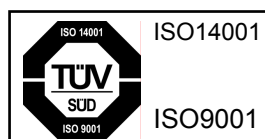
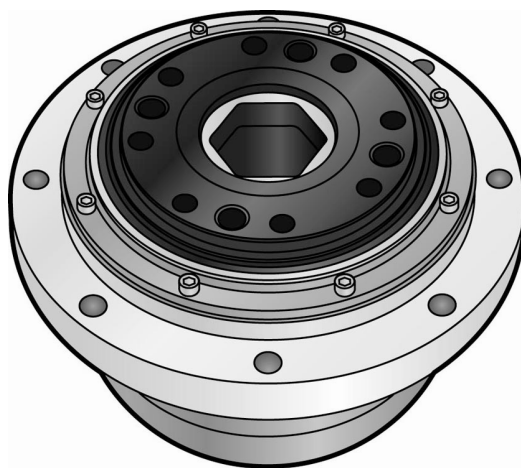


Harmonic Drive

AC 伺服执行元件

F H A - C 系列 技 术 资 料



前言

非常感谢您购买 AC 伺服执行元件 FHA-C 系列产品。

本产品操作错误及使用不当可能会导致意外事故，还将缩短产品的使用寿命。为了能够长期安全使用本产品，使用之前请仔细阅读本说明书。

本公司保留在不通知的情况下更改本说明书记载内容的权利。

请妥善保管本说明书。

请务必将本说明书交付到最终用户手中。

安全使用注意事项

为确保安全、正确使用本产品，使用之前，请务必仔细阅读“安全使用注意事项”及正文，并充分理解其中内容。

标识说明

此处标注的注意事项是表示与安全相关的重要内容。请务必切实遵守。

 警告	表示操作错误可能会导致人员死亡或负重伤。
 注意	表示操作错误可能会导致人员受伤及财产损失。
 注意	表示为防止产品不能正常工作、误动作或严重影响其性能、功能，应采取或避免的事项。

用途限制

本产品不能用于以下用途。

· 航天设备	· 航空器设备	· 核设备	· 家庭设备、器具
· 真空设备	· 汽车设备	· 游戏设施	· 直接作用于人体的设备
· 以运送人为目的的设备		· 特殊环境用设备	

用于上述用途时，请预先咨询本公司。

 注意	将本产品用于与人的生命相关的设备及可能会产生重大损失的设备时，请安装即使因破坏而导致输出不能控制，也不会出现事故的安全装置。
---	--

安全注意事项

执行元件使用注意事项

- **设计时的注意事项** 设计时，请务必阅读本技术资料。



请在规定环境下使用。

执行元件是针对室内使用而设计的，请遵守以下条件。

- 环境温度：0~40℃
- 环境湿度：20~80%RH（无结露）
- 振动：24.5m/s² 以下
- 不溅到水、油等
- 无腐蚀性、爆炸性气体

请使用规定的方法进行安装。

- 请按照技术资料要求准确地进行执行元件轴和被动机械定心。
- 中心偏移可能会导致振动及输出轴损坏。

- **使用时的注意事项** 运行时，请务必阅读本技术资料。



请不要超出容许转矩。

- 施加转矩请不要超出最大转矩。
- 机械臂等直接附着到输出轴时，碰撞机械臂会导致输出轴不能控制。

请不要直接插到插座上。

- 如果不连接专用驱动器，执行元件不能运转。
- 请坚决避免直接将其连接到商用电源。否则，执行元件会损坏，导致火灾。

请不要敲打执行元件。

- 执行元件直接连接编码器，请不要敲打。
- 编码器损坏会导致执行元件失控。

请不要用力拉扯导线。

- 用力拉扯导线会导致连接部损坏，执行元件失控。

驱动器使用注意事项

- 设计时的注意事项 设计时，请务必阅读本技术资料。



请在规定环境下使用。

驱动器会发热。请充分重视散热，在以下条件使用。

- 安装方向为垂直，留出足够空间
- 0~50℃、95%RH 以下（无结露）
- 无振动、冲击
- 无尘埃、腐蚀性、爆炸性气体

请切实实施防干扰、接地处理。

信号线产生干扰容易产生振动及运行不良。请遵守以下条件。

- 将强弱电线隔开。
- 请尽量弄短配线的长度。
- 安装执行元件、驱动器时，请按 3 级以上标准进行 1 点接地。
- 请不要在电动机电路中使用电源输入用过滤器。

充分留意从负载侧旋转的运转。

- 执行元件在从负载侧旋转的同时进行运转时，驱动器可能会损坏。
- 用于以上情况时，请向本公司咨询。

请使用变频器用漏电制动器。

使用漏电制动器时，请使用变频器专用产品。不能使用延时型产品。

- 使用时的注意事项 运行时，请务必阅读本技术资料。



通电状态下，请勿更改配线。

配线拆装、连接器插拔等操作，请务必先切断电源再行实施。否则，会有触电及失控的危险。

电源断开后 5 分钟以内，请不要触碰端子部。

- 切断电源后，内部仍带电。为防止触电，请在电源断开 5 分钟后再行实施检查作业。
- 安装时，请采取相应措施确保不会轻易触碰到内部的电气元件。



请勿实施耐电压试验。

- 请勿实施绝缘电阻测试及耐压试验。否则会破坏驱动器的控制电路。
- 用于以上试验时，请向本公司咨询。

不能利用电源的 ON/OFF 操作来执行运转。

- 频繁接通/断开电源会导致内部电路元件老化。
- 请利用指令信号来执行元件的运转/停止操作。

关于报废 执行元件及驱动器的报废



请按工业废弃物标准进行处理。

报废时，请尽量对其进行拆解，对于有材料标识的部件应按标识进行分类，按工业废弃物标准进行处理。

目录

安全使用注意事项.....	1
标识说明	1
用途限制	1
安全注意事项.....	2
目录	5
相关技术资料.....	7

第 1 章 FHA-C 系列的概要

1-1 主要特征	1-1
1-2 型号	1-2
1-3 与驱动器的组合	1-3
1-4 规格	1-4
相对位置规格.....	1-4
1-5 外形尺寸	1-5
相对位置规格.....	1-5
1-6 机械精度	1-7
1-7 单方向定位精度	1-8
1-8 输出轴分辨率	1-9
1-9 刚性.....	1-10
转动刚性.....	1-10
旋转方向扭转刚性	1-11
1-10 旋转方向.....	1-12
1-11 抗冲击.....	1-13
1-12 耐振动.....	1-14
1-13 可用区间	1-15
1-14 接线规格	1-18
电动机导线规格	1-18
相对位置规格编码器导线.....	1-18

第 2 章 FHA-C 系列的选型

2-1 容许负载转动惯量.....	2-1
2-2 负载转动惯量的变化	2-2
2-3 负载载荷的确认和研究.....	2-3

最大负载载荷.....	2-4
使用寿命确认.....	2-4
静态安全系数确认	2-6
2-4 运转状况研究.....	2-7
使用转速研究.....	2-7
负载转动惯量的计算和研究.....	2-7
负载转矩计算.....	2-8
加速时间・减速时间.....	2-9
负载研究.....	2-10
有效转矩、平均转速研究.....	2-13

第3章 执行元件的安装

3-1 开箱检查	3-1
确认步骤.....	3-1
3-2 使用注意事项.....	3-3
3-3 安装场所和安装工程	3-4
安装场所的环境条件.....	3-4
安装作业.....	3-5

第4章 选购配件

4-1 电动机轴保持制动（选购配件符号：B）	4-1
电动机轴保持制动规格（相对位置编码器时）	4-1
电动机轴保持制动接线规格.....	4-2
4-2 带连接器（选购配件符号：C）	4-3
4-3 电缆线长度 5m（选购配件符号：F5）	4-4
4-4 电缆线后方引出（选购配件符号：K）	4-5
4-5 旋转传感器（原点 & 终端限位）（选购配件符号：L）	4-6
旋转传感器规格.....	4-6
传感器调节方法.....	4-7
传感器驱动范围.....	4-8
4-6 中继电缆线	4-9

附录

附录-1 单位换算	5-1
附录-2 转动惯量计算.....	5-3
质量・转动惯量计算式	5-3
圆柱的转动惯量	5-5

相关技术资料

相关技术资料见下表。请根据需要进行确认。

资料名称	内容
AC 伺服驱动器 HA-800 系列 技术资料	介绍 HA-800 系列的规格、特性。

第1章

FHA-C 系列的概要

本章主要介绍执行元件的特征、功能和规格的相关内容。

1-1 主要特征	1-1
1-2 型号	1-2
1-3 与驱动器的组合	1-3
1-4 规格	1-4
1-5 外形尺寸	1-5
1-6 机械精度	1-7
1-7 单方向定位精度	1-8
1-8 输出轴分辨率	1-9
1-9 刚性	1-10
1-10 旋转方向	1-12
1-11 抗冲击	1-13
1-12 耐振动	1-14
1-13 可用区间	1-15
1-14 接线规格	1-18

1-1 主要特征

FHA-C 系列是具备高转矩，提供精密旋转动作的 AC 伺服执行元件。是将 17 至 40 型号的超薄型・精密控制用减速装置谐波驱动[®]和超扁平 AC 伺服电动机融合成一体而制成的 AC 伺服执行元件。

特征之一是薄型形状。机身长度缩短到传统产品的 1/2 以下。特征之二是中空结构。执行元件中央的贯通孔内可穿过配线、配管、激光等，可向机械、设备的运转部提供能源或收发信号。

HA-800 驱动器是作为 HA-655 驱动器的后继机型而研发的，用于位置・速度・转矩控制的伺服驱动装置。小巧、多功能型驱动器能够准确、精密控制 FHA-C 系列的动作。此外，HA-800 驱动器支持开放式现场网络，系统构建简单。

FHA-C 系列可用于机器人关节驱动、半导体、液晶面板制造设备的定位机构、机床 ATC 驱动、印刷相关机械的辊驱动、以及其它各种 FA 设备。

◆ 超薄型形状

研发并将超薄型・精密控制用减速装置谐波驱动[®]和超扁平 AC 伺服电动机融合成一体。从安装法兰表面到执行元件端部的长度缩短到本公司传统产品的 1/2 以下，全长也缩短约 30%。该薄度使得执行驱动的机械装置规模大幅减小。

◆ 中空结构

执行元件中央的贯通孔内可穿过配线、配管、激光等，可向机械、设备的运转部提供能源或收发信号。该特征可简化机械装置的结构。

◆ 高转矩

由于组合了超薄型・精密控制用减速装置谐波驱动[®]，因此，与使用电动机直接驱动的方式相比，相对外形尺寸的输出转矩非常大，FHA-C 系列与传统产品相比，最大转矩进一步得以提升。

◆ 高定位精度

相对位置规格时的输出轴分辨率为 1,600,000/rev (FHA-xxC-160)，单向定位精度为 40 秒 (FHA-17C-160)、30 秒 (FHA-25C/32C/40C-160)，属于超高精度。

◆ 高扭转刚性

与本公司传统产品相比，扭转刚性提升 30~100%。从而可以缩短定位时间，降低旋转过程中的振动。

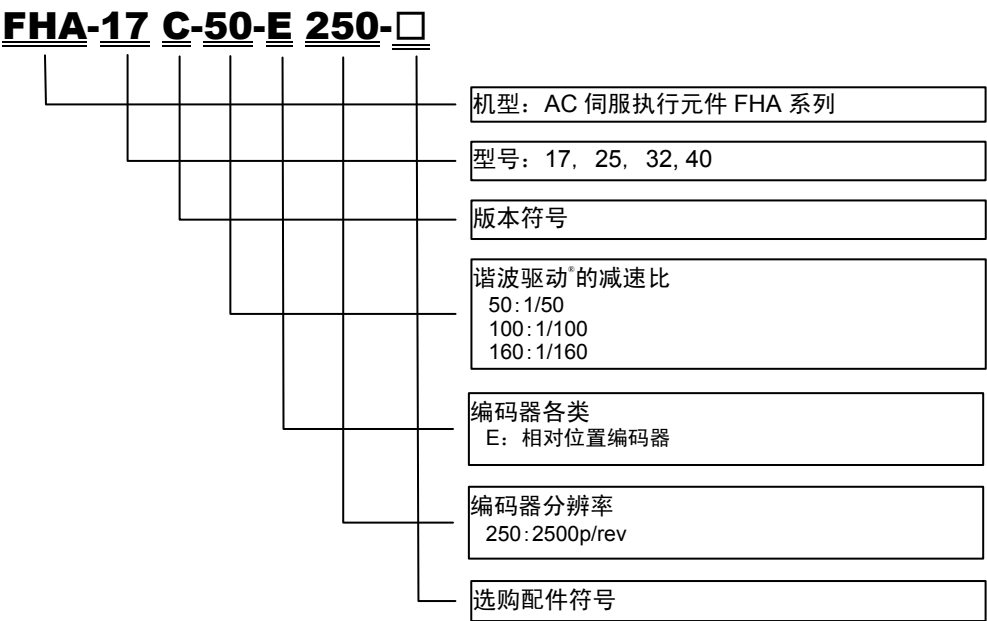
◆ 相对位置编码器

FHA-C 系列执行元件的编码器一般采用相对位置（增量式），节省编码器配线，因此，配线操作比较容易，具有较高的可靠性。

1-2

型号

FHA-C 系列执行元件的型号和符号的读法如下。



选购配件符号的详情

选购配件规格	选购配件详情	符号	选购配件规格	选购配件详情	符号
电源电压：100V	可适用于 FHA-17C, -25C, -32C	A	延长电缆线	将电动机和编码器线的长度更改成 5m	F5
电动机轴制动	保持用	B	电缆线引出方向	背面引出	K
带连接器	电动机用、编码器用 (IP-20) (IP-40)	C	旋转传感器	原点及终端限位传感器	L
			保护结构	IP-67 (需技术咨询)	W

注：将 2 种以上的选购配件组合使用时，请咨询本公司营业所。

1-3 与驱动器的组合

FHA-C 执行元件和 HA-800 驱动器电源电压、与编码器规格相符的组合如下所示。

电压	相对位置规格			
	FHA-17C-xx-E250	FHA-25C-xx-E250	FHA-32C-xx-E250	FHA-40C-xx-E250
200V	HA-800*-3C-200	HA-800*-3C-200	HA-800*-6C-200	HA-800*-6C-200
100V	HA-800*-3C-100	HA-800*-6C-100	HA-800*-6C-100	—

