

综合解说

IKO 精密定位工作台的选择

选择IKO精密定位工作台时应根据要求的条件，重点考虑密切相关的事项。一般选择步骤如下所示。

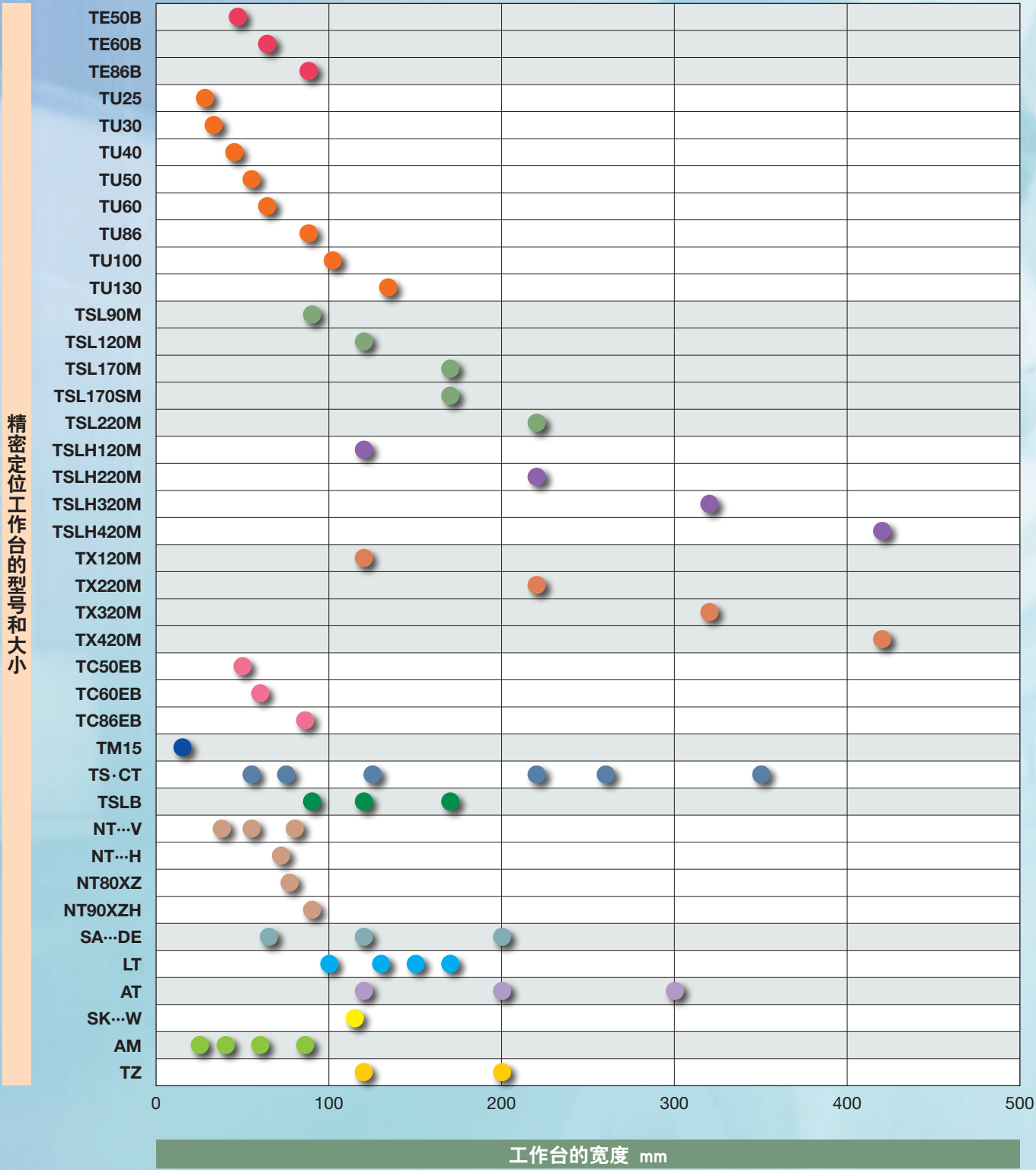


IKO 精密定位工作台的特性

系列	型 号	行程长度 mm	重复 定位精度	定位精度	高速性	刚 性
精密定位工作台TE	TE…B	50 ～ 800	○	○	○	○
精密定位工作台TU	TU	30 ～ 1 400	○	○	○	○
精密定位工作台L	TSL…M	50 ～ 1 000	○	○	○	○
精密定位工作台LH	TSLH…M	100 ～ 800	○	○	○	◎
	CTLH…M	100 ～ 500	○	○	○	◎
高精密定位工作台TX	TX…M	100 ～ 800	◎	◎	○	◎
	CTX…M	100 ～ 400	◎	◎	○	◎
洁净精密定位工作台TC	TC…EB	50 ～ 800	○	○	○	△
微型精密定位工作台TM	TM	10 ～ 60	○	○	△	△
精密定位工作台TS、CT	TS	25 ～ 250	○	○	△	△
	CT	15 ～ 250	○	○	△	△
精密定位工作台LB	TSLB	300 ～ 1 200	△	△	◎	○
纳米直线电机NT	NT…V、XZ、XZH	10 ～ 120	◎	△	◎	△
	NT…H	25 ～ 65	◎	◎	○	○
校准工作台SA	SA…DE/X	10 ～ 20	◎	△	○	△
直线电机工作台LT	LT…CE	200 ～ 1 200	◎	△	◎	△
	LT…LD	240 ～ 2 760	◎	△	◎	○
	LT…H	410 ～ 2 670	◎	△	◎	○
校准模块AM	AM	30 ～ 120	○	○	○	○

进给机构	适用电机	装有传感器	直线导轨设备	用途
C-Lube自润滑滚珠丝杠	AC伺服 · 步进电机	选择	内置C-Lube自润滑部件的U字形滑轨型直线导轨	组装机、加工机、测量仪
滚珠丝杠			U字形滑轨型直线导轨	组装机、加工机、测量仪
C-Lube自润滑滚珠丝杠	AC伺服	标配	C-Lube自润滑直线导轨 2根并列	组装机、加工机、测量仪 精密加工机、精密测量仪、 机床、组装机
			C-Lube自润滑圆柱滚子直线导轨超级X 2根并列	精密加工机、精密测量仪、 机床、组装机
滚珠丝杠	AC伺服 · 步进电机	选择	内置C-Lube自润滑部件的U字形滑轨型直线导轨 2根并列	半导体相关设备、液晶相关设备
			直线导轨 2根并列	精密测量仪、组装设备
同步带	步进电机		内置齿轨、齿轮型交叉滚子直线导轨	精密测量仪、探针、 图像处理装置、曝光装置
			交叉滚子直线导轨	
AC直线伺服电机		标配	直线导轨 2根并列	高速搬运、托盘更换
			C-Lube自润滑直线导轨 直线导轨 2根并列	半导体相关设备、医疗设备
			内置齿轨、齿轮型交叉滚子直线导轨	半导体相关设备、精密测量仪
滚珠丝杠	AC伺服、步进电机		C-Lube自润滑直线导轨 2根并列	半导体相关设备、医疗设备 半导体相关设备、高速搬运设备
			U字形滑轨型直线导轨	半导体相关设备、液晶相关设备

