综 合 解 说



产品选型概要

选择直线导轨、圆柱滚子直线导轨时，应从所要求的最重要的事项事项开始逐步探讨细节部分。
下面所示的是一般性选择步骤。

直线导轨、圆柱滚子直线导轨选型步骤示例



额定负荷和寿命

直线导向设备的寿命

即使在正常状态下运行，直线导向设备超过一定的运行期间后也会达到寿命。直线导向设备的轨道面和滚动体一直反复承受负荷，因材料的滚动疲劳产生表面剥离(疲劳剥落)，无法继续使用。从开始使用到轨道面或滚动体出现表面剥落，所行走的总距离称作直线导向设备的寿命。

由于直线导向设备的寿命因材料的疲劳现象而长短不一，所以我们采用经统计处理后的额定寿命。

额定寿命

直线导向设备的额定寿命是指一组相同的直线导向设备在相同的条件下分别运行，当其中90%的直线导向设备还未因滚动疲劳而产生材料损伤时可行走的总距离。

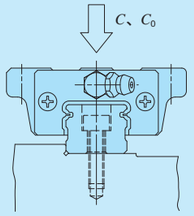


图1 额定负荷的方向

基本额定动负荷 C 依据ISO 14728-1

基本额定动负荷是指一组相同的直线导向设备分别运行时，在50×10^3m的额定寿命内理论上能承受的一定方向和大小的负荷。

基本额定静负荷 C_0 依据ISO 14728-2

基本额定静负荷是指在承受最大负荷的滚动体和轨道的接触部中央，产生如表1所示的接触应力时的静负荷，是正常滚动运动的容许极限负荷。一般应研究静态安装系数后使用。

表1 各系列的最大接触应力

系列名称	最大接触应力
直线导轨	4 200 MPa
圆柱滚子直线导轨	4 000 MPa

额定静力矩 T_0、T_X、T_Y

额定静力矩是指负荷如图2所示的力矩时，在承受最大负荷的滚动体和轨道的接触部中央，产生如表1所示的接触应力时的静态力矩，是正常滚动运动的容许极限力矩。一般应研究静态安装系数后使用。

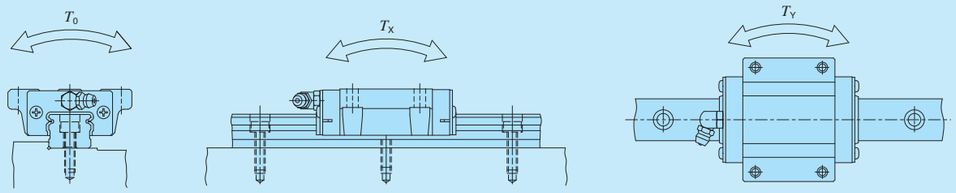


图2 额定静力矩的方向

寿命计算公式

额定寿命的计算公式如下。

直线导轨时

$$L=50\left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad \cdots\cdots(1)$$

圆柱滚子直线导轨时

$$L=50\left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} \quad \cdots\cdots(2)$$

式中 L：额定寿命 10^3m
C：基本额定动负荷 N
P：当量动负荷 N

由此可见，只要给出行程长度和每分钟的往返次数，便可以根据下式算出寿命时间。

$$L_h=\frac{10^6L}{2Sn_1\times60} \quad \cdots\cdots(3)$$

式中 L_h：用时间表示的额定寿命 h
S：行程长度 mm
n_1：每分钟往返次数 cpm

负荷系数

作用于直线导向设备上的负荷会因机械的振动或冲击等而大于其理论负荷。一般要乘上表2中的负荷系数，求出负载负荷。

表2 负荷系数

运行条件	f_W
无冲击的顺畅运行时	1 ~ 1.2
一般运行时	1.2 ~ 1.5
伴随冲击负荷运行时	1.5 ~ 3

静态安全系数

一般来说，基本额定静负荷及额定静力矩是作为能否正常滚动的容许极限负荷来考虑的，但由于要对应直线导向设备的使用条件和所要求的直线导向设备的性能，所以有必要研究静态安全系数。

可按下面的公式求出静态安全系数，表3.1、表3.2所示为一般的值。

此外，公式(6)是相对于力矩的典型公式，对应各方向的额定静力矩和力矩计算得出。

$$f_S=\frac{C_0}{P_0} \quad \cdots\cdots(5)$$

$$f_S=\frac{T_0}{M_0} \quad \cdots\cdots(6)$$

式中 f_S：静态安全系数
C_0：基本额定静负荷 N
P_0：当量静负荷 N
T_0：额定静力矩 N·m
M_0：各个方向的力矩 N·m
(最大力矩)

表3.1 直线导轨的静态安全系数

使用条件	f_s
有振动、冲击时	3 ~ 5
要求高行走性能时	2 ~ 4
一般运行条件时	1 ~ 3

表3.2 圆柱滚子直线导轨的静态安全系数

使用条件	f_s
有振动、冲击时	4 ~ 6
要求高行走性能时	3 ~5
一般运行条件时	2.5 ~ 3

当量动负荷

当直线导轨、圆柱滚子直线导轨受到与基本额定动负荷不同方向的负荷或受到复合负荷时，应求出当量动负荷，计算额定寿命。

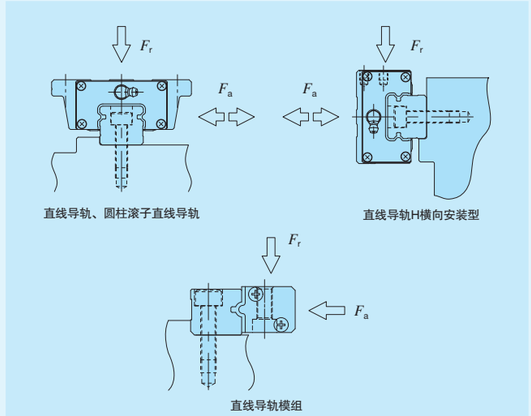
从各方向的负荷换算出上侧及横向的负荷。

$$F_{re}=k_r|F_r|+\frac{C_0}{T_0}|M_0|+\frac{C_0}{T_X}|M_X| \cdots\cdots (7)$$

$$F_{ae}=k_a|F_a|+\frac{C_0}{T_Y}|M_Y| \cdots\cdots (8)$$

式中 F_{re}：上侧换算负荷 N
F_{ae}：横向换算负荷 N
F_r：下方向载荷 N
F_a：横向负荷 N
M_0：T_0方向力矩 N・m
M_X：T_X方向力矩 N・m
M_Y：T_Y方向力矩 N・m
k_r、k_a：负荷方向的换算系数(参照表4)
C_0：基本额定静负荷 N
T_0：T_0方向额定静力矩 N・m
T_X：T_X方向额定静力矩 N・m
T_Y：T_Y方向额定静力矩 N・m

表4 负荷方向的换算系数



系列名称和大小尺寸			换算系数 k_r $F_r\geqslant 0$	换算系数 k_r $F_r<0$	换算系数 k_a
C-Lube自润滑直线导轨L 直线导轨L	滚珠固定式		1	1	1.19
	滚珠非固定式		1	1	0.84
C-Lube自润滑直线导轨E 直线导轨E	15～30		1	1	1
	35～45		1	1.19	1.28
低噪音直线导轨E			1	1	1
C-Lube自润滑直线导轨H 直线导轨H	8～12		1	1	1.19
	15～30		1	1	1
	35～65		1	1.19	1.28
	85		1	1.43	1.34
直线导轨H 横向安装型	15～30		1	1	1
	35～65(1)		1	1	0.84 0.95
直线导轨F	33～42		1	1	1
	69		1	1	1.19
	LWFH		1	1.19	1.28
C-Lube自润滑直线导轨UL 直线导轨U	25、30		1	1	1.19
	40～130		1	1	1
C-Lube自润滑圆柱滚子直线导轨超级X 圆柱滚子直线导轨超级X			1	1	1
圆柱滚子直线导轨X			1	1	1
直线导轨模组	LWLM		1	1	0.73
	LWM	1～5	1	1.13	0.73
		6	1	1.28	0.76
	LRWM		1	1	0.58

注(1) k_a的上面一行表示右方向，下面一行表示左方向。

从上侧及横向换算负荷求出当量动负荷。

$$P=XF_{re}+YF_{ae} \cdots\cdots (9)$$

式中 P：当量动负荷 N
X、Y：当量动负荷系数(参照表5)
F_{re}：上侧换算负荷 N
F_{ae}：横向换算负荷 N

表5 当量动负荷系数

分类	X	Y
$\|F_{re}\|\geqslant\|F_{ae}\|$	1	0.6
$\|F_{re}\|<\|F_{ae}\|$	0.6	1

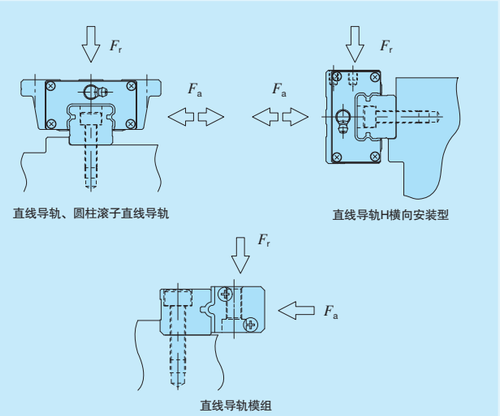
当量静负荷

当直线导轨、圆柱滚子直线导轨受到与基本额定静负荷不同方向的负荷或受到复合负荷时，应求出当量静负荷，计算静态安全系数。

$$P_0=k_{0r}|F_r|+k_{0a}|F_a|+\frac{C_0}{T_0}|M_0|+\frac{C_0}{T_X}|M_X|+\frac{C_0}{T_Y}|M_Y| \cdots\cdots (10)$$

式中 P_0：当量静负荷 N
F_r：下方向载荷 N
F_a：横向负荷 N
M_0：T_0方向力矩 N・m
M_X：T_X方向力矩 N・m
M_Y：T_Y方向力矩 N・m
k_{0r}、k_{0a}：负荷方向的换算系数(参照表6)
C_0：基本额定静负荷 N
T_0：T_0方向额定静力矩 N・m
T_X：T_X方向额定静力矩 N・m
T_Y：T_Y方向额定静力矩 N・m

表6 负荷方向的换算系数



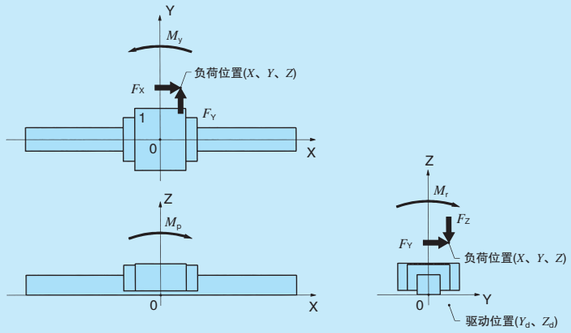
系列名称和大小尺寸			换算系数 k_{0r} $F_r\geqslant 0$	换算系数 k_{0r} $F_r<0$	换算系数 k_{0a}
C-Lube自润滑直线导轨L 直线导轨L	滚珠固定式		1	1	1.19
	滚珠非固定式		1	1	0.84
C-Lube自润滑直线导轨E 直线导轨E	15～30		1	1	1
	35～45		1	1.19	1.28
低噪音直线导轨E			1	1	1
C-Lube自润滑直线导轨H 直线导轨H	8～12		1	1	1.19
	15～30		1	1	1
	35～65		1	1.19	1.28
	85		1	1.43	1.34
直线导轨H 横向安装型	15～30		1	1	1
	35～65(1)		1	1	0.78 0.93
直线导轨F	33～42		1	1	1
	69		1	1	1.19
	LWFH		1	1.19	1.28
C-Lube自润滑直线导轨UL 直线导轨U	25、30		1	1	1.19
	40～130		1	1	1
C-Lube自润滑圆柱滚子直线导轨超级X 圆柱滚子直线导轨超级X			1	1	1
圆柱滚子直线导轨X			1	1	1
直线导轨模组	LWLM		1	1	0.60
	LWM	1～5	1	1.19	0.64
		6	1	1.43	0.67
	LRWM		1	1	0.50

注(1) k_{0a}的上面一行表示右方向，下面一行表示左方向。

计算负荷

安装在机械和设备中的直线导轨、圆柱滚子直线导轨所承受负荷的计算例如表7.1-表7.6所示。

表7.1　1根滑轨、1个滑块

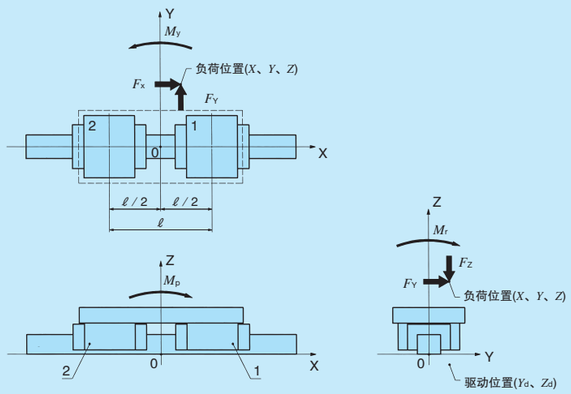


滑块编号	作用在滑块上的负荷				
	下方向载荷 F_r	横向负荷 F_a	T_0方向力矩 M_0	T_X方向力矩 M_X	T_Y方向力矩 M_Y
1	F_z	F_Y	M_r	M_p	M_y

备注　各个方向上的力矩负荷M_r、M_p、M_y可用下式求出。

$$M_r = F_Y Z + F_Z Y$$
$$M_p = F_X(Z - Z_d) + F_Z X$$
$$M_y = -F_X(Y - Y_d) + F_Y X$$

表7.2　1根滑轨、2个滑块

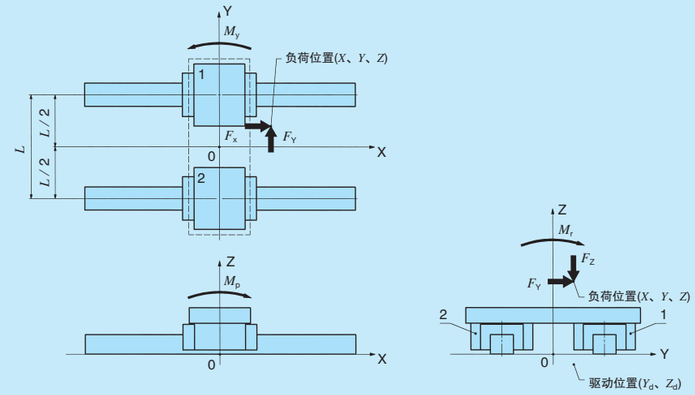


滑块编号	作用在滑块上的负荷		
	下方向载荷 F_r	横向负荷 F_a	T_0方向力矩 M_0
1	$\frac{F_z}{2} + \frac{M_p}{\ell}$	$\frac{F_Y}{2} + \frac{M_y}{\ell}$	$\frac{M_r}{2}$
2	$\frac{F_z}{2} - \frac{M_p}{\ell}$	$\frac{F_Y}{2} - \frac{M_y}{\ell}$	$\frac{M_r}{2}$

备注　各个方向上的力矩负荷M_r、M_p、M_y可用下式求出。

$$M_r = F_Y Z + F_Z Y$$
$$M_p = F_X(Z + Z_d) + F_Z X$$
$$M_y = -F_X(Y - Y_d) + F_Y X$$

表7.3　2根滑轨、1个滑块

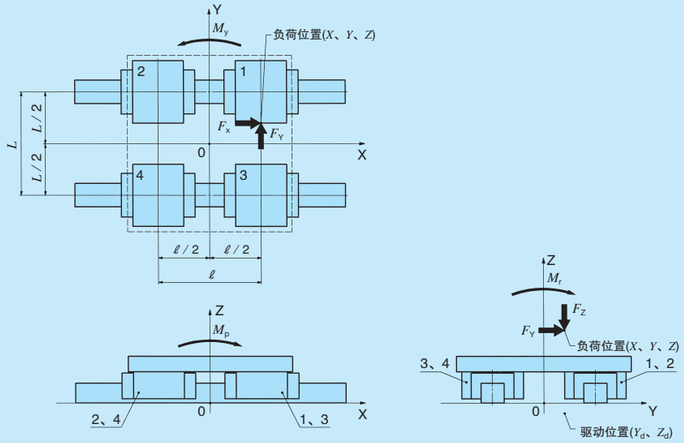


滑块编号	作用在滑块上的负荷			
	下方向载荷 F_r	横向负荷 F_a	T_X方向力矩 M_X	T_Y方向力矩 M_Y
1	$\frac{F_z}{2} + \frac{M_r}{L}$	$\frac{F_Y}{2}$	$\frac{M_p}{2}$	$\frac{M_y}{2}$
2	$\frac{F_z}{2} - \frac{M_r}{L}$	$\frac{F_Y}{2}$	$\frac{M_p}{2}$	$\frac{M_y}{2}$

备注　各个方向上的力矩负荷M_r、M_p、M_y可用下式求出。

$$M_r = F_Y Z + F_Z Y$$
$$M_p = F_X(Z - Z_d) + F_Z X$$
$$M_y = -F_X(Y - Y_d) + F_Y X$$

表7.4　2根滑轨、2个滑块



滑块编号	作用在滑块上的负荷	
	下方向载荷 F_r	横向负荷 F_a
1	$\frac{F_z}{4}+\frac{M_r}{2L}+\frac{M_p}{2\ell}$	$\frac{F_Y}{4}+\frac{M_y}{2\ell}$
2	$\frac{F_z}{4}+\frac{M_r}{2L}-\frac{M_p}{2\ell}$	$\frac{F_Y}{4}-\frac{M_y}{2\ell}$
3	$\frac{F_z}{4}-\frac{M_r}{2L}+\frac{M_p}{2\ell}$	$\frac{F_Y}{4}+\frac{M_y}{2\ell}$
4	$\frac{F_z}{4}-\frac{M_r}{2L}-\frac{M_p}{2\ell}$	$\frac{F_Y}{4}-\frac{M_y}{2\ell}$

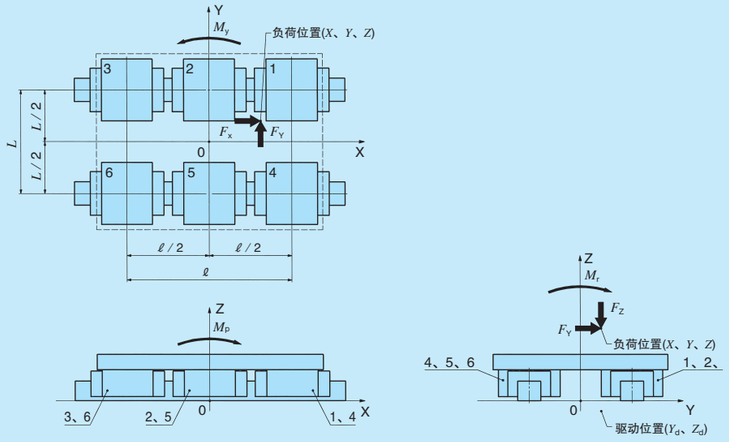
备注　各个方向上的力矩负荷M_r、M_p、M_y可用下式求出。

$M_r = F_Y Z + F_Z Y$

$M_p = F_X(Z - Z_d) + F_Z X$

$M_y = -F_X(Y - Y_d) + F_Y X$

表7.5　2根滑轨、3个滑块



滑块编号	作用在滑块上的负荷	
	下方向载荷 F_r	横向负荷 F_a
1	$\frac{F_z}{6}+\frac{M_r}{3L}+\frac{M_p}{2\ell}$	$\frac{F_Y}{6}+\frac{M_y}{2\ell}$
2	$\frac{F_z}{6}+\frac{M_r}{3L}$	$\frac{F_Y}{6}$
3	$\frac{F_z}{6}+\frac{M_r}{3L}-\frac{M_p}{2\ell}$	$\frac{F_Y}{6}-\frac{M_y}{2\ell}$
4	$\frac{F_z}{6}-\frac{M_r}{3L}+\frac{M_p}{2\ell}$	$\frac{F_Y}{6}+\frac{M_y}{2\ell}$
5	$\frac{F_z}{6}-\frac{M_r}{3\ell}$	$\frac{F_Y}{6}$
6	$\frac{F_z}{6}-\frac{M_r}{3L}-\frac{M_p}{2\ell}$	$\frac{F_Y}{6}-\frac{M_y}{2\ell}$

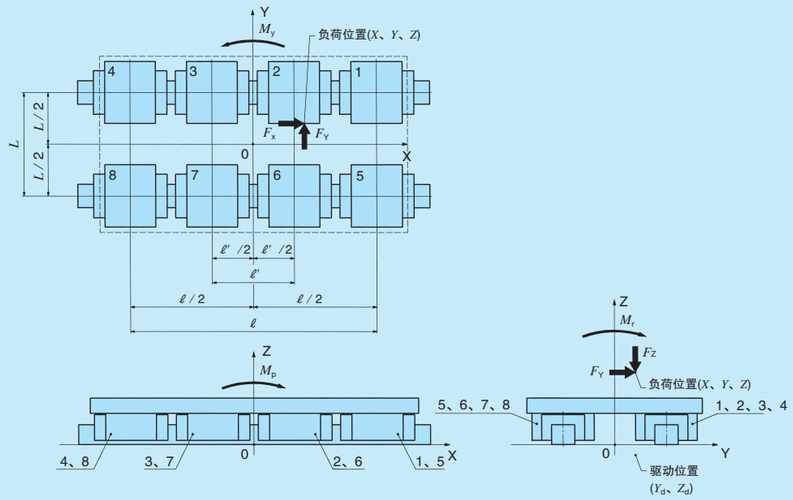
备注　各个方向上的力矩负荷M_r、M_p、M_y可用下式求出。

$M_r = F_Y Z + F_Z Y$

$M_p = F_X(Z - Z_d) + F_Z X$

$M_y = -F_X(Y - Y_d) + F_Y X$

表7.6　2根滑轨、4个滑块



滑块编号	作用在滑块上的负荷	
	下方向载荷 F_r	横向负荷 F_a
1	$\frac{F_z}{8}+\frac{M_r}{4L}+\frac{M_p}{2}\frac{\ell}{\ell^2+\ell'^2}$	$\frac{F_Y}{8}+\frac{M_y}{2}\frac{\ell}{\ell^2+\ell'^2}$
2	$\frac{F_z}{8}+\frac{M_r}{4L}+\frac{M_p}{2}\frac{\ell'}{\ell^2+\ell'^2}$	$\frac{F_Y}{8}+\frac{M_y}{2}\frac{\ell'}{\ell^2+\ell'^2}$
3	$\frac{F_z}{8}+\frac{M_r}{4L}-\frac{M_p}{2}\frac{\ell'}{\ell^2+\ell'^2}$	$\frac{F_Y}{8}-\frac{M_y}{2}\frac{\ell'}{\ell^2+\ell'^2}$
4	$\frac{F_z}{8}+\frac{M_r}{4L}-\frac{M_p}{2}\frac{\ell}{\ell^2+\ell'^2}$	$\frac{F_Y}{8}-\frac{M_y}{2}\frac{\ell}{\ell^2+\ell'^2}$
5	$\frac{F_z}{8}-\frac{M_r}{4L}+\frac{M_p}{2}\frac{\ell}{\ell^2+\ell'^2}$	$\frac{F_Y}{8}+\frac{M_y}{2}\frac{\ell}{\ell^2+\ell'^2}$
6	$\frac{F_z}{8}-\frac{M_r}{4L}+\frac{M_p}{2}\frac{\ell'}{\ell^2+\ell'^2}$	$\frac{F_Y}{8}+\frac{M_y}{2}\frac{\ell'}{\ell^2+\ell'^2}$
7	$\frac{F_z}{8}-\frac{M_r}{4L}-\frac{M_p}{2}\frac{\ell'}{\ell^2+\ell'^2}$	$\frac{F_Y}{8}-\frac{M_y}{2}\frac{\ell'}{\ell^2+\ell'^2}$
8	$\frac{F_z}{8}-\frac{M_r}{4L}-\frac{M_p}{2}\frac{\ell}{\ell^2+\ell'^2}$	$\frac{F_Y}{8}-\frac{M_y}{2}\frac{\ell}{\ell^2+\ell'^2}$

备注　各个方向上的力矩负荷M_r、M_p、M_y可用下式求出。

$M_r = F_Y Z + F_Z Y$

$M_p = F_X(Z - Z_d) + F_Z X$

$M_y = -F_X(Y - Y_d) + F_Y X$

相对于变动负荷的平均负荷

直线导轨、圆柱滚子直线导轨所承受的负荷发生变动时，不使用寿命计算公式中的当量动负荷P而使用平均负荷P_m。

平均负荷是为了得到与变动的负荷相等的寿命而换算的负荷，可由下式求出。

$$P_m = \sqrt[p]{\frac{1}{L}\int_0^L P_n^{\,p}\, dL} \quad \cdots\cdots(11)$$

式中 P_m：平均负荷 N

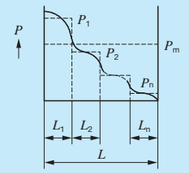
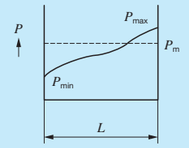
L：总行走距离 m

P_n：变动负荷 N

p：指数(滚珠规格：3、圆柱滚子规格：10/3)

表8所示为相对于一般变动负荷的平均负荷计算例。

表8　相对于变动负荷的平均负荷

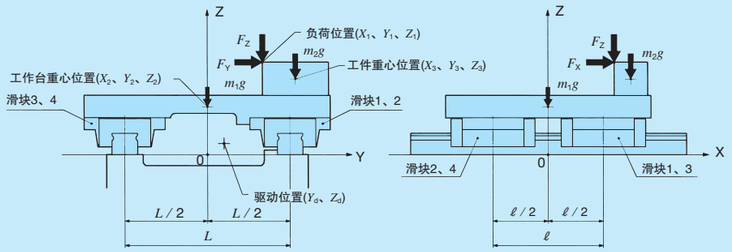
例		平均负荷
①阶段性变化的负荷		$P_m = \sqrt[p]{\frac{1}{L}(P_1^{\,p}L_1 + P_2^{\,p}L_2 + \ldots + P_n^{\,p}L_n)}$ 式中 L_1：承受负荷P_1行走的总距离 m L_2：承受负荷P_2行走的总距离 m L_n：承受负荷P_n行走的总距离 m
②单一变化的负荷		$P_m \approx \frac{1}{3}(2P_{max} + P_{min})$ 式中 P_{max}：最大变动负荷 N P_{min}：最小变动负荷 N

