

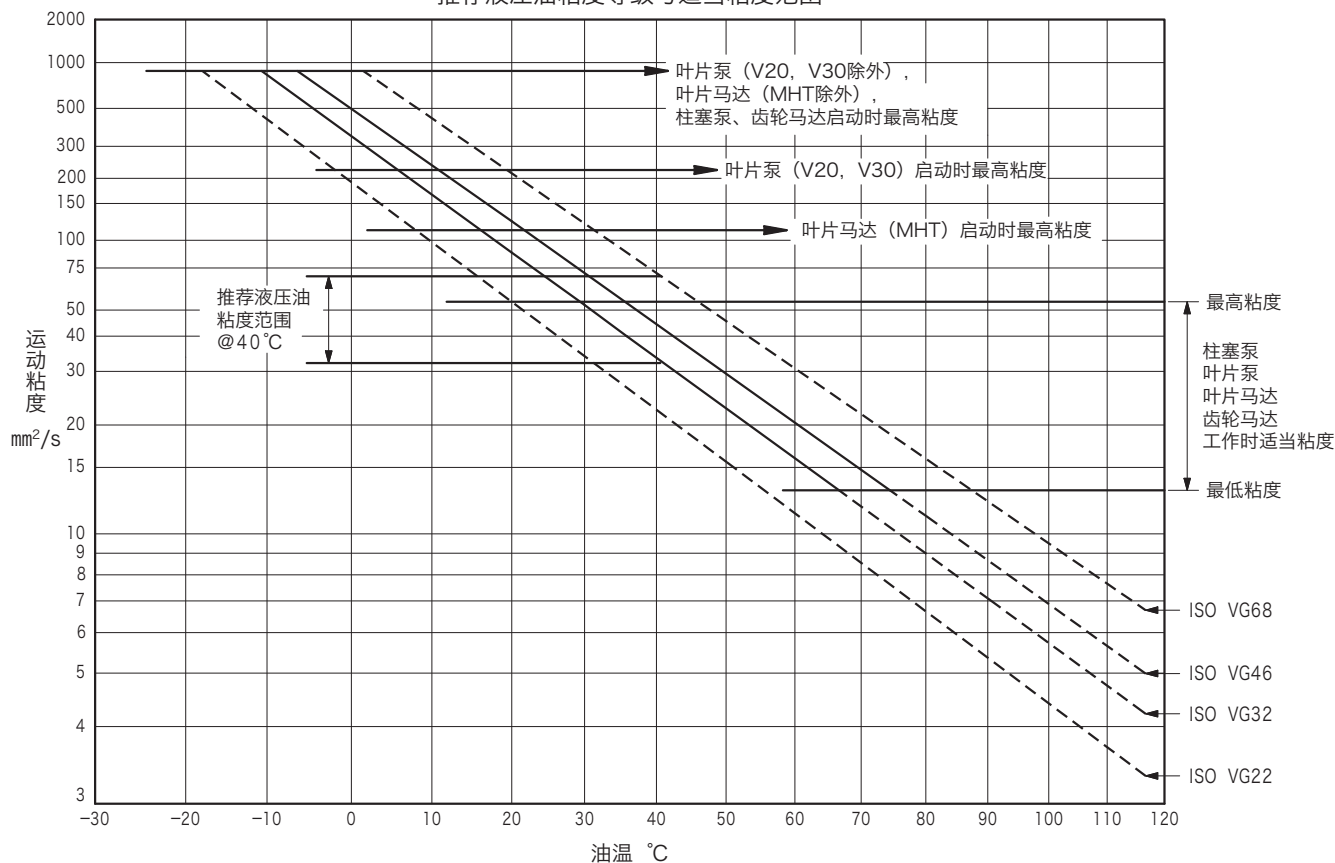
# 技术资料

Technical information

## Contents

液压油（液压油的条件、种类及保养）	附 1-2
液压配管选型表（为确定配管尺寸时使用）	附 1-4
主要计算公式（液压泵、液压马达、油缸等的计算公式）	附 1-5

推荐液压油粘度等级与适当粘度范围



# 液压油

## Hydraulic Fluid

液压油在液压装置当中，具有动力传导与润滑两大重要作用。因此，请与液压油厂家进行商谈，慎重选择所使用的液压油。以适应液泵、液压马达的功能及耐久性能为基准选择液压油时，对于各种控制阀基本上不会出现问题。但有一部分控制阀不能使用水·乙二醇类液压油，所以请予以注意。

### 液压油的粘度

粘度是左右流体的流动阻力，决定液压系统性能的重要因素。保证所使用的液压设备滑动部位的密封效果与润滑性能，防止因气蚀而造成的设备部件的腐蚀、噪音及振动，在适当的粘度范围内使用液压油是非常重要的。因此，请根据所使用的泵、马达的种类，选择满足下表条件的液压油。