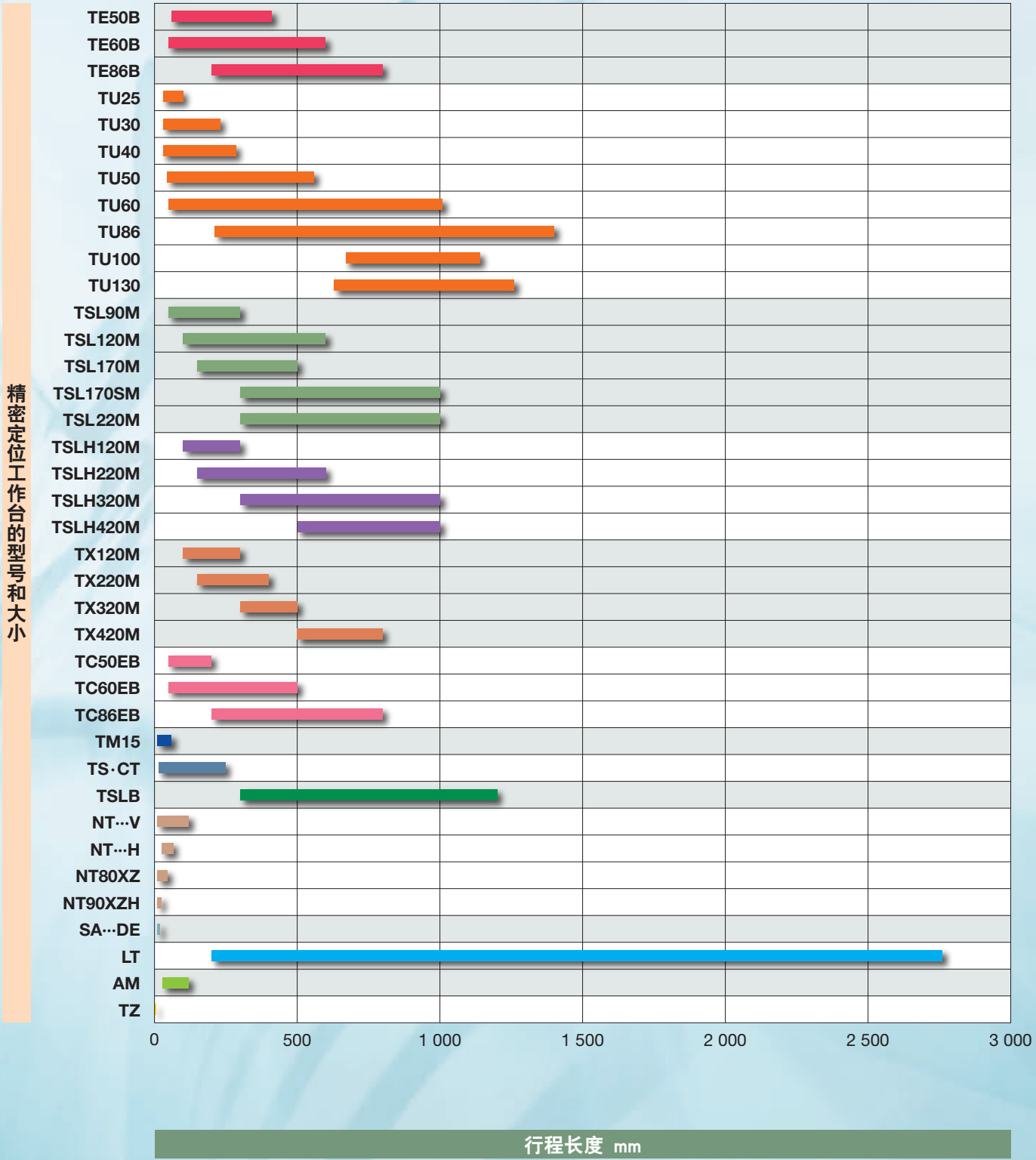
精密定位工作台的大小



图表说明

●图表中的值仅供参考，详情请参照各型号の説明。

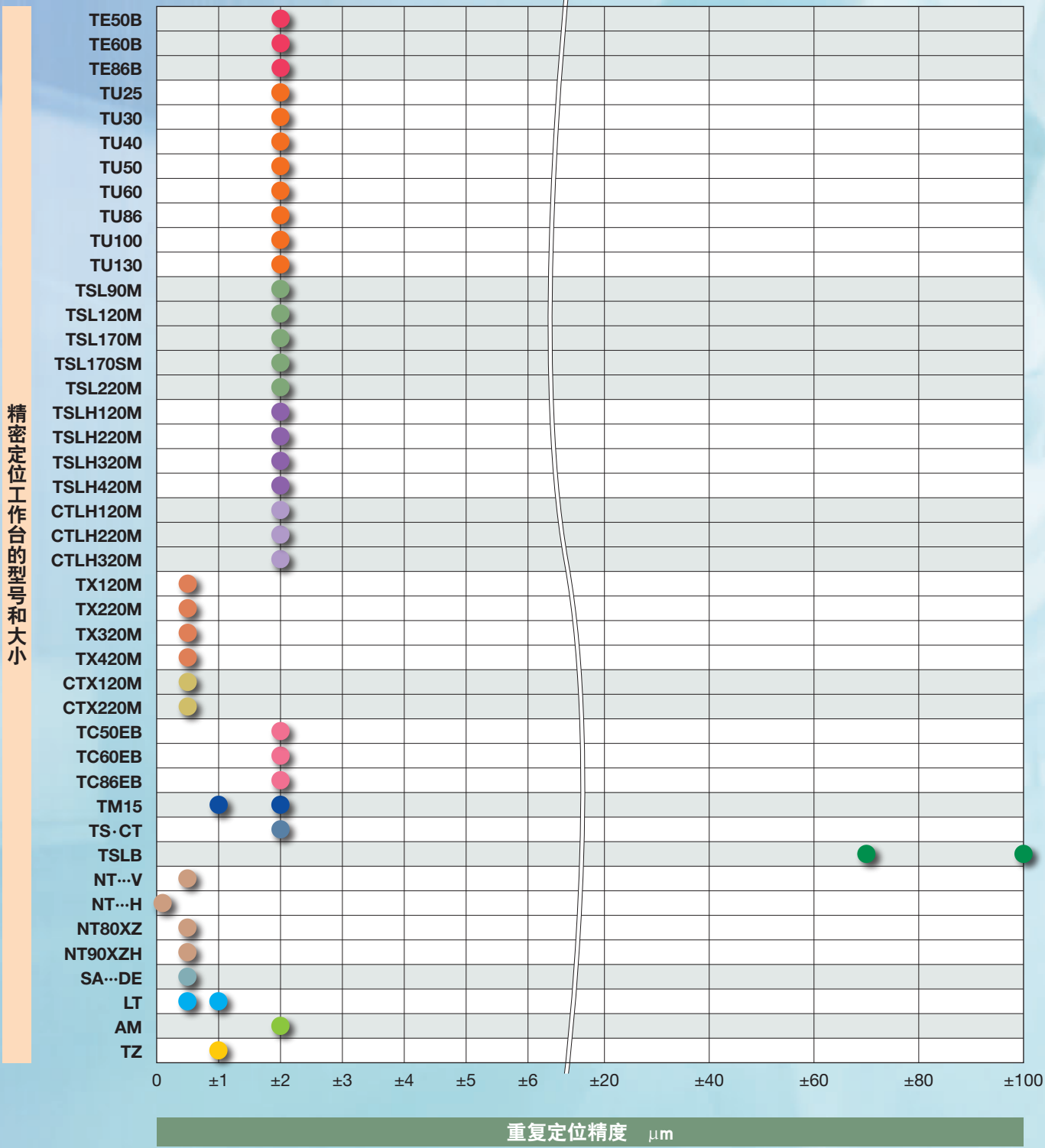
精密定位工作台的行程长度



图表说明

●图表中的值仅供参考，详情请参照各型号の説明。
●柱形的长度表示标准行程长度的范围。

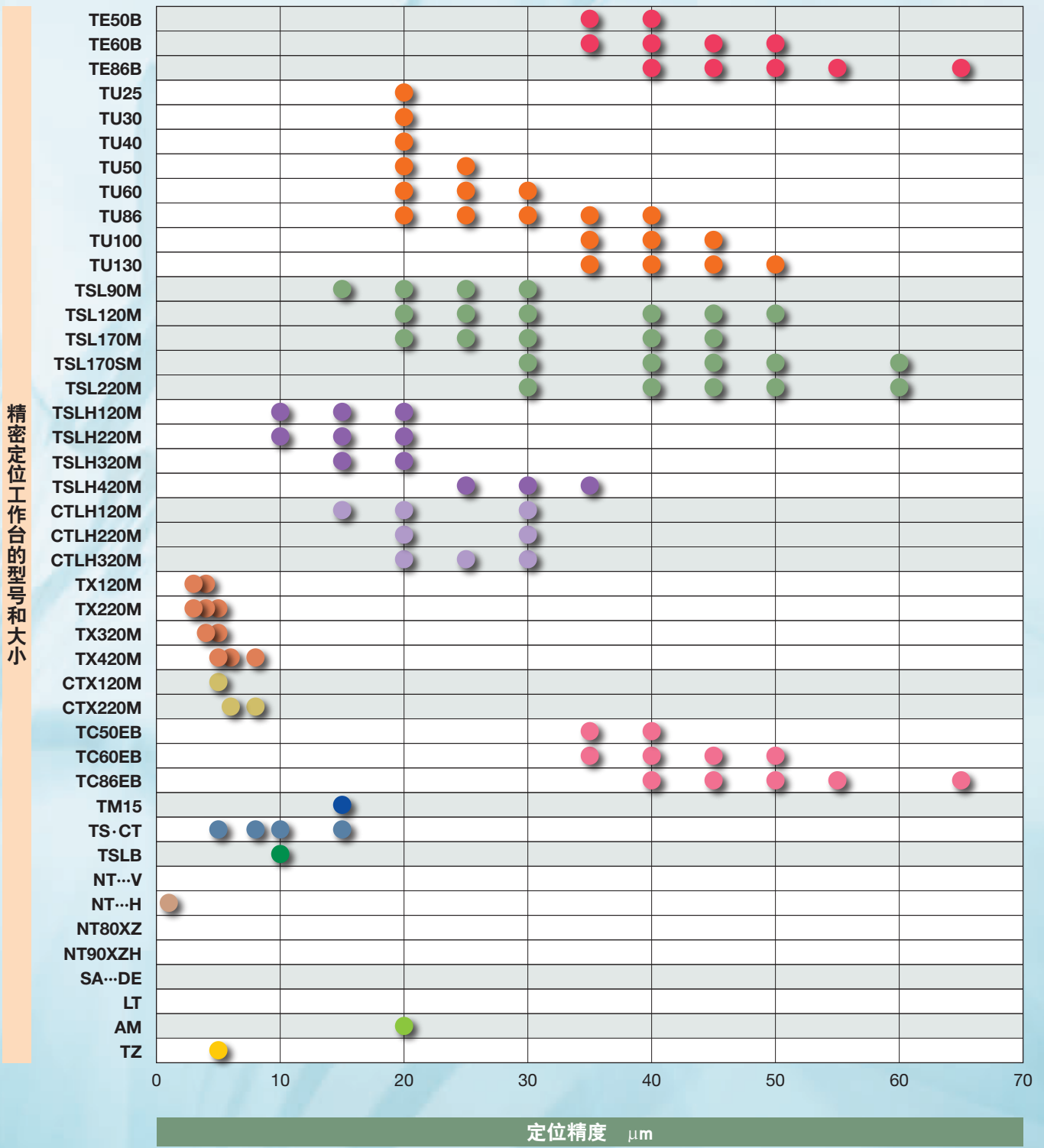
精密定位工作台的重复定位精度



图表说明

- 图表中的值仅供参考，详情请参照各型号的说明。
- 滚珠丝杠驱动的类型表示选择研磨滚珠丝杠时的值。
- 型号有2个以上的值时，表示值会因行程长度等而异。
- TU表示标准工作台的值。
- CTLH...M、CTX...M、CT表示双轴规格的工作台。
- SA...DE表示X轴的值。