应用计算例

例1

使用的直线导轨……ME 25 C2 R640 H

基本额定动负荷……	C	=	18100 N
基本额定静负荷……	C_0	=	21100 N
负载负荷……	F_{X1}	=	1000 N
……	F_{Y1}	=	2000 N
……	F_{Z1}	=	1000 N
负荷位置……	X_1	=	60 mm
……	Y_1	=	50 mm
……	Z_1	=	83 mm
工作台质量……	m_1	=	10 kg
工作台重心位置……	X_2	=	0 mm
……	Y_2	=	0 mm
……	Z_2	=	43 mm
工件质量……	m_2	=	10 kg
工件重心位置……	X_3	=	75 mm
……	Y_3	=	80 mm
……	Z_3	=	68 mm
每分钟往返次数……	n_1	=	5 cpm
行程长度……	S	=	100 mm
滑块间距……	ℓ	=	100 mm
滑轨间距……	L	=	150 mm
驱动位置……	Y_d	=	150 mm
……	Z_d	=	10 mm



计算例1的条件时的寿命时间和静态安全系数。假设负荷系数f_W为1.5。

❶计算作用于滑块上的负荷

由于负载负荷及工作台重量的影响，在直线导轨上产生了如下所示的各坐标轴周围的力矩。

$$M_r = \Sigma(F_Y Z) + \Sigma(F_Z Y) = F_{Y1}Z_1 + F_{Z1}Y_1 + m_1 g Y_2 + m_2 g Y_3$$
$$= 2000\times83 + 1000\times50 + 10\times9.8\times0 + 10\times9.8\times80 \approx 224000$$

$$M_p = \Sigma\{F_X(Z - Z_d)\} + \Sigma(F_Z S) = F_{X1}(Z_1 - Z_d) + F_{Z1}X_1 + m_1 g X_2 + m_2 g X_3$$
$$= 1000\times(83-10) + 1000\times60 + 10\times9.8\times0 + 10\times9.8\times75 \approx 140000$$

$$M_y = -\Sigma\{F_X(Y - Y_d)\} + \Sigma(F_Y X) = -F_{X1}(Y_1 - Y_d) + F_{Y1}X_1$$
$$= -1000\times(50-150) + 2000\times60 = 220000$$

式中 M_r：偏转方向力矩 N·mm
M_p：俯仰方向力矩 N·mm
M_y：摇摆方向力矩 N·mm

作用于各滑块上的负荷可按照III-11页上的表7.4计算。

$$F_{r1} = \frac{\Sigma F_Z}{4} + \frac{M_r}{2L} + \frac{M_p}{2\ell} = \frac{F_{Z1} + m_1 g + m_2 g}{4} + \frac{M_r}{2L} + \frac{M_p}{2\ell}$$
$$= \frac{1000 + 10\times9.8 + 10\times9.8}{4} + \frac{224000}{2\times150} + \frac{140000}{2\times100}$$
$$\approx 1750$$

$$F_{r2} = \frac{\Sigma F_Z}{4} + \frac{M_r}{2L} - \frac{M_p}{2\ell} = \frac{F_{Z1} + m_1 g + m_2 g}{4} + \frac{M_r}{2L} - \frac{M_p}{2\ell} \approx 346$$

$$F_{r3} = \frac{\Sigma F_Z}{4} - \frac{M_r}{2L} + \frac{M_p}{2\ell} = \frac{F_{Z1} + m_1 g + m_2 g}{4} - \frac{M_r}{2L} + \frac{M_p}{2\ell} \approx 252$$

$$F_{r4} = \frac{\Sigma F_Z}{4} - \frac{M_r}{2L} - \frac{M_p}{2\ell} = \frac{F_{Z1} + m_1 g + m_2 g}{4} - \frac{M_r}{2L} - \frac{M_p}{2\ell}$$
$$\approx -1150$$

$$F_{a1} = F_{a3} = \frac{\Sigma F_Y}{4} + \frac{M_y}{2\ell} = \frac{F_{Y1}}{4} + \frac{M_y}{2\ell}$$
$$= \frac{2000}{4} + \frac{220000}{2\times100} = 1600$$

$$F_{a2} = F_{a4} = \frac{\Sigma F_Y}{4} - \frac{M_y}{2\ell} = \frac{F_{Y1}}{4} - \frac{M_y}{2\ell} = -600$$

❷计算额定寿命

按照III-7页上的公式(7)及公式(8)换算上下方向载荷及横向负荷。

$$F_{re1} = k_r \mid F_{r1} \mid = 1\times1750 = 1750$$
$$F_{re2} = k_r \mid F_{r2} \mid = 1\times346 = 346$$
$$F_{re3} = k_r \mid F_{r3} \mid = 1\times252 = 252$$
$$F_{re4} = k_r \mid F_{r4} \mid = 1\times1150 = 1150$$
$$F_{ae1} = k_a \mid F_{a1} \mid = 1\times1600 = 1600$$
$$F_{ae2} = k_a \mid F_{a2} \mid = 1\times600 = 600$$
$$F_{ae3} = k_a \mid F_{a3} \mid = 1\times1600 = 1600$$
$$F_{ae4} = k_a \mid F_{a4} \mid = 1\times600 = 600$$

式中 k_r、k_a：负荷方向的换算系数(参照III-7页表4)

按照III-7页上的公式(9)计算当量动负荷。

$$P_1 = X \mid F_{re1} \mid + Y \mid F_{ae1} \mid = 1\times1750 + 0.6\times1600 = 2710$$
$$P_2 = X \mid F_{re2} \mid + Y \mid F_{ae2} \mid = 0.6\times346 + 1\times600 \approx 808$$
$$P_3 = X \mid F_{re3} \mid + Y \mid F_{ae3} \mid = 0.6\times252 + 1\times1600 \approx 1750$$
$$P_4 = X \mid F_{re4} \mid + Y \mid F_{ae4} \mid = 1\times1150 + 0.6\times600 = 1510$$

求出当量动负荷最大的滑块1的额定寿命。计算额定寿命时，应在III-6页的公式(1)中加入负荷系数f_w(参照III-6页表2)。

$$L_1 = 50\left(\frac{C}{f_W P_1}\right)^3 = 50\times\left(\frac{18100}{1.5\times2710}\right)^3 \approx 4410$$

$$L_{h1} = \frac{10^6 L_1}{2S n_1 \times 60} = \frac{10^6\times4410}{2\times100\times5\times60} \approx 73500$$

通过上述计算可知，寿命时间约为73500小时。

❸计算静态安全系数

根据上下方向载荷及横向负荷，按照III-8页中的公式(10)计算当量静负荷。

$$P_{01} = k_{0r} \mid F_{r1} \mid + k_{0a} \mid F_{a1} \mid = 1\times1750 + 1\times1600 = 3350$$
$$P_{02} = k_{0r} \mid F_{r2} \mid + k_{0a} \mid F_{a2} \mid = 1\times346 + 1\times600 = 946$$
$$P_{03} = k_{0r} \mid F_{r3} \mid + k_{0a} \mid F_{a3} \mid = 1\times252 + 1\times1600 = 1852$$
$$P_{04} = k_{0r} \mid F_{r4} \mid + k_{0a} \mid F_{a4} \mid = 1\times1150 + 1\times600 = 1750$$

式中 k_{0r}、k_{0a}：负荷方向的换算系数(参照III-8页表6)

求出当量静负荷最大的滑块1的静态安全系数。静态安全系数按照III-6页中的公式(5)计算。

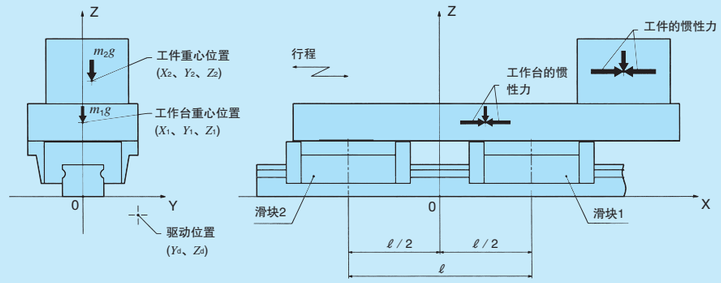
$$f_{s1} = \frac{C_0}{P_{01}} = \frac{21100}{3350} \approx 6.3$$

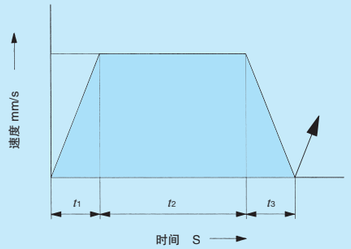
通过上述计算可知，静态安全系数约为6.3。

例2

使用的直线导轨……MH 45 C2 R1050 H
基本额定动负荷…… C = 74600 N
基本额定静负荷…… C_0 = 80200 N
T_0方向额定静力矩…… T_0 = 1610 N · m
工作台质量…… m_1 = 100 kg
工作台重心位置…… X_1 = 50 mm
…… Y_1 = 0 mm
…… Z_1 = 80 mm
工件质量…… m_2 = 1000 kg
工件重心位置…… X_2 = 200 mm
…… Y_2 = 10 mm
…… Z_2 = 130 mm

滑块间距…… ℓ = 200 mm
行程长度…… S = 500 mm
每分钟往返次数…… n_1 = 6 cpm
最大移动速度…… V = 100 mm/s
加速时间…… t_1 = 0.1 s
等速运动时间…… t_2 = 4.9 s
减速时间…… t_3 = 0.1 s
驱动位置…… Y_d = 60 mm
…… Z_d = －20 mm





计算例2的条件时的寿命时间和静态安全系数。假设负荷系数f_W为1.5。

❶计算作用于滑块上的负荷

由于负载负荷及工作台的重量和惯性力的影响，在直线导轨上产生了如下所示的各坐标轴周围的力矩。

〔起步加速时〕

$$M_r = \Sigma(F_Y Z) + \Sigma(F_Z Y) = m_1 g Y_1 + m_2 g Y_2 = 100\times 9.8\times 0 + 1000\times 9.8\times 10 \approx 98000$$

$$M_p = \Sigma\{F_X(Z - Z_d)\} + \Sigma(F_Z X)$$
$$= m_1\frac{V_{max}}{1000\times t_1}(Z_1 - Z_d) + m_2\frac{V_{max}}{1000\times t_1}(Z_2 - Z_d) + m_1 g X_1 + m_2 g X_2$$
$$= 100\times\frac{100}{1000\times 0.1}\times(80+20) + 1000\times\frac{100}{1000\times 0.1}\times(130+20) + 100\times 9.8\times 50 + 1000\times 9.8\times 200 \approx 2169000$$

$$M_y = -\Sigma\{F_X(Y - Y_d)\} + \Sigma(F_Y X)$$
$$= -m_1\frac{V_{max}}{1000\times t_1}(Y_1 - Y_d) - m_2\frac{V_{max}}{1000\times t_1}(Y_2 - Y_d)$$
$$= -100\times\frac{100}{1000\times 0.1}\times(0-60) - 1000\times\frac{100}{1000\times 0.1}\times(10-60) \approx 56000$$

〔等速运动时〕

$$M_r = m_1 g Y_1 + m_2 g Y_2 \approx 98000$$
$$M_p = m_1 g X_1 + m_2 g X_2 \approx 2010000$$
$$M_y = 0$$

〔停止减速时〕

$$M_r = m_1 g Y_1 + m_2 g Y_2 \approx 98000$$
$$M_p = -m_1\frac{V_{max}}{1000\times t_3}(Z_1 - Z_d) - m_2\frac{V_{max}}{1000\times t_3}(Z_2 - Z_d) + m_1 g X_1 + m_2 g X_2 \approx 1850000$$
$$M_y = m_1\frac{V_{max}}{1000\times t_3}(Y_1 - Y_d) + m_2\frac{V_{max}}{1000\times t_3}(Y_2 - Y_d) \approx -56000$$

式中 M_r：偏转方向力矩 N · mm
M_p：俯仰方向力矩 N · mm
M_y：摇摆方向力矩 N · mm

作用于各滑块上的负荷可按照Ⅲ-9页上的表7.2计算。

〔起步加速时〕

$$F_{r1} = \frac{\Sigma F_Z}{2} + \frac{M_p}{\ell} = \frac{m_1 g + m_2 g}{2} + \frac{M_p}{\ell} = \frac{100\times 9.8 + 1000\times 9.8}{2} + \frac{2169000}{200} \approx 16200$$
$$F_{r2} = \frac{\Sigma F_Z}{2} + \frac{M_p}{\ell} = \frac{m_1 g + m_2 g}{2} - \frac{M_p}{\ell} \approx -5460$$
$$F_{a1} = \frac{\Sigma F_Y}{2} + \frac{M_y}{\ell} = 280$$
$$F_{a2} = \frac{\Sigma F_Y}{2} - \frac{M_y}{\ell} = -280$$
$$M_{01} = M_{02} = \frac{M_r}{2} = 49000$$

〔等速运动时〕

$$F_{r1} = \frac{100\times 9.8 + 1000\times 9.8}{2} + \frac{2010000}{200} \approx 15400$$
$$F_{r2} \approx -4660$$
$$F_{a1} = F_{a2} = 0$$
$$M_{01} = M_{02} = 49000$$

〔停止减速时〕

$$F_{r1} = \frac{100\times 9.8 + 1000\times 9.8}{2} + \frac{1850000}{200} \approx 14600$$
$$F_{r2} \approx -3860$$
$$F_{a1} \approx -280$$
$$F_{a2} \approx 280$$
$$M_{01} = M_{02} = 49000$$

❷计算额定寿命

按照Ⅲ-7页中的公式(7)和公式(8)换算上下方向载荷、横向负荷及T_0方向力矩，按照公式(9)计算当量动负荷。

〔起步加速时〕

$$F_{re1} = k_r|F_{r1}| + \frac{C_0}{T_0}|M_{01}| = 1\times 16200 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 18600$$
$$F_{re2} = 1\times 5460 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{7900} \approx 7900$$
$$F_{ae1} = k_a|F_{a1}| = 1.28\times 280 \approx 358$$
$$F_{ae2} = 1.28\times 280 \approx 358$$
$$P_{1a} = XF_{re1} + YF_{ae1} = 1\times 18600 + 0.6\times 358 \approx 18800$$
$$P_{2a} = XF_{re2} + YF_{ae2} = 1\times 7900 + 0.6\times 358 \approx 8110$$

〔等速运动时〕

$$F_{re1} = 1\times 15400 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 17800$$
$$F_{re2} = 1\times 4660 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 7100$$
$$F_{ae1} = 0$$
$$F_{ae2} = 0$$
$$P_{1b} = 17800$$
$$P_{2b} = 7100$$

〔停止减速时〕

$$F_{re1} = 1\times 14600 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 17000$$
$$F_{re2} = 1\times 3860 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 6300$$
$$F_{ae1} = 1.28\times 280 \approx 358$$
$$F_{ae2} = 1.28\times 280 \approx 358$$
$$P_{1c} = 1\times 17000 + 0.6\times 358 \approx 17200$$
$$P_{2c} = 1\times 6300 + 0.6\times 358 \approx 6510$$

由于当量动负荷与行走距离的关系呈阶段性变化，故根据Ⅲ-14页中表8的①来计算平均负荷。

$$P_{m1} = \sqrt[3]{\frac{1}{S}\left(P_{1a}{}^3\frac{V_{max}t_1}{2} + P_{1b}{}^3 V_{max}t_2 + P_{1c}{}^3\frac{V_{max}t_3}{2}\right)}$$
$$= \left\{\frac{1}{500}\times\left(18800^3\times\frac{100\times 0.1}{2} + 17800^3\times 100\times 4.9 + 17200^3\times\frac{100\times 0.1}{2}\right)\right\}^{1/3} \approx 17800$$

$$P_{m2} = \left\{\frac{1}{500}\times\left(8110^3\times\frac{100\times 0.1}{2} + 7100^3\times 100\times 4.9 + 6510^3\times\frac{100\times 0.1}{2}\right)\right\}^{1/3} \approx 7110$$

求出当量动负荷最大的滑块1的额定寿命。计算额定寿命时，应在Ⅲ-6页的公式(1) 中加入负荷系数f_W(参照Ⅲ-6页表2)。

$$L_1 = 50\left(\frac{C}{f_W P_{m1}}\right)^3 = 50\left(\frac{74600}{1.5\times 17800}\right)^3 \approx 1090$$
$$L_{h1} = \frac{10^6 L_1}{2S n_1\times 60} = \frac{10^6\times 1090}{2\times 500\times 6\times 60} \approx 3030$$

通过上述计算可知，寿命时间约为3030小时。

❸计算静态安全系数

根据上下方向载荷及横向负荷，按照Ⅲ-8页中的公式(10)计算当量静负荷。

〔起步加速时〕

$$P_{01a} = k_{0r}|F_{r1}| + k_{0a}|F_{a1}| + \frac{C_0}{T_0}|M_{01}| = 1\times 16200 + 1.28\times 280 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 19000$$

$$P_{02a} = k_{0r}|F_{r2}| + k_{0a}|F_{a2}| + \frac{C_0}{T_0}|M_{02}| = 1.19\times 5460 + 1.28\times 280 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 9300$$

〔等速运动时〕

$$P_{01b} = 1\times 15400 + 1.28\times 0 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 19000$$
$$P_{02b} = 1.19\times 4660 + 1.28\times 0 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 7990$$

〔停止减速时〕

$$P_{01c} = 1\times 14600 + 1.28\times 280 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 17400$$
$$P_{02c} = 1.19\times 3860 + 1.28\times 280 + \frac{80200}{1610}\times\frac{49000}{1000} \approx 7390$$

求出当量静负荷最大的滑块1在起步加速时的静态安全系数。静态安全系数按照Ⅲ-6页中的公式(5)计算。

$$f_s = \frac{C_0}{P_{01a}} = \frac{80200}{19000} \approx 4.2$$

通过上述计算可知，静态安全系数约为4.2。

精度

直线导轨、圆柱滚子直线导轨的精度分为普通级、高级、精密级、超精密级、超超精密级。

各精度等级的概要如表9所示。详细内容请参照产品各系列的解说。

表9　系列和等级

系列名称 \ 等级(等级标记)	普通级 (无标记)	高级 (H)	精密级 (P)	超精密级 (SP)	超超精密级 (UP)
C-Lube自润滑直线导轨L 直线导轨L	—	○	○	—	—
C-Lube自润滑直线导轨E 直线导轨E	○	○	○	○	—
C-Lube自润滑直线导轨H 直线导轨H	—	○	○	○	—
直线导轨F	—	○	○	○	—
C-Lube自润滑直线导轨UL 直线导轨U	○	○	—	—	—
C-Lube自润滑圆柱滚子直线导轨超级X 圆柱滚子直线导轨超级X	—	○	○	○	○
圆柱滚子直线导轨X	—	○	○	○	○
直线导轨模组	—	○	○	○	—

预压

预压的目的

当直线导向设备的负荷小且需要轻盈动作时，有时会让直线导向设备保留一些间隙进行使用。但根据用途，有时需要去除导轨游隙，提高导轨刚性，就会加一定的预压进行使用。

预压使轨道面与滚动体的接触部预先产生内部应力。这样从外部施加于直线导向设备的负荷，就会被这种内部应力所吸收，从而控制弹性变形量，提高刚性。(参照图3)

预压的设定

预压量的大小应考虑安装直线导向设备的机械和装置等的特性，以及负荷是如何作用于直线导向设备等的因素来决定。一般标准是，滚动体为钢球时，直线导向设备的预压为负荷的1/3左右；滚动体为圆柱滚子时，预压为负荷的1/2左右，但是如果受到的是振动负荷或变动负荷，特别需要高刚性时，应设定更大的预压。

适用的预压分类的概要如表10所示。详细内容请参照产品各系列的解说。

选择预压时的注意事项

如果为了追求高刚性而设定过大的预压，滚动体与轨道之间就会产生过大的应力，减少直线导向设备的使用寿命。因此，根据使用条件在适当的预压量下运行是十分重要的。要设定大预压时，请咨询IKO公司。

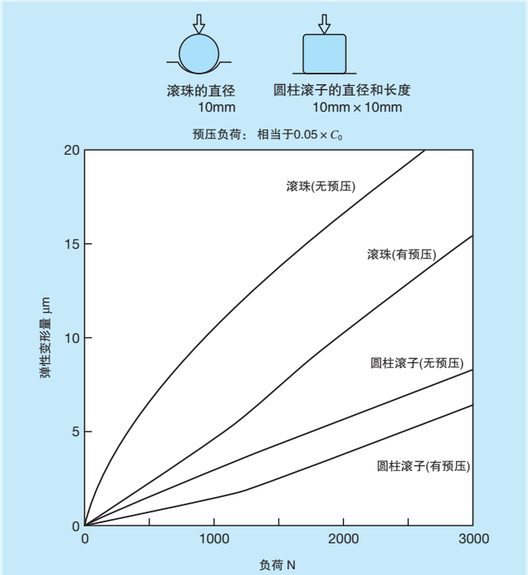


图3　预压与弹性变形特性

表10　系列和预压分类

系列名称 \ 预压(预压标记)	间隙 (T_C)	间隙 (T_0)	标准 (无标记)	轻预压 (T_1)	中预压 (T_2)	重预压 (T_3)
C-Lube自润滑直线导轨L 直线导轨L	—	○	○	○	—	—
C-Lube自润滑直线导轨E 直线导轨E	○	—	○	○	○	—
C-Lube自润滑直线导轨H 直线导轨H	—	○	○	○	○	○
直线导轨F	—	—	○	○	○	—
C-Lube自润滑直线导轨UL 直线导轨U	—	—	○	○	—	—
C-Lube自润滑圆柱滚子直线导轨超级X 圆柱滚子直线导轨超级X	—	—	○	○	○	○
圆柱滚子直线导轨X	—	—	○	○	○	○

摩擦

直线导向设备的摩擦

直线导向设备与滑动导向设备相比，具有静摩擦(起动摩擦)小，与动摩擦的差也小，而且速度不同时的摩擦阻力变化小的优异特长。因此，机械的动力损失少，直线导向设备内部的温度上升也小，能实现高速运动。

此外，由于摩擦阻力小变动少，所以对运动指令的响应性好，能够高精度定位。

摩擦系数

直线导向设备的摩擦阻力会受到直线导向设备的形式、负载负荷、速度、润滑剂特性等的影响。一般来说，轻负荷、高速运行时，润滑剂和密封是主要影响因素；重负荷、低速运行时，负荷的大小是主要影响因素。决定直线导向设备摩擦阻力的因素虽然比较复杂，但一般可用下面的公式来表示。

$$F = \mu P \cdots\cdots (11)$$

式中 F ：摩擦阻力 N

μ ：动摩擦系数

P ：负载负荷 N

此外，附带密封件时要在该值上加上密封件的阻力，密封件的阻力受密封唇过盈量及润滑状态的影响很大，并不相同。

在正确的润滑及安装条件下且普通负荷时，直线导轨、圆柱滚子直线导轨运行时的摩擦系数大致在表11的范围内。一般在小负荷区域，摩擦系数大多为较大的值。

表11　摩擦系数

系列名称	动摩擦系数 μ (1)
直线导轨	0.0040 ~ 0.0060
圆柱滚子直线导轨	0.0020 ~ 0.0040

注(1)　摩擦系数是不包含密封件的值。

润滑

润滑的目的

给直线导向设备加注润滑剂的目的是为了防止直线导向设备内部的轨道面与滚动体之间等的金属接触，减少摩擦和磨损，防止发热和烧结。当轨道面与滚动体的滚动接触面形成充分的油膜时，也具有降低因负荷而产生的接触应力的效果。管理好润滑工作，充分形成油膜对确保直线导向设备的可靠性是十分重要的。

润滑剂的选择

要充分发挥出直线导向设备的性能，就必须根据直线导向设备的形式、负荷、速度等，选择合适的润滑剂种类和润滑方法。但是，直线导向设备与滑动导向设备相比，对润滑剂的依赖性极小，所以供油量小，补给间隔也长，能大幅度地减轻维护管理的负担。直线导向设备所用的润滑剂大致可分为润滑脂和润滑油两种。

润滑脂润滑

直线导向设备一般使用锂皂基润滑脂(JIS稠度编号2号)，用于重负荷时，推荐使用添加极压添加剂的润滑脂。

在洁净环境和高真空环境下，可使用以合成油为基础油的或锂类以外的皂基等低尘、低挥发的润滑脂。在这些环境下使用时，直线导向设备在符合使用条件的同时，必须充分考虑如何满足润滑性能。

表12　封入润滑脂一览

系列名称	封入润滑脂
C-Lube自润滑直线导轨L 直线导轨L	Multemp PS No.2 [协同油脂株式会社]
C-Lube自润滑直线导轨E 直线导轨E	爱万利(Alvania)EP2润滑脂 [昭和壳牌石油株式会社]
C-Lube自润滑直线导轨H(1) 直线导轨H(1)	
直线导轨F	
C-Lube自润滑直线导轨UL 直线导轨U(2)	Multemp PS No.2 [协同油脂株式会社]
C-Lube自润滑圆柱滚子直线导轨超级X 圆柱滚子直线导轨超级X	爱万利(Alvania)EP2润滑脂 [昭和壳牌石油株式会社]
圆柱滚子直线导轨X	
直线导轨模组	

注(1)　大小尺寸为8 ~ 12的系列封入Multemp PS2。

(2)　大小尺寸为40 ~ 130的系列封入Alvania EP润滑脂2。

润滑脂的补给间隔

即使是高质量的润滑脂，其性能也会随运行时间而老化，因此必须进行适当补充。润滑脂的补给间隔因条件而异，一般为每6个月一次，对于长距离往复运动的机械等，推荐每3个月加一次润滑脂。