设备种类	粘度等级	粘度范围 mm <sup>2</sup> /s	
		工作时	启动时(最高)
叶片泵 (V20, V30)	VG32-68	13-54	220
柱塞泵 叶片泵 (V20, V30除外) 叶片马达 (MHT除外) 齿轮马达			860
叶片马达 (MHT)			110

● 下示为各粘度等级 (VG) 在 40°C 时的粘度范围。



● VG32-VG46 之间与 SAE10 相同，SAE20-20W 之间与 VG68 基本相同。

● 下表所示为各粘度等级 (VG) 的上述粘度范围与温度的关系。

粘度等级	基准粘度 mm <sup>2</sup> /s @40 °C	基准粘度的液压油的极限温度 °C			
		工作时		启动时(最低温度)	
		54 mm <sup>2</sup> /s~ 13 mm <sup>2</sup> /s	860mm <sup>2</sup> /s	220mm <sup>2</sup> /s	110mm <sup>2</sup> /s
VG32	32	27~62	-12	6	14
VG46	46	34~71	-6	12	22
VG68	68	42~81	0	19	29

● 请同时参照前页的适当粘度范围与推荐液压油粘度等级的曲线图。

● 用于车辆时，请另行协商。

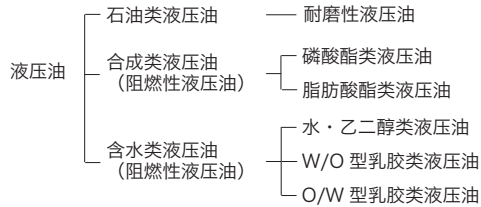
### 作为液压油的条件

满足液压设备良好工作要求的液压油应具备下述性能：

- 润滑性能、耐磨性能好
- 在使用温度范围内保持适当的粘度，在高·低温时不易变质
- 氧化稳定性、剪切稳定性好
- 具有防锈性能
- 不会与液压设备、配管、接头的金属材料、橡胶、涂料发生化学反应
- 抗泡性好
- 在混入水分时，具有良好的分离性、抗乳化性

### 液压油的分类

液压油的分类如下所示。



### 各种液压油的一般特性概要

特性	种类	石油类	磷酸酯类	脂肪酸酯类	水·乙二醇类	W/O型乳胶类	O/W型乳胶类
比重 (15/4°C)		0.87	1.1~1.3	0.90	1.04~1.1	0.93	1.0
粘度		小~非常大	小~大	中	小~大	小	小
粘度指数 (VI)		70~150	低~高 30~180	高	高 140~170	高 130~170	非常高
蒸气压		小	小	小	大	大	大
与石油类混合		—	3%	可	3%	可	不可

### 石油类液压油

推荐下述石油类液压油。

● 耐磨性液压油

为提高耐磨性能而含有充分的添加剂，基于 ASTM-D2882 磨耗试验而进行改良的液压油。

### 阻燃性液压油

合成类及含水类阻燃性液压油，多被用于会有火灾危险发生场所的液压设备上，这些液压油与石油类液压油相比，有下述缺点，所以在使用时请十分注意。

● 多数情况下润滑性能差

● 不适用于金属及橡胶的场合多

● 因多种物质混合而产生油泥，还会使液压油自身容易发生分离·变质

● 含水类液压油会因水的沸腾而产生气蚀，同时因电分解容易引起金属腐蚀

#### 1. 润滑性

将使用石油类液压油时设为 1 时，根据经验在使用各种阻燃性液压油时液压设备的寿命如下表所示。

磷酸酯类	脂肪酸酯类	水·乙二醇类	W/O型乳胶类	O/W型乳胶类
0.75~1	0.75~1	0.5~0.7	0.7~0.8	0.4~0.6

## 2. 与使用材料的兼容性

与密封材料、金属、涂料的兼容性如下表所示。

分类项目	磷酸酯类	脂肪酸酯类	水·乙二醇类	W/O型乳胶类	O/W型乳胶类
密封材料	氟橡胶 硅橡胶 丁基橡胶 乙烯-丙烯橡胶 氟树脂 皮革	丁腈橡胶 氟橡胶 硅橡胶 乙烯-丙烯橡胶 聚氨酯橡胶 氟树脂 氯丁 皮革	丁腈橡胶 氟橡胶 丁基橡胶 乙烯-丙烯橡胶 氟树脂 氯丁	丁腈橡胶 氟橡胶 氟树脂 氯丁	
	丁腈橡胶 聚氨酯橡胶 氯丁	丁基橡胶	硅橡胶 聚氨酯橡胶 皮革	硅橡胶 丁基橡胶 乙烯-丙烯橡胶 氯丁 皮革	
不兼容的金属	铝		锌 镉 铝 镁	锌 镉 铜	铝
涂料	不进行喷涂, 在与涂料厂家商议的基础上, 使用可兼容的环氧树脂类或聚氨酯类涂料。				

