构
(a) 非嵌套式; (b) 嵌套式

图 15.4-11(a)是非嵌套式结构,其配合偶件是阀体和阀芯两个零件。它的结构较简单,参与配合的零件较少;但其阀体孔和阀芯均为两节同心结构,对加工精度及同轴度的要求较高,尤其是阀体孔,加工时同轴度不易保证。

图 15.4-11(b)是嵌套式结构,其配合偶件为阀体、阀芯和阀套三个零件。它的阀芯仍为大小头两节同心结构,与非嵌套式结构的不同之处在于:阀芯大头直接与阀体孔配合,而其小头与阀体之间增加了阀套,这样就使得阀体孔变成了一个等径的通孔,取消了加工时对同轴度的要求。但嵌套式结构中阀套的结构较复杂,同时,对装配精度的要求也较高。

减压阀的阀口一般有如图 15.4-12 所示的两种形状。为了消除油液对阀芯径向的不平衡作用力,常在阀体或阀套的阀口处开设沉割槽。

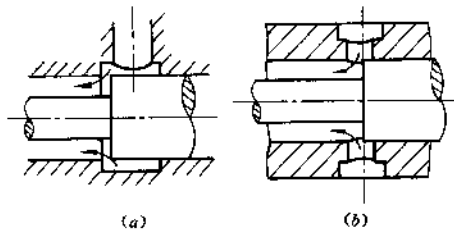


图 15.4-12 减压阀口的结构形式
(a) 圆柱面形状;(b) 弓形面形状

图 15.4-12(a)是圆柱面形状的阀口,其过流通道是一个圆柱面,当阀芯有微小位移时,过流面积会有较大的变化,即面积梯度大,因而减压阀的灵敏度较高,但阀芯稳定性较差。

图 15.4-12(b)是弓形面形状的阀口,其过流通道是两个或多个弓形面。与圆柱面形阀口相比,弓形阀口阀芯的稳定性较好,灵敏度稍低一些。但只要采用多个弓形阀口,就可在阀芯有相同位移量时,获得较大的过流面积,从而使灵敏度得到提高。

值得注意的是,弓形阀口的沉割槽是开在阀套外侧的,其阀口由阀芯端面和阀套上的多个径向小孔形成,因而对多个径向小孔在阀套轴向位置上的一致性要求较高,也就是说在加工时应尽可能使多个径向小

孔的轴线与阀套的轴线垂直相交,并且多个径向小孔的直径也要一致。

B. 节流阀部分

节流阀部分的配合偶件一般为阀芯和阀套或阀体,其工艺要求较简单,目前阀套上的异形节流口大多靠特种加工来解决。为了提高节流口的抗堵塞能力,除在设计时选用电位差较小的金属外,其配合偶件所用材料还应进行退磁处理。

15.4.5 产品介绍

(1) Q 型调速阀(联合设计)

A. 型号说明

Q * - H *

①② ③④

① 名称:调速阀

② 单向阀

无标记——不带单向阀

A——带单向阀

③ 公称压力:31.5MPa

④ 通径

8——NG 8

10——NG 10

20——NG 20

32——NG 32

B. 性能参数(见表 15.4-1)

表 15.4-1 Q 型调速阀性能参数

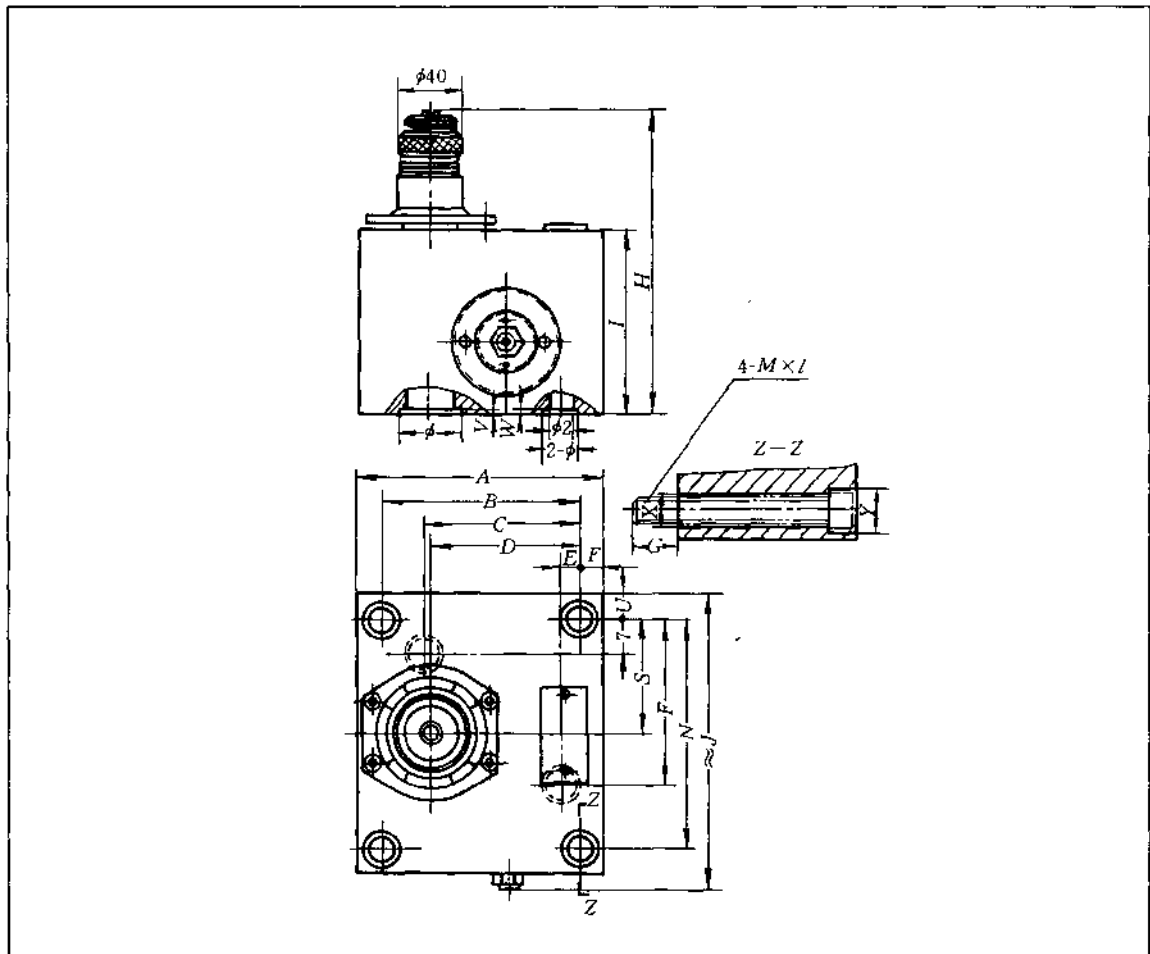
通 径/mm	8	10	20	32
流 量/(L/min)	25	40	100	200
最小稳定流量/(L/min)	2.5	4	10	20
质 量/kg	5.4	9	23.4	46

C. 外形与安装尺寸

见表 15.4-2 及图 15.4-13。

表 15.4-2 Q 型调速阀外形尺寸

单位: mm



型号	尺寸												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	N	R	
Q-H8,QA-H8	105	82.6	52.4	48	11.1	11.2	11	140	68	109	76.2	54	
Q-H10,QA-H10	124	101.6	88.9	67	12.7	11.2	16	157	85	135	101.6	71.4	
Q-H20,QA-H20	165	133.4	104.8	100	12.7	15.8	27	192	120	188	146	104.8	
Q-H32,QA-H32	224	177.8	144.5	133	17.5	23.1	31	222	156	254	196.8	144.5	
型号	尺寸												
	S	T	U	V	W	X	Y	Z- ϕ_1	ϕ	n	M x L		
	Q-H8,QA-H8	38.1	9.5	11.9	1.8	1.8	$\phi 9$	$\phi 15$	$\phi 16$	$\phi 30$	4	M8 x 70	
	Q-H10,QA-H10	50.8	20.6	11.2	2.4	1.8	$\phi 11$	$\phi 18$	$\phi 20$	$\phi 37$	4	M10 x 90	
	Q-H20,QA-H20	73	22.2	16	2.4	2.4	$\phi 18$	$\phi 28$	$\phi 30$	$\phi 45$	4	M16 x 130	
Q-H32,QA-H32	98.4	34.9	23.1	2.4	2.4	$\phi 22$	$\phi 35$	$\phi 37$	$\phi 55$	4	M20 x 160		

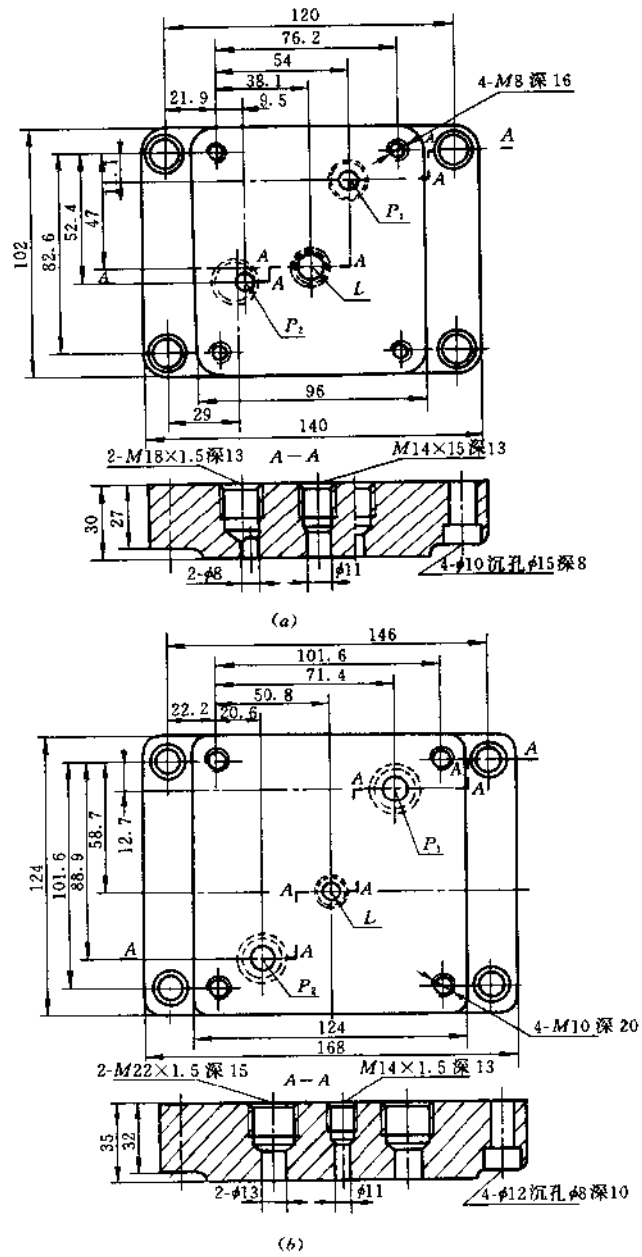
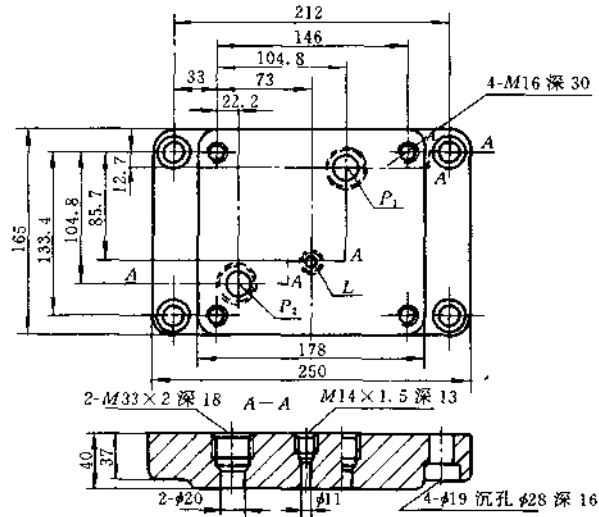
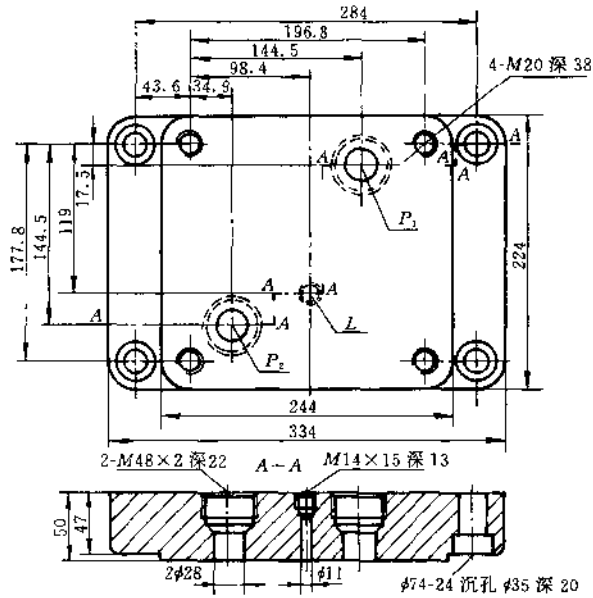