* HA-800A: I/O 指令型、HA-800B: 支持 MECHATROLINK 型、HA-800C: 支持 CC-Link 型

关于组合驱动器的详情，请参考 HA-800 驱动器的技术资料。

1-4 规格

1

概要

表示 FHA-C 系列执行元件的规格。
表中的“200V”表示 200V 规格（标准），“100V”表示 100V 规格（选购配件）。

相对位置规格

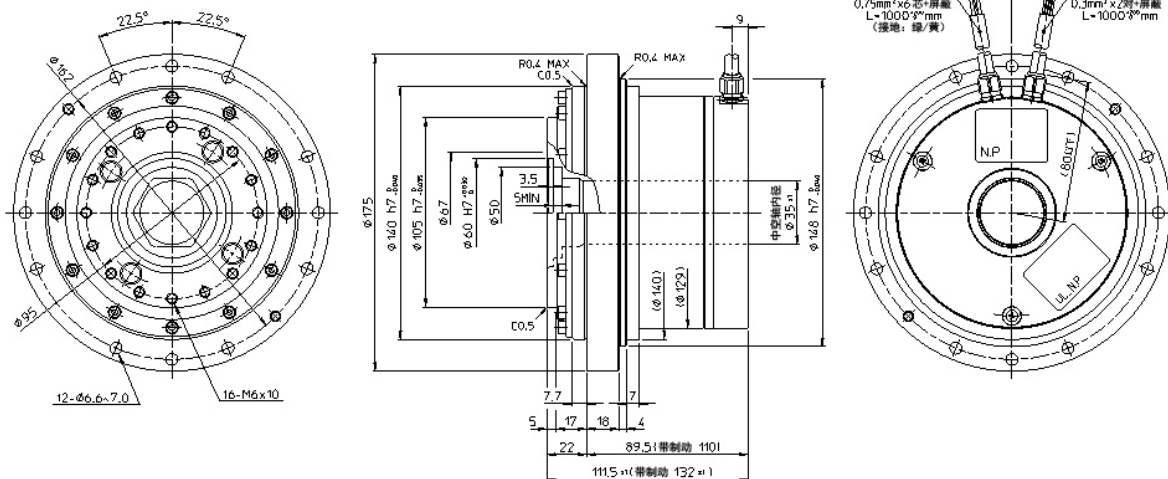
型号 项目		FHA-17C-xx-E250			FHA-25C-xx-E250			FHA-32C-xx-E250			FHA-40C-xx-E250			
		50	100	160	50	100	160	50	100	160	50	100	160	
最大转矩		N·m	39	57	64	150	230	260	281	398	453	500	690	820
		kgf·m	4.0	5.8	6.5	15.3	23.5	26.5	28.7	40.6	46.2	51.0	70.4	83.7
最高转速		r/min	96	48	30	90	45	28	80	40	25	70	35	22
扭矩 常数	200V	N·m/A	21	42	67	22	45	72	27	54	86	31	64	102
		kgf·m/A	2.1	4.3	6.8	2.3	4.6	7.3	2.8	5.5	8.8	3.2	6.5	10.4
	100V	N·m/A	11	21	33	11	22	36	13	27	43	—	—	—
		kgf·m/A	1.1	2.2	3.4	1.2	2.3	3.7	1.4	2.8	4.4	—	—	—
最大电流 注 2	200V	A	2.1	1.6	1.1	7.3	5.6	4.0	11.4	8.0	5.9	17.3	11.8	9.0
	100V	A	4.2	3.2	2.2	15	11	8.0	23	16	12	—	—	—
感应电压 常数	200V	V/(r/min)	2.3	4.7	7.5	2.5	5.1	8.1	3.0	5.9	9.5	3.6	7.2	11.4
	100V	V/(r/min)	1.2	2.4	3.8	1.3	2.6	4.1	1.5	3.0	4.8	—	—	—
电阻	200V	Ω(20℃)	7.9			2.6			1.0			0.73		
	100V	Ω(20℃)	2.0			0.65			0.25			—		
相电感	200V	mH	6.0			2.6			1.3			1.5		
	100V	mH	1.5			0.65			0.33			—		
转动惯量	(GD ² /4)	kg·m ²	0.17	0.67	1.7	0.81	3.2	8.3	1.8	7.1	18.1	4.9	19.5	50
	(J)	kgf·cm·s ²	1.7	6.9	17	8.3	33	85	18	72	185	50	200	510
减速比			1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160
容许径向负载	kN	2.9			4.9			9.5			14.7			
	kgf	300			500			970			1500			
容许轴向负载	kN	9.8			14.7			24.5			39.2			
	kgf	1000			1500			2500			4000			
容许静力矩	N·m	188			370			530			690			
	kgf·m	19			38			54			70			
转动刚性	N·m/rad	220×10 ³			490×10 ³			790×10 ³			1400×10 ³			
	kgf·m/ arc min	22×10 ³			50×10 ³			80×10 ³			140×10 ³			
单方向定位精度	秒	60	40	40	40	30	30	40	30	30	40	30	30	
电动机位置检测器		2500 脉冲/转												
输出轴分辨率 (4 倍频时)	脉冲/转	500,000	1,000,000	1,600,000	500,000	1,000,000	1,600,000	500,000	1,000,000	1,600,000	500,000	1,000,000	1,600,000	
质量	kg	2.5			4.0			6.5			12			
保护结构		全闭自冷型(IP44)												
周围环境条件		使用温度：0～40℃/保存温度：-20～60℃ 使用湿度/保存湿度：20～80%RH（无结露） 耐振动：24.5m/s ² （频率：10～400Hz）/抗冲击：294 m/s ² 无粉尘、金属粉、腐蚀性气体、易燃性气体、油雾等 室内使用、避免阳光直射 海拔 1000m 以下												
电动机绝缘		绝缘电阻：100MΩ 以上(DC500V) 绝缘耐压：AC1500V/1min 绝缘等级：F 类												
安装方向		可全方向安装												

注 1：上表中的数值表示输出轴的代表值。
注 2：与 HA-800 驱动器组合时的数值。
注 3：输出轴分辨率为（电动机轴编码器 4 倍频时分辨率）×（减速比）的值。

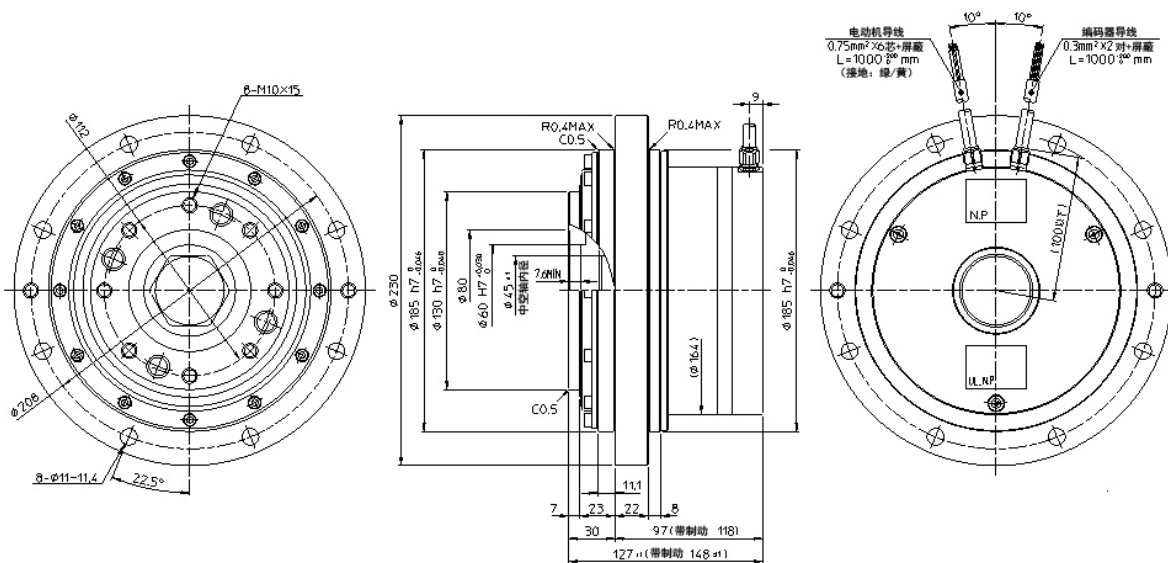
单位: mm (第3角法)

概要

● FHA-32C-xx-E250



● FHA-40C-xx-E250



注 1: 外形尺寸的详细情况, 请根据本公司发行的交货规格图进行确认。

1-6 机械精度

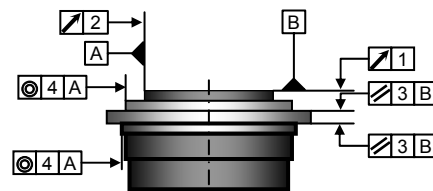
FHA-C 系列执行元件的输出轴及安装法兰的机械精度如下。

机械精度

单位: mm

精度项目	FHA-17C	FHA-25C	FHA-32C	FHA-40C
1. 输出轴面偏差	0.010	0.012	0.012	0.014
2. 输出轴偏摆	0.010	0.012	0.012	0.014
3. 输出轴和安装面之间的平行度	0.040	0.050	0.050	0.060
4. 输出轴和安装嵌合部之间的同轴度	0.040	0.050	0.050	0.060

注) T.I.R. (Total Indicator Reading) 中的值



下面介绍测定方法。

1 输出轴面偏差

使用安装在固定部的指示器测定旋转一次输出旋转部时输出轴最外周的轴向偏差 (最大振幅)。

2 输出轴偏摆

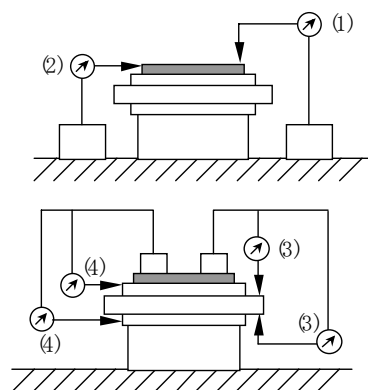
使用安装在固定部的指示器测定旋转一次输出旋转部时输出轴的径向偏差 (最大振幅)。

3 输出轴和安装面之间的平行度

使用安装在输出旋转部的指示器测定旋转一次输出旋转部时安装面最外周 (输出轴侧及反输出轴侧) 的轴向偏差 (最大振幅)。

4 输出轴和安装嵌合部之间的同轴度

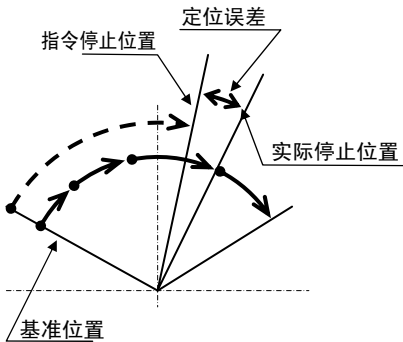
使用安装在输出旋转部的指示器测定旋转一次输出旋转部时安装嵌合部 (输出轴侧及反输出轴侧) 的径向偏差 (最大振幅)。



1-7 单方向定位精度

“单方向定位精度”是指在固定的旋转方向上不断进行定位，在各个位置计算相对基准位置的实际旋转角度和应旋转角度之差，显示上述数值在 1 次旋转中的最大值。（JIS B 6201-1987）

FHA-C 系列内部组装有精密控制用减速机谐波驱动[®]，因此，电动机轴的定位误差根据减速机的不同，会被压缩到 1/50、1/100 或 1/160，实际上减速机的角度传递误差决定单方向定位精度。因此，将减速机的角度传递误差的测量值表述为 FHA-C 系列的单方向定位精度。



下面的表格表示各型号的“单方向定位精度”。

项目 \ 型号		FHA-17C			FHA-25C			FHA-32C			FHA-40C		
		1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160
单方向定位精度	秒	60	40	40	40	30	30	40	30	30	40	30	30

1-8

输出轴分辨率

FHA-C 系列执行元件的电动机，相对定位规格时搭载每转 2500 脉冲的编码器，而且，该编码器信号通过电气方式进行 4 倍频处理。还有，由于通过精密控制用减速机谐波驱动[®]将电动机的输出轴减速到 1/50、1/100 或 1/160，因此，输出轴每次旋转的分辨率会进行 50 倍、100 倍或 160 倍处理。

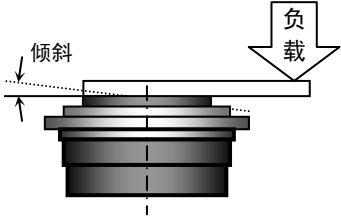
综合以上因素，得出下表所示的分辨率。

编码器规格		相对位置		
编码器分辨率		2,500 (10,000: 4 倍频时)		
减速比		1:50	1:100	1:160
输出轴分辨率	脉冲/转	500,000	1,000,000	1,600,000
每个脉冲的角度	秒	约 2.6	约 1.3	约 0.8

1-9 刚性

转动刚性

“转动刚性”是指如图所示，在执行元件的输出轴表面施加负载时的结构性歪斜强度。
举例来说，如右图所示，在执行元件输出轴表面上安装刚性臂，在其端部施加载荷，则执行元件输出轴表面会与负载呈正比倾斜。载荷相对该倾斜角度的比率即为“转动刚性”。

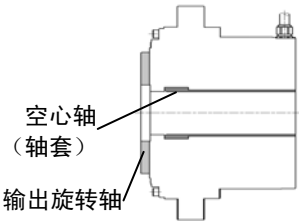


型号		FHA-17C	FHA-25C	FHA-32C	FHA-40C
转动刚性	N·m/rad	220×10 ³	490×10 ³	790×10 ³	1400×10 ³
	kgf·m/rad	22×10 ³	50×10 ³	80×10 ³	140×10 ³
	kgf·m/arc min	6.5	15	23	42



注意

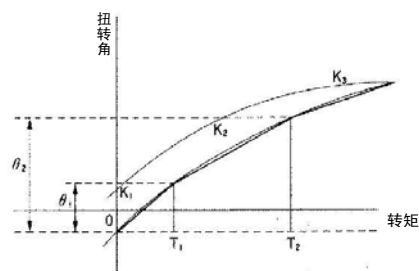
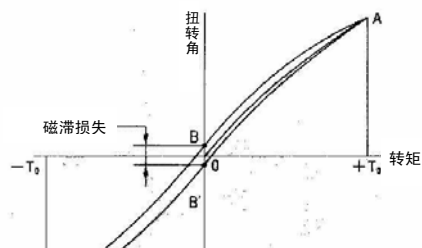
请勿向空心轴（轴套）施加直接转矩及负载。
空心轴（轴套）通过粘接剂固定在输出旋转轴上。如果向空心轴（轴套）施加转矩及负载，接合部位可能会出现脱离。
请勿向空心轴（轴套）施加直接转矩及静力矩、轴向负载。



旋转方向扭转刚性

在伺服锁定状态下将电动机的旋转进行固定，在执行元件的输出轴上施加转矩，则输出轴会产生几乎与转矩呈正比的扭转。

右上图是根据在输出轴上施加的转矩从 0 开始，在正负侧分别增减到 $+T_0/-T_0$ 时输出侧的扭转角变化绘制而成的。将其称为“转矩-扭转角线形图”，通常描绘为 $0 \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow A' \rightarrow B' \rightarrow A$ 的环线。对于 FHA-C 系列执行元件的刚性，“转矩-扭转角线形图”的倾斜程度即表述为弹簧常数（单位： $\text{N} \cdot \text{m} / \text{rad}$ ）。



