

R

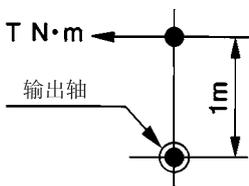
技术服务资料

R

技术服务资料

● 液压电机的计算

	SI 系统组	工程系统组
输出力矩	$T = \frac{P \cdot q}{2 \cdot \pi \times 100} \times \eta_t \text{ (N} \cdot \text{m)}$ <p>p : 进口与出口之间的压力差 (MPa) q : 马达每一转的吸入量 (cm³/转) η_t : 马达的力矩效率 (%)</p>	$T = \frac{P \cdot q}{2 \cdot \pi \times 10000} \times \eta_t \text{ (kgf} \cdot \text{m)}$ <p>P : 进口与出口之间的压力差 (kgf/cm²) q : 马达每一转的吸入量 (cm³/转) η_t : 马达的力矩效率 (%)</p>
制动功率	$L = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot T}{60000} \text{ (kW)}$ <p>N : 输出轴的速度 (min⁻¹)</p>	$L = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot T}{6120} \text{ (kW)}$ <p>N : 输出轴的速度 (min⁻¹)</p>



● 蓄能器的计算

下面为蓄能器的使用目的。

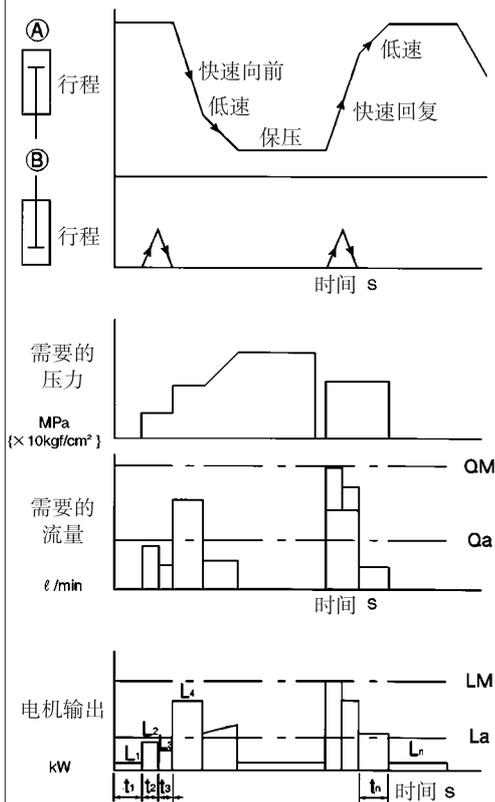
- (1) 存储能量 (2) 冲击缓冲 (3) 脉动吸收
- (4) 振动吸收 (5) 平衡 (6) 传送障碍 (7) 压力保持

○ 能量存储

作为一般的用途，以工作循环为基础，通过需要的油容积的计算来确定泵的排量。

当泵的液量不足以满足系统要求时，蓄能器给回路提供不足的部分。因此，可以使液压泵小型化。由于这样一个事实或者油释放时，压力降低；或者压力存储在蓄能器中用于循环。这是必需的。

将以工作循环得出的油量表为基础来决定泵的排量。



所需最大的油容积 QM

假如需要的流量仅靠泵补充，必须使用大流量泵和大功率电机及需要大量的液压油。

平均油容积 Qa

超过平均油容积的部分将由存储器来补充。

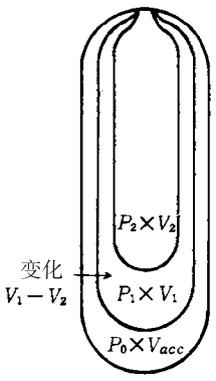
最大的电机输出 LM

需要大功率电机。

平均电机输出 La

通过对平方平均法的研究使有可能达到较精确值。然而，按照JEC37规则，峰值过载将发生在失速力矩的160%或以上处（在15秒内）。

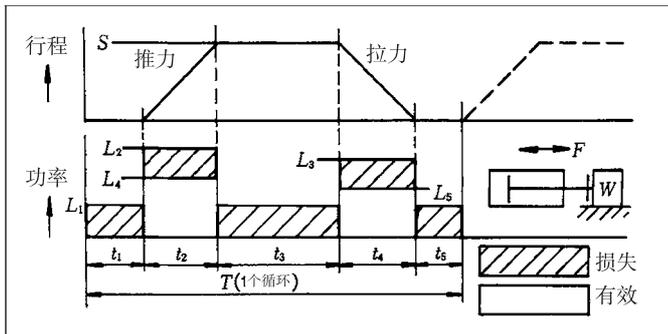
$$La = \sqrt{\frac{(L_1^2 \times t_1) + (L_2^2 \times t_2) + \dots + (L_n^2 \times t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

	SI 系统组	工程系统组
存储器所需体积 V_{acc} 	$V_{acc} = \frac{V}{\frac{P_2}{P_1} \times \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1/n} - 1 \right] \times \eta_{acc}}$ <p> P_0 : 封闭压力 (MPa) P_1 : 最小工作压力 (MPa) P_2 : 最大工作压力 (MPa) v : 从P2至P1有效排放体积 (ℓ) m, n : 综合指数 (1.4 ~ 1.9) η_{acc} : 蓄能器效率 (0.95) </p>	$V_{acc} = \frac{V}{\frac{P_2}{P_1} \times \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1/n} - 1 \right] \times \eta_{acc}}$ <p> P_0 : 封闭压力 (MPa) P_1 : 最小工作压力 (MPa) P_2 : 最大工作压力 (MPa) v : 从P2至P1有效排放体积 (ℓ) m, n : 综合指数 (1.4 ~ 1.9) η_{acc} : 蓄能器效率 (0.95) </p>