内置“C-Lube自润滑部件”的直线导向设备实现了长时间免维护，省去了直线导向设备不可缺少的润滑剂供油机构和供油工时，可大幅度降低维护成本。

润滑脂的加注方法

从脂嘴等加脂装置充分注入润滑脂，直到排出旧润滑脂为止。加注后进行磨合运行，多余的润滑脂会被排出直线导向设备，将要排出的润滑脂去除后再开始运行。

润滑脂的加注量标准为直线导向设备内部空间容积的1/3到1/2左右的比例，初次从脂嘴加注润滑脂时，会有一部分损失在加注路径内，因而有必要考虑该损失因素。

一般加注润滑脂后，运动阻力有增大的倾向。排出多余的润滑脂后，再进行10～20往复的磨合运行，运动阻力会变小，达到稳定。

此外，对于运动阻力大会成问题的用途，也可减少润滑脂的加注量，但是要保证所加注的量不影响润滑性能。

不同种类润滑脂的混合使用

将不同种类的润滑脂混合，基础油、皂基、添加剂的性状会发生变化，使润滑性能极度下降，并可能因添加剂的化学变化等引起故障，所以请将旧的润滑脂完全去除后再加注新的润滑脂。

润滑油润滑

用润滑油润滑时，负荷越大，越应选择高稠度的润滑油；速度越高，越应选择低稠度的润滑油。常常有重负荷作用的直线导向设备一般使用68mm²/s左右的润滑油，而对于轻负荷高速运动的直线导向设备则使用13mm²/s左右的润滑油。

表13　用于直线导向设备的润滑脂品牌

品牌		基础油	增稠剂	工作温度范围(²) ℃	用途
Alvania EP润滑脂2	[昭和壳牌石油株式会社]	矿物油	锂	-20～110	一般用途、添加极压添加剂
Alvania S2润滑脂	[昭和壳牌石油株式会社]	矿物油	锂	-25～120	一般用途
Multemp PS No.2	[协同油脂株式会社]	合成油、矿物油	锂	-50～130	一般用途
IKO洁净环境用低尘润滑脂CG2	[日本东晟株式会社]	合成油	尿素基	-40～200	洁净环境用 长寿命
IKO洁净环境用低尘润滑脂CGL	[日本东晟株式会社]	合成油、矿物油	锂/钙	-30～120	洁净环境用 低滑动
DEMNUM™润滑脂L-200(¹)	[大金工业株式会社]	合成油	四氟乙烯	-60～300	洁净环境用
FOMBLIN®VAC3(¹)	[苏威苏莱克斯(Solvay Solexis)公司]	合成油	四氟乙烯	-20～250	真空用
IKO耐打滑磨损润滑脂AF2	[日本东晟株式会社]	合成油	尿素基	-50～170	耐打滑磨损
6459润滑脂N	[昭和壳牌石油株式会社]	矿物油	聚尿素基	—	耐打滑磨损

注(¹)　请将补给间隔设定得短一些。
(²)　工作温度范围是引用润滑脂厂家产品目录中的数值，并不能保证长时间在高温环境下使用。
备注1. FOMBLIN®是苏威苏莱克斯(Solvay Solexis)公司的注册商标。
2. 使用时请对照所选择的润滑脂生产厂家的产品目录。
关于所列用途以外的润滑脂，请向IKO咨询。

“C-Lube”自润滑部件

C-Lube自润滑部件是将粒度极小的树脂粉末经过烧结成形制成多孔连通的烧结树脂，利用内部空间产生的毛细管现象，浸含大量润滑油的润滑部件。

润滑油不是供给滑轨，而是直接供给滚珠(钢球)或圆柱滚子。滚珠或圆柱滚子接触内置于滑块循环通道的C-Lube自润滑部件时，润滑油会粘附在滚珠或圆柱滚子的表面，再通过循环输送到负荷区域。因此，负荷区域能够始终确保最佳油量，长期保持润滑性能。

C-Lube自润滑部件表面始终有润滑油。当滚珠或圆柱滚子接触到C-Lube自润滑部件表面时，表面张力将润滑油不断地加注到滚珠或圆柱滚子的表面。

袖珍型润滑脂喷注器

袖珍型润滑脂喷注器是设有油孔的直线导轨、圆柱滚子直线导轨专用加脂器具。表14所示为润滑脂的种类和袖珍型润滑脂喷注器的规格。



表14　润滑脂的种类和袖珍型润滑脂喷注器

公称型号	润滑脂名称	内容量	加脂针外径
MG10/MT2	Multemp PS No.2 [协同油脂株式会社]	10ml	φ1mm
MG10/CG2	IKO洁净环境用低尘润滑脂CG2		
MG2.5/EP2	爱万利(Alvania)EP2润滑脂 [昭和壳牌石油株式会社]	2.5ml	
MG2.5/CG2	IKO洁净环境用低尘润滑脂CG2		
MG2.5/CGL	IKO洁净环境用低尘润滑脂CGL		
MG2.5/AF2	IKO耐打滑磨损润滑脂AF2		

脂嘴和注油嘴

表15.1和表15.2为脂嘴各规格所搭配的注油嘴形式，表16为注油嘴的规格。

表15.1　脂嘴和搭配注油嘴

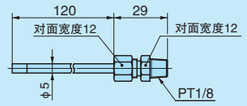
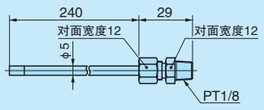
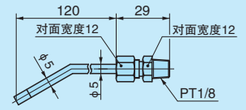
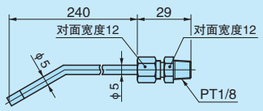
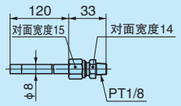
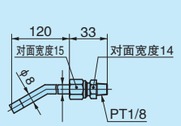
脂嘴		搭配注油嘴	
形式	尺寸形状	形式	形状
A-M3	R3, 4.5, 对面宽度4, M3×0.5, 4.2	A-5120V A-5240V B-5120V B-5240V	直管式 A–****V 带角的直管式 B–****V
A-M4	R3, 6, 对面宽度4.5, 4, M4×0.7		
B-M4	约67.5°, 2.1, 6, φ5.1, φ3.7, 10, 6, 对面宽度6, M4×0.7 (锥形螺纹)	A-8120V B-8120V	

表15.2　脂嘴和搭配注油嘴

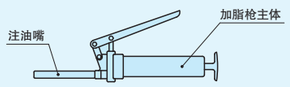
脂嘴		搭配注油嘴	
形式	尺寸形状	形式	形状
B-M6	约67.5°, 12.5, 相当于JIS 1型, 对面宽度8, MT6×0.75, 13, 6.5	市售品	直管式 φD(1) 夹头式 φD(1) 软管式 φD(1)
JIS1型	φ6.6, φ4.8, 对面宽度7, M6×0.75, 2.7, 5.4以下, 4, 13.5		
JIS2型	φ6.6, φ4.8, 对面宽度10, PT1/8, 2.7, 8, 20, 9.5以下		
JIS4型	约67.5°, 12.5, 相当于JIS 1型, 对面宽度10, PT1/8, 8.5, 8		
A-PT 1/4	φ6.6, φ4.8, 对面宽度14, PT1/4, 2.7, 11, 25, 12.5以下		

注(¹)　市售的直管式、夹头式及软管式注油嘴的外径*D*推荐在13mm以下。

表16　注油嘴的形式和尺寸

形式	尺寸形状
A-5120V	
A-5240V	
B-5120V	
B-5240V	
A-8120V	
B-8120V	

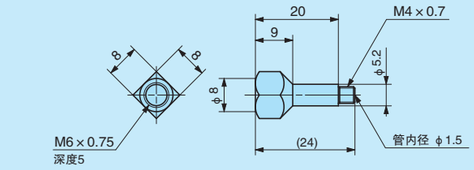
备注　表中所示的注油嘴可装在下图所示的一般市售的加脂枪上使用。需要时请指定注油嘴的形式，向IKO订购。



配管接头

集中加脂或进行油润滑时，备有与配管用内螺纹尺寸相配的配管接头，使用时请拆下脂嘴或挡油旋塞，装上配管接头。配管接头的上表面可能与滑块上表面高度相同或高出，故请确认配管接头的尺寸和各形式尺寸表中的H_3尺寸后使用。配管接头的公称型号及尺寸请参照图4.1、图4.2及表17.1、表17.2、表17.3、表17.4。此外，请注意部分指定特别配置的产品不能适用。需要时可安装配管接头后供货，请向IKO咨询。

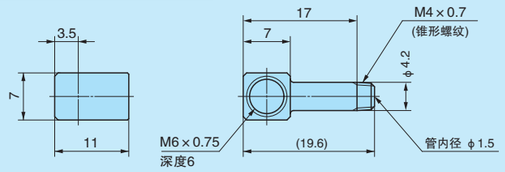
公称型号	SC4-20S



备注　MX系列、LRX系列不适用。

图4.1　M4×0.7用配管接头(直型)

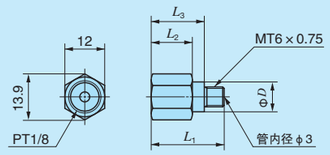
公称型号	LC4-17



备注　推荐在内螺纹(M6×0.75)上安装表17.1的直型配管接头。

图4.2　M4×0.7用配管接头(L型)

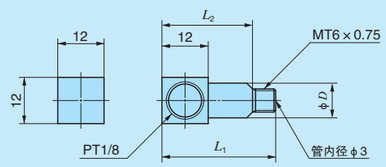
表17.1　M6×0.75用配管接头(直型)



单位 mm

公称型号	L_1	L_2	L_3	L_4
SC6-16	22	12.4	16	9
SC6-22S	28	12	22	6
SC6-25S	31	12	25	6

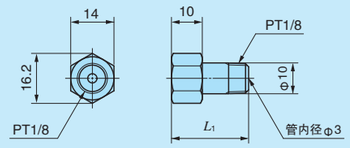
表17.2　M6×0.75用配管接头(L型)



单位 mm

公称型号	L_1	L_2	D
LC6-18	25	18	9
LC6-22S	28	—	6
LC6-24	30.5	23.5	9
LC6-25S	31	—	6

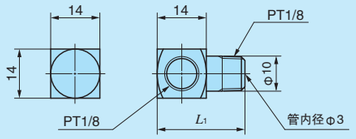
表17.3　PT1/8用配管接头(直型)



单位 mm

公称型号	L_1
SC1/8-19S	25
SC1/8-34S	40

表17.4　PT1/8用配管接头(L型)



单位 mm

公称型号	L_1
LC1/8-19S	25
LC1/8-34S	40

防尘

防尘的目的

为了充分发挥直线导向设备的性能，防止外部垃圾、灰尘等有害异物侵入是很重要的。请选择对各种运行条件都有效的密封装置或防尘装置。

防尘方法

直线导轨、圆柱滚子直线导轨虽然已标准配备了侧面密封垫片，但装上特别配置的双层密封垫片或刮板，可进一步提高防尘效果。此外，用防尘盖或胶带式盖板(图5)盖住滑轨安装孔，或者采用滑轨上面没有安装孔的上侧安装规格滑轨(图6)，可进一步提高防尘效果的可靠性。

但是，大量垃圾或灰尘浮游时，或者诸如切屑、沙尘等较大的异物粘附在轨道面上时，彻底防尘非常困难，推荐采用防尘罩(图7)或大行程多段式密封件等整体覆盖的方法。

需要胶带式盖板或下侧安装规格滑轨时，请向IKO咨询。

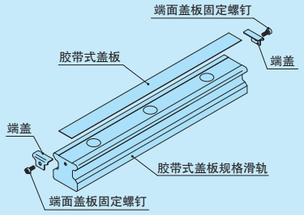


图5　胶带式盖板

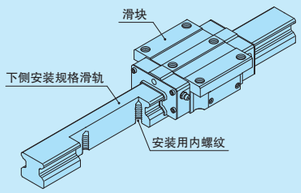


图6　下侧安装规格滑轨

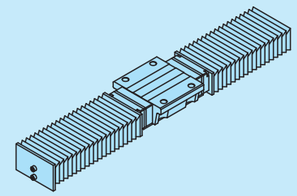


图7　防尘罩

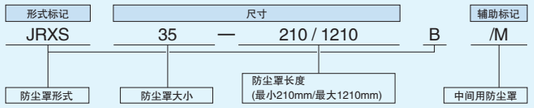
专用防尘罩

专用防尘罩是按照直线导轨、圆柱滚子直线导轨的尺寸制作的，故安装方便，防尘效果好。

此外，需要倒悬使用或需要耐热规格材料时，请向IKO咨询。

防尘罩的公称型号

专用防尘罩的公称型号由形式标记、尺寸、辅助标记组成，基本排列如下所示。



防尘罩的最小长度计算标准

根据下面的公式决定所需的专用防尘罩伸缩节数，计算最小所需长度

$$ns = \frac{S}{\ell s_{max} - \ell s_{min}}$$

式中 ns：伸缩节数(小数点以下进位)

S：行程长度 mm

ℓs_{max}：1节的最大长度(参照19.1、表19.2)

ℓs_{min}：1节的最小长度(参照表19.1、表19.2)

$$L_{min} = ns \times \ell s_{min} + m \times 5 + 10$$
$$L_{max} = S + L_{min}$$

式中 L_{min}：防尘罩的最小长度 mm

L_{max}：防尘罩的最大长度 mm

m：中间板的块数(参照表18)

表18　专用防尘罩中间板的块数

形式	专用防尘罩的P尺寸(1) mm 超过	以下	中间板的块数 m
JEF JRES	—	35	$m = \frac{ns}{7} - 1$
JES JHS JFS JRXS···B JFFS	—	22	$m = \frac{ns}{16}$ 但$ns \leqslant 20$时，$m = 0$
	22	25	$m = \frac{ns}{12}$ 但$ns \leqslant 18$时，$m = 0$
	25	35	$m = \frac{ns}{8}$

注(1)　P尺寸请参照表19.1、表19.2。

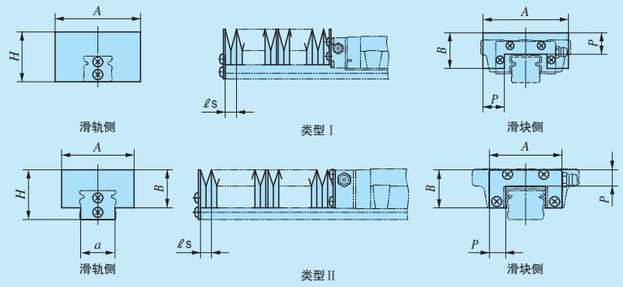
备注　JEF和JRES的中间板块数m的小数点以下进位，其它的中间板块数m的小数点以下舍去。

中间用防尘罩

各滑块的中间安装防尘罩时，安装板不同，订货时请在公称型号的末尾加上“/M”。

此外，加长或横置使用时，也为用户制作最佳的强化型防尘罩。这种防尘罩的宽度A比标准防尘罩大。需要时请向IKO咨询。

表19.1　专用防尘罩的适用和尺寸



单位 mm

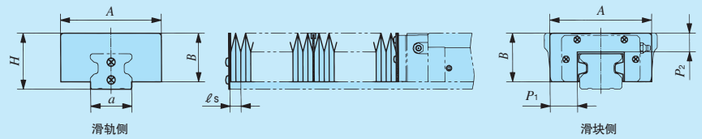
系列名称	大小尺寸	专用防尘罩的形式标记	类型	H	A	a	B	P	ℓs_{min}	ℓs_{max}
C-Lube自润滑直线导轨E 直线导轨E	15	JEF 15	II	23.5	34	14	17	8	2	9
	20	JEF 20		27.5	40	19	21	9	2	10
	25	JEF 25		32	46	22	24	10	2	11
	30	JES 30		42	70	27	35	15	2	14
	35	JES 35		48	85	33	40	18	2	18.5
	45	JES 45		60	105	44	50	22	2	23.5
C-Lube自润滑直线导轨H(1) 直线导轨H(1)	15	JHS 15	I	31(2)	55	—	19.5	15	2	14
	20	JHS 20		35(2)	60	—	25	15	2	14
	25	JHS 25		39(2)	64	—	29.5	15	2	14
	30	JHS 30		42	70	—	35	15	2	14
	35	JHS 35		48	85	—	40	18	2	18.5
	45	JHS 45		60	105	—	50	22	2	23.5
	55	JHS 55		70	120	—	57	25	2	28
	65	JHS 65		90	158	—	76	35	2	42
直线导轨F	33	JFFS 33	II	26(2)	66(3)	—	23	15	2	15
	37	JFFS 37	II	27.5(2)	70(3)	—	24	15	2	15
	40	JFS 40	I	32(2)	80	—	27	15	2	14
	42	JFFS 42	II	30.5(2)	76(3)	—	27.5	15	2	15
	60	JFS 60	I	36(2)	100	—	30	15	2	14
	69	JFFS 69	II	36(2)	106	—	31.5	15	2	15
	90	JFS 90	I	50	150	—	43	22	2	23.5

注(1)　不适用于横向安装型LWHY。

(2)　有部分产品比滑块的装配尺寸H高。请确认各系列尺寸表的H尺寸。

(3)　有部分产品比滑块的W_2尺寸宽。请确认各系列尺寸表的W_2尺寸。

表19.2　专用防尘罩的适用和尺寸



单位 mm

系列名称	大小尺寸	专用防尘罩的形式标记	H	A	a	B	P_1	P_2	ℓs_{min}	ℓs_{max}
C-Lube自润滑圆柱滚子直线导轨超级X 圆柱滚子直线导轨超级X	15	JRES 15	34(1)	55(2)	14	30	17.5	15	2	15
	20	JRES 20	39(1)	60(2)	19	34	15	15	2	15
	25	JRES 25	42(1)	65(2)	22	36	16.5	15	2	15
	30	JRES 30	46(1)	70(2)	27	39.5	15	15	2	15
	35	JRES 35	48	88(2)	33	41.5	24	15	2	15
	45	JRES 45	60	108(2)	44	52	29	20	2	21
	55	JRES 55	70	122(2)	52	61	31	22	2	23.5
	65	JRES 65	88	140(2)	61	76	25	25	2	30
	85	JRES 85	107	180	82	89	30	30	2	36
圆柱滚子直线导轨X	25	JRXS 25···B	40	60	22	34	15	12	2	10
	35	JRXS 35···B	48	88	34	41.5	24	15	2	14
	45	JRXS 45···B	60	108	44	52	29	20	2	21
	55	JRXS 55···B	70	122	54	61	31	22	2	23.5
	75	JRXS 75···B	90	160	74	80	40	30	2	36

注(1)　有部分产品比滑块的装配尺寸H高。请确认各系列尺寸表的H尺寸。

(2)　有部分产品比滑块的W_2尺寸高。请确认尺寸表中的H尺寸。

订货单位

订购直线导轨、圆柱滚子直线导轨时请以滑轨根数为单位注明套数。订购自由组合规格的滑块或滑轨单件时，请注明滑块的个数或滑轨的根数。

自由组合规格

滑块单件



(2个时)

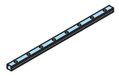
公称型号的表示例

LWESG 25 C1 SL T1 P S1 /U

仅用C1来表示。

订货单位
2个

滑轨单件



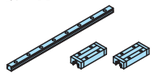
(1根时)

公称型号的表示例

LWE 25 R640 SL P S1 /F

订货单位
1根

成套产品



(1套时)

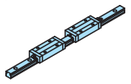
公称型号的表示例

LWESG 25 C2 R640 SL T1 P S1 /FU

订货单位
1套

非互换性规格

成套产品



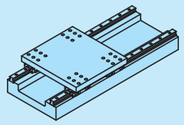
(1套时)

公称型号的表示例

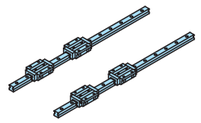
LWESG 25 C2 R640 SL T1 P /FU

订货单位
1套

几套为1组时(特别配置 /W)



直线导轨、圆柱滚子直线导轨



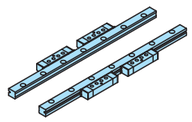
(2套1组时)

公称型号的表示例

LRX 45 C2 R1260 T3 SP /W2

订货单位
2套

直线导轨模组



(2套1组时)

公称型号的表示例

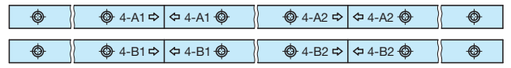
LWM 2 M2 R480 P /W2

订货单位
2套

特别配置

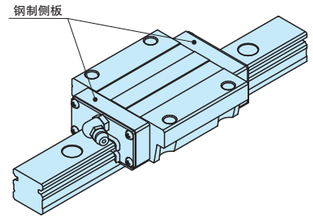
直线导轨、圆柱滚子直线导轨备有III-28页到III-34页所示的特别配置。适用的特别配置是有限制的，详细内容请参照产品各系列的解说。

对接滑轨 /A



对于非互换性规格的滑轨，如果需要长度超过产品各系列解说中的最大长度时，可将2根或更多的滑轨按直线运动方向对接使用。对接的各滑轨长度及根数，请向IKO咨询。

钢制侧板 /BS

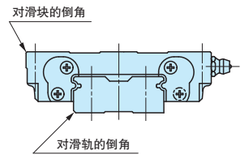


可将标准配备的合成树脂制侧板换成不锈钢侧板。滑块的全长尺寸不变。

此外，如果要提高耐热性时，推荐与“无密封垫片(辅助标记 /N)”并用。

基准面倒角 /C /CC

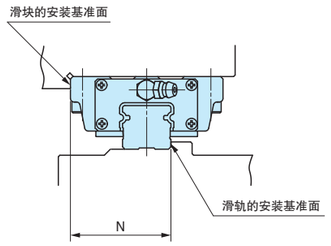
在滑块及滑轨的安装基准面追加倒角。



① /C 在滑轨的安装基准面追加倒角。

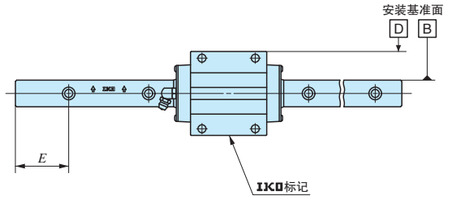
② /CC 在滑块及滑轨的安装基准面追加倒角。

逆基准面 /D



滑轨的安装基准面为标准位置的相反一侧。*N*尺寸的精度和行走时的平行度不变。

指定滑轨安装孔位置 /E



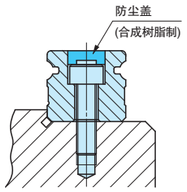
从滑块上的IKO标记侧看去，滑轨左端面到最左端的安装孔之间的距离为E尺寸，通过指定E尺寸来指定滑轨安装孔的位置。

订货时，请在“/E”后注明尺寸(用毫米单位表示)。

此外，E尺寸的范围是有限制的，请向IKO咨询。

有关直线导轨H横向安装型及直线导轨模组系列，请参照产品各系列的解说。

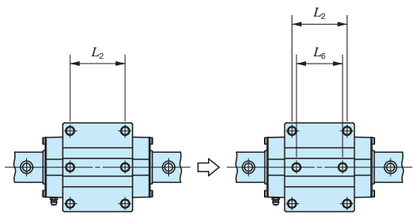
滑轨安装孔用防尘盖 /F



附带滑轨安装孔用的专用防尘盖。可塞住滑轨安装孔，提高运动方向的密封性。我公司也备有铝合金制的防尘盖，请向IKO咨询。

变更滑块中央安装孔间距尺寸 /GE

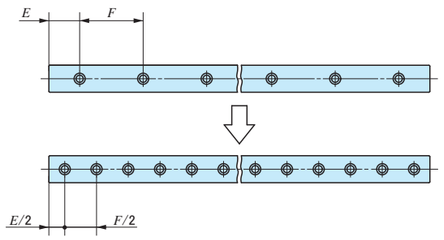
变更滑块中央安装孔间距尺寸。



混合型C-Lube自润滑直线导轨 /HB

将组装在滑块中的滚动体材料变更为陶瓷(氮化硅)制品。

滑轨的安装孔半间距 /HP

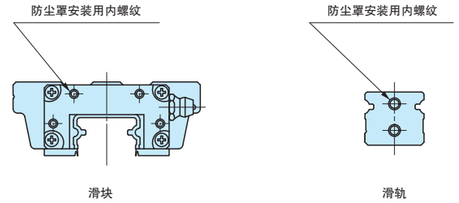


滑轨安装孔的间距为标准F尺寸的1/2。同时附带与安装孔数目相同的滑轨安装孔用螺栓。

检查成绩表 / I

每套都附带H尺寸、N尺寸和滑块行走时的平行度的检查成绩表。

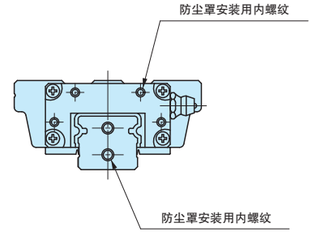
防尘罩安装用内螺纹(单件) /J /JR /JL



在自由组合规格的滑块单件或自由组合规格的滑轨单件上加工防尘罩安装用内螺纹。

① /J 在滑块或滑轨的两个端面加工内螺纹。
② /JR 从滑块的IKO标记侧看去，内螺纹加工在右侧端面。
③ /JL 从滑块的IKO标记侧看去，内螺纹加工在左侧端面。

防尘罩安装用内螺纹(成套产品) /J /JJ /JR /JS /JJS



自由组合规格的成套产品或非互换性规格的产品，在其滑块或滑轨上加工防尘罩安装用内螺纹。

① /J 在距离滑轨两端最近的滑块端面和滑轨的两个端面加工内螺纹。(使用1个滑块时，两端面都加工)
② /JJ 使用2个以上滑块时，在所有滑块的两个端面和滑轨的两个端面上加工内螺纹。(使用1个滑块时请注明“/J”)
③ /JR 在滑轨的两个端面加工内螺纹。
④ /JS 在距离滑轨两端最近的滑块端面上加工内螺纹。(使用1个滑块时，两端面都加工)
⑤ /JJS 使用2个以上滑块时，在所有滑块的两个端面上加工内螺纹。(使用1个滑块时请注明“/JS”)