如右下图所示，将该“转矩-扭转角线形图”分为 3 个区间，各区间时的弹簧常数分别表述为 K_1 、 K_2 、 K_3 。

K_1 : 转矩从“0”到“ T_1 ”区间的弹簧常数

K_2 : 转矩从“ T_1 ”到“ T_2 ”区间的弹簧常数

K_3 : 转矩在“ T_2 ”以上区间的弹簧常数

扭转角可使用以下公式计算得出。

※ φ : 扭转角

● 转矩“ T ”小于“ T_1 ”时的范围: $\varphi = \frac{T}{K_1}$

● 转矩“ T ”在“ T_1 ”至“ T_2 ”的范围: $\varphi = \theta_1 + \frac{T - T_1}{K_2}$

● 转矩“ T ”在“ T_2 ”至“ T_3 ”的范围: $\varphi = \theta_2 + \frac{T - T_2}{K_3}$

下面的表格表示各执行元件的“ T_1 ”～“ T_3 ”、“ K_1 ”～“ K_3 ”、“ θ_1 ”～“ θ_2 ”的平均值。

型号		FHA-17C			FHA-25C			FHA-32C			FHA-40C		
	减速比	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160
T_1	$\text{N} \cdot \text{m}$	7.0	7.0	7.0	29	29	29	54	54	54	108	108	108
	$\text{kgf} \cdot \text{m}$	0.7	0.7	0.7	3.0	3.0	3.0	5.5	5.5	5.5	11	11	11
K_1	$\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m} / \text{rad}$	1.1	1.3	1.3	4.7	6.1	6.1	8.8	11	11	17	21	21
	$\text{kgf} \cdot \text{m} / \text{arc min}$	0.32	0.4	0.4	1.4	1.8	1.8	2.8	3.2	3.2	5.0	6.3	6.3
θ_1	$\times 10^{-4} \text{ rad}$	6.4	5.1	5.1	6.2	4.8	4.8	6.1	4.9	4.9	6.4	5.1	5.1
	arc min	2.2	1.8	1.8	2.1	1.7	1.7	2.1	1.7	1.7	2.2	1.8	1.8
T_2	$\text{N} \cdot \text{m}$	25	25	25	108	108	108	196	196	196	382	382	382
	$\text{kgf} \cdot \text{m}$	2.5	2.5	2.5	11	11	11	20	20	20	39	39	39
K_2	$\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m} / \text{rad}$	1.3	1.7	1.7	6.1	7.7	7.7	11	14	14	21	29	29
	$\text{kgf} \cdot \text{m} / \text{arc min}$	0.4	0.5	0.5	1.8	2.3	2.3	3.4	4.2	4.2	6.3	8.5	8.5
θ_2	$\times 10^{-4} \text{ rad}$	19.5	15.6	15.6	19.2	15	15	19.1	15.1	15.1	19.3	14.7	14.7
	arc min	6.7	5.4	5.4	6.6	5.1	5.1	6.4	5.2	5.2	6.6	5.0	5.0
K_3	$\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m} / \text{rad}$	2.0	2.5	2.5	8.4	11	11	15	20	20	30	37	37
	$\text{kgf} \cdot \text{m} / \text{arc min}$	0.6	0.75	0.75	2.5	3.3	3.3	4.5	5.8	5.8	9	11	11

下表是计算相对扭转角的转矩值的参考值。

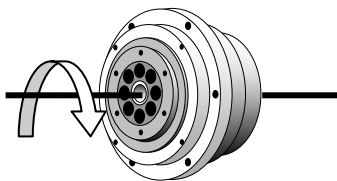
(单位: $\text{N} \cdot \text{m}$)

型号		FHA-17C			FHA-25C			FHA-32C			FHA-40C		
	减速比	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160
	2 arc min	6.3	8.1	8.1	27	37	37	51	63	63	98	129	129
	4 arc min	14	18	18	62	82	82	117	148	148	220	300	300
	6 arc min	22	29	29	97	136	136	179	243	243	340	490	490

1-10 旋转方向

通过 HA-800 驱动器向 FHA-C 系列执行元件发出正转方向的指令时，执行元件的正转方向为从负载轴侧方向看的顺时针方向（CW）。

该旋转方向可通过 HA-800 驱动器的“SP50：指令极性” 设置进行切换。



正转：顺时针旋转方向

设置“SP50：指令极性”

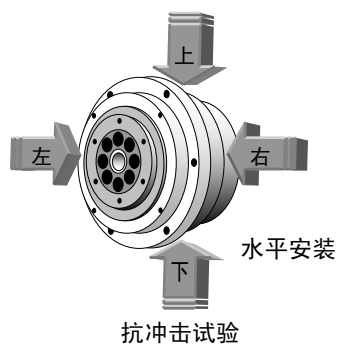
设定值	正方向输入	负方向输入	设定
0	正转	反转	出厂设定值
1	反转	正转	

1-11 抗冲击

水平安装执行元件，从上下、左右方向施加冲击时的冲击加速度如下所示。

冲击加速度：294 m/s²

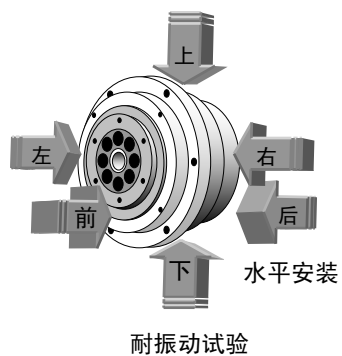
但，严禁向直接输出轴施加冲击。



1-12 耐振动

执行元件上下、左右、前后方向的耐振动性能如下。

振动加速度：24.5 m/s²（频率：10～400Hz）



1-13 可用区间

下页中的曲线图是通过概算选型 FHA-C 系列执行元件与 HA-800 驱动器组合时的可用区间。最大限度使用 FHA-C 系列执行元件输出时，请参照“第 2 章 FHA-C 系列选型”。

1. 连续使用区间

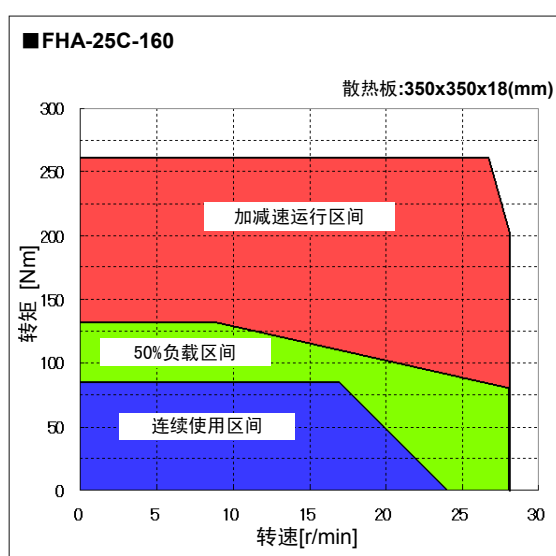
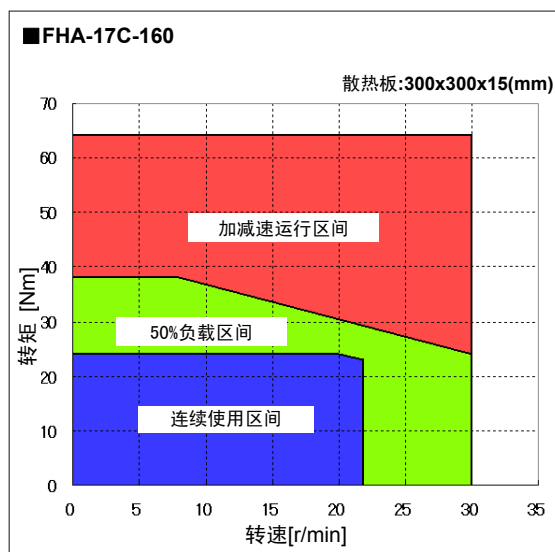
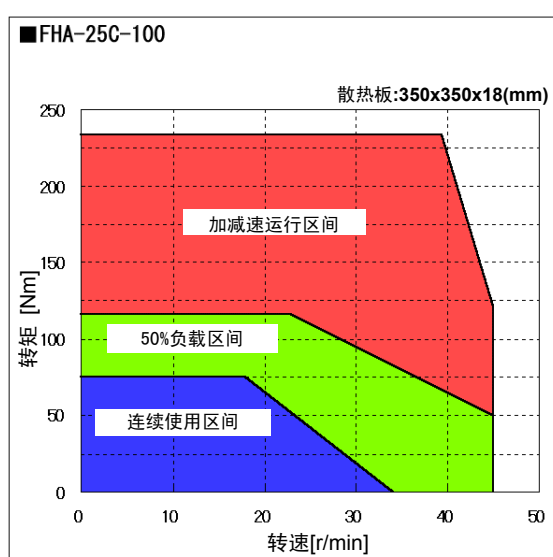
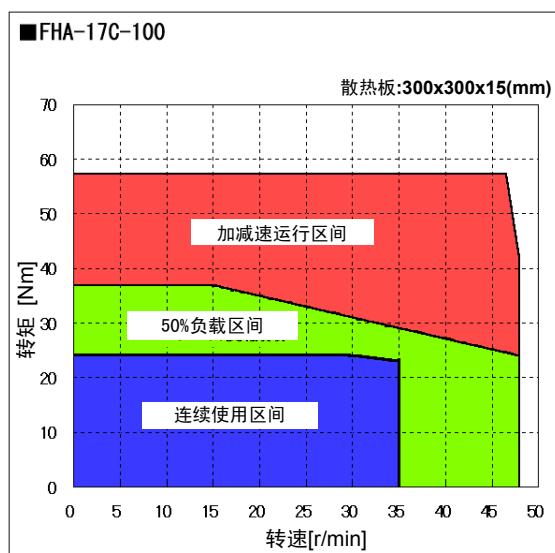
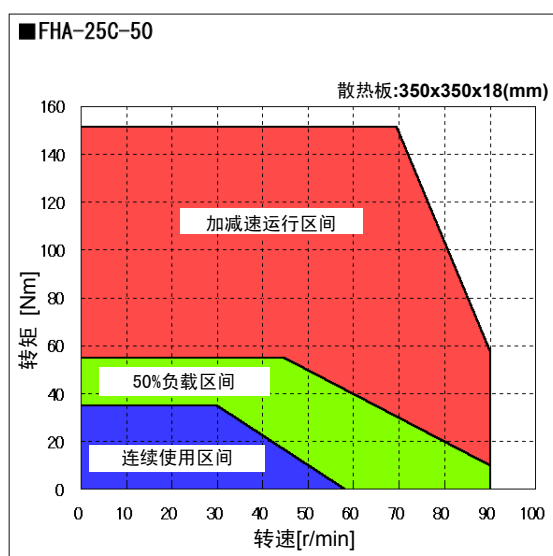
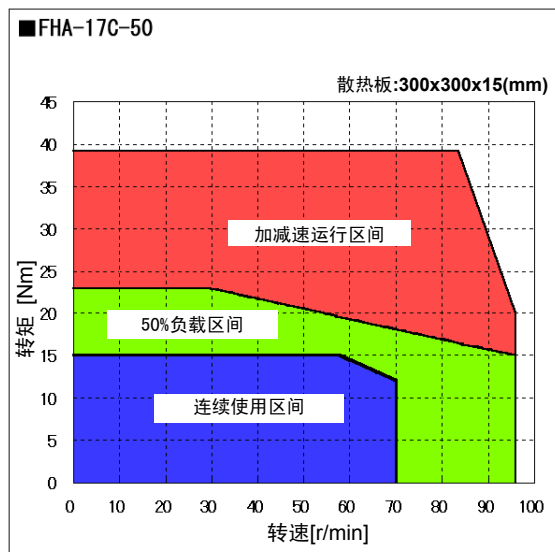
表示可连续运转的转矩-转速区间。

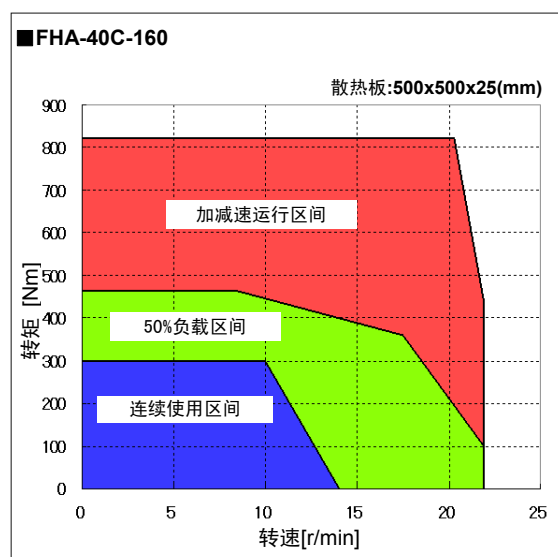
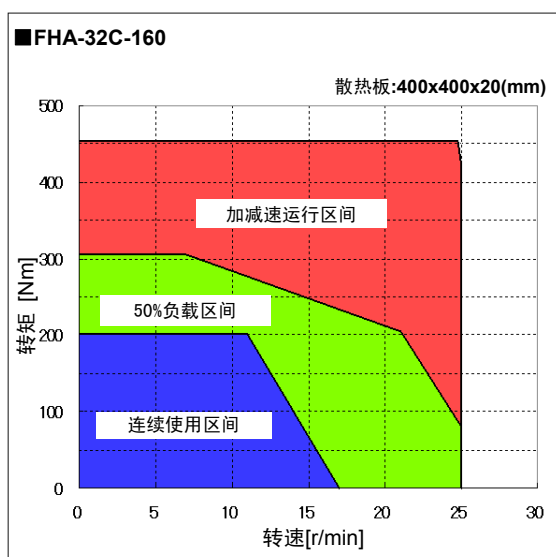
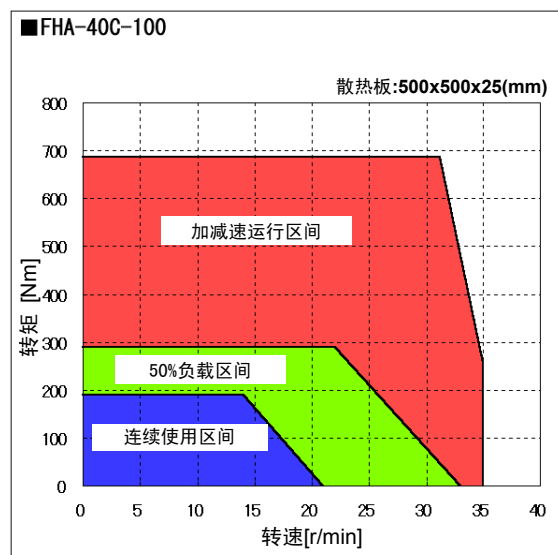
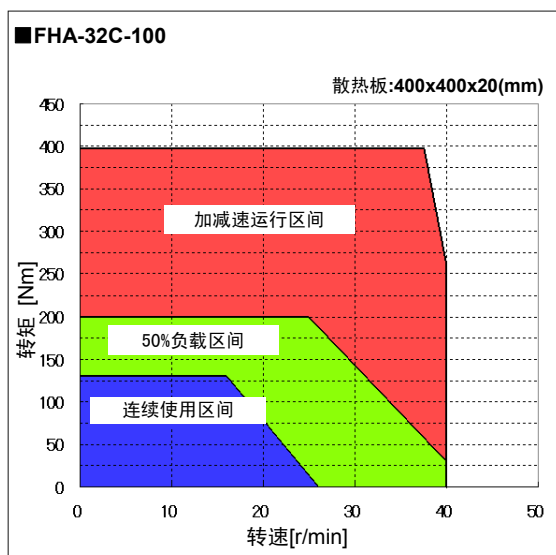
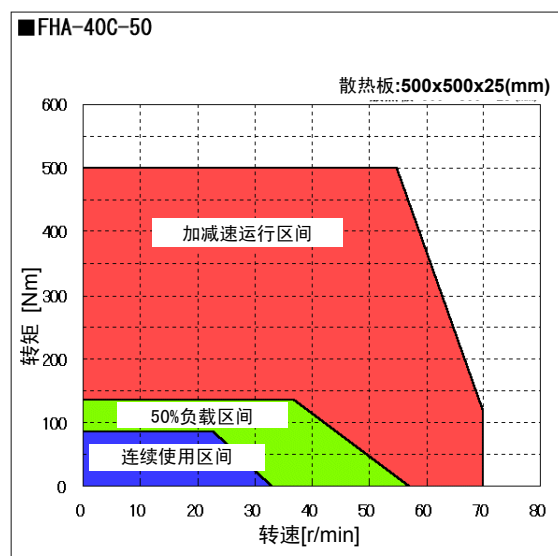
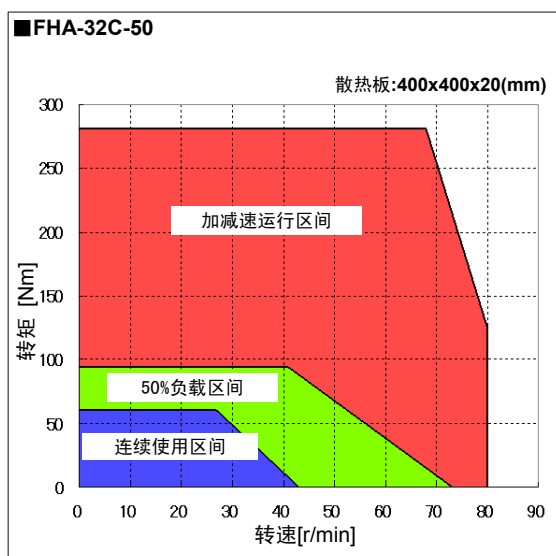
2. 50%负载使用区间