● 热平衡

○ 液压设备的功率损失全部转换为使工质油液上升的热量，由于这会引发各种异常，所以将工质油准确控制保持在（15 ~ 50℃）之间是十分重要的目标。

如果油温超过 60℃，这不会引起油的使用寿命，也会缩短液压设备的使用寿命或引起积污故障。



	SI 系统组	工程系统组
产生的热量	$He=3600 \text{ (Li-Lu) (J/h)}$ Li : 轴向输入 (kW) Lu : 有效功率 (kW) $L1$: 液压泵零流量时 (或空载时) 的轴向输入 (kW) (从泵的目录中计算出) $L2, L3$: 泵的轴向输入 $Ln = Pn \cdot Qn / 60 + Ls$ (n) (kW) Pn : 压力 (MPa) Qn : 流量 (L/min) Ls : 功率损失 (kW) $L4, L5$: 有效功 $Ln = Fn \cdot Sn$ Fn : 载荷 (N) Sn : 行程 (m) 泵的平均轴向输入 $Li = (L1 \cdot t1 + L2 \cdot t2 \dots + L1 \cdot t5) / T$ (kW) 平均有效功率 $Lu = (L4 + L5) / 1000T$ (kW) T : 1个循环时间 (s)	$He=860 \text{ (Li-Lu) (kcal/h)}$ Li : 轴向输入 (kW) Lu : 有效功率 (kW) Li : 液压泵零流量时 (或空载时) 的轴向输入 (kW) (从泵的目录中计算出) $L2, L3$: 泵的轴向输入 $Ln = Pn \cdot Qn / 612 + Ls$ (n) (kW) Pn : 压力 (kgf/cm ²) Qn : 流量 (L/min) Ls : 功率损失 (kW) $L4, L5$: 有效功 $Ln = Fn \cdot Sn$ Fn : 载荷 (kgf) Sn : 行程 (m) 泵的平均轴向输入 $Li = (L1 \cdot t1 + L2 \cdot t2 \dots + L1 \cdot t5) / T$ (kW) 平均有效功率 $Lu = (L4 + L5) / 102T$ (kW) T : 1个循环时间 (s)

		SI 系统组	工程系统组
油箱热	H _o	$H_o = A \cdot K \cdot \Delta T$ (kJ/h)	$H_o = A \cdot K \cdot \Delta T$ (kcal/h)
		A : 油箱表面积 (m ²) K : 转换系数 41.9 ~ 62.8 (kJ/h · m ² · °C) ΔT : 油温 - 周围温度 (°C)	A : 油箱表面积 (m ²) K : 转换系数 10 ~ 15 (kJ/h · m ² · °C) ΔT : 油温 - 周围温度 (°C)
热平衡	H _c	$H_c = H_e - H_o$ (kW/h) H _c ≤ 0 : 不需要冷却器 H _c > 0 : 需要冷却器	

○ 热平衡计算时的注意事项

- 有关油箱油温在热量散发的计算中，对普通工质油和水/乙二醇工质油分别设定为低于60°C和55°C。
- 在计算油箱的有效功的过程中，请注意这样的事实；在相同的空载荷状态工作上升或下降时，其有效功为零或负功（由外力做功）即上升时不加载事下降时加能。
- 当阀的排出量很大（如减压阀等）在使用中甚至在全部切断时也要小心。

● 油压设备设计时的注意点

○ 周围条件

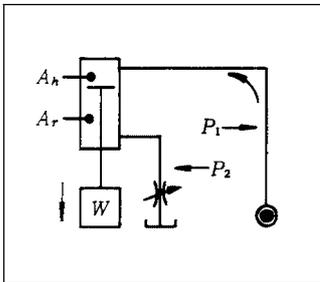
- 温度 50°C或以上：注意散热以及电气应用额定值的限制
0°C或以下：泵的吸入容量的限制
- 湿度 95%或以上：电气使用寿命对湿度的限制
- 对灰尘十分多的地方，象加固放气孔或将其密封等措施的采用就变得十分必要了。

○ 标准·法规

- 油箱 消防法规：按照FSA，假如一个装置中或同一楼面上所有油的容积超过6000升，则必须设置一个油箱。必要时比上述标准还要低时也要如此处理。
- ACC 需要或不需要高压气体来控制
- 标准：JIS, ISO (螺纹) JEM (电工器械)

● 设计油压回路的注意点

○ 在回流节流调节中的升压



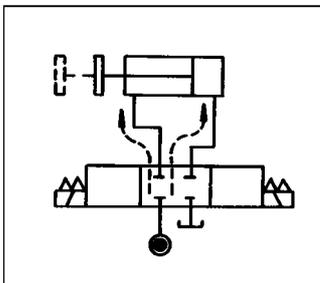
回流节流调节中的使用使压力如左图所示那样增加，特别当油缸向上放在底部，载荷悬在油缸上，有时拉捍侧的压力会异常地升高。

$$P_2 = (P_1 \cdot A_n + W) / A_r \text{ (MPa } \{ \times 10 \text{kgf/cm}^2 \})$$

(改进措施)

- 使用能耐高压的设备，管道和软管
- 平衡回路
- 减少水头压力

○ 因开关阀中的泄漏，油缸以非常缓慢的速度自动推进

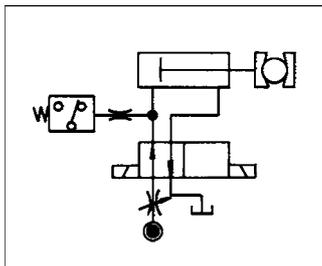


如左图所示，在载荷轻，回路中又保持管压的情况下，因为开关阀中的泄漏而导致液压缸开始以非常缓慢的速度自动推进。

(改进措施) 使用先导单向阀。

● 设计液压回路中的注意点

○ 压力开关的故障

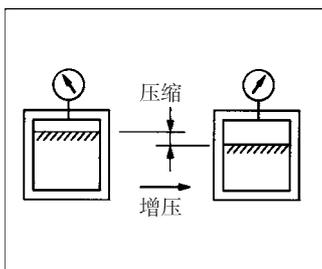


在左图所示回路中，当电磁阀通电时，压力开关有时会因压力波动产生故障。

(改进措施)

- 安装节流调节阻尼
- 将一个定时器连到压力开关上

○ 压力释放时不冲击

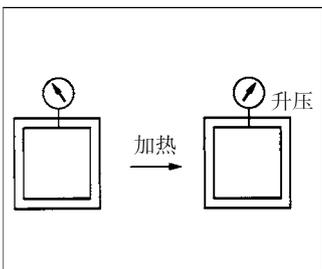


虽然液压油在体积压缩方面与空气相比显得很小，假如油受20MPa {200kgf/cm²} 的压力，体积会压缩变小1%左右，因此，如电磁阀迅速转换振动会增大。

(改进措施)

- 缓慢地开关电磁阀
- 插入一个压力释放回路

○ 通过加热升压(冷却降低压力)



对一个密封容器中的液压油加热时，液压油会膨胀使压力上升。反之，使油冷却、体积收缩、压力下降。温度每变化1℃，压力随之会变化1MPa。

(改进措施)