黑铬皮膜处理 /LC /LR /LCR

黑色的渗透性铬皮膜处理后，用丙烯酸树脂进行涂层处理，提高防锈能力。

① /LC 对外壳进行处理。
② /LR 对滑轨进行处理。
③ /LCR 对外壳和滑轨进行处理。

氟化黑铬皮膜处理 /LFC　/LFR　/LFCR

黑色的渗透性铬皮膜处理后，用氟树脂进行涂层处理，进一步提高防锈能力，而且异物不易粘附在表面。

① /LFC　对外壳进行处理。
② /LFR　对滑轨进行处理。
③ /LFCR　对外壳和滑轨进行处理。

附带滑轨安装用螺栓 /MA

附带我公司推荐的滑轨安装用螺栓。螺栓尺寸请参照尺寸表。

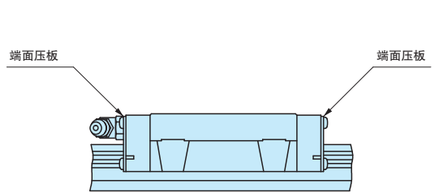
不附带滑轨安装用螺栓 /MN

不附带滑轨安装用螺栓。

安装孔尺寸变更 /M4

将ME15的M3用滑轨安装孔变更为M4。搭配附带的滑轨安装用螺栓(辅助标记“/MA”)时，请注明“/MA4”。

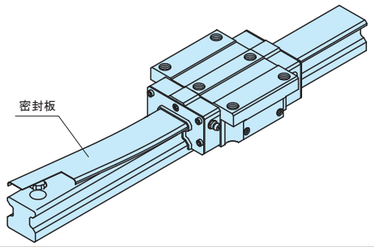
无密封垫片 /N



要减少滑块的运动阻力时，可将两侧的侧面密封垫片更换成与滑轨不接触的端面压板，并且不安装下面密封垫片。

但是，此规格不具防尘效果。

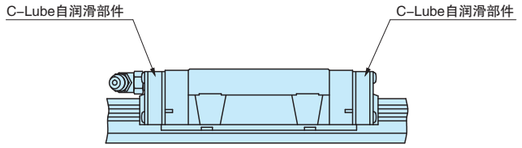
滑轨用密封板 /PS



安装滑轨用密封板后供货。滑轨安装完毕后，用冲压成U字形的不锈钢制薄板覆盖在上表面，进一步提高密封性。侧面密封垫片更换为专用密封件。

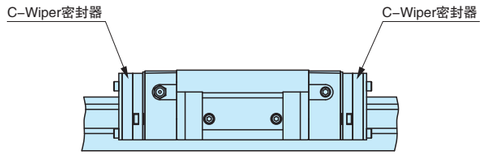
此外，安装密封板时，请参照同包装的密封板使用说明书。

C-Lube自润滑部件 /Q



在滑块的侧面密封垫片内侧安装含有润滑剂的C-Lube自润滑部件，可延长润滑剂的补给间隔。

C-Wiper密封器 /RC　/RCC



滑块端面安装C-Wiper密封器提高防尘性能。
带C-Wiper密封器的滑块同时配备内面密封垫片(/UR)及刮板(/Z)。

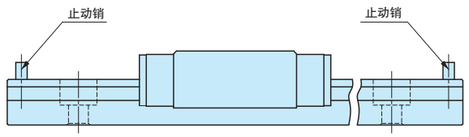
① /RC　将C-Wiper密封器装在离滑轨两端最近的滑块端面上。使用1个滑块时，两端面都加工。
② /RCC　使用2个以上滑块时，所有滑块的两端面均安装C-Wiper。

特殊环境用密封垫片 /RE

将标准配备的侧面密封垫片及下面密封垫片更换为能在高温环境下使用的特殊环境用侧面密封垫片。

带止动销的滑轨 /S

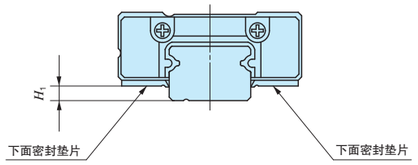
在滑轨的两端安装止动销以阻止滑块脱落。



对接规格滑轨(自由组合规格) /T

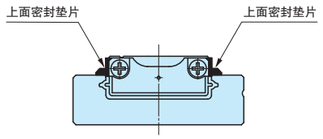
为了将自由组合规格的滑轨按直线运动方向对接，加工两端对接部。
请将互换性标记一样的滑轨对接起来使用。此外，非互换性规格时请注明对接滑轨“/A”。

下面密封垫片(1) /U

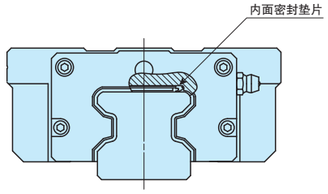


为了防止异物从直线导轨的下方侵入，在滑块的下面安装密封垫片。

注(1) C-Lube自润滑直线导轨UL、直线导轨U时为“上面密封垫片”。为了防止异物从直线导轨的上方侵入，在滑块的上部侧面安装密封垫片。



内面密封垫片 /UR



滑块内部安装内面密封垫片。

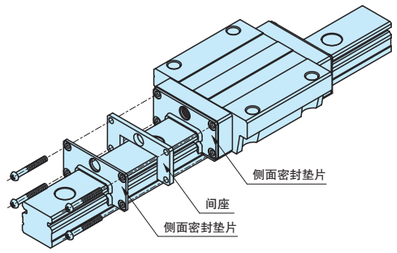
内面密封垫片能够提高圆柱滚子循环部的防尘性能，阻止异物从滑轨顶面侵入。

双层密封垫片(单件) /V /VR /VL

在自由组合规格的滑块单件上装上两层侧面密封垫片，提高防尘性能。

① /V 在滑块的两个端面装上双层密封垫片。
② /VR 从滑块的IKO标记侧看去，右侧端面装上双层密封垫片。
③ /VL 从滑块的IKO标记侧看去，左侧端面装上双层密封垫片。

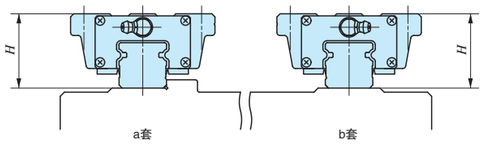
双层密封垫片(成套产品) /V /VV



自由组合规格的成套产品或非互换性规格产品的滑块上装上两层侧面密封垫片，提高防尘性能。

① /V 在最接近滑轨两端的滑块的端面装上双层密封垫片。使用1个滑块时，两端面都加工。
② /VV 使用2个以上滑块时，在所有滑块的两个端面装上双层密封垫片。

几套一组 /W



将同一平面上的多套直线导轨、圆柱滚子直线导轨的H尺寸的相互差控制在标准范围内。

多套产品的H尺寸的相互差与1套的精度相同。

请在“/W”之后注明套数，以根数为单位指示。

指定润滑脂 /YCG /YCL /YAF /YBR /YNG

可通过辅助标记更改封入的润滑脂。

① /YCG 封入洁净环境用低尘润滑脂CG2。
② /YCL 封入洁净环境用低尘润滑脂CGL。
③ /YAF 封入耐打滑磨损润滑脂AF2。
④ /YBR 封入摩力克(Molykote)BR2-Plus润滑脂[道康宁(Dow Corning)公司]。
⑤ /YNG 不封入润滑脂。

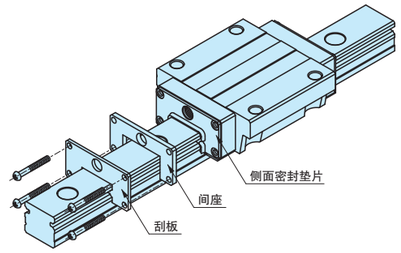
刮板(单件) /Z /ZR /ZL

在自由组合规格的滑块单件上安装金属制的刮板。

刮板为非接触结构，可有效排除粘附在滑轨上的较大异物。

① /Z 在滑块的两个端面装上刮板。
② /ZR 从滑块的IKO标记侧看去，右侧端面装有刮板。
③ /ZL 从滑块的IKO标记侧看去，左侧端面装有刮板。

刮板(成套产品) /Z /ZZ



在自由组合规格的成套产品或非互换性规格产品的滑块上装上金属制的刮板。

刮板为非接触结构，可有效排除粘附在滑轨上的较大异物。

① /Z 将刮板装在离滑轨两端最近的滑块端面上。使用1个滑块时，两端面都加工。
② /ZZ 使用2个以上滑块时，在所有滑块的两个端面装上刮板。

使用注意事项

工作温度

内置C-Lube自润滑部件的直线导向设备的最高工作温度为80℃。未内置C-Lube自润滑部件的直线导向设备的最高工作温度为120℃，连续工作时的最高工作温度为100℃。温度超过100℃时，请向IKO咨询。

特别配置中指定附带C-Lube自润滑部件(辅助标记“/Q”)时，最高工作温度为80℃。

使几个滑块靠近后使用时

几个滑块紧贴使用时，如果滑块与机械、装置等的安装精度差，可能会造成实际负荷超过负荷的计算值。此时必须将负载负荷估算得大于计算值。

横向或倒转安装时

将直线导轨E及直线导轨F横向或倒转安装使用时，为了防止异物侵入滑块内部，请根据需要指定安装有下面密封垫片的特别配置(辅助标记“/U”)。

运行速度

直线导轨、圆柱滚子直线导轨的运行速度的极限值受运动特性、负载负荷的大小、润滑状态、安装精度、环境温度等各种运行条件的影响。

表20所示为根据实绩和经验总结出的在一般运行条件下最高速度的大致标准。

表20　最高速度的标准

大小尺寸	最高速度 m/min
35	180
45	120
55	100
65	75

清洗、脱脂

严禁用有脱脂能力的有机溶剂、白煤油等清洗内置C-Lube自润滑部件的直线导向设备。

油润滑时润滑油的供给部位

采用重力滴下方式供给润滑油时，位于供给部位上方的轨道有时不能充分供给润滑油。因此，需研究润滑路径和供给部位。如此使用时请向IKO咨询。

安装注意事项

几套同时安装时

●自由组合规格的产品

自由组合规格的产品请将带有相同互换性标记(“S1”或“S2”)的滑块和滑轨安装在一起。

●非互换性规格的产品

请勿改变供货时的滑块和滑轨的组合。

●将几套作为一组来使用的产品

将几套作为一组来使用的特别配置(辅助标记为“/W”)的产品，在供货时已将其作为一组对相互差进行了调整，安装时请勿将其与其它组混合。

滑块和滑轨的组装

将滑块组装到滑轨上时，请将滑块与滑轨的槽正确对准，平行、轻轻地移动滑块。如果胡乱操作，可能会导致密封垫片损伤或钢球、圆柱滚子脱落等问题。

如果是预先附带辅助安装轨道的产品，使用辅助安装轨道则可以更容易地将滑块安装到滑轨上。

表22.1及表22.2所示型号中，辅助安装轨道已作为附件附带，其它型号也备有辅助安装轨道，需要时请向IKO咨询。

安装精度

如果直线导轨、圆柱滚子直线导轨的安装面精度或安装精度差，会导致超出计算值的大负荷发生。该负荷会影响直线导向设备的寿命，必须予以注意。因此，为了提高直线导轨、圆柱滚子直线导轨的可靠性，必须根据要求的运动精度和刚性等使用条件，保证滑轨和滑块安装部具有较高的加工精度及安装精度，还必须研究能够维持该精度和性能的安装结构。

使用几套时各套之间安装平行度的大致标准请参照表21。

表21　2个安装面的平行度　　单位 μm

等级	普通级 (无标记)	高级 (H)	精密级 (P)	超精密级 (SP)	超超精密级 (UP)
平行度	30		20	10	6

安装基准面的肩高和角部圆弧半径

如图8所示，安装侧基准面的角部形状推荐设置清角槽，也可以加工成角部圆弧半径使用。安装侧安装基准面的肩高和角部圆弧半径的推荐值请参照各系列的解说。

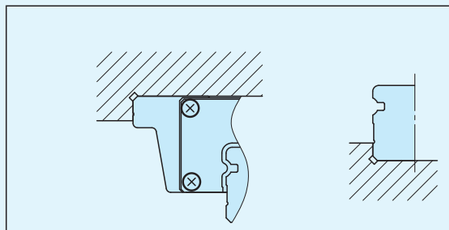


图8　安装基准面的角部形状

表22.1　附带辅助安装轨道的产品　　○：附带

系列名称和大小尺寸		自由组合		非互换性规格成套产品
		滑块单件	成套产品	
C-Lube自润滑直线导轨L 直线导轨L		○	参照表22.2	参照表22.2
C-Lube自润滑直线导轨E 直线导轨E		○	—	—
C-Lube自润滑直线导轨H 直线导轨H	8～12	○	○	○
	15～65	○	—	—
	超长	○	○	○
	85	—	—	—
直线导轨F		○	—	—
C-Lube自润滑直线导轨UL 直线导轨U	25、30	—	—	○
	40～130	—	—	—
C-Lube自润滑圆柱滚子直线导轨超级X 圆柱滚子直线导轨超级X	10～30	○	○	○
	35～65	○	—	—
	超长	○	○	○
	85、100	—	—	—
圆柱滚子直线导轨X		—	—	—

表22.2　附带辅助安装轨道的C-Lube自润滑直线导轨L、直线导轨L的型号

C-Lube自润滑直线导轨L		直线导轨L	
标准型	宽幅型	标准型	宽幅型
—	—	LWL 2	LWLF 4
—	—	LWLC 3	LWLFC 6
—	—	LWL 3	LWLF 6
MLC 5	MLFC 10	LWLC 5…B	LWLFC 10…B
ML 5	MLF 10	LWL 5…B	LWLF 10…B
MLC 7	MLFC 14	LWLC 7…B	LWLFC 14…B
ML 7	MLF 14	LWL 7…B	LWLF 14…B
MLG 7	MLFG 14	LWLG 7…B	LWLFG 14…B
MLC 9	MLFC 18	LWLC 9…B	LWLFC 18…B
ML 9	MLF 18	LWL 9…B	LWLF 18…B
MLG 9	MLFG 18	LWLG 9…B	LWLFG 18…B
MLL 9	—	LWLG 12…B	LWLFG 24…B
MLG 12	MLFG 24	LWLG 15…B	LWLFG 30…B
MLL 12	—	LWLG 20…B	LWLFG 42…B
MLG 15	MLFG 30	LWLG 25…B	—
MLL 15	—	—	—
MLG 20	MLFG 42	—	—
MLG 25	—	—	—

安装面的清洁

请用油石等去除安装直线导轨、圆柱滚子直线导轨的机械、装置的安装面及安装基准面上的毛刺和伤痕，并用干净的布擦去防锈油及污物。

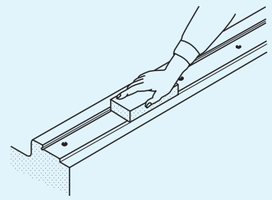


图9　安装面的清洁

滑轨安装孔用防尘盖的安装

将特别配置的滑轨安装孔用防尘盖(辅助标记“/F”)安装到滑轨上时，请用平坦的挡块一点点地打入，直到与滑轨上表面达到同一平面。

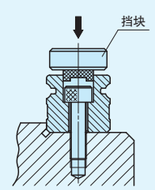


图10　滑轨安装孔用防尘盖的安装

固定螺钉的拧紧扭矩

表23所示为安装直线导轨、圆柱滚子直线导轨时固定螺钉的一般拧紧扭矩。如果机械、装置的振动冲击较大，负荷波动较大或者承受力矩负荷，应根据需要采用1.2倍至1.5倍的扭矩进行固定。

此外，对方材料是铸铁或铝合金等时，请根据对方材料的强度特性降低拧紧扭矩。

详细内容请参照产品各系列的解说。

表23　固定螺钉的拧紧扭矩

螺钉的公称	拧紧扭矩 N·m		
	碳素钢螺钉 (强度等级 8.8)	碳素钢螺钉 (强度等级 12.9)	不锈钢螺钉 (性能类别 A2-70)
M 1 ×0.25	—	—	0.04
M 1.4×0.3	—	—	0.10
M 1.6×0.35	—	—	0.15
M 2 ×0.4	—	—	0.31
M 2.3×0.4	—	—	0.48
M 2.5×0.45	—	—	0.62
M 2.6×0.45	—	—	0.70
M 3 ×0.5	1.2	1.7	1.1
M 4 ×0.7	2.8	4.0	2.5
M 5 ×0.8	5.6	7.9	5.0
M 6 ×1	—	13.3	8.5
M 8 ×1.25	—	32.0	20.4
M10 ×1.5	—	62.7	—
M12 ×1.75	—	108	—
M14 ×2	—	172	—
M16 ×2	—	263	—
M20 ×2.5	—	512	—
M24 ×3	—	882	—
M30 ×3.5	—	1 750	—

安装面、安装基准面及一般性的安装结构

安装直线导轨、圆柱滚子直线导轨时，将滑轨及滑块的安装基准面B、D正确地对准工作台及底座的安装基准面进行固定。(参照图11)

安装基准面B、D及安装面A、C已经过精密的研磨精加工。所以如果安装侧的机械、装置等的安装面也经过了高精度的加工并正确安装，就能够获得稳定的高精度直线运动。

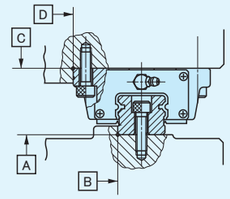


图11　直线导轨、圆柱滚子直线导轨的安装基准面及一般性的安装结构

滑块的安装基准面是有IKO标记的相反的一侧。滑轨的安装基准面是正视滑轨上表面的IKO标记，其上方的侧面(箭头方向)。(参照图12)

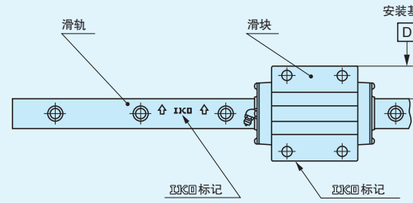


图12　直线导轨、圆柱滚子直线导轨的安装基准面的位置(代表例)

负荷方向和安装结构

当直线导轨、圆柱滚子直线导轨承载横向负荷、交替负荷或波动负荷时，请按照图13和图14所示，切实牢固地固定滑块及滑轨的侧面。

负荷小或使用条件不十分苛刻时，也可采用图15和图16所示的方法安装。

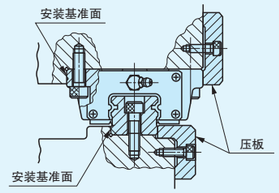


图13　利用压板的安装例

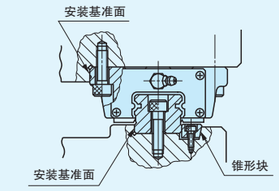


图14　利用锥形块的安装例

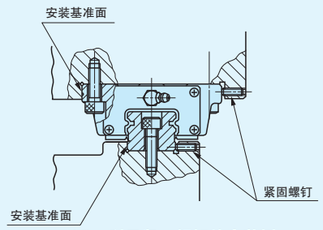


图15　利用紧固螺钉的安装例

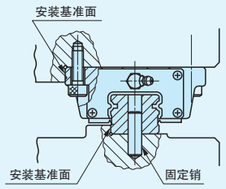


图16　利用固定销的安装例

安装例

例1～例4以直线导轨为例说明直线导轨、圆柱滚子直线导轨的一般安装步骤。

例1　一般组装

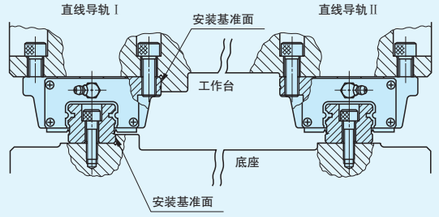


图17　安装例1

对于没有冲击的一般用途，在基准侧的底座和工作台上加工安装基准面，其安装步骤如下所示。(参照图17)

❶安装面和安装基准面的清洁

· 请用油石等去除安装直线导轨的机械、装置的安装面及安装基准面上的毛刺和伤痕，并用干净的布擦拭(参照图18)。
· 请用干净的布擦去直线导轨的安装基准面及安装面上的防锈油和污物。

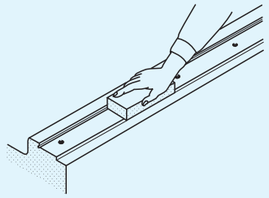


图18　安装面的清洁

❷直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑轨的临时固定

· 将直线导轨Ⅰ的滑轨的安装基准面对准底座的安装基准面后临时固定。(参照图19)
　此时请确认固定螺栓不与安装孔干涉。
· 将直线导轨Ⅱ的滑轨固定到底座上。

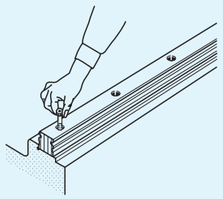


图19　滑轨的临时固定

❸直线导轨Ⅰ的滑轨的固定

· 用小号老虎钳等使滑轨的安装基准面贴紧底座的安装基准面，拧紧同一位置上的固定螺栓。从一端起反复用该方法依次将滑轨固定。(参照图20)
· 直线导轨Ⅱ的滑轨保持临时固定状态。

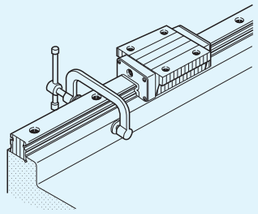


图20　基准侧滑轨的固定

❹直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑块的临时固定

· 将直线导轨与工作台的安装位置对齐，轻轻放上工作台。
· 将直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑块临时固定在工作台上。

❺直线导轨Ⅰ的滑块的固定

· 将直线导轨Ⅰ的滑块的安装基准面正确对准工作台的安装基准面并固定。

❻直线导轨Ⅱ的滑块的固定

· 将直线导轨Ⅱ的滑块中的一个按运动方向正确固定，另一个滑块保持临时固定状态。(参照图21)

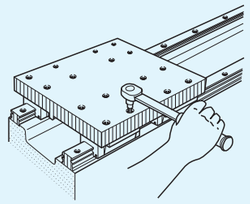


图21　滑块的固定

❼直线导轨Ⅱ的滑轨的固定

· 移动工作台，确认运动状况顺畅后固定直线导轨Ⅱ的滑轨。被固定的直线导轨Ⅱ的滑块通过后立即拧紧固定螺栓。从一端起反复用该方法依次将滑轨固定。(参照图22)

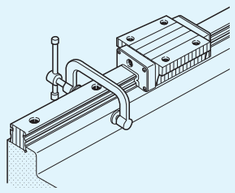


图22　从动侧滑轨的固定

❽直线导轨Ⅱ的滑块的固定

· 固定直线导轨Ⅱ的另一个滑块。

例2　需要直线运动的精度和刚性时的组装

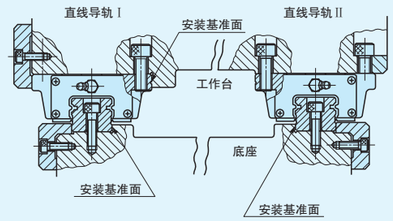


图23　安装例2

需要直线运动的精度和刚性时，可设2处底座安装基准面，1处工作台安装基准面，并按照下面的步骤安装。(参照图23)

❶安装面和安装基准面的清洁

· 请用油石等去除安装直线导轨的机械、装置的安装面及安装基准面上的毛刺和伤痕，并用干净的布擦拭(参照图24)。
· 请用干净的布擦去直线导轨的安装基准面及安装面上的防锈油和污物。

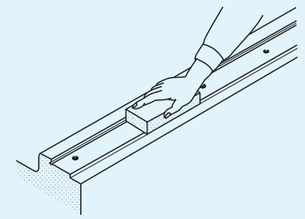


图24　安装面的清洁

❷直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑轨的临时固定

· 将直线导轨Ⅰ的滑轨的安装基准面对准底座的安装基准面后临时固定。(参照图25)
　此时请确认固定螺栓不与安装孔干涉。

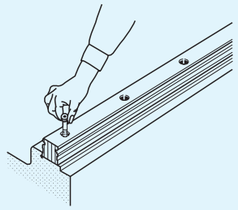


图25　滑轨的临时固定

❸直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑轨的固定

· 用压板或紧固螺钉使直线导轨Ⅰ的滑轨安装基准面贴紧底座的安装基准面，拧紧同一位置上的固定螺栓。从一端起反复用该方法依次将滑轨固定。(参照图26)

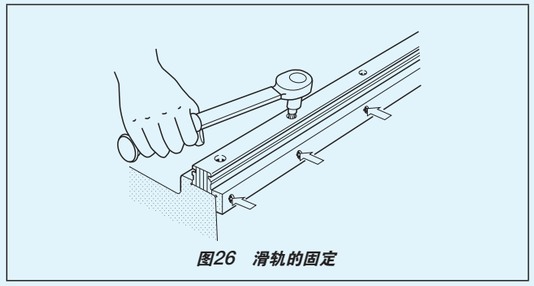


图26　滑轨的固定

❹直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑块的临时固定

· 将滑块与工作台的安装位置对齐，轻轻放上工作台。将直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑块临时固定在工作台上。

❺直线导轨Ⅰ的滑块的固定

· 用压板或紧固螺钉将直线导轨Ⅰ的滑块的安装基准面正确对准工作台的安装基准面并固定。

❻直线导轨Ⅱ的滑块的固定

· 移动工作台，确认运动状况顺畅后固定直线导轨Ⅱ的滑块。(参照图27)

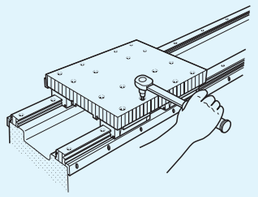


图27　滑块的固定

例3 滑块与滑轨的分离式组装

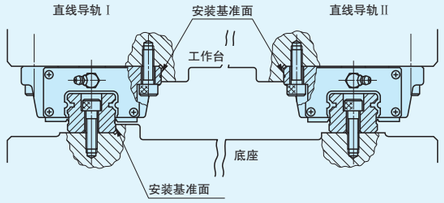


图28 安装例3

如果放上工作台后无法切实固定时，可在底座加工1处安装基准面，工作台加工2处安装基准面，并按照下面的步骤安装。(参照图28)