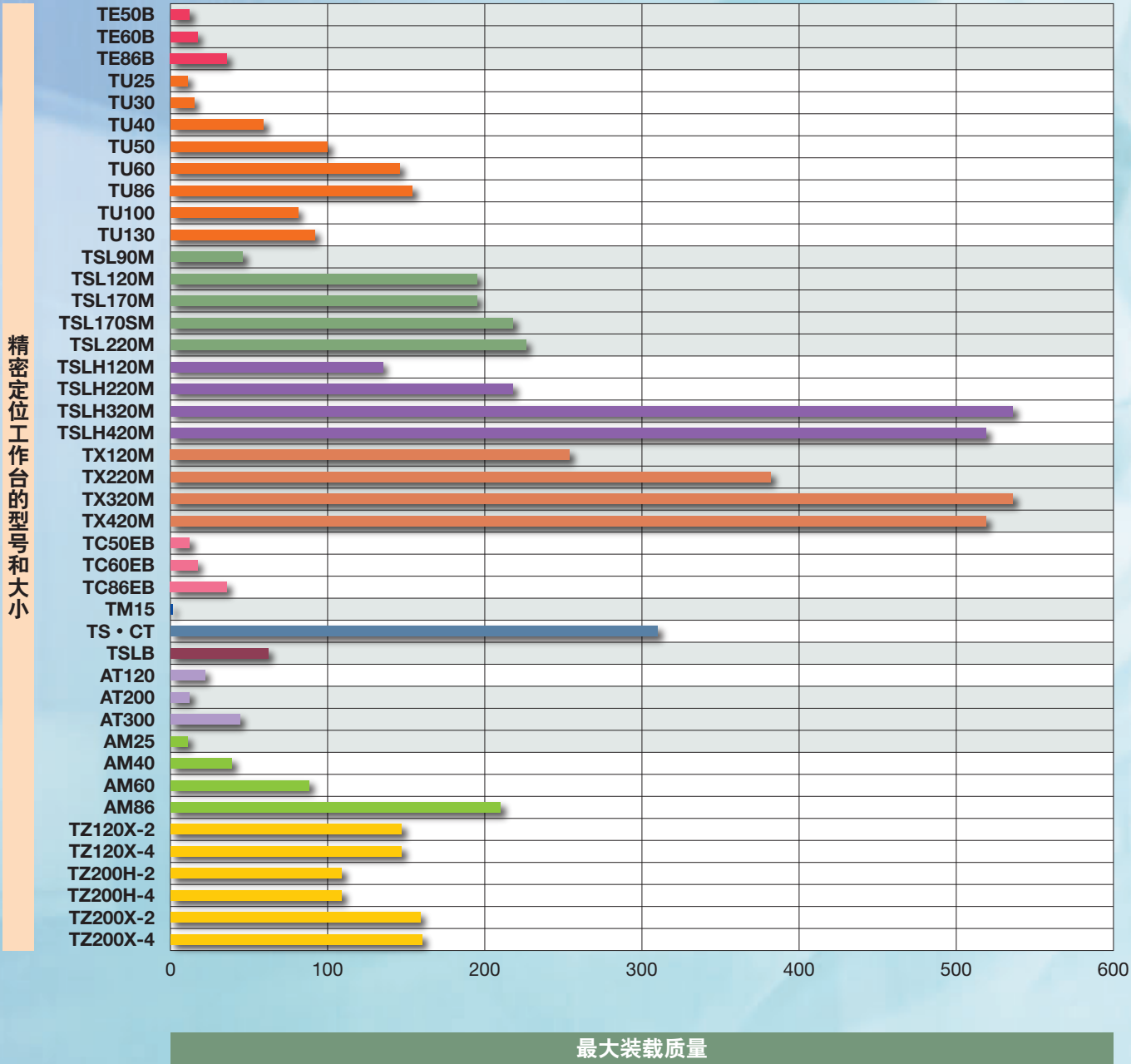
精密定位工作台的定位精度



图表说明

- 图表中的值仅供参考，详情请参照各型号的说明。
- 滚珠丝杠驱动的类型表示选择研磨滚珠丝杠时的值。
- 型号有2个以上的值时，表示值会因行程长度等而异。
- TU表示标准工作台的值。
- CTLH...M、CTX...M、CT表示双轴规格的工作台。

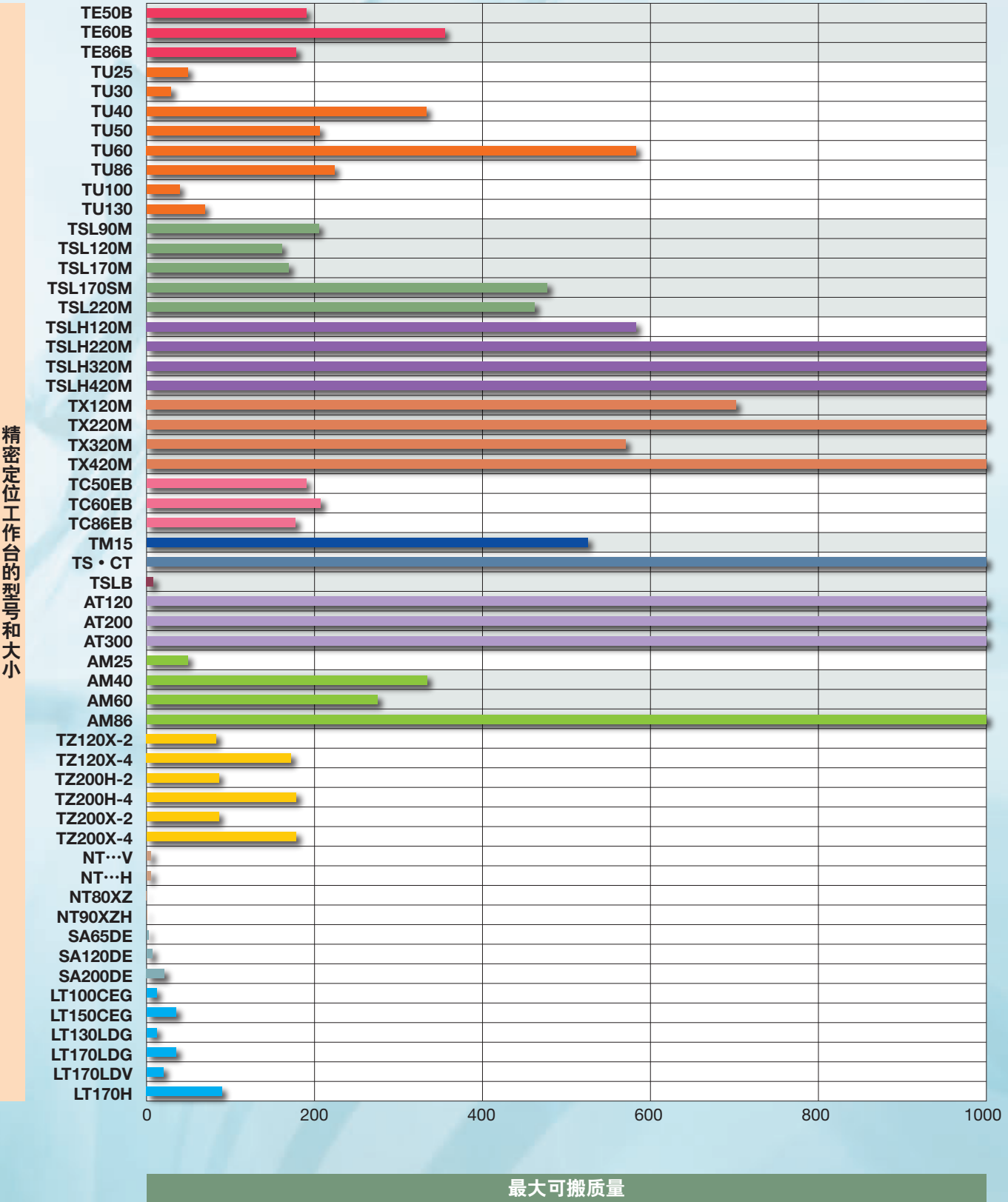
精密定位工作台的**最大装载质量**



图表说明

- 图表中的值仅供参考，详情请参照各型号的说明。
- 表示水平方向安装工作台时的最大装载质量。
- 图表中的值为装载质量重心位置在长度尺寸L=0mm、高度尺寸H=0mm时的情形。

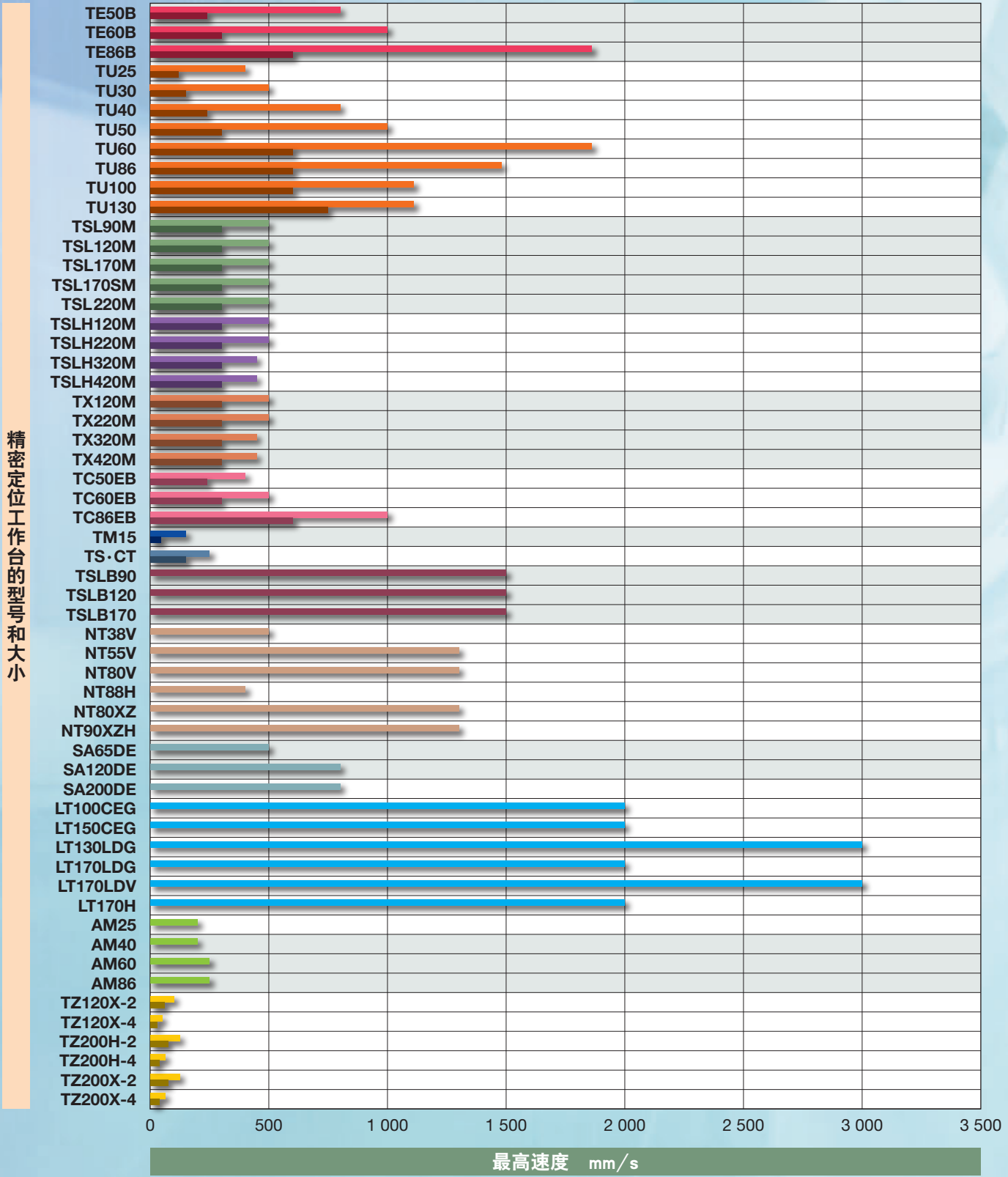
精密定位工作台的**最大可搬质量**



图表说明

- 图表中的值仅供参考，详情请参照各型号的说明。
- 表示水平方向安装工作台时的最大可搬质量。

精密定位工作台的最高速度



图表说明

- 图表中的值仅供参考，详情请参照各型号的说明。
- 滚珠丝杠驱动型号表示可选择的最长滚珠丝杠导程的值。
- 上面一行表示AC伺服电机、下面一行表示步进电机规格的值。
- 滚珠丝杠驱动型号可能会根据行程长度而受滚珠丝杠容许转速的限制。

