

叶片式 摆动气缸体系

外观		特长		品种选定要点	
叶片式	CRB2-Z系列 尺寸 / 10, 15, 20, 30, 40 		●外部为圆柱体，紧凑	●特别有紧凑性要求的场合。 ●小型轻量，可作为机器人手臂的一部分。 注)即使安装开关单元、角度调整单元，在径向都不凸出。	
	CRBU2系列 尺寸 / 10, 15, 20, 30, 40 	●摆动角度最大可调至280°，外观尺寸也无变化的紧凑型。 ●结构上没有齿隙。 ●配管引出有本体侧面和轴方向2个方向可供选择。 ●双叶片式的外形尺寸与单叶片式相同(尺寸10除外)，但可得到2倍的转矩。 ●采用特殊密封构造，故泄漏量极小。	●纵向、横向、轴向都可安装	●安装方向有限制，有紧凑性要求的场合。	
	CRB1系列 尺寸 / 50, 63, 80, 100 		●即使带磁性开关，配管引出也能选择本体侧面和轴向2个方向。	●摆动角度可到280°，转矩大，且有紧凑性要求的场合。	
	摆台/高精度型 MSUA系列 尺寸 / 1, 3, 7, 20 		●台面的振摆精度高，在0.03mm以内	●台面的振摆精度有要求的场合。	
	摆台 MSUB系列 尺寸 / 1, 3, 7, 20 	●摆动角度最大可调至190°，外观尺寸也无变化的紧凑型。 ●结构上没有齿隙。	●负载可直接安装 ●摆动范围的调整容易 ●角度调整作为标准装备。 ●本体安装时对中容易。	●需要带台面的场合 ●安装方向有限制，有紧凑性要求的场合。 ●作为机械手的一部分使用。	

叶片式／摆动气缸体系

★条件：0.5MPa时的值

动作方式	尺寸	摆动角度						有效转矩 N・m	速度可调范围 s/90°	允许动能 J	页
		90°	100°	180°	190°	270°	280°				
单叶片	10							0.12	0.03~0.3	0.00015	P.47 ∧ P.78
	15							0.32		0.0001	
	20							0.70		0.003	
	30							1.83	0.04~0.3	0.020	
	40							3.73	0.07~0.5	0.040	
	10							0.25	0.03~0.3	0.0003	
	15							0.65		0.0012	
	20							1.45		0.0033	
	30							3.70	0.04~0.3	0.020	
	40							7.59	0.07~0.5	0.040	
单叶片	10							0.12	0.03~0.3	0.00015	P.79 ∧ P.112
	15							0.32		0.0001	
	20							0.70		0.003	
	30							1.83	0.04~0.3	0.020	
	40							3.73	0.07~0.5	0.040	
	10							0.25	0.03~0.3	0.0003	
	15							0.65		0.0012	
	20							1.45		0.0033	
	30							3.70	0.04~0.3	0.020	
	40							7.59	0.07~0.5	0.040	
单叶片	50							5.69	0.1~1	0.082	P.113 ∧ P.145
	63							10.8		0.120	
	80							18.0		0.398	
	100							35.9		0.600	
	50							11.8		0.112	
	63							22.7		0.160	
	80							36.5		0.540	
	100							72.6		0.811	
单叶片	1							0.11	0.07~0.3	0.0065	P.147 ∧ P.178
	3							0.31		0.017	
	7							0.69		0.042	
	20							1.78		0.073	
单叶片	1							0.11		0.005	
	3							0.31		0.013	
	7							0.69		0.032	
	20							1.78		0.056	
双叶片	1							0.23		0.005	
	3							0.62		0.013	
	7							1.42		0.032	
	20							3.63		0.056	

CRB2
-Z

CRBU2

CRB1

MSU

CRJ

CRA1
-Z

CRA1

CRQ2

MSQ

MSZ

CRQ2X
MSQX

MRQ

D-□

[注记] 1.有效转矩：上表的值是代表值，不是保证值，使用时应注意。
2.速度可调范围：超出低速领域的使用，会导致爬行现象或动作停止，应注意。
3.MSU系列，对单叶片式，在摆动端，可调角度为±5°；对双叶片，在摆动端，可调角度为±2.5°
4.MSU系列应考虑平台的转动惯量来算出负载的动能。

齿轮齿条式 摆动气缸体系

外观		特长		品种选定的要求	
齿轮齿条式	CRJB系列 尺寸/05, 1 (基本型) 	●小型・轻量。 ●配线・配管可集中于正面或侧面。 ●无齿隙。	●本体上下面及背面3个方向可安装。	●特别有紧凑性要求的场合。	
	CRJU系列 尺寸/05, 1 (带外部限位器) 	●与叶片式相比，可用于比较低的速度。 ●可选择带气缓冲。	●本体上面及背面2个方向可安装。 ●可角度调整。	●特别有紧凑性要求的场合。 ●需角度调整的场合。	
	CRA1-Z系列 尺寸/50, 63, 80, 100 	●与叶片式相比，可用于比较低的速度。 ●可选择带气缓冲。	●可安装小型磁性开关(D-M9□型)(仅CRA1-Z) ●采用单齿条方式，故有1°以内的微小齿隙。 ●从小型号到大型号，品种丰富。 ●有气液式规格。(尺寸30除外)	●要求安装小型磁性开关(D-M9□型)的场合。 ●需要小型化的场合。	
	CRA1系列 尺寸/30, 50, 63, 80, 100 			●有速度调整范围拓宽要求的场合。 ●要求气液式规格的场合。	
	CRQ2系列 尺寸/10, 15, 20, 30, 40 	(CRA1:30 除外) CRQ2:10,15	●采用双齿条方式，故无齿隙。	●特别需要薄型的场合。 ●要求无齿隙的场合。	
	摆台 MSQ系列 尺寸/1, 2, 3, 7, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 200 	●抑制台面高度的薄型摆台单元。 ●无齿隙。 ●配管引出可选择本体端面和侧面2个方向。 ●可选择带内部缓冲器(尺寸10,20,30,50,70,100,200) ●可选择带外部缓冲器(尺寸10,20,30,50)	●本体安装时对中容易。 ●负载可直接安装。 ●0°~190°之间可调整至任意角度。(调整螺钉型、内部缓冲器型) ●本体可作为法兰利用。	●需要带平台的场合。 ●特别需要薄型的场合。 ●要求无齿隙的场合。	
	尺寸/10, 20, 30, 50 (带外部缓冲器) 				
	3位摆台 MSZ系列 尺寸/10, 20, 30, 50 	●可由一支3位中压式电磁阀控制。 ●无齿隙。	●以中间位置为基准，在左右各0°~95°的范围内摆动端的位置可调整。	●需3位置停止的场合。	
	低速摆动气缸 CRQ2X系列 尺寸/10, 15, 20, 30, 40 	●可以5s/90°稳定动作。	●与CRQ2系列尺寸相同。	●需低速动作的场合。	
	低速摆动气缸 MSQX系列 尺寸/10, 20, 30, 50 		●与MSQ系列的尺寸相同。		

伸摆气缸
MRQ系列
 尺寸/32, 40
 P.379~397

薄型气缸与摆动气缸紧凑的一体化的直进摆动单元



- 摆动角度/80°~100°、170°~190°
- 直进行程/5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 100mm

齿轮齿条式/摆动气缸体系

★条件: 0.5MPa时的值

动作方式	尺寸	摆动角度					★有效转矩 N·m	速度可调范围 s/90°	允许动能 J	页
		90°	100°	180°	190°	360°				
单齿条	05						0.042	0.1~0.5	0.00025	P.179 ∩ P.190
	1						0.095		0.001	
	05						0.042	0.1~0.5	0.0004	
	1						0.095		0.002	
单齿条	30						1.91	0.2~1	0.010	P.191 ∩ P.268
	50						9.27	0.2~2	0.050 ※0.98	
	63						17.2	0.2~3	0.12 ※1.5	
	80						31.7	0.2~4	0.16 ※2.0	
	100						74.3	0.2~5	0.54 ※2.9	
双齿条	10						0.3	0.2~0.7	0.00025	P.269 ∩ P.296
	15						0.75		0.00039	
	20						1.84	0.2~1	0.025 ※0.12	
	30						3.11		0.048 ※0.25	
	40						5.3		0.081 ※0.4	
双齿条	1						0.087	0.2~0.7	0.001	P.297 ∩ P.322
	2						0.18		0.0015	
	3						0.29	0.2~1	0.002	
	7						0.56		0.006	
	10						0.89	0.2~1 (带液压缓冲器) 0.2~0.7	0.007 ※0.039	
	20						1.84		0.025 ※0.116	
	30						2.73		0.048 ※0.116	
	50						4.64		0.081 ※0.294	
	70						6.79	0.2~1.5 (带液压缓冲器) 0.2~1	0.24 ※1.1	
	100						10.1	0.2~2 (带液压缓冲器) 0.2~1	0.32 ※1.6	
	200						19.8	0.2~2.5 (带液压缓冲器) 0.2~1	0.56 ※2.9	
双齿条	10						0.90	0.2~1	0.007	P.323 ∩ P.335
	20						1.78		0.025	
	30						2.65		0.048	
	50						4.75		0.081	
双齿条	10						0.3	0.7~5	0.00025	P.337 ∩ P.377
	15						0.75		0.00039	
	20						1.84		0.025	
	30						3.11		0.048	
双齿条	40						5.3	1~5	0.081	P.337 ∩ P.377
	10						0.89		0.007	
	20						1.84		0.025	
	30						2.73		0.048	
双齿条	50						4.64	1~5	0.081	P.337 ∩ P.377

[注记] 1. 有效转矩: 上表的值是代表值, 不是保证值, 使用时应注意。
2. 速度可调范围: 超出低速领域的使用, 会导致爬行现象或动作停止应注意。

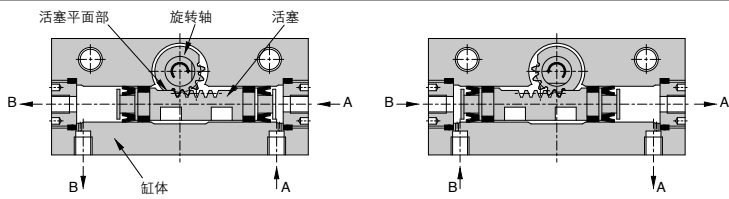
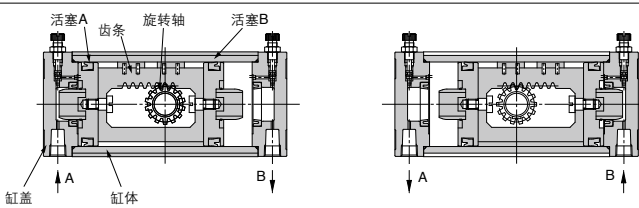
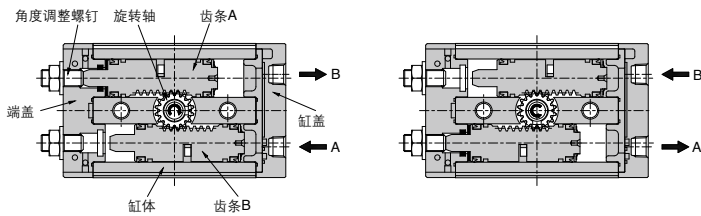
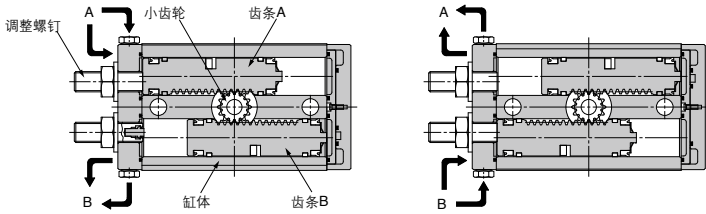
3. 允许动能
※ 符号: CRA1系列及CRQ2系列的允许动能。
带※符号的表示带气缓冲的值。
MSQ系列表示带内部缓冲器的值。
4. MSQ系列外部缓冲器型(L型、H型)的允许动能参见P.315。

CRB2-Z
CRBU2
CRB1
MSU
CRJ
CRA1-Z
CRA1
CRQ2
MSQ
MSZ
CRQ2X
MSQX
MRQ

D-□

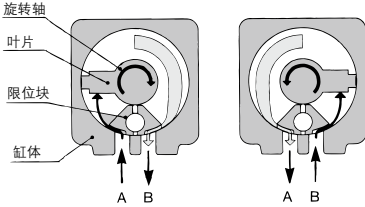
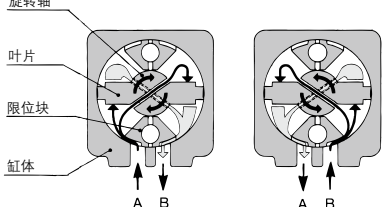
动作原理