- 提供一个安全阀
- 装入液压回路蓄能器

技术服务资料

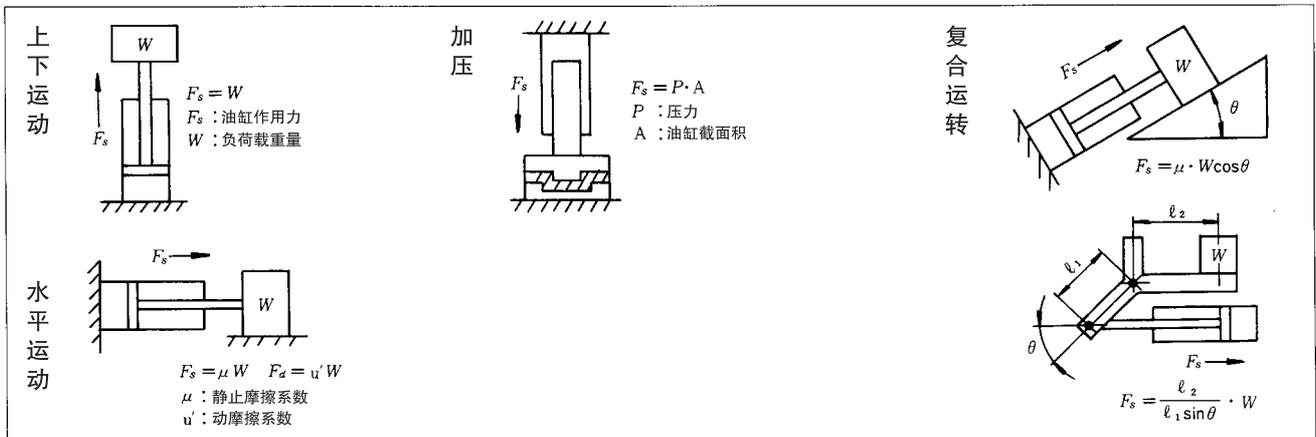
液压装置的实际运用

在制定液压设备计划时，应预先明确了解主机的规格及计算方法以供参考。

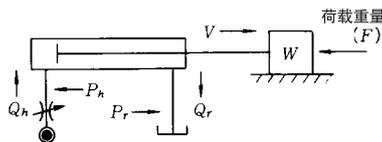
● 负荷的分析

分析普通阻力负载时，可画出下图所示的分析图，求出最大输出。但对于运转物体应考虑阻力负载必需的加速度。

	SI单位系	力学单位系
油缸最大作用力	$F = F_s + f_d$ (N) F_s : 负载阻力 (N) f_d : 加速力 (N) $f_d = m \alpha = m \cdot V / t$ (N) m : 质量 (kg) α : 加速度 (m/s^2) t : 加速时间 (s) V : 速度 (m/s)	$F = F_s + f_d$ (kgf) F_s : 负载阻力 (kgf) f_d : 加速力 (kgf) $f_d = m \alpha = W / g \cdot V / t$ (kgf) m : 质量 ($kgf \cdot s^2 / m$) α : 加速度 (m/s^2) W : 负载重量 (kgf) g : 重力加速度 : $9.8m/s^2$ t : 加速时间 (s) V : 速度 (m/s)



● 液压缸的计算



油缸正向最低作用力 P_u	$P_u = F / A \times 10^{-2}$ (MPa) F : 荷载重量 (N) A : 油缸受压面积 (cm^2)	$P_u = F / A$ (kgf/cm^2) F : 荷载重量 (kgf) A : 油缸受压面积 (cm^2)
液压泵耐压 P_p	$P_p = P_u + \Delta P$ (MPa) ΔP : 阀·配管的压力损失 (MPa)	$P_p = P_u + \Delta P$ (kgf/cm^2) ΔP : 阀·配管的压力损失 (kgf/cm^2)
油缸正向最低流量 Q_c	$Q_c = A \cdot V \cdot 6$ (ℓ / min) A : 油缸受压面积 (cm^2) V : 速度 (m/s)	
液压泵最低流量 Q_p	$Q_p = Q_c + q_l$ (ℓ / min) q_l : 损失流量 (ℓ / min) (阀·油缸等泄漏量)	

液压工质油

工质油的分类

●通用工质油

普通工质油	(R&O)	
	耐磨耗性工质油	锌系列
	★1	非锌系列

●特定工质油（石油系列或合成系列）

低温用工质油	寒冷地区用与极寒冷地区用	★3
高温用工质油	高温使用或热带地区用	
高VI油	降低由油温变化引起的粘度变化	

●不燃性、难燃性工质油 ★2

合成系列	磷酸酯系列	难燃性工质油
	脂肪酸酯系列	
水合系列	水·乙二醇系列	不燃性工质油
	W/O乳胶系列	
	O/W乳胶系列	
	含水溶液	

●生物分解性工质油

脂肪酸酯系列
植物油系列(蔬菜油类)

注) ★1. 分为“耐磨耗添加剂的种类”和“基油精制法”2种。
 锌系列: 历来使用的通用工质油
 非锌系列: 通过高度的基油精制法, 生产出在高温·长时间使用时降低沉积物的工质油
 ★2. 使用条件和稳定性因牌号而异。
 ★3. 低温区域的使用界限, 以(流动点 + 13 ~ 15°C)为大致标准。

液压工质油的推荐牌号

●普通工质油

厂 商	粘度等级		
	ISO VG32	ISO VG46	ISO VG 68
日本石油	FBK油 RO32	FBK油 RO46	FBK油 RO68
	超级玛乳帕粟32	超级玛乳帕粟46	超级玛乳帕粟68
莫必尔石油	莫必尔DTE轻油	莫必尔DTE介质油	莫必尔DTE介质油
	莫必尔液压轻油	莫必尔液压介质油	莫必尔液压介质油
出光兴产	达福尼液压流体32	达福尼液压流体46	达福尼液压流体68
昭和协如石油	协如特勒斯油32	协如特勒斯油46	协如特勒斯油68
埃索石油	通用动力32	通用动力46	通用动力68
日本能源	JOMO无双32	JOMO无双46	JOMO无双68
三菱石油	钻石卢布32	钻石卢布46	钻石卢布68
村松石油	哈依多如32	哈依多如46	哈依多如68