## 3. 使用温度极限

为维持阻燃性液压油的寿命, 通常有下述的使用温度极限, 因此请注意温度管理。

特别是含水类液压油时, 建议与液压油厂家进行协商, 工作中对温度进行管理, 并定期对液压油的特性进行检测。

分类	磷酸酯类	脂肪酸酯类	水·乙二醇类	W/O型乳胶类	O/W型乳胶类
低温~高温使用极限	-20~100	-5~100	-30~50	0~50	0~50

## 4. 阻燃性液压油的保养

在使用阻燃性液压油时, 由于其与石油类液压油的特性不同, 所以建议在与液压油厂家进行协商的基础上, 进行定期检测。

以下列举一般的注意事项。

- 在充分注意液压油与油箱、配管、过滤器的材料、内面喷涂的兼容性的基础上, 进行液压油选定。
- 由于比重比石油类液压油大, 所以对泵的吸油阻力等流动阻力的增加需予以注意。
- 由于有易产生气蚀的特性, 所以需注意过滤器的滤芯堵塞。
- 在更换新油或将石油类液压油更换为阻燃性液压油时, 需充分进行清洗, 避免两者混合。
- 由于与石油类液压油相比抗泡性能差, 所以需采用较大容积的油箱, 采取泵不会吸入气泡的结构。
- 合成类液压油时, 会有从冷却部出现的漏水、油箱内水蒸汽的凝聚水等水分混入而引起金属腐蚀, 需加以注意。
- 含水类液压油时, 需充分注意工作时的油温, 同时进行定期检测含水率, 并及时补充不足水分(蒸馏水)。另外, 在存放时反复有冻结、融化时, 会发生分离, 需予以注意。

## 液压油的更换基准

为了长期维持液压系统的功能, 需要经常对液压油的特性与清洁度进行管理。建议委托液压油厂家定期进行检测·分析并记录履历, 当超过下记的极限值时及时进行更换。

### ●根据液压油特性的更换基准

检测项目	更换极限值
粘度变化 (@40°C)	±10%
中和值 mg KOH/g	1.0 (耐磨性液压油)
沉淀物 (重量%)	0.1
水分 (重量%)	0.05
正戊烷不溶部分与苯不溶部分的差 (重量%)	0.02
清洁度	参照下表

\*有白浊的液压油中含水分较多, 请立刻进行更换。

### ●推荐清洁度与过滤器的推荐过滤性能

根据ISO代码推荐清洁度	液压系统的种类	过滤器的推荐过滤性能 (绝对过滤粒度) $\mu\text{m}$
20/18/15	~15 MPa 压力条件下使用 一般液压装置	25
19/17/14	15~25 MPa 压力条件下使用 一般工业机械、车辆机械液压装置	10-25
17/15/13	25 MPa 以上的压力条件下使用 高压装置	5-10
16/14/11	飞机、精密加工机械等有伺服阀的高压及高可靠性装置	5以下

\* ISO 代码清洁度是基于 ISO4406 代码, 根据液压油中污物颗粒的大小与数量进行代码化区分, 显示液压油的污染状态。

上表推荐清洁度所示数值, 是显示用自动粒子计数器时的污染度。20/18/15 所示为:  $4\mu\text{m}(C)$  以上的污染粒子数为等级 20、 $6\mu\text{m}(C)$  以上的污染粒子数为等级 18、 $14\mu\text{m}(C)$  以上的污染粒子数为等级 15。

上表的清洁度等级代码, 根据 1mL 中所含污染粒子数进行下述分类。

清洁度等级	粒子数 (1mL中所含的最大数值)
20	10,000
19	5,000
18	2,500
17	1,300
16	640
15	320
14	160
13	80
11	20