表示 50%负载（运转时间和停止时间之比为 50:50）下可运转的转矩-转速区间。
关于负载，请参阅“负载研究”（P2-10）。

3. 加减速运转区间

表示可瞬时运转的转矩-转速区间。通常情况下，加速、减速时使用该区间。
而且，可连续使用区间及 50%负载使用区间是指安装了同一曲线图记载的散热板时的数值。





1-14 接线规格

1

概要

FHA-C 系列执行元件的电动机导线及编码器导线规格如下表。

电动机导线规格

线色	名称	
	标准	带制动
红	电动机 U 相	电动机 U 相
白	电动机 V 相	电动机 V 相
黑	电动机 W 相	电动机 W 相
绿/黄	PE	PE
蓝	未连接	制动
黄	未连接	制动
(屏蔽)	FG	FG

相对位置规格编码器导线

线色	信号名称	备注
红	+5V	电源输入
黑	0V	
黄	S D	串行信号差动输出
蓝	$\overline{\text{S D}}$	
屏蔽	FG	

1

概要

第2章

FHA-C 系列的选型

本章主要介绍在实际应用中，如何在 FHA-C 系列中进行选型。

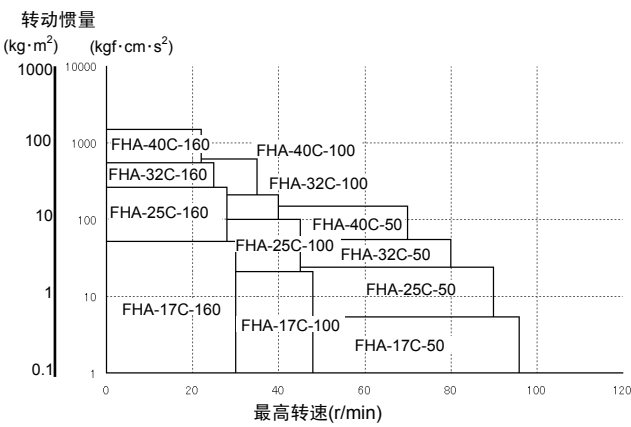
2-1 容许负载转动惯量	2-1
2-2 负载转动惯量的变化	2-2
2-3 负载载荷的确认和研究	2-3
2-4 运转状况研究	2-7

2-1 容许负载转动惯量

2
选型

为充分发挥 FHA-C 系列执行元件的高精度、高性能，请在各型号负载转动惯量的容许值（大致数值）以内使用。

转动惯量的计算方法，请参考“附录-2 转动惯量计算”（P5-3）。



请假设选定执行元件，使得转动惯量与最高转速低于下表中的容许值。

执行元件型号		FHA-17C			FHA-25C			FHA-32C			FHA-40C		
		50	100	160	50	100	160	50	100	160	50	100	160
减速比		1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160
最高转速	r/min	96	48	30	90	45	28	80	40	25	70	35	22
执行元件转动惯量	kg·m²	0.17	0.67	1.7	0.81	3.2	8.3	1.8	7.1	18.1	4.9	19.5	50
	kgf·cm·s²	1.7	6.9	17	8.3	33	85	18	72	185	50	200	510
容许负载转动惯量	kg·m²	0.54	2.1	5.1	2.4	10	25	5.4	21	54	15	60	150
	kgf·cm·s²	5.4	21	52	24	100	260	55	210	550	150	610	1500

2-2 负载转动惯量的变化

2

选型

FHA-C 系列中组合了高减速比的谐波驱动[®]。因此，负载转动惯量的变化对伺服性能几乎没有影响。因此，与直驱伺服驱动机构相比，伺服性能的处理非常简单。
比如，将负载的转动惯量增加到“N 倍”。此时，影响伺服性能的“电动机轴换算的全转动惯量”如下。公式中的符号如下所示。

J_S : 电动机轴换算全转动惯量
 J_M : 电动机转动惯量
 R : FHA-C 系列的减速比
 L : 负载转动惯量相对电动机转动惯量的倍数
 N : 负载转动惯量的变化率

● 直驱方式时

变化前: $J_S = J_M(1+L)$ 变化后: $J_{S'} = J_M(1+NL)$ 变化率: $J_{S'}/J_S = \frac{1+NL}{1+L}$

● FHA-C 系列驱动时

变化前: $J_S = J_M \left(1 + \frac{L}{R^2} \right)$ 变化后: $J_{S'} = J_M \left(1 + \frac{NL}{R^2} \right)$ 变化率: $J_{S'}/J_S = \frac{1+NL/R^2}{1+L/R^2}$

FHA-C 系列时，变成非常大的数值，如“ $R=50$ ”、“ $R=100$ ”或“ $R=160$ ”，即“ $R^2=2500$ ”、“ $R^2=10000$ ”或“ $R^2=25600$ ”。变化率变成为“ $J_{S'}/J_S \approx 1$ ”，可以看出负载变化的影响几乎不存在。
因此，FHA-C 系列在型号选定、驱动器初始设置时无需考虑负载转动惯量的变化情况。

2-3 负载载荷的确认和研究

FHA-C 系列组装有精密交叉滚子・轴承用于直接支撑外部负载（输出法兰部），因此，为充分发挥 FHA-C 系列的性能，请确认最大负载载荷、交叉滚子・轴承的使用寿命以及静态安全系数。

确认步骤

- 1 确认最大负载载荷 (Mmax, Frmax, Famax)
计算最大负载载荷 (Mmax, Frmax, Famax)
↓
确认最大负载载荷 (Mmax, Frmax, Famax) ≤ 容许载荷 (Mc, Fr, Fa)
- 2 使用寿命确认
计算平均径向负载 (Frav)、平均轴向负载 (Faav)
↓
计算径向负载系数 (X)、轴向负载系数 (Y)
↓
计算使用寿命，进行确认
- 3 静态安全系数确认
计算径向当量静负荷 (Po)
↓
确认静态安全系数 (fs)

主轴承规格

主轴承规格见下表。
表 1：主轴承规格

型号 \ 项目	滚子的节圆直径 (dp)	偏置量 (R)	基本额定动载荷 (C)	基本额定静载荷 (Co)	容许径向负载 (Fr)	容许轴向负载 (Fa)	容许静力矩 (Mc)
	m	m	N	N	N	N	N・m
FHA-17C	0.077	0.017	10800	18700	2940	9800	188
FHA-25C	0.0962	0.018	18000	33300	4900	14700	370
FHA-32C	0.1122	0.0185	24100	44300	9500	24500	530
FHA-40C	0.1488	0.0265	44900	88900	14700	39200	690

最大负载载荷

最大负载载荷 (M_{max} , F_{rmax} , F_{amax}) 的计算方法如下。
请确认各最大负载载荷 $\leq$ 各容许载荷。

◆ 计算公式 (1): 最大负载载荷

$$M_{max} = F_{rmax} \cdot (L_r + R) + F_{amax} \cdot L_a$$

计算公式的符号

M_{max}	最大转动容量	$N \cdot m (kgf \cdot m)$	
F_{rmax}	最大径向载荷	$N (kgf)$	参考图 1
F_{amax}	最大轴向载荷	$N (kgf)$	参考图 1
L_r, L_a		m	参考图 1
R	偏置量	m	参考图 1、表 1

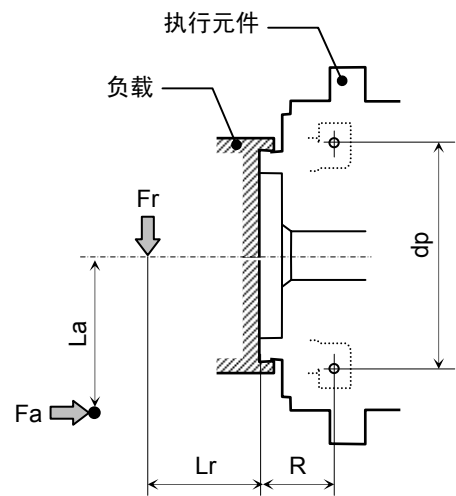


图 1: 外部负载作用图

使用寿命确认

平均负载载荷（平均径向负载·平均轴向负载·平均输出转速）

径向负载和轴向负载变动时，计算各自的平均负载，使用该平均负载来确认交叉滚子·轴承的使用寿命。

◆ 计算公式 (2) 平均径向载荷 (F_{rav})

$$F_{rav} = \sqrt[10/3]{\frac{n_1 t_1 |F_{r1}|^{10/3} + n_2 t_2 |F_{r2}|^{10/3} + \dots + n_n t_n |F_{rn}|^{10/3}}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}}$$

但，将 t_1 区间的最大径向载荷设为 F_{r1} ，
将 t_3 区间的最大径向载荷设为 F_{r3} 。

◆ 计算公式 (3) 平均轴向载荷 (F_{aav})

$$F_{aav} = \sqrt[10/3]{\frac{n_1 t_1 |F_{a1}|^{10/3} + n_2 t_2 |F_{a2}|^{10/3} + \dots + n_n t_n |F_{an}|^{10/3}}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}}$$

但，将 t_1 区间的最大轴向载荷设为 F_{a1} ，
将 t_3 区间的最大轴向载荷设为 F_{a3} 。

◆ 计算公式 (4) 平均输出转速 (N_{av})

$$N_{av} = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

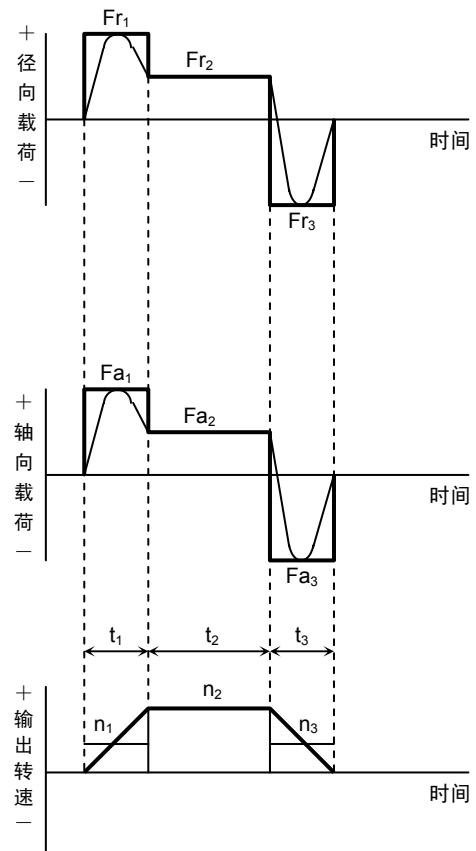


图 2: 变动载荷说明图

径向负载系数、轴向负载系数

表 2 径向负载系数(X)、轴向负载系数(Y)

◆ 计算公式 (5)	X	Y
$\frac{Fa_{av}}{Fr_{av} + 2(Fr_{av}(L_r + R) + Fa_{av} \cdot La)/dp} \leq 1.5$	1	0.45
$\frac{Fa_{av}}{Fr_{av} + 2(Fr_{av}(L_r + R) + Fa_{av} \cdot La)/dp} > 1.5$	0.67	0.67

计算公式的符号

Fr _{av}	平均径向载荷	N(kgf)	参考平均载荷
Fa _{av}	平均轴向载荷	N(kgf)	参考平均载荷
L _r , La	— — — —	mm	参考图 1
R	偏置量	m	参考图 1、表 1
dp	滚子的节圆直径	m	参考图 1、表 1

径向当量动负荷

◆ 计算公式 (6)：径向当量动负荷

$$P_c = X \cdot \left(Fr_{av} + \frac{2(Fr_{av}(L_r + R) + Fa_{av} \cdot La)}{dp} \right) + Y \cdot Fa_{av}$$

计算公式的符号

P _c	径向当量动负荷	N(kgf)	
Fr _{av}	平均径向负载	N(kgf)	参考计算公式 (2)
Fa _{av}	平均轴向负载	N(kgf)	参考计算公式 (3)
dp	滚子的节圆直径	m	参考表 1
X	径向负载系数	—	参考表 2
Y	轴向负载系数	—	参考表 2
L _r , La	—	m	参考图 1
R	偏置量	m	参考图 1、表 1

交叉滚子・轴承的使用寿命

使用计算公式 (7) 计算交叉滚子・轴承的使用寿命。

◆ 计算公式 (7)：交叉滚子、轴承的使用寿命

$$L_{B-10} = \frac{10^6}{60 \times N_{av}} \times \left(\frac{C}{f_w \cdot P_c} \right)^{10/3}$$

计算公式的符号

L _{B-10}	使用寿命	hour	—
N _{av}	平均输出转速	r/min	参考计算公式 (4)
C	基本额定动载荷	N(kgf)	参考表 1
P _c	径向当量动载荷	N(kgf)	参考计算公式 (6)
f _w	负载系数	—	参考表 3

表 3 负载系数

负载状态	f _w
无冲击、振动的 平滑运行时	1~1.2
普通运行时	1.2~1.5
伴有冲击、振动的 运行时	1.5~3

摆动运动时交叉滚子·轴承的使用寿命

使用计算公式（8）计算摆动运动时交叉滚子·轴承的使用寿命。

计算公式(8)：交叉滚子·轴承的使用寿命（摆动）

$$Loc = \frac{10^6}{60 \times n_1} \times \frac{90}{\theta} \times \left(\frac{C}{f_w \cdot P_c} \right)^{10/3}$$

计算公式的符号

Loc	使用寿命	hour	—
n_1	每分钟的往复摆动次数	cpm	—
C	基本额定动载荷	N(kgf)	参照表 1
P_c	径向当量动负荷	N(kgf)	参照计算公式（6）
f_w	负载系数	—	参照表 3
θ	摆动角/2	—	参照图 3

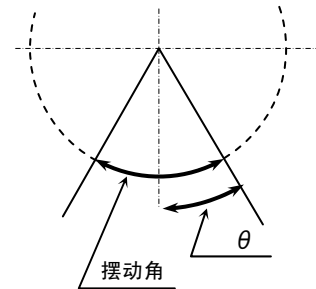


图 3：摆动运动

摆动角小于 5° 时，交叉滚子·轴承的轨道轮和转动体的接触面不易形成油膜，会产生微振磨损。遇到这种情况时，请咨询本公司。

静态安全系数确认

径向当量静负荷

◆ 计算公式(9)：径向当量静负载

$$P_o = Fr_{max} + \frac{2M_{max}}{dp} + 0.44Fa_{max}$$

计算公式的符号

Fr_{max}	最大径向负载	N(kgf)	参考图 1
Fa_{max}	最大轴向负载	N(kgf)	参考图 1
M_{max}	最大静力矩	N·m (kgf·m)	参考最大负载 载荷的计算方法
dp	滚子的节圆直径	m	参考表 1

静态安全系数

一般情况下将基本额定静载荷 (C_o) 认定为当量静负荷的容许限度，但可根据使用条件及要求条件确定其限度。此时的静态安全系数 (f_s) 使用计算公式（10）计算得出。