精度

精密定位工作台的精度规格因型号而异，其测量方法如下所示。还可根据需要进行动态特性试验等满足使用条件的机型试验， 请向IKO咨询。
精密定位工作台带有与各型号的精度规格相关的检查成绩表或检查合格证。

重复定位精度 从相同的方向向任意一点重复定位7次，测量停止位置，求出读数最大差值的1/2。 该测量原则上分别在行程长度的中央和两端附近进行，以求出值中的最大值为测量值。在最大差值的1/2前加上±予以表示。	
定位精度 从基准位置向一定方向依次定位，在各位置测量实际移动距离与所需移动距离之差，以绝对值表示各行程长度内的最大差值。	
姿势精度(俯仰、摇摆。) 通过激光角度测量系统在行程的范围内测量工作台在俯仰方向(Mp)和摇摆方向(My)上各自的倾斜角度,以读数的最大差值为测量值。 ●俯仰(Mp) 工作台移动轴上下方向的角度变化 ●摇摆(My) 工作台移动轴左右方向的角度变化	
工作台运动的平行度A 指滑台的运动和平面(精密定位工作台安装面)的平行度(指示器固定)。 ●行程比滑台长度短时 将测量指示器固定于装有精密定位工作台的平台，将直规放在滑台上，再将测量指示器靠在中央。在X方向和Y方向的几乎整个行程长度范围内进行测量，以读数的最大差值为测量值。 ●行程比滑台长度长时 将指示器固定于装有精密定位工作台的平台,将直规放在滑台上,再将测量指示器靠在中央。在X方向和Y方向的行程中，以工作台长度为单位移动工作台，同时在几乎整个行程长度范围内进行测量，以读数的最大差值为测量值。	

工作台运动的平行度B 指滑台的运动和平面(工作台安装面)的平行度(指示器移动)。 将指示器固定于滑台中央，再将测量指示器靠在装有精密定位工作台的平台上，在X方向和Y方向的几乎整个行程长度范围内进行测量，以读数的最大差值为测量值。	
直线度 指应为直线的滑台的运动偏离理想直线的程度。 ·水平直线度：滑台在移动轴左右(水平)方向的运动。 ·垂直直线度：滑台在移动轴上下(垂直)方向的运动。 通过测量杆和指示器或激光垂直度测量系统进行测量。以相互平行的两条直线之间的最小间隔来表示测量值。	
XY运动的垂直度 指X轴和Y轴的运动的垂直度。 以任一移动轴方向为基准将直角尺固定于滑台，与基准移动轴呈直角贴上测量指示器,以该轴行程长度内的读数的最大差值为测量值。	
背隙 使滑台进给，以稍微移动时的测量指示器的读数为基准，在此状态下不依靠进给装置而以规定的负荷向相同的方向移动滑台，求出消除负荷后与基准值的差。 该测量在行程长度的中央和两端附近进行，以所求值中的最大值为测量值。	
无效运动 首先，以正方向对一个位置定位，测量该位置(图中的ℓ₁)。然后，发出指令向相同方向移动，再发出相同指令从该位置向负方向移动，在负方向定位，测量该位置(图中的ℓ₁′)。然后，再发出指令向负方向移动，再从该位置发出相同指令向正方向移动，在正方向定位，测量该位置(图中的ℓ₂)。下面将重复进行该动作和测量，向正、负方向各进行7次定位，求出停止位置的平均值之差。 该测量在移动距离的中央和两端附近进行，以所求值中的最大值为测量值。	无效运动的测量值 $= \left \frac{1}{7}(l_1 + l_2 + \dots + l_7) - \frac{1}{7}(l_1' + l_2' + \dots + l_7') \right \max$

测量工作台升降时的平行度

在工作台最底层($H_{\min}$)的位置，以工作台安装面为基准，在工作台顶面的测量点E点将指示器归零，以该值为基准测量剩余8点(A~I)的高度。

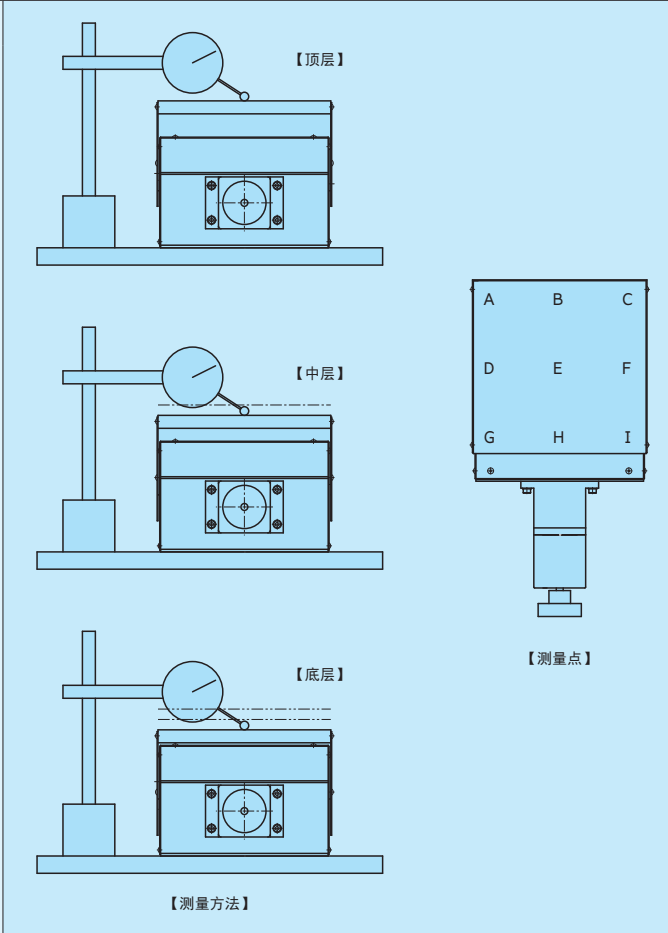
升起工作台，在中层(H_{mid})、顶层($H_{\max}$)进行相同的测量，分别求出底层、中层、顶层相同点的测量值的最大差值。

所有9个点的最大差值中的最大值为工作台升降时的平行度。

【工作台升降时的平行度计算示例】

测量点	测量值(μm)			
	底层	中层	顶层	最大差值
A	1	2	1	1
B	2	-1	3	4
C	3	4	5	2
D	4	2	1	3
E	0	0	0	0
F	-1	2	3	4
G	-2	3	3	5
H	-3	2	3	6
I	-4	-2	-4	2

测量值为表中所示值时，各点最大差值中的最大值为H点的 $6\mu\text{m}$ 。最终结果，该工作台升降时的平行度为 $6\mu\text{m}$ 。

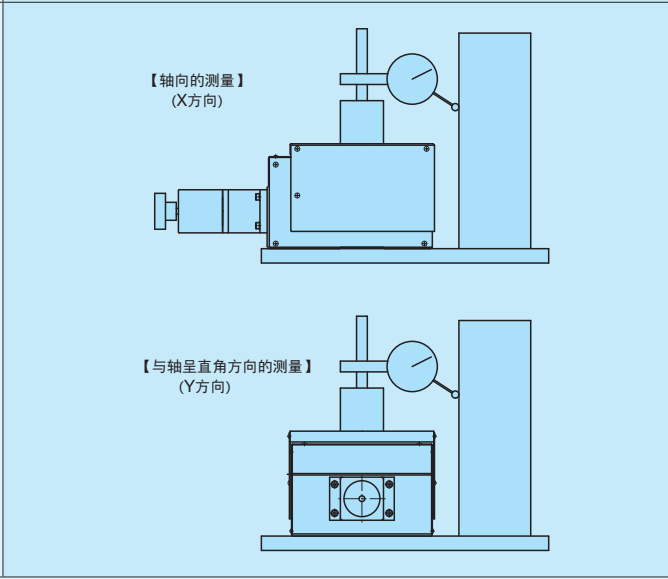


测量工作台升降时的垂直度

工作台升降时相对于直角尺的垂直度为工作台升降时的垂直度。

在工作台底层($H_{\min}$)，相对于直角尺，将指示器归零。在该状态下从工作台底层($H_{\min}$)到顶层($H_{\max}$)做往复运动时，抽样检查的跳动最大差值为工作台升降时的垂直度。(含工作台往复运动时的直线度。)