# 液压配管选定表

## Selection of oil flow velocity and pipe sizes in a hydraulic system

使用分类		泵吸油配管		回油配管		压力配管						最高使用压力														
公称径		JIS G3454 压力配管用碳钢钢管						JIS G3454 压力配管用碳钢钢管						7 MPa		14 MPa		21 MPa								
		STPG370 Sch40						STPG370 Sch80						STS370 Sch160												
A	B	外径 mm	厚度 mm	内径 mm	管内面积 cm <sup>2</sup>	流速 m/s	流量 L/min	流速 m/s	流量 L/min	厚度 mm	内径 mm	管内面积 cm <sup>2</sup>	流速 m/s	流量 L/min	厚度 mm	内径 mm	管内面积 cm <sup>2</sup>	流速 m/s	流量 L/min	螺纹旋入	焊接	螺纹旋入	焊接	螺纹旋入	焊接	
6	1/8	10.5	1.7	7.1	0.4	1 3	5 11	2.4	5.7	0.3	3 7															
8	1/4	13.8	2.2	9.4	0.7	2 5	8 19	3.0	7.8	0.5	6 13												Sch 80			
10	3/8	17.3	2.3	12.7	1.3	约 0.6	5 9	3.2	10.9	0.9	11 25											Sch 80		Sch 80		
15	1/2	21.7	2.8	16.1	2.0	1.2	7 15	3.7	14.3	1.6	19 43	4.7	12.3	1.2	14 32									Sch 80		
20	3/4	27.2	2.9	21.4	3.6	1.2	13 26	3.9	19.4	3.0	35 80	5.5	16.2	2.1	25 56									Sch 160		
25	1	34.0	3.4	27.2	5.8	1.2	21 42	4.5	25.0	4.9	59 133	6.4	21.2	3.5	42 95									Sch 80		
32	1-1/4	42.7	3.6	35.5	9.9	2	约 89	4.9	32.9	8.5	约 102	6.4	29.9	7.0	84 190	Sch 80	Sch 80									
40	1-1/2	48.6	3.7	41.2	13.3	4.5	120	5.1	38.4	11.6	4.5	139 313	7.1	34.4	9.3	112 251									Sch 160	
50	2	60.5	3.9	52.7	21.8	4.5	196	5.5	49.5	19.2	4.5	231 520	8.7	43.1	14.6	175 394									Sch 160	
65	2-1/2	76.3	5.2	65.9	34.1	1.5	约 307	7.0	62.3	30.5	4.5	366 823	9.5	57.3	25.8	309 696									Sch 160	
80	3	89.1	5.5	78.1	47.9	1.5	431	7.6	73.9	42.9	4.5	515 1160	11.1	66.9	35.2	422 949									Sch 160	
90	3-1/2	101.6	5.7	90.2	63.9	1.5	下 575	8.1	85.4	57.3	4.5	687 1550	12.7	76.2	45.6	547 1230									Sch 160	
100	4	114.3	6.0	102	82.2	1.5	740	8.6	97.1	74.1	4.5	889 2000	13.5	87.3	59.9	718 1620									Sch 160	
125	5	139.8	6.6	127	126	1.5	1133	9.5	121	115	4.5	1380 3090	15.9	108	91.6	1100 2470									Sch 160	

注) 配管尺寸以管内流速为基准来决定。一般，泵的吸油配管 0.5 ~ 1.5m/s、压力配管 2.5 ~ 6m/s、回油配管 1.5 ~ 4m/s 作为标准。  
石油类液压力在适当粘度范围时，参考下记项目使用本配管选定表。其他场合（环境条件、施工条件、阻燃油液等），请另行协商。

技术资料

附 1-4

- 泵吸油配管时**
  - 请保证油箱用过滤器的压力下降、相对油面的泵吸油高度及配管内的压力损失的总和在表压值 +35 ~ -16.7kPa 之间。在使用石油类液压力以外时，请保证表压值在 +35 ~ -10.1kPa 之间。
  - 直立柱塞泵等变量泵的场所时，为防止因配管内液压力的惯性而产生的气穴，请考虑留有余量。
- 回油配管时**
  - 请注意做到：使背压不要过大、考虑泵切换时产生的浪涌冲击压力、及对于长的配管应尽量减小流速。
- 压力配管时**
  - 使用压力在 3MPa 以下时，流速应为约 2m/s
  - 一般设备时，流速应为约 4m/s
  - 压力损失稍微高一些也没有问题时，流速可为约 6m/s
  - 公称径较小时，考虑到压力损失，应尽量减小流速

# 主要计算公式

## Hydraulic Formulas

### 泵 SI 单位制

- 1 泵的轴输入  $L_s$
- $$L_s = \frac{P \cdot Q}{60\eta} \times 10^2 = \frac{2\pi \cdot T \cdot N}{6 \times 10^4} \quad (\text{kW})$$
- $P$  : 排油压力 (MPa)  
 $Q$  : 排油压力为  $P$  时的排量 (L/min)  
 $T$  : 轴转矩 (N·m)  
 $N$  : 转速 ( $\text{min}^{-1}$ )  
 $\eta$  : 泵的总效率 (%)
- 2 泵的轴功率  $L_p$
- $$L_p = \frac{P \cdot Q}{60} = \eta \cdot L_s \times 10^2 \quad (\text{kW})$$
- $P$  : 排油压力 (MPa)  
 $Q$  : 排油压力为  $P$  时的排量 (L/min)  
 $L_s$  : 轴输入 (kW)  
 $\eta$  : 泵的总效率 (%)
- 3 泵的总效率  $\eta$
- $$\eta = \eta_v \cdot \eta_t \times 10^{-2} \quad (\%)$$
- $\eta_v$  : 泵的容积效率 (%)  
 $\eta_t$  : 泵的转矩效率 (%)
- 4 泵的容积效率  $\eta_v$
- $$\eta_v = \frac{Q}{Q_{th}} \times 100 = \frac{Q}{Q_0} \times 100 \quad (\%)$$
- $Q$  : 排油压力为  $P$  时的排量 (L/min)  
 $Q_{th}$  : 理论排量 (L/min)  
 $Q_0$  : 排油压力为  $P=0$  时的排量 (L/min)
- 5 原动机的效率  $\eta_e$
- $$\eta_e = \frac{L_s}{L_e} \times 100 \quad (\%)$$
- $L_s$  : 原动机的输出功率 = 泵的轴输入 (kW)  
 $L_e$  : 原动机的输入功率 (kW)