图 15.4-13 Q 型调速阀安装底板图

(a) QA-8 型; (b) QA-10 型



(c)



(d)

图 15.4-13 Q 型调速阀安装底板图

(c) QA-20 型; (d) QA-32 型

(2) 2FRM 型调速阀(德国力士乐公司)

A. 型号说明

2FRM * * / * * * *

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

① 名称: 调速阀

② 通径

5——NG 5

10——NG 10

16——NG 16

③ 系列号

2* ——2* 系列, 对 NG10、16(20~29 系列安装和连接尺寸相同)

3* ——3* 系列, 对 NG35(30~39 系列安装和连接尺寸相同)

④ 流量范围:(A→B)表 15.4-3

⑤ 压力补偿器限位器

无标记——无压力补偿器限位器

B——有压力补偿器限位器

表 15.4-3 2FRM 调速阀流量范围(A→B)

5 通径, 非线性		10 通径, 线性	16 通径, 线性
0.2Q——0.2L/min	6Q——6L/min	10L——10L/min	50L——60L/min
0.6Q——0.6L/min	10Q——10L/min	16L——16L/min	100L——100L/min
1.2Q——1.2L/min	15Q——15L/min	25L——25L/min	160L——160L/min
3Q——3L/min		50L——50L/min	

⑥ 工作介质

无标记——矿物液压油

V——磷酸酯液压油

⑦ 附加说明

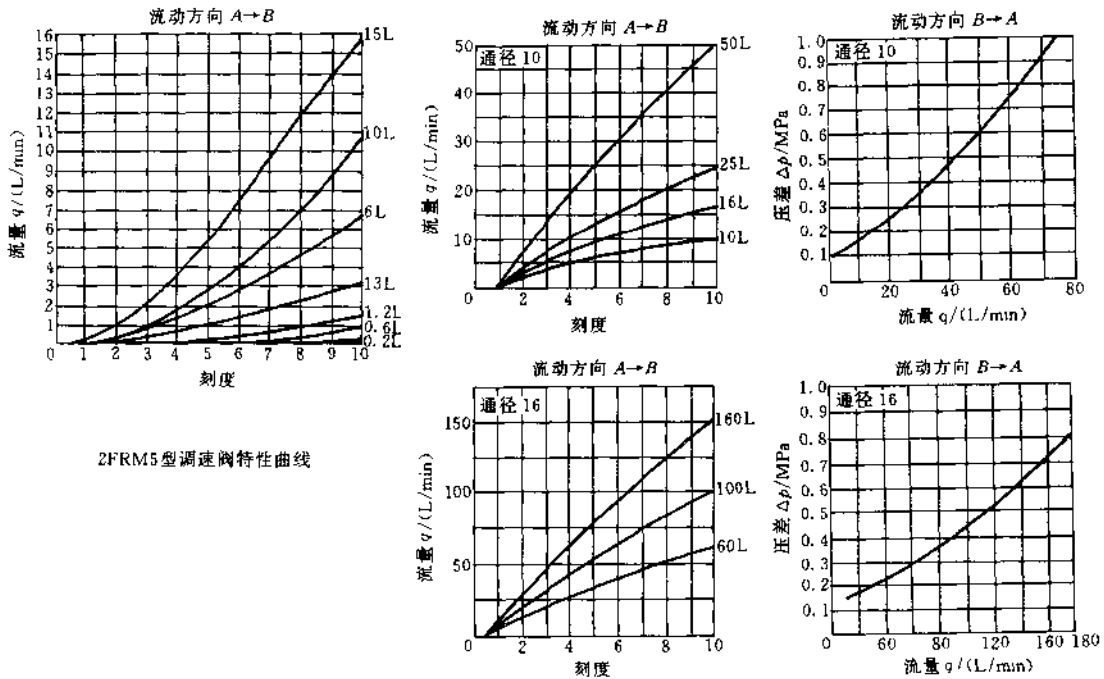
B. 性能参数

(A) 特性曲线

见图 15.4-14, 试验条件: $v = 36 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $t = 50^\circ\text{C}$ 。

(B) 性能参数(见表 15.4-4)

C. 外形与安装尺寸(见表 15.4-5~6)



2FRM5型调速阀特性曲线

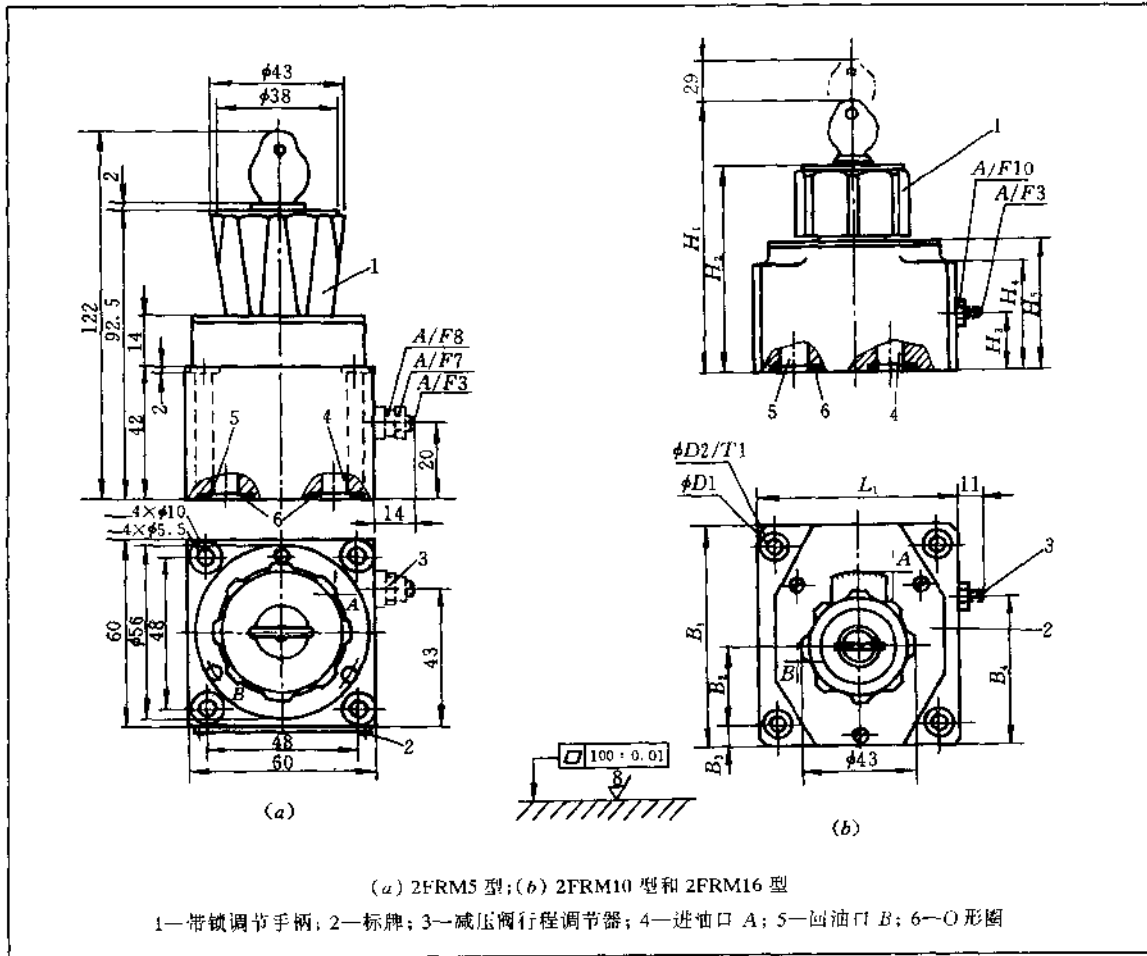
图 15.4-14 2FRM 型调速阀特性曲线

表 15.4-4 2FRM 型调速阀性能参数

通 径/mm		5						10				16			
最大流量/(L/min)		0.2	0.6	12	3	6	10	15	10	16	25	50	60	100	160
B→A 自由回流时 Δp (与 Q 有关)/MPa		0.5	0.5	0.6	0.9	1.8	3.6	6.7	0.2	0.25	0.35	0.6	0.28	0.43	0.73
最小压降/MPa		0.3~0.5						0.3~0.7				0.5~1.2			
过 滤/ μm		25 ($Q < 5\text{L/min}$); 10 ($Q < 0.5\text{L/min}$)													
质 量/kg		1.6						5.6				11.3			
A 腔工作压力/MPa		21						31.5							
流 量	温度的稳定性 (-20~+70℃)	$\pm 5\%$ (Q_{max})		$\pm 3\%$ (Q_{max})		$\pm 2\%$ (Q_{max})									
	压力的稳定性 ($\Delta p = 32\text{MPa}$)	$\pm 2\%$ (Q_{max})						$\pm 4\%$ (Q_{max})				$\pm 2\%$ (Q_{max})			
介 质		矿物液压油, 磷酸酯液压油													
介质粘度/(m^2/s)		$(2.8 \sim 380) \times 10^{-6}$													
介质温度/℃		-20~+70													

表 15.4-5 2FRM 型调速阀外形尺寸

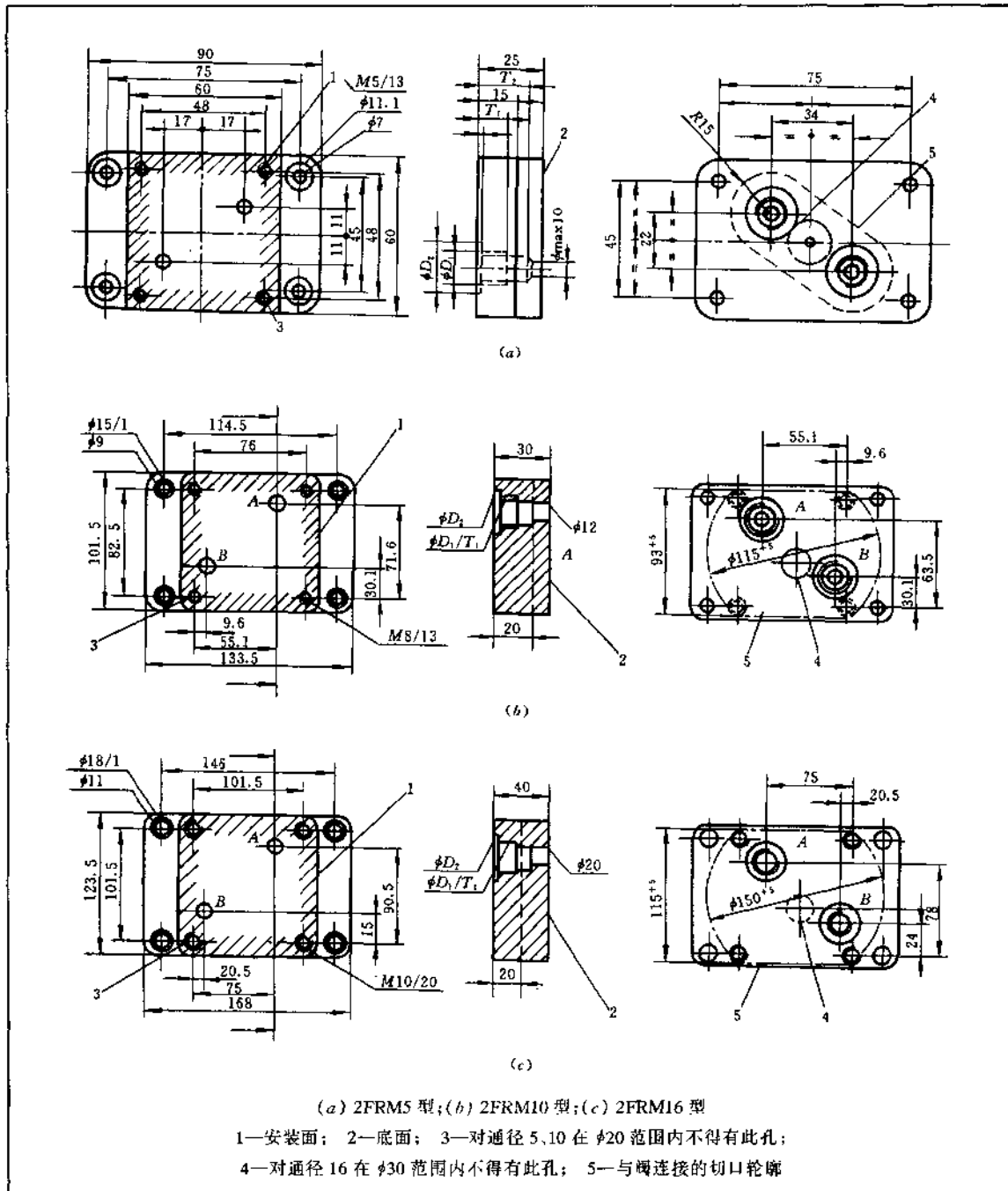
单位: mm



续表

通径	B_1	B_2	B_3	B_4	D_1	D_2	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	L_1	T_1
10	101.5	35.5	9.5	68	9	15	125	95	26	51	60	95	13
16	123.5	41.5	11	81.5	11	18	147	117	34	72	82	123.5	12

