

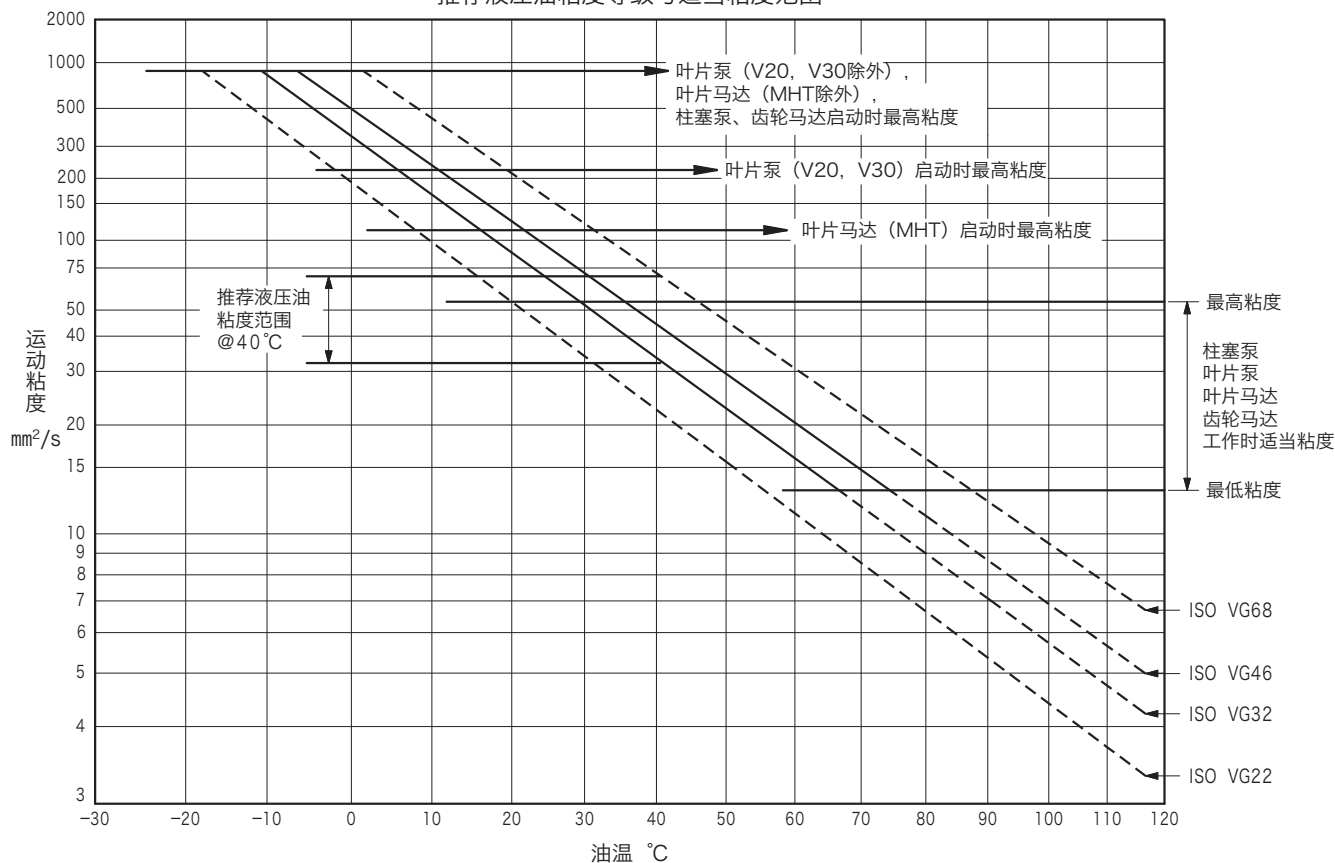
# 技术资料

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。

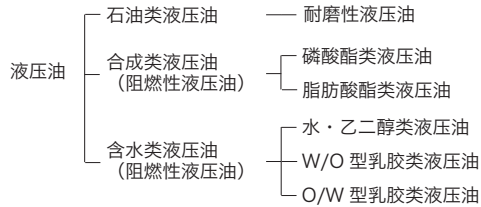
### 作为液压油的条件

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 磨损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			JIS G3455 高压配管用碳钢钢管			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	5	2.4	5.7	0.3	3														
8	1/4	13.8	2.2	9.4	0.7	2	8	3.0	7.8	0.5	6												Sch 80		
10	3/8	17.3	2.3	12.7	1.3	约 0.6	5	15	3.2	10.9	0.9	11									Sch 80			Sch 80	
15	1/2	21.7	2.8	16.1	2.0	约 1.2	9	24	3.7	14.3	1.6	19	14	4.7	12.3	1.2	25	19	32					Sch 80	
20	3/4	27.2	2.9	21.4	3.6	约 1.2	15	43	3.9	19.4	3.0	35	25	5.5	16.2	2.1	80	35	56					Sch 160	
25	1	34.0	3.4	27.2	5.8	约 1.2	21	70	4.5	25.0	4.9	59	42	6.4	21.2	3.5	133	59	95					Sch 80	
32	1-1/4	42.7	3.6	35.5	9.9	约 1.5	约 89	119	4.9	32.9	8.5	约 102	2	6.4	29.9	7.0	230	102	84	Sch 80	Sch 80				Sch 160
40	1-1/2	48.6	3.7	41.2	13.3	约 1.5	约 120	160	5.1	38.4	11.6	约 139	4.5	7.1	34.4	9.3	313	139	112						Sch 160
50	2	60.5	3.9	52.7	21.8	约 1.5	约 196	262	5.5	49.5	19.2	4.5	231	8.7	43.1	14.6	520	231	175						Sch 160
65	2-1/2	76.3	5.2	65.9	34.1	约 1.5	约 307	409	7.0	62.3	30.5	4.5	366	9.5	57.3	25.8	823	366	309			Sch 160			Sch 160