将直角尺置于距离工作台顶面10mm的位置，在滚珠丝杠的轴向和与轴呈直角的2个方向测量，两个值中的最大值为工作台升降时的垂直度。



相对于安装面的工作台平行度

以工作台安装面为基准，使用指示器测量工作台顶面整体，将读数的最大差值作为测量值。

工作台内径的径向跳动量

用指示器抵住工作台内径面，将旋转工作台一周时的读数最大差值作为测量值。

工作台顶面的跳动量

用指示器抵住工作台顶面，将旋转工作台一周时的读数最大差值作为测量值。

装载质量、耐负荷

最大装载质量

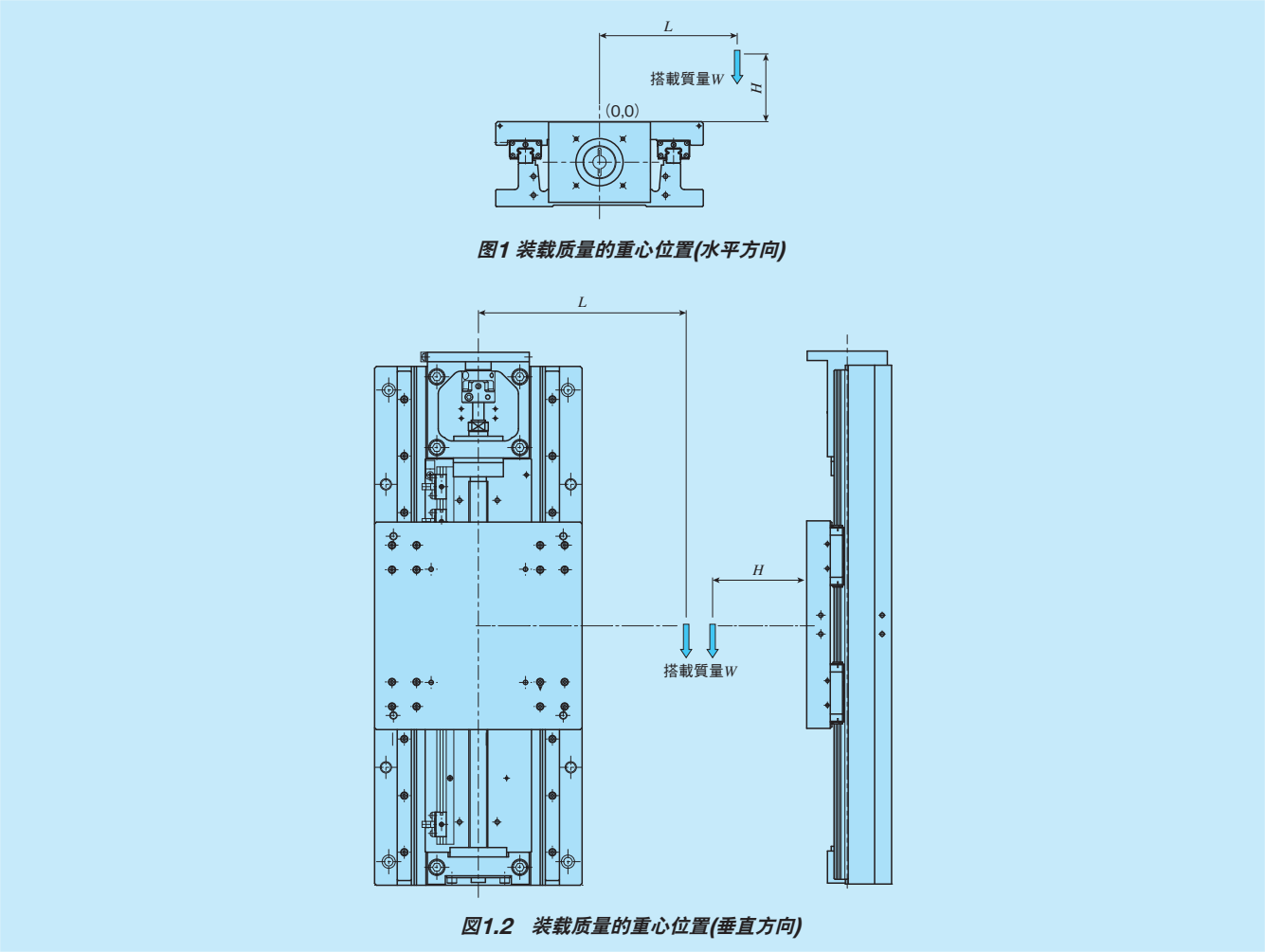
最大装载质量是满足以下①②的质量，是指水平或垂直使用精密定位工作台时可装载的最大质量的大致标准。大小尺寸因装载质量的重心位置（高度尺寸H、长度尺寸L）而异。

①以 3000min^{-1} 的电机转速(TSLB为 900min^{-1})、0.2s的加减速时间连续运行时，使用的直线导轨设备、滚珠丝杠或轴承的额定寿命达到18000小时时的质量。

②以所用的直线导轨设备的基本额定静负荷为基准算出的质量。

设定于TE…B、TU、TSL…M、TSLH…M、TX…M、TC…EB、TM、TS·CT、TSLB、AT、AM、TZ中。

各型号的最大装载质量请参照 II -10～II -356页记载的表格。此外，研究最大装载质量时请同时确认 III -18页记载的最大可搬质量。



耐负荷

耐负荷是指水平使用时，在性能和功能上可顺畅使用的静态最大负荷。设定于SK…W中。

可搬质量

最大可搬质量

最大可搬质量是基于所用电机推力（扭矩）特性的值，是能够获得必要加速度或加速时间的质量参考标准。

滚珠丝杠驱动及同步带驱动时，是可实现以 3000min^{-1} 电机转速（TSLB为 900min^{-1} ）、0.2s加减速时间连续运行的最大质量。各型号的最大可搬质量请参照 III -18～III -21页。

设定于TE…B、TU、TSL…M、TSLH…M、TX…M、TC…EB、TM、TS·CT、TSLB、AT、AM、TZ中。

研究滚珠丝杠驱动及同步带驱动的最大可搬质量时，请同时确认 III -17页记载的最大装载质量。

如果是直线电机驱动，直线运动时的最大质量可获得0.5G加速度；旋转运动时的最大质量可获得0.5G外周加速度。

受所用电机的推力(扭矩)特性限制，装载质量越大，极限加速时间则越长。

适用于以直线电机驱动的类型(LT、NT…V、NT…H、NT…XZ、NT…XZH)和直接驱动的类型(SA…DE)，设有表示基准移动形式下加速度与可搬质量的关系的动态可搬质量。

表1.1 TE…B的最大可搬质量(¹)

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
TE50B	4	190	18
	8	47	9
TE60B	5	355	32
	10	88	15
	20	21	7
TE86B	10	178	32
	20	44	14

注(¹) II -8页 表2.1所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.2 TU的最大可搬质量(¹)

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	滑台的长度	最大可搬质量 kg	
			水平方向	垂直方向
TU 25	4	标准型	49	13
TU 30	5	标准型	29	10
TU 40	4	短型	333	41
		标准型	333	41
		加长型	332	41
	8	短型	83	19
		标准型	83	19
TU 50	5	加长型	82	19
		短型	206	31
		标准型	206	31
	10	加长型	206	31
		短型	51	14
		标准型	51	14
TU 60	5	加长型	51	14
		短型	583	60
		标准型	583	60
	10	加长型	583	59
		短型	145	29
		标准型	145	29
	20	加长型	144	28
		短型	36	13
		标准型	36	13
TU 86	10	加长型	35	12
		短型	224	100
		标准型	223	99
	20	加长型	223	98
		短型	41	40
		标准型	40	39
TU100	20	加长型	39	38
TU130	25	标准型	39	39
			69	26

注(¹) II -39页 表6.1所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.3 TSL…M的最大可搬质量⁽¹⁾

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
TSL 90 M	5	205	30
	10	50	14
TSL120 M	5	161	27
	10	38	12
TSL170 M	5	169	27
	10	40	12
TSL170 SM	5	477	55
	10	116	25
TSL220 M	5	462	50
	10	112	21

注⁽¹⁾ II -102页 表2所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.4 TSLH…M的最大可搬质量⁽¹⁾

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
TSLH120M	5	583	61
	10	143	28
TSLH220M	5	1000	120
	10	327	52
TSLH320M	5	1000	201
	10	542	79
TSLH420M	5	1000	171
	10	478	50

注⁽¹⁾ II -125页 表3所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.5 TX…M的最大可搬质量⁽¹⁾

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
TX120M	5	702	61
	10	174	28
TX220M	5	1000	121
	10	329	53
TX320M	5	570	149
	10	119	55
TX420M	5	1000	165
	10	480	48

注⁽¹⁾ II -151页 表3所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.6 TC…EB的最大可搬质量⁽¹⁾

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
TC50EB	4	190	18
	8	47	8
TC60EB	5	207	32
	10	51	15
TC86EB	10	177	31
	20	43	13

注⁽¹⁾ II -175页 表2所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

--

表1.7 TM的最大可搬质量⁽¹⁾

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
TM15	0.5	525	6
	1	393	7
	1.5	194	4.7
TM15G	0.5	525	6
	1	393	7
	1.5	194	4.7

注⁽¹⁾ II -197页 表10所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.8 TS的最大可搬质量⁽²⁾

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
TS 55/ 55 ⁽¹⁾	1	–	–
TS 75/ 75 ⁽¹⁾	1	–	–
TS125/125	1	1000	141
	2	1000	69
	5	196	26
TS125/220	2	1000	68
	5	190	24
TS220/220	2	1000	58
	5	188	18
TS220/310	2	1000	53
	5	172	13
TS260/350	2	1000	126
	5	595	37

注⁽¹⁾ 关于步进电机的最大可搬质量，请向IKO咨询。

⁽²⁾ II -208页 表2所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.9 CT的最大可搬质量⁽²⁾

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
CT 55/ 55 ⁽¹⁾	1	–	–
CT 75/ 75 ⁽¹⁾	1	–	–
CT125/125	1	1000	141
	2	1000	69
	5	192	26
CT220/220	2	1000	58
	5	175	18
CT260/350	2	1000	126
	5	576	38
CT350/350	2	1000	121
	5	558	32

注⁽¹⁾ 关于步进电机的最大可搬质量，请向IKO咨询。

⁽²⁾ II -208页 表2所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.10 TSLB的最大可搬质量⁽¹⁾

型号及大小尺寸	水平方向 最大可搬质量 kg
TSLB 90	8
TSLB120	6
TSLB170	3.5

注⁽¹⁾ II -232页 表2所示的各型号步进电机当中，安装牵出扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.11 AT的最大可搬质量⁽¹⁾

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
AT120	1	1000	243
AT200	1		201
AT300	2		93

注⁽¹⁾ II -319页 表1所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.12 AM的最大可搬质量⁽¹⁾

型号及大小尺寸	滚珠丝杠导程 mm	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
AM25	4	49	11
AM40	4	334	39
AM60	5	275	38
AM86	5	1000	124

注⁽¹⁾ II -340页 表1所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

表1.13 TZ的最大可搬质量⁽¹⁾

型号及大小尺寸	楔形减速比	最大可搬质量 kg	
		水平方向	垂直方向
TZ120X-2	1:2	83	1000
TZ120X-4	1:4	172	
TZ200H-2	1:2	86	
TZ200H-4	1:4	178	
TZ200X-2	1:2	86	
TZ200X-4	1:4	178	

注⁽¹⁾ II -354页 表1所示的各型号的AC伺服电机当中，安装额定扭矩最大的电机时的计算结果。

最高速度和分解能

最高速度

精密定位工作台的最高速度由下式定义。
滚珠丝杠驱动的类型受到因行程长度而异的滚珠丝杠容许转速的限制。同步带驱动时，电机的最高转速为900（min⁻¹）。详细内容请参照各型号的特性一节。
直线电机驱动的类型已确定最高速度，因此请参照各型号的特性一节。