●耐磨耗性液压工质油

厂 商	添加剂区分	粘度等级		
		ISO VG32	ISO VG46	ISO VG 68
日本石油	锌系列	超级海兰德 32	超级海兰德 46	超级海兰德 68
		超级海兰德 V32	超级海兰德 V46	超级海兰德 V68
	非锌系列	超级玛乳帕粟 32	超级玛乳帕粟 46	
莫必尔石油	锌系列	莫必尔DTE 24	莫必尔DTE 25	莫必尔DTE 26
	非锌系列	莫必尔DTE excel 32	莫必尔DTE excel 46	莫必尔DTE excel 68
出光兴产	锌系列	达福尼超级液压 32	达福尼超级液压 46	达福尼超级液压 68
	非锌系列	达福尼超级液压 A32	达福尼超级液压 A46	达福尼超级液压 A68
昭和协如石油	锌系列	达福尼液压流体 32	达福尼液压流体 46	达福尼液压流体 68
	非锌系列	达福尼液压流体 R32	达福尼液压流体 R46	达福尼液压流体 R68
埃索石油	锌系列	通用动力 SQ 32	通用动力 SQ 46	通用动力 SQ 68
	非锌系列	通用动力 SHT 32	通用动力 SHT 46	通用动力 SHT 68
日本能源	锌系列	JOMO液压 32	JOMO液压 46	JOMO液压 68
	非锌系列	JOMO液压 NA 32	JOMO液压 NA 46	JOMO液压 NA 68
三菱石油	锌系列	钻石液压流体 EP 32	钻石液压流体 EP 46	钻石液压流体 EP 68
	非锌系列	钻石液压流体 FZ 32	钻石液压流体 FZ 46	钻石液压流体 FZ 68
村松石油	锌系列	哈依多如 AW-32	哈依多如 AW-46	哈依多如 AW-68

液压工质油

油型与材料性质的适合性

○标记：适合 △标记：略微不适合 ×：不适合

材料性质		油型				
		石油系列	磷酸酯系列	水·乙二醇系列	W/O乳胶系列	脂肪酸酯系列
密封器材	二甲苯基橡胶	○	×	○	○	○
	兹奈N	○	○	○	○	○
	兹奈S	○	○	○	○	○
	EPR	○	○	○	×	○
	氟橡胶	○	○	×	○	○
	聚四氟乙烯橡胶	○	○	○	○	○
	硅橡胶	○	○	×	×	○
	丁基橡胶	○	△	○	×	×
	乙烯·丙烯橡胶	○	○	○	×	○
	氯丁二烯橡胶	○	×	○	○	○
	聚氨酯烯橡胶	○	×	×	×	○
	皮革	○	○	×	×	○
树脂	环氧树脂	○	×	×	×	○
	乙烯树脂	○	×	×	×	○
	聚氨酯树脂	○	×	×	×	○
	酞酸树脂	○	×	×	×	×
	酚树脂	○	×	×	×	×
金属	钢材	○	○	○	○	○
	铸铁	○	○	○	○	○
	铜	○	○	○	×	○
	黄铜	○	○	○	△	○
	铝	○	△	×	○	○
	镁	○	△	×	○	○
	镉	○	△	×	×	△
	锌	○	○	×	×	△

液压工质油的污染度控制

●NAS 污染度标准 (NAS1638) (100ml 中的数量)

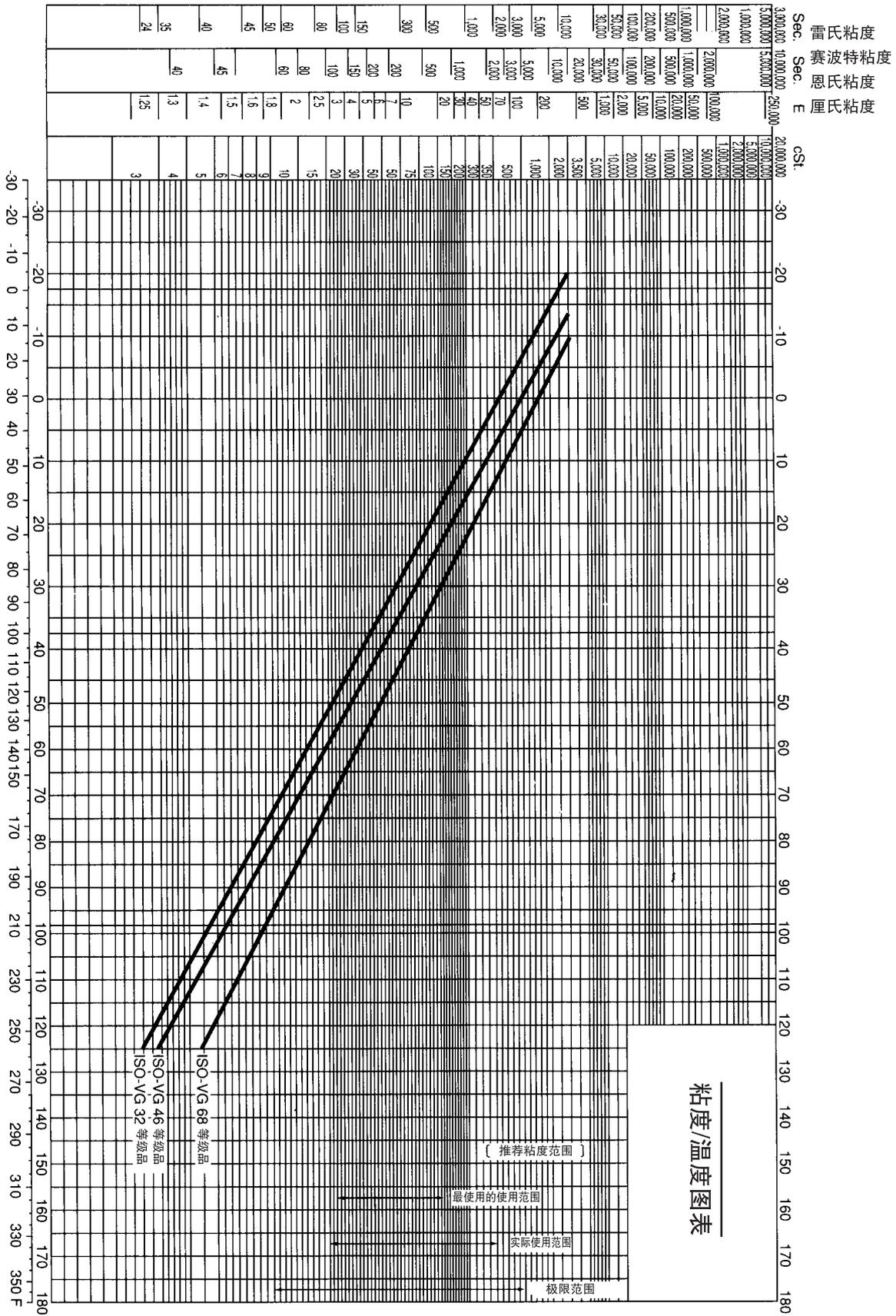
规格分类 μm	等级													
	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5~15	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000	16,000	32,000	64,000	128,000	256,000	512,000	1,024,000
15~25	22	44	89	178	356	712	1,425	2,850	5,700	11,400	22,800	45,600	91,200	182,400
25~50	4	8	16	32	63	126	253	506	1,012	2,025	4,050	8,100	16,200	32,400
50~100	1	2	3	6	11	22	45	90	180	360	720	1,440	2,880	5,760
100	0	0	1	1	2	4	8	16	82	64	128	256	512	1,024