齿轮齿条式

系列	动作原理	
CRJ	 1. 由在缸体内滑动的齿条成一体的活塞与旋转轴所构成。 2. A口供气，推活塞右侧，通过齿条齿轮，在旋转轴上产生转矩。 3. 排气侧的空气通过B口排气，旋转轴顺时针方向。 4. 旋转轴的一部分碰到活塞的平面部便停止回转。 5. 从B口供气，旋转轴同样逆时针方向回转。	
CRA1	 1. 摆动气缸是由在缸体内2个滑动的活塞，关于两活塞之间的齿条以及旋转轴等构成。 2. 从A口供气，推动活塞A，通过齿条在旋转轴上产生转矩。 3. 排气侧的空气从B口排出，旋转轴顺时针方向回转。 4. 活塞B碰到缸盖时，旋转轴停止回转。 5. 从B口供气，旋转轴逆时针方向回转。	
CRQ2	 1. 摆动气缸是由在两个平行的气缸内滑动的两个齿条(兼活塞)及旋转轴(兼齿轮)等构成。 2. 从A口供气，推动齿条B的右侧，同时通过缸体内的通道，推动齿条A的左侧，使旋转轴上产生2倍的转矩。 3. 排气侧的空气从B口排出，旋转轴顺时针方向回转。 4. 在齿条B碰到角度调整螺钉时，旋转轴停止回转。 5. 从B口供气，旋转轴逆时针方向回转。	
MSQ	 1. 转台是由在两个平行的气缸内滑动的两个齿条(兼活塞)及旋转轴(兼齿轮)等构成。 2. 从A口供气，推动齿条A的左侧，同进通过缸体内的通道，推动齿条B的右侧，使齿轮上产生2倍的转矩。 3. 排气侧的空气从B口排出，齿轮顺时针方向回转。 4. 在齿条B碰到角度调整螺钉时，齿轮停止回转。 5. 从B口供气，齿轮逆时针方向回转。	

动作原理／负载的安装方法

叶片式

系列	单叶片(S)	双叶片(D)
CRB2 CRB1 CRBU2 MSU	 - 摆动气缸由可在缸体内侧滑动的叶片与之一体化的旋转轴以及限位块构成。 - 从A口供气，推动叶片，在旋转轴上产生转矩。 - 排气侧腔内的空气由B口排出，顺时针方向回转。 - 叶片碰到限位块侧停止。 - 从B口供气，旋转轴逆时针方向回转。	 - 摆动气缸由可在缸体内侧滑动的两个叶片和与之一体化的旋转轴及两个限位块构成。 - 从A口供气，通过旋转轴内的通路，也对另一腔室供气，推动两个叶片回转，在旋转轴上产生转矩。 - 回转动作与单叶片相同。

CRB2
-Z
CRBU2
CRB1
MSU
CRJ
CRA1
-Z
CRA1
CRQ2
MSQ
MSZ
CRQ2X
MSQX
MRQ

负载的安装方法

对一面铣平的回转轴，直接连接负载的方法

考虑到回转轴的一面铣平面所受压强等，固定负载用螺钉尺寸推荐使用表1、2的值。

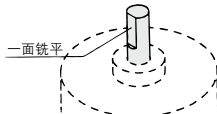


表1. 用螺钉直接固定的场合(参见图1)

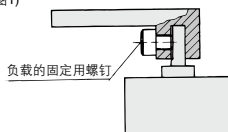
代表型号	尺寸	轴径	螺钉尺寸
CRQ2	10	5	M5以上
	15	6	
CRB2	10	4	M4以上
	15	5	M5以上
	20	6	
	30	8	M6以上
CRBU2	10	4	M4以上
	15	5	M5以上
	20	6	
	30	8	M6以上
CRJ	05	5	M5以上
	1	6	

表2. 用固定板的场合(参照图2)

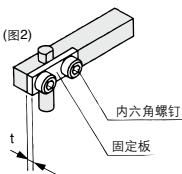
代表型号	尺寸	轴径	螺钉尺寸	板厚(t)
CRQ2	10	5	M3以上	2.3以上
	15	6		3.6以上
CRB2	10	4	M3以上	2 以上
	15	5		2.3以上
	20	6	M4以上	3.6以上
	30	8	M5以上	4 以上
CRBU2	10	4	M3以上	2 以上
	15	5		2.3以上
	20	6	M4以上	3.6以上
	30	8	M5以上	4 以上
CRJ	05	5	M3以上	2.3以上
	1	6	M4以上	3.6以上

上表的板厚(t)为使用碳钢时的参考值。
固定板自配。

(图1)



(图2)



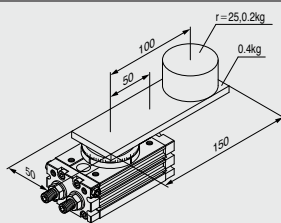
D-□

摆动气缸的选型步骤

① 转动惯量的算出	P.24
①-1 转动惯量的计算式一览表	P.25
①-2 转动惯量的计算例	P.26
①-3 转动惯量计算用图	P.28
② 必要转矩的算出	P.30
②-1 负载的种类	P.30
②-2 有效转矩	P.31
②-3 每个品种的有效转矩	P.31
③ 摆动时间的确认	P.33
④ 计算动能	P.34
④-1 允许动能和摆动时间调整范围	P.35
④-2 转动惯量和摆动时间	P.36
⑤ 允许负载的确认	P.39
⑥ 空气消耗量及所需空气量的算出	P.40
⑥-1 内部容积和空气消耗量	P.41
⑥-2 空气消耗量计算图	P.43

摆动气缸的选型步骤

(低速摆动气缸 CRQ2X/MSQX 的型号选定参见 P.338~343。)

选型步骤	备注	选定例
◆使用条件列举 列举使用条件。 ・试选型号 ・使用压力 MPa ・安装方式 ・负载的种类 静负载 阻性负载 惯性负载 ・负载的尺寸 m ・负载的质量 kg ・摆动时间 s ・摆动角度 rad	・负载的种类参见P.30。 ・摆动角度的单位是弧度。 $180^\circ = \pi \text{rad}$ $90^\circ = \pi/2 \text{rad}$	 试选型号: MSQB30A 使用压力: 0.3MPa 安装姿势: 垂直 负载的种类: 惯性负载 摆动时间: 1.5s 摆动角度: $\theta = \pi \text{rad}(180^\circ)$
1 计算转动惯量 计算负载的转动惯量 ⇒ P.24	・由多个零部件组成的负载，计算各个负载的转动惯量再合计。	负载1的转动惯量: I_1 $I_1 = 0.4 \times \frac{0.15^2 + 0.05^2}{12} + 0.4 \times 0.05^2 = 0.001833$ 负载2的转动惯量: I_2 $I_2 = 0.2 \times \frac{0.025^2}{2} + 0.2 \times 0.1^2 = 0.002063$ 全体的转动惯量: I $I = I_1 + I_2 = 0.003896 [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$
2 计算必要转矩 计算相应种类负载的必要转矩，确认在有效转矩范围内。 ・静负载(Ts)の場合 必要转矩 $T = T_s$ ・阻性负载(Tf)の場合 必要转矩 $T = T_f \times (3 \sim 5)$ ・惯性负载(Ta)の場合 必要转矩 $T = T_a \times 10$ ⇒ P.30	・即便是阻性负载，若负载摆动的场合，由惯性负载求得必要的转矩是必要的。 必要转矩 $T = T_f \times (3 \sim 5) + T_a \times 10$	惯性负载: T_a $T_a = I \cdot \omega$ $\omega = \frac{2\theta}{t^2} [\text{rad/s}^2]$ 必要转矩: T $T = T_a \times 10$ $= 0.003896 \times \frac{2 \times \pi}{1.5^2} \times 10 = 0.109 [\text{N} \cdot \text{m}]$ $0.109 \text{Nm} < \text{有效转矩OK}$
3 摆动时间的确认 确认在摆动时间调整范围内。 ⇒ P.33	・换算成每90°的时间来检查。 (把1.0s/180°换算成0.5s/90°比较)	$0.2 \leq t \leq 1.0$ $t = 0.75 \text{s}/90^\circ \text{ OK}$
4 计算动能 计算负载的动能，确认在允许范围内。从转动惯量和摆动时间的图也可确认。(P.36~38) ⇒ P.34	・超过允许值的场合，需在外部设置缓冲器或缓冲机构。	动能: E $E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$ $\omega = \frac{2 \cdot \theta}{t}$ $E = 0.003896 \times \left(\frac{2 \times \pi}{1.5} \right)^2 \times 0.03414 [\text{J}]$ $0.03414 [\text{J}] < \text{允许动能 OK}$
5 确认允许负载重 确认作用在产品上的负载重在允许范围内。 ⇒ P.39	・超过允许值的场合，需在外部设置轴承。	力矩负载重: M $M = 0.4 \times 9.8 \times 0.05 + 0.2 \times 9.8 \times 0.1$ $= 0.392 [\text{N} \cdot \text{m}]$ $0.392 [\text{N} \cdot \text{m}] < \text{力矩负载重 OK}$
6 计算空气消耗量及所需空气量 结合所需，计算出空气消耗量及所需空气量。 ⇒ P.40		

CRB2-Z
CRBU2
CRB1
MSU
CRJ
CRA1-Z
CRA1
CRQ2
MSQ
MSZ
CRQ2X
MSQX
MRQ

D-□

摆动气缸的选型步骤

①转动惯量的算出

转动惯量是表示回转体惯性大小的值，表示物体的回转难度，停止难度。
选定摆动气缸，在求必要的转矩及动能时，也需要负载的转动惯量值。

用执行器让负载动作，该负载便产生动能。想让运动的负载停止时，此负载所具有的动能有必要靠限位器和液压缓冲器吸收。
负载的动能可以用图1(直线连动的场合)及图2(摆动运动的场合)上所示的公式计算。

直线运动场合的动能由(1)式若速度V一定，则与质量m成比例，摆动运动的场合由(2)式，若角速度 ω 一定，则与转动惯量成比例。

直线运动的场合

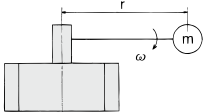


$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 \dots\dots\dots(1) \text{式}$$

E: 动能
m: 负载的质量
V: 速度

图1 直线运动

摆动运动的场合



$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 \cdot \omega^2 \dots\dots\dots(2) \text{式}$$

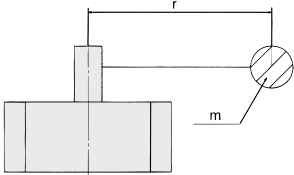
E: 动能
I: 转动惯量(=m·r²)
 ω : 角速度
m: 质量
r: 回转半径

图2 摆动运动

由于转动惯量与负载的质量及回转半径的二次方成比例，即便负载的质量相同，回转半径大的场合，转动惯量变成二次方大，故动能也很大，有可能造成产品破损。
因此，对摆动动能，不仅要考虑负载的质量，还要考虑转动惯量来选型。

惯性转动惯量的计算式

转动惯量的基本式为下。



$$I = m \cdot r^2$$

m: 质量
r: 回转半径

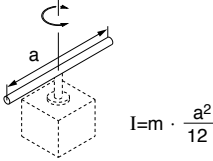
此式表示离回转轴距离r质量为m的负载对回转轴的转动惯量。
对实际的负载，按下页所示的形状来决定转动惯量的计算式。
⇒ P.25 转动惯量计算式一览表
⇒ P.26, 27 转动惯量的计算例
⇒ P.28, 29 转动惯量算出用图

①-1 转动惯量计算式一览表

I: 转动惯量 m: 负载质量

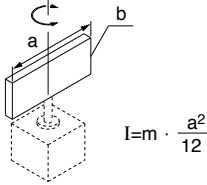
① 细棒

回转轴的位置: 垂直通过棒的重心



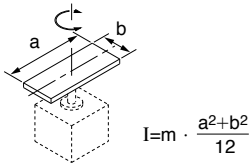
② 薄的长方形板

回转轴的位置: 平行于b边通过重心



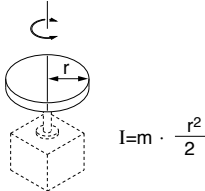
③ 薄的长方形板(含长方体)

回转轴的位置: 垂直于板, 通过重心



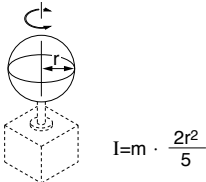
④ 圆板(含圆柱体)