80	3	89.1	5.5	78.1	47.9	以下	约 431	575	7.6	73.9	42.9	4.5	515	11.1	66.9	35.2	1160	515	422						Sch 160
90	3-1/2	101.6	5.7	90.2	63.9	以下	约 575	767	8.1	85.4	57.3	4.5	687	12.7	76.2	45.6	1550	687	547						Sch 160
100	4	114.3	6.0	102	82.2	以下	约 740	986	8.6	97.1	74.1	4.5	889	13.5	87.3	59.9	2000	889	718						Sch 160
125	5	139.8	6.6	127	126	以下	约 1133	1510	9.5	121	115	4.5	1380	15.9	108	91.6	3090	1380	1100						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、阻燃性液压力等), 请另行协商。

- 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

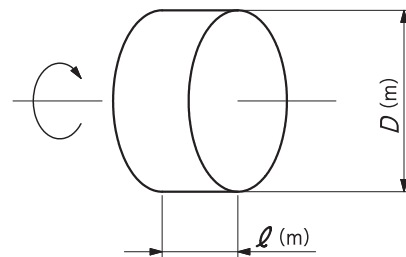
- 6 液压马达的理论排量  $D_{th}$
- $$D_{th} = \frac{2\pi \cdot T}{P \cdot \eta_t} \times 10^2 \quad (\text{cm}^3/\text{rev})$$
- $T$  : 输出轴转矩 (N·m)  
 $P$  : 进口、出口的压差 (MPa)  
 $\eta_t$  : 液压马达的转矩效率 (%)
- 7 液压马达的输出功率  $L_s$
- $$L_s = \frac{2\pi \cdot T \cdot N}{60000} = \eta \cdot \frac{P \cdot Q}{60} \times 10^{-2} \quad (\text{kW})$$
- $T$  : 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 =  $\frac{\text{气体封入压力}}{\text{最低工作压力}}$

褶气囊型  $e=0.8\sim0.85$   
波纹管气囊型  $e=0.6\sim0.65$

$\eta_a$  : 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

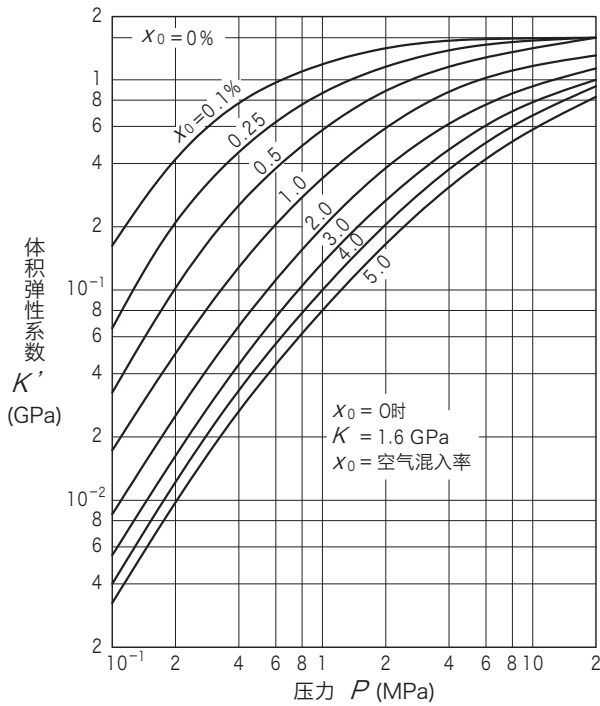
$K_1$ : 液压油体积弹性系数

$K_2$ : 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)