### 液压马达 SI 单位制

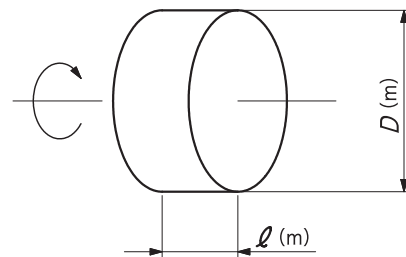
- 6 液压马达的理论排量  $D_{th}$
- $$D_{th} = \frac{2\pi \cdot T}{P \cdot \eta_t} \times 10^2 \quad (\text{cm}^3/\text{rev})$$
- $T$  : 输出轴转矩 (N·m)  
 $P$  : 进口、出口的压差 (MPa)  
 $\eta_t$  : 液压马达的转矩效率 (%)
- 7 液压马达的输出功率  $L_s$
- $$L_s = \frac{2\pi \cdot T \cdot N}{60000} = \eta \cdot \frac{P \cdot Q}{60} \times 10^{-2} \quad (\text{kW})$$
- $T$  : 输出轴转矩 (N·m)  
 $N$  : 转速 ( $\text{min}^{-1}$ )  
 $P$  : 进口、出口的压差 (MPa)  
 $Q$  : 液压马达的进油量 (L/min)  
 $\eta$  : 液压马达的总效率 (%)
- 8 液压马达的输入功率  $L_m$
- $$L_m = \frac{P \cdot Q}{60} \quad (\text{kW})$$
- $P$  : 进口、出口的压差 (MPa)  
 $Q$  : 液压马达的进油量 (L/min)
- 9 液压马达的容积效率  $\eta_v$
- $$\eta_v = \frac{D_{th} \cdot N}{Q} \times 10^{-1} \quad (\%)$$
- $D_{th}$  : 液压马达的理论排量 ( $\text{cm}^3/\text{rev}$ )  
 $Q$  : 液压马达的进油量 (L/min)  
 $N$  : 转速 ( $\text{min}^{-1}$ )

### 液压马达 SI 单位制

- 10 液压马达的转矩效率  $\eta_t$
- $$\eta_t = \frac{2\pi \cdot T}{P \cdot D_{th}} \times 10^2 \quad (\%)$$
- $T$  : 输出轴转矩 (N·m)  
 $P$  : 进口、出口的压差 (MPa)  
 $D_{th}$  : 液压马达的理论排量 ( $\text{cm}^3/\text{rev}$ )
- 11 液压马达的总效率  $\eta$
- $$\eta = \eta_v \cdot \eta_t \times 10^{-2} = \frac{L_s}{L_m} \times 10^2 = \frac{2\pi \cdot T \cdot N}{P \cdot Q} \times 10^{-1} \quad (\%)$$
- $\eta_v$  : 液压马达的容积效率 (%)  
 $\eta_t$  : 液压马达的转矩效率 (%)  
 $L_s$  : 输出功率 (kW)  
 $L_m$  : 输入功率 (kW)  
 $T$  : 输出轴转矩 (N·m)  
 $N$  : 转速 ( $\text{min}^{-1}$ )  
 $P$  : 进口、出口的压差 (MPa)  
 $Q$  : 液压马达的进油量 (L/min)
- 12 惯性力矩 (加减速度力矩)  $T_A$
- $$T_A = I \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{4} \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{N \cdot GD^2}{38t} \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$
- $I$  : 旋转体的惯性力矩 ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )  
 $\frac{d\omega}{dt}$  : 角加速度 ( $\text{rad}/\text{s}^2$ )  
 $GD^2$  : 飞轮效果 ( $\text{kg} \cdot \text{m}^3/\text{s}^2$ )  
 $g$  : 重力加速度 = 9.8 ( $\text{m}/\text{s}^2$ )  
 $t$  : 加减速度时间 (s)  
 $N$  : 加减速度后的马达转速 ( $\text{min}^{-1}$ )  
 $GD^2 = 4g \cdot I = \frac{mg \cdot D^2}{2} = \frac{\pi}{8} \cdot g \cdot D^4 \cdot \rho \cdot \ell \quad (\text{kg} \cdot \text{m}^3/\text{s}^2)$   
 $m$  : 旋转体的质量 (kg)  
 $D$  : 旋转体的直径 (m)  
 $\ell$  : 旋转体的长度 (m)  
 $\rho$  : 旋转体的密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