回转轴的位置: 通过中心轴



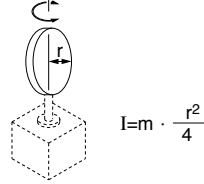
⑤ 实心球

回转轴的位置: 通过直径



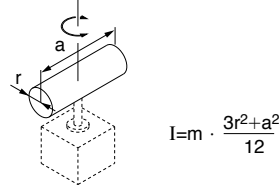
⑥ 薄圆板

回转轴的位置: 通过直径



⑦ 圆筒

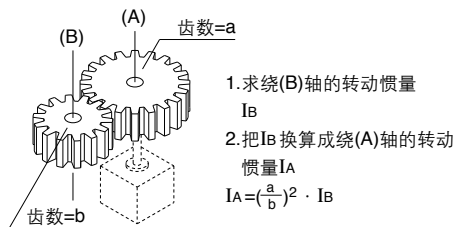
回转轴的位置: 通过直径及重心



⑧ 回转轴与负载重心不一致的场合



⑨ 齿轮传动的场合



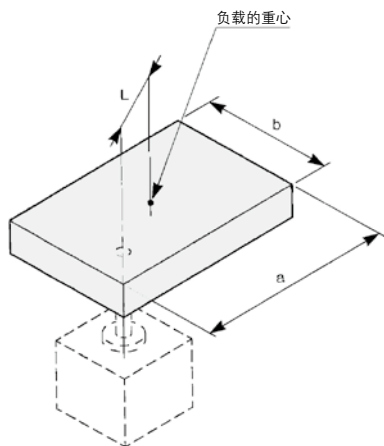
CRB2
-Z
CRBU2
CRB1
MSU
CRJ
CRA1
-Z
CRA1
CRQ2
MSQ
MSZ
CRQ2X
MSQX
MRQ

D-□

摆动气缸的选型步骤

①-2转动惯量的计算例

1 回转轴在负载的任意点的场合



例) ①负载是薄的长方形板时
设回转轴在负载的重心求 I_1 。

$$I_1 = m \cdot \frac{a^2 + b^2}{12}$$

②设负载自身的质量集中于负载的重心。
可求绕实际回转的转动惯量 I_2 。

$$I_2 = m \cdot L^2$$

③求实际的转动惯量 I 。

$$I = I_1 + I_2$$

(m : 负载的质量
 L : 回转轴至负载重心的距离)

计算例

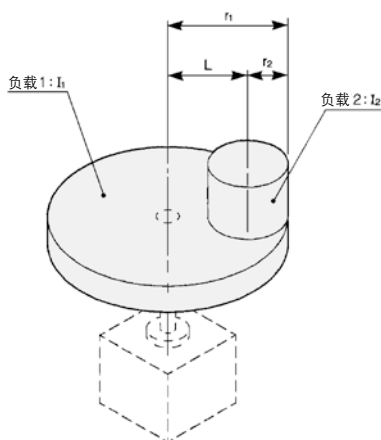
$$a=0.2\text{m}, b=0.1\text{m}, L=0.05\text{m}, m=1.5\text{kg时}$$

$$I_1 = 1.5 \times \frac{0.2^2 + 0.1^2}{12} = 6.25 \times 10^{-3} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_2 = 1.5 \times 0.05^2 = 3.75 \times 10^{-3} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I = (6.25 + 3.75) \times 10^{-3} = 0.01 \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

2 分解为多个负载的场合



例) ①负载分解成2个圆柱体时
 $\begin{cases} \text{负载1的重心与回转轴一致} \\ \text{负载2的重心与回转轴不同} \end{cases}$
 求负载1的转动惯量

$$I_1 = m_1 \cdot \frac{r_1^2}{2}$$

②求负载2的转动惯量

$$I_2 = m_2 \cdot \frac{r_2^2}{2} + m_2 \cdot L^2$$

③求实际的转动惯量

$$I = I_1 + I_2$$

(m_1, m_2 : 负载1、2的质量
 r_1, r_2 : 负载1、2的半径
 L : 回转轴至负载2的重心的距离)

计算例

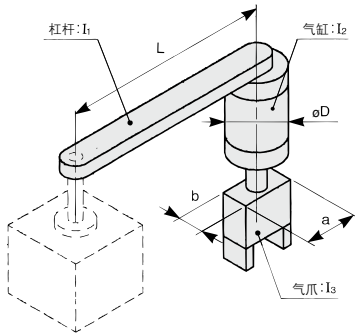
$$m_1=2.5\text{kg}, m_2=0.5\text{kg}, r_1=0.1\text{m}, r_2=0.02\text{m}, L=0.08\text{m时}$$

$$I_1 = 2.5 \times \frac{0.1^2}{2} = 1.25 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_2 = 0.5 \times \frac{0.02^2}{2} + 0.5 \times 0.08^2 = 0.33 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I = (1.25 + 0.33) \times 10^{-2} = 1.58 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

3 回转轴上带杠杆、杠杆前端装有气缸和气爪的场合



计算例

$L=0.2\text{m}$, $\phi D=0.06\text{m}$, $a=0.06\text{m}$, $b=0.03\text{m}$, $m_1=0.5\text{kg}$, $m_2=0.4\text{kg}$, $m_3=0.2\text{kg}$ 时

$$I_1 = 0.5 \times \frac{0.2^2}{3} = 0.67 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$\text{kg} \cdot \text{m}^2$

$$I_2 = 0.2 \times \frac{0.06^2 + 0.03^2}{12} + 0.2 \times 0.2^2 = 0.81 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_3 = 0.4 \times \frac{(0.06/2)^2}{2} + 0.4 \times 0.2^2 = 1.62 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$\text{kg} \cdot \text{m}^2$

$$I = (0.67 + 1.62 + 0.81) \times 10^{-2} = 3.1 \times 10^{-2} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

例) ①求杠杆的转动惯量

$$I_1 = m_1 \cdot \frac{L^2}{3}$$

②求气缸的转动惯量

$$I_2 = m_2 \cdot \frac{(D/2)^2}{2} + m_2 \cdot L^2$$

③求气爪的转动惯量

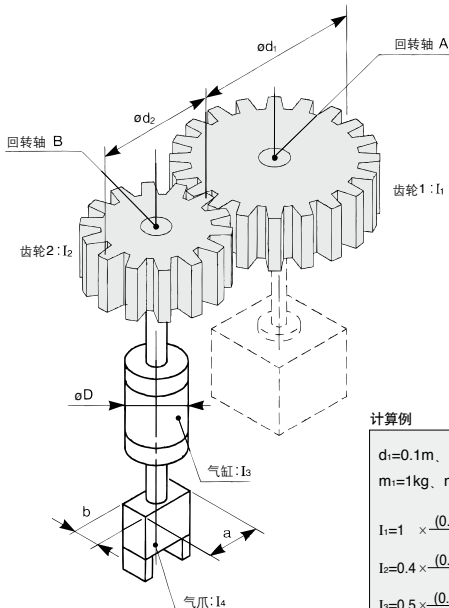
$$I_3 = m_3 \cdot \frac{a^2 + b^2}{12} + m_3 \cdot L^2$$

④求实际的转动惯量

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

(m_1 : 杠杆的质量
 m_2 : 气缸的质量
 m_3 : 气爪的质量)

4 通过齿轮摆动负载的场合



计算例

$d_1=0.1\text{m}$, $d_2=0.05\text{m}$, $D=0.04\text{m}$, $a=0.04\text{m}$, $b=0.02\text{m}$

$m_1=1\text{kg}$, $m_2=0.4\text{kg}$, $m_3=0.5\text{kg}$, $m_4=0.2\text{kg}$, 齿数比=2时

$$I_1 = 1 \times \frac{(0.1/2)^2}{2} = 1.25 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_2 = 0.2 \times \frac{0.04^2 + 0.02^2}{12} = 0.03 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_3 = 0.4 \times \frac{(0.05/2)^2}{2} = 0.13 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_4 = (0.13 + 0.1 + 0.03) \times 10^{-3} = 0.26 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_5 = 0.5 \times \frac{(0.04/2)^2}{2} = 0.1 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_6 = 2^2 \times 0.26 \times 10^{-3} = 1.04 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I = (1.25 + 1.04) \times 10^{-3} = 2.29 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

例) ①求绕回转轴A的转动惯量。

$$I_1 = m_1 \cdot \frac{(d_1/2)^2}{2}$$

②求绕回转轴B的转动惯量 I_2 、 I_3 、 I_4 。

$$I_2 = m_2 \cdot \frac{(d_2/2)^2}{2} \quad I_3 = m_3 \cdot \frac{(D/2)^2}{2}$$

$$I_4 = m_4 \cdot \frac{a^2 + b^2}{12}$$

$$I_5 = I_2 + I_3 + I_4$$

③把回转轴B的转动惯量 I_5 转换成绕

回转轴A的转动惯量 I_6 。

$$I_6 = (A/B)^2 \cdot I_5 \quad [A/B: \text{齿数比}]$$

④求实际的转动惯量

$$I = I_1 + I_6$$

(m_1 : 齿轮1的质量
 m_2 : 齿轮2的质量
 m_3 : 气缸的质量
 m_4 : 气爪的质量)

CRB2

-Z

CRBU2

CRB1

MSU

CRJ

CRA1

-Z

CRA1

CRQ2

MSQ

MSZ

CRQ2X

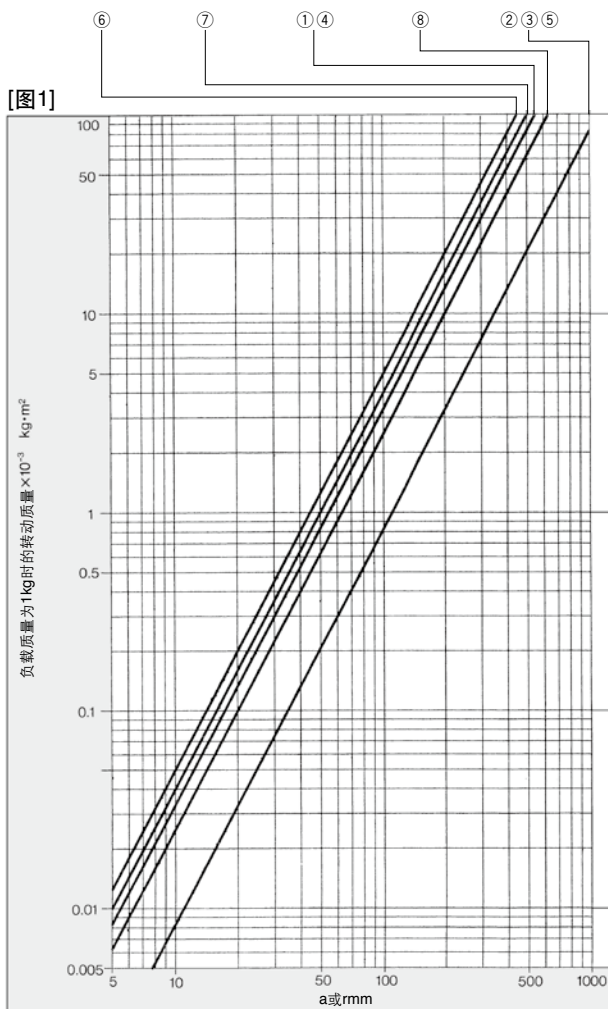
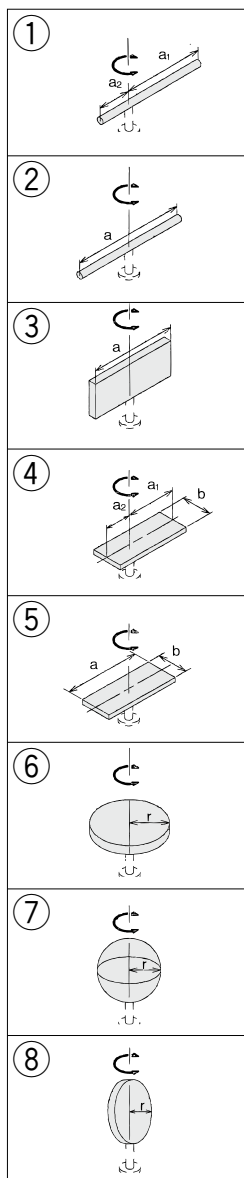
MSQX