表 15.4-6 2FRM 型调速阀连接底板尺寸表



续表

通 径	底板型号	D_1	D_2/mm	T_1/mm	T_2/mm	阀安装螺钉	转矩/(N·m)	质量/kg
5	G44/1	$\frac{1}{4}$ "BSP	25	12	17	M5×50 4个	6	0.9
	G45/1	$\frac{1}{2}$ "BSP	32	14	20	GB70~76 10.9		
10	G27901	$\frac{1}{2}$ "BSP	34	15		M8×50 4个	35	2.3
	G28001	$\frac{3}{4}$ "BSP	42	17		GB70~76 10.9		
16	G28101	1"BSP	47	19		M10×80 4个	70	4
	G28201	1 $\frac{1}{4}$ "BSP	56	21		GB70~76 10.9		

(3) 2FRW 型电磁调速阀(德国力士乐公司)

A. 型号说明

2FRW * - 2* / * * * * *

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧

① 名称:电磁调速阀

② 通径:10—NG 10

16—NG 16

③ 系列号:2*—2*系列(20~29系列安装和连接尺寸相同)

④ 流量范围:见表 15.4-7

⑤ 行程调节器:无标记—不带行程调节器
B—带行程调节器

⑥ 工作介质:无标记—矿物液压油
V—磷酸酯液压油

表 15.4-7 2FRW 型电磁调速阀流量范围(A→B)

10 通径, 线性	16 通径, 线性
10L—10L/min	60L—60L/min
16L—16L/min	100L—100L/min
25L—25L/min	160L—160L/min
50L—50L/min	

⑦ 控制形式

F—遥控传感器

P—传感电位器

⑧ 附加说明

B. 性能参数

(A) 特性曲线

见图 15.4-15。

(B) 性能参数

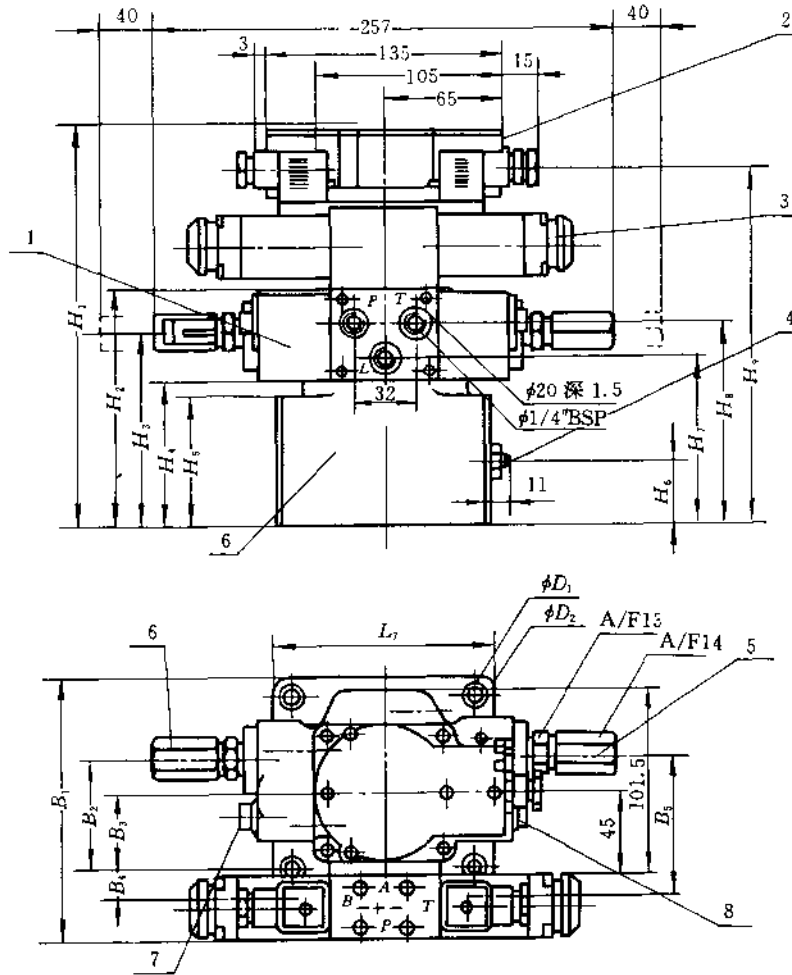
见表 15.4-8。

表 15.4-8 2FRW 型电磁调速阀性能参数

流量调节	压力温度稳定 $\pm 2\% Q_{max}$		速度调节范围/(°/s) (与先导压力有关)	无电位计	带电位计
	介质粘度/(m ² /s)	$(2.8\sim 380)\times 10^{-6}$		5~2000	5~300
介质温度/°C	-20~70		电 阻/ Ω	遥控传感器	传感电位器
最大工作压力(A口) /MPa	10 通径	16 通径		30/13	1000
最低压差 /MPa	31.5		功 率/W	5	
过滤精度/ μm			最大电流/A	0.12	
			绝缘 40050	IP53	
最大调节容积/cm ³ (调节范围 300°)			最大调节误差/(°/s) (与调节速度有关)	1.5~10°/s	
			电磁阀最大流量/(L/min)	10	
最大调节容积/cm ³ (调节范围 300°)	22		电 磁 阀 最大工作压力/MPa	31.5	详见 RD23116
先导压力范围/MPa	1~10				
安 装 位 置	与油缸水平安装				

表 15.4-9 2FRW 型电磁调速阀外形尺寸

单位: mm

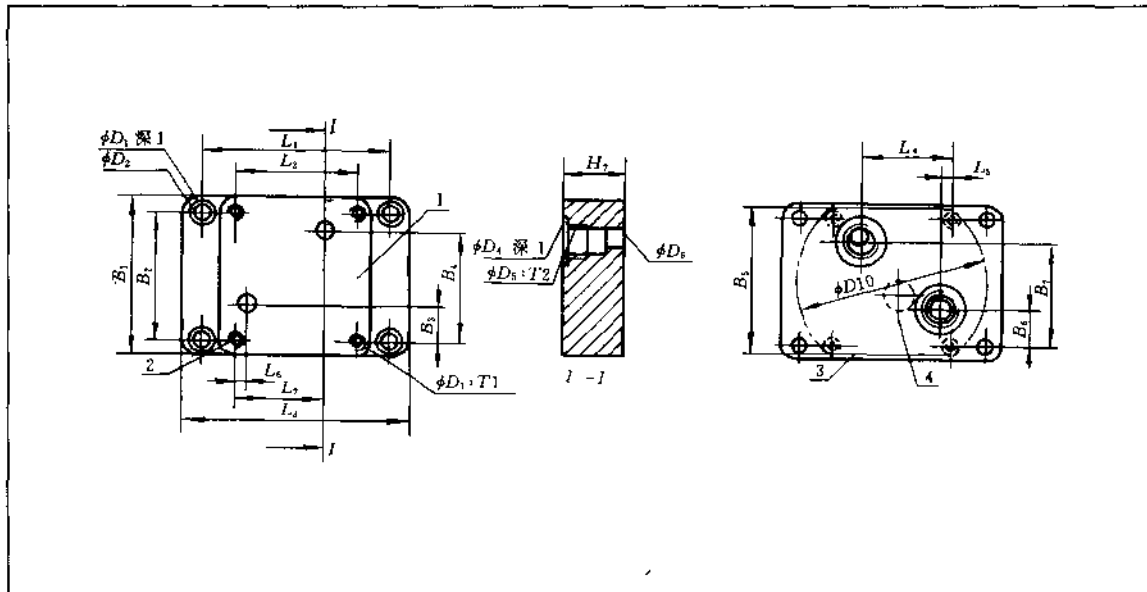


1—液压缸水平安装位置;2—遥控传感器用 3 和 135 号大罩(附加标记“F”)。传感电位器用 105 号小罩(附加标记“P”);3—通径 5 电磁阀、滑阀机能 J 或 N 详见 RD23166;4—减压阀带行程调节器标记 B, 螺栓 AM6×20 六角螺帽 M6;5—调节最大流量的齿轮齿条副限位螺栓, 旋转一周约 12°(最大 300°);6—调节最小流量的齿轮齿条副限位螺栓, 旋转一周约 12°(最大 300°);7、8—控制齿轮齿条副速度的阻尼器, $v_0 - v_{max} = 5$ 圈内六角螺纹 A/F6

通径	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	D ₁	D ₂	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	L ₁	T ₁	质量/kg
10	137.5	54.5	35.5	9.5	68	9	15	203	110	84	58	51	26	70	89		95	13	12.4
16	152	60.5	41.5	11	81.5	11	18	225	132	106	80	72	34	92	111	201	123.5	12	18.1

表 15.4-10 2FRW 型电磁调速阀连接底板尺寸

单位: mm



1—阀连接面;2—安装螺孔;3—与阀连接表面的切口轮廓;4—直径 20 时用于通径 10;直径 30 时用于通径 16

通径	型号	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₁₀
10	G _{279/1} G _{280/1}	101.5	82.5	30.1	71.6	93 ⁺⁵	30.1	63.5	11	9	M8	34 42	(1 1/2)\"BSP (3/4)\"BSP	12	115 ⁺⁵
16	G _{281/1} G _{282/1}	123.5	101.5	15	90.5	115 ⁺⁵	245	78	18	11	M10	47 56	1\"BSP (1 1/4)\"	20	150 ⁻⁵
通径	型号	H ₁	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	T ₁	T ₂	质量/kg	阀安装螺钉	扭矩/(N·m)	
10	G _{279/1} G _{280/1}	30	114.5	76	133.5	55.1	9.6	9.6	55.1	13	15 17	2.3	M8×50	35	
16	G _{281/1} G _{282/1}	40	146	101.5	168	75	20.5	20.5	75	20	19 21	4	M10×80	70	

表 15.4-11 F 型调速阀最大控制流量

通径 6	通径 10	通径 20	通径 30
1500—24.5L/min	28—106L/min	24—91L/min 32—121L/min 45—170L/min	55—208L/min 75—284L/min 99—375L/min

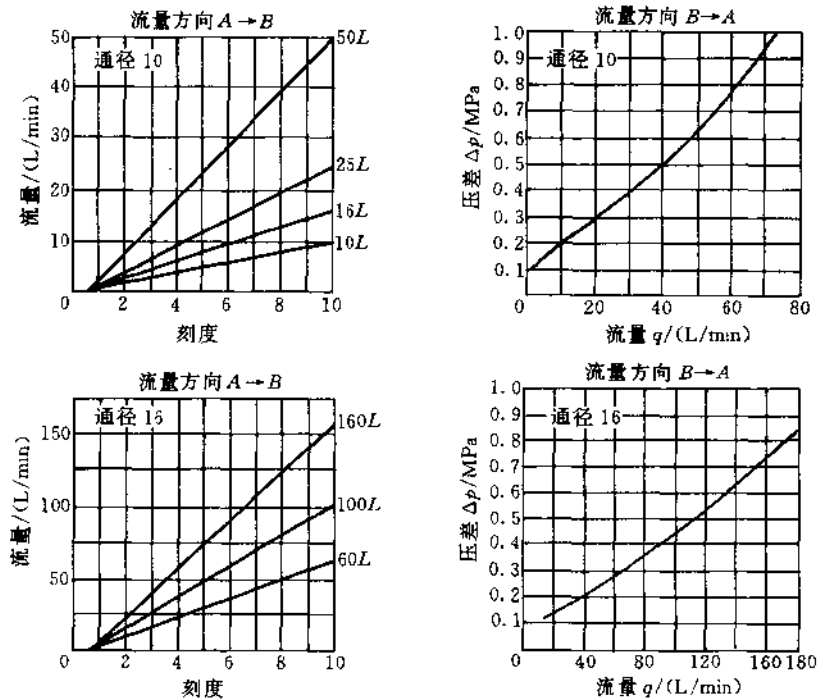


图 15.4-15 2FRW 型电磁调速阀特性曲线

C. 外形与安装尺寸

见表 15.4 9~10

(4) F 型调速阀(美国威格士公司)

A. 型号说明

* - F * G - * - * - * - * - * - * - *

① ②③④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪

① 工作介质

无标记——矿物液压油, 含水工作液

F₃——磷酸酯液压油

② 名称: 调速阀

③ 单向阀

无标记——不带单向阀

C——带单向阀

④ 连接形式: 板式

⑤ 通径

02——NG6

03——NG10

06——NG20

10——NG30

⑥ 最大控制流量: 表 15.4-11

⑦ 装锁位置

无标记——标准型, 装配于右侧

L——装配于左侧(仅 NG6 型)

⑧ 微调形式

无标记——不可微调

T——可微调(仅 NG6 型)

⑨ 系列号

4*——4* 系列, 对应 NG6(40~49 系列安装和连接尺寸相同)

2*——2* 系列, 对应 NG10(20~29 系列安装和连接尺寸相同)

1*——1* 系列, 对应 NG20、30(10~19 系列安装和连接尺寸相同)

⑩ 连接套件

无标记——采用英制螺栓(NG20、30)

NG——采用米制/英制螺栓(NG6、10)