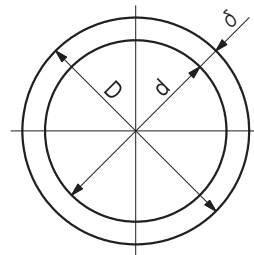
$d$ : 环状空隙的内径 (mm)

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

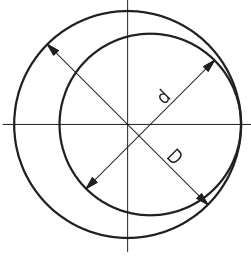
$\nu$ : 液压油的运动粘度 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$\ell$ : 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



# O型圈尺寸

---

O Ring

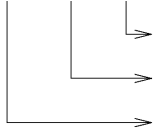
O  
型  
圈  
尺  
寸

附  
2-1

# JIS B 2401 O型圈尺寸表

O型圈编号例

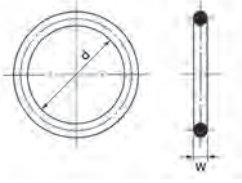
0080 501 19



材质·硬度代码

种类代码

东京计器 零件代码  
(JIS B 2401 O型圈)



材料	硬度 (Hs)	材料·硬度代码
丁腈橡胶 (JIS B 2401 1类A)	70	17
丁腈橡胶 (JIS B 2401 1类B)	90	19
氟橡胶 (JIS B 2401 4类D)	70	27
氟橡胶 ( - )	90	29

种类代码	JIS B 2401-1A/1B-P*		
	公称编号	实际尺寸 [mm]	
		d	w
001	P 3	2.8	
002	P 4	3.8	
003	P 5	4.8	1.9
004	P 6	5.8	
005	P 7	6.8	
006	P 8	7.8	
007	P 9	8.8	1.9
008	P 10	9.8	
009	P 10A	9.8	
010	P 11	10.8	2.4
011	P 11.2	11	
012	P 12	11.8	
013	P 12.5	12.3	2.4
014	P 14	13.8	
015	P 15	14.8	
016	P 16	15.8	
017	P 18	17.8	
018	P 20	19.8	2.4
019	P 21	20.8	
020	P 22	21.8	
021	P 22A	21.7	
022	P 22.4	22.1	
023	P 24	23.7	3.5
024	P 25	24.7	
025	P 25.5	25.2	
026	P 26	25.7	
027	P 28	27.7	
028	P 29	28.7	3.5
029	P 29.5	29.2	
030	P 30	29.7	
031	P 31	30.7	
032	P 31.5	31.2	
033	P 32	31.7	3.5
034	P 34	33.7	
035	P 35	34.7	
036	P 35.5	35.2	
037	P 36	35.7	
038	P 38	37.7	3.5
039	P 39	38.7	
040	P 40	39.7	
041	P 41	40.7	
042	P 42	41.7	
043	P 44	43.7	3.5
044	P 45	44.7	
045	P 46	45.7	
046	P 48	47.7	
047	P 49	48.7	3.5
048	P 50	49.7	
049	P 48A	47.6	
050	P 50A	49.6	5.7
051	P 52	51.6	
052	P 53	52.6	
053	P 55	54.6	5.7
054	P 56	55.6	
055	P 58	57.6	
056	P 60	59.6	
057	P 62	61.6	
058	P 63	62.6	5.7
059	P 65	64.6	
060	P 67	66.6	