❶安装面和安装基准面的清洁

· 请用油石等去除安装直线导轨的机械、装置的安装面及安装基准面上的毛刺和伤痕，并用干净的布擦拭(参照图29)。

· 请用干净的布擦去直线导轨的安装基准面及安装面上的防锈油和污物。

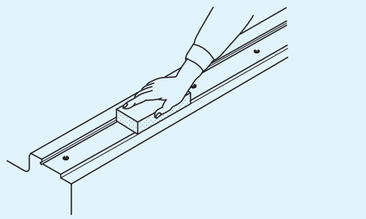


图29 安装面的清洁

❷直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑轨的临时固定

· 将直线导轨Ⅰd的滑轨的安装基准面对准底座的安装基准面后临时固定。(参照图30)

此时请确认固定螺栓不与安装孔干涉。

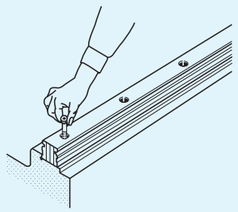


图30 滑轨的临时固定

❸直线导轨Ⅰ的滑轨的固定

· 用小号老虎钳等使滑轨的安装基准面贴紧底座的安装基准面，拧紧同一位置上的固定螺栓。从一端起反复用该方法依次将滑轨固定。(参照图31)

· 直线导轨Ⅱ的滑轨保持临时固定状态。

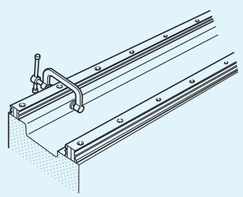


图31 滑轨的固定

❹滑轨与滑块的分离

· 确认直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑轨和滑块的搭配及位置关系后，将滑块从滑轨上分离下来。

❺直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑块的固定

· 正确对准直线导轨Ⅰ、Ⅱ的滑块的安装基准面并固定。(参照图32)

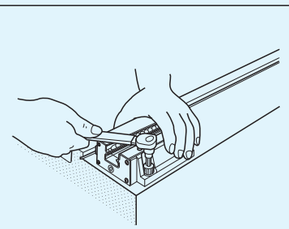


图32 滑块的固定

❻滑轨和滑块的组合

· 将固定在工作台上的滑块对准固定和临时固定在底座上的滑轨位置，保持平行，慢慢、小心地套入装好。

❼直线导轨Ⅱ的滑轨的固定

· 移动工作台，确认运动状况顺畅后固定直线导轨Ⅱ的滑轨。被固定的直线导轨Ⅱ的滑块通过后立即拧紧固定螺栓。从一端起反复用该方法依次将滑轨固定。

例4 直线导轨模组的组装

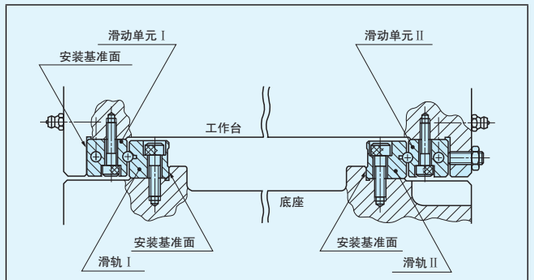


图33 安装例4

直线导轨模组通常2套并列使用,如图33所示。安装一般步骤如下所示(参照图33)。

❶安装面和安装基准面的清洁

· 请用油石等去除安装直线导轨模组的机械、装置的安装面及安装基准面上的毛刺和伤痕，并用干净的布擦拭(参照图34)。

· 请用干净的布擦去直线导轨模组的安装基准面及安装面上的防锈油和污物。

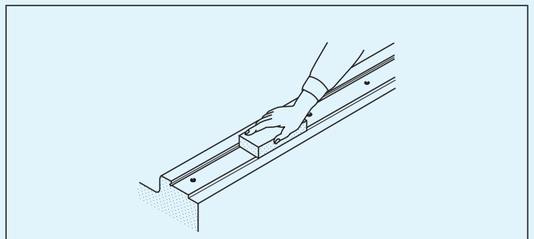


图34 安装面的清洁

❷滑轨的固定

· 将滑轨Ⅰ、Ⅱ的安装基准面正确对准底座的安装基准面，用小号老虎钳等使其贴紧，拧紧同一位置上的固定螺栓(参照图35)。

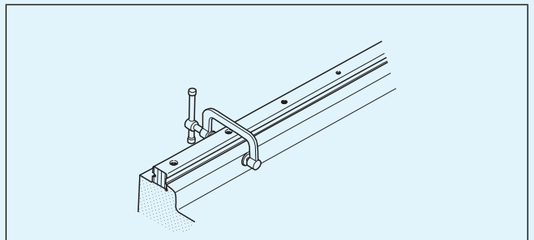


图35 滑轨的固定

❸滑动单元的固定

· 将滑动单元Ⅰ的安装基准面正确对准工作台的安装基准面，拧紧固定螺栓，临时固定滑动单元Ⅱ(参照图36)。

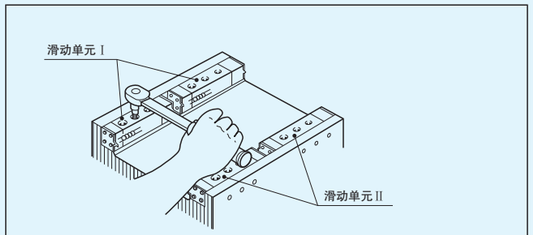


图36 滑动单元的固定

❹工作台和底座的组合

· 将固定在工作台上的滑动单元对准固定在底座上的滑轨位置，保持平行，慢慢、小心地套入装好。

❺滑动单元Ⅱ的固定

· 如图37所示，一边用千分表测量间隙，一边从中央的预压调节螺丝开始，拧紧所有的预压调节螺丝。

· 左右移动工作台，千分表停止跳动时，表示为零预压或轻微预压状态。

· 预压调节结束后，拧紧固定螺栓。

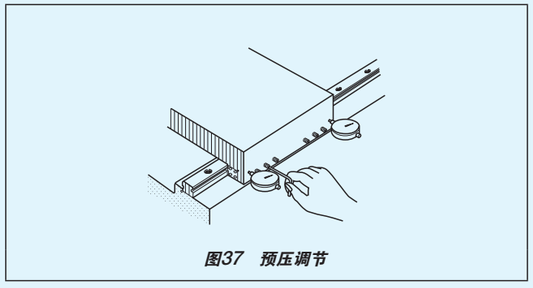


图37 预压调节

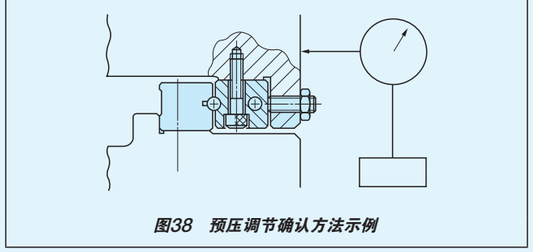


图38 预压调节确认方法示例

基准侧滑轨的安装方法

安装基准侧滑轨有下面所示的一些方法。请根据机械、装置的规格选择适当的方法安装。

❶使用安装基准面的方法

· 用压板或小号老虎钳等使滑轨的安装基准面贴紧底座的安装基准面，拧紧同一位置上的固定螺栓。从一端起反复用该方法依次将滑轨固定。

❷使用临时基准面的方法

· 在底座的安装面附近加工临时基准面，将滑轨临时固定后，如图39所示，将测定架固定在滑块上面并使指示器接触临时基准面，从滑轨的一端开始边控制直线度，边依次固定。

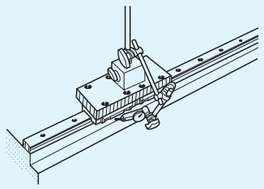


图39　使用临时基准面的方法

❸利用直规的方法

· 将滑轨临时固定后，如图40所示，将指示器接触滑轨的安装基准面，以直规为基准，从滑轨的一端开始边控制直线度，边依次固定。

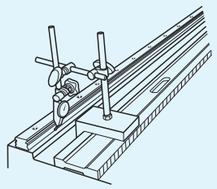


图40　利用直规的方法

从动侧滑轨的安装方法

安装从动侧滑轨有下面所示的一些方法。请根据机械、装置的规格选择适当的方法安装。

❶使用安装基准面的方法

· 用压板或小号老虎钳等使滑轨的安装基准面贴紧底座的安装基准面，拧紧同一位置上的固定螺栓。从一端起反复用该方法依次将滑轨固定。

❷效仿基准侧滑轨的方法

· 正确安装基准侧滑轨后，将一个从动侧滑块按运动方向正确安装，并临时固定剩下的另一个从动侧滑块和滑轨，边确认是否顺畅运动，边从一端开始依次固定从动侧滑轨。

❸利用直规的方法

· 将滑轨临时固定后，如图40所示，将指示器接触滑轨的安装基准面，以直规为基准，从滑轨的一端开始边控制直线度，边依次固定。

❹使用基准侧直线导轨的方法

· 如图41所示，将测定架固定在基准侧滑块上面并使指示器接触从动侧滑轨的安装基准面，从滑轨的一端开始边控制直线度，边依次固定。

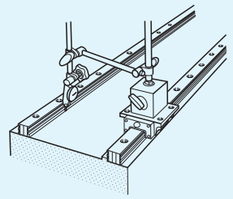


图41　使用基准侧直线导轨的方法

将滑轨对接使用时的安装步骤

将几根滑轨对接起来使用时，必须指定特别配置的对接滑轨(非兼容规格、辅助标记“/A”)或对接规格滑轨(自由组合规格、辅助标记“/T”)。

如图42所示，对接滑轨的端部上表面标有对接标记。对接安装滑轨的一般步骤如下所示。

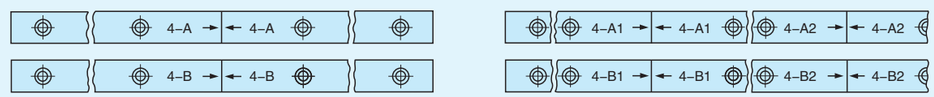


图42　对接标记

❶对齐滑轨端部上表面的对接标记并临时固定。此外，自由组合系列的对接规格滑轨经过了标准化加工，所以对于对接位置不作特别指定。

❷将滑轨的安装基准面正确对准底座的安装基准面并依次固定。安装时应用小号老虎钳等使滑轨的安装基准面贴紧底座的安装基准面，使滑轨的对接部不产生高低差。(参照图43)