⑪ 防跳动特性

无标记——无防跳动特性

S. 10——有防跳动特性(仅 NG6、10)

B. 性能参数(见表 15.4-12)

C. 外形与安装尺寸(见图 15.4-16 及表 15.4-13~14)

表 15.4-12 F 型调速阀性能参数

通 径/mm	6	10	20	30
最大工作压力/Mpa	21	21	14	21
最大流量/(L/min)	24.5	106	170	375
介 质	矿物液压油, 磷酸酯液压油, 含水工作液			
介质粘度/(m ² /s)	(13~860) × 10 ⁻⁶			
介质温度/℃	矿物液压油: -20~+80; 含水工作液: +10~+54			

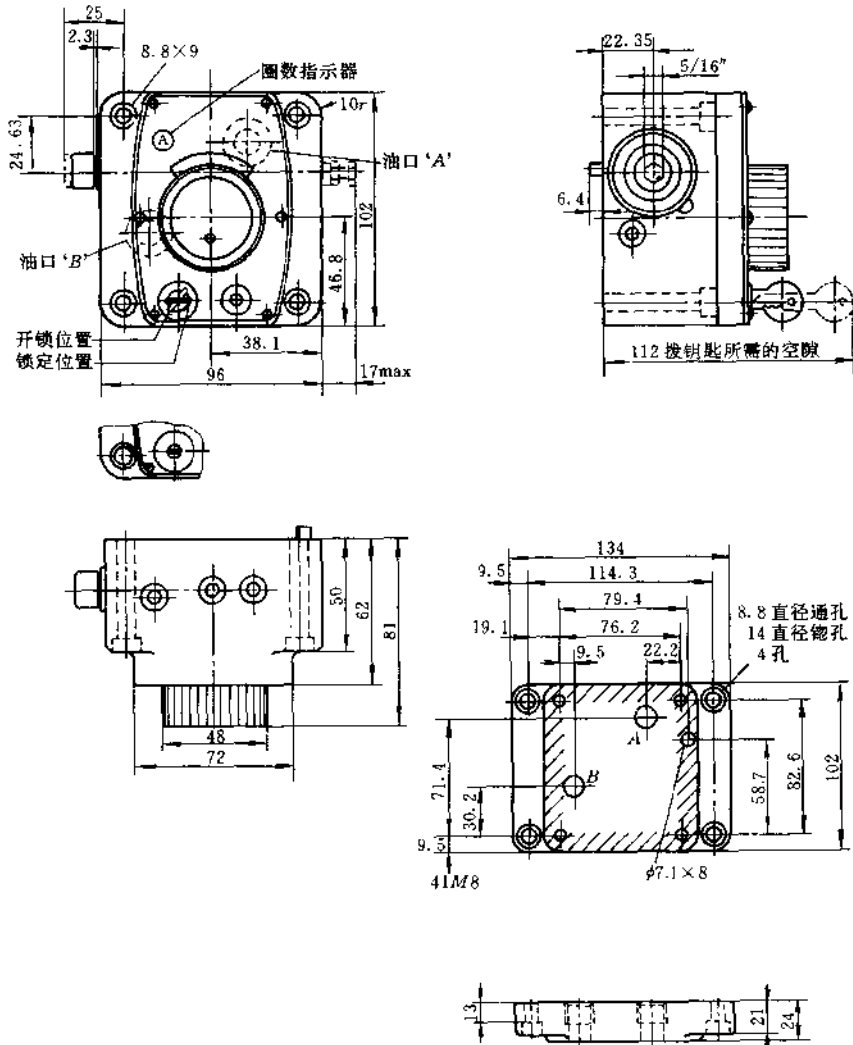


图 15.4-16 F(C)G-02 型调速阀外形及连接尺寸

表 15.4-13 F(c)G-03 型调速阀外形及连接尺寸

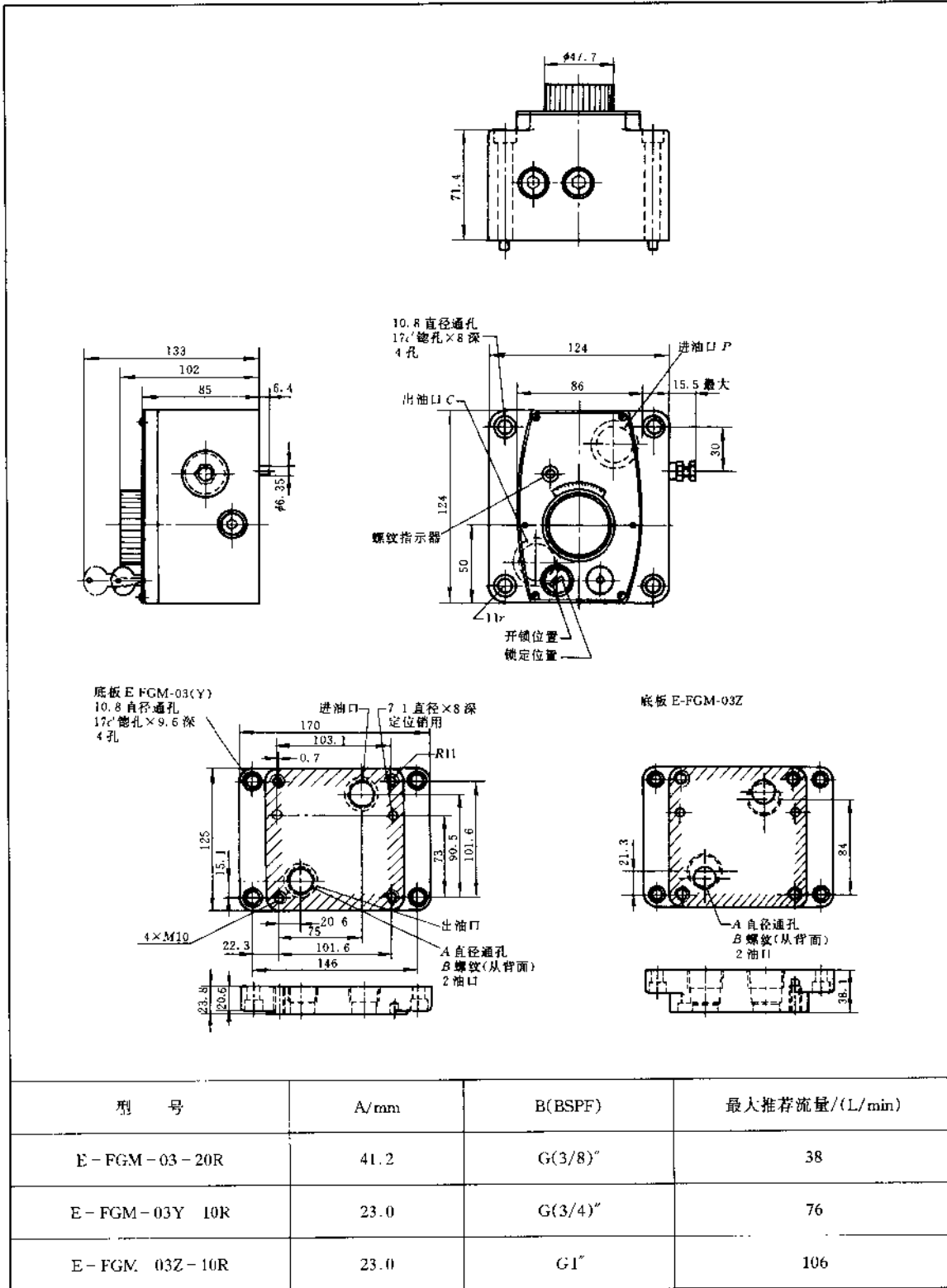
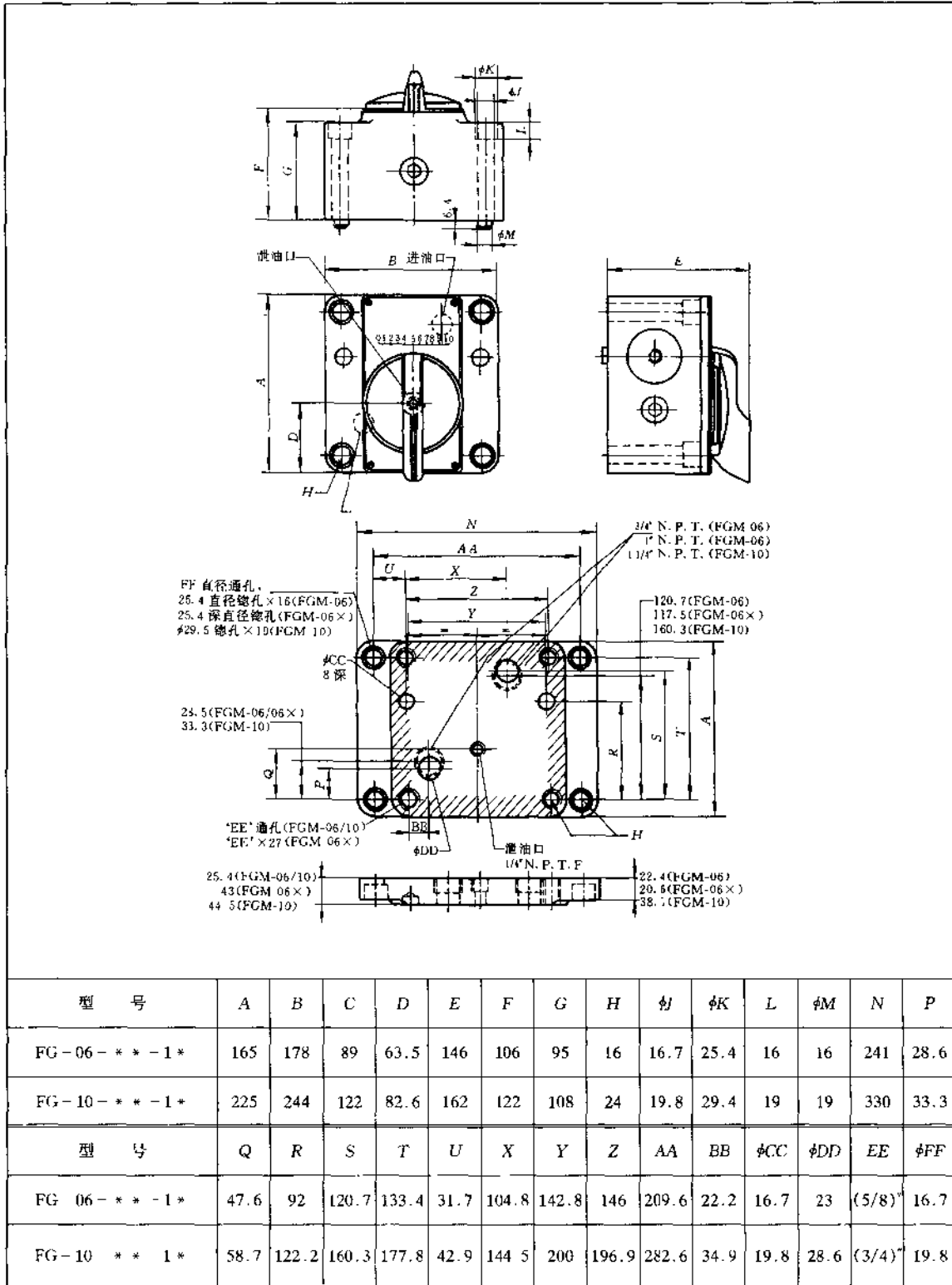


表 15.4-14 FG ⁰⁶/₁₀ 型调速阀外形及连接尺寸

单位: mm



(5) FH型先导调速阀(日本油研公司)

A. 型号说明

* - FH * G - * - * - * - * - * - * - *
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪

① 工作介质

无标记——矿物液压油, 含水工作液

F——磷酸酯液压油

② 名称: 先导调速阀

③ 单向阀

无标记——不速单向阀

C——带单向阀

④ 连接形式: 板式

⑤ 通径

02——NG6

03——NG10

06——NG20

10——NG30

⑥ 流量: 见表 15.4-15

表 15.4-15 FH型先导调速阀流量

通 径/mm	6	10	20	30
最大流量/(L/min)	30	125	250	500

⑦ 压力补偿机构

无标记——不带压力补偿阀芯开度调整机构

N——带压力补偿阀芯开度调整机构

⑧ 先导控制方式

无标记——不带先导阀

O——带先导阀

⑨ 电源电压

A100——交流电源 100V

A120——交流电源 120V

A200——交流电源 200V

A240——交流电源 240V

D12——直流电源 12V

D24——直流电源 24V

D100——直流电源 100V

R100——本整电磁铁, 交流 100V

R200——本整电磁铁, 交流 200V

⑩ 电气连接形式

无标记——接线盒

N——插座

⑪ 系列号: 1* ——1* 系列(10~19 系列安装和连接尺寸相同)

B. 性能参数

(A) 特性曲线

见图 15.4-17。

(B) 性能参数

见表 15.4-16。

表 15.4-16 FH型先导调速阀性能参数

通 径/mm	6	10	20	30
最大流量/(L/min)	30	125	250	500
最小流量/(L/min)	0.05	0.2	2	4
最大工作压力/MPa	21	21	21	21
最低先导压力/(MPa)	1.5	1.5	1.5	1.5
介 质	矿物液压油, 磷酸酯液压油, 含水工作液			
介质粘度/(m ² /s)	(15-400) × 10 ⁻⁶			
介质温度/℃	-15~+70			
质 量/kg	13	17	32	61