MRQ

D-□

摆动气缸的选型步骤

1-3 转动惯量计算用图



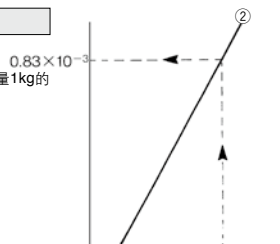
读图方法: 负载的尺寸仅a或r的场合

[例] 负载形状②、 $a=100\text{mm}$ 负载质量为0.1kg时

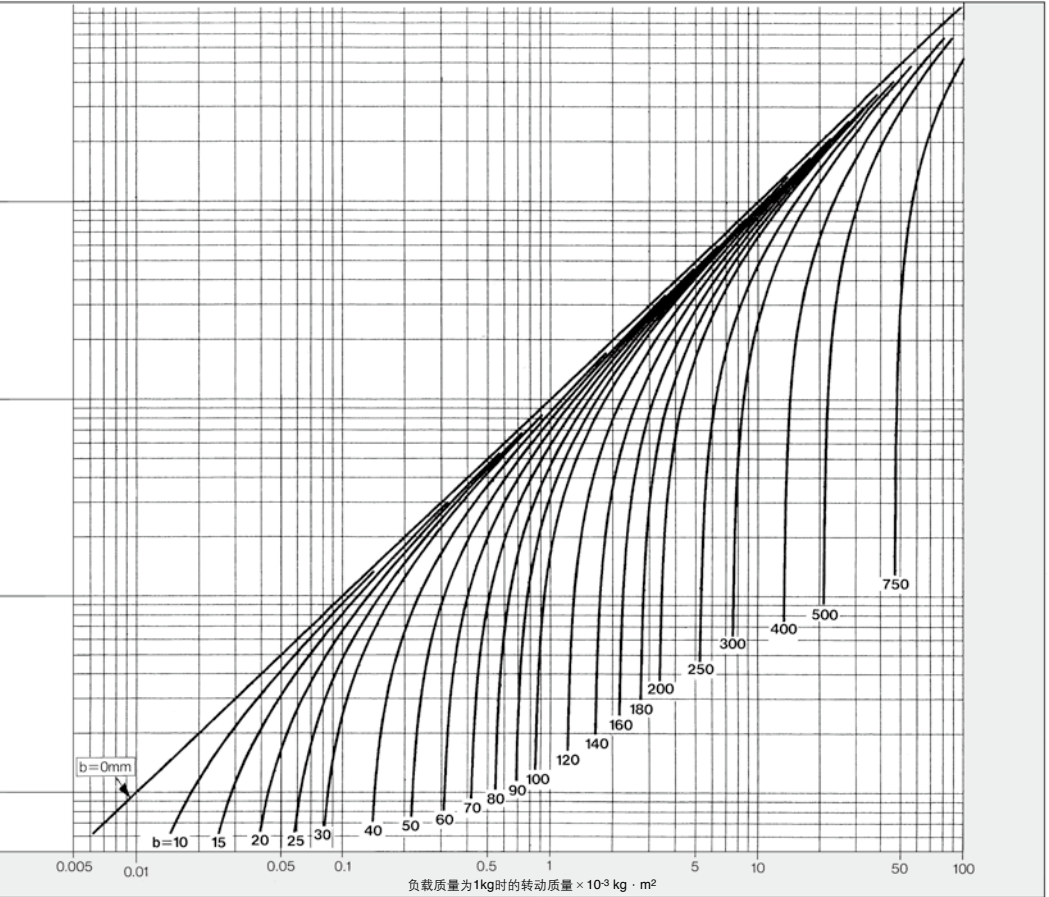
由[图1], $a=100\text{mm}$ 的纵线与负载形状②线的交点, 可读出质量1kg的转动惯量为 $0.83 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$

因负载的质量为0.1kg, 故实际的转动惯量为
 $0.83 \times 10^{-3} \times 0.1 = 0.083 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$

【注:a分为 a_1 和 a_2 时, 求出各个转动惯量再加起来。】



[图2]

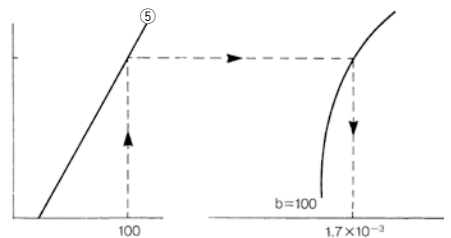


读图方法: 负载的尺寸含a和b负载の場合

[例] 负载形状⑤, $a=100\text{mm}$, $b=100\text{mm}$, 负载的质量 0.5kg 时

由[图1], $a=100\text{mm}$ 的纵线与负载形状⑤线的交点, 从此交点作水平线至[图2], 与 $b=100\text{mm}$ 的曲线的交点, 可读出质量 1kg 的转动惯量为 $1.7 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ 。

因负载的质量为 0.5kg , 故实际的转动惯量为 $1.7 \times 10^{-3} \times 0.5 = 0.85 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$

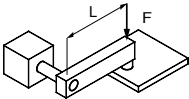
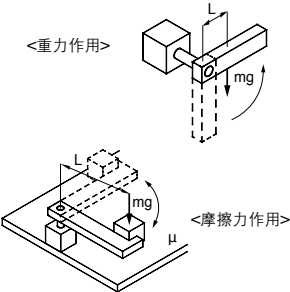
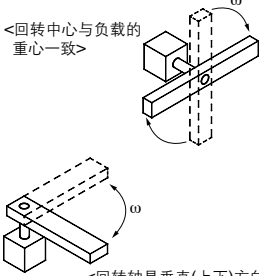


摆动气缸的选型步骤

② 必要转矩的算出

②-1 负载的种类

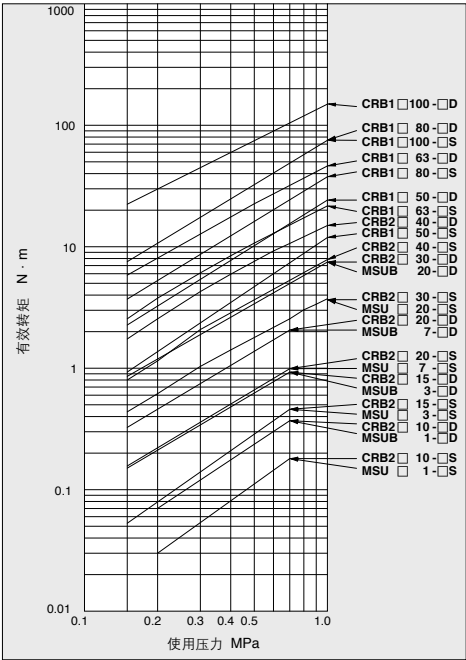
根据负载的种类，必要转矩的算出方法不同。可参见下表求出必要的转矩。

负载的种类		
静负荷: Ts	阻性负载: Tf	惯性负载: Ta
仅必需推力的场合(夹紧等) 	在回转方向有重力和摩擦力作用的场合 	让具有惯性的负载回转的场合 
$Ts = F \cdot L$ Ts: 静负载(N · m) F: 夹紧力(N) L: 摆动中心至夹紧位置的距离(m)	在回转方向重力作用的场合 $Tf = m \cdot g \cdot L$ 在回转方向摩擦力作用的场合 $Tf = \mu \cdot m \cdot g \cdot L$ Tf: 阻性负载(N · m) m: 负载的质量(kg) g: 重力加速度 9.8(m/s ²) L: 摆动中心至重力或摩擦力的作用点的距离(m) μ : 摩擦系数	$Ta = I \cdot \omega = I \cdot \frac{2\theta}{t^2}$ Ta: 惯性负载(N · m) I: 转动惯量(kg · m ²) ω : 角加速度(rad/s ²) θ : 摆动角度(rad) t: 摆动时间(s)
必要转矩 $T = Ts$	必要转矩 $T = Tf \times (3 \sim 5)$ 注1)	必要转矩 $T = Ta \times 10$ 注1)
· 阻性负载的场合→在回转方向有重力和摩擦力的作用 例1) 回转轴处水平(横)方向, 回转中心与负载的重心不一致 例2) 负载在地面滑动 ※必要转矩应是阻性负载与惯性负载的合计。 $T = Tf \times (3 \sim 5) + Ta \times 10$ · 不是阻性负载的场合 → 在回转方向没有重力和摩擦力的作用。 例1) 回转轴处垂直(上下)方向 例2) 回转轴处水平(横)方向, 回转中心与负载的重心一致 ※必要转矩仅惯性负载。 $T = Ta \times 10$ 注1) 为了进行速度调整, 对Tf, Ta应留有余量。		

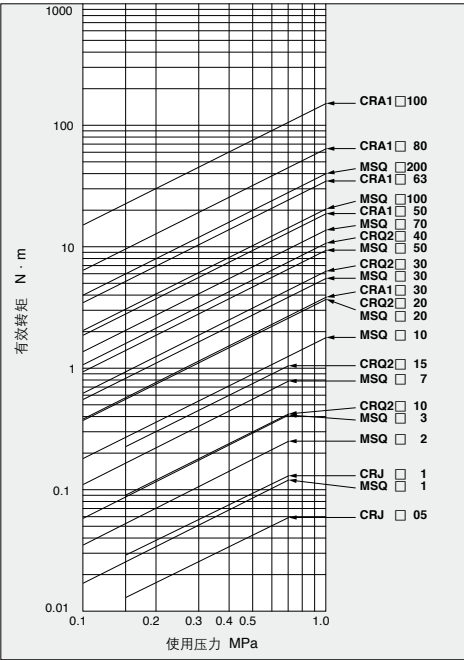
⇒ P.31 有效转矩
⇒ P.31、32 不同系列的有效转矩

②-2 有效转矩

[图3] CRB2/CRBU2/CRB1/MSU 系列



[图4] CRA1/CRQ2/MSQ/CRJ 系列

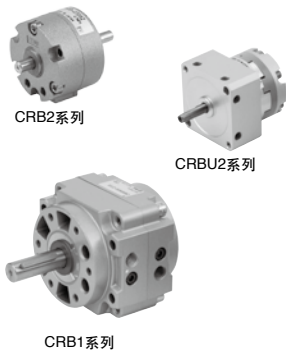


- CRB2-Z
- CRBU2
- CRB1
- MSU
- CRJ
- CRA1-Z
- CRA1
- CRQ2
- MSQ
- MSZ
- CRQ2X
- MSQX
- MRQ

②-3不同系列的有效转矩

叶片式/CRB2□·CRBU2□·CRB1□系列

(N · m)



尺寸	叶片形式	使用压力(MPa)									
		0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
10	单叶片	—	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	—	—	—
	双叶片	—	0.07	0.13	0.19	0.25	0.31	0.37	—	—	—
15	单叶片	0.06	0.10	0.17	0.24	0.32	0.39	0.46	—	—	—
	双叶片	0.13	0.20	0.34	0.48	0.65	0.79	0.93	—	—	—
20	单叶片	0.16	0.23	0.39	0.54	0.70	0.84	0.99	—	—	—
	双叶片	0.33	0.47	0.81	1.13	1.45	1.76	2.06	—	—	—
30	单叶片	0.44	0.62	1.04	1.39	1.83	2.19	2.58	3.03	3.40	3.73
	双叶片	0.90	1.26	2.10	2.80	3.70	4.40	5.20	6.09	6.83	7.49
40	单叶片	0.81	1.21	2.07	2.90	3.73	4.55	5.38	6.20	7.03	7.86
	双叶片	1.78	2.58	4.3	5.94	7.59	9.24	10.89	12.5	14.1	15.8
50	单叶片	1.20	1.86	3.14	4.46	5.69	6.92	8.14	9.5	10.7	11.9
	双叶片	2.70	4.02	6.60	9.21	11.8	14.3	16.7	19.4	21.8	24.2
63	单叶片	2.59	3.77	6.11	8.45	10.8	13.1	15.5	17.8	20.2	22.5
	双叶片	5.85	8.28	13.1	17.9	22.7	27.5	32.3	37.0	41.9	46.7
80	单叶片	4.26	6.18	10.4	14.2	18.0	21.9	25.7	30.0	33.8	37.6
	双叶片	8.70	12.6	21.1	28.8	36.5	44.2	51.8	60.4	68.0	75.6
100	单叶片	8.6	12.2	20.6	28.3	35.9	43.6	51.2	59.7	67.3	75
	双叶片	17.9	25.2	42.0	57.3	72.6	87.9	103	120	135	150

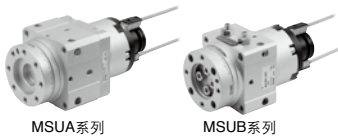
D-□

摆动气缸的选型步骤

2-3不同系列的有效转矩

叶片式/摆台：MSU□系列

单位：N · m

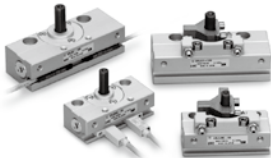


尺寸	叶片形式	使用压力(MPa)									
		0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1	单叶片	-	0.03	0.06	0.09	0.11	0.14	0.17	-	-	-
	双叶片	-	0.06	0.12	0.18	0.23	0.29	0.35	-	-	-
3	单叶片	0.05	0.09	0.16	0.23	0.31	0.38	0.45	-	-	-
	双叶片	0.11	0.18	0.32	0.46	0.62	0.77	0.91	-	-	-
7	单叶片	0.14	0.21	0.37	0.52	0.69	0.83	0.98	-	-	-
	双叶片	0.29	0.44	0.78	1.10	1.42	1.74	2.04	-	-	-
20	单叶片	0.40	0.58	0.99	1.38	1.78	2.19	2.58	2.99	3.39	3.73
	双叶片	0.86	1.22	2.04	2.82	3.63	4.43	5.22	6.04	6.83	7.49

※双叶片仅MSUB系列。

齿轮齿条式/CRJ□系列

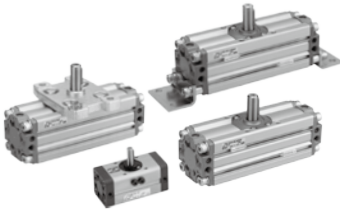
单位：N · m



尺寸	使用压力(MPa)						
	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
05	0.013	0.017	0.026	0.034	0.042	0.050	0.059
1	0.029	0.038	0.057	0.076	0.095	0.11	0.13

齿轮齿条式/CRA1□系列

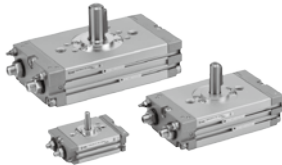
单位：N · m



尺寸	使用压力(MPa)									
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
30	0.38	0.76	1.14	1.53	1.91	2.29	2.67	3.05	3.44	3.82
50	1.85	3.71	5.57	7.43	9.27	11.2	13.0	14.9	16.7	18.5
63	3.44	6.88	10.4	13.8	17.2	20.6	24.0	27.5	31.0	34.4
80	6.34	12.7	19.0	25.3	31.7	38.0	44.4	50.7	57.0	63.4
100	14.9	29.7	44.6	59.4	74.3	89.1	104	119	133	149