●NAS 污染度标准 (仅为异物总重量) (100ml 中)

等级	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
重量 mg	0.02	0.05	0.10	0.30	0.50	0.70	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10	10

液压工质油

粘度·温度图表



液压配管

- 用于液压装置的配管有钢管、铜管、不锈钢管、橡胶软管等。
- 由于铜管会促进石油系列工质油的氧化，一般不使用。不锈钢管用于化学设备和船舶等有防腐蚀性必要的场合。

配管用钢管的种类

规格	名称	符号	适用
JIS G 3452(1988)	配管用碳素钢管	SGP	用于使用压力较低的蒸汽、水、油、煤气、空气等方面的配管
JIS G 3454(1988)	压力配管用碳素钢管	STPG370、410	用于350°C以下压力较低的压力配管
JIS G 3455(1988)	高压配管用碳素钢管	STS370、410、480	350°C以下使用压力高的高压配管
JIS G 3459(1994)	配管用不锈钢管	SUS304TP	用于耐腐蚀、低温、高温的不锈钢管
JIS B 2351(1990) 附件	咬入式管接头用精密碳素钢管	STPS1、2	用于JIS B 2351液压用25Mpa{250kgf/cm ² }的咬入式管接头
JOHS 102 (1964)	液压配管用精密碳素钢管	OST1、2	按照液压工业协会标准主要为用于扩口型或咬入式管接头的配管

管子的公称规格：指定外径尺寸的产品。有A系列和B系列。
目录：指定管壁厚度的编号。从10至160。目录中有删节。

钢管的选定

作为钢管的选定条件，审核使用压力和管内流速。

- 由使用压力得出的选定标准

钢管的尺寸												由使用压力得出的选定标准					
公称规格		外径 mm	SGP		STS370 STPG370 (Sch80)		STS370 (Sch160)		STS410 特殊壁厚 钢管		OST2		使用压力 MPa{kgf/cm ² }				
A	B		壁厚 mm	面积 cm ²	壁厚 mm	面积 cm ²	壁厚 mm	面积 cm ²	壁厚 mm	面积 cm ²	壁厚 mm	面积 cm ²	1.5{15} 以下	1.5{15} 以上 7{70} 以下	7{70} 以上 14{140} 以下	14{140} 以上 21{210} 以下	21{210} 以上 31.5{315} 以下
8	1/4	13.8	2.3	0.66	3.0	0.48											
10	3/8	17.3	2.3	1.27	3.2	0.93											
15	1/2	21.7	2.8	2.04	3.7	1.54	4.7	1.19									
20	3/4	27.2	2.8	3.66	3.9	2.96	5.5	2.06									
25	1	34.0	3.2	5.98	4.5	4.91	6.4	3.53									
32	1 1/4	42.7	3.5	10.0	4.9	8.50	6.4	7.02									
40	1 1/2	48.6	3.5	13.6	5.1	11.6	7.1	9.29									
50	2	60.5	3.8	22.0	5.5	19.2	8.7	14.6									
65	2 1/2	76.3	4.2	36.2	7.0	30.5	9.5	25.8									
80	3	89.1	4.2	51.1	7.6	42.9	11.1	35.2									
100	4	114.3	4.5	87.1	8.6	74.1	13.5	59.9									
8	8											1.0	0.28				
10	10											1.5	0.38				
15	15											2.5	0.79				
18	18											2.5	1.33				
22	22											3.0	2.01				

- 管内流速的大致标准

管路	流速
泵吸入管路	0.8m/s以下
泵排出管路、压力排油管路	4 m/s以下
回油管路	3 m/s以下

液压设备的配管连接部形态

螺纹连接型

液压设备的连接部使用螺纹。

螺纹分为“管用平行螺纹”和“管用锥形螺纹”2种。

●使用螺纹示例

螺纹的种类	名称	规格	螺纹示例
平行螺纹	管用平行螺纹	JIS B 0202(1982)	G 3/4A (平行阳螺纹) G 3/4B (平行阳螺纹) G 3/4 (平行阳螺纹)
	统一细牙螺纹	JIS B 0208(1973)	1/16-20UNF-2B
锥形螺纹	管用锥形螺纹	JIS B 0203(1982)	R 3/4 (锥形阳螺纹) Rc 3/4 (锥形阳螺纹) Rp 3/4 (平行阴螺纹)
	美国管用锥形螺纹	ANSI	NPT 3/8
	干燥密封型美国管用锥形螺纹	ANSI	NPTF 1/16

●螺纹部分的密封

螺纹的种类	密封方法	备注
平行螺纹	O型圈密封	JIS B 2351 (1990) “液压用25Mpa{250kgf/cm ² }的咬入式管接头”中包括平行螺纹型O型圈轴壳、端面密封方式
		SAE J 514 “统一螺纹O型圈轴壳”
	模制填密(粘合密封剂)	推荐伊原高压接头工业(株)制“粘合密封剂”
锥形螺纹	密封用胶带、液态密封剂	

法兰连接型

采用法兰与液压设备的连接。

●JIS B 2291 (1994) 液压用 21MPa{210kgf/cm²} 管法兰

按形状的分类	螺栓的种类	O型圈槽的有无	表示种类的符号
管路完全笔直	六角螺栓	有	SHA
		无	SHB
	内六角螺栓	有	SSA
		无	SSB
管路成直角弯曲	内六角螺栓	有	LSA

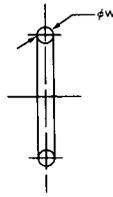
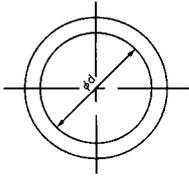
●SAE J 518 (4个螺栓) 对合式法兰

- 标准压力系列
- 高压系列
(本公司的泵, 以标准压力系列为准。)

垫圈装配型

使用垫圈密封, 底板、集合管用几个螺栓装配。

航空机械用 O 形圈尺寸表



AS 568 公称直径	实体尺寸 mm	
	厚度 W	内径 d
001	1.02	0.74
002	1.27	1.07
003	1.52	1.42
004	1.78	1.78
005	1.78	2.57
006		2.90
007		3.68
008	1.78	4.47
009		5.28
010		6.07
011		7.65
012		9.25
013	1.78	10.82
014		12.42
015		14.00
016		15.60
017		17.17
018	1.78	18.77
019		20.35
020		21.95
021		23.52
022		25.12
023	1.78	26.70
024		28.30
025		29.87
026		31.47
027		33.05
028	1.78	34.65
029		37.82
030		41.00
031		44.17
032		47.35
033	1.78	50.52
034		53.70
035		56.87
036		60.05
037		63.22
038	1.78	66.40
039		69.57
040		72.75
041		75.92
042		82.27
043	1.78	88.62
044		94.67
045		101.32
046		107.67
047		114.02
048	1.78	120.37
049		126.72
050		133.07
102		1.24
103	2.62	2.06
104		2.84
105		3.63
106		4.42
107	2.62	5.23
108		6.02
109		7.59
110		9.19
111		10.77
112		12.37
113	2.62	13.94
114		15.54
115		17.12