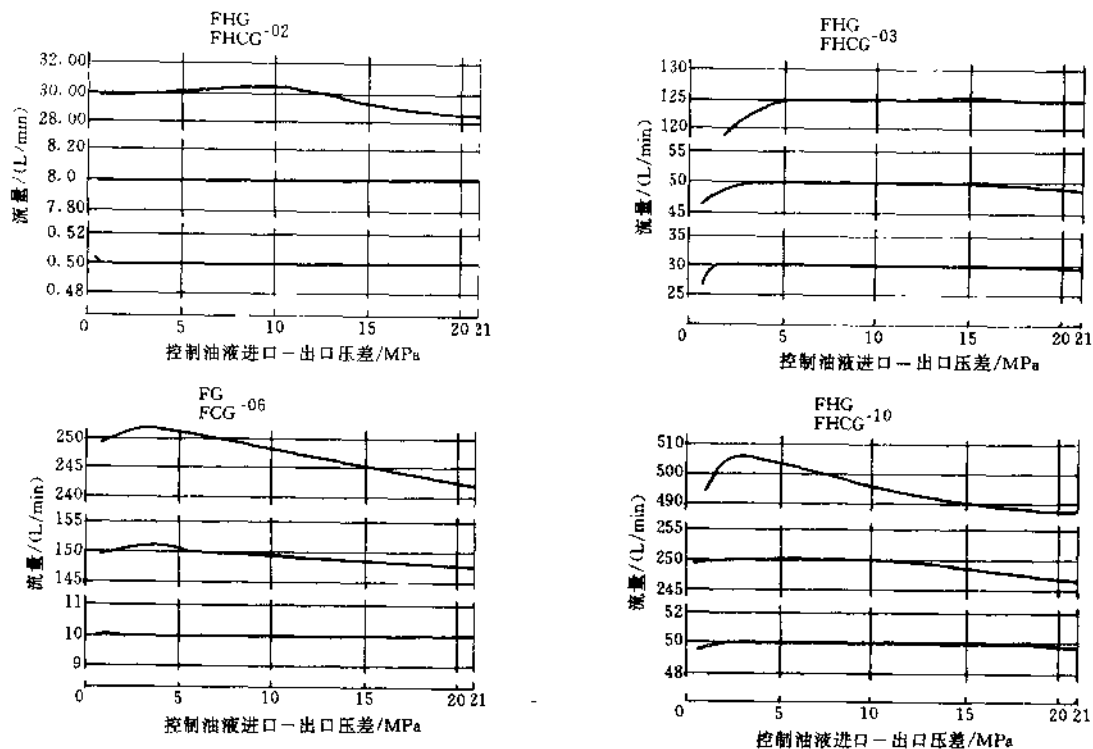


图 15.4-17 FH 型先导调速阀特性曲线

C. 外形与安装尺寸

见表 15.4-17~18。

15.4.6 选用指南

调速阀适用于执行元件负载变化大, 而运动速度稳定性又要求较高的液压系统, 其主要用途如下:

- 在定量泵系统中, 与溢流阀配合组成节流调速系统;
- 用于执行机构往复节流调速系统。

15.4.7 安装需知与常见故障

(1) 安装需知

参阅节流阀部分。

(2) 常见故障

- 阀芯径向卡住和节流调节部分出现故障, 则流量调节失灵。
- 锁紧装置松动; 节流口部分堵塞; 油温升高; 压力补偿阀阀芯工作不灵敏; 进出油口接反以及进、出油腔最小压差过低, 均造成流量不稳定。
- 密封面磨损过大, 引起内泄漏量增加, 则调速阀的最小稳定流量不准确或达不到调定值。

表 15.4-17 FH*G-⁰²/₀₃型先导调速阀外形尺寸

单位: mm

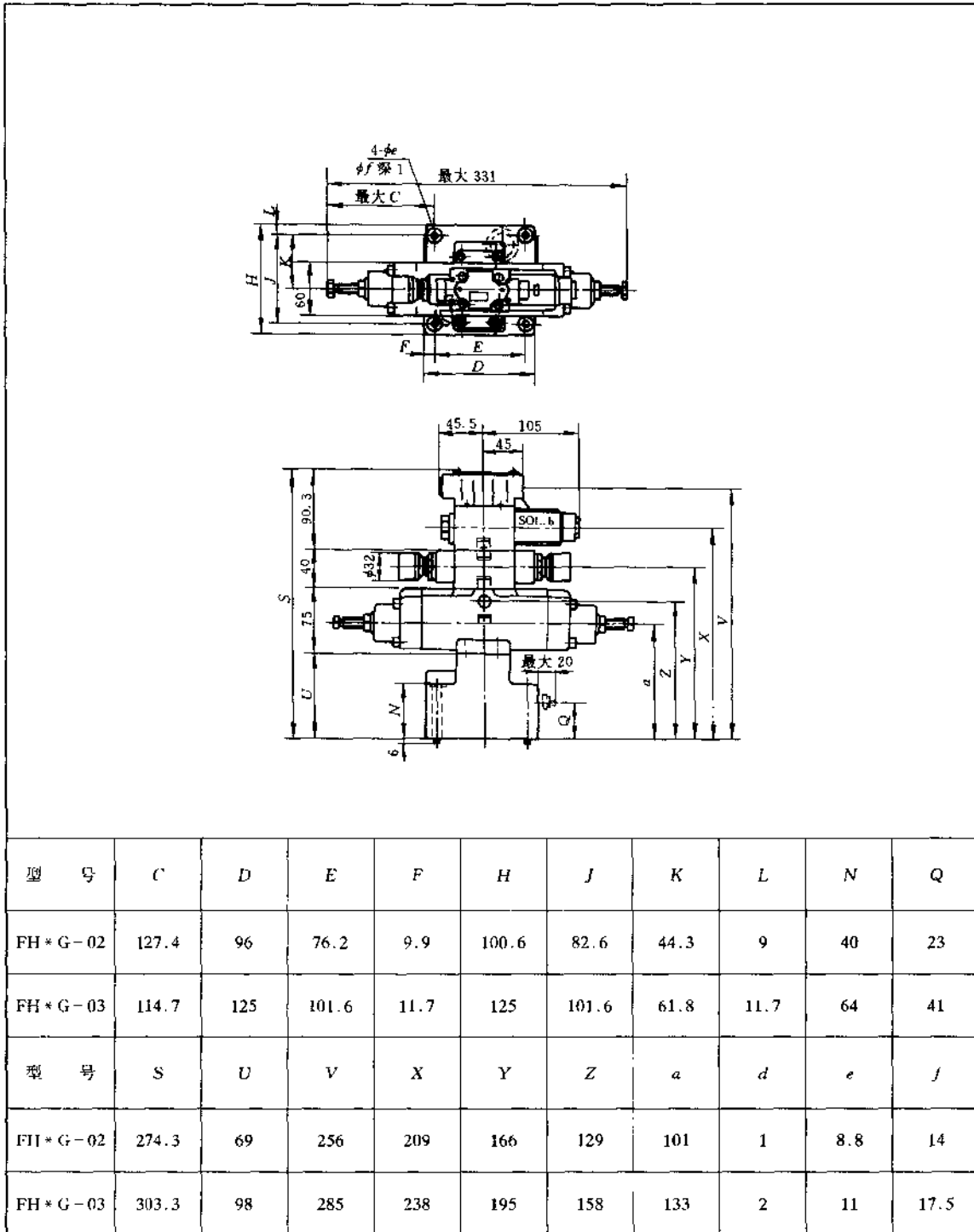
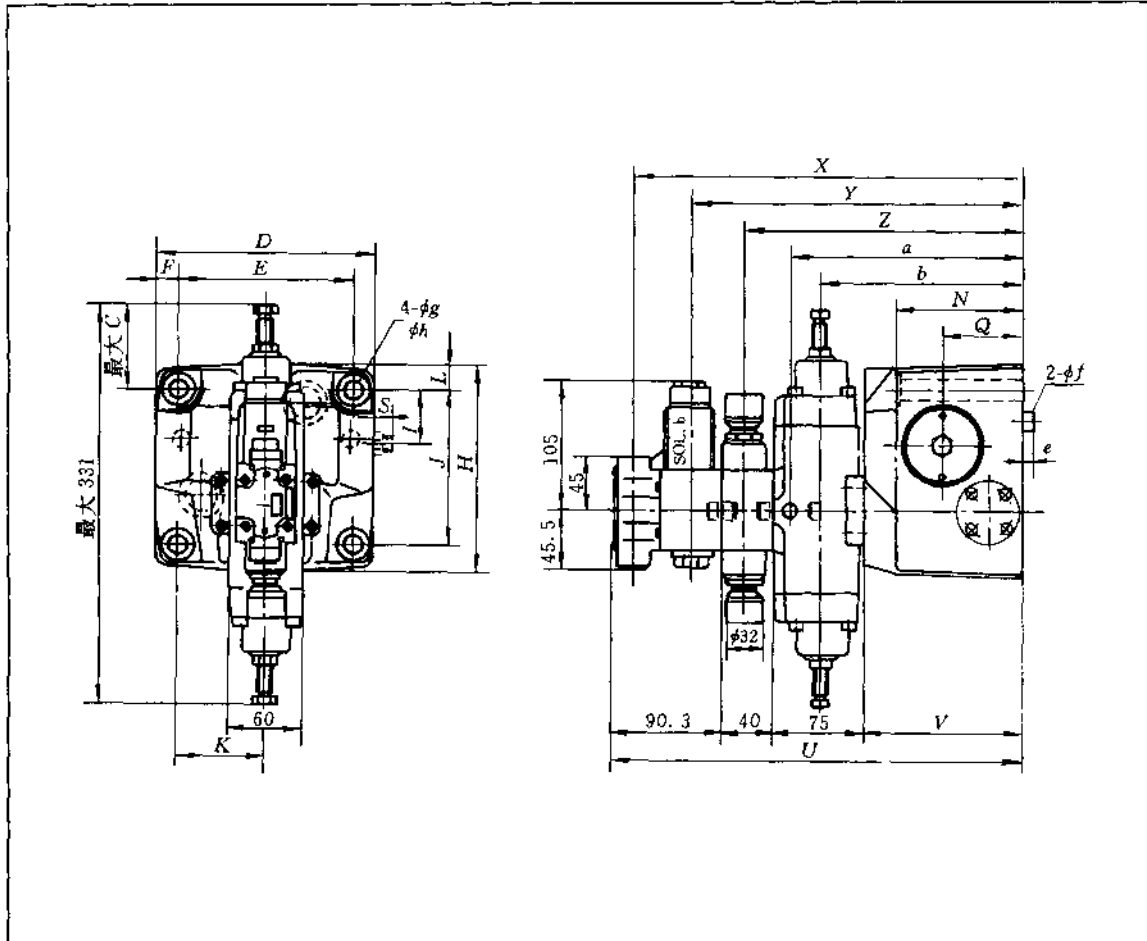


表 15.4-18 FH*G-06/10型先导调速阀外形尺寸

单位: mm



型 号	C	D	E	F	H	J	K	L	N	Q	S
FH*G-06	66.5	180	146.1	17	171	133.4	73.1	20.3	105	65	18
FH*G-10	21	244	196.9	23.5	228.2	177.8	98.5	25.1	137	85	23

型 号	U	V	X	Y	Z	a	d	e	f	g	h	i
FH*G-06	335.3	130	317	270	227	190	165	7	16	17.5	26	44
FH*G-10	365.3	160	347	300	257	220	195	10	18	21.5	32	61

15.5 溢流节流阀

15.5.1 概述

溢流节流阀是由溢流阀和节流阀并联组成的,它是靠起定压作用的溢流阀对节流阀进行压力补偿的流量控制阀。

与调速阀比较,溢流节流阀能使系统压力随负载变化,功率损失小,是一种较好的节能元件;但流量稳定性略差一些,尤其在小流量工况下更为明显。因此溢流节流阀一般用于对速度稳定性要求较高,而且功率较大的进油路节流调速系统。

15.5.2 工作原理与性能要求

(1) 工作原理

图 15.5-1 为溢流节流阀的工作原理图和图形符号。溢流节流阀有一个进口、两个出口,因而有时也称为三通流量控制阀。来自液压泵的压力油 p_1 ,一部分经节流阀进入执行元件,另一部分则经溢流阀回油箱。节流阀的出口压力为 p_2 , p_1 和 p_2 又分别作用于溢流阀阀芯的右端和左端,节流阀口前后压差即为溢流阀阀芯两端的压差,溢流阀阀芯在液压作用力、弹簧力以及稳态液动力的作用下处于某一平衡位置。当执行元件负载增大时,溢流节流阀的出口压力 p_2 增加,于是作用在溢流阀阀芯左端的液压力增大,使阀芯右移,溢流口减小,溢流阻力增大,导致液压泵出口压力 p_1 增大,即作用于溢流阀阀芯右端的液压力随之增大,从而使溢流阀阀芯两端受力恢复平衡,节流阀口前后压差 ($p_1 - p_2$) 基本保持不变。同理,当负载减小时,即 p_2 减小,阀芯左移,溢流口增大,使压力 p_1 降低,压差 ($p_1 - p_2$) 也基本保持不变。因此,无论执行元件负载如何变化,由于与节流阀并联的溢流阀的压力补偿作用,节流阀前后的压差都能近于恒定,即通过溢流节流阀进入执行元件的流量可保持稳定,而不受负载变化的影响。