齿轮齿条式/CRQ2□系列

单位：N · m



尺寸	使用压力(MPa)										
	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
10	-	0.09	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	-	-	-
15	-	0.22	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.04	-	-	-
20	0.37	0.55	0.73	1.10	1.47	1.84	2.20	2.57	2.93	3.29	3.66
30	0.62	0.94	1.25	1.87	2.49	3.11	3.74	4.37	4.99	5.60	6.24
40	1.06	1.59	2.11	3.18	4.24	5.30	6.36	7.43	8.48	9.54	10.6

齿轮齿条式/摆台：MSQ□系列

单位：N · m



尺寸	使用压力(MPa)									
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
1	0.017	0.035	0.052	0.070	0.087	0.10	0.12	-	-	-
2	0.035	0.071	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	-	-	-
3	0.058	0.12	0.17	0.23	0.29	0.35	0.41	-	-	-
7	0.11	0.22	0.33	0.45	0.56	0.67	0.78	-	-	-
10	0.18	0.36	0.53	0.71	0.89	1.07	1.25	1.42	1.60	1.78
20	0.37	0.73	1.10	1.47	1.84	2.20	2.57	2.93	3.29	3.66
30	0.55	1.09	1.64	2.18	2.73	3.19	3.82	4.37	4.91	5.45
50	0.93	1.85	2.78	3.71	4.64	5.57	6.50	7.43	8.35	9.28
70	1.36	2.72	4.07	5.43	6.79	8.15	9.50	10.9	12.2	13.6
100	2.03	4.05	6.08	8.11	10.1	12.2	14.2	16.2	18.2	20.3
200	3.96	7.92	11.9	15.8	19.8	23.8	27.7	31.7	35.6	39.6

③ 摆动时间的确认

为了稳定的动作，每个产品都有摆动时间调整范围。应在下表所示范围内设定摆动时间。

代表系列	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	3	4	5	10	20	30	
CRB2			尺寸: 10, 15, 20													CRB2-Z
			尺寸: 30													CRBU2
CRB1				尺寸: 40												CRB1
				尺寸: 50, 63, 80, 100												MSU
CRBU2			尺寸: 10, 15, 20													CRJ
			尺寸: 30													CRA1-Z
MSU□				尺寸: 40												CRA1
				尺寸: 1, 3, 7, 20												CRQ2
CRJ				尺寸: 05, 1												MSQ
				尺寸: 30												MSZ
CRA1					尺寸: 50											CRQ2X
					尺寸: 63											MSQX
					尺寸: 80											MRQ
					尺寸: 100											
					尺寸: 50, 63, 80, 100(气流规格)											
CRQ2					尺寸: 10, 15											
					尺寸: 20, 30, 40											
MSQ					尺寸: 1, 2, 3											
					尺寸: 10, 20, 30, 50(内置吸收器)											
					※尺寸: 7, 10, 20, 30, 50											
					尺寸: 70, 100, 200(内置吸收器)											
					尺寸: 70											
					尺寸: 100											
					尺寸: 200											

※基本型・带外部吸收器的场合
一旦使用调整范围之外的低速范围，会导致爬行或动作停止。

摆动气缸的选型步骤

④ 计算动能

由于负载回转，则具有动能。此动能在动作端以惯性力作用在产品上，会导致产品破损。
故每个产品上都规定了可允许的动能大小。
求负载的动能，确认在所使用产品的允许值以下。

动能

按下式求负载的动能。

$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

E: 动能(J)

I: 转动惯量(kg · m²)

ω: 角速度(rad/s)

※MSU系列的场合，在负载的转动惯量上再加上下表的价值进行计算。

系列	转动惯量增加值,Io
MSU□ 1	2.5 × 10 ⁻⁶
MSU□ 3	6.2 × 10 ⁻⁶
MSU□ 7	1.6 × 10 ⁻⁵
MSU□ 20	2. × 10 ⁻⁵

MSU系列的动能计算式

$$E \frac{1}{2} (I + I_o) \omega^2$$

角速度

$$\omega = \frac{2\theta}{t}$$

ω: 角速度(rad/s)

θ: 摆动角度(rad)

t: 摆动时间(s)

但对气液型，每90°的摆动时间会长2s，使用下式。

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

- ⇒ P.35 允许动能和摆动时间调整范围
- ⇒ P.36~38 转动惯量和摆动时间

求不超过产品的允许动能的摆动时间，可使用下式。

角速度 $\omega = \frac{2\theta}{t}$ 的场合

$$t \geq \sqrt{\frac{2 \cdot I \cdot \theta^2}{E}}$$

t: 摆动时间(s)

I: 转动惯量(kg · m²)

θ: 摆动角度(rad)

E: 允许动能(J)

角速度 $\omega = \frac{\theta}{t}$ 的场合

$$t \geq \sqrt{\frac{I \cdot \theta^2}{E}}$$

④-1 允许动能和摆动时间调整范围

表1(a)单叶片允许动能和摆动时间调整范围

型号	允许动能(J)		动作上稳定的 摆动时间调整范围 (°/90°)
	未使用 热缓冲	使用 热缓冲	
CRB2 □ 10	0.00015	—	0.03~0.3
CRB2 □ 15	0.00025	0.001	
CRB2 □ 20	0.00040	0.003	
CRB2 □ 30	0.015	0.020	
CRB2 □ 40	0.030	0.040	0.04~0.3
CRB1 □ 50	—	0.082	0.1~1
CRB1 □ 63	—	0.120	
CRB1 □ 80	—	0.398	
CRB1 □ 100	—	0.600	
CRBU2 □ 10	0.00015	—	
CRBU2 □ 15	0.00025	0.001	0.03~0.3
CRBU2 □ 20	0.0004	0.003	0.04~0.3
CRBU2 □ 30	0.015	0.02	
CRBU2 □ 40	0.030	0.040	
MSUA 1	0.0065	—	0.07~0.3
MSUA 3	0.017	—	
MSUA 7	0.042	—	
MSUA 20	0.073	—	
MSUB 1	0.005	—	
MSUB 3	0.013	—	
MSUB 7	0.032	—	
MSUB 20	0.056	—	

表1(b)双叶片允许动能和摆动时间调整范围

型号	允许动能(J)		动作上稳定的 摆动时间调整范围 (°/90°)
	未使用 热缓冲	使用 热缓冲	
CRB2 □ 10	0.0003	—	0.03~0.3
CRB2 □ 15	0.0005	0.0012	
CRB2 □ 20	0.0007	0.0033	
CRB2 □ 30	0.015	0.020	
CRB2 □ 40	0.030	0.040	0.04~0.3
CRB1 □ 50	—	0.112	0.1~1
CRB1 □ 63	—	0.160	
CRB1 □ 80	—	0.540	
CRB1 □ 100	—	0.811	
CRBU2 □ 10	0.0003	—	
CRBU2 □ 15	0.0005	0.0012	0.03~0.3
CRBU2 □ 20	0.0007	0.0033	0.04~0.3
CRBU2 □ 30	0.015	0.020	
CRBU2 □ 40	0.030	0.040	
MSUB 1	0.005	—	0.07~0.3
MSUB 3	0.013	—	
MSUB 7	0.032	—	
MSUB 20	0.056	—	

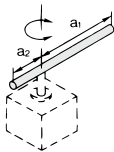
注) 所谓未使用热缓冲, 是指利用外部限位器等在摆动途中使之停止的使用场合。
注) 所谓使用热缓冲, 是指利用内部限位器, 在各个摆动端使之停止的使用场合。

计算例

负载的形状: 圆棒

a: 部长度 : 0.12m 摆动角度: 90°
a: 部长度 : 0.04m 摆动时间: 0.9°/s
a: 部质量(m): 0.09kg
a: 部质量(m): 0.03kg

$$I = m_1 \cdot \frac{a_1^2}{3} + m_2 \cdot \frac{a_2^2}{3}$$



(步骤1) 求角速度ω

$$\omega = \frac{2\theta}{t} = \frac{2}{0.9} \left(\frac{\pi}{2} \right) = 3.489 \text{ rad/s}$$

(步骤2) 计算转动惯量I。

$$I = \frac{m_1 \cdot a_1^2}{3} + \frac{m_2 \cdot a_2^2}{3} = \frac{0.09 \times 0.12^2}{3} + \frac{0.03 \times 0.04^2}{3} = 4.48 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

(步骤3) 计算动能E。

$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \times 4.48 \times 10^{-4} \times 3.489^2 = 0.00273 \text{ J}$$

表2. 允许动能和摆动时间调整范围

型号	允许动能(J)		缓冲 角度	动作上稳定的 摆动时间调整范围 (°/90°)
	无缓冲	带缓冲		
CRJ □ 05	0.00025 +1 0.001	— —	— —	0.1~0.5
CRJ □ 1	0.00040 +1 0.002	— —	— —	
CRA1 □ 30	0.010	—	—	0.2~1
CRA1 □ 50	0.050	+2 0.980	35°	0.2~2
CRA1 □ 63	0.120	+2 1.500		0.2~3
CRA1 □ 80	0.160	+2 2.000		0.2~4
CRA1 □ 100	0.540	+2 2.900		0.2~5
CRQ2 □ 10	0.00025	—	—	0.2~0.7
CRQ2 □ 15	0.00039	—	—	
CRQ2 □ 20	0.025	+2 0.120	40°	0.2~1
CRQ2 □ 30	0.048	+2 0.250		
CRQ2 □ 40	0.081	+2 0.400		
MSQ □ 1	0.001	—	—	0.2~0.7
MSQ □ 2	0.0015	—	—	
MSQ □ 3	0.002	—	—	
MSQ □ 7	0.006	—	—	
MSQ □ 10	0.007	+3 0.039	52°	0.2~1
		+4 0.161	7.1°	
		+5 0.231	8.6°	
MSQ □ 20	0.025	+3 0.116	43°	0.2~1
		+4 0.574	6.9°	
		+5 1.060	8.0°	
MSQ □ 30	0.048	+3 0.116	40°	0.2~1
		+4 0.805	6.2°	
		+5 1.210	7.3°	
MSQ □ 50	0.081	+3 0.294	60°	0.2~1
		+4 1.310	9.6°	
		+5 1.820	10.5°	
MSQB 70	0.24	+3 1.100	71°	0.2~1.5
MSQB 100	0.32	+3 1.600	62°	
MSQB 200	0.56	+3 2.900	82°	

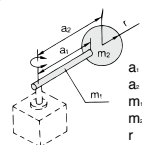
- +1 表示带外部限位器的场合。
+2 表示带气缓冲, 缓冲针阀调整至最合适位置的场合。
+3 表示内置液压缓冲器的场合。
+4 表示有外部、低能用液压缓冲器的场合。
+5 表示有外部、高能用液压缓冲器的场合。

计算例

确定了使用型号的场合, 根据该型号的允许动能, 求可使用的摆动时间范围。

使用型号 : CRA1 □ □ 50(无缓冲)
允许动能 : 0.05J(参见表2)
负载的形状 : 参见下图
摆动角度 : 90°

$$I = m_1 \cdot \frac{a_1^2}{3} + m_2 \cdot \frac{a_2^2}{3} + m_3 \cdot \frac{2r^2}{5}$$



a: 0.12m
a: 0.15m
m: 0.1kg
m: 0.18kg
r: 0.03m

(步骤1) 计算转动惯量。

$$I = \frac{m_1 \cdot a_1^2}{3} + \frac{m_2 \cdot a_2^2}{3} + \frac{m_3 \cdot 2r^2}{5} = \frac{0.1 \times 0.12^2}{3} + \frac{0.18 \times 0.15^2}{3} + \frac{0.18 \times 2 \times 0.03^2}{5} = 4.6 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

(步骤2) 计算摆动时间。

$$t \geq \sqrt{\frac{2 \cdot I \cdot \theta^2}{E}} = \sqrt{\frac{2 \times 4.6 \times 10^{-4} \times (\pi/2)^2}{0.05}} = 0.67 \text{ s}$$