滚珠丝杠驱动	$\text{最高速度(mm/s)} = \text{滚珠丝杠导程(mm)} \times \frac{\text{滚珠丝杠的容许转速}}{60}$
同步带驱动	$\text{最高速度(mm/s)} = \frac{\text{滑轮的节圆直径} \times \pi \text{ (mm)} \times \text{电机的最高转速(min}^{-1}\text{)}}{60}$ (滑轮的节圆直径 × π = 100mm)

如需求出实际定位时间，应根据加减速时间和行程长度等条件探讨运转模式。请参照运转模式的探讨一节。

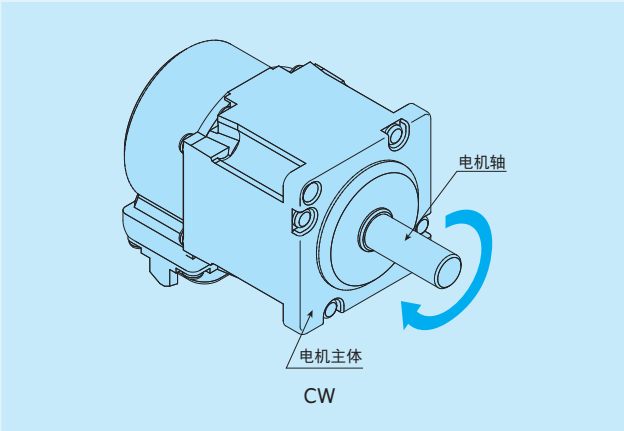
分解能

分解能是指精密定位工作台可达到的最小进给量，可通过下式求出。
直线电机驱动的类型决定了分解能，因此请参照各型号的特性一节。

滚珠丝杠驱动	$\text{分解能(mm/pulse)} = \frac{\text{滚珠丝杠导程(mm)}}{\text{电机旋转1圈的分度数(pulse)}}$
同步带驱动	$\text{分解能(mm/pulse)} = \frac{\text{滑轮的节圆直径} \times \pi \text{ (mm)}}{\text{电机旋转1圈的分度数(pulse)}}$ (滑轮的节圆直径 × π = 100mm)

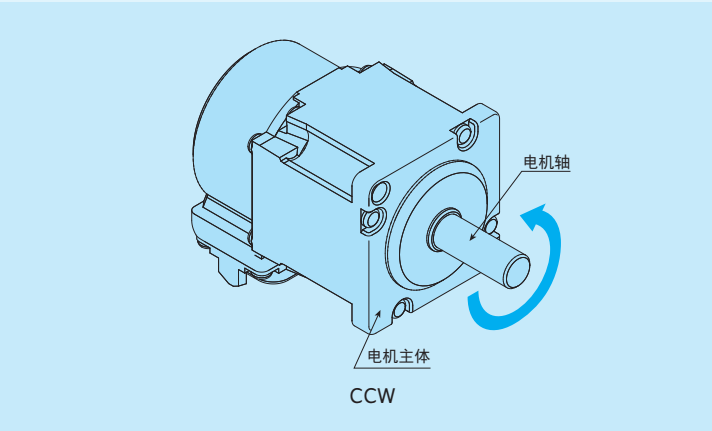
电机轴的旋转方向

电机轴(轴)的旋转方向定义如下图。
在电机安装减速器时，减速器输出轴的旋转方向可能和下图CW、CCW相反。



CW

电机轴的旋转方向CW(Clockwise Rotation)
在从电机轴侧观察电机主体的视角下，向右(顺时针方向)转动。



CCW

电机轴的旋转方向CCW(Counter Clockwise Rotation)
在从电机轴侧观察电机主体的视角下，向左(逆时针方向)转动。

运转模式的探讨

■计算定位时间

精密定位工作台实际移动时的定位时间可通过下式求出。
用于需要高精度定位的用途时，除恒速移动时间和加减速时间以外，还需考虑从指令脉冲输入完成到工作台在定位点完全停止为止的整定时间和机械装置的振动衰减时间等。

长距离定位

此处所说的长距离是指即使考虑加减速时间，仍有充分的恒速移动时间的距离。

$$t=\frac{L_1}{V_1}+\frac{t_a+t_b}{2}+t_d$$

式中 t ：定位时间 s
 t_a 、 t_b ：加减速时间 s
 t_c ：恒速移动时间 s
 t_d ：整定时间 s
 L_1 ：移动距离 mm
 V_1 ：移动速度(设定速度) mm/s

短距离定位

此处所说的短距离是指达到恒速移动前减速且无恒速移动时间的距离。

$$t=\frac{L_2}{V_2}+\frac{t_a+t_b}{2}+t_d$$

式中 t ：定位时间 s
 t_a 、 t_b ：加减速时间 s
 t_d ：整定时间 s
 L_2 ：移动距离 mm
 V_1 ：设定速度 mm/s
 V_2 ：移动速度 mm/s

■计算极限加速时间

精密定位工作台驱动时所需的扭矩(推力)在加速时最大。该加速所需的扭矩(推力)受电机的输出扭矩(直线电机的推力)限制。因此，水平使用工作台时的极限加速时间可通过下式求出。

滚珠丝杠驱动、同步带驱动时

●负载扭矩 T_L

$$T_L=T_0+\mu Wg\cdot\frac{\ell}{2\pi\eta}\text{ [N}\cdot\text{m]}\cdots\cdots\text{滚珠丝杠驱动}$$
$$T_L=T_0+(Wg\times\text{楔形减速比})\cdot\frac{\ell}{2\pi\eta}\text{ [N}\cdot\text{m]}\cdots\cdots\text{适用于TZ}$$
$$T_L=T_0+\mu Wg\cdot\frac{r}{\eta}\text{ [N}\cdot\text{m]}\cdots\cdots\text{同步带驱动}$$

●加速扭矩 T_a

$$T_a=(J_T+J_M+J_C+J_L)\cdot\frac{2\pi N}{60t_a}\text{ [N}\cdot\text{m]}$$
$$J_L=W\cdot\left(\frac{\ell}{2\pi}\right)^2\text{ [kg}\cdot\text{m}^2]\cdots\cdots\text{滚珠丝杠驱动}$$
$$J_L=W\cdot\left(\frac{\ell}{2\pi}\right)^2\times\text{楔形减速比}^2\text{ [kg}\cdot\text{m}^2]\cdots\cdots\text{适用于TZ}$$
$$J_L=W\cdot r^2\text{ [kg}\cdot\text{m}^2]\cdots\cdots\text{同步带驱动}$$

●加速所需的扭矩 T_P

$$T_P=T_L+T_a\text{ [N}\cdot\text{m]}\quad(T_P\times k<T_M)$$

●极限加速时间 t_a

$$t_a=(J_T+J_M+J_C+J_L)\cdot\frac{2\pi N}{60}\cdot\frac{k}{T_M-T_L}\text{ [s]}$$

[AT时]

●负载扭矩 T_L

$$T_L=T_0+\mu Wg\cdot\frac{\ell}{2\pi\eta}$$

●装载质量的惯量 J_L

$$J_L=W\cdot\left(\frac{\ell\cdot R_0}{2\pi L}\right)^2$$

●至旋转机构的距离 L

型号	ℓ [m]	L [m]
AT120A	0.001	0.100
AT200A	0.001	0.130
AT300A	0.002	0.186

T_0 ：起动扭矩 N·m
 μ ：滚动导向部的摩擦系数(0.01)
 W ：装载质量 kg
 ℓ ：滚珠丝杠导程 m
 r ：滑轮的节圆半径(0.0159m)
 η ：效率 0.9
 J_T ：工作台惯量 kg·m²
 J_M ：电机惯量 kg·m²
 J_C ：联轴器惯量
 J_L ：装载质量的惯量 kg·m²
 N ：电机转速 min⁻¹
 t_a ：加速时间 s
 g ：重力加速度(9.8m/s²)
 T_M ：电机的输出扭矩 N·m
·步进电机时，表示旋转数为N时的输出扭矩。
·AC伺服电机时，表示旋转数为N时的（瞬时）最大扭矩。
 k ：安全系数
(AC伺服电机：1.3)
(步进电机：1.5~2)
楔形减速比：1：2时 0.5
：1：4时 0.25
 R_0 ：工作台中心到装载物重心的距离 m
 L ：工作台中心到旋转机构的距离 m

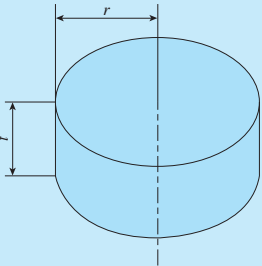
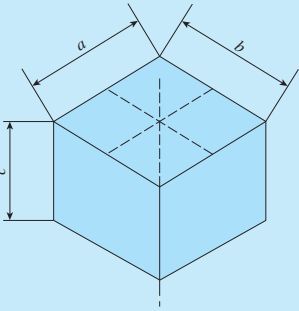
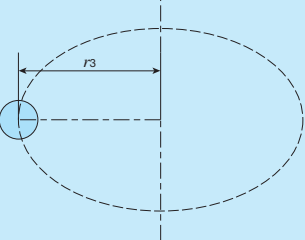
III-23