表 4 为使用条件的一般数值。请使用计算公式（9）计算径向当量静负荷 (P_o)。

◆ 计算公式(10)：静态安全系数

$$f_s = \frac{C_o}{P_o}$$

计算公式的符号

f_s	静态安全系数	—	参考表 4
C_o	基本额定静载荷	N(kgf)	参考表 1
P_o	径向当量静载荷	N(kgf)	参考计算公式（9）

表 4 静态安全系数

使用条件	f_s
要求较高的旋转精度时	≥ 3
伴有冲击、振动的运行时	≥ 2
普通运行时	≥ 1.5

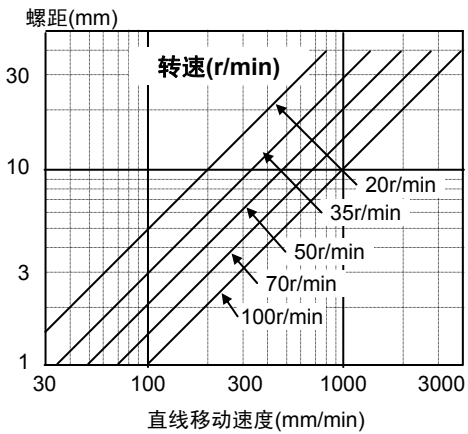
2-4 运转状况研究

反复进行启动、停止的运转（负载循环）时，起动电流、制动电流频繁流向电动机，执行元件会发热。因此，需要研究该负载循环。按以下顺序进行研究。

使用转速研究

计算 FHA-C 系列进行驱动时负载的必要转速 (r/min) 。
直线运动时，通过以下公式换算成转速。

$$\text{旋转速度 (r/min)} = \frac{\text{直线移动速度(mm/min)}}{\text{螺钉的进给螺距(mm)}}$$



为确保转速低于 FHA-C 系列执行元件的最高转速，从“50”、“100”或“160”中选择一个减速比。

负载转动惯量的计算和研究

计算使用 FHA-C 系列执行元件进行驱动的负载的转动惯量。
关于计算方法，请参阅“附录-2 转动惯量计算”（P5-3）。
根据计算结果数值，参考“容许负载转动惯量”（P2-1），假设选定 FHA-C 系列执行元件。

负载转矩计算

使用下面的公式计算负载转矩。

● 旋转运动

如右图所示，质量为“W”的物体沿距旋转中心的半径为“r”的环上旋转时的旋转转矩如下所示。

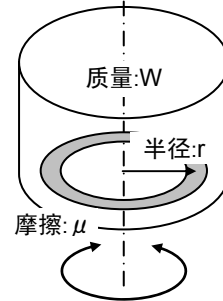
$$T = 9.8 \times \mu \times W \times r$$

T：旋转转矩 (N·m)

μ ：摩擦系数

W：质量 (kg)

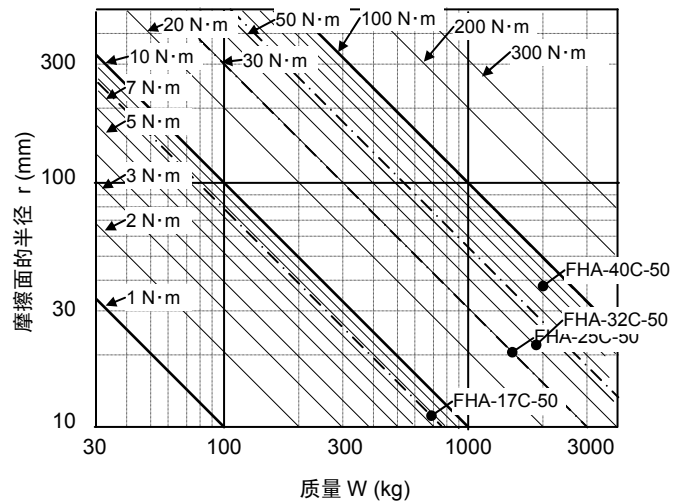
r：摩擦面的平均半径 (m)



旋转转矩计算例子 (按摩擦系数=0.1 计算)

FHA：显示最大转矩的 20% 转矩线

此外，右图是假定摩擦系数 $\mu=0.1$ ，将质量作为横向轴、摩擦面旋转半径作为纵向轴时的计算例子。图中执行元件的转矩值表示为最大转矩的 20%。



● 直线运动（水平运动）

如右图所示，质量“W”通过螺距为“P”的螺钉水平移动时的旋转转矩如下。

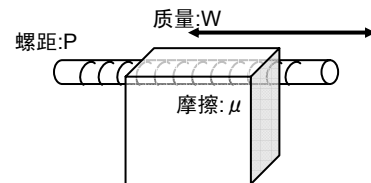
$$T = 9.8 \times \mu \times W \times \frac{P}{2 \times \pi}$$

T：旋转转矩 (N·m)

μ ：摩擦系数

W：质量 (kg)

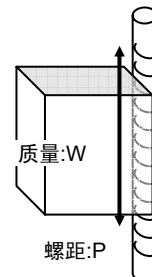
P：螺钉的进给螺距 (m)



● 直线运动（垂直运动）

质量“W”通过螺距为“P”的螺钉垂直移动时的旋转转矩如下。

$$T = 9.8 \times W \times \frac{P}{2 \times \pi}$$



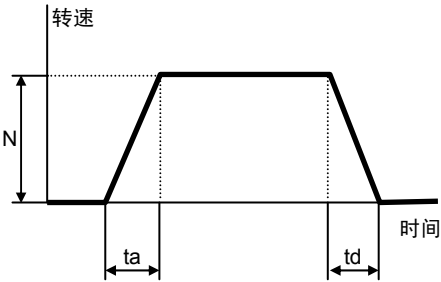
加速时间・减速时间

使用下面的公式计算使用假定选择的执行元件时的加速时间和减速时间。

加速时间:
$$t_a = (J_A + J_L) \times \frac{2 \times \pi}{60} \times \frac{N}{T_M - T_L}$$

减速时间:
$$t_d = (J_A + J_L) \times \frac{2 \times \pi}{60} \times \frac{N}{T_M + 2 \times T_F + T_L}$$

- ta: 加速时间 (s)
- td: 减速时间 (s)
- JA: 执行元件转动惯量 (kg·m²)
- JL: 负载转动惯量 (kg·m²)
- N: 执行元件的转速 (r/min)
- TM: 执行元件最大转矩 (N·m)
- TF: 执行元件的摩擦转矩 (N·m)
- $T_F = K_T \times I_M - T_M$
- KT: 转矩常数 (N·m/A)
- IM: 最大电流 (A)



TL: 负载转矩 (N·m)；极性方面，将沿旋转方向运动的情况作为正极(+)，反方向运动的情况作为负极(-)。

● 计算示例 1

选定最符合以下运转条件的执行元件。

- 转速: 60 r/min
- 负载转动惯量: 1.5 kg·m²
- 负载机构主要仅限惯性，因此，负载转矩很小，几乎可以忽略不计。

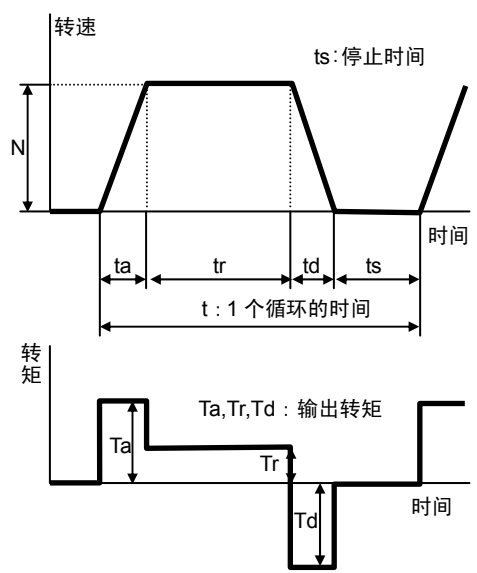
- ① 将上述条件与 2-1 项中的图进行匹配，假设选定“FHA-25C-50”。
- ② 从 1-4 项的额定表中读取 $J_A=0.81 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, $T_M=150 \text{ N} \cdot \text{m}$, $K_T=22 \text{ N} \cdot \text{m/A}$, $I_M=7.3 \text{ A}$ 。
- ③ 根据上面的公式，执行元件的摩擦转矩为 $T_F = 22 \times 7.3 - 150 = 10.6 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。
- ④ 因此，根据上面的公式，加速及减速时间可进行如下计算。
$$t_a = (0.81+1.5) \times 2 \times \pi / 60 \times 60 / 150 = 0.097 \text{ s}$$
$$t_d = (0.81+1.5) \times 2 \times \pi / 60 \times 60 / (150+2 \times 10.6) = 0.085 \text{ s}$$
- ⑤ 如果加减速时间的计算结果不在理想时间内，重新进行以下研究。
 - 评估负载转动惯量的降低情况。
 - 研究采用较大型号的执行元件。

负载研究

选型 FHA-C 系列时，必须考虑转矩与转速的时间性变化。特别是加减速时会出现产生较大转矩的大电流，发热量也会增大。
使用下面的公式计算在右图驱动模式下进行反复运转时的“负载：%ED”。

$$\%ED = \frac{KLa \times ta + KLr \times tr + KLd \times td}{t} \times 100$$

- ta: 速度从 0 到 N 的加速时间 (s)
- td: 速度 N 到 0 的减速时间 (s)
- tr: 速度 N 时的定速运行时间 (s)
- t: 1 个循环的时间 (s)
- KLa: 加速时间中的负载系数
- KLr: 定速运行时间中的负载系数
- KLd: 减速时间中的负载系数



● KLa, KLr, KLd 的计算方法和负载的计算示例 2

下面举例介绍下图所示的 FHA-25C-50 的负载系数曲线。
运转条件：在与计算例子 1 相同的条件下以执行元件的最大转矩对惯性负载实施加速，等达到定速运转后，按最大转矩进行减速。取 1 个循环时的移动角度为 120°，1 个循环时间为 2(s)。

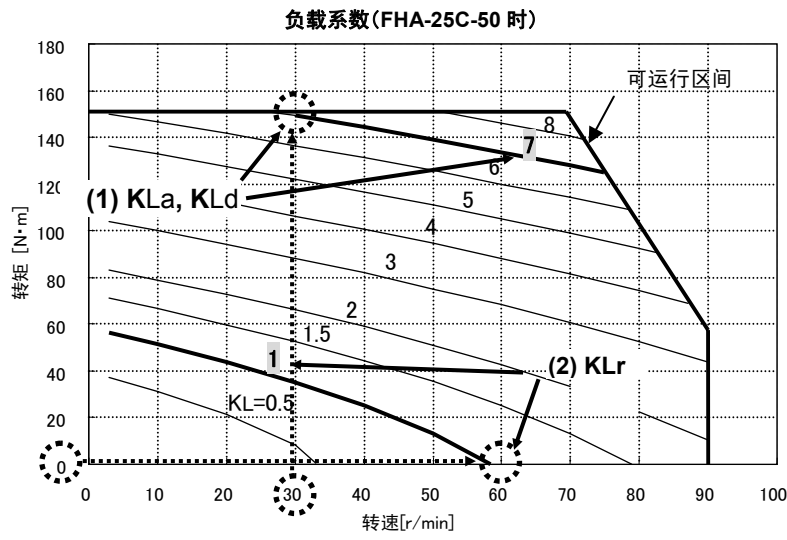
- ① KLa、KLd: 根据转速变化从 0 到 60r/min 之间的平均速度 30r/min，根据下图可得出 KLa=KLd=7。
- ② KLr: 因为是惯性负载，所以，Tr≒0，从下图中读取 KLr=1。
- ③ 移动角度可通过上图中的“转速—时间”线形图的面积得出。即，移动角度为
$$\theta = (N / 60) \times \{tr + (ta + td) / 2\} \times 360$$

即， $tr = \theta / (6 \times N) - (ta + td) / 2$
在该公式中代入 $\theta = 120^\circ$ 、计算例子 1 的 $ta = 0.097(s)$ 、 $td = 0.085(s)$ 、 $N = 60 \text{ r/min}$ ，则变成 $tr = 0.242(s)$ 。
- ④ 接着，将 1 个循环时间 $t = 2(s)$ 代入上面的 %ED 计算公式，计算负载。

$$\%ED = (7 \times 0.097 + 1 \times 0.242 + 7 \times 0.085) / 2 \times 100 = 76\%$$

得到的值小于 100，因此，该循环的连续重复运行可以实现。

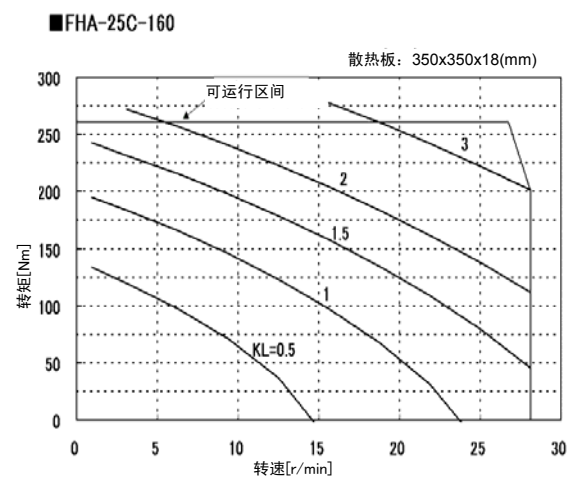
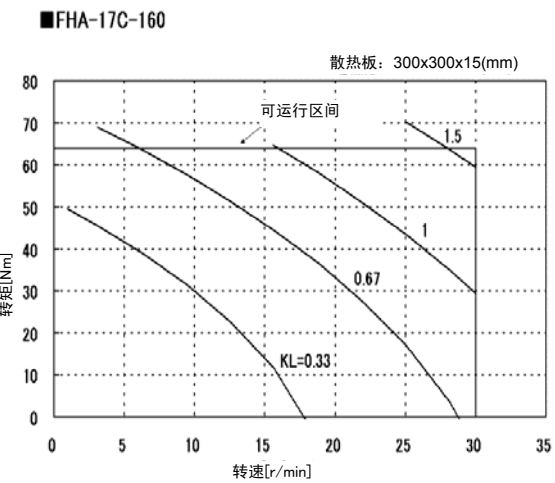
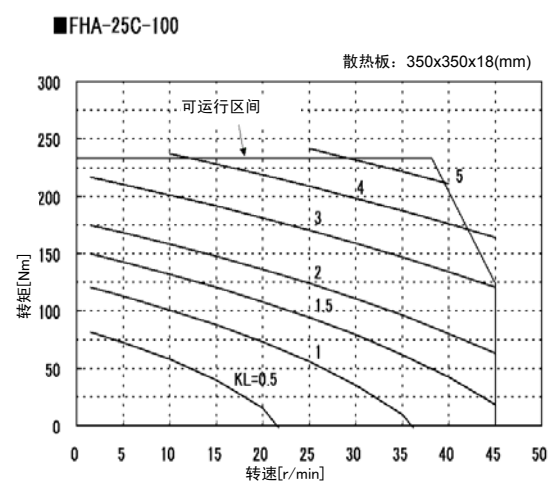
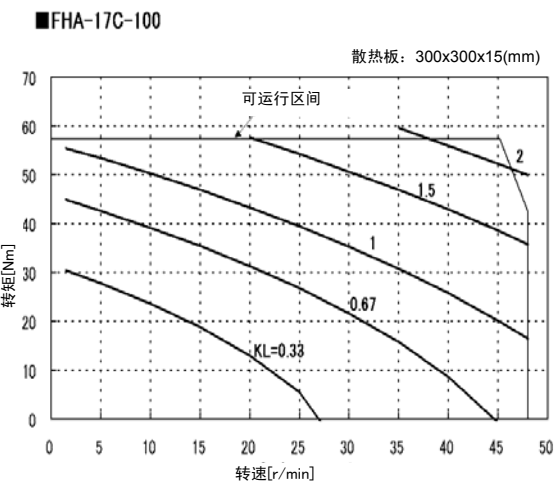
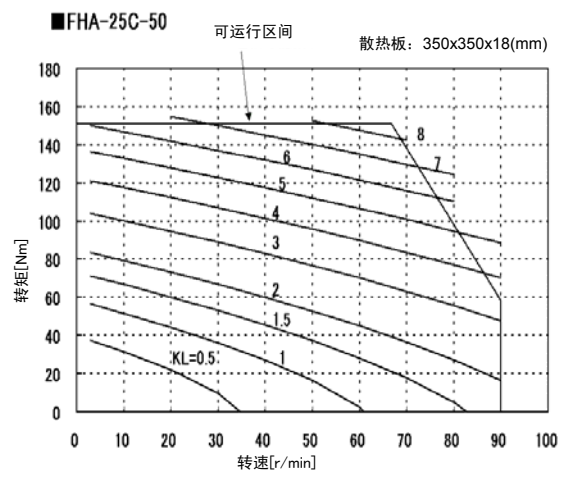
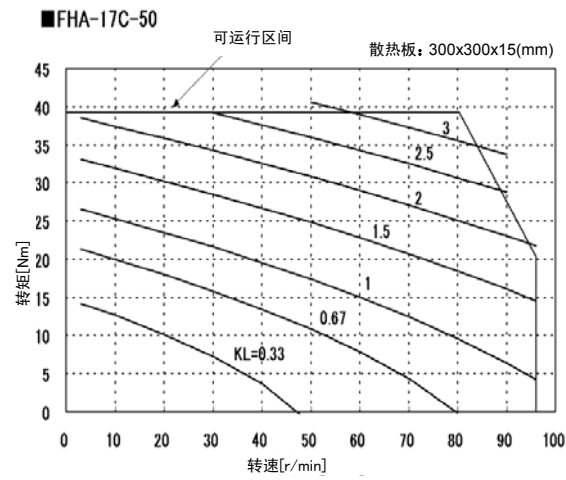
- 如果是大于 100，则需要重新研究
- 运转模式
 - 减轻负载
 - 执行元件型号等。