在由溢流节流阀组成的节流调速系统中,液压泵不是在恒压下工作,其出口压力 p_1 随执行元件负载的变化而变化。为了防止系统过载,可将溢流节流阀和安全阀组装在一起,如图 15.5-2 所示。当系统过载时,安全阀打开,使 p_2 降低,溢流阀阀芯左移,溢流口增大,来自液压泵的油液全部溢回油箱。

(2) 性能要求

见调速阀部分。

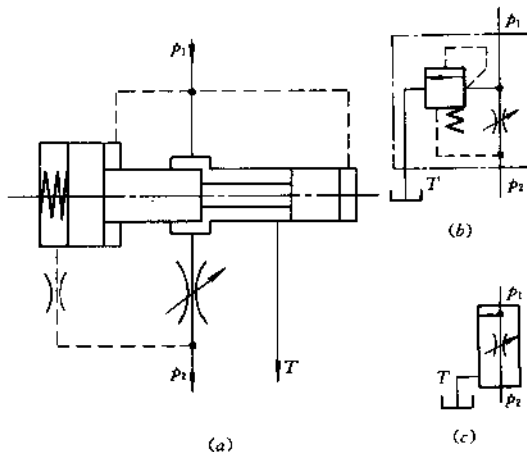


图 15.5-1 溢流节流阀

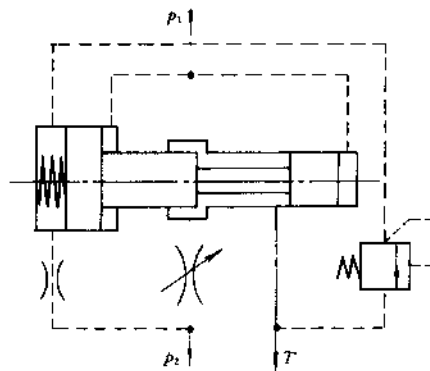


图 15.5-2 带安全阀的溢流节流阀

15.5.3 典型结构与工艺要求

(1) 典型结构

图 15.5-3 为德国力士乐公司的 3FRM 型溢流节流阀。其定压溢流阀为二节同心滑阀结构,节流阀芯与阀套配合,节流阀芯刃口为螺旋线形,阀套上开有矩形或异形节流口,其结构型式与 2FRM 型调速阀相同。该溢流节流阀可以附带安全阀,起过载保护作用,安全阀为锥阀结构。

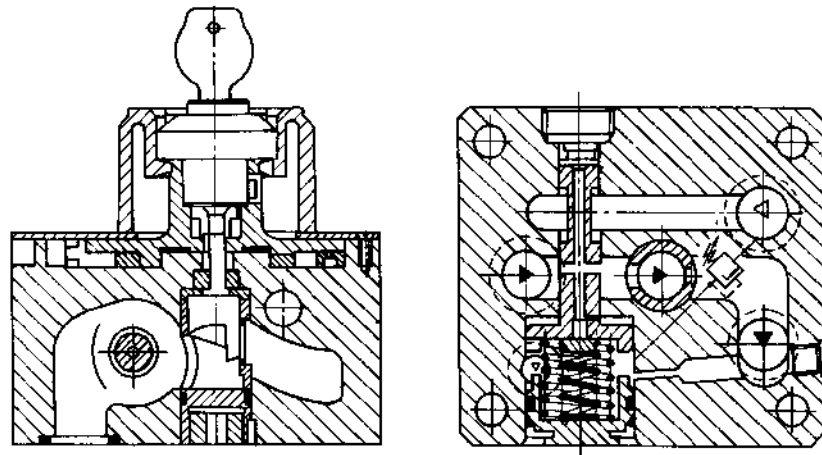


图 15.5-3 3FRM型溢流节流阀

图 15.5-4 为美国威格士公司的 FRG 型溢流节流阀,其定压溢流阀也是二节同心滑阀结构,节流口为薄刃式。与 FCG 型单向调速阀一样,为了消除由于温

度变化(即油液粘度变化)对流量的影响,还设置了温度补偿装置,从而使其输往执行元件的流量更加稳定。

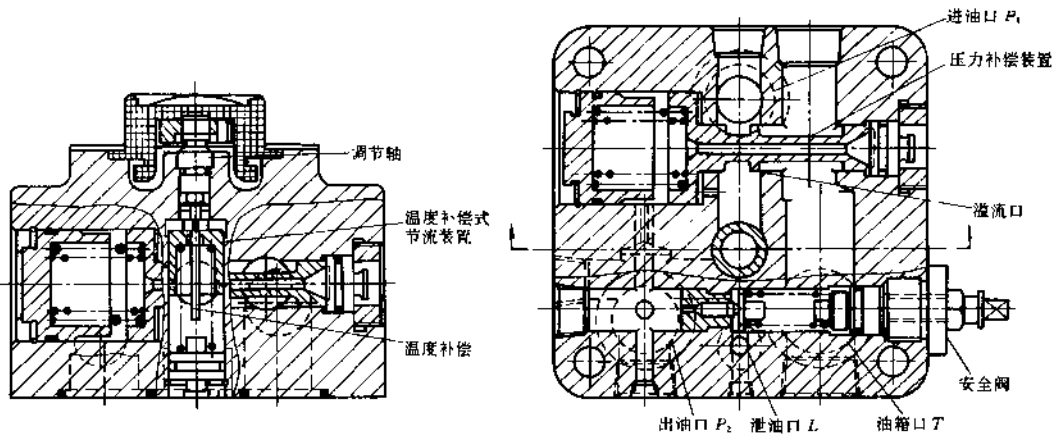


图 15.5-4 FRG 型溢流节流阀

(2) 工艺要求

溢流节流阀是由溢流阀和节流阀两部分组成的,其工艺要求分别参见溢流阀和调速阀部分。

15.5.4 产品介绍

(1) FRG 型溢流节流阀(美国威格士公司)

A. 型号说明

* - FRG - * - * - * - 2 *

- ① 工作介质
无标记——矿物液压油;含水工作液
F₃——磷酸酯液压油
- ② 名称:溢流节流阀
- ③ 通径:03——NG10

④ 溢流阀最高设定值

B—6.9MPa

C—13.8MPa

F—20.7MPa

⑤ 最大控制流量

28—106L/min

⑥ 系列号

2*—2*系列(20~29系列,外形及连接尺寸相同)

B. 性能参数:表 15.5-1

表 15.5-1 FBG 型溢流节流阀性能参数

进出口最大工作压力/MPa	21
泄油口压力/MPa	21
最大控制流量/(L/min)	106
介 质	矿物液压油,磷酸酯液压油,含水工作液
介质粘度/(m ² /s)	(13~860)×10 ⁻⁶
介质温度/℃	-20~+80(矿物液压油); +10~+54(含水工作液)

C. 外形与安装尺寸

见图 15.5-5。

(2) FB 型溢流节流阀(日本油研公司)

A. 型号说明

* - FB * - * - * - 1 *

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

① 工作介质

无标记—矿物液压油,含水工作液

F—磷酸酯液压油

② 名称:溢流节流阀

③ 连接形式

G—板式

④ 通径

03—NG10

06—NG20

10—NG30

⑤ 最大调整流量

125—124L/min

250—250L/min

500—500L/min

⑥ 系列号:1*—1*系列(10~19系列,外形与连接尺寸相同)

B. 性能参数

(A) 特性曲线

见图 15.5-6。

(B) 性能参数

表 15.5-2。

C. 外形与安装尺寸

见图 15.5-7。

表 15.5-2 FB 型溢流节流阀性能参数

通 径/mm	10	20	30
最高使用压力/MPa	25	25	25
额定流量/(L/min)	125	250	500
流量调整范围/(L/min)	1~125	3~250	5~500
压力调整范围/MPa	0.6~25	1.1~25	1.3~25
进口与出口最小压差/MPa	6	7	9
先导溢流量/(L/min)	1.5	2.4	3.5
最大回油背压/MPa	0.5	0.5	0.5
质 量/kg	13.3	27.3	57.3