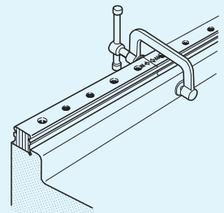


图43　对接并固定滑轨的方法

使 用 实 例 的 介 绍

使用实例的介绍 -机床-

复式加工中心

LRX



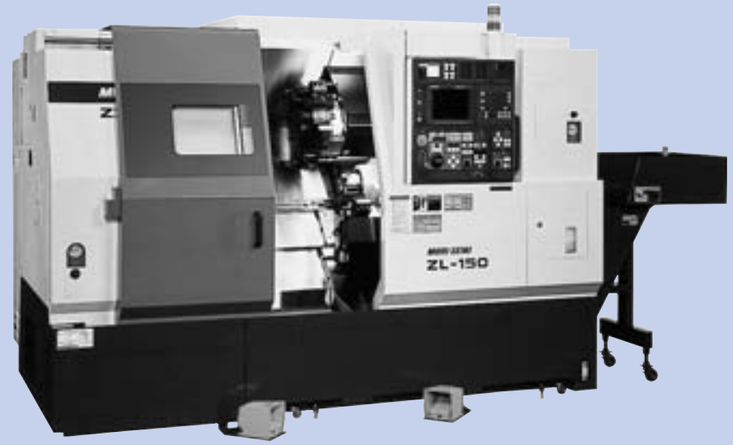
卧式复式加工中心

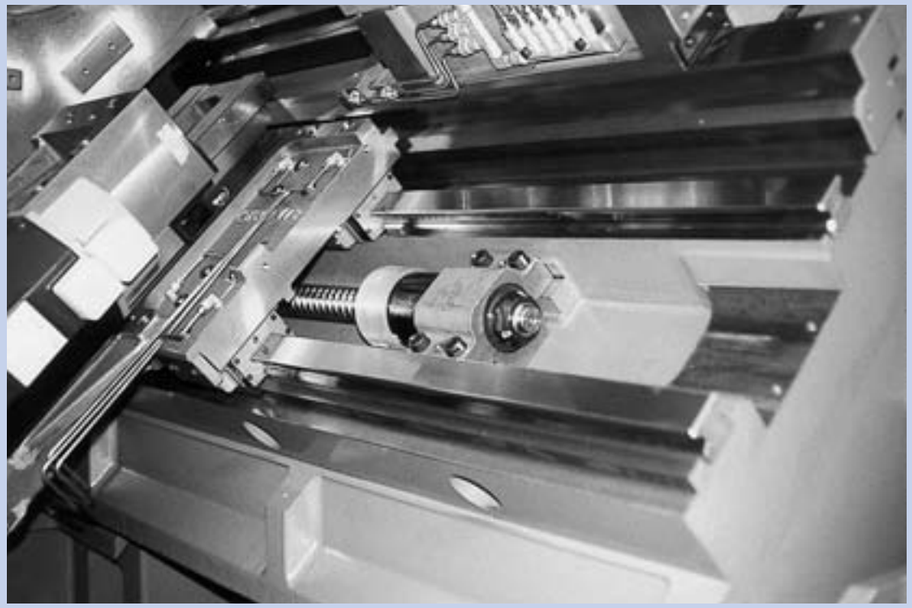
LRX



4轴控制CNC车床

LRX

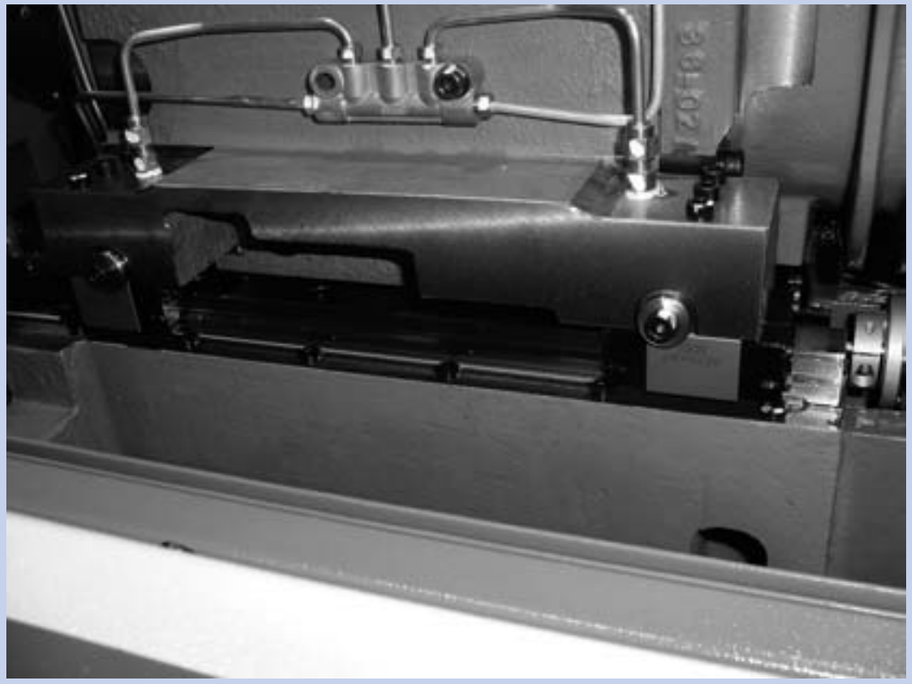




CNC小型自动车床

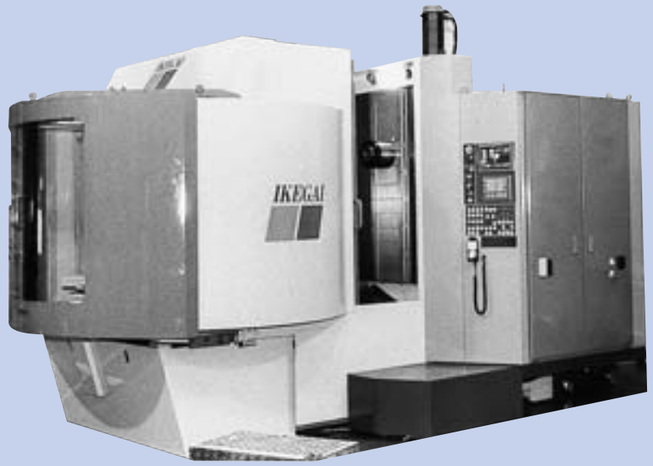
LRXS、LRXSC

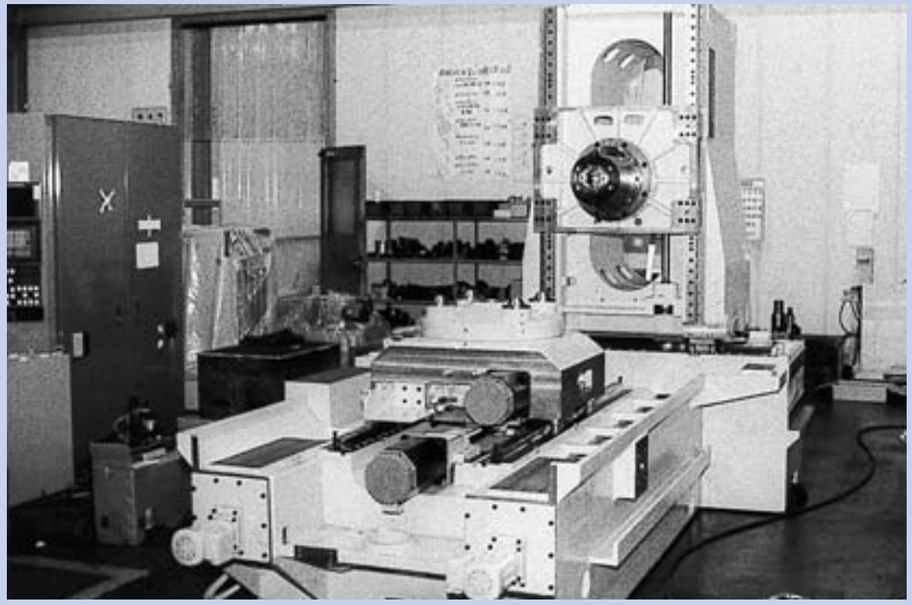




卧式加工中心

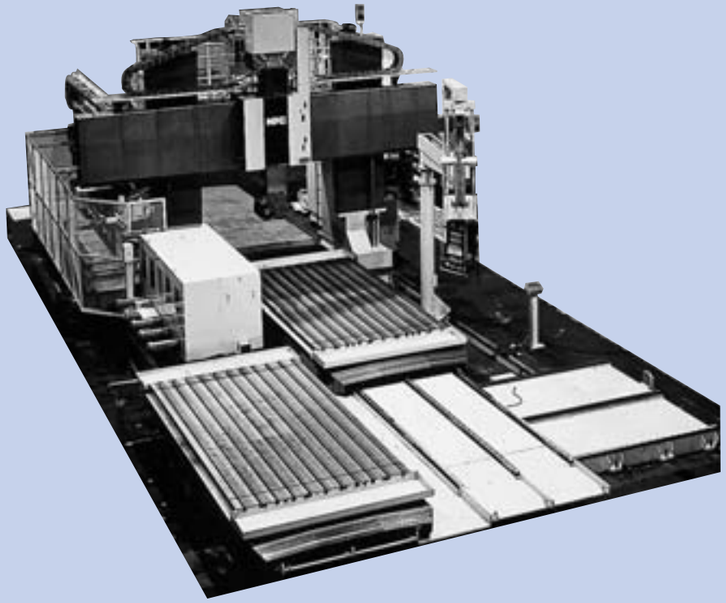
LRX、LRXDG

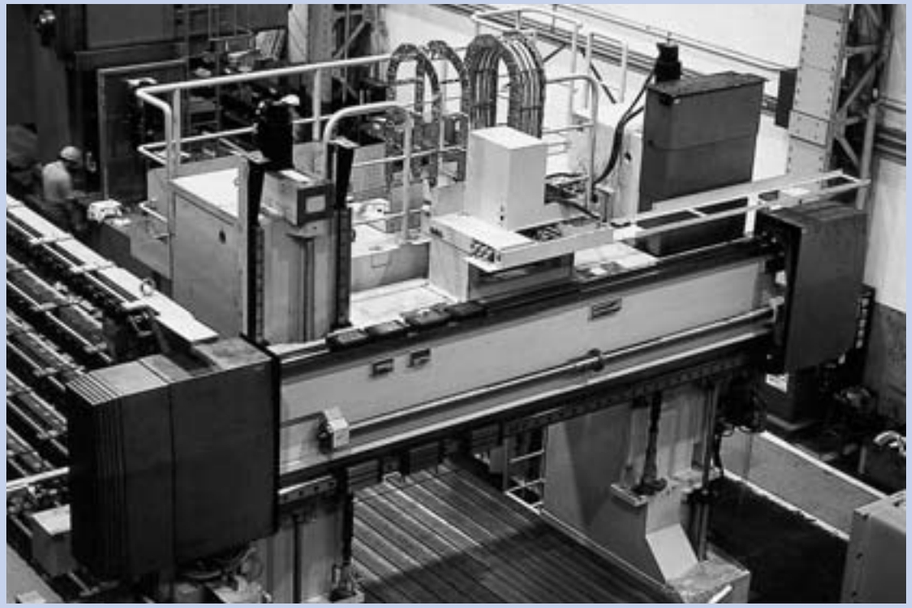




龙门加工中心

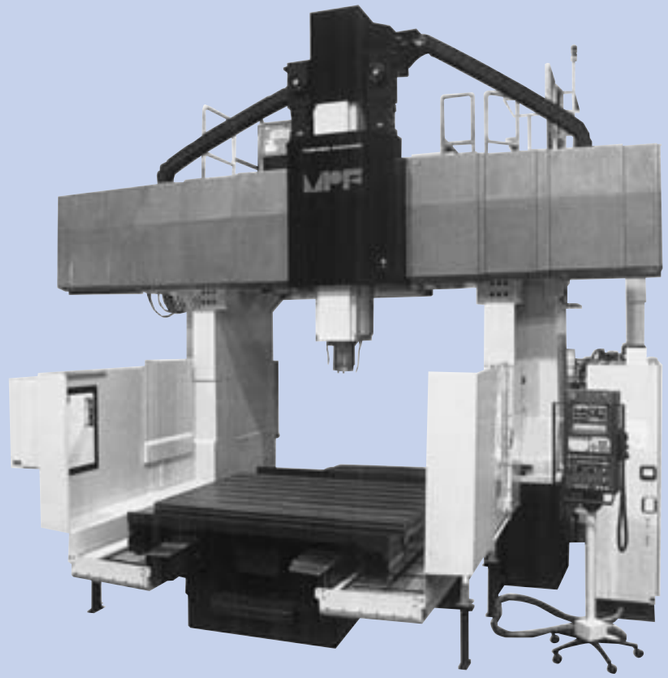
LWHG

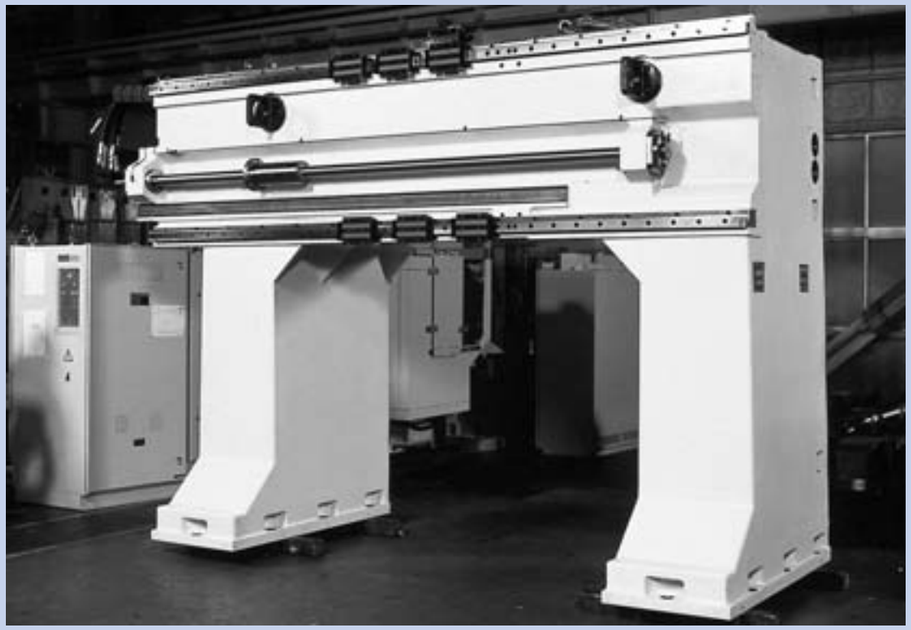




龙门加工中心

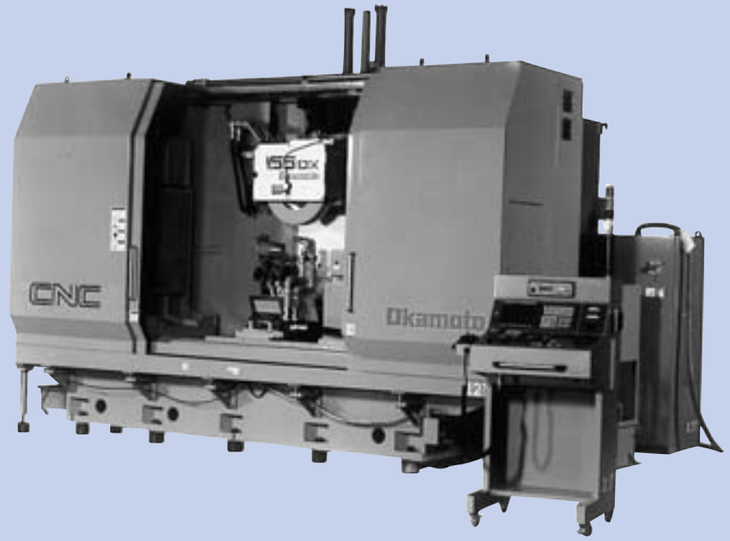
MXG、MXDG

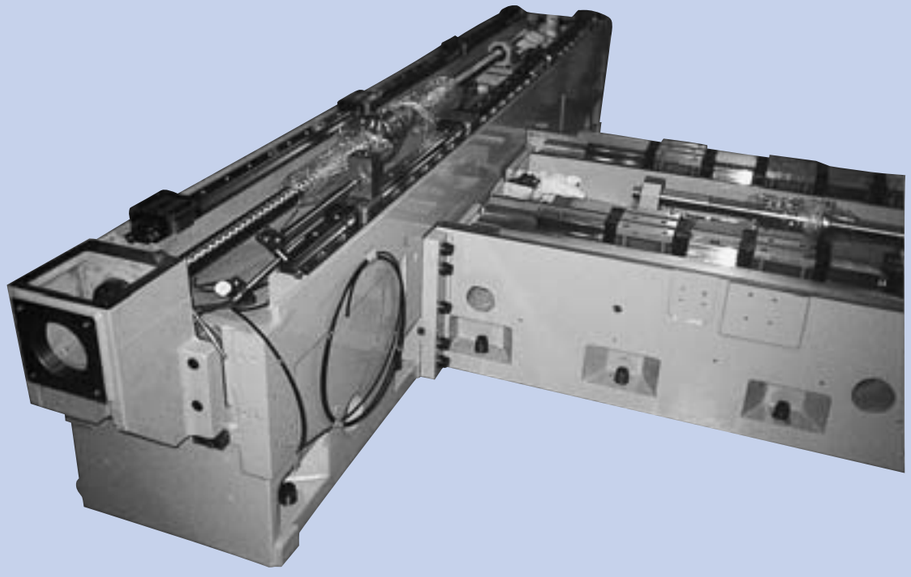




平面磨床

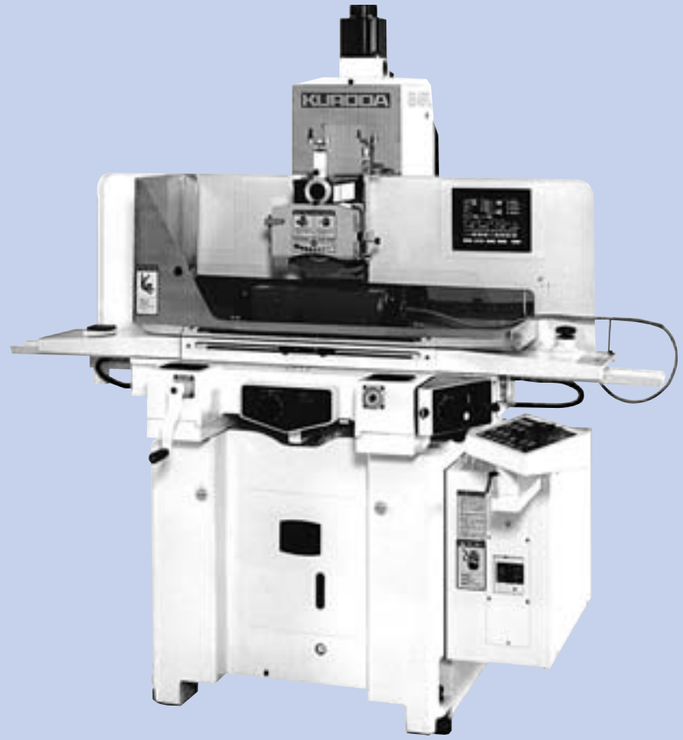
LRX



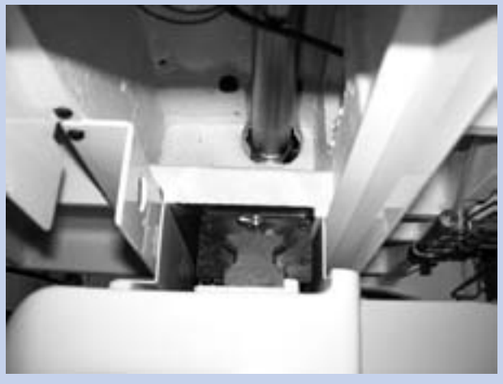


精密成形平面磨床

MXD、LRXDG、MHD







立式磨床

MX、MXL







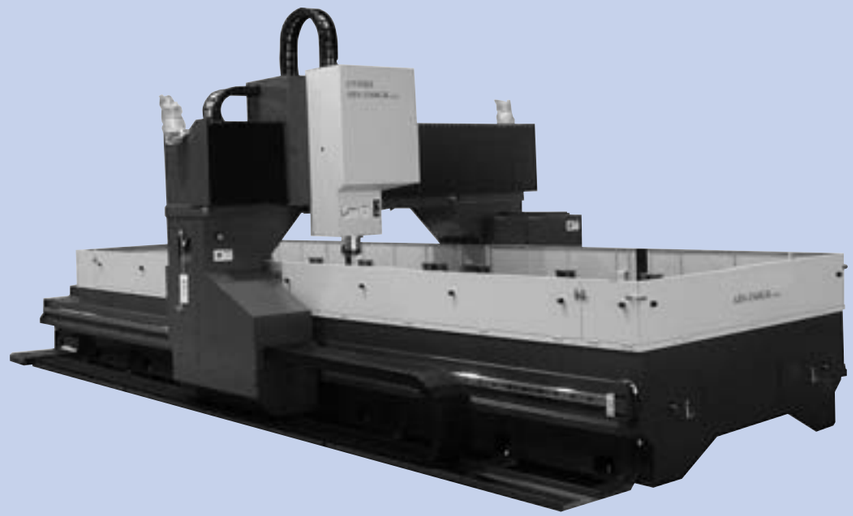
工具磨床

LRXDG、LRXG



多功能钻床

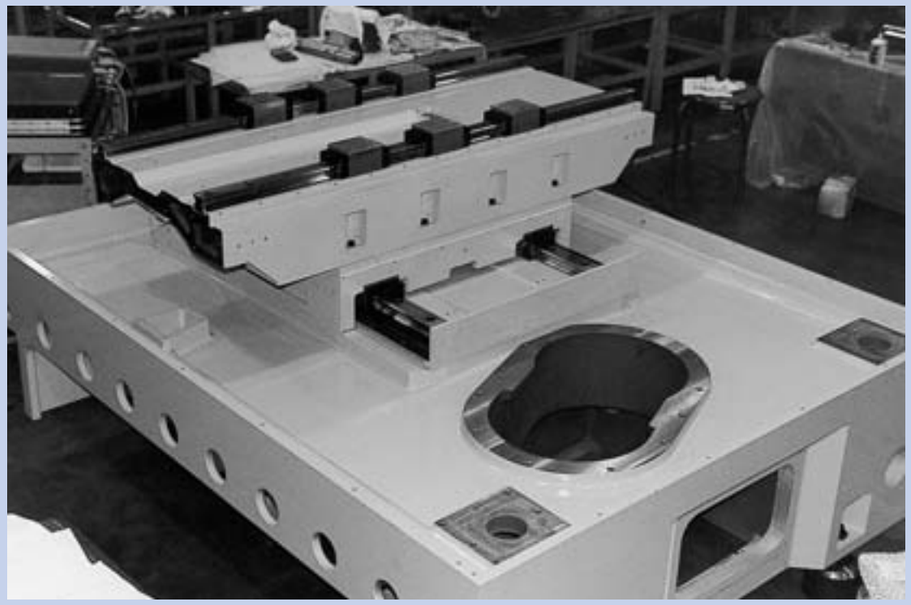
MXG、MXNG、MXNSG



工具磨床

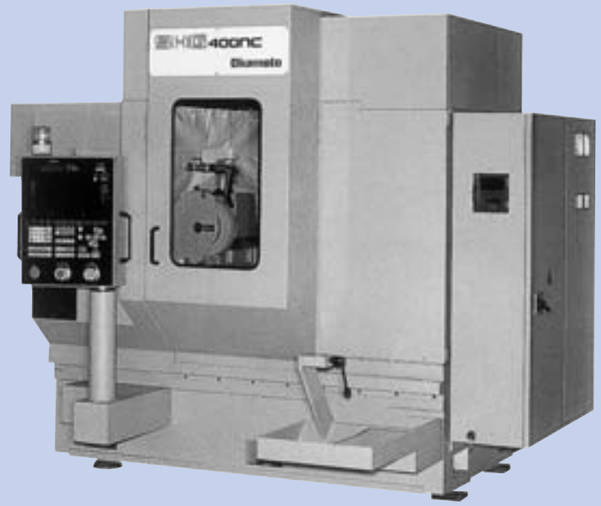
LRXD、LRXDG

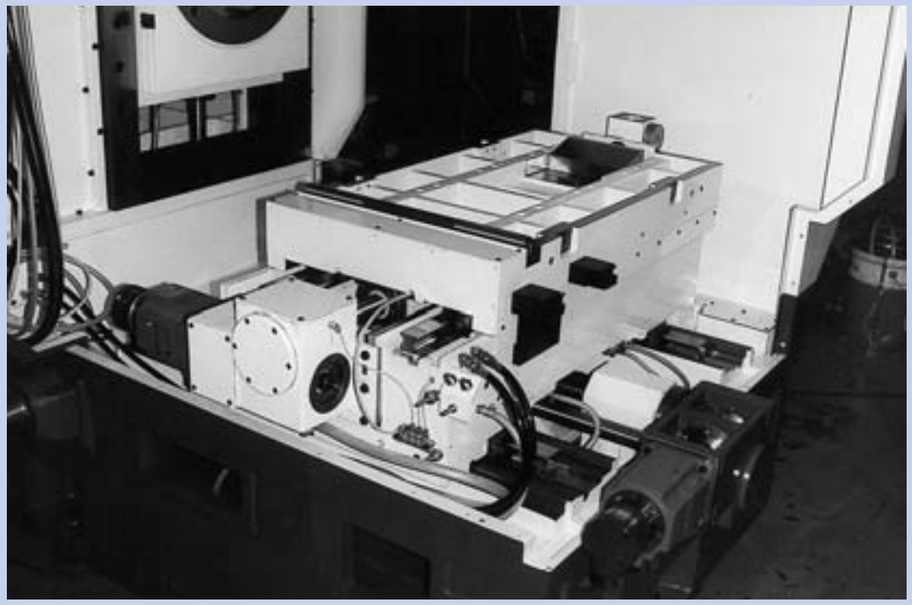




同步控制齿轮磨床

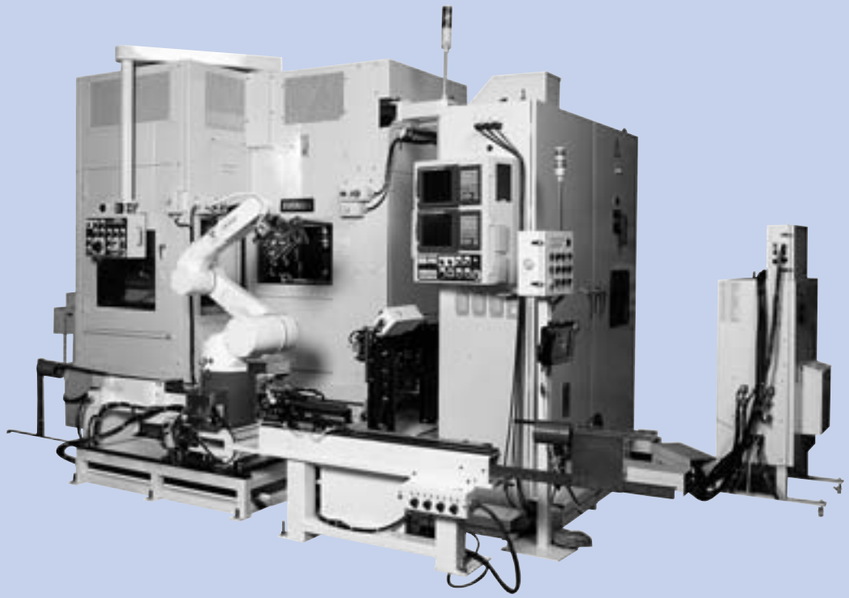
LRXG

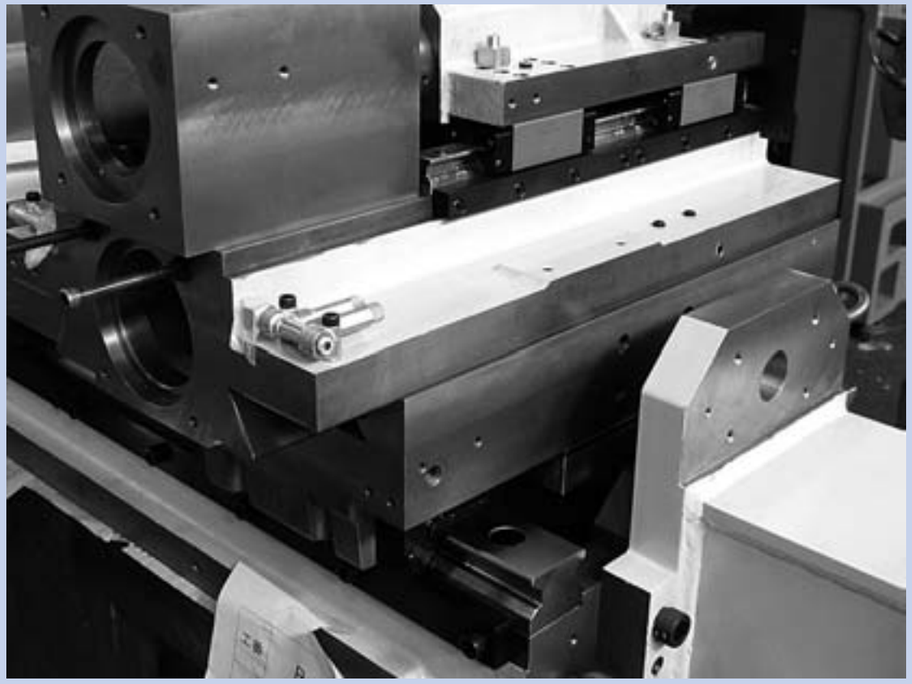




活塞环凸轮磨床

LRXG、LRXD



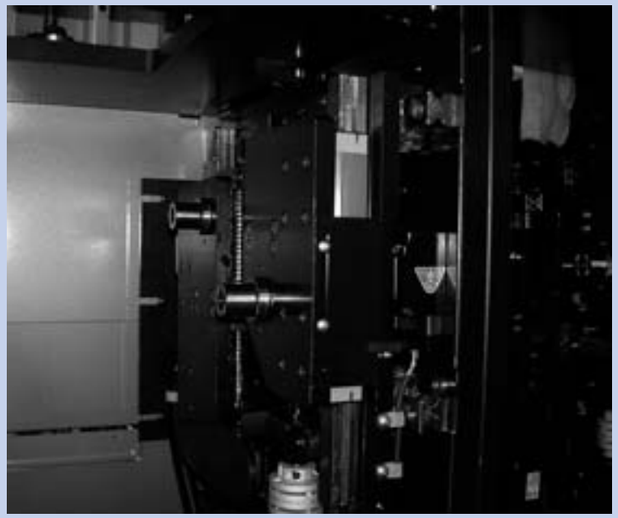


高精度NC镜片研磨机

MXD、LRXS







滚轧机

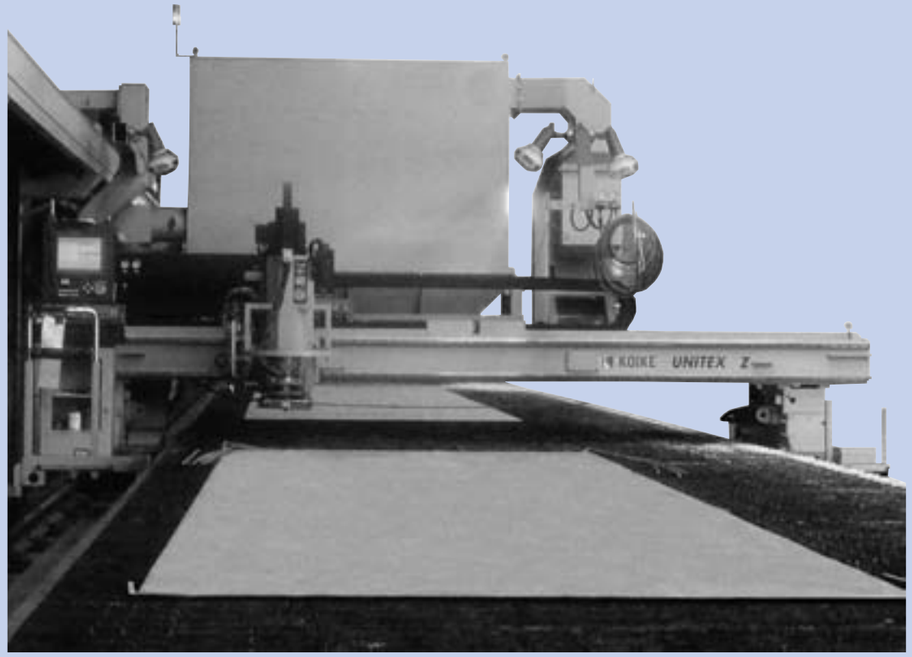
LRXG





等离子切割机

MXG





5轴控制立式加工中心用自动换工件装置

MXDG、MXDL

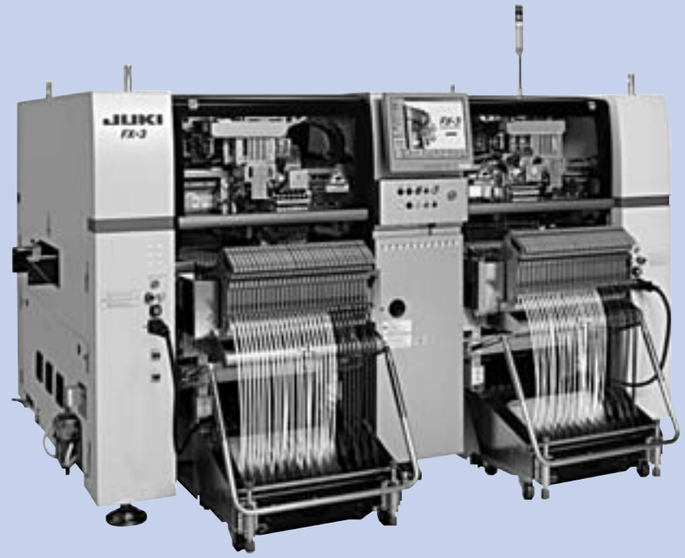






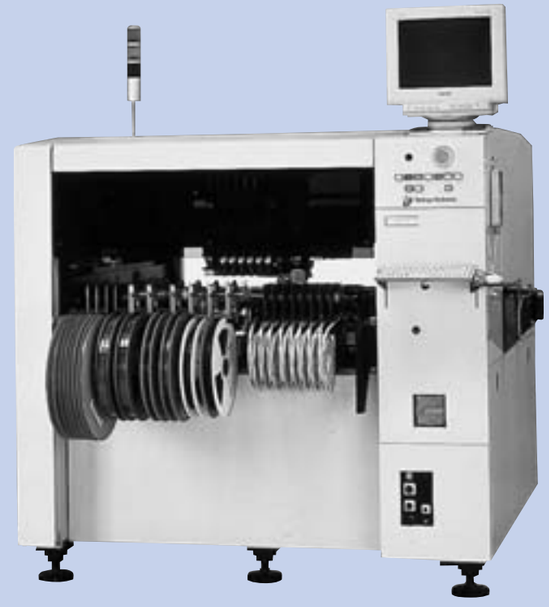
贴片机

MXSG、ML、MES、MHD



贴片机

LWLC

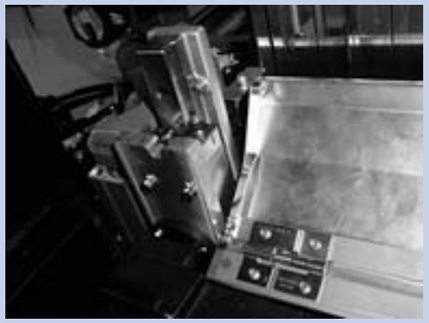


双头高速、多功能封装机

MXS、MXSG、MLFG







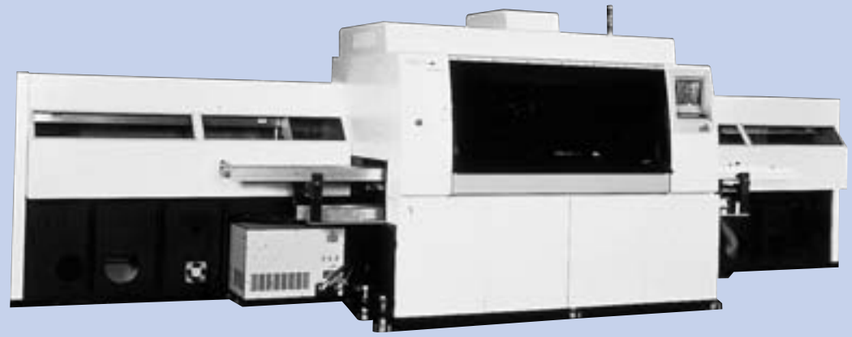
高速模块封装机

LRXD、MLG、MLF



高速贴片机

LWLF、LWHS、LWHSG



步进式光刻机

LWL、LWLF、LWHS



老化测试机

ML、LWHS



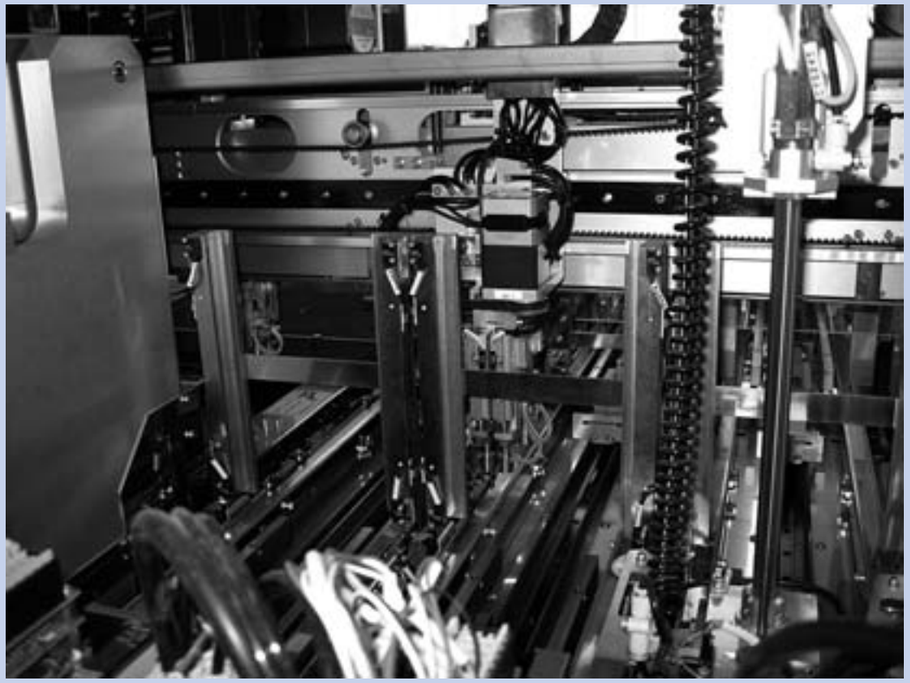




IC测试分类机

LWHD

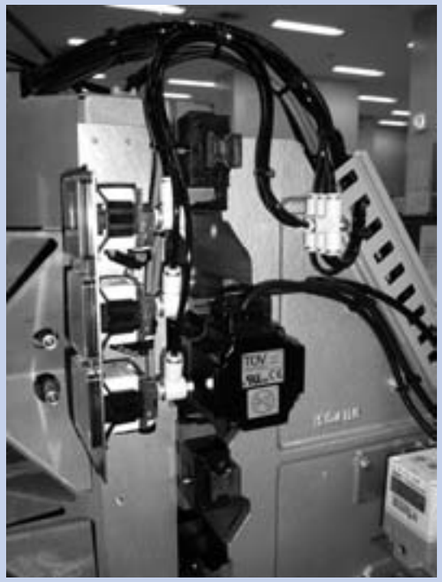


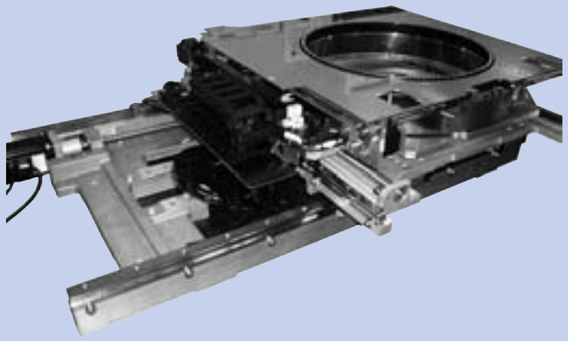


固晶机

LRXD、LRXS

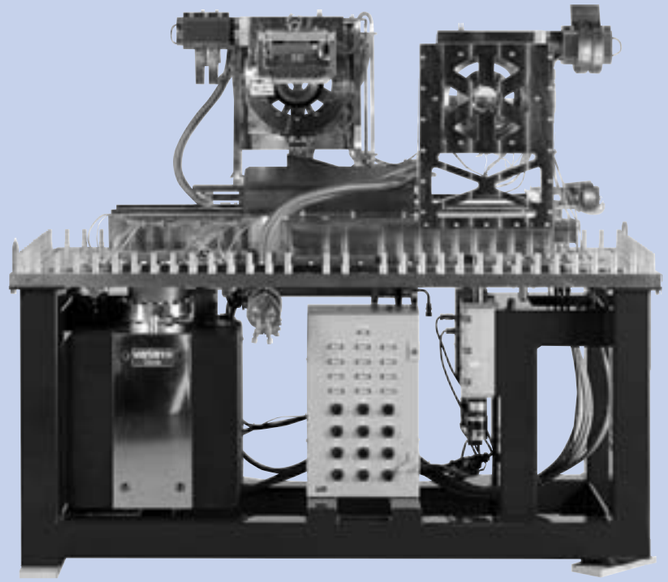


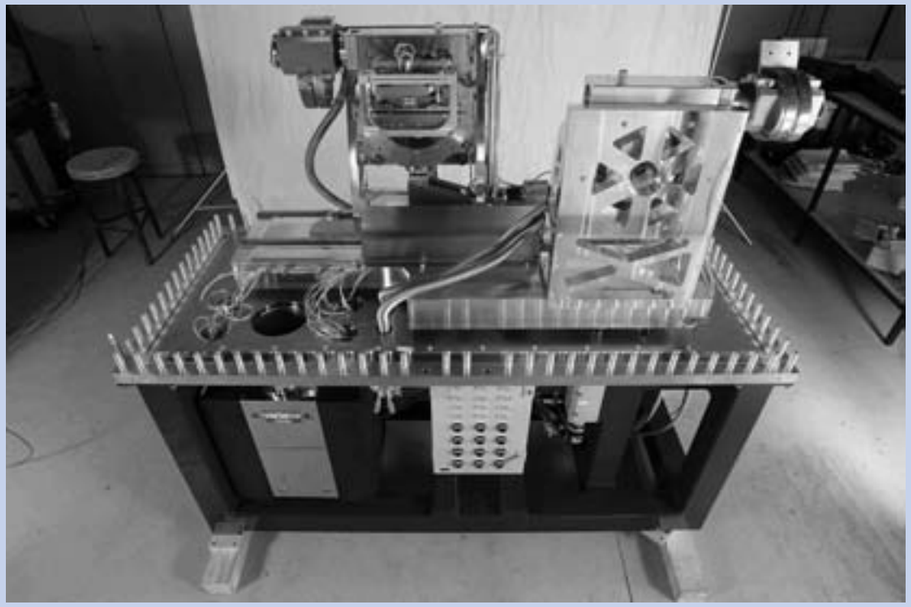




分光器

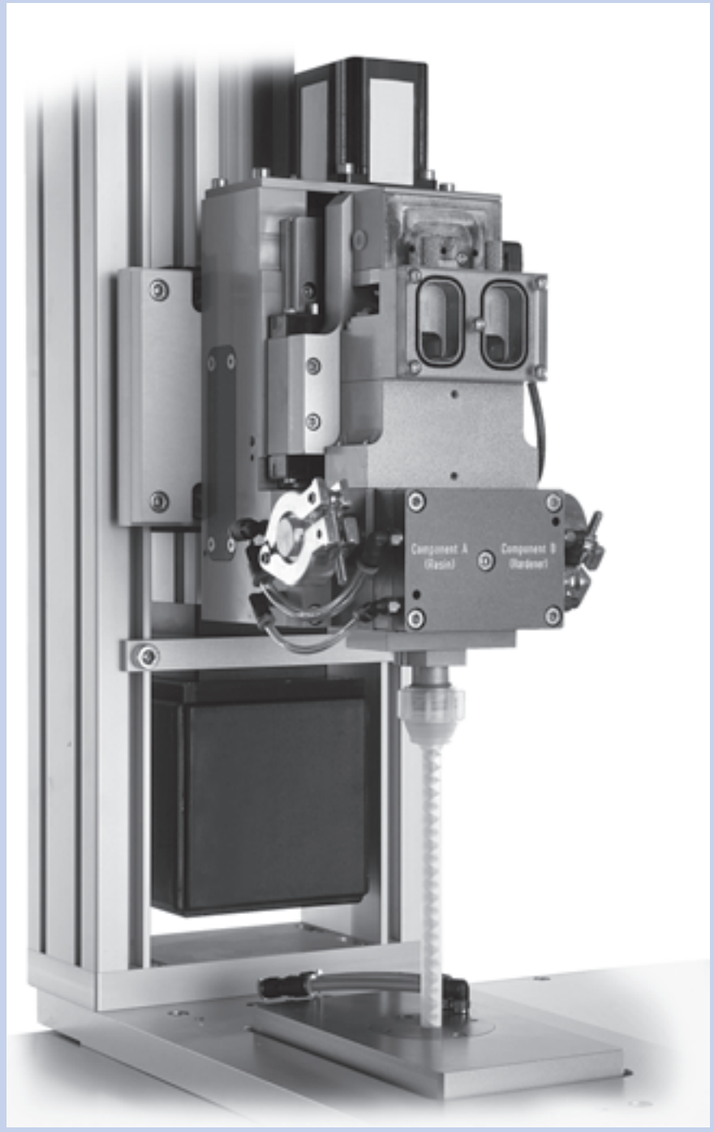
LWL





电子设备用树脂部件成形机

LRXDG



胶印轮转印刷机

LWH、LWHDG



多头式电子刺绣机

LWL



报纸包装机

LWHS

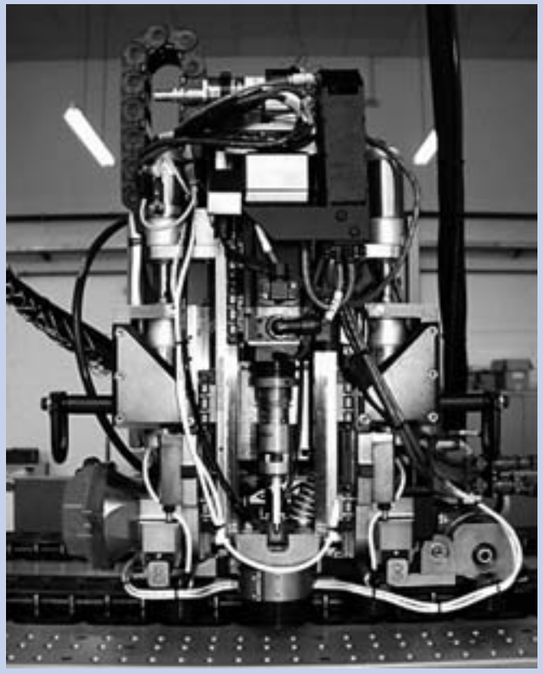




飞机机身面板焊接机

LRXD、LWL

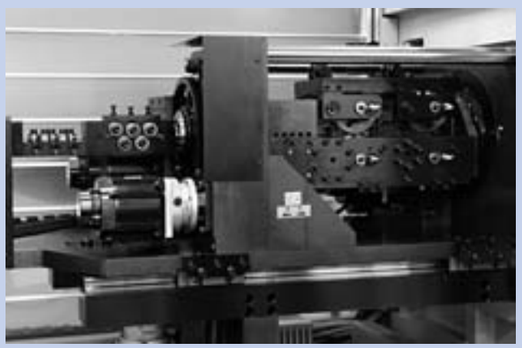




弹簧制造机

MXG、MXDG、MXSG、MXNSG







飞机机身面板贴装装置

LRX



注塑成形机

LWES



CNC齿轮检查装置

LRX

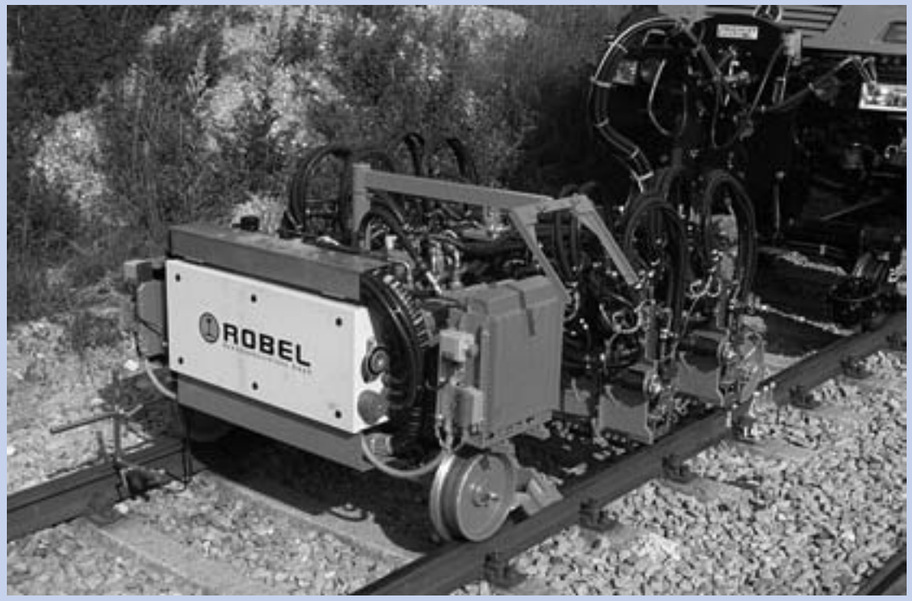




铁路轨道的制造、维修装置

LRXG

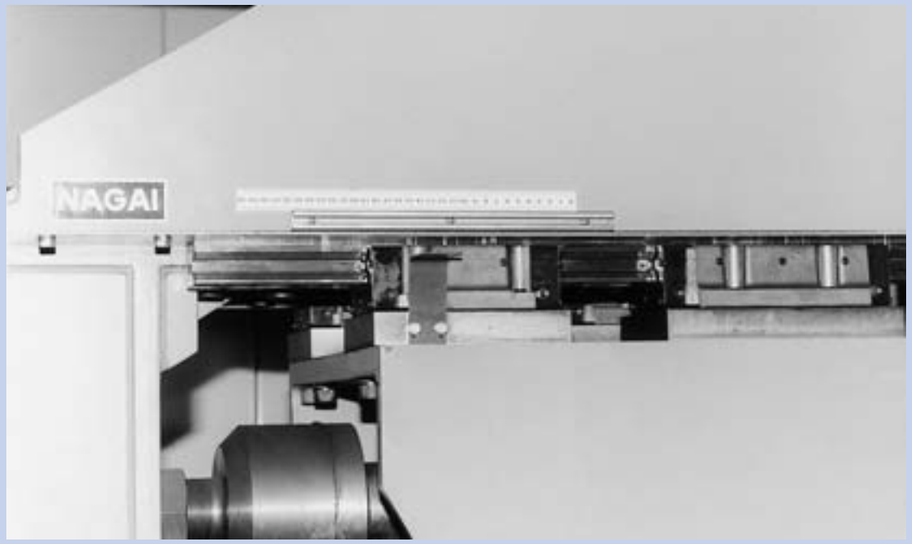




高压高密度木材压缩加工系统

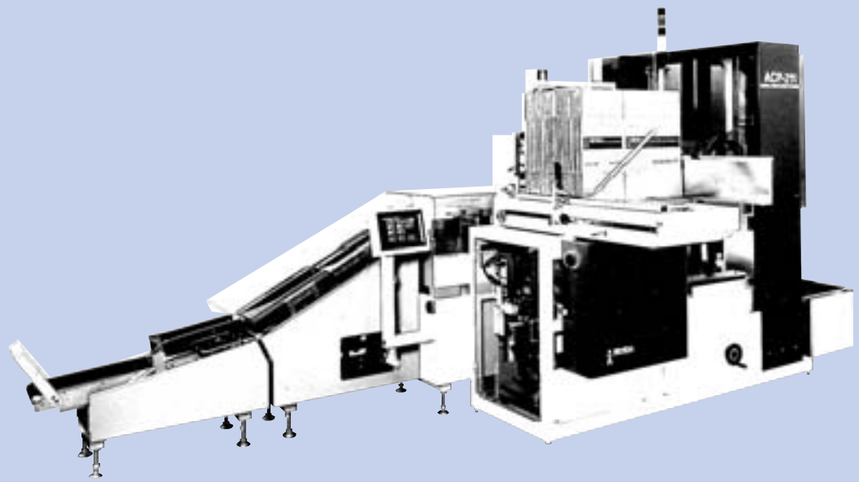