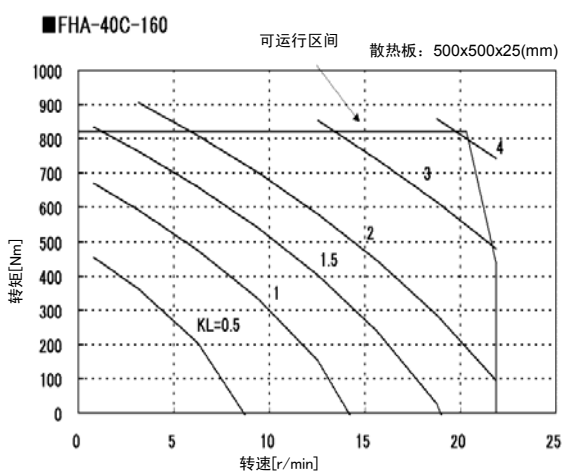
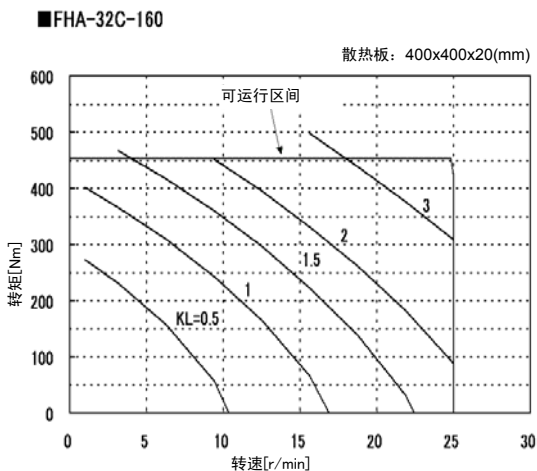
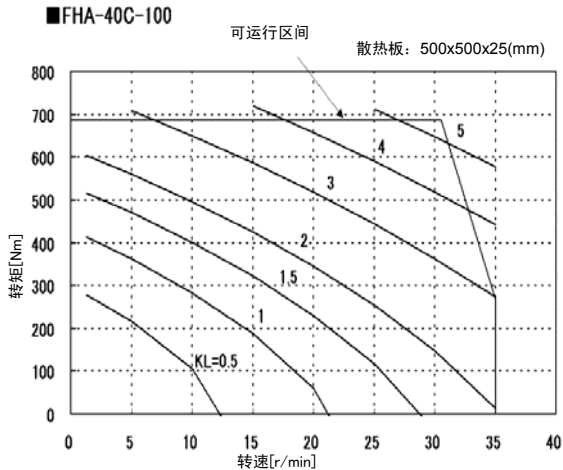
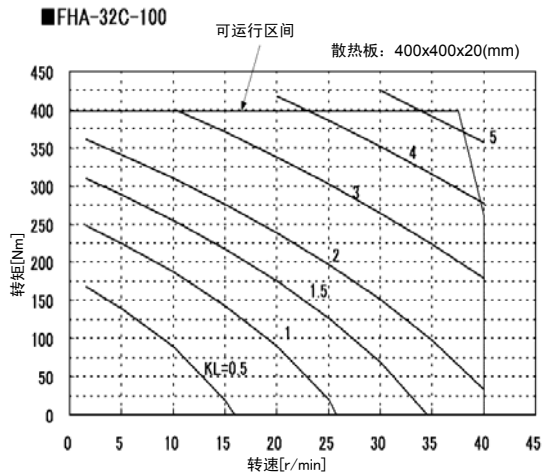
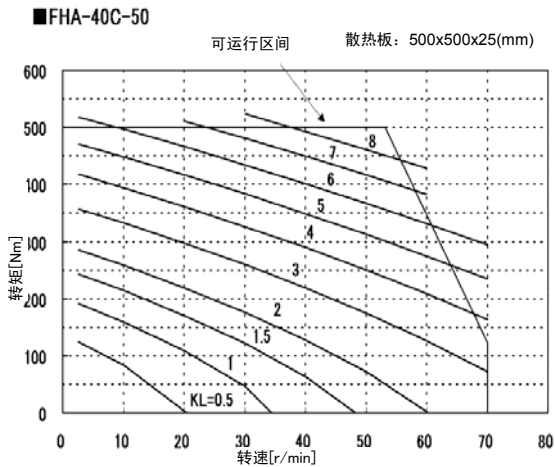
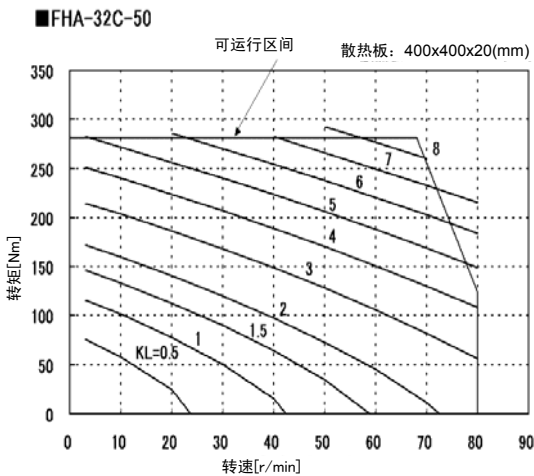


负载系数曲线

2

选型





有效转矩、平均转速研究

关于有效转矩和平均转速，研究以下 2 点。
(1) 有效转矩是否低于容许连续转矩
(2) 平均转速是否低于容许连续转速
通过下面的公式计算“2-4 项 负载研究”中的循环重复运转时的有效转矩 T_m 及平均转速 N_{av} 。

$$T_m = \sqrt{\frac{T_a^2 \times (t_a + t_d) + T_r^2 \times t_r}{t}}$$
$$N_{av} = \frac{N/2 \times t_a + N \times t_r + N/2 \times t_d}{t}$$

T_m : 有效转矩 (N·m)
 T_a : 最大转矩 (N·m)
 T_r : 负载转矩 (N·m)
 t_a : 加速时间 (s), t_d : 减速时间 (s)
 t_r : 定速运行时间 (s), t : 1 个循环的时间 (s)
 N_{av} : 平均转速 (r/min)
 N : 定速时的转速 (r/min)

通过上面公式计算得出的有效转矩如果超出下表列出的容许连续转矩，请采取措施减轻负载。

项目 \ 型号		FHA-17C			FHA-25C			FHA-32C			FHA-40C		
		50	100	160	50	100	160	50	100	160	50	100	160
减速比		1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160	1:50	1:100	1:160
容许连续转矩	N·m	15	24	24	35	75	85	60	130	200	85	190	300
容许连续转速	r/min	70	35	22	70	35	22	60	30	19	50	25	16

● 计算例子 3：有效转矩和平均转速的研究

使用计算例子 1 和计算例子 2 的运行条件，研究有效转矩和平均转速。

(1) 有效转矩的研究

将 $T_a = 150 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $T_r = 0 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $t_a = 0.097 \text{ s}$ 、 $t_r = 0.243 \text{ s}$ 、 $t_d = 0.085 \text{ s}$ 、 $t = 2 \text{ s}$ 代入上面的公式。

$$T_m = \sqrt{\frac{150^2 \times (0.097 + 0.085)}{2.0}} = 45 \text{ N}\cdot\text{m}$$

该数值已超过计算例子 1 中临时选定的 FHA-25C-50 的容许连续转矩，无法按计算例子 2 中的循环执行连续运行。下面的公式是有效转矩计算公式的变形。只要将允许连续转矩数值代入这个公式中的 T_m ，就能够计算得出 1 个循环时间的允许值。

$$t = \frac{T_a^2 \times (t_a + t_d) + T_r^2 \times t_r}{T_m^2}$$

代入 $T_a = 150 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $T_r = 0 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $T_m = 35 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $t_a = 0.097 \text{ s}$ 、 $t_r = 0.243 \text{ s}$ 、 $t_d = 0.085 \text{ s}$ 。即，

$$t = \frac{150^2 \times (0.097 + 0.085)}{35^2} = 3.34$$

即，如果将 1 个循环的时间设定成 3.4 s 以上，则会变成 $T_m = 34.0 \text{ N}\cdot\text{m}$ 以下，可在容许连续转矩内执行连续运行。

(2) 平均转速的研究

代入 $N = 60 \text{ r/min}$ 、 $t_a = 0.097 \text{ s}$ 、 $t_r = 0.242 \text{ s}$ 、 $t_d = 0.085 \text{ s}$ 、 $t = 3.4 \text{ s}$ ，计算平均速度。

$$N_{av} = \frac{60 / 2 \times 0.097 + 60 \times 0.242 + 60 / 2 \times 0.085}{3.4} = 5.88 \text{ r/min}$$

该数值低于上表列出的 FHA-25C-50 的容许连续转速 (70 r/min)，可以使用。

第 3 章

执行元件的安装

下面介绍执行元件的设置方法。

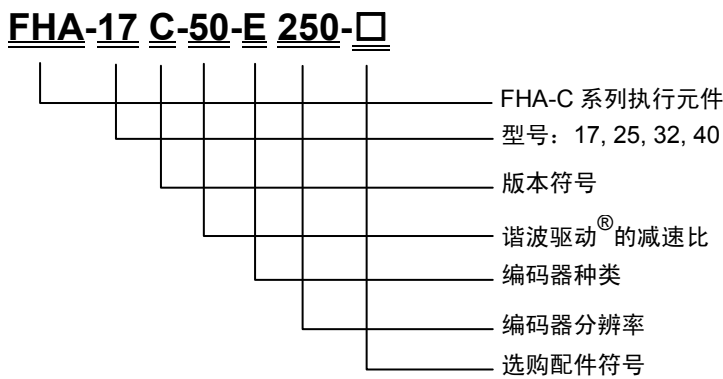
3-1 开箱检查	3-1
3-2 使用注意事项	3-3
3-3 安装场所和安装工程	3-4

3-1 开箱检查

产品开箱后，请确认以下内容。

确认步骤

- 1 请详细检查是否有物品因运输过程中的事故出现破损。
如果发现破损，请及时联系供货商。
- 2 检查货物是否与订单一致。
FHA-C 系列执行元件的侧面上贴有铭牌。请按照该铭牌上的“TYPE”栏记载的型号确认是否为自己订购的产品。如果发现物品不对，请及时联系供货商。
型号符号所代表的意思如下所示。



型号符号的详细情况，请浏览“1-2 型号”（P1-2）。

- 3 确认组合使用的驱动器是否正确。
HA-800 驱动器铭牌中的“ADJUSTED FOR USE WITH”一栏同时记载着适用 FHA-C 系列执行元件的型号。准备时请不要弄错进行组合的驱动器。



注意

请不要组合与驱动器铭牌记载不同的执行元件。

驱动器的特性是与执行元件一并进行调整的。不同的“驱动器”和“执行元件”组合可能会出现转矩不足或过电流，从而烧毁执行元件，造成人员受伤及引发火灾。

- 4 确认输入电源电压是否正确。
驱动器铭牌中的“TYPE”一栏中记载有驱动器的型号符号。该型号符号的末尾三位数表示输入电源电压的数值。
200：三相/单相 200V 的电源。
100：单相 100V 的电源。
如果与预计连接的电源电压不符，请及时联系供货商。



请不要连接到与驱动器铭牌标注不符的电压电源上。
连接电源电压与铭牌标注不符可能会损坏驱动器，造成人员受伤及引发火灾。

3

执行元件的安装

3-2 使用注意事项

请遵守以下注意事项，正确使用 FHA-C 系列执行元件。

3

执行元件的安装



- (1) 请注意，严禁在执行元件的输出轴上施加大于标准的力及冲击。
- (2) 请不要将 FHA-C 系列执行元件放置到可能会坠落的平台、架子等上面。可能会坠落。
- (3) 请不要将执行元件的端子连接到直接电源。可能会烧坏执行元件，发生火灾、触电等危险。
- (4) 保存时温度的范围为 $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 。请不要长时间接受阳光照射，不要保管到低温、高温的场所。
- (5) 保存时的湿度界限为相对湿度 80% 以下。请不要在特别潮湿的场所或温度变化剧烈、昼夜温差较大的场所保管。
- (6) 请不要在存在腐蚀性气体、粉尘等的场所使用及保管。

3-3 安装场所和安装工程

安装场所的环境条件

3

执行元件的安装

FHA-C 系列执行元件的安装场所的环境条件如下。请务必遵守这些条件来确定安装场所。

- ◆ 使用温度： 0℃~40℃
收纳到机电箱中时箱体内部温度会因内置设备的电力损耗及箱体容量大小等原因而高于外部空气的温度。请务必考虑箱体的大小、冷却及配置，确保执行元件周围的温度低于 40℃。
- ◆ 环境湿度： 相对湿度 20~80%，但不得结露
请注意，在昼夜温差较大的环境及频繁运转・停止的使用状态下，出现结露的可能性较大。
- ◆ 振动： 24.5m/s² (2.5G) (10Hz~400Hz) 以下
- ◆ 冲击： 294 m/s² (30G) 以下
- ◆ 使用环境： 无喷溅、灰尘、结露、金属粉、腐蚀性气体、水、水滴、油雾等
- ◆ 保护等级： 标准品按满足“IP-44”保护等级的结构进行设计。

表示防水等级。
4：保护不受来自各个方向溅水的侵害。

表示针对接触及异物的保护等级。
4：保护免受大于 1 mm 的固体异物的破坏。

但，不适用于 1) 旋转的滑动部（油封部）、2) 电缆线切断部、3) 选购配件连接器、4) 选购配件传感器部。

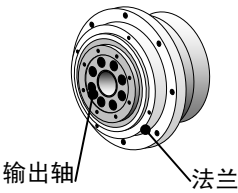
- ◆ 室内使用，避免阳光直射
- ◆ 海拔：1000m 以下

安装作业

FHA-C 系列执行元件可高精度驱动负载机械装置。
安装作业时，请特别注意安装精度，不要使用锤子敲打执行元件的输出部等。因为执行元件内置有编码器。较大冲击会损坏编码器。