因此, 摆动时间比0.67s长, 使用上没有问题。但动作上稳定的摆动时间上限值由表2可知为2s, 故摆动时间应在 0.67<1≤2的范围内使用。

摆动时间的选型步骤

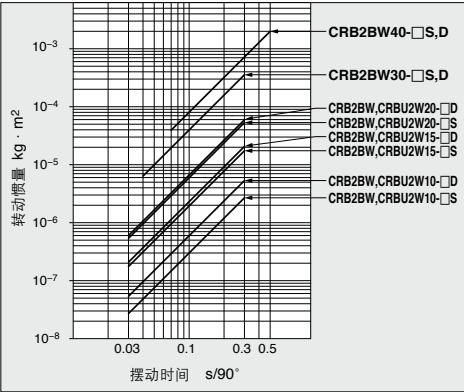
4 -2 转动惯量和摆动时间

读图方法

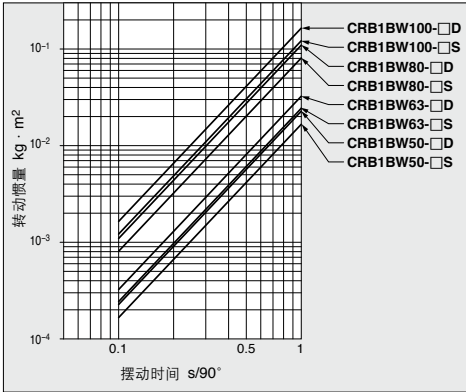
例1) 负载的转动惯量及摆动时间都有限制的场合。
从[图5]负载的转动惯量 $1 \times 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ 及摆动时间设定 $0.3^\circ/\text{s}$ 下动作时。
可选CRB□30-□S及CRB□30-□D。
例2) 负载的转动惯量有限制，摆动时间没有限制的场合。
[图6]负载的转动惯量为 $1 \times 10^{-2} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ 时、
CRB1□ 50-□S的场合 $0.8 \sim 1^\circ/\text{s}$
CRB1□ 80-□S的场合 $0.35 \sim 1^\circ/\text{s}$
CRB1□100-□S的场合 $0.29 \sim 1^\circ/\text{s}$ 。
[注记][图5~15]以上的摆动时间，图线以上表示速度调整可能范围，超出线外，在低速侧进行速度调整，会导致爬行现象。对叶片式，也会导致动作停止。

<叶片式/CRB2,CRBU2,CRB1,MSU系列>

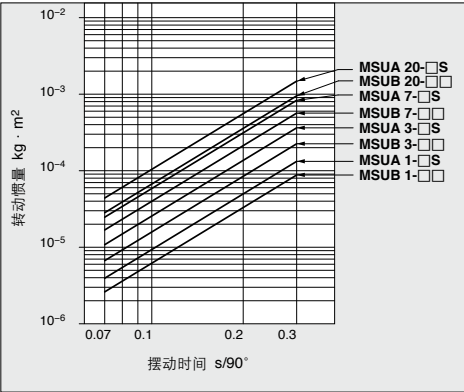
[图5]CRB2□、CRBU2□/尺寸:10~40



[图6]CRB1□/尺寸:50~100

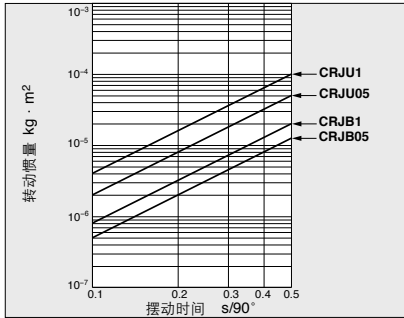


[图7]MSU□/尺寸:1~20

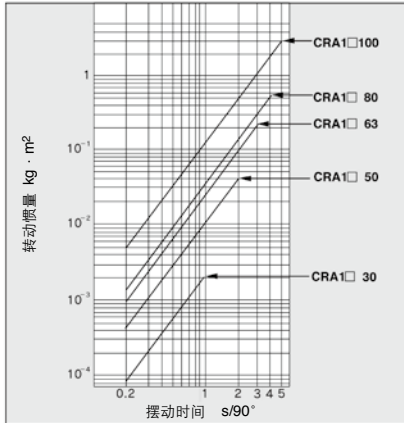


<齿轮齿条式/CRJ、CRA1系列>

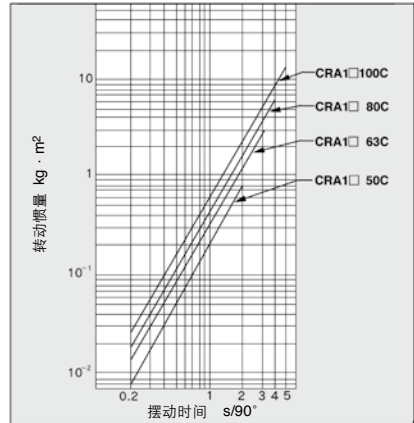
[图8]CRJ□/尺寸: 05, 1



[图9]CRA1□/尺寸: 30~100(无缓冲)

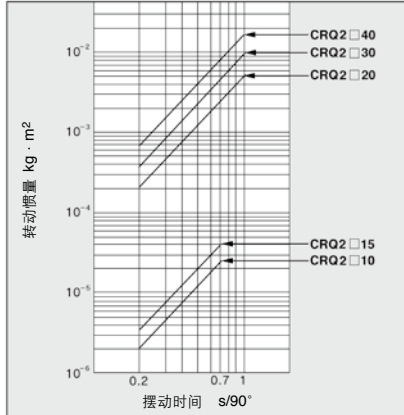


[图10]CRA1□/尺寸: 50~100(带缓冲)

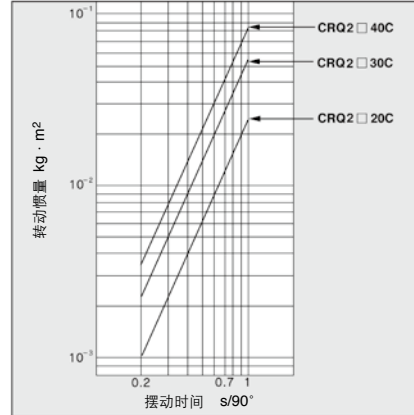


<齿轮齿条式/CRQ2/MSQ系列>

[图11]CRQ2□/尺寸: 10~40(无缓冲)



[图12]CRQ2□/尺寸: 20~40(带缓冲)



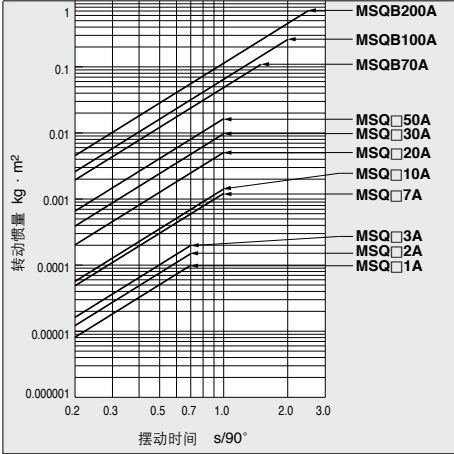
CRB2-Z
CRBU2
CRB1
MSU
CRJ
CRA1-Z
CRA1
CRQ2
MSQ
MSZ
CRQ2X
MSQX
MRQ

D-□

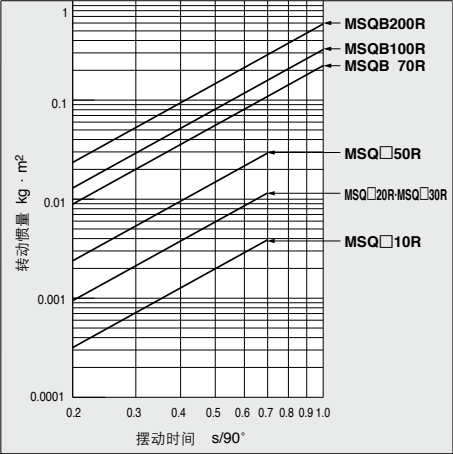
摆动气缸的选型步骤

4-2 转动惯量和摆动时间

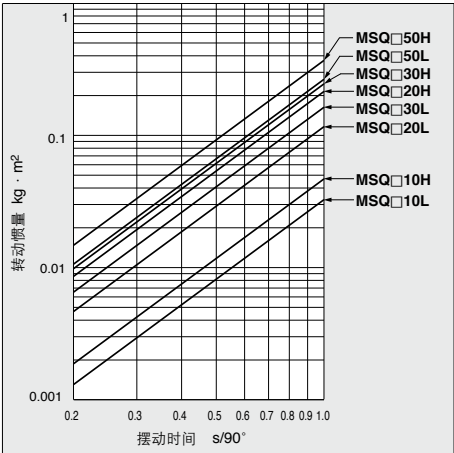
[图13]MSQ□/尺寸: 1~200(调整螺钉型)



[图14]MSQ□/尺寸: 10~200(内置吸收器型)

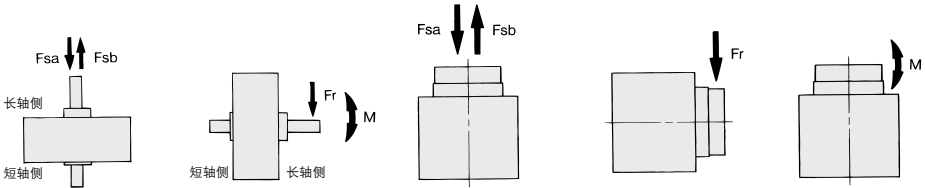


[图15]MSQ□/尺寸:10~50(外部吸收器型)



⑤ 允许负载的确认

在轴方向不产生动负载的状态下，可承受下表值以内的静负载，尽可能避免在轴上直接加载的使用方法。



叶片式

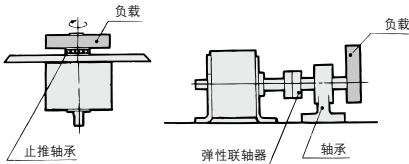
叶片式(单叶片、双叶片)

系列	型号	负载方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N · m)
CRB	CRB2 10	9.8	9.8	14.7	0.13
	CRB2 15	9.8	9.8	14.7	0.17
	CRB2 20	19.6	19.6	24.5	0.33
	CRB2 30	24.5	24.5	29.4	0.42
	CRB2 40	40	40	60	1.02
	CRB1 50	196	196	245	8.09
	CRB1 63	340	340	390	14.04
	CRB1 80	490	490	490	20.09
	CRB1 100	539	539	588	30.28
CRBU2	CRBU2 10	9.8	9.8	14.7	0.13
	CRBU2 15	9.8	9.8	14.7	0.17
	CRBU2 20	19.6	19.6	24.5	0.33
	CRBU2 30	24.5	24.5	29.4	0.42
	CRBU2 40	40	40	60	1.02

叶片式(单叶片、双叶片)

系列	型号	负载方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N · m)
MSUA	MSUA 1	15	15	20	0.3
	MSUA 3	30	30	40	0.7
	MSUA 7	60	60	50	0.9
	MSUA20	80	80	60	2.9
MSUB	MSUB 1	10	15	20	0.3
	MSUB 3	15	30	40	0.7
	MSUB 7	30	60	50	0.9
	MSUB20	40	80	60	2.9

在不产生动负载的状态下，虽可承受允许的轴向，径向载荷，但尽可能避免在轴上直接加载的方法。为了使动作条件良好，推荐下图那样不在轴上直接加载的方法。



齿轮齿条式

齿轮齿条式(单齿条)

系列	型号	负载方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N · m)
CRJ	CRJ 05	20	20	25	0.26
	CRJ 1	25	25	30	0.32

齿轮齿条式(单齿条)

系列	型号	负载方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N · m)
CRA1	CRA1 30	29.4	29.4	29.4	0.44
	CRA1 50	490	196	196	3.63
	CRA1 63	588	196	294	6.17
	CRA1 80	882	196	392	9.80
	CRA1 100	980	196	588	19.11

齿轮齿条式(双齿条)

系列	型号	负载方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N · m)
CRQ2	CRQ2B 10	15.7	7.8	14.7	0.21
	CRQ2B 15	19.6	9.8	19.6	0.32
	CRQ2B 20	49	29.4	49	0.96
	CRQ2B 30	98	49	78	1.60
	CRQ2B 40	108	59	98	2.01

齿轮齿条式(双齿条)

系列	型号	负载方向			
		Fsa(N)	Fsb(N)	Fr(N)	M(N · m)
MSQA	MSQA 1	41	41	31	0.84
	MSQA 2	45	45	32	1.2
	MSQA 3	48	48	33	1.6
	MSQA 7	71	71	54	2.2
	MSQA 10	107	74	86	2.9
	MSQA 20	197	137	166	4.8
	MSQA 30	398	197	233	6.4
	MSQA 50	517	296	378	12.0
	MSQB 1	41	41	31	0.56
	MSQB 2	45	45	32	0.82
MSQB	MSQB 3	48	48	33	1.1
	MSQB 7	71	71	54	1.5
	MSQB 10	78	74	78	2.4
	MSQB 20	137	137	147	4.0
	MSQB 30	363	197	196	5.3
	MSQB 50	451	296	314	9.7
	MSQB 70	476	296	333	12.0
	MSQB100	708	493	390	18.0
	MSQB200	1009	740	543	25.0

CRB2

CRBU2

CRB1

MSU

CRJ

CRA1

CRQ2

MSQ

MSZ

CRQ2X

MSQX

MRQ

D-□

摆动气缸的选型步骤

6 空气消耗量及所需空气量的算出

空气消耗量是摆动气缸往返一周时，摆动气缸内及摆动气缸与换向阀之间的配管内所消耗的空气量，它是选定空压机和计算运转成本所必须的。

所需空气量是为了使摆动气缸以指定的速度动作而所必需的空气量，它是选定换向阀上游的配管径及FRL组合元件所必要的。

※摆动气缸单体1次往复所需的空气消耗量(QCR)表示在表1~5中。

①空气消耗量

计算式

QCR: 对叶片式尺寸10~40，因A・B通口加压时的内部容积不同，请使用(1)式。对叶片尺寸50~100及齿轮齿条式，请使用(2)式。

QCR=(VA+VB) × (P+0.1 / 0.1) × 10⁻³.....(1)