LRXG





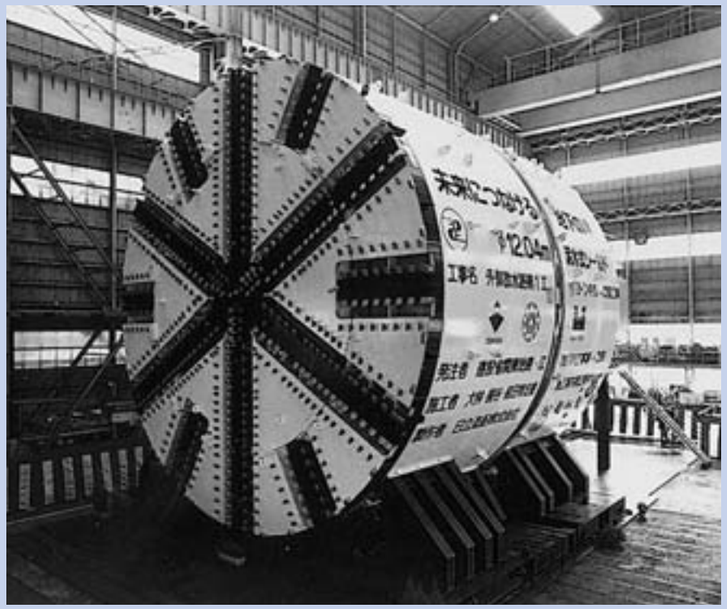
自动装箱机

LWL、LWES、LWH、LWHS、LWHDG



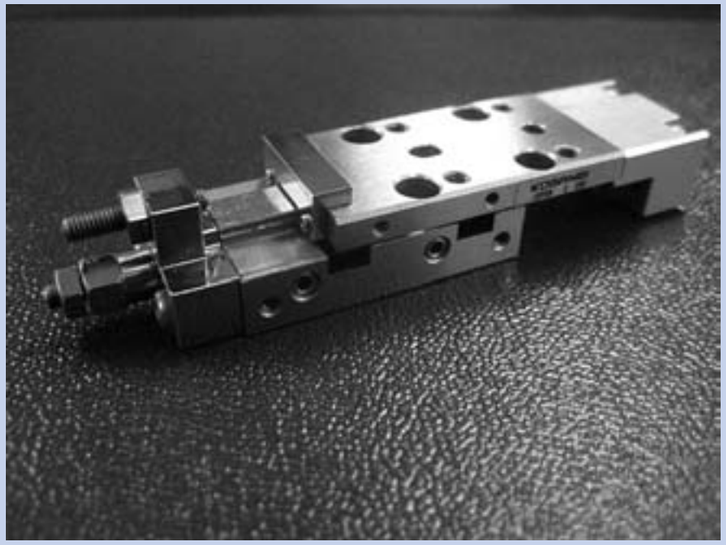
隧道盾构机

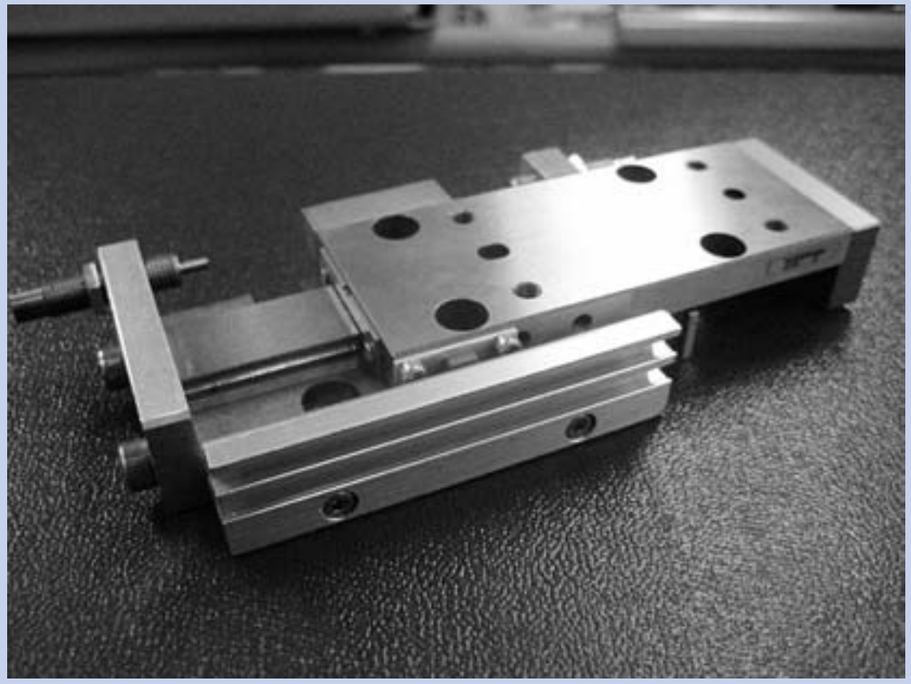
LRXDG、LWHS



空压气缸组件

LWL





空压执行机构

LWL



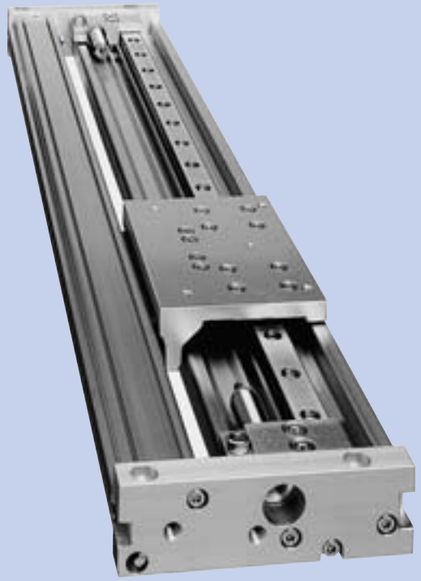
空压滑台

LWL



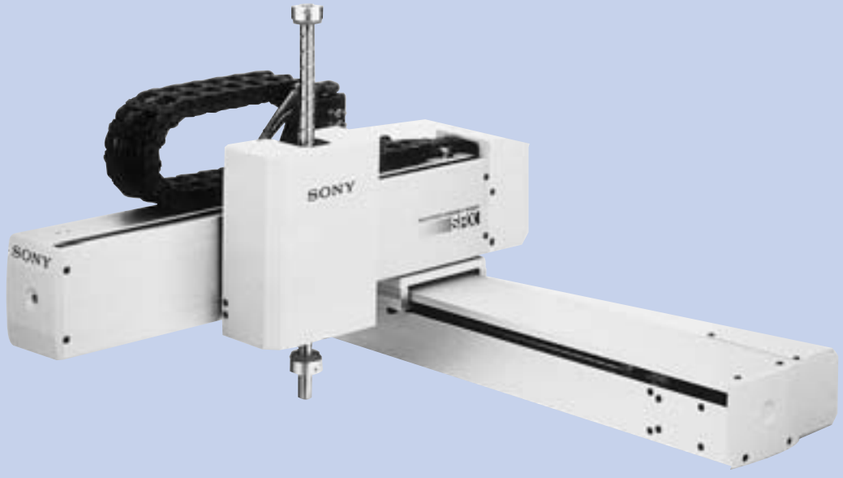
无杆气缸

LWL



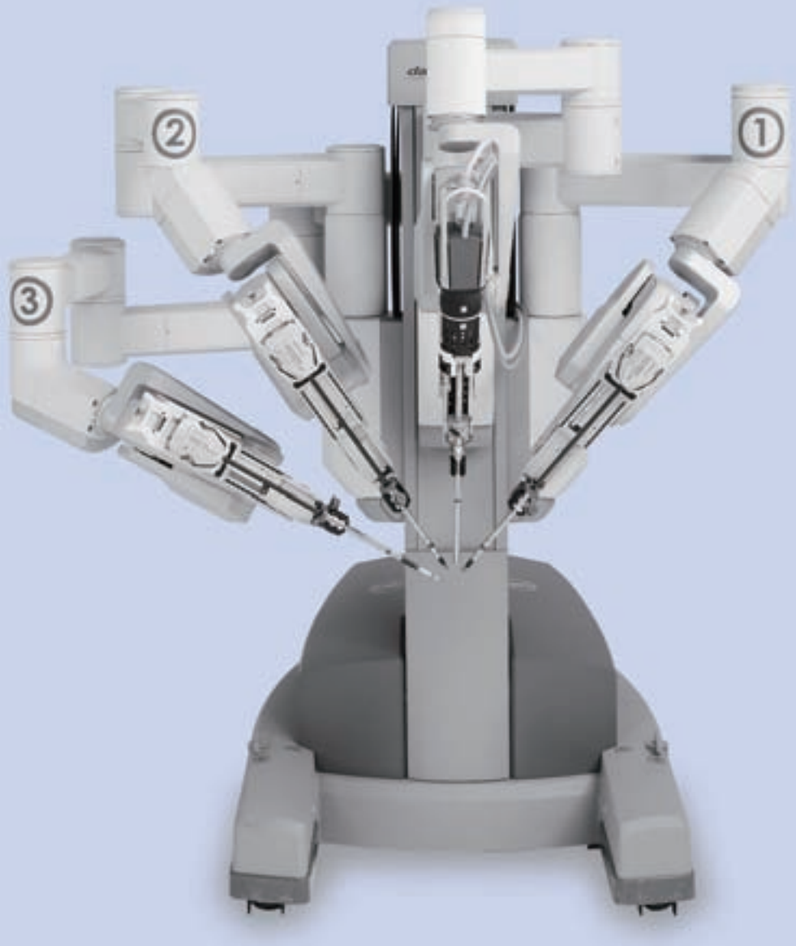
正交型机器人

LWHD



手术用机器人

LWLF



附表

●单位的换算表

SI、CGS单位制及工程单位制的对照表

量 / 单位制	长 度	质 量	时 间	加速度	力	应力、压力
SI	m	kg	s	m/s^2	N	Pa
CGS	cm	g	s	Gal	dyn	dyn/cm^2
工程	m	$kgf \cdot s^2/m$	s	m/s^2	kgf	kgf/m^2

能量	功率	温 度	粘 度	动粘度	磁通量	磁通密度	磁场强度
J	W	K	$Pa \cdot s$	m^2/s	Wb	T	A/m
erg	erg/s	℃	P	St	Mx	Gs	Oe
$kgf \cdot m$	$kgf \cdot m/s$	℃	$kgf \cdot s/m^2$	m^2/s	—	—	—

SI单位制的换算

量	单位的名称	代 号	SI单位的换算率	SI单位的名称	代 号
角 度	度 分 秒	° ′ ″	π/180 π/10 800 π/648 000	弧度	rad
长 度	米 微米 埃 X射线单位 海里	m μ Å n mile	1 10^{-6} 10^{-10} $\approx 1.002\ 08 \times 10^{-13}$ 1852	米	m
面 积	平方米 公亩 公顷	m^2 a ha	1 10^2 10^4	平方米	m^2
体 积	立方米 公升	m^3 l, L	1 10^{-3}	立方米	m^3
质 量	千克 吨 原子质量单位	kg t u	1 10^3 $\approx 1.660\ 57 \times 10^{-27}$	千克	kg
时 间	秒 分 时 天	s min h d	1 60 3 600 86 400	秒	s
速 度	米每秒 海里	m/s kn	1 1 852/3 600	米每秒	m/s
频率及振动频率	周	s^{-1}	1	赫兹	Hz
转 速	次每分钟	rpm	1/60	每秒	s^{-1}
角 速 度	弧度每秒	rad/s	1	弧度每秒	rad/s
加 速 度	米/秒^2 g	m/s^2 G	1 9.806 65	米/秒^2	m/s^2
力	千克力 吨力 达因	kgf tf dyn	9.806 65 9 806.65 10^{-5}	牛顿	N
力 矩	千克力米	$kgf \cdot m$	9.806 65	牛顿米	$N \cdot m$
应力及压力	千克力每平方米 千克力每平方厘米 千克力每平方毫米	kgf/m^2 kgf/cm^2 kgf/mm^2	9.806 65 $9.806\ 65 \times 10^4$ $9.806\ 65 \times 10^6$	帕斯卡	Pa

量	单位的名称	代 号	SI单位的换算率	SI单位的名称	代 号
压 力	米水柱 毫米汞柱 托 标准大气压 巴	mH_2O mmHg Torr atm bar	9 806.65 101 325/760 101 325/760 101 325 10^5	帕斯卡	Pa
能 量	尔格 国际蒸汽表卡 千克力米 千瓦小时 马力小时 电子伏特	erg cal_{IT} $kgf \cdot m$ $kW \cdot h$ $PS \cdot h$ eV	10^{-7} 4.186 8 9.806 65 3.600×10^6 $\approx 2.647\ 79 \times 10^6$ $\approx 1.602\ 19 \times 10^{-19}$	焦耳	J
功率及动力	瓦特 公制马力 千克力米每秒	W PS $kgf \cdot m/s$	1 ≈735.5 9.806 65	瓦特	W
粘 度	泊 厘泊 千克力秒每平方米	P cP $kgf \cdot s/m^2$	10^{-1} 10^{-3} 9.806 65	帕秒	$Pa \cdot s$
动 粘 度	沲 厘沲	St cSt	10^{-4} 10^{-6}	平方米每秒	m^2/s
温 度	度	℃	+273.15	开尔文	K
放 射 能	居里	Ci	3.7×10^{10}	贝克勒尔	Bq
照 射 量	伦琴	R	2.58×10^{-4}	库伦每千克	C/kg
吸 收 剂 量	拉德	rad	10^{-2}	戈	Gy
当 量 剂 量	雷姆	rem	10^{-2}	希沃特	Sv
磁 通 量	麦克斯韦	Mx	10^{-8}	韦伯	Wb
磁 通 密 度	伽玛 高斯	γ Gs	10^{-9} 10^{-4}	特斯拉	T
磁 场 强 度	奥斯特	Oe	$10^3/4\pi$	安培每米	A/m
电 量	库伦	C	1	库伦	C
电 势	伏特	V	1	伏特	V
静 电 电 容	法拉	F	1	法拉	F
电 阻	欧姆	Ω	1	欧姆	Ω
电 导	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