AS 568 公称直径	实体尺寸 mm	
	厚度 W	内径 d
116		18.72
117		20.29
118	2.62	21.89
119		23.47
120		25.07
121		26.64
122		28.24
123	2.62	29.82
124		31.42
125		32.99
126		34.59
127		36.17
128	2.62	37.77
129		39.34
130		40.94
131		42.52
132		44.12
133	2.62	45.69
134		47.29
135		48.89
136		50.47
137		52.07
138	2.62	53.64
139		55.24
140		56.82
141		58.42
142		59.99
143	2.62	61.59
144		63.17
145		64.77
146		66.34
147		67.94
148	2.62	69.52
149		71.12
150		72.69
151		75.87
152		82.22
153	2.62	88.57
154		94.92
155		101.27
156		107.62
157		113.97
158	2.62	120.32
159		126.67
160		133.02
161		139.37
162		145.72
163	2.62	152.07
164		158.42
165		164.77
166		171.12
167		177.47
168	2.62	183.82
169		190.17
170		196.52
171		202.87
172		209.22
173	2.62	215.57
174		221.92
175		228.27
176		234.62
177	2.62	240.97
178		247.32

AS 568 公称直径	实体尺寸 mm	
	厚度 W	内径 d
201		4.34
202	3.53	5.94
203		7.52
204		9.12
210		18.64
211		20.22
212	3.53	21.82
213		23.39
214		24.99
215		26.57
216		28.17
217	3.53	29.74
218		31.34
219		32.92
220		34.52
221		36.09
222	3.53	37.69
223		40.87
224		44.04
225		47.22
226		50.39
227	3.53	53.57
228		56.74
229		59.92
230		63.09
231		66.27
232	3.53	69.44
233		72.62
234		75.79
235		78.97
236		82.14
237	3.53	85.32
238		88.49
239		91.67
240		94.84
241		98.02
242	3.53	101.19
243		104.37
244		107.54
245		110.72
246		113.89
247	3.53	117.07
248		120.24
249		123.42
250		126.59
251		129.77
252	3.53	132.94
253		136.12
254		139.29
255		142.47
256		145.64
257	3.53	148.82
258		151.99
259		158.34
260		164.69
261		171.04
262	3.53	177.39
263		183.74
264		190.09
265		196.44
266		202.79
267	3.53	209.14
268		215.49
269		221.84
270		228.19
271		234.54
272	3.53	240.89
273		247.24
274		253.59
275		266.29
276		278.99
277	3.53	291.69
278		304.39
279		329.79

AS 568 公称直径	实体尺寸 mm	
	厚度 W	内径 d
280		355.19
281	3.53	380.59
282		405.26
283		430.66
284		456.06
309	5.33	10.46
310		12.06
311		13.64
312	5.33	15.24
313		16.81
314		18.41
315		19.99
316		21.59
317	5.33	23.16
318		24.76
319		26.34
320		27.94
321		29.51
322	5.33	31.11
323		32.69
324		34.29
325		37.46
326		40.64
327	5.33	43.82
328		46.99
330		53.34
329		50.16
331		56.52
332	5.33	59.69
333		62.86
334		66.04
335		69.22
336		72.39
337	5.33	75.56
338		78.74
339		81.92
340		85.09
341		88.26
342	5.33	91.44
343		94.62
344		97.79
345		100.96
346		104.14
347	5.33	107.32
348		110.49
349		113.66
350		116.84
351		120.02
352	5.33	123.19
353		126.36
354		129.54
355		132.72
356		135.89
357	5.33	139.07
358		142.24
359		145.42
360		148.59
361		151.77
362	5.33	158.12
363		164.47
364		170.82
365		177.17
366		183.52
367	5.33	189.87
368		196.22
369		202.57
370		208.92
371		215.27
372	5.33	221.62
373		227.97
374		234.32

AS 568 公称直径	实体尺寸 mm	
	厚度 W	内径 d
375		240.67
376		247.67
377	5.33	253.37
378		266.07
379		278.77
380		291.47
381		304.17
382	5.33	329.57
383		354.97
384		380.37
385		405.26
386		430.66
387	5.33	456.07
388		481.41
389		506.81
390		532.21
391		557.61
392	5.33	582.62
393		608.08
394		633.48
395	5.33	658.88
425		113.66
426		116.84
427	6.98	120.02
428		123.19
429		126.36
430		129.54
431		132.72
432	6.98	135.89
433		139.06
434		142.24
435		145.42
436		148.59
437	6.98	151.76
438		158.12
439		164.46
440		170.82
441		177.16
442	6.98	183.52
443		189.86
444		196.22
445		202.56
446		215.27
447	6.98	227.96
448		240.67
449		253.36
450		266.07
451		278.76
452	6.98	291.47
453		304.16
454		316.87
455		329.56
456		342.27
457	6.98	354.96
458		367.67
459		380.36
460		393.07
461		405.26
462	6.98	417.96
463		430.66
464		443.36
465		456.06
466		468.76
467	6.98	481.46
468		494.16
469		506.86
470		532.26
471		557.66
472	6.98	582.68
473		608.08
474		633.48
475	6.98	658.88

国际单位系列 (SI)

■SI 单位

所谓 SI (国际单位系列), 是按照国际度量衡委员会的决议由 7 个基本单位与从 10¹⁸ 至 10⁻¹⁸ 的 10 的整数乘方的前缀、弧度和立体角弧度的辅助系数单位及 27 的组合单位所构成的单位系统。

取自法语 Systeme International d' Units 的首字母。(英语为 International System of Units)。

1971 年以来开始使用 ISO 规格, 经日本工业标准调查协会标准会议决定, 我国也于 1972 年将 SI 分阶段地引进 JIS。并且, 以 ISO1000 为基础, 于 1974 年制定公布了 JIS Z 8203 国际单位系统 (SI) 及其使用方法, 加快了其普及的速度。

附表1 SI基本单位

计量内容	名称	符号	计量内容	名称	符号
长度	米	m	热力学温度	开尔文	K
重量	千克	kg	光度	坎德拉	cd
时间	秒	s	质量	摩尔	mol
电流	安培	A			