QCR=2 × VA × (P+0.1 / 0.1) × 10⁻³.....(2)

QCP=2 × a × L × (P / 0.1) × 10⁻⁶.....(3)

QC =QCR+QCP.....(4)

- QCR =摆动气缸的空气消耗量 [L(ANR)]
- QCP =管子及配管的空气消耗量 [L(ANR)]
- VA =摆动气缸的内部容积(A进口加压时) [cm³]
- VB =摆动气缸的内部容积(B通口加压时) [cm³]
- P =使用压力 [MPa]
- L =配管长度 [mm]
- a =配管的内截面积 [mm²]
- QC =摆动气缸1次往复所需的空气消耗量 [L(ANR)]

选定空压机时，需按下游消耗空气的气动执行元件的总空气消耗量，加充分的裕量来选定。这是考虑到配管途中的漏气、排水阀、先导阀等的消耗以及由于温度下降导致空气体积的缩小等因素。

计算式

Qc2=Qc × n × 执行元件数 × 余裕率...(5)

- Qc2=空压机的输出流量 [L/min(ANR)]
- n =执行元件每1分钟的往复周数
- 余裕率: 1.5~

②所需空气量

计算式

Qr: 叶片式利用(6)(7)式、齿轮齿条式利用(7)式。
Qr={VB × (P+0.1 / 0.1) × 10⁻³ + a × L × (P / 0.1) × 10⁻⁶} × 60 / t (6)
Qr={VA × (P+0.1 / 0.1) × 10⁻³ + a × L × (P / 0.1) × 10⁻⁶} × 60 / t (7)

- Qr =摆动气缸所需空气量 [L / min(ANR)]
- VA =摆动气缸的内部容积(A通口加压时) [cm³]
- VB =摆动气缸的内部容积(B通口加压时) [cm³]
- P =使用压力 [MPa]
- L =配管的长度 [mm]
- a =配管的内截面积 [mm²]
- t =全启动时间 [S]

管子、钢管的内截面积

称呼	外径(mm)	内径(mm)	内截面积 a(mm²)
T□ 0425	4	2.5	4.9
T□ 0604	6	4	12.6
TU 0805	8	5	19.6
T□0806	8	6	28.3
1/8B	—	6.5	33.2
T□ 1075	10	7.5	44.2
TU 1208	12	8	50.3
T□ 1209	12	9	63.6
1/4B	—	9.2	66.5
TS 1612	16	12	113
3/8B	—	12.7	127
T□ 1613	16	13	133
1/2B	—	16.1	204
3/4B	—	21.6	366
1B	—	27.6	598

⇒ P.41、42 内部容积和空气消耗量
⇒ P.43、44 空气消耗量计算图

⑥-1 内部容积和空气消耗量

<表1>叶片式/CRB2·CRBU2·CRB1系列

(L(ANR))

叶片形式	尺寸	摆动角度 (度)	内部容积(cm³)		使用压力(MPa)									
			V ₀ 通口加压	V ₀ 通口加压	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
单叶片	10	90	0.6	1.0	—	0.005	0.006	0.008	0.010	0.011	0.013	—	—	—
		180	1.2	1.2	—	0.007	0.010	0.012	0.014	0.017	0.019	—	—	—
		270	1.5	1.5	—	0.009	0.012	0.015	0.018	0.021	0.024	—	—	—
	15	90	1.0	1.5	0.006	0.008	0.010	0.013	0.015	0.018	0.020	—	—	—
		180	2.9	2.9	0.015	0.017	0.023	0.029	0.035	0.041	0.046	—	—	—
		270	3.7	3.7	0.019	0.022	0.030	0.037	0.044	0.052	0.059	—	—	—
	20	90	3.6	4.8	0.021	0.025	0.034	0.042	0.050	0.059	0.067	—	—	—
		180	6.1	6.1	0.031	0.037	0.049	0.061	0.073	0.085	0.098	—	—	—
		270	7.9	7.9	0.040	0.047	0.063	0.079	0.095	0.111	0.126	—	—	—
	30	90	8.5	11.3	0.050	0.059	0.079	0.099	0.119	0.139	0.158	0.178	0.198	0.218
		180	15	15	0.075	0.090	0.120	0.150	0.180	0.210	0.240	0.270	0.300	0.330
		270	20.2	20.2	0.101	0.121	0.162	0.202	0.242	0.283	0.323	0.364	0.404	0.444
	40	90	21	25	0.115	0.138	0.184	0.230	0.276	0.322	0.368	0.414	0.460	0.506
		180	31.5	31.5	0.158	0.189	0.252	0.315	0.378	0.441	0.504	0.567	0.630	0.693
		270	41	41	0.205	0.246	0.328	0.410	0.492	0.574	0.656	0.738	0.820	0.902
	50	90	30	30	0.150	0.180	0.240	0.300	0.360	0.420	0.480	0.540	0.600	0.660
		180	32	32	0.160	0.192	0.256	0.320	0.384	0.448	0.512	0.576	0.640	0.704
		270	49	49	0.245	0.294	0.392	0.490	0.588	0.686	0.784	0.882	0.980	1.078
	63	90	51	51	0.255	0.306	0.408	0.510	0.612	0.714	0.816	0.918	1.020	1.122
		180	66	66	0.330	0.396	0.528	0.660	0.792	0.924	1.056	1.188	1.320	1.452
		270	68	68	0.340	0.408	0.544	0.680	0.816	0.952	1.088	1.224	1.360	1.496
	80	90	70	70	0.350	0.420	0.560	0.700	0.840	0.980	1.120	1.260	1.400	1.540
		180	73	73	0.365	0.438	0.584	0.730	0.876	1.022	1.168	1.314	1.460	1.606
		270	94	94	0.470	0.564	0.752	0.940	1.128	1.316	1.504	1.692	1.880	2.068
	100	90	97	97	0.485	0.582	0.776	0.970	1.164	1.358	1.552	1.746	1.940	2.134
		180	118	118	0.590	0.708	0.944	1.180	1.416	1.652	1.888	2.124	2.360	2.596
		270	121	121	0.650	0.726	0.968	1.210	1.452	1.694	1.936	2.178	2.420	2.662
	125	90	88	88	0.440	0.528	0.704	0.880	1.056	1.232	1.408	1.584	1.760	1.936
		180	93	93	0.465	0.558	0.744	0.930	1.116	1.302	1.488	1.674	1.860	2.046
		270	138	138	0.690	0.828	1.104	1.380	1.656	1.932	2.208	2.484	2.760	3.036
	150	90	143	143	0.715	0.858	1.144	1.430	1.716	2.002	2.288	2.574	2.860	3.146
		180	188	188	0.940	1.128	1.504	1.880	2.256	2.632	3.008	3.384	3.760	4.136
		270	193	193	0.965	1.158	1.544	1.930	2.316	2.702	3.088	3.474	3.860	4.246
	175	90	186	186	0.930	1.116	1.488	1.860	2.232	2.604	2.976	3.348	3.720	4.092
		180	197	197	0.985	1.182	1.576	1.970	2.364	2.758	3.152	3.546	3.940	4.334
		270	281	281	1.405	1.686	2.248	2.810	3.372	3.934	4.496	5.058	5.620	6.182
	200	90	292	292	1.460	1.752	2.336	2.920	3.504	4.088	4.672	5.256	5.840	6.424
		180	376	376	1.880	2.256	3.008	3.760	4.512	5.264	6.016	6.768	7.520	8.272
		270	387	387	1.935	2.322	3.096	3.870	4.644	5.418	6.192	6.966	7.740	8.514
双叶片	10	90	1.0	1.0	—	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	—	—	—
		180	1.1	1.1	—	0.007	0.009	0.011	0.013	0.015	0.018	—	—	—
		270	2.6	2.6	0.013	0.016	0.021	0.026	0.031	0.036	0.042	—	—	—
	15	90	2.7	2.7	0.014	0.016	0.022	0.027	0.032	0.038	0.043	—	—	—
		180	5.6	5.6	0.028	0.034	0.045	0.056	0.067	0.078	0.090	—	—	—
		270	5.7	5.7	0.029	0.034	0.046	0.057	0.068	0.080	0.091	—	—	—
	20	90	14.4	14.4	0.072	0.086	0.115	0.144	0.173	0.202	0.230	0.259	0.288	0.317
		180	14.5	14.5	0.073	0.087	0.116	0.145	0.174	0.203	0.232	0.261	0.290	0.319
		270	33	33	0.165	0.198	0.264	0.330	0.396	0.462	0.528	0.594	0.660	0.726
	30	90	34	34	0.170	0.204	0.272	0.340	0.408	0.476	0.544	0.612	0.680	0.748
		180	48	48	0.240	0.288	0.384	0.480	0.576	0.672	0.768	0.864	0.960	1.056
		270	52	52	0.260	0.312	0.416	0.520	0.624	0.728	0.832	0.936	1.040	1.144
	40	90	98	98	0.490	0.588	0.784	0.980	1.176	1.372	1.568	1.764	1.960	2.156
		180	104	104	0.520	0.624	0.832	1.040	1.248	1.456	1.664	1.872	2.080	2.288
		270	136	136	0.680	0.816	1.088	1.360	1.632	1.904	2.176	2.448	2.720	2.992
	50	90	146	146	0.730	0.876	1.168	1.460	1.752	2.044	2.336	2.628	2.920	3.212
		180	272	272	1.360	1.632	2.176	2.720	3.264	3.808	4.352	4.896	5.440	5.984
		270	294	294	1.470	1.764	2.352	2.940	3.528	4.116	4.704	5.292	5.880	6.468

CRB2

-Z

CRBU2

CRB1

MSU

CRJ

CRA1

-Z

CRA1

CRQ2

MSQ

MSZ

CRQ2X

MSQX

MRQ

<表2>叶片式/摆台: MSU□系列

(L(ANR))

叶片形式	尺寸	摆动角度 (度)	内部容积(cm³)		使用压力(MPa)									
			V ₀ 通口加压	V ₀ 通口加压	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
单叶片	1	90	0.8	1.3	—	0.006	0.008	0.011	0.013	0.015	0.017	—	—	—
		180	1.3	1.3	—	0.008	0.010	0.013	0.016	0.018	0.021	—	—	—
		270	1.9	3.1	0.013	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040	—	—	—
	3	90	3.1	3.1	0.016	0.019	0.025	0.031	0.037	0.043	0.050	—	—	—
		180	4.0	6.6	0.027	0.032	0.042	0.053	0.064	0.074	0.085	—	—	—
		270	6.6	6.6	0.033	0.040	0.053	0.066	0.079	0.092	0.106	—	—	—
	7	90	10.1	16.8	0.067	0.081	0.108	0.135	0.161	0.188	0.215	0.242	0.269	0.296
		180	16.8	16.8	0.084	0.101	0.134	0.168	0.202	0.235	0.269	0.302	0.336	0.370
		270	16.8	16.8	0.084	0.101	0.134	0.168	0.202	0.235	0.269	0.302	0.336	0.370
	20	90	1.1	1.1	—	0.007	0.009	0.011	0.013	0.015	0.018	—	—	—
		180	2.7	2.7	0.014	0.016	0.022	0.027	0.032	0.038	0.043	—	—	—
		270	5.7	5.7	0.029	0.034	0.046	0.057	0.068	0.080	0.091	—	—	—
双叶片 (仅MSUB)	20	90	14.5	14.5	0.073	0.087	0.116	0.145	0.174	0.203	0.232	0.261	0.290	0.319

D-□

摆动气缸的选型步骤

⑥-1 内部容积和空气消耗量

<表3>齿轮齿条式 /CRJ系列 (L(ANR))

尺寸	摆动角度(度)	内部容积 V _i (cm ³)	使用压力(MPa)						
			0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
05	90	0.15	0.00074	0.00089	0.0012	0.0015	0.0018	0.0021	0.0024
	180	0.31	0.0015	0.0018	0.0025	0.0031	0.0037	0.0043	0.0049
1	90	0.33	0.0016	0.0020	0.0026	0.0033	0.0039	0.0046	0.0052
	180	0.66	0.0033	0.0039	0.0052	0.0065	0.0078	0.0091	0.010

<表4>齿轮齿条式 /CRA1系列 (L(ANR))