种类代码	JIS B 2401-1A/1B-P*		
	公称编号	实际尺寸 [mm]	
		d	w
061	P 70	69.6	
062	P 71	70.6	
063	P 75	74.6	5.7
064	P 80	79.6	
065	P 85	84.6	
066	P 90	89.6	
067	P 95	94.6	
068	P 100	99.6	5.7
069	P 102	101.6	
070	P 105	104.6	
071	P 110	109.6	
072	P 112	111.6	
073	P 115	114.6	5.7
074	P 120	119.6	
075	P 125	124.6	
076	P 130	129.6	
077	P 132	131.6	
078	P 135	134.6	5.7
079	P 140	139.6	
080	P 145	144.6	
081	P 150	149.6	5.7
082	P 150A	149.5	
083	P 155	154.5	
084	P 160	159.5	8.4
085	P 165	164.5	
086	P 170	169.5	
087	P 175	174.5	
088	P 180	179.5	8.4
089	P 185	184.5	
090	P 190	189.5	
091	P 195	194.5	
092	P 200	199.5	
093	P 205	204.5	8.4
094	P 209	208.5	
095	P 210	209.5	
096	P 215	214.5	
097	P 220	219.5	
098	P 225	224.5	8.4
099	P 230	229.5	
100	P 235	234.5	
101	P 240	239.5	
102	P 245	244.5	
103	P 250	249.5	8.4
104	P 255	254.5	
105	P 260	259.5	
106	P 265	264.5	
107	P 270	269.5	
108	P 275	274.5	8.4
109	P 280	279.5	
110	P 285	284.5	
111	P 290	289.5	
112	P 295	294.5	
113	P 300	299.5	8.4
114	P 315	314.5	
115	P 320	319.5	
116	P 335	334.5	
117	P 340	339.5	
118	P 355	354.5	8.4
119	P 360	359.5	
120	P 375	374.5	
121	P 385	384.5	
122	P 400	399.5	8.4

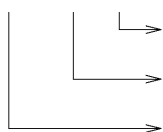
种类代码	JIS B 2401-1A/1B-G*		
	公称编号	实际尺寸 [mm]	
		d	w
501	G 25	24.4	
502	G 30	29.4	
503	G 35	34.4	3.1
504	G 40	39.4	
505	G 45	44.4	
506	G 50	49.4	
507	G 55	54.4	
508	G 60	59.4	3.1
509	G 65	64.4	
510	G 70	69.4	
511	G 75	74.4	
512	G 80	79.4	
513	G 85	84.4	3.1
514	G 90	89.4	
515	G 95	94.4	
516	G 100	99.4	
517	G 105	104.4	
518	G 110	109.4	3.1
519	G 115	114.4	
520	G 120	119.4	
521	G 125	124.4	
522	G 130	129.4	
523	G 135	134.4	3.1
524	G 140	139.4	
525	G 145	144.4	
526	G 150	149.3	
527	G 155	154.3	
528	G 160	159.3	5.7
529	G 165	164.3	
530	G 170	169.3	
531	G 175	174.3	
532	G 180	179.3	
533	G 185	184.3	5.7
534	G 190	189.3	
535	G 195	194.3	
536	G 200	199.3	
537	G 210	209.3	
538	G 220	219.3	5.7
539	G 230	229.3	
540	G 240	239.3	
541	G 250	249.3	
542	G 260	259.3	
543	G 270	269.3	5.7
544	G 280	279.3	
545	G 290	289.3	
546	G 300	299.3	5.7

O型圈尺寸

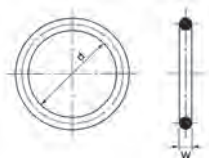
附  
2-2

# AS568 O型圈尺寸表

O型圈编号例  
0079 204 19



材质·硬度代码  
种类代码  
东京计器 零件代码  
(AS568 O型圈)