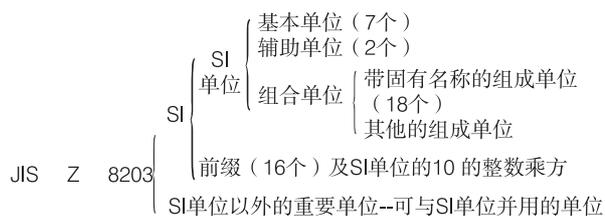
附表2 SI辅助单位

计量内容	名称	符号
平面角	开尔文	rad
立体角	坎德拉	sr

附表1 带固有名称的SI组成单位

计量内容	名称	符号	定义
频率	赫兹	Hz	s ⁻¹
秒率	赫兹	N	m·kg·s ⁻²
压力、应力	帕斯卡	Pa	N/m ²
能、功、热量	焦耳	J	N·m
功率、放射束	瓦特	W	J/s
电量、电荷	库仑	C	A·s
电压、电位	伏特	V	W/A
静电容量	法拉	F	C/V
电阻	欧姆	Ω	V/A
电导	西门子	S	A/V
磁束密度	韦伯	Wb	V·s
磁束密度	特斯拉	T	Wb/m ²
电感	亨利	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏	°C	t°C=(t+273.15)K
光强度	流明	lm	cd·sr
照射度	勒克斯	lx	1
放射能量	贝克	Bq	
吸收线量	戈瑞	Gy	

■SI 及 JIS z 8203 的构成



附表4 用固有名称表示SI组合单位示例

计量内容	名称	符号
粘度	帕斯卡/秒	Pa·s
力矩	牛顿米	N·m
表面张力	牛顿/米	N/m
热流密度、放射照度	瓦特/平方米热容量、嫡	W/m ²
热容量、嫡	焦耳/开尔文	J/K
比热、比嫡*	焦耳/千克·开尔文	J/(kg·K)
热传导率	瓦特/米·开尔文	W/(m·K)
感应率	法拉/米	F/m
导磁率	亨利/米	H/m

附表5 SI前缀

倍数	前缀	符号	倍数	前缀	符号
10 ¹⁸	埃库萨	E	10 ⁻¹	十分之一	d
10 ¹⁵	贝脱	P	10 ⁻²	厘	c
10 ¹²	特	T	10 ⁻³	毫	m
10 ⁹	千	G	10 ⁻⁶	微	μ
10 ⁶	兆	M	10 ⁻⁹	纳	n
10 ³	千	k	10 ⁻¹²	皮	p
10 ²	百	h	10 ⁻¹⁵	飞	f
10 ¹	十	da	10 ⁻¹⁸	阿	a

附表6 与SI并用的单位

名称	符号	与SI并用的单位
分	min	1 min = 60s
时	h	1 h = 60 min = 3,600s
日	d	1 d = 24h = 86,400s
度	°	1° = (π/180)rad
分	'	1' = (1/60)° = (π/10,800)rad
秒	"	1" = (1/60)' = (π/648,000)rad
升	ℓ	1 ℓ = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
吨	t	1 t = 10 ³ kg

附表7-1 对历来重量单位的SI换算表

长度	单位的名称	符号	对SI的换算表	SI单位的名称	符号
角	度	°	π/180		rad
	分	'	π/10800		
	秒	"	π/648000		
长	米	m	1		m
	微米	μm	10 ⁻⁶		
	埃	Å	10 ⁻¹⁰		
面	平方米	m ²	1		m ²
	公顷	a	10 ²		
体	立方米	m ³	1		m ³
	升	ℓ (L)	10 ⁻³		

国际单位系列 (SI)

对历来重量单位的 SI 换算表

计量内容	单位的名称	符号	对SI的换算率	SI单位的名称	符号
重 量	吨	kg	1		kg
	时间	t	10^3		
时 间	秒	s	1	秒	s
	分	min	60		
	时	h	3600		
	日	d	86400		
速 度	米/秒	m/s	1	米/秒	m/s
频 率 及 振 动 数	周期	s^{-1}	1	赫兹	Hz
转 数	次/分	min^{-1}	1/60	次/秒	s^{-1}
角 速 度	弧度/秒	rad/s	1	弧度/秒	rad/s
加 速 度	米/秒·秒	m/s^2	1	米/秒·秒	m/s^2
	G	G	9.807		
力	重量千克	kgf	9.8067	牛顿	N
	重量吨	tf	9806.7		
	达因	dyn	10^{-5}		
力 矩	千克米	kgf·m	9.8067	牛顿米	N·m
应 力	重量千克/平方米	kgf/m ²	9.8067	帕斯卡	Pa
	重量千克/平方厘米	kgf/cm ²	9.8067×10^4		
	重量千克/平方毫米	kgf/mm ²	9.8067×10^6		
压 力	重量千克/平方米	kgf/m ²	9.8067	帕斯卡	Pa
	水柱米	mH ₂ O	9806.7		
	水银柱毫米	mmHg	101325/760		
		bar	10^5		
能	埃耳达	erg	10^{-7}	焦耳	J
	IT卡	cal _{IT}	4.1868		
	重量千克米	kgf·m	9.8067		
	千瓦小时	kW·h	3.600×10^6		
	法马力小时	PS·h	2.6478×10^6		
功 率 及 动 力	瓦特	W	1	瓦特	W
	法马力	PS	735.5		
	千卡/小时	kcal/h	1.163		
粘 度 及 粘 性 系 数	泊	P	10^{-1}	帕斯卡秒	Pa·s
	厘泊	cP	10^{-3}		
	重量千克秒/平方米	kgf·s/m ²	9.8067		
动 粘 度 及 动 粘 性 系 数	斯托克斯	St	10^{-4}	平方米/秒	m ² /s
	厘斯托克斯	mm ² /S	10^{-6}		
温 度	度	°C	+ 273.15	开尔文	K
磁 束	麦克斯韦	Mx	10^{-8}	韦伯	Wb
磁 束 密 度	伽码	γ	10^{-9}	特斯拉	T
	高斯	Gs	10^{-4}		
磁 场 强 度	奥斯特	Oe	$10^3/4\pi$	安培/米	A/m
电 量	库仑	C	1	库仑	C
电 位 差	伏特	V	1	伏特	V
电 容 量	法拉	F	1	法拉	F
电 阻	欧姆	Ω	1	欧姆	Ω
导 电 性	西门子	S	1	西门子	S
电 感	亨利	H	1	亨利	H
电 流	安培	A	1	安培	A