旋转体的材质为钢时

$$GD^2 = 3 \times 10^4 \cdot D^4 \cdot \rho \quad (\text{kg} \cdot \text{m}^3/\text{s}^2)$$



- 13 使用减速机时液压马达输出轴的飞轮效果  $GD^2$

$$GD^2 = GD_M^2 + \sum GD_N^2 \left[ \frac{N_N}{N_M} \right]^2$$

- $GD_M^2$  : 液压马达单独的飞轮效果  
 $GD_N^2$  : 减速机各轴的飞轮效果  
 $N_M$  : 液压马达的转速  
 $N_N$  : 减速机各轴的转速

## 油缸

SI 单位制

### 14 驱动油缸所需的压力 $P_1$

$$P_1 = \frac{1}{A_1} \cdot \left[ \frac{F}{\eta_c} + P_2 \cdot A_2 \times 10^2 \right] \times 10^{-2} \text{ (MPa)}$$

$A_1$  : 流入侧受压面积 (cm<sup>2</sup>)

$A_2$  : 流出侧受压面积 (cm<sup>2</sup>)

$P_2$  : 流出侧的压力 (MPa)

$F$  : 油缸推力 (N)

$\eta_c$  : 油缸的推力效率(0.9~0.95)

### 15 驱动油缸所需的流量 $Q$

$$Q = A_1 \cdot v \times 10^{-1} + Q_L \text{ (L/min)}$$

$v$  : 油缸速度 (m/min)

$A_1$  : 油缸流入侧受压面积 (cm<sup>2</sup>)

$Q_L$  : 油缸内部泄漏 (L/min)

※在确定泵排量时, 需考虑液压回路内各控制阀的泄漏量

### 16 油缸的推力 $F$

#### (1) 加速力 $F_1$

$$F_1 = m \cdot \alpha = m \cdot \frac{v}{t} \text{ (N)}$$

$m$  : 负载质量 (kg)

$\alpha$  : 加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$t$  : 加速时间 (s)

$v$  : 加速后的速度 (m/s)

#### (2) 静摩擦阻力 $F_2$

$$F_2 = \mu_s \cdot m \cdot g \text{ (N)}$$

$\mu_s$  : 静摩擦系数

$m$  : 负载质量 (kg)

$g$  : 重力加速度=9.8 (m/s<sup>2</sup>)

#### (3) 动摩擦阻力 $F_3$

$$F_3 = \mu_d \cdot m \cdot g \text{ (N)}$$

$\mu_d$  : 动摩擦系数

$m$  : 负载质量 (kg)

$g$  : 重力加速度=9.8 (m/s<sup>2</sup>)

## 电机

SI 单位制

### 17 电机效率 $\eta_e$

$$\eta_e = \frac{L_s}{L_e} \times 100 \text{ (%)}$$

$L_s$  : 电机输出功率=液压泵轴输入(kW)

$L_e$  : 电机输入功率(kW)

### 18 电机平均功率 $L_e$

$$L_e = \sqrt{\frac{\sum t_N \cdot L_N^2}{T}} \text{ (kW)}$$

$T$  : 1周期所需时间(s)

$t_N$  : 1周期中各进程所需时间(s)

$L_N$  : 1周期中各进程所需功率(kW)

各进程过载容量最大值 (%)

额定时间 (min)	5	15	30
额定输出 (kW)			
0.2~0.75	150	120	115
1.5~7.5	150	130	115
11~37	150	140	120

## 蓄能器

SI 单位制

### 19 蓄能器的释放量 $V$

$$V = V_0 \cdot e \cdot \eta_a \cdot f(a) \text{ (L)}$$

$V_0$  : 气体封入量(蓄能器的公称容量)(L)

$e$  : 气体封入压力比 =  $\frac{\text{气体封入压力}}{\text{最低工作压力}}$

$$\left[ \begin{array}{l} \text{褶气囊型 } e=0.8 \sim 0.85 \\ \text{波纹管气囊型 } e=0.6 \sim 0.65 \end{array} \right]$$

$\eta_a$  : 蓄能器效率=0.95

$f(a)$  : 排放系数

$a$  : 工作压力比 =  $\frac{\text{最高工作压力}}{\text{最低工作压力}}$

○恒温变化(蓄能器的动作在缓慢地变化过程中进行, 并充分与外部进行热交换时)

$$f(a) = 1 - \frac{1}{a}$$

○隔热变化(蓄能器的动作剧烈, 且没有充分与外部进行热交换时)

$$f(a) = 1 - \left[ \frac{1}{a} \right]^{\frac{1}{m}}$$

$m$  : 气体多方指数=1.3~1.4

○缓压缩、急膨胀(蓄能器缓慢蓄压的液压油急剧释放时, 一般使用方式)

$$f(a) = \frac{a^{\frac{1}{m}} - 1}{a}$$

$m$  : 气体多方指数=1.3~1.4

## 液压油

SI 单位制

### 20 液压油粘度 $\mu$

$$\mu = \rho \cdot \nu \times 10^{-6} \text{ (N}\cdot\text{s/m}^2\text{)}$$

$\nu$  : 液压油的运动粘度 (mm<sup>2</sup>/s)