材料	硬度 (Hs)	材料·硬度代码
丁腈橡胶	70	17
丁腈橡胶	90	19
氟橡胶	70	27
氟橡胶	90	29

AS 568 公称编号	实际尺寸 [mm]		AS 568 公称编号	实际尺寸 [mm]		AS 568 公称编号	实际尺寸 [mm]		AS 568 公称编号	实际尺寸 [mm]	
	d	w		d	w		d	w		d	w
001	0.74	1.02	126	34.59		221	36.09		316	21.59	
002	1.07	1.27	127	36.17		222	37.69		317	23.16	
003	1.42	1.52	128	37.77	2.62	223	40.87	3.53	318	24.76	5.33
004	1.78	1.78	129	39.34		224	44.04		319	26.34	
005	2.57	1.78	130	40.94		225	47.22		320	27.94	
006	2.90		131	42.52		226	50.39		321	29.51	
007	3.68		132	44.12		227	53.57		322	31.12	
008	4.47	1.78	133	45.69	2.62	228	56.74	3.53	323	32.69	5.33
009	5.28		134	47.29		229	59.92		324	34.29	
010	6.07		135	48.90		230	63.09		325	37.46	
011	7.65		136	50.47		231	66.27		326	40.64	
012	9.25		137	52.07		232	69.44		327	43.82	
013	10.82	1.78	138	53.64	2.62	233	72.62	3.53	328	46.99	5.33
014	12.42		139	55.24		234	75.79		329	50.16	
015	14.00		140	56.82		235	78.97		330	53.34	
016	15.60		141	58.42		236	82.14		331	56.52	
017	17.17		142	59.99		237	85.32		332	59.69	
018	18.77	1.78	143	61.59	2.62	238	88.49	3.53	333	62.86	5.33
019	20.35		144	63.17		239	91.67		334	66.04	
020	21.95		145	64.77		240	94.84		335	69.22	
021	23.52		146	66.34		241	98.02		336	72.39	
022	25.12		147	67.94		242	101.19		337	75.56	
023	26.70	1.78	148	69.52	2.62	243	104.37	3.53	338	78.74	5.33
024	28.30		149	71.12		244	107.54		339	81.92	
025	29.87		150	72.62		245	110.72		340	85.09	
026	31.47		151	75.87		246	113.89		341	88.26	
027	33.05		152	82.22		247	117.07		342	91.44	
028	34.65	1.78	153	88.57	2.62	248	120.24	3.53	343	94.62	5.33
029	37.82		154	94.92		249	123.42		344	97.79	
030	41.00		155	101.27		250	126.59		345	100.96	
031	44.17		156	107.62		251	129.77		346	104.14	
032	47.35		157	113.97		252	132.94		347	107.32	
033	50.52	1.78	158	120.32	2.62	253	136.12	3.53	348	110.49	5.33
034	53.70		159	126.67		254	139.29		349	113.66	
035	56.87		160	133.02		255	142.47		350	116.84	
036	60.05		161	139.37		256	145.64		351	120.02	
037	63.22		162	145.72		257	148.82		352	123.19	
038	66.40	1.78	163	152.07	2.62	258	151.99	3.53	353	126.36	5.33
039	69.57		164	158.42		259	155.16		354	129.54	
040	72.75		165	164.77		260	164.69		355	132.72	
041	75.92		166	171.12		261	171.04		356	135.89	
042	82.27		167	177.47		262	177.39		357	139.07	
043	88.62	1.78	168	183.82	2.62	263	183.74	3.53	358	142.24	5.33
044	94.97		169	190.17		264	190.09		359	145.42	
045	101.32		170	196.52		265	196.44		360	148.59	
046	107.67		171	202.87		266	202.79		361	151.77	
047	114.02		172	209.22		267	209.14		362	158.12	
048	120.37	1.78	173	215.57	2.62	268	215.49	3.53	363	164.47	5.33
049	126.72		174	221.92		269	221.84		364	170.82	
050	133.07		175	228.27		270	228.19		365	177.17	
-	-	-	176	234.62		271	234.54		366	183.52	
102	1.24		177	240.97	2.62	272	240.89		367	189.86	
103	2.06		178	247.32		273	247.24	3.53	368	196.22	5.33
104	2.84	2.62	-	-	-	274	253.59		369	202.57	
105	3.63		-	-	-	275	266.29		370	208.92	
106	4.42		201	4.34		276	278.99		371	215.27	
107	5.23		202	5.94		277	291.69		372	221.62	
108	6.02	2.62	203	7.52	3.53	278	304.39	3.53	373	227.97	5.33
109	7.59		204	9.12		279	329.79		374	234.32	
110	9.19		205	10.69		280	355.19		375	240.67	
111	10.77		206	12.29		281	380.59		376	247.02	
112	12.37		207	13.87		282	405.26	3.53	377	253.37	
113	13.94	2.62	208	15.47	3.53	283	430.66		378	266.07	5.33
114	15.54		209	17.04		284	456.06		379	278.77	
115	17.12		210	18.64		-	-	-	380	291.47	
116	18.72		211	20.22		-	-	-	381	304.17	
117	20.29		212	21.82		-	-	-	382	329.57	
118	21.89	2.62	213	23.39	3.53	309	10.46	5.33	383	354.97	5.33
119	23.46		214	24.99		310	12.06		384	380.37	
120	25.07		215	26.57		311	13.64		385	405.26	
121	26.64		216	28.17		312	15.24		386	430.66	
122	28.24	2.62	217	29.74	3.53	313	16.81	5.33	387	456.06	5.33
123	29.82		218	31.34		314	18.42		388	481.46	
124	31.42		219	32.92		315	19.99		-	-	-
125	32.99		220	34.52		-	-	-	425	113.66	6.98

O型圈尺寸

附  
2-3