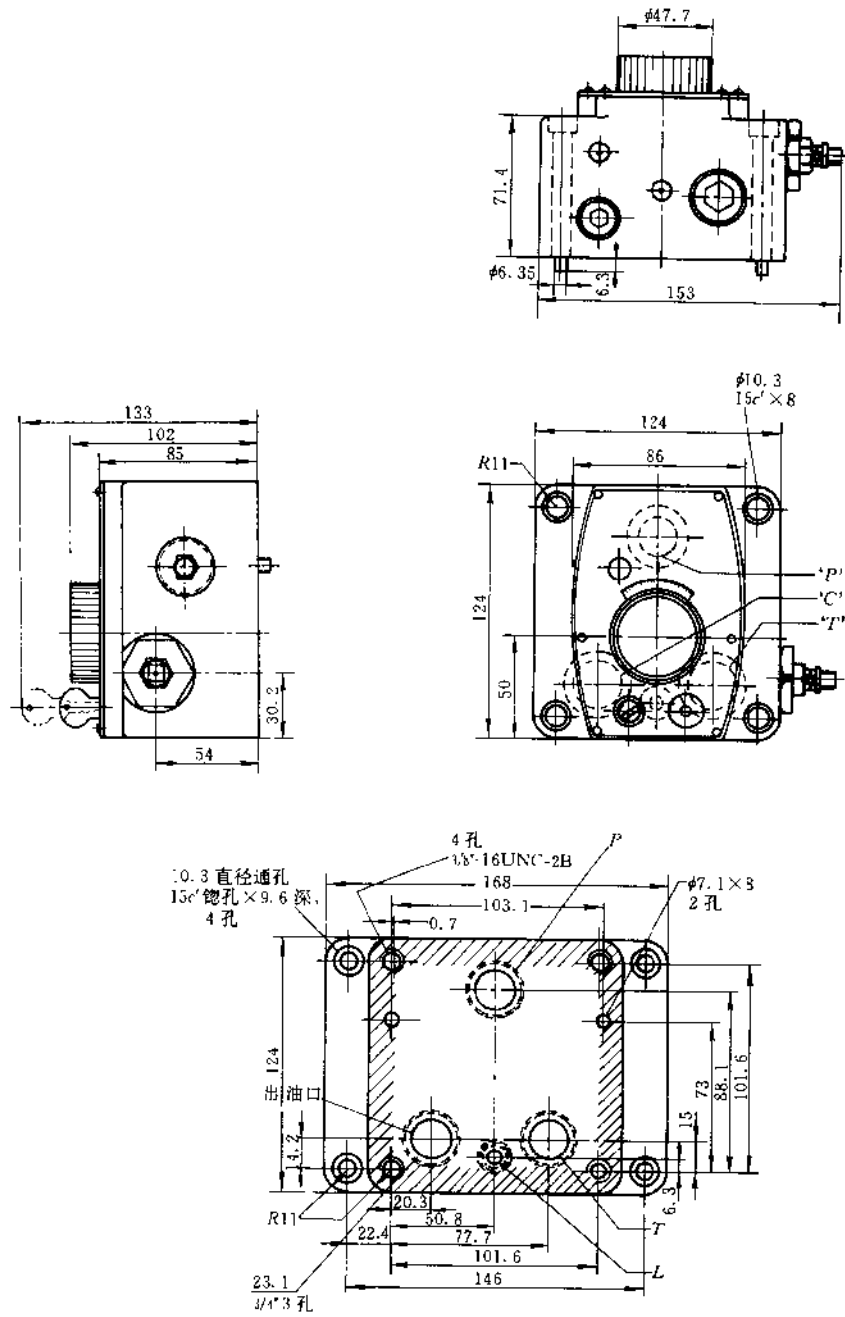


图 15.5-5 FRG 型溢流节流阀外形及连接尺寸

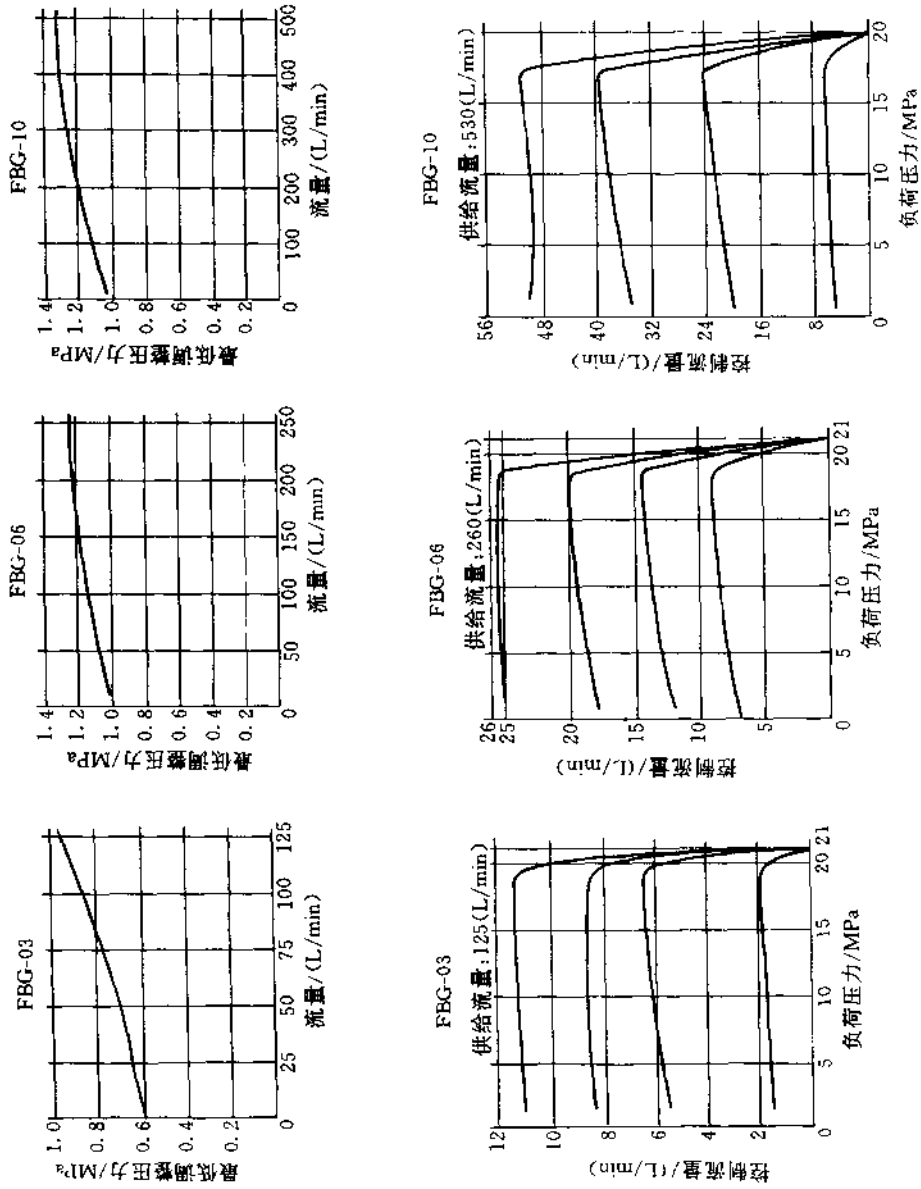


图 15.5-6 FB 型溢流节流阀特性曲线

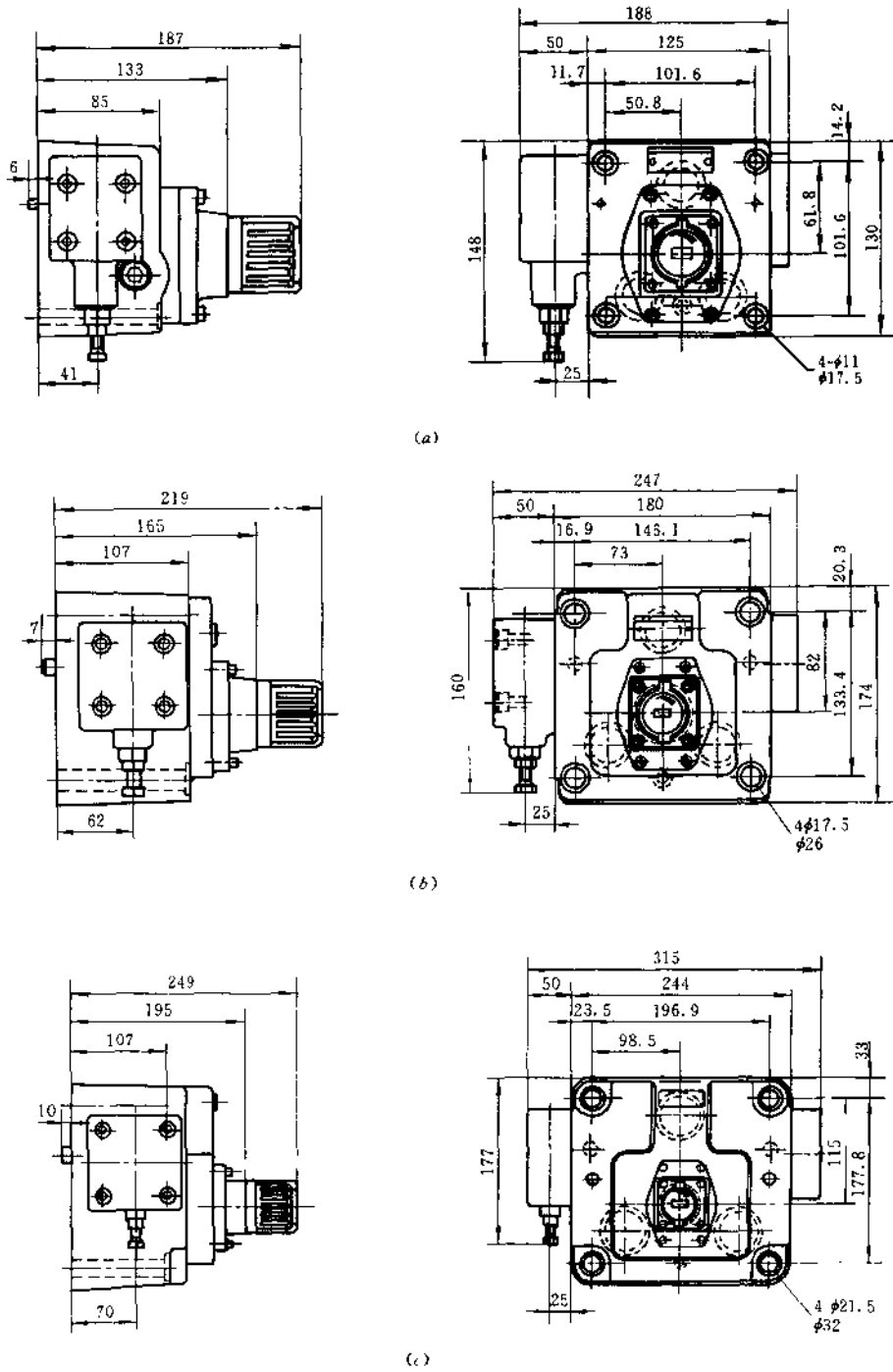


图 15.5-7 FBG 型溢流节流阀外形尺寸
 (a) FBG-03; (b) FBG-06; (c) FBG-10

15.5.5 选用指南

溢流节流阀能使系统压力随负载变化,故功率损失小,系统发热量减小;但一般溢流节流阀压力补偿装置中的弹簧较硬,故压力波动较大,流量稳定性较差,流量小时更甚,溢流节流阀多用于对调速稳定性要求较低的系统(一般与变量泵组成联合调速系统)。

15.5.6 安装需知与常见故障

(1) 安装需知

参阅溢流阀部分。

(2) 常见故障

参阅溢流阀和节流阀两部分。

图形符号。按结构和工作原理,分流-集流阀可分为换向活塞式、挂钩式及可调式和自调式。

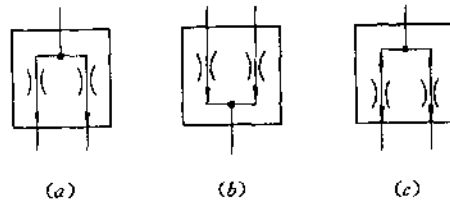


图 15.6-1 分流-集流阀的图形符号

(a) 分流阀;(b) 集流阀;(c) 分流-集流阀

15.6 分流-集流阀

15.6.1 概述

分流-集流阀按其液流方向可分为分流阀、集流阀和分流-集流阀。分流阀是将单一液流按固定比例自动分成两个支流的流量控制阀,集流阀是按固定比例将两股液流自动合成单一液流的流量控制阀。分流-集流阀则是具有分流和集流两种功能的流量控制阀,液流按某一方向流动时,起分流作用;反向流动时起集流作用。

分流-集流阀有时也被称为同步阀,它可使两个或两个以上的执行元件在承受不同负载时仍能获得相等(或成一定比例)的流量,因而主要用于速度同步系统中。

15.6.2 典型结构和工作原理

图 15.6-1 是分流阀、集流阀和分流-集流阀的

(1) 换向活塞式分流-集流阀

图 15.6-2 为 FJL 型换向活塞式分流-集流阀。分流时,因 $p > p_a$ (或 p_b), 此压力差将换向活塞分开处于分流工况。当外负载相同,即 $p_A = p_B$ 时, $p_a = p_b$, 阀芯 6 处于中间位置,因 $p - p_a = p - p_b$, 故 $q_A = q_B = q/2$ 。当外负载不相同,如 p_A 增加,引起 p_a 瞬时增加,这样 $p_a > p_b$, 阀芯右移,于是分流变节流口 1 开大,1' 关小,这时 p_a 又减小,而 p_b 增加,直到 $p_a = p_b$ 时,阀芯停在一个新的位置上,使 $p - p_a = p - p_b$, 于是 $q_A = q_B$ 。这就表明,分流-集流阀是利用负载压力反馈的原理,来补偿因负载变化而引起流量变化的一种流量控制阀,但它只控制流量的分配,而不控制流量的大小。集流时,因 $p < p_a$ (或 p_b), 两换向活塞合拢处于集流工况,其等量控制的原理与分流时相似。

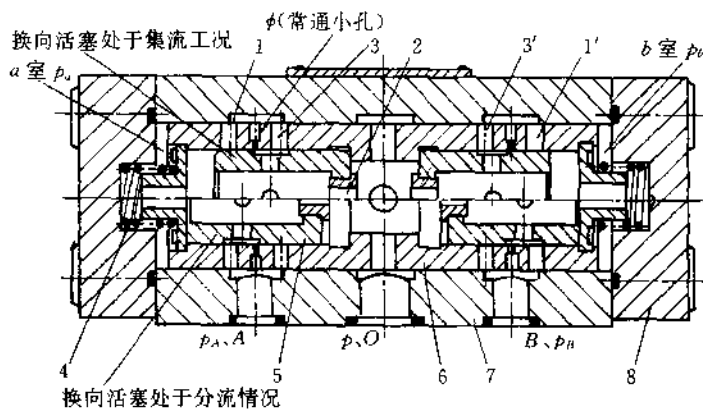


图 15.6-2 FJL 型换向活塞式分流-集流阀

1、1'—分流变节流口;2—定节流孔;3、3'—集流变节流口;
4—对中弹簧;5—换向活塞;6—阀芯;7—阀体;8—阀盖

(2) 挂钩式分流-集流阀

图 15.6-3 为 3FL 型挂钩式分流-集流阀。分流时,因 $p > p_a$ (或 p_b),此压力差将两挂钩阀芯推开,处于分流工况,此时的分流变节流口是由挂钩阀芯 5

的内棱边和阀套 3 的外棱边组成;集流时,因 $p < p_a$ (或 p_b),比压力差将挂钩阀芯合拢,处于集流工况,此时的集流变节流口是由挂钩阀芯 5 的外棱边和阀套 3 的内棱边组成。

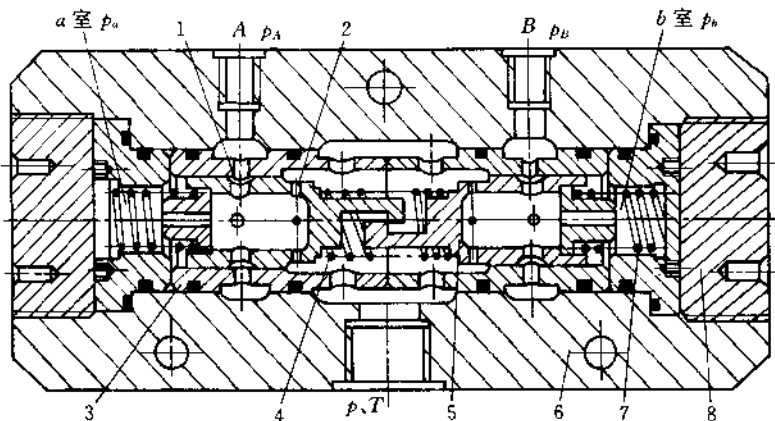


图 15.6-3 3FL 型挂钩式分流-集流阀

1—变节流口;2—定节流孔;3—阀套;4—缓冲弹簧;5—挂钩阀芯;6—阀体;7—对中弹簧;8—端盖

挂钩式分流-集流阀的工作原理和换向活塞式分流-集流阀相同。它们都属于固定式分流-集流阀,即定节流孔的面积是不可调的。其主要缺点是当流经阀的流量发生变化时,定节流孔前后的压差也随之变化,从而影响同步精度。