安装步骤

- 1 请准确进行执行元件轴和负载装置的定心操作。
注 1：特别是使用刚体联轴器时，请引起足够注意进行定心。即使是细微的偏心，也会超出执行元件的容许载荷，损伤输出轴。
注 2：安装联轴器时，请使用木槌。
- 2 请使用平垫圈和高张力螺栓将执行元件法兰固定到负载机械上。拧紧时，请使用扭矩扳手管理紧固转矩。
紧固转矩见下表。



型号		FHA-17C		FHA-25C		FHA-32C		FHA-40C	
项目		输出轴	法兰	输出轴	法兰	输出轴	法兰	输出轴	法兰
紧固转矩	螺钉, 孔深	6-M5 深 8	6-M5	8-M6 深 10	8-M6	16-M6 深 10	12-M6	8-M10 深 15	8-M10
	N·m	5	3	12	7	12	7	45	25
	kgf·cm	50	30	120	70	120	70	450	250

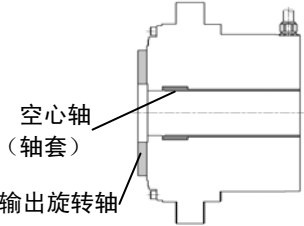
- 3 关于配线操作，请参阅 HA-800 驱动器的“技术资料”。
- 4 连接电动机电缆线・编码器电缆线的接线。
请不要用力拉扯电缆线。否则会损伤连接部。安装时，请务必将电缆线配线留出余量，不要在执行元件之间产生张力。特别是电缆线进行弯曲运动的使用时，请留出充分的弯曲半径（r = 40 mm 以上）。



注意

请勿向空心轴（轴套）施加直接转矩及负载。
空心轴（轴套）通过粘接剂固定在输出旋转轴上。
如果向空心轴（轴套）施加转矩及负载，在接合部位两者可能会出现剥离。

请勿向空心轴（轴套）施加直接转矩及静力矩、轴向负载。



空心轴（轴套）
输出旋转轴



注意

严禁拆解、组装执行元件。
执行元件使用了许多精密部件。我公司无法保证用户自行拆解、组装不会导致设备精度及性能下降。

第4章

选购配件

下面介绍选购配件。

4-1 电动机轴保持制动（选购配件符号：B）	4-1
4-2 带连接器（选购配件符号：C）	4-3
4-3 电缆线长度 5m（选购配件符号：F5）	4-4
4-4 电缆线后方引出（选购配件符号：K）	4-5
4-5 旋转传感器（原点&终端限位）（选购配件符号：L）	4-6
4-6 中继电缆线	4-9

4-1 电动机轴保持制动(选购配件符号: B)

FHA-C 系列可搭载电动机轴保持制动。
FHA-C 系列的制动组装有吸引用和保持用共 2 个线圈，通过执行元件内置电路对电流实施控制，降低保持时的设备功率。
制动励磁电压务必提供规格以内的直流电压，请使用吸引时能够输出消耗电流的电源装置。

4

电动机轴保持制动规格（相对位置编码器时）

选购配件

项目		型号	FHA-17C			FHA-25C			FHA-32C			FHA-40C		
			50	100	160	50	100	160	50	100	160	50	100	160
方式			干式无励磁动作型 (基于吸引线圈和保持线圈实现节能控制)											
制动励磁电压	V		DC24V±10% (无极性) 注1											
吸引时消耗电流 (at 20℃) 注2	A		1.0			1.1			1.2			1.3		
保持时消耗电流 (at 20℃)	A		0.15			0.15			0.2			0.25		
保持转矩 注3	N·m		24	49	78	49	98	157	75	150	240	108	216	345
	kgf·m		2.5	5	8	5	10	16	7.7	15	24	11	22	35
转动惯量 ^{a3} (执行元件整体) (相对位置编码器规格)	(GD ² /4) kg·m ²		0.24	0.96	2.5	1.0	4.1	10.6	2.1	8.4	22	5.5	22	57
	(J) kgf·cm·s ²		2.4	9.8	25	10	42	110	21	86	220	56	230	580
质量 注4	kg		2.9			4.8			7.4			14		
容许通常保持次数 注5			100,000 次											
容许紧急制动次数 注6			200 次											

注 1：制动用电源由用户自行准备。请使用制动吸引时能够输出消耗电流的电源装置。
注 2：吸引时消耗电流的供给时间，DC24V±10%的情况时，小于 0.5sec。
注 3：上表中的数值表示执行元件输出轴上的值。
注 4：该数值为执行元件整体数值。
注 5：制动时电动机轴转速在 150r/min 以下。
注 6：制动时电动机轴转速在 3000r/min。



警告

请注意不要超过容许通常保持次数（电动机轴转速低于 150r/min 时，100,000 次）及容许紧急制动次数（电动机轴转速 3000r/min 时，200 次）。
超过容许通常保持次数、容许紧急制动次数时，保持转矩会下降，不能用作制动。

电动机轴保持制动接线规格

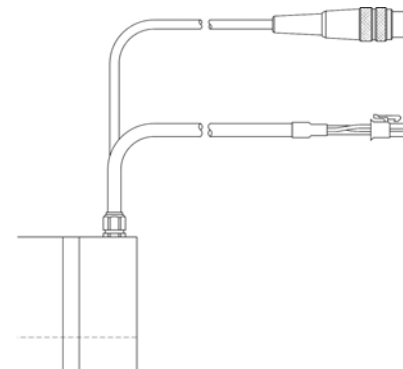
制动导线和电动机导线为同一电缆线。线的颜色见下表。

线色	导线
红	电动机 U 相
白	电动机 V 相
黑	电动机 W 相
绿/黄	PE
蓝	制动 (无极性)
黄	
(屏蔽)	FG

4-2 带连接器（选购配件符号：C）

将连接器安装到执行元件的电缆线端部。与中继电缆线同时使用时，与 HA-800 驱动器的连接会变得非常方便。此外，对于除静电也非常有效，可提升组装时的可靠性。

- 电动机用连接器型号：日本 Molex 株式会社制造
插座・5557-08R、母端子・5556PBTL
- 编码器用连接器型号：Binder 公司制造
相对位置编码器用・99-2009-02-04

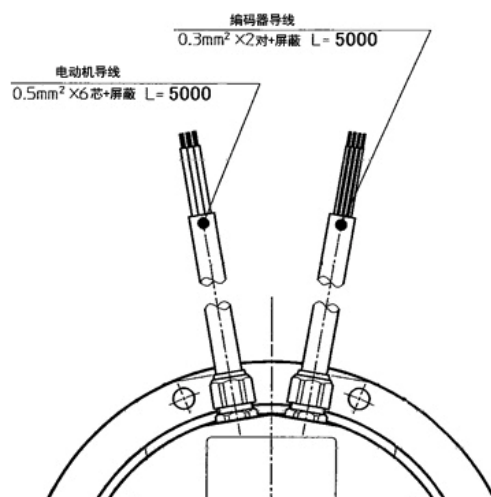


中继侧（接收侧）建议连接器型号

- 电动机用连接器型号：日本 Molex 株式会社制造
插头・5559-08P、公端子・5558
- 编码器用连接器型号：Binder 公司制造
相对位置编码器用・99-2010-02-04

4-3 电缆线长度 5m（选购配件符号：F5）

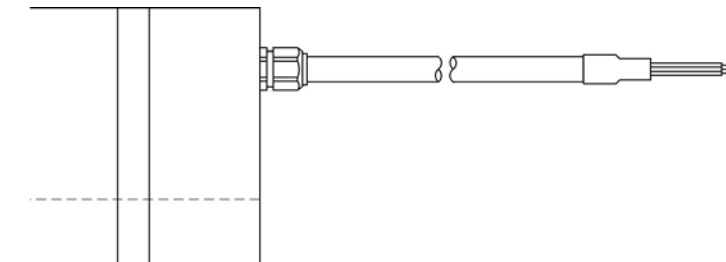
可将执行元件的电缆线（电动机线及编码器线）的长度延长到 5m。请用于无法中继连接的情况等。



4-4 电缆线后方引出（选购配件符号：K）

从执行元件的后方引出电缆线（电动机线及编码器线）。

将执行元件组装到设备时，如果机箱后方没有引线余量的情况下，请使用该引出方式。



4

选购配件

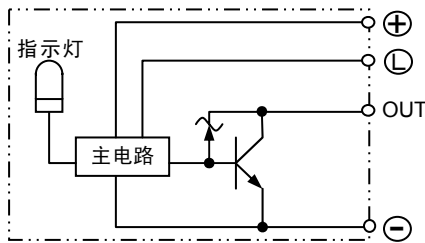
4-5 旋转传感器（原点&终端限位）（选购配件符号：L）

旋转传感器可以与输出轴直接连接安装在执行元件的反输出轴侧。请用于需确定机械动作起点及作为安全措施需确定动作范围等的情况。

旋转传感器规格

原点传感器

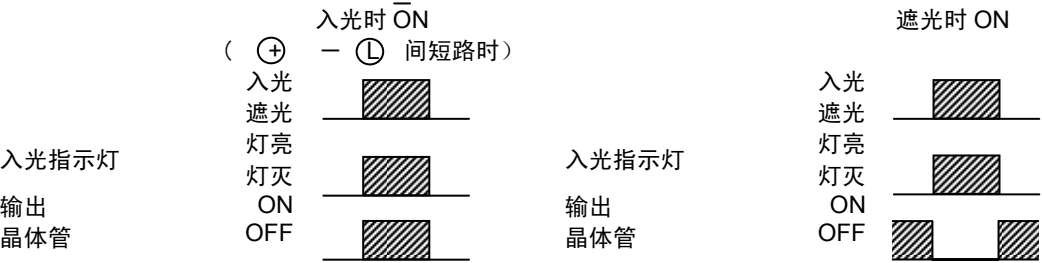
型号：EE-SX672 [欧姆龙株式会社制造]



● 传感器连接图

工作状态：遮光时 ON/入光时 ON（可切换）
（通常遮光时 ON，但通过将（L）端子和（+）端子短路可作为入光时 ON 使用。）
电源电压：DC5~24V±10%、波动（p-p）10%以下
消耗功率：35mA 以下
控制输出：DC5~24V、负载电流（Ic）100mA、残留电压（Vce）0.8V 以下
TTL 驱动时、负载电流（Ic）40mA、残留电压（Vce）0.4V 以下

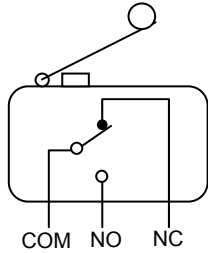
● 时序图



限位开关（限位 1、2）

型号：D2JW-01K21 [欧姆龙株式会社制造]

● 开关接触形式



电气额定：DC30V/100mA 电阻负载
容许动作
频率：机械性 240 次/min、电气性 60 次/min
使用寿命：机械性 100 万次以上、电气性 10 万次以上
※详细规格，请参考欧姆龙株式会社的产品目录。

传感器调节方法

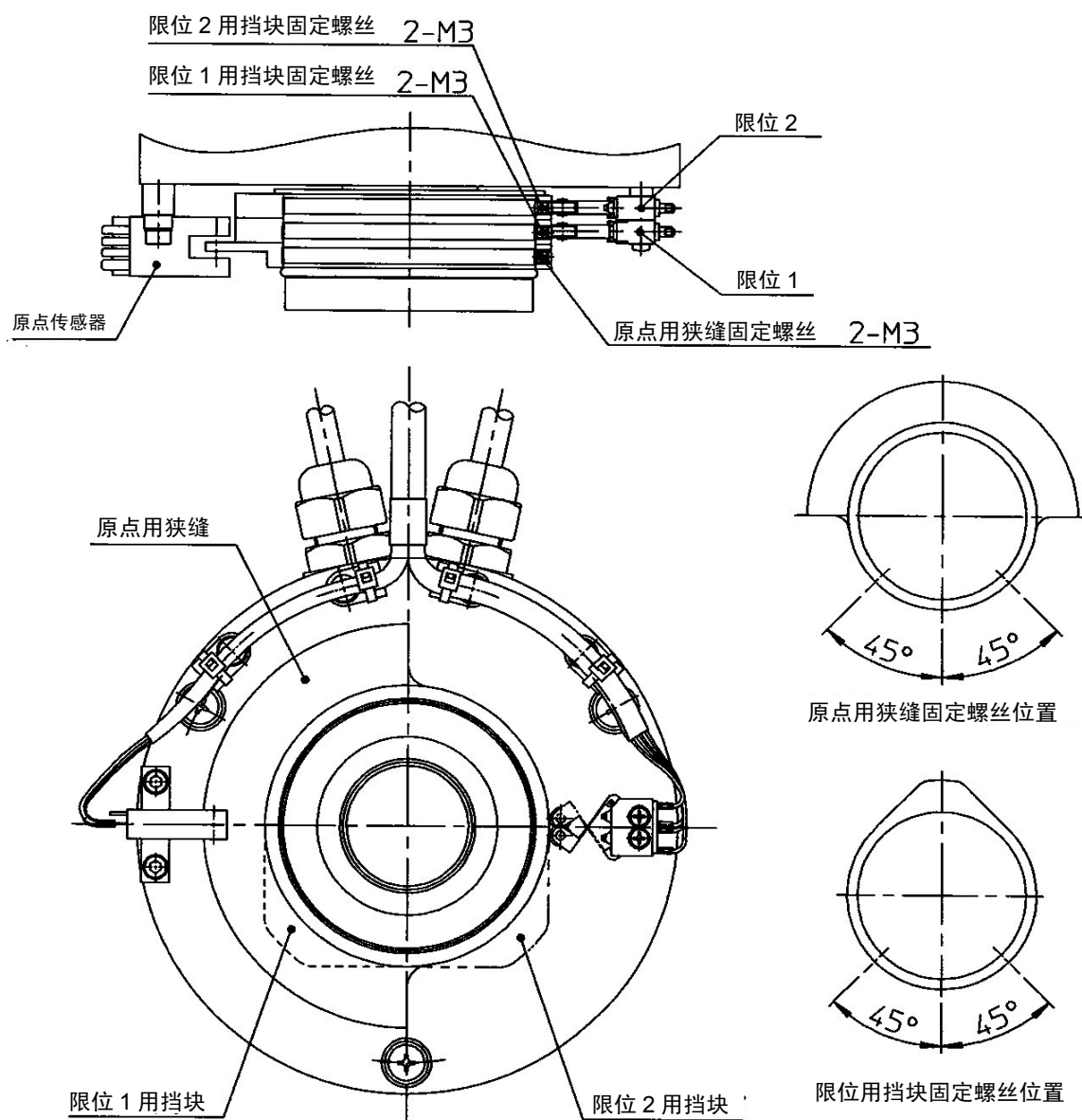
传感器的调节方法如下所示。

- ① 拧松原点用狭缝板、限位 1・2 挡块的固定螺丝。（大约能够用手轻轻转动挡块）
- ② 调节限位 2 用挡块的位置，确定顺时针方向（CW）的限位位置，用固定螺丝拧紧。
- ③ 调节限位 1 用挡块的位置，确定逆时针方向（CCW）的限位位置，用固定螺丝拧紧。
- ④ 确定原点用狭缝板位置时，低速转动执行元件，向原点传感器通电，确认其 ON/OFF 信号后，固定到合适的位置。