●inch-mm换算表

1 inch=25.4mm

inch 分数	inch 小数	0″	1″	2″	3″	4″	5″	6″	7″	8″
	0		25.400	50.800	76.200	101.600	127.000	152.400	177.800	203.200
1 / 64″	0.015625	0.397	25.797	51.197	76.597	101.997	127.397	152.797	178.197	203.597
1 / 32″	0.031250	0.794	26.194	51.594	76.994	102.394	127.794	153.194	178.594	203.994
3 / 64″	0.046875	1.191	26.591	51.991	77.391	102.791	128.191	153.591	178.991	204.391
1 / 16″	0.062500	1.588	26.988	52.388	77.788	103.188	128.588	153.988	179.388	204.788
5 / 64″	0.078125	1.984	27.384	52.784	78.184	103.584	128.984	154.384	179.784	205.184
3 / 32″	0.093750	2.381	27.781	53.181	78.581	103.981	129.381	154.781	180.181	205.581
7 / 64″	0.109375	2.778	28.178	53.578	78.978	104.378	129.778	155.178	180.578	205.978
1 / 8″	0.125000	3.175	28.575	53.975	79.375	104.775	130.175	155.575	180.975	206.375
9 / 64″	0.140625	3.572	28.972	54.372	79.772	105.172	130.572	155.972	181.372	206.772
5 / 32″	0.156250	3.969	29.369	54.769	80.169	105.569	130.969	156.369	181.769	207.169
11 / 64″	0.171875	4.366	29.766	55.166	80.566	105.966	131.366	156.766	182.166	207.566
3 / 16″	0.187500	4.762	30.162	55.562	80.962	106.362	131.762	157.162	182.562	207.962
13 / 64″	0.203125	5.159	30.559	55.959	81.359	106.759	132.159	157.559	182.959	208.359
7 / 32″	0.218750	5.556	30.956	56.356	81.756	107.156	132.556	157.956	183.356	208.756
15 / 64″	0.234375	5.953	31.353	56.753	82.153	107.553	132.953	158.353	183.753	209.153
1 / 4″	0.250000	6.350	31.750	57.150	82.550	107.950	133.350	158.750	184.150	209.550
17 / 64″	0.265625	6.747	32.147	57.547	82.947	108.347	133.747	159.147	184.547	209.947
9 / 32″	0.281250	7.144	32.544	57.944	83.344	108.744	134.144	159.544	184.944	210.344
19 / 64″	0.296875	7.541	32.941	58.341	83.741	109.141	134.541	159.941	185.341	210.741
5 / 16″	0.312500	7.938	33.338	58.738	84.138	109.538	134.938	160.338	185.738	211.138
21 / 64″	0.328125	8.334	33.734	59.134	84.534	109.934	135.334	160.734	186.134	211.534
11 / 32″	0.343750	8.731	34.131	59.531	84.931	110.331	135.731	161.131	186.531	211.931
23 / 64″	0.359375	9.128	34.528	59.928	85.328	110.728	136.128	161.528	186.928	212.328
3 / 8″	0.375000	9.525	34.925	60.325	85.725	111.125	136.525	161.925	187.325	212.725
25 / 64″	0.390625	9.922	35.322	60.722	86.122	111.522	136.922	162.322	187.722	213.122
13 / 32″	0.406250	10.319	35.719	61.119	86.519	111.919	137.319	162.719	188.119	213.519
27 / 64″	0.421875	10.716	36.116	61.516	86.916	112.316	137.716	163.116	188.516	213.916
7 / 16″	0.437500	11.112	36.512	61.912	87.312	112.712	138.112	163.512	188.912	214.312
29 / 64″	0.453125	11.509	36.909	62.309	87.709	113.109	138.509	163.909	189.309	214.709
15 / 32″	0.468750	11.906	37.306	62.706	88.106	113.506	138.906	164.306	189.706	215.106
31 / 64″	0.484375	12.303	37.703	63.103	88.503	113.903	139.303	164.703	190.103	215.503
1 / 2″	0.500000	12.700	38.100	63.500	88.900	114.300	139.700	165.100	190.500	215.900

1 inch=25.4mm

inch 分数	inch 小数	0″	1″	2″	3″	4″	5″	6″	7″	8″
33 / 64″	0.515625	13.097	38.497	63.897	89.297	114.697	140.097	165.497	190.897	216.297
17 / 32″	0.531250	13.494	38.894	64.294	89.694	115.094	140.494	165.894	191.294	216.694
35 / 64″	0.546875	13.891	39.291	64.691	90.091	115.491	140.891	166.291	191.691	217.091
9 / 16″	0.562500	14.288	39.688	65.088	90.488	115.888	141.288	166.688	192.088	217.488
37 / 64″	0.578125	14.684	40.084	65.484	90.884	116.284	141.684	167.084	192.484	217.884
19 / 32″	0.593750	15.081	40.481	65.881	91.281	116.681	142.081	167.481	192.881	218.281
39 / 64″	0.609375	15.478	40.878	66.278	91.678	117.078	142.478	167.878	193.278	218.678
5 / 8″	0.625000	15.875	41.275	66.675	92.075	117.475	142.875	168.275	193.675	219.075
41 / 64″	0.640625	16.272	41.672	67.072	92.472	117.872	143.272	168.672	194.072	219.472
21 / 32″	0.656250	16.669	42.069	67.469	92.869	118.269	143.669	169.069	194.469	219.869
43 / 64″	0.671875	17.066	42.466	67.866	93.266	118.666	144.066	169.466	194.866	220.266
11 / 16″	0.687500	17.462	42.862	68.262	93.662	119.062	144.462	169.862	195.262	220.662
45 / 64″	0.703125	17.859	43.259	68.659	94.059	119.459	144.859	170.259	195.659	221.059
23 / 32″	0.718750	18.256	43.656	69.056	94.456	119.856	145.256	170.656	196.056	221.456
47 / 64″	0.734375	18.653	44.053	69.453	94.853	120.253	145.653	171.053	196.453	221.853
3 / 4″	0.750000	19.050	44.450	69.850	95.250	120.650	146.050	171.450	196.850	222.250
49 / 64″	0.765625	19.447	44.847	70.247	95.647	121.047	146.447	171.847	197.247	222.647
25 / 32″	0.781250	19.844	45.244	70.644	96.044	121.444	146.844	172.244	197.644	223.044
51 / 64″	0.796875	20.241	45.641	71.041	96.441	121.841	147.241	172.641	198.041	223.441
13 / 16″	0.812500	20.638	46.038	71.438	96.838	122.238	147.638	173.038	198.438	223.838
53 / 64″	0.828125	21.034	46.434	71.834	97.234	122.634	148.034	173.434	198.834	224.234
27 / 32″	0.843750	21.431	46.831	72.231	97.631	123.031	148.431	173.831	199.231	224.631
55 / 64″	0.859375	21.828	47.228	72.628	98.028	123.428	148.828	174.228	199.628	225.028
7 / 8″	0.875000	22.225	47.625	73.025	98.425	123.825	149.225	174.625	200.025	225.425
57 / 64″	0.890625	22.622	48.022	73.422	98.822	124.222	149.622	175.022	200.422	225.822
29 / 32″	0.906250	23.019	48.419	73.819	99.219	124.619	150.019	175.419	200.819	226.219
59 / 64″	0.921875	23.416	48.816	74.216	99.616	125.016	150.416	175.816	201.216	226.616
15 / 16″	0.937500	23.812	49.212	74.612	100.012	125.412	150.812	176.212	201.612	227.012
61 / 64″	0.953125	24.209	49.609	75.009	100.409	125.809	151.209	176.609	202.009	227.409
31 / 32″	0.968750	24.606	50.006	75.406	100.806	126.206	151.606	177.006	202.406	227.806
63 / 64″	0.984375	25.003	50.403	75.803	101.203	126.603	152.003	177.403	202.803	228.203

●硬度换算表(参考)

洛氏 C标准硬度 负荷1471N HRC	维氏硬度 HV	布氏硬度 标准球	布氏硬度 碳化钨球	洛氏硬度 A标准 负荷588.4N 金刚石锥形压头	洛氏硬度 B标准 负荷980.7N 直径1/16in球	肖氏硬度 HS
68	940	—	—	85.6	—	97
67	900	—	—	85.0	—	95
66	865	—	—	84.5	—	92
65	832	—	(739)	83.9	—	91
64	800	—	(722)	83.4	—	88
63	772	—	(705)	82.8	—	87
62	746	—	(688)	82.3	—	85
61	720	—	(670)	81.8	—	83
60	697	—	(654)	81.2	—	81
59	674	—	(634)	80.7	—	80
58	653	—	615	80.1	—	78
57	633	—	595	79.6	—	76
56	613	—	577	79.0	—	75
55	595	—	560	78.5	—	74
54	577	—	543	78.0	—	72
53	560	—	525	77.4	—	71
52	544	(500)	512	76.8	—	69
51	528	(487)	496	76.3	—	68
50	513	(475)	481	75.9	—	67
49	498	(464)	469	75.2	—	66
48	484	451	455	74.7	—	64
47	471	442	443	74.1	—	63
46	458	432	432	73.6	—	62
45	446	421	421	73.1	—	60
44	434	409	409	72.5	—	58
43	423	400	400	72.0	—	57
42	412	390	390	71.5	—	56
41	402	381	381	70.9	—	55
40	392	371	371	70.4	—	54
39	382	362	362	69.9	—	52

洛氏 C标准硬度 负荷1471N HRC	维氏硬度 HV	布氏硬度 标准球	布氏硬度 碳化钨球	洛氏硬度 A标准 负荷588.4N 金刚石锥形压头	洛氏硬度 B标准 负荷980.7N 直径1/16in球	肖氏硬度 HS
38	372	353	353	69.4	—	51
37	363	344	344	68.9	—	50
36	354	336	336	68.4	(109.0)	49
35	345	327	327	67.9	(108.5)	48
34	336	319	319	67.4	(108.0)	47
33	327	311	311	66.8	(107.5)	46
32	318	301	301	66.3	(107.0)	44
31	310	294	294	65.8	(106.0)	43
30	302	286	286	65.3	(105.5)	42
29	294	279	279	64.7	(104.5)	41
28	286	271	271	64.3	(104.0)	41
27	279	264	264	63.8	(103.0)	40
26	272	258	258	63.3	(102.5)	38
25	266	253	253	62.8	(101.5)	38
24	260	247	247	62.4	(101.0)	37
23	254	243	243	62.0	100.0	36
22	248	237	237	61.5	99.0	35
21	243	231	231	61.0	98.5	35
20	238	226	226	60.5	97.8	34
(18)	230	219	219	—	96.7	33
(16)	222	212	212	—	95.5	32
(14)	213	203	203	—	93.9	31
(12)	204	194	194	—	92.3	29
(10)	196	187	187	—	90.7	28
(8)	188	179	179	—	89.5	27
(6)	180	171	171	—	87.1	26
(4)	173	165	165	—	85.5	25
(2)	166	158	158	—	83.5	24
(0)	160	152	152	—	81.7	24

●轴的尺寸容许公差

单位 μm

直径的分类 mm		b12		c12		d6		e6		e12		f5		f6		g5	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
—	3	−140	− 240	− 60	− 160	− 20	− 26	− 14	− 20	− 14	−114	− 6	−10	− 6	− 12	− 2	− 6
3	6	−140	− 260	− 70	− 190	− 30	− 38	− 20	− 28	− 20	−140	−10	−15	−10	− 18	− 4	− 9
6	10	−150	− 300	− 80	− 230	− 40	− 49	− 25	− 34	− 25	−175	−13	−19	−13	− 22	− 5	−11
10	18	−150	− 330	− 95	− 275	− 50	− 61	− 32	− 43	− 32	−212	−16	−24	−16	− 27	− 6	−14
18	30	−160	− 370	−110	− 320	− 65	− 78	− 40	− 53	− 40	−250	−20	−29	−20	− 33	− 7	−16
30	40	−170	− 420	−120	− 370	− 80	− 96	− 50	− 66	− 50	−300	−25	−36	−25	− 41	− 9	−20
40	50	−180	− 430	−130	− 380												
50	65	−190	− 490	−140	− 440	−100	−119	− 60	− 79	− 60	−360	−30	−43	−30	− 49	−10	−23
65	80	−200	− 500	−150	− 450												
80	100	−220	− 570	−170	− 520	−120	−142	− 72	− 94	− 72	−422	−36	−51	−36	− 58	−12	−27
100	120	−240	− 590	−180	− 530												
120	140	−260	− 660	−200	− 600												
140	160	−280	− 680	−210	− 610	−145	−170	− 85	−110	− 85	−485	−43	−61	−43	− 68	−14	−32
160	180	−310	− 710	−230	− 630												
180	200	−340	− 800	−240	− 700												
200	225	−380	− 840	−260	− 720	−170	−199	−100	−129	−100	−560	−50	−70	−50	− 79	−15	−35
225	250	−420	− 880	−280	− 740												
250	280	−480	−1000	−300	− 820	−190	−222	−110	−142	−110	−630	−56	−79	−56	− 88	−17	−40
280	315	−540	−1060	−330	− 850												
315	355	−600	−1170	−360	− 930	−210	−246	−125	−161	−125	−695	−62	−87	−62	− 98	−18	−43
355	400	−680	−1250	−400	− 970												
400	450	−760	−1390	−440	−1070	−230	−270	−135	−175	−135	−765	−68	−95	−68	−108	−20	−47
450	500	−840	−1470	−480	−1110												

直径的分类 mm		g6		h5		h6		h7		h8		h9		h10		h11		直径的分类 mm	
上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	超过	以下
− 2	− 8	0	− 4	0	− 6	0	−10	0	−14	0	− 25	0	− 40	0	− 60	—	3
− 4	−12	0	− 5	0	− 8	0	−12	0	−18	0	− 30	0	− 48	0	− 75	3	6
− 5	−14	0	− 6	0	− 9	0	−15	0	−22	0	− 36	0	− 58	0	− 90	6	10
− 6	−17	0	− 8	0	−11	0	−18	0	−27	0	− 43	0	− 70	0	−110	10	18
− 7	−20	0	− 9	0	−13	0	−21	0	−33	0	− 52	0	− 84	0	−130	18	30
− 9	−25	0	−11	0	−16	0	−25	0	−39	0	− 62	0	−100	0	−160	30	40
																40	50
−10	−29	0	−13	0	−19	0	−30	0	−46	0	− 74	0	−120	0	−190	50	65
																65	80
−12	−34	0	−15	0	−22	0	−35	0	−54	0	− 87	0	−140	0	−220	80	100
																100	120
																120	140
−14	−39	0	−18	0	−25	0	−40	0	−63	0	−100	0	−160	0	−250	140	160
																160	180
																180	200
−15	−44	0	−20	0	−29	0	−46	0	−72	0	−115	0	−185	0	−290	200	225
																225	250
−17	−49	0	−23	0	−32	0	−52	0	−81	0	−130	0	−210	0	−320	250	280
																280	315
−18	−54	0	−25	0	−36	0	−57	0	−89	0	−140	0	−230	0	−360	315	355
																355	400
−20	−60	0	−27	0	−40	0	−63	0	−97	0	−155	0	−250	0	−400	400	450
																450	500

单位 μm

直径的分类 mm		h12		js5		j5		js6		j6		j7		k5		k6	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
—	3	0	−100	+ 2	− 2	+2	− 2	+ 3	− 3	+ 4	− 2	+ 6	− 4	+ 4	0	+ 6	0
3	6	0	−120	+ 2.5	− 2.5	+3	− 2	+ 4	− 4	+ 6	− 2	+ 8	− 4	+ 6	+1	+ 9	+1
6	10	0	−150	+ 3	− 3	+4	− 2	+ 4.5	− 4.5	+ 7	− 2	+10	− 5	+ 7	+1	+10	+1
10	18	0	−180	+ 4	− 4	+5	− 3	+ 5.5	− 5.5	+ 8	− 3	+12	− 6	+ 9	+1	+12	+1
18	30	0	−210	+ 4.5	− 4.5	+5	− 4	+ 6.5	− 6.5	+ 9	− 4	+13	− 8	+11	+2	+15	+2
30	40	0	−250	+ 5.5	− 5.5	+6	− 5	+ 8	− 8	+11	− 5	+15	−10	+13	+2	+18	+2
40	50																
50	65	0	−300	+ 6.5	− 6.5	+6	− 7	+ 9.5	− 9.5	+12	− 7	+18	−12	+15	+2	+21	+2
65	80																
80	100	0	−350	+ 7.5	− 7.5	+6	− 9	+11	−11	+13	− 9	+20	−15	+18	+3	+25	+3
100	120																
120	140																
140	160	0	−400	+ 9	− 9	+7	−11	+12.5	−12.5	+14	−11	+22	−18	+21	+3	+28	+3
160	180																
180	200																
200	225	0	−460	+10	−10	+7	−13	+14.5	−14.5	+16	−13	+25	−21	+24	+4	+33	+4
225	250																
250	280	0	−520	+11.5	−11.5	+7	−16	+16	−16	+16	−16	+26	−26	+27	+4	+36	+4
280	315																
315	355	0	−570	+12.5	−12.5	+7	−18	+18	−18	+18	−18	+29	−28	+29	+4	+40	+4
355	400																
400	450	0	−630	+13.5	−13.5	+7	−20	+20	−20	+20	−20	+31	−32	+32	+5	+45	+5
450	500																

直径的分类 mm		m5		m6		n5		n6		p6		直径的分类 mm	
上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	超过	以下
+ 6	+ 2	+ 8	+ 2	+ 8	+ 4	+10	+ 4	+ 12	+ 6	—	3
+ 9	+ 4	+12	+ 4	+13	+ 8	+16	+ 8	+ 20	+12	3	6
+12	+ 6	+15	+ 6	+16	+10	+19	+10	+ 24	+15	6	10
+15	+ 7	+18	+ 7	+20	+12	+23	+12	+ 29	+18	10	18
+17	+ 8	+21	+ 8	+24	+15	+28	+15	+ 35	+22	18	30
+20	+ 9	+25	+ 9	+28	+17	+33	+17	+ 42	+26	30	40
										40	50
+24	+11	+30	+11	+33	+20	+39	+20	+ 51	+32	50	65
										65	80
+28	+13	+35	+13	+38	+23	+45	+23	+ 59	+37	80	100
										100	120
										120	140
+33	+15	+40	+15	+45	+27	+52	+27	+ 68	+43	140	160
										160	180
										180	200
+37	+17	+46	+17	+51	+31	+60	+31	+ 79	+50	200	225
										225	250
+43	+20	+52	+20	+57	+34	+66	+34	+ 88	+56	250	280
										280	315
+46	+21	+57	+21	+62	+37	+73	+37	+ 98	+62	315	355
										355	400
+50	+23	+63	+23	+67	+40	+80	+40	+108	+68	400	450
										450	500

●轴承座孔的尺寸容许公差

单位 μm

直径的分类 mm		B12		E7		E11		E12		F6		F7		G6		G7	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
—	3	+ 240	+140	+ 24	+ 14	+ 74	+ 14	+114	+ 14	+ 12	+ 6	+ 16	+ 6	+ 8	+ 2	+12	+ 2
3	6	+ 260	+140	+ 32	+ 20	+ 95	+ 20	+140	+ 20	+ 18	+10	+ 22	+10	+12	+ 4	+16	+ 4
6	10	+ 300	+150	+ 40	+ 25	+115	+ 25	+175	+ 25	+ 22	+13	+ 28	+13	+14	+ 5	+20	+ 5
10	18	+ 330	+150	+ 50	+ 32	+142	+ 32	+212	+ 32	+ 27	+16	+ 34	+16	+17	+ 6	+24	+ 6
18	30	+ 370	+160	+ 61	+ 40	+170	+ 40	+250	+ 40	+ 33	+20	+ 41	+20	+20	+ 7	+28	+ 7
30	40	+ 420	+170	+ 75	+ 50	+210	+ 50	+300	+ 50	+ 41	+25	+ 50	+25	+25	+ 9	+34	+ 9
40	50	+ 430	+180														
50	65	+ 490	+190	+ 90	+ 60	+250	+ 60	+360	+ 60	+ 49	+30	+ 60	+30	+29	+10	+40	+10
65	80	+ 500	+200														
80	100	+ 570	+220	+107	+ 72	+292	+ 72	+422	+ 72	+ 58	+36	+ 71	+36	+34	+12	+47	+12
100	120	+ 590	+240														
120	140	+ 660	+260	+125	+ 85	+335	+ 85	+485	+ 85	+ 68	+43	+ 83	+43	+39	+14	+54	+14
140	160	+ 680	+280														
160	180	+ 710	+310														
180	200	+ 800	+340	+146	+100	+390	+100	+560	+100	+ 79	+50	+ 96	+50	+44	+15	+61	+15
200	225	+ 840	+380														
225	250	+ 880	+420														
250	280	+1000	+480	+162	+110	+430	+110	+630	+110	+ 88	+56	+108	+56	+49	+17	+69	+17
280	315	+1060	+540														
315	355	+1170	+600	+182	+125	+485	+125	+695	+125	+ 98	+62	+119	+62	+54	+18	+75	+18
355	400	+1250	+680														
400	450	+1390	+760	+198	+135	+535	+135	+765	+135	+108	+68	+131	+68	+60	+20	+83	+20
450	500	+1470	+840														

直径的分类 mm		H6		H7		H8		H9		H10		H11		JS6		J6		直径的分类 mm	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	超过	以下
—	3	+ 6	0	+10	0	+14	0	+ 25	0	+ 40	0	+ 60	0	+ 3	− 3	+ 2	−4	—	3
3	6	+ 8	0	+12	0	+18	0	+ 30	0	+ 48	0	+ 75	0	+ 4	− 4	+ 5	−3	3	6
6	10	+ 9	0	+15	0	+22	0	+ 36	0	+ 58	0	+ 90	0	+ 4.5	− 4.5	+ 5	−4	6	10
10	18	+11	0	+18	0	+27	0	+ 43	0	+ 70	0	+110	0	+ 5.5	− 5.5	+ 6	−5	10	18
18	30	+13	0	+21	0	+33	0	+ 52	0	+ 84	0	+130	0	+ 6.5	− 6.5	+ 8	−5	18	30
30	40	+16	0	+25	0	+39	0	+ 62	0	+100	0	+160	0	+ 8	− 8	+10	−6	30	40
40	50																	40	50
50	65	+19	0	+30	0	+46	0	+ 74	0	+120	0	+190	0	+ 9.5	− 9.5	+13	−6	50	65
65	80																	65	80
80	100	+22	0	+35	0	+54	0	+ 87	0	+140	0	+220	0	+11	−11	+16	−6	80	100
100	120																	100	120
120	140	+25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	0	+250	0	+12.5	−12.5	+18	−7	120	140
140	160																	140	160
160	180																	160	180
180	200	+29	0	+46	0	+72	0	+115	0	+185	0	+290	0	+14.5	−14.5	+22	−7	180	200
200	225																	200	225
225	250																	225	250
250	280	+32	0	+52	0	+81	0	+130	0	+210	0	+320	0	+16	−16	+25	−7	250	280
280	315																	280	315
315	355	+36	0	+57	0	+89	0	+140	0	+230	0	+360	0	+18	−18	+29	−7	315	355
355	400																	355	400
400	450	+40	0	+63	0	+97	0	+155	0	+250	0	+400	0	+20	−20	+33	−7	400	450
450	500																	450	500

单位 μm

直径的分类 mm		JS7		J7		K5		K6		K7		M6		M7		N6	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
—	3	+ 5	− 5	+ 4	− 6	0	− 4	0	− 6	0	−10	− 2	− 8	−2	−12	− 4	−10
3	6	+ 6	− 6	+ 6	− 6	0	− 5	+2	− 6	+ 3	− 9	− 1	− 9	0	−12	− 5	−13
6	10	+ 7	− 7	+ 8	− 7	+1	− 5	+2	− 7	+ 5	−10	− 3	−12	0	−15	− 7	−16
10	18	+ 9	− 9	+10	− 8	+2	− 6	+2	− 9	+ 6	−12	− 4	−15	0	−18	− 9	−20
18	30	+10	−10	+12	− 9	+1	− 8	+2	−11	+ 6	−15	− 4	−17	0	−21	−11	−24
30	40	+12	−12	+14	−11	+2	− 9	+3	−13	+ 7	−18	− 4	−20	0	−25	−12	−28
40	50																
50	65	+15	−15	+18	−12	+3	−10	+4	−15	+ 9	−21	− 5	−24	0	−30	−14	−33
65	80																
80	100	+17	−17	+22	−13	+2	−13	+4	−18	+10	−25	− 6	−28	0	−35	−16	−38
100	120																
120	140	+20	−20	+26	−14	+3	−15	+4	−21	+12	−28	− 8	−33	0	−40	−20	−45
140	160																
160	180																
180	200	+23	−23	+30	−16	+2	−18	+5	−24	+13	−33	− 8	−37	0	−46	−22	−51
200	225																
225	250																
250	280	+26	−26	+36	−16	+3	−20	+5	−27	+16	−36	− 9	−41	0	−52	−25	−57
280	315																
315	355	+28	−28	+39	−18	+3	−22	+7	−29	+17	−40	−10	−46	0	−57	−26	−62
355	400																
400	450	+31	−31	+43	−20	+2	−25	+8	−32	+18	−45	−10	−50	0	−63	−27	−67
450	500																

直径的分类 mm		N7		P6		P7		R7		S7		直径的分类 mm	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	超过	以下
—	3	− 4	−14	− 6	−12	− 6	− 16	− 10	− 20	− 14	− 24	—	3
3	6	− 4	−16	− 9	−17	− 8	− 20	− 11	− 23	− 15	− 27	3	6
6	10	− 4	−19	−12	−21	− 9	− 24	− 13	− 28	− 17	− 32	6	10
10	18	− 5	−23	−15	−26	−11	− 29	− 16	− 34	− 21	− 39	10	18
18	30	− 7	−28	−18	−31	−14	− 35	− 20	− 41	− 27	− 48	18	30
30	40	− 8	−33	−21	−37	−17	− 42	− 25	− 50	− 34	− 59	30	40
40	50											40	50
50	65	− 9	−39	−26	−45	−21	− 51	− 30	− 60	− 42	− 72	50	65
65	80							− 32	− 62	− 48	− 78	65	80
80	100	−10	−45	−30	−52	−24	− 59	− 38	− 73	− 58	− 93	80	100
100	120							− 41	− 76	− 66	−101	100	120
120	140	−12	−52	−36	−61	−28	− 68	− 48	− 88	− 77	−117	120	140
140	160							− 50	− 90	− 85	−125	140	160
160	180							− 53	− 93	− 93	−133	160	180
180	200	−14	−60	−41	−70	−33	− 79	− 60	−106	−105	−151	180	200
200	225							− 63	−109	−113	−159	200	225
225	250							− 67	−113	−123	−169	225	250
250	280	−14	−66	−47	−79	−36	− 88	− 74	−126	−138	−190	250	280
280	315							− 78	−130	−150	−202	280	315
315	355	−16	−73	−51	−87	−41	− 98	− 87	−144	−169	−226	315	355
355	400							− 93	−150	−187	−244	355	400
400	450	−17	−80	−55	−95	−45	−108	−103	−166	−209	−272	400	450
450	500							−109	−172	−229	−292	450	500