SI 与 CGS 及重力系统单位的对照表

有代表性的计量内容	SI单位	绝 对 单 位 系 统		重 力 单 位 系 统	
		m - kg	ft - lb	m - kgf	ft - lbf
长 度	m	m	ft	m	ft
重 量	kg	kg	lb	kgf·s ² /m	lbf·s ² /ft
时 间	s	s	s	s	s
重 力(力)	N	kg·m/s ²	lb·ft/s ²	kgf	lbf
加 速 度	m/s ²	m/s ²	ft/s ²	kgf/s ²	lbf/s ²
压 力 (压力)	Pa	kg/m·s ²	lb/ft·s ²	kgf/m ²	lbf/ft ²
能	J	kg·m ² /s ²	lb·ft ² /s ²	kgf·m	lbf·ft
功 率	W	kg·m ² /s ³	lb·ft ² /s ³	kgf·m/s	lbf·ft/s
密 度	kg/m ³	kg/m ³	lb/ft ³	kgf·s ² /m ⁴	lbf·s ² /ft ⁴
粘 度	Pa·s	kg/m·s	lb/ft·s	kgf·s/m ²	lbf·s/ft ²
温 度	K	°C	°C	°C	°C

(注) N=10g·cm/s², 1Pa=1N/m², 1J=1N·m, 1W=1N·m/s
 1dyn=1g·cm/s², 1Poundal=1lb·ft/s², 1slug=1lb·s²/ft
 1Poise=1g/cm·s

国际单位系列 (SI)

■ 转换至 SI 单位时使用频率高的单位换算表

● 力

N 牛顿	dyn	kgf
1	1×10^5	$1.019\ 72 \times 10^{-1}$
1×10^{-5}	1	$1.019\ 72 \times 10^{-6}$
9.806 65	$9.806\ 65 \times 10^5$	1

● 压力

Pa 帕斯卡	bar	Pa	atm	mmH ₂ O	mmHg 或 Torr
1	1×10^{-5}	$1.019\ 72 \times 10^{-5}$	$9.869\ 23 \times 10^{-6}$	$1.019\ 72 \times 10^{-1}$	$7.500\ 62 \times 10^{-3}$
1×10^5	1	1.019 72	$9.869\ 23 \times 10^{-1}$	$1.019\ 72 \times 10^4$	$7.500\ 62 \times 10^2$
$9.806\ 65 \times 10^4$	$9.806\ 65 \times 10^{-1}$	1	$9.678\ 41 \times 10^{-1}$	1×10^4	$7.355\ 59 \times 10^2$
$1.013\ 25 \times 10^5$	1.013 25	1.033 23	1	$1.033\ 23 \times 10^4$	$7.600\ 00 \times 10^2$
9.806 65	$9.806\ 65 \times 10^{-5}$	1×10^{-4}	$9.678\ 41 \times 10^{-5}$	1	$7.355\ 59 \times 10^{-2}$
$1.333\ 22 \times 10^2$	$1.333\ 22 \times 10^{-3}$	$1.359\ 51 \times 10^{-3}$	$1.315\ 79 \times 10^{-3}$	$1.359\ 51 \times 10$	1

● 应力

Pa 帕斯卡	MPa 或 N/mm ² 兆帕 牛顿/平方毫米	kgf/mm ²	Pa
1	1×10^{-6}	$1.019\ 72 \times 10^{-7}$	$1.019\ 72 \times 10^{-5}$
1×10^6	1	$1.019\ 72 \times 10^{-1}$	$1.019\ 72 \times 10$
$9.806\ 65 \times 10^6$	9.806 65	1	1×10^2
$9.806\ 65 \times 10^4$	$9.806\ 65 \times 10^{-2}$	1×10^{-2}	1

● 功、能、热量

J 焦耳	kW·h	kgf·m	kcal
1	$2.777\ 78 \times 10^{-7}$	$1.019\ 72 \times 10^{-1}$	$2.388\ 89 \times 10^{-4}$
3.600×10^6	1	$3.670\ 98 \times 10^5$	$8.600\ 0 \times 10^2$
9.806 65	$2.724\ 07 \times 10^{-6}$	1	$2.342\ 70 \times 10^{-3}$
$4.186\ 05 \times 10^3$	$1.162\ 79 \times 10^{-3}$	$4.268\ 58 \times 10^2$	1

注) 1J=1W·s, 1kW·h=3 600 W·s
1cal=4.186 05J(按计量法得出)

● 功率 (工作效率、动力)

kW 千瓦	kgf·m/s	PS	kcal/h
1	$1.019\ 72 \times 10^2$	1.359 62	$8.600\ 0 \times 10^2$
$9.806\ 65 \times 10^{-3}$	1	$1.333\ 33 \times 10^{-2}$	8.433 71
7.355×10^{-1}	7.5×10	1	$6.325\ 29 \times 10^2$
$1.162\ 79 \times 10^{-3}$	$1.185\ 72 \times 10^{-1}$	$1.580\ 95 \times 10^{-3}$	1

注) 1W=1J/s, PS:法国马力
1PS=0.735 5kW (按计量法的实施法得出)
1cal=4.186 05 J (按计量法得出)

● 温度

$$T_1 = T_3 + 273.15$$

$$T_3 = 1.8T_2 + 32$$

T₁: 热力学温度 K (开尔文)

T₂: 摄氏温度 °C (度)

T₃: °F

● 力矩

N·m 焦耳/千克·开尔文	kgf·m
1	0.102 0
9.807	1

● 粘度

Pa·s 帕斯卡	cP	P
1	$1 \times 10_3$	1×10
$1 \times 10_{-3}$	1	$1 \times 10_{-2}$
$1 \times 10_{-1}$	$1 \times 10_2$	1

注) 1P=1dyn·s/cm²=1g/cm·s
1Pa·s=1N·s/m², 1cP=1mPa·s

● 动粘度

m ² /s 平方米/秒	mm ² /S	St
1	1×10^6	1×10^4
1×10^{-6}	1	1×10^{-2}
1×10^{-4}	1×10^2	1

● 热传导率

W/(m·K) 传热系数	kcal/(h·m·°C)
1	$8.600\ 0 \times 10^{-1}$
1.162 79	1

注) 1cal=4.186 05J (按计量法得出)

● 传热系数

W/(m ² ·K) 瓦/平方米·开尔文	kcal/h·m ² ·°C)
1	$8.600\ 0 \times 10^{-1}$
1.162 79	1

注) 1cal=4.186 05J (按计量法得出)

● 比热

J/(kg·K) 焦耳/千克·开尔文	kcal/(kg·°C) cal/(g·°C)
1	$2.388\ 89 \times 10^{-4}$
$4.186\ 05 \times 10^3$	1

注) 1cal=4.186 05J (按计量法得出)