$\rho$  : 液压油的密度 (kg/m<sup>3</sup>)

### 21 液压油压缩性

(1) 因压力而产生的液压油压缩量  $\Delta V$

$$\Delta V = \Delta P \cdot \frac{V}{K} \times 10^{-3} \text{ (cm}^3\text{)}$$

$\Delta P$  : 施加的压力 (MPa)

$V$  : 加压前的容积 (cm<sup>3</sup>)

$K$  : 液压油体积弹性系数 (GPa)

各种液压油的体积弹性系数  $K$

(GPa)

液压油种类	$K$
石油类	1.6
磷酸酯类	2.9
水·乙二醇类	3.4
W/O乳胶类	2.25

(2)混入气泡的石油类液压油的体积弹性系数  $K'$

$$K' = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_2 + x(K_1 - K_2)}$$

$K'$ : 外观体积弹性系数

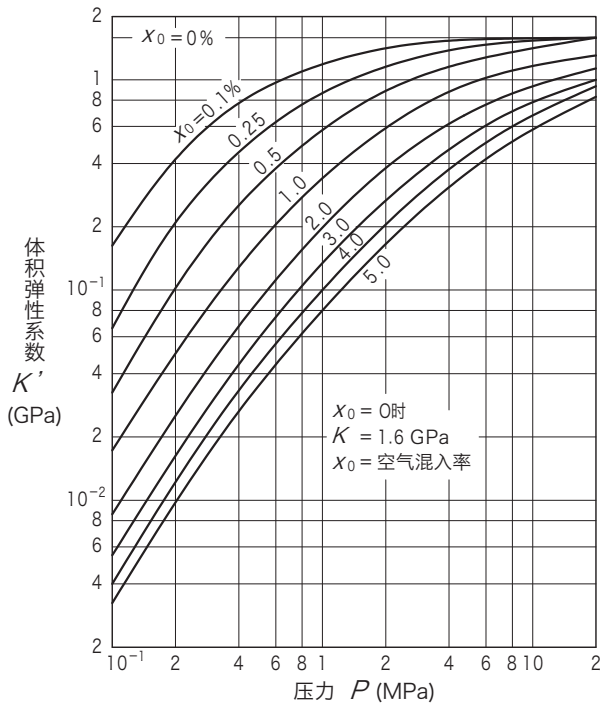
$K_1$ : 液压油体积弹性系数

$K_2$ : 空气体积弹性系数 ( $K_2 = 1.4P$ )

$x$ : 绝对压力  $P$  下的空气体积混合比

$x_0$ : 大气压下的空气体积混合比

$$x = 1 - \frac{1}{1 + \frac{x_0}{1-x_0} \times \frac{1-\Delta P/1.4P}{1-\Delta P/1.6 \times 10^3}}$$



混入气泡的石油类液压油的体积弹性系数

压力损失及其他计算公式

SI 单位制

22 机械的压力损失  $\Delta P$

当流量为  $Q_0$  (L/min) 时的压力损失如果为  $\Delta P_0$  (MPa), 则流量为  $Q$  (L/min) 时的压力损失  $\Delta P$  为

$$\Delta P = \Delta P_0 \left[ \frac{Q}{Q_0} \right]^2 \quad (\text{MPa})$$

23 配管的压力损失(直管)

○管内流速  $v$

$$v = \frac{Q}{6A} \times 10^2 = \frac{2Q}{3\pi \cdot D^2} \times 10^2 \quad (\text{m/s})$$

$Q$ : 通过流量 (L/min)

$A$ : 管内径截面面积 ( $\text{mm}^2$ )

$D$ : 管内径 (mm)

○雷诺数  $Re$

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \times 10^3$$

$v$ : 管内流速 (m/s)

$D$ : 管内径 (mm)

$\nu$ : 液压油的运动粘度 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

压力损失及其他计算公式

SI 单位制

○流体摩擦系数  $\lambda$

$Re \leq 2000$  (层流) 时

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$2000 < Re < 8000$  (乱流) 时

$$\lambda = 0.3164 Re^{-1/4}$$

○压力损失  $\Delta P$

$$\Delta P = \frac{\lambda \cdot v^2 \cdot \rho \cdot \ell}{2000D} \quad (\text{MPa})$$

$\lambda$ : 流体摩擦系数

$v$ : 管内流速 (m/s)