分流孔改成可调针形节流孔。调整此节流孔的面积,可使两节流孔前后产生相同的压差,从而保证在流量改变时,分流-集流阀具有相同的同步精度。其工作原理与挂钩式相同。

(3) 可调式分流-集流阀

图 15.6-4 是 3FJLK 型可调式分流-集流阀。它是在挂钩式分流-集流阀的基础上,将阀芯上的定

节流孔改成可调针形节流孔。调整此节流孔的面积,可使两节流孔前后产生相同的压差,从而保证在流量改变时,分流-集流阀具有相同的同步精度。其工作原理与挂钩式相同。

应该注意的是,可调式分流-集流阀的可调定节流孔,一经调好,在运行中就固定了,因而不适用于流量有突然变化的同步系统。

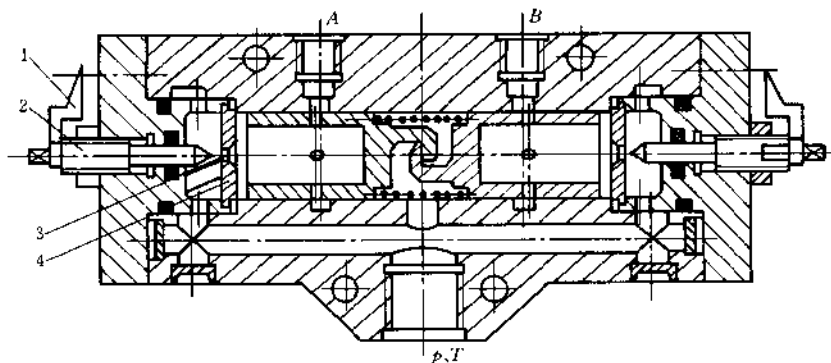


图 15.6-4 3FJLK 型可调式分流-集流阀

1—调节装置;2—针形阀;3—可调节节流孔;4—节流孔板

(4) 自调式分流-集流阀

图 15.6-5 是 ZSTF₂ 型自调式分流-集流阀。它是在挂钩式分流-集流阀的基础上,增加了一个前置级双向定差减压阀,它的减压口称为一次节流口,代替了定节流孔。分流时,将 p 口压力油引至上活塞下端,压力为 p ,经一次节流口后,油液压力的 p_a 和 p_b ,又将 p_a 的油液引至上活塞上端的弹簧腔。若弹簧刚度为 k ,弹簧预压缩量为 x ,上活塞面积为 A ,由上活塞的稳态平衡方程和挂钩阀芯的力平衡方程,可推导出 $p - p_a = p - p_b = kx/A = \text{常数}$,即一次节流口的压力差基本恒定。集流时,则将 p_b 的油液引至下活塞下端,通过下活塞作用于上活塞,且下活塞面积为上活塞面积的两倍。当其达到平衡时,可推导出 $p_b - p = p_a - p = kx/A = \text{常数}$,即一次节流口前后压差仍基本恒定。这表明,当流量发生变化时,一次节流口能自动调整其节流面积,使两个一次节流口前后的压差近于常数,从而保证了不同流量时的同步精度。

- 10——NG10
- 15——NG15
- 20——NG20

- ④ 公称压力:32MPa
- B. 性能参数
见表 15.6-1。
- C. 外形与安装尺寸
见图 15.6-6~7。

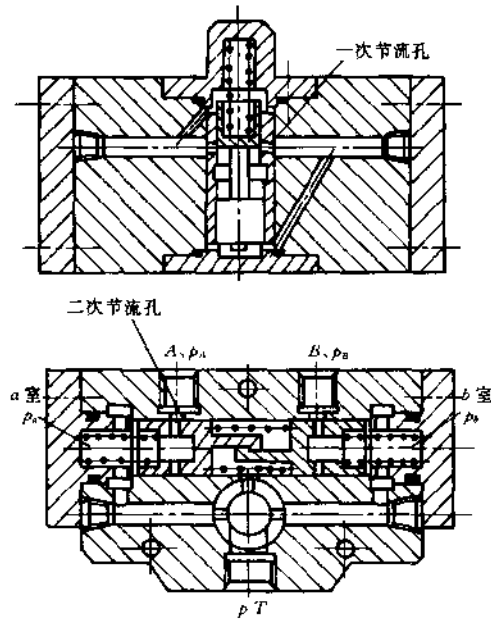


图 15.6-5 ZSTF₂ 型自调式分流-集流阀

15.6.3 产品介绍

(1) FJL、FL、FDL 型分流-集流阀(联合设计)

A. 型号说明

* ~ B * H

① ② ③ ④

① 名称

FJL——分流-集流阀

FL——分流阀

FDL——单向分流阀

② 连接形式:板式

③ 通径

表 15.6-1 FJL、FL、FDL 型分流-集流阀性能参数

名称	通径	流量/(L/min)		压力/MPa		速度同步误差/(%)≤				质量/kg												
		P、O 口	A、B 口	最高	最低	A、B 口负载压差/MPa																
						≤1	≤6.3	≤20	≤30													
分流-集流阀	10	40	20	32	0.2	0.7	1	2	3	13.8												
	15	63	31.5																			
	20	100	50																			
分流阀	10	40	20							32	0.2	0.7	1	2	3	13.5						
	15	63	31.5																			
	20	100	50																			
单向分流阀	10	40	20													32	0.2	0.7	1	2	3	14
	15	63	31.5																			
	20	100	50																			

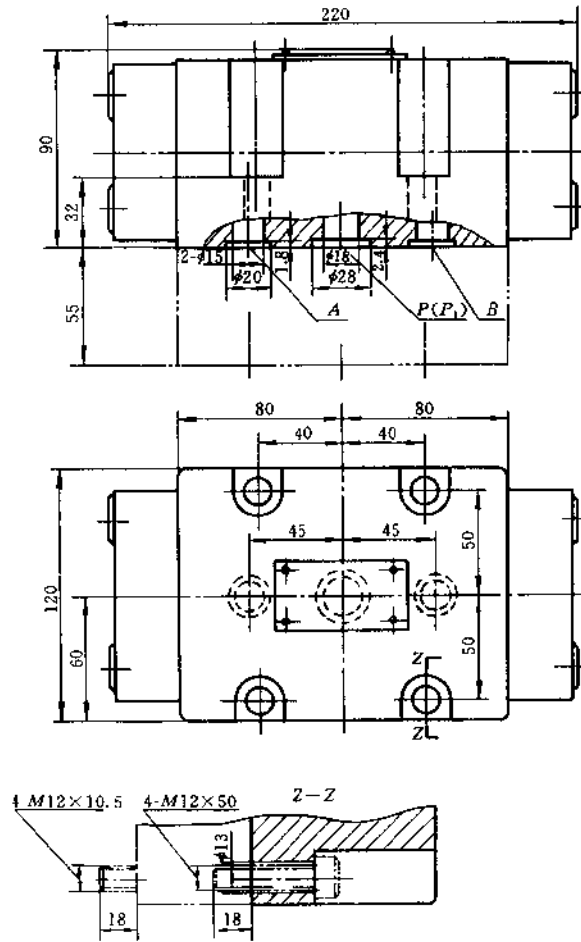


图 15.6-6 FJF、FL、FDL 型分流-集流阀外形尺寸图

(2) 3FL、3FJLK 型分流-集流阀(联合设计)

③ 流量范围: 25—25L/min

A. 型号说明

30—30L/min

* - L * *

50—50L/min

① ② ③ ④

63—63L/min

① 名称: 3FL—分流-集流阀

④ 压力级: B—7MPa

3FJLK—可调式分流-集流阀

H—21MPa

② 连接形式: 管式

B. 性能参数(见表 15.6-2)

表 15.6-2 3FL、3FJLK 型分流-集流阀性能参数

名称	型号	流量/(L/min)	压力/MPa	同步精度/(%)	主油路连接螺纹	分油路连接螺纹
分流-集流阀	3FL-L25H	25	32	1~3	M28×1.5	M14×1.5
	3FL-L30B	20	7	1~3	M27×1.5	M14×1.5
	3FL-L50H	50	32	1~3	M22×1.5	M18×1.5
	3FL-L63H	63	32	1~3	M22×1.5	M18×1.5
可调式分流-集流阀	3FJLK-L10-50H	10~15	21	1	M33×2	M18×1.5

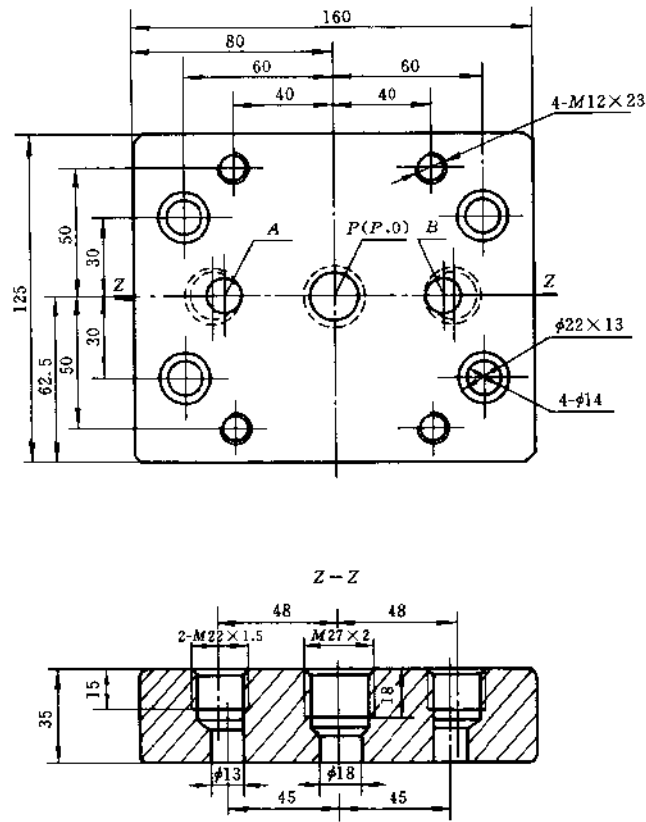


图 15.6-7 FJF、FL、FDL 型分流-集流阀安装底板图

C. 外形与安装尺寸(见图 15.6-8-9)

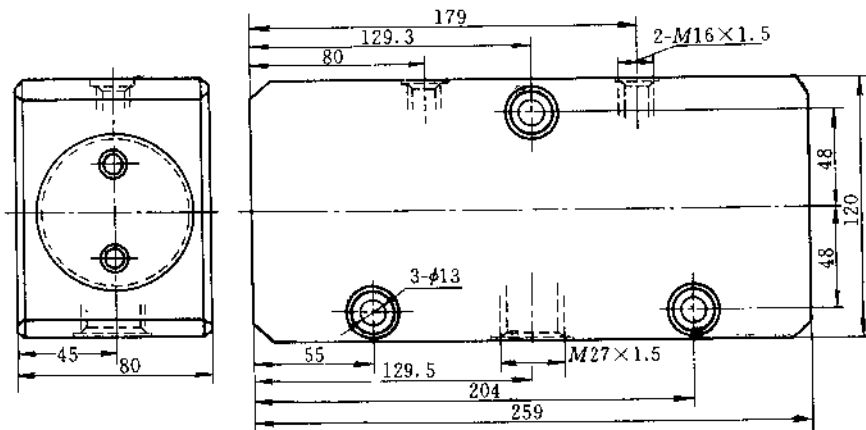


图 15.6-8 3FL 型分流-集流阀外形尺寸图

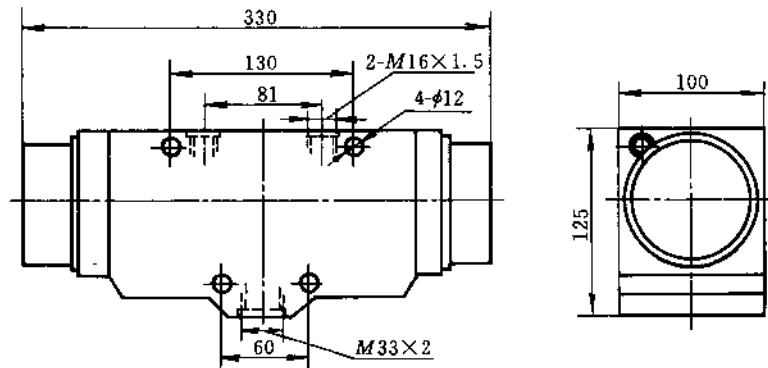


图 15.6-9 3FJL.K 型分流·集流阀外形尺寸图

15.6.4 选用指南

分流-集流阀的选用,应根据流量的大小和所需同步精度来确定阀的型号。要求速度同步精度高时,可选用阀的公称流量低于或接近系统实际使用流量的规格;要求压力损失或反向压力损失小,可选用阀的流量接近系统实际使用流量的规格。其主要用途如下:

- 用于二至四个执行元件在运动时达到速度同步;
- 用于小泵流量集成较大流量的系统。

15.6.5 安装需知与常见故障

(1) 安装需知

- 安装时应保持阀芯轴线为水平方向,切忌阀芯轴线垂直安装,否则将因阀芯自重而影响同步精度。
- 其余参阅溢流阀部分。

(2) 常见故障

- 阀芯或换向活塞径向卡住,则出现同步失灵;
- 阀芯轴向卡紧,使用流量过低和进出油腔压差过小,则同步误差大。
- 阀芯小孔堵塞,则出执行元件运动终点动作异常。