III-24

直线电机驱动时									
●加速产生的力 F_a $F_a=(W_L+W_T)\cdot\frac{V}{t_a}$ [N] ●加速所需的推力 F_P $F_P=F_a+F_L$ [N] ●极限加速时间 t_a $t_a=\frac{(W_L+W_T)\cdot V\cdot k}{F_M-F_L}$ [s] μ :滚动导向部的摩擦系数(0.01) W_T: 可动部质量 kg W_L: 装载质量 kg F_R: 行走阻力 N (LT170H: 40N) F_c: 电线布线阻力⁽¹⁾ N (LT系列: 约1.0N) (NT系列: 无) F_M: 直线电机的推力 N (移动速度V时的最大推力) t_a : 加速时间 s V : 移动速度 m/s g : 重力加速度 9.8m/s² k : 安全系数(1.3) 注⁽¹⁾ 电线布线阻力因电线的质量和布线方法而异。请使用假设的阻力值计算。	[LT…CE、LT…LD时] ●滚动导向部的摩擦阻力 F_t $F_t=\mu(W_L+W_T)g$ [N] F_t的最小值应为以下值。 LT100CE时 2.5N LT150CE时 5.0N LT130LD时 6.0N LT170LD时 6.0N ●行走阻力产生的力 F_L $F_L=F_t+F_c$ [N] [LT…H时] ●行走阻力 F_R LT170H: 40N ●速度系数 f_v<table><tr><th>移动速度 V [m/s]</th><th>LT170H</th></tr><tr><td>$fV\leq0.5$</td><td>1</td></tr><tr><td>$0.5<fV\leq1.0$</td><td>1.5</td></tr><tr><td>$1.0<fV\leq1.5$</td><td>2.25</td></tr></table> ●行走阻力产生的力 F_L $F_L=f_v\cdot F_R+F_c$ [N] [NT38V时] ●行走阻力产生的力 F_L $F_L=0.25N$ [NT55V、NT80V时] ●行走阻力产生的力 F_L $F_L=1.5N$ [NT80XZ时] ●行走阻力产生的力 F_L 水平轴: $F_L=1.5N$ 垂直轴: $F_L=0.5N$⁽²⁾ [NT90XZH时] ●行走阻力产生的力 F_L 水平轴: $F_L=2.0N$ 垂直轴: $F_L=2.0N$⁽²⁾ [NT88H时] ●行走阻力产生的力 F_L $F_L=0.5N$ 注⁽²⁾ 垂直轴时, 以使用了弹簧的平衡机构为例, 表示在行程范围中央附近, 从平衡的点移动±5mm时的阻抗值。在实际计算中, 阻抗值会根据弹簧的安装位置或行程量而异, 因此请通过实际机器确认。	移动速度 V [m/s]	LT170H	$fV\leq0.5$	1	$0.5<fV\leq1.0$	1.5	$1.0<fV\leq1.5$	2.25
移动速度 V [m/s]	LT170H								
$fV\leq0.5$	1								
$0.5<fV\leq1.0$	1.5								
$1.0<fV\leq1.5$	2.25								

直接驱动(SA…DE)时	
[SA…DE/X(Y)时] ●滚动导向部的摩擦阻力 F_t F_t的值如下所示。 SA65DE/X时 0.5N SA120DE/X时 3.0N SA200DE/X时 10.0N ●行走阻力产生的力 F_L $F_L=F_t+F_c$ [N] ●加速产生的力 F_a $F_a=(W_L+W_T)\cdot\frac{V}{t_a}$ [N] ●加速所需的推力 F_P $F_P=F_a+F_L$ [N] ●极限加速时间 t_a $t_a=\frac{(W_L+W_T)\cdot V\cdot k}{F_M-F_L}$ [s] [SA…DE/S时] ●滚动导向部的摩擦阻力 M_t M_t的值如下所示。 SA65DE/S时 0.03N·m SA120DE/S时 0.1N·m SA200DE/S时 0.3N·m ●旋转阻力产生的扭矩 M_L $M_L=M_t+M_c$ [N·m] ●加速产生的扭矩 M_a $M_a=(J_L+J_T)\cdot\frac{R}{t_a}$ [N·m] ●加速所需的扭矩 M_P $M_P=M_a+M_L$ [N·m] ●极限加速时间 t_a $t_a=\frac{(J_L+J_T)\cdot R\cdot k}{M_M-M_L}$ [s]	W_T: 可动部质量 kg W_L: 装载质量 kg F_c: 电线布线阻力⁽¹⁾ N F_M: 直线电机的推力 N (移动速度V时的最大推力) t_a : 加速时间 s V : 移动速度 m/s k : 安全系数(1.3) 注⁽¹⁾ 电线布线阻力因电线的质量和布线方法而异。请使用假设的阻力值计算。 J_L : 装载物转动惯量 kg·m² J_T : 可动部转动惯量 kg·m² M_c: 电线布线阻力⁽²⁾ N·m M_M: 校准工作台的扭矩 N·m t_a : 加速时间 s R : 移动速度 rad/s k : 安全系数(1.3) 注⁽²⁾ θ轴可动部无电线, 因此不对装载物进行布线时, 请将电线布线阻力设为0。 装载物转动惯量请参考以下计算公式求出。

转动惯量的计算

圆 柱	方柱	偏移旋转
		
$J_L=\frac{1}{2}\cdot\pi\cdot p\cdot l\cdot r^4$ $=\frac{1}{2}\cdot m\cdot r^2$	$J_L=\frac{1}{12}\cdot p\cdot a\cdot b\cdot c\cdot(a^2+b^2)$ $=\frac{1}{12}\cdot m\cdot(a^2+b^2)$	$J_L'=J_L+m\cdot r_3^2$ J_L': 自旋转中心的转动惯量 J_L: 以重心为中心旋转时的转动惯量

实际扭矩、实际推力的计算

精密定位工作台驱动时，由于加减速时需要大扭矩(推力)，因此使用AC伺服电机与使用直线电机驱动时，根据运行模式的运行率，实际扭矩(实际推力)有时会大于电机的额定扭矩(额定推力)。如果在该状态下继续运行，则可能导致电机过热、烧结，因此请确认实际扭矩(实际推力)是否小于电机的额定扭矩(额定推力)。工作台的运行模式产生的实际扭矩(实际推力)通过下式求出。

如果电机的额定扭矩(额定推力)大于实际扭矩(实际推力)，则可在该运行模式下持续运行。

使用AC伺服电机时

●实际扭矩 T_{rms}

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{T_P^2 \times t_a + (T_P - 2 \times T_L)^2 \times t_a + T_L^2 \times t_c}{t}} \quad [N \cdot m]$$

直线电机驱动时

●实际推力 F_{rms}

$$F_{rms} = \sqrt{\frac{F_P^2 \times t_a + (F_P - 2 \times F_L)^2 \times t_a + F_L^2 \times t_c}{t}} \quad [N]$$

直接驱动(SA…DE)时

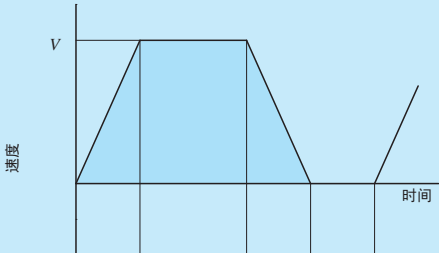
●实际推力(适用于SA…DE/X(Y)) F_{rms}

$$F_{rms} = \sqrt{\frac{F_P^2 \times t_a + (F_P - 2 \times F_L)^2 \times t_a + F_L^2 \times t_c}{t}} \quad [N]$$

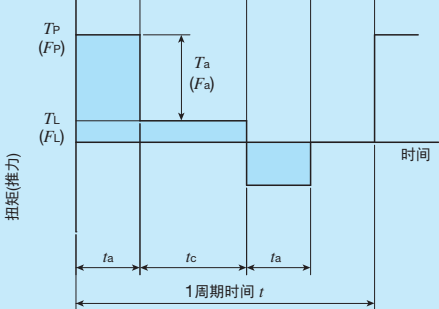
●实际扭矩(SA…适用于DE/S) M_{rms}

$$M_{rms} = \sqrt{\frac{M_P^2 \times t_a + (M_P - 2 \times M_L)^2 \times t_a + M_L^2 \times t_c}{t}} \quad [N \cdot m]$$

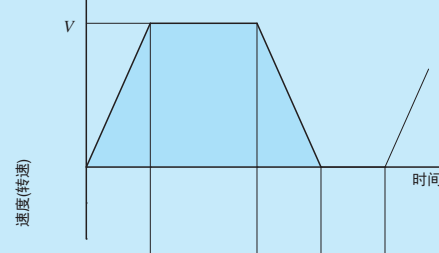
速度



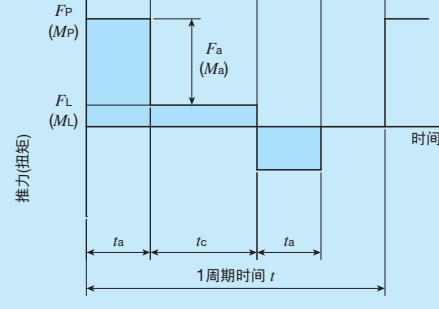
扭矩(推力)



速度(转速)



推力(扭矩)



运转模式的探讨示例

使用AC伺服电机时

●使用条件

安装方向	水平使用
装载质量	30kg
行程长度	300mm
移动速度(设定速度)	300mm/s
加减速时间	0.2s
恒速移动时间	0.8s
1个周期时间	2.0s

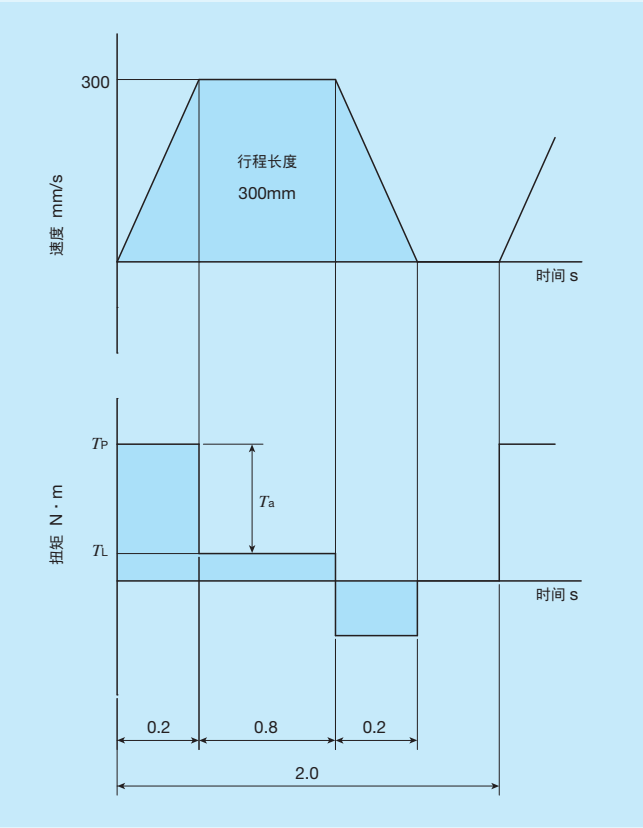
●计算加速所需的扭矩

· 负载扭矩 T_L

$$T_L = T_0 + \mu W g \cdot \frac{\ell}{2\pi\eta}$$
$$= 0.08 + 0.01 \times 30 \times 9.8 \times \frac{0.01}{2 \times \pi \times 0.9}$$
$$\approx 0.09N \cdot m$$