$\rho$ : 液压油密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\ell$ : 配管长度 (m)

$D$ : 管内径 (mm)

38°C 时各种液压油的密度  $\rho$

( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

液压油种类	密度
石油类	864
磷酸酯类	1275
水·乙二醇类	1060
W/O 乳胶类	916

24 弯头及T形的压力损失  $\Delta P$

$$\Delta P = k \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \times 10^{-6} \quad (\text{MPa})$$

$k$ : 损失系数

$$\left[ \begin{array}{l} 90^\circ \text{ 弯头 } k = 1.2 \\ \text{T形 } k = 1.5 \end{array} \right]$$

$\rho$ : 液压油的密度(参照 23 项) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$v$ : 流速 (m/s)

25 泵的吸油阻力  $\Delta H$

$$\Delta H = \Delta H_E + \Delta H_L + \Delta H_H$$

$\Delta H_E$ : 滤芯的压力损失

$\Delta H_L$ : 配管的压力损失

$\Delta H_H$ : 端部损失(高架油箱时为负值)

26 通过环状空隙的流量  $Q$

$$Q = \frac{1.57 \Delta P \cdot \delta^3 \cdot d}{\rho \cdot \nu \cdot \ell} \times 10^7 \quad (\text{L}/\text{min})$$

$\Delta P$ : 环状空隙前后的压力差 (MPa)

$D$ : 环状空隙的外径 (mm)

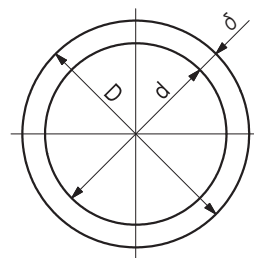
$d$ : 环状空隙的内径 (mm)

$$\delta: \text{空隙} = \frac{D-d}{2} \quad (\text{mm})$$

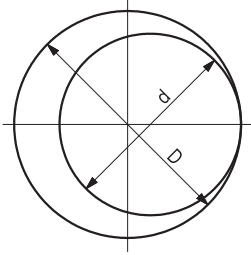
$\nu$ : 液压油的运动粘度 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$\ell$ : 环状空隙的长度 (mm)

$\rho$ : 液压油密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )



下图所示偏心时的最大流量  $Q_{max}$  为  
 $Q_{max} \approx 2.5 Q$  (L/min)



27 通过阻尼器时的流量  $Q$

$$Q = 60k \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P} = \frac{30\pi}{2} \cdot k \cdot D^2 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P}$$

(L/min)

$k$ : 流量系数=0.6~0.7

$A$ : 阻尼器截面面积(mm<sup>2</sup>)

$D$ : 阻尼器径(mm)

$\Delta P$ : 阻尼器前后的压力差(MPa)

$\rho$ : 液压油的密度(参照[23]项)(kg/m<sup>3</sup>)

28 浪涌冲击压力  $\Delta P$

$$\Delta P = \sqrt{10\rho \cdot K \cdot v \times 10^{-2}} \text{ (MPa)}$$

$\rho$ : 液压油的密度(参照[23]项)(kg/m<sup>3</sup>)

$K$ : 液压油的体积弹性系数(参照[21]项)(GPa)

$v$ : 断流前的流速(m/s)

29 由于距离造成的衰减·距点声源的距离为  $r_2$  处的噪音等级  $L_2$

$$L_2 = L_1 - 20 \log_{10} \left( \frac{r_2}{r_1} \right) \text{ (dB)}$$

$L_1$ : 距离为  $r_1$  处的噪音等级(dB)

$r_1$ : 从点声源到测量点间的距离(m)

$r_2$ : 从点声源到计算点间的距离(m)

30  $N$  个  $L_1$  等级噪音合成时的噪音等级  $L_N$

$$L_N = L_1 + 10 \log_{10} N \text{ (dB)}$$

$L_1$ : 单个的噪音等级(dB)

31 液压单元的推测噪音等级  $L_u$

$$L_u = 10 \cdot \lambda_p \cdot \left\{ \log_{10} \left[ 10^{\frac{L_m}{10}} + 10^{\frac{L_p}{10}} \right] + \log_{10} N + \log_{10} R_f \right\}$$

(dB)

$L_m$ : 电机的噪音等级(dB)

$L_p$ : 泵的噪音等级(dB)

$\lambda_p$ : 配管条件系数

$N$ : 使用系统数

$R_f$ : 反射音效果(无反射  $R_f = 1$ 、1回反射  $R_f = 2$ )

配管条件系数  $\lambda_p$

材质	配管尺寸 系统数(N)	1/4B~1/2B	3/4B~1B	1-1/4B~2B
		1	1.07	1.06
钢管	2	1.08	1.07	1.06
	3	1.09	1.08	1.07
橡胶管	1	1.047	1.037	1.027
橡胶管 +消声器	1	1.017	1.012	1.007