尺寸	摆动角度(度)	内部容积 V _A (cm ³)	使用压力(MPa)									
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
30	90	7.4	0.030	0.044	0.059	0.074	0.089	0.104	0.118	0.133	0.148	0.163
	180	14	0.056	0.084	0.112	0.140	0.168	0.196	0.224	0.252	0.280	0.308
50	90	32	0.128	0.192	0.256	0.320	0.384	0.448	0.512	0.576	0.640	0.704
	100	36	0.144	0.216	0.288	0.360	0.432	0.504	0.576	0.648	0.720	0.792
	180	65	0.260	0.390	0.520	0.650	0.780	0.910	1.040	1.170	1.300	1.430
	190	68	0.272	0.408	0.544	0.680	0.816	0.952	1.088	1.224	1.360	1.496
63	90	60	0.240	0.360	0.480	0.600	0.720	0.840	0.960	1.080	1.200	1.320
	100	67	0.268	0.402	0.536	0.670	0.804	0.938	1.072	1.206	1.340	1.474
	180	120	0.480	0.720	0.960	1.200	1.440	1.680	1.920	2.160	2.400	2.640
	190	127	0.508	0.762	1.016	1.270	1.524	1.778	2.032	2.286	2.540	2.794
80	90	111	0.444	0.666	0.888	1.110	1.332	1.554	1.776	1.998	2.220	2.442
	100	123	0.492	0.738	0.984	1.230	1.476	1.722	1.968	2.214	2.460	2.706
	180	221	0.884	1.326	1.768	2.210	2.652	3.094	3.536	3.978	4.420	4.862
	190	233	0.932	1.398	1.864	2.330	2.796	3.262	3.728	4.194	4.660	5.126
100	90	259	1.036	1.554	2.072	2.590	3.108	3.626	4.144	4.662	5.180	5.698
	100	288	1.152	1.728	2.304	2.880	3.456	4.032	4.608	5.184	5.760	6.336
	180	518	2.072	3.108	4.144	5.180	6.216	7.252	8.288	9.324	10.36	11.396
	190	547	2.188	3.282	4.376	5.470	6.564	7.658	8.752	9.846	10.940	12.034

<表5>齿轮齿条式 /CRQ2系列 (L(ANR))

尺寸	摆动角度 (度)	内部容积 V _k (cm ³)	使用压力(MPa)										
			0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
10	90	1.2	—	0.006	0.007	0.009	0.012	0.014	0.016	0.018	—	—	—
	180	2.2	—	0.011	0.013	0.018	0.022	0.026	0.031	0.035	—	—	—
	360	4.3	—	0.021	0.026	0.034	0.043	0.051	0.060	0.068	—	—	—
15	90	2.9	—	0.015	0.017	0.023	0.029	0.035	0.041	0.046	—	—	—
	180	5.5	—	0.028	0.033	0.044	0.055	0.066	0.077	0.088	—	—	—
	360	10.7	—	0.023	0.064	0.086	0.107	0.129	0.193	0.172	—	—	—
20	90	7.1	0.028	0.036	0.043	0.057	0.071	0.085	0.099	0.114	0.128	0.142	0.156
	180	13.5	0.054	0.068	0.081	0.108	0.135	0.162	0.189	0.216	0.243	0.270	0.297
	360	26.3	0.105	0.131	0.158	0.210	0.263	0.316	0.368	0.421	0.473	0.526	0.578
30	90	12.1	0.048	0.060	0.073	0.097	0.121	0.145	0.169	0.193	0.218	0.242	0.266
	180	23.0	0.092	0.115	0.138	0.184	0.230	0.276	0.322	0.368	0.413	0.459	0.505
	360	44.7	0.179	0.224	0.268	0.358	0.447	0.537	0.626	0.716	0.805	0.895	0.984
40	90	20.6	0.082	0.103	0.123	0.164	0.206	0.247	0.288	0.329	0.370	0.411	0.452
	180	39.1	0.156	0.195	0.234	0.313	0.391	0.469	0.547	0.625	0.703	0.781	0.859
	360	76.1	0.304	0.380	0.456	0.609	0.761	0.913	1.07	1.22	1.37	1.52	1.67

<表6>齿轮齿条式 /MSQ系列 (L(ANR))

尺寸	摆动角度 (度)	内部容积 V _i (cm ³)	使用压力(MPa)									
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1	190°	0.66	0.0026	0.0039	0.0052	0.0065	0.0078	0.0091	0.010	—	—	—
2		1.3	0.0052	0.0077	0.010	0.013	0.015	0.018	0.021	—	—	—
3		2.2	0.0087	0.013	0.017	0.022	0.026	0.030	0.035	—	—	—
7		4.2	0.017	0.025	0.033	0.042	0.050	0.058	0.066	—	—	—
10		6.6	0.026	0.040	0.053	0.066	0.079	0.092	0.106	0.119	0.132	0.145
20		13.5	0.054	0.081	0.108	0.135	0.162	0.189	0.216	0.243	0.270	0.297
30		20.1	0.080	0.121	0.161	0.201	0.241	0.281	0.322	0.362	0.402	0.442
50		34.1	0.136	0.205	0.273	0.341	0.409	0.477	0.546	0.614	0.682	0.750
70		50.0	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000	1.100
100		74.7	0.299	0.448	0.598	0.747	0.896	1.046	1.195	1.345	1.494	1.643
200		145.9	0.584	0.875	1.167	1.459	1.751	2.043	2.334	2.626	2.918	3.210



⑥-2空气消耗量计算图

步骤1 利用[图16]求摆动气缸的空气消耗量。从内部容积和使用压力(斜线)的交点向左侧作水平线,便求得摆动气缸一个往复所需的空气消耗量。

步骤2 利用[图17],求管子或钢管的空气消耗量。
(1)从使用压力(斜线)和配管长度的交点,向上作垂直线。
(2)与使用配管内径(斜线)的交点,向右或左侧作水平线,便求得配管所需的空气消耗量。

步骤3 求每分钟的总空气消耗量
(摆动气缸的空气消耗量[单位:L(ANR)]+管子或钢管的空气消耗量)×每分钟的往复数×摆动气缸的使用个数=总空气消耗量。

例) CRQ2BS40-90 10台,使用压力0.5MPa,一分钟内往复5周时的空气消耗量。?
(执行元件与换向阀之间为内径6mm的管子2m长)

1. 使用压力0.5MPa→CRQ2BS40-90的内部容积40cm³→空气消耗量0.23L(ANR)
2. 使用压力0.5MPa→配管长2m→内径6mm→空气消耗量0.56L(ANR)
3. 总空气消耗量=(0.23+0.56)×5×10=39.5L/min(ANR)

内部容积表 齿轮齿条式 1个往复(cm³)

型号	摆动角度				
	90°	100°	180°	190°	360°
CRJ □ 05	0.3	0.34	0.62	0.66	—
CRJ □ 1	0.66	0.74	1.32	1.4	—
CRA1 □ 30	14.8	—	28	—	—
CRA1 □ 50	64	72	130	136	—
CRA1 □ 63	120	134	240	254	—
CRA1 □ 80	222	246	442	466	—
CRA1 □ 100	518	576	1040	1090	—
CRQ2 □ 10	2.4	—	4.4	—	8.6
CRQ2 □ 15	3.8	—	11	—	21.4
CRQ2 □ 20	14.2	—	27	—	52.6
CRQ2 □ 30	24.2	—	46	—	89.4
CRQ2 □ 40	41.2	—	78.2	—	152
MSQ □ 1	—	—	—	1.3	—
MSQ □ 2	—	—	—	2.7	—
MSQ □ 3	—	—	—	4.4	—
MSQ □ 7	—	—	—	8.4	—
MSQ □ 10	—	—	—	13.1	—
MSQ □ 20	—	—	—	27.0	—
MSQ □ 30	—	—	—	40.2	—
MSQ □ 50	—	—	—	68.4	—
MSQB 70	—	—	—	100	—
MSQB 100	—	—	—	149	—
MSQB 200	—	—	—	292	—

内部容积表 叶片式 1个往复(cm³)

型号	摆动角度				
	90°	100°	180°	190°	270° 280°
CRB □ 10-□S	1.6	—	2.4	—	3 —
CRB □ 15-□S	2.5	—	5.8	—	7.4 —
CRB □ 20-□S	8.4	—	12.2	—	15.8 —
CRB □ 30-□S	19.8	—	30	—	40 —
CRB □ 40-□S	25	—	31.5	—	41 —
CRB1 □ 50-□S	60	64	98	102	132 136
CRB1 □ 63-□S	70	73	94	97	118 121
CRB1 □ 80-□S	176	186	276	286	376 386
CRB1 □ 100-□S	372	394	562	584	752 774
MSU □ 1-□S	2.1	—	2.6	—	— —
MSU □ 3-□S	5.0	—	6.2	—	— —
MSU □ 7-□S	10.6	—	13.2	—	— —
MSU □ 20-□S	26.9	—	33.6	—	— —
CRB □ 10-□D	2	2.2	—	—	— —
CRB □ 15-□D	5.2	5.4	—	—	— —
CRB □ 20-□D	11.2	11.4	—	—	— —
CRB □ 30-□D	28.8	29	—	—	— —
CRB □ 40-□D	33	34	—	—	— —
CRB1 □ 50-□D	96	104	—	—	— —
CRB1 □ 63-□D	98	104	—	—	— —
CRB1 □ 80-□D	272	292	—	—	— —
CRB1 □ 100-□D	544	588	—	—	— —
MSUB 1-□D	2.2	—	—	—	— —
MSUB 3-□D	5.4	—	—	—	— —
MSUB 7-□D	11.4	—	—	—	— —
MSUB 20-□D	29.0	—	—	—	— —

CRB2-Z

CRBU2

CRB1

MSU

CRJ

CRA1-Z

CRA1

CRQ2

MSQ

MSZ

CRQ2X

MSQX

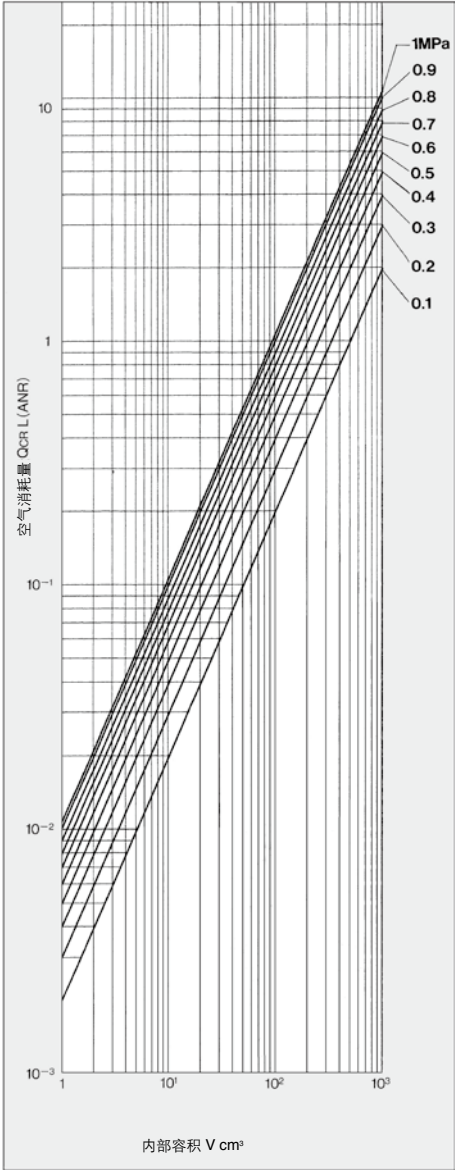
MRQ

D-□

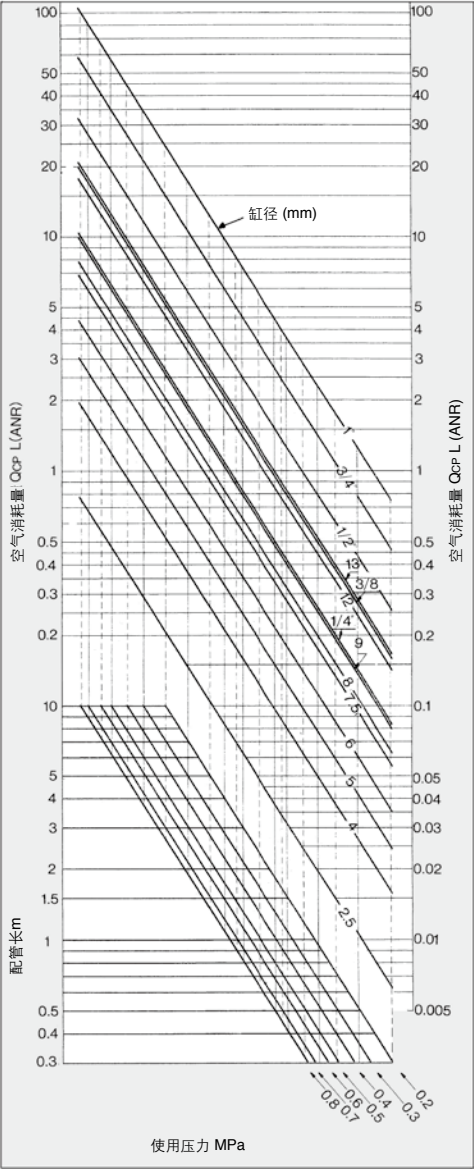
摆动气缸的选型步骤

⑥-2 空气消耗量计算图

[图16]空气消耗量



[图17]管子、钢管的空气消耗量(1个往复)



※配管长是指连接摆动气缸和换向阀(电磁阀等)的钢管或管子的长度。
※管子、钢管的尺寸(内·外径)参见P.40。