· 加速.扭矩 T_a

$$J_L = W \cdot \left(\frac{\ell}{2\pi}\right)^2$$
$$= 30 \times \left(\frac{0.01}{2 \times \pi}\right)^2 \approx 7.60 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$$
$$N = V \times \frac{60}{\ell} = 0.3 \times \frac{60}{0.01} = 1800 min^{-1}$$
$$T_a = (J_T + J_M + J_C + J_L) \cdot \frac{2\pi N}{60 t_a}$$
$$= (0.93 + 0.380 + 0.290 + 7.60) \times 10^{-5} \times \frac{2 \times \pi \times 1800}{60 \times 0.2}$$
$$\approx 0.09N \cdot m$$



· 加速所需的扭矩 T_P

$$T_P = T_L + T_a = 0.09 + 0.09 = 0.18N \cdot m$$

在此应确认 $T_P \times k$ (安全系数) 是否小于电机的输出扭矩 T_M 。
超过该值时，请重新探讨最高速度和加减速时间。
如下所示，正在探讨的运行模式加速所需的扭矩小于输出扭矩 T_M 。

$$T_M = 0.318 \times 3 \approx 0.95N \cdot m$$
$$T_P \times k = 0.18 \times 1.3 = 0.23N \cdot m < T_M$$

●探讨实际扭矩

· 实际扭矩 T_{rms}

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{T_P^2 \times t_a + (T_P - 2 \times T_L)^2 \times t_a + T_L^2 \times t_c}{t}}$$
$$= \sqrt{\frac{0.23^2 \times 0.2 + (0.23 - 2 \times 0.09)^2 \times 0.2 + 0.09^2 \times 0.8}{2.0}}$$
$$\approx 0.09N \cdot m$$

由于电机的额定扭矩大于实际扭矩 T_{rms} ，因此可判断能在探讨的运行模式下连续使用。

●预选定位工作台

预选 TU60S49/AT103G10S03。

基本规格

滚珠丝杠导程	ℓ	10mm
行程长度		300mm
最高速度		500mm/s
起动扭矩	T_0	0.08N·m
工作台惯量	J_T	$0.93 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$
联轴器惯量	J_C	$0.290 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$

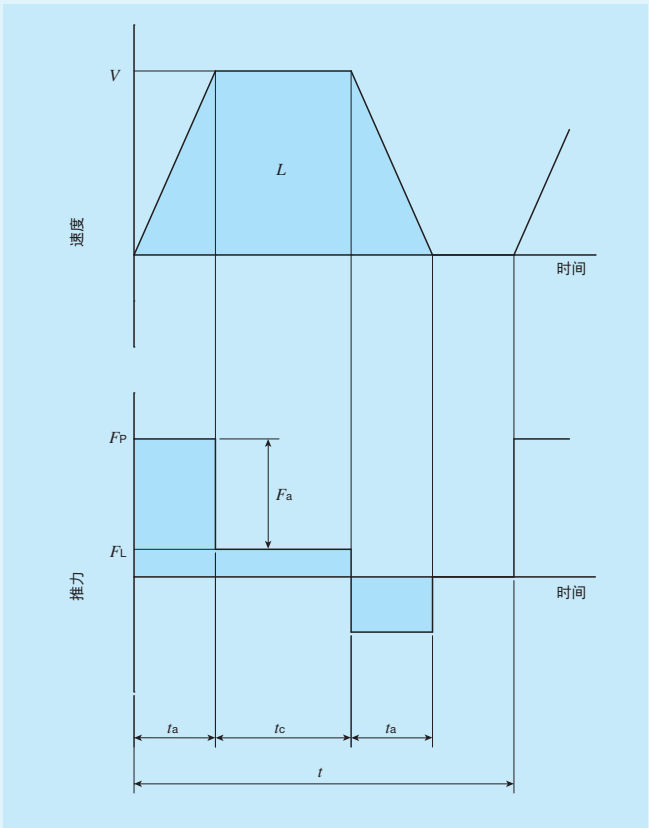
●电机的规格

使用的AC伺服电机	SGMAV-01A	
额定扭矩	0.318N·m	
电机惯量	J_M	$0.380 \times 10^{-5} \text{kg} \cdot \text{m}^2$

直线电机驱动时

根据直线电机工作台的运行率，实际推力可能会大于额定推力、因电机过热或烧结而导致故障或受伤。运行前请务必确认实际推力在额定推力以下。

以下为使用LT170HS时的运行模式的探讨示例。通过Ⅱ-302页的动态可搬质量的图形，考虑装载质量和加速度后，暂定为以下运行模式。



设定项目			LT170HS(自冷)
工作台规格	型号		
	可动部质量	W _T	4.0kg 参照Ⅱ-314页
	移动速度V时的最大推力	F _M	约550N 参照Ⅱ-302页
	行走阻力	F _R	极限加速时间的计算项目 参照【LT…H时】
装载质量		W _L	30kg
移动距离		L	1.2m
移动速度(设定速度)		V	1.5m/s
时间	t _a		0.3s
	t _c		0.5s
	t		2.5s
电线布线阻力		F _c	1.0N 为假设值
安全系数		k	1.3
环境温度			30℃

STEP1 计算加速所需的推力

①行走阻力产生的力 F_L

$$F_L=f_V\times F_R+F_c=2.25\times 40+1=91\text{N}$$

②加速产生的力 F_a

$$\begin{aligned}F_a &= (W_L+W_T)\cdot\frac{V}{t_a}\\&= (30+4.0)\times\frac{1.5}{0.3}=170\text{N}\end{aligned}$$

③加速所需的推力 F_P

$$\begin{aligned}F_P &= F_a+F_L\\&= 170+91=261\text{N}\end{aligned}$$

在此请确认 $F_P\times k$ (安全系数)是否在Ⅱ-302页中的推力特性曲线以下。超过该值时，请重新探讨运转模式的最高速度和加减速时间等。如下所示，在示例中的模式下，安全系数在推力特性曲线以下。
1.5m/s时的最大推力 F_M =约550N
 $F_P\times k=261\times 1.3=339.3\text{N}<F_M$

STEP2 探讨实际推力

·实际推力 F_{rms}可通过下式求出。

$$\begin{aligned}F_{rms} &= \sqrt{\frac{F_P^2\times t_a+(F_P-2\times F_L)^2\times t_a+F_L^2\times t_c}{t}}\\&= \sqrt{\frac{261^2\times 0.3+(261-2\times 91)^2\times 0.3+91^2\times 0.5}{2.5}}\\&\approx 103\text{N}\end{aligned}$$

在此请确认 F_{rms} 是否在额定推力以下。超过额定推力时，请重新探讨运行模式的最高速度和加减速时间等。(LT…H的推力特性因环境温度而变化，请参照额定推力特性图。)

在示例模式下，环境温度为30℃时的额定推力约为117N，103N<117N(额定推力)，因此可判断为能连续运行。

校准工作台SA时

根据校准工作台SA的运行率，实际推力可能会大于额定推力(或实际扭矩大于额定扭矩)，因电机过热或烧结而导致故障或受伤。运行前请务必确认实际推力是否在额定推力以下(或实际扭矩在额定扭矩以下)。

以下为使用校准工作台SA120DE / XYS时的运行模式的探讨示例。考虑到极限加速时间，暂定为以下运行模式。

设定项目			SA120DE/XY5
工作台的型号		W _L	5.0kg
装载物转动惯量		J _L	1.0×10 ⁻² kg·m ²
X轴运行模式	可动部质量	W _T	5.9kg
	设定行程	L	0.01m
	最高速度	V	0.1m/s
	加减速时间	t _a	0.05s
	等速移动时间	t _c	0.05s
	周期时间	t	0.4s
Y轴运行模式	电线布线阻力	F _c	1.0N
	可动部质量	W _T	3.4kg
	设定行程	L	0.01m
	最高速度	V	0.1m/s
	加减速时间	t _a	0.05s
	等速移动时间	t _c	0.05s
θ轴运行模式	周期时间	t	0.4s
	电线布线阻力	F _c	1.0N
	可动部转动惯量	J _T	2.0×10 ⁻³ kg·m ²
	设定的动作角度	L	0.1πrad
			18°
	最高速度	R	πrad/s
θ轴运行模式	加减速时间	t _a	0.05s
	等速移动时间	t _c	0.05s
	周期时间	t	0.4s
	电线布线阻力	M _c	0.0N·m
安全系数		k	1.3

STEP1 计算X轴加速所需的推力

①行走阻力产生的力 F_L

$$F_L=F_t+F_c=3.0+1.0=4.0\text{N}$$

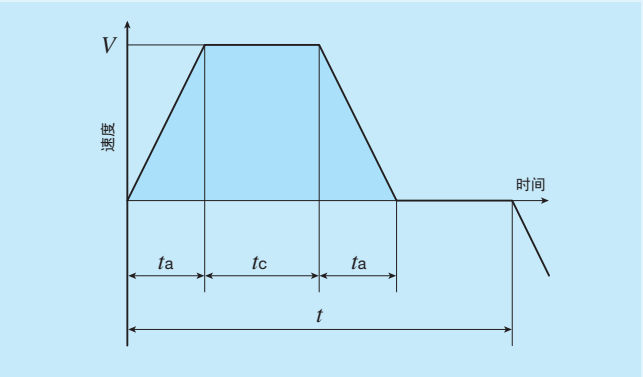
②加速产生的力 F_a

$$\begin{aligned}F_a &= (W_L+W_T)\cdot\frac{V}{t_a}\\&= (5.0+5.9)\times\frac{0.1}{0.05}=21.8\text{N}\end{aligned}$$

③加速所需的推力 F_P

$$\begin{aligned}F_P &= F_a+F_L\\&= 21.8+4.0=25.8\text{N}\end{aligned}$$

在此请确认 $F_P\times k$ (安全系数)是否在Ⅱ-276页中的最大推力以下。超过该值时，请重新探讨运转模式的最高速度和加减速时间等。如下所示，在示例中的模式下，安全系数在最大推力以下。
SA120DE/X的最大推力 F_M =70N
 $F_P\times k=25.8\times 1.3=33.54\text{N}<F_M$



STEP2 探讨实际推力

·实际推力 F_{rms}可通过下式求出。

$$\begin{aligned}F_{rms} &= \sqrt{\frac{F_P^2\times t_a+(F_P-2\times F_L)^2\times t_a+F_L^2\times t_c}{t}}\\&= \sqrt{\frac{25.8^2\times 0.05+(25.8-2\times 4.0)^2\times 0.05+4.0^2\times 0.05}{0.4}}\\&\approx 11.17\text{N}\end{aligned}$$

在此请确认 F_{rms} 是否在额定推力以下。超过额定推力时，请重新探讨运行模式的最高速度和加减速时间等。可判断出在示例模式下可连续运行。