注意 1：交货时，原点狭缝板、限位 1・2 挡块的固定螺丝为临时固定。用户定位后，请切实拧紧。

注意 2：重新拧紧时的固定螺丝，建议采用防松处理。

注意 3：完成各传感器位置调节、拧紧固定螺丝后，请试运行确认传感器是否在正确的位置动作。

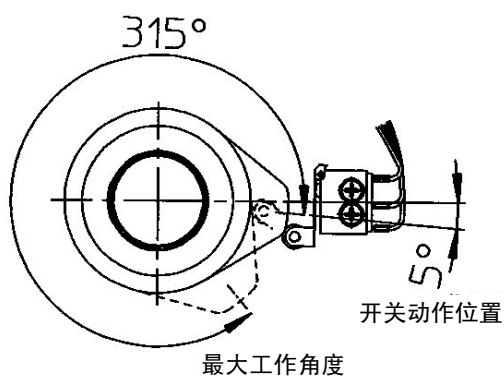


传感器驱动范围

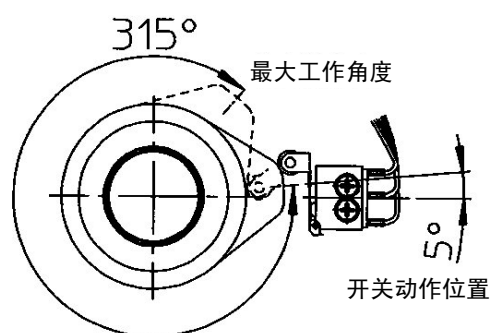
限位 1、2

·FHA-17

· 限位 1 用挡块最大驱动范围

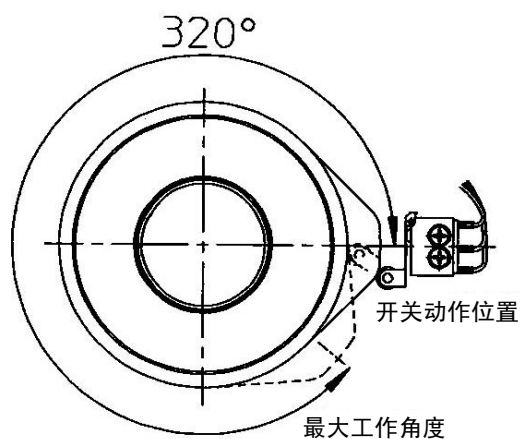


· 限位 2 用挡块最大驱动范围

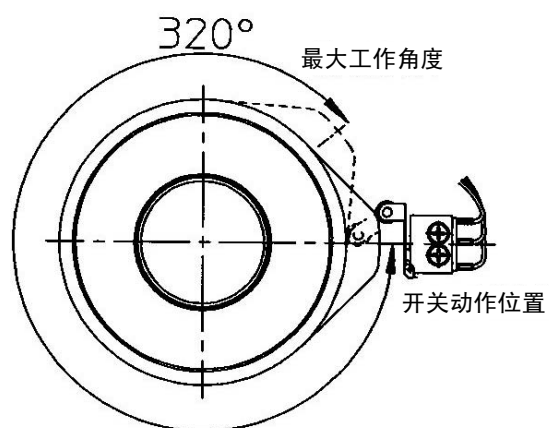


·FHA-25,32,40

· 限位 1 用挡块最大驱动范围



· 限位 2 用挡块最大驱动范围



注意：驱动大于上述最大角时，可能会损坏限位开关。

原点传感器

由于是非接触方式，因此，驱动范围没有限制。

4-6 中继电缆线

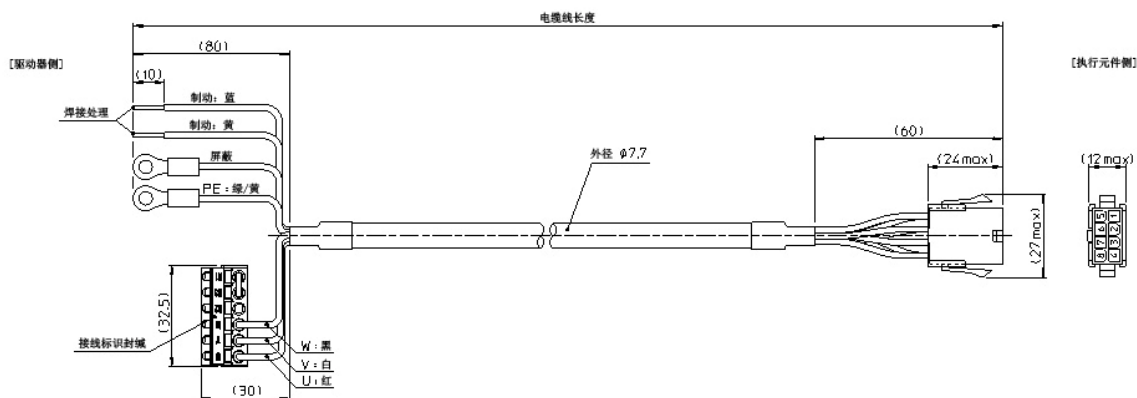
用于连接 FHA-C 型执行元件和 HA-800 驱动器的中继电缆线。
包括电动机用（含制动线）/相对位置编码器用 2 种中继电缆线。
（请用户自行准备信号通信 RS-232C 用电缆线。）

●中继电缆线型号（**表示电缆线长度“3m、5m、10m”。）

①电动机用：

EWC-MB**-M08-TN3

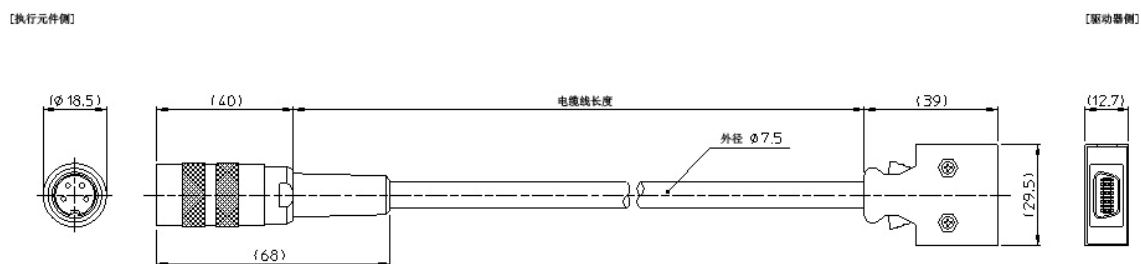
电缆线长度（03=3m、05=5m、10=10m）



②相对位置编码器用：

EWC-E**-B04-3M14

电缆线长度（03=3m、05=5m、10=10m）



附录

附录-1 单位换算	5-1
附录-2 转动惯量计算	5-3

附录-1

单位换算

本技术手册基本采用 SI 单位系。SI 单位系与其它单位系之间的换算系数见下表。

(1) 长度

SI 单位	m	
↓		
单位	ft.	in.
系数	3.281	39.37

(2) 直线速度

SI 单位	m/s			
↓				
单位	m/min	ft./min	ft./s	in/s
系数	60	196.9	3.281	39.37

(3) 直线加速度

SI 单位	m/s ²			
↓				
单位	m/min ²	ft./min ²	ft./s ²	in/s ²
系数	3600	1.18x10 ⁴	3.281	39.37

(4) 力

SI 単位	N		
↓			
単位	kgf	lb(力)	oz(力)
系数	0.102	0.225	4.386

(5) 质量

SI 单位	kg	
↓		
单位	lb.	oz.
系数	2.205	35.27

(6) 角度

SI 単位	rad		
↓			
単位	度	分	秒
系数	57.3	3.44×10^3	2.06×10^5

(7) 角速度

SI 单位	rad/s			
↓				
单位	度/s	度/min	r/s	r/min
系数	57.3	3.44×10^3	0.1592	9.55

单位	ft.	in.
系数	0.3048	0.0254
↓		
SI 单位	m	

单位	m/min	ft./min	ft./s	in/s
系数	0.0167	5.08x10 ⁻³	0.3048	0.0254
↓				
SI 单位	m/s			

单位	m/min ²	ft./min ²	ft./s ²	in/s ²
系数	2.78 x10 ⁻⁴	8.47x10 ⁻⁵	0.3048	0.0254
↓				
SI 单位	m/s ²			

单位	kgf	lb(力)	oz(力)
系数	9.81	4.45	0.278
↓			
SI 单位	N		

单位	lb.	oz.
系数	0.4535	0.02835
↓		
SI 单位	kg	

单位	度	分	秒
系数	0.01755	2.93x10 ⁻⁴	4.88x10 ⁻⁶
↓			
SI 单位	rad		

单位	度/s	度/min	r/s	r/min
系数	0.01755	2.93x10 ⁻⁴	6.28	0.1047
↓				
SI 单位	rad/s			

(8) 角加速度

SI 单位	rad/s ²	
		
单位	度/s ²	度/min ²
系数	57.3	3.44x10 ³

单位	度/s ²	度/min ²
系数	0.01755	2.93x10 ⁻⁴
↓		
SI 单位	rad/s ²	

(9) 转矩

SI 单位	N·m			
↓				
单位	kgf·m	lb·ft	lb·in	oz·in
系数	0.102	0.738	8.85	141.6

单位	kgf·m	lb·ft	lb·in	oz·in
系数	9.81	1.356	0.1130	7.06x10 ⁻³
↓				
SI 单位	N·m			

(10) 转动惯量

SI 单位	kg·m ²							
↓								
单位	kgf·m·s ²	kgf·cm·s ²	lb·ft ²	lb·ft·s ²	lb·in ²	lb·in·s ²	oz·in ²	oz·in·s ²
系数	0.102	10.2	23.73	0.7376	3.42x10 ³	8.85	5.47x10 ⁴	141.6

单位	kgf·m·s ²	kgf·cm·s ²	lb·ft ²	lb·ft·s ²	lb·in ²	lb·in·s ²	oz·in ²	oz·in·s ²
系数	9.81	0.0981	0.0421	1.356	2.93x10 ⁻⁴	0.113	1.829x10 ⁻⁵	7.06x10 ⁻³

↓								
SI 单位	kg·m ²							

(11) 扭转弹簧常数·转动刚性

SI 单位	N·m/rad				
↓					
单位	kgf·m/rad	kgf·m/arc min	kgf·m/度	lb·ft/度	lb·in/度
系数	0.102	2.97×10 ⁻⁵	1.78×10 ⁻³	0.0129	0.1546

单位	kgf·m/rad	kgf·m/arc min	kgf·m/度	lb·ft/度	lb·in/度
系数	9.81	3.37 x10 ⁴	562	77.6	6.47

↓					
SI 单位	N·m/rad				

附录-2 转动惯量计算

质量 · 转动惯量计算式

(1) 旋转中心与重心线一致时

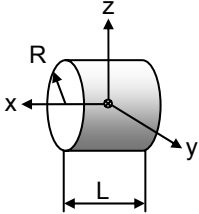
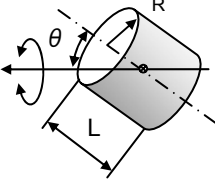
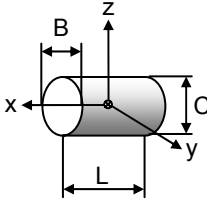
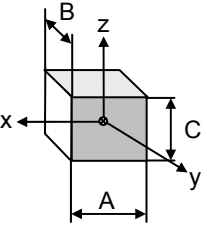
下表是质量和转动惯量的计算公式。

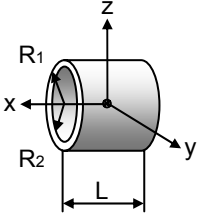
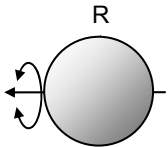
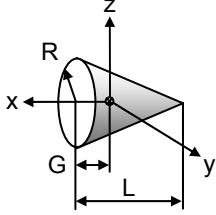
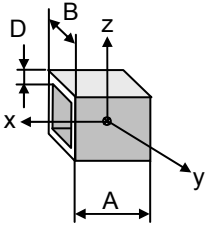
m : 质量 (kg)、Ix,Iy,Iz: 将 x,y,z 轴作为旋转中心的转动惯量 (kg·m²)

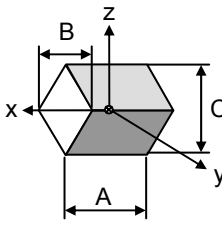
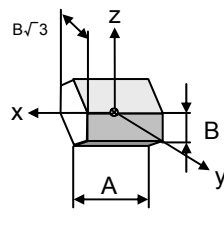
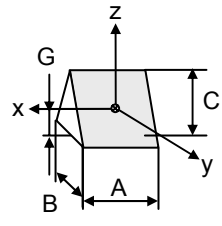
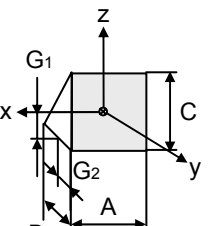
G : 距重心端面的距离 (m)

ρ : 比重

单位 长度: m、质量: kg、转动惯量: kg·m²

物体形状	质量 · 惯性 · 重心位置
圆柱	 $m = \pi R^2 L \rho$ $I_x = \frac{1}{2} m R^2$ $I_y = \frac{1}{4} m \left(R^2 + \frac{L^2}{3} \right)$ $I_z = \frac{1}{4} m \left(R^2 + \frac{L^2}{3} \right)$
倾斜的圆柱	 $m = \pi R^2 L \rho$ $I_\theta = \frac{1}{12} m \times \left\{ 3R^2 (1 + \cos^2 \theta) + L^2 \sin^2 \theta \right\}$
椭圆柱	 $m = \frac{1}{4} BC L \rho$ $I_x = \frac{1}{16} m (B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{C^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$ $I_z = \frac{1}{4} m \left(\frac{B^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$
棱柱	 $m = ABC \rho$ $I_x = \frac{1}{12} m (B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{12} m (C^2 + A^2)$ $I_z = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2)$

物体形状	质量 · 惯性 · 重心位置
圆管	 $m = \pi (R_1^2 - R_2^2) L \rho$ $I_x = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2)$ $I_y = \frac{1}{4} m \left\{ (R_1^2 + R_2^2) + \frac{L^2}{3} \right\}$ $I_z = \frac{1}{4} m \left\{ (R_1^2 + R_2^2) + \frac{L^2}{3} \right\}$ R₁: 外径、R₂: 内径
球	 $m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$ $I = \frac{2}{5} m R^2$
圆锥	 $m = \frac{1}{3} \pi R^2 L \rho$ $I_x = \frac{3}{10} m R^2$ $I_y = \frac{3}{80} m (4R^2 + L^2)$ $I_z = \frac{3}{80} m (4R^2 + L^2)$ $G = \frac{L}{4}$
正方形管	 $m = 4AD(B - D)\rho$ $I_x = \frac{1}{3} m \left\{ (B - D)^2 + D^2 \right\}$ $I_y = \frac{1}{6} m \left\{ \frac{A^2}{2} + (B - D)^2 + D^2 \right\}$ $I_z = \frac{1}{6} m \left\{ \frac{A^2}{2} + (B - D)^2 + D^2 \right\}$

物体形状	质量·惯性·重心位置	物体形状	质量·惯性·重心位置
菱形柱 	$m = \frac{1}{2}ABC\rho$ $I_x = \frac{1}{24}m(B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{24}m(C^2 + 2A^2)$ $I_z = \frac{1}{24}m(B^2 + 2A^2)$	正六方柱 	$m = \frac{3\sqrt{3}}{2}AB^2\rho$ $I_x = \frac{5}{12}mB^2$ $I_y = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{5}{2}B^2\right)$ $I_z = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{5}{2}B^2\right)$
等边三角柱 	$m = \frac{1}{2}ABC\rho$ $I_x = \frac{1}{12}m\left(\frac{B^2}{2} + \frac{2}{3}C^2\right)$ $I_y = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{2}{3}C^2\right)$ $I_z = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{B^2}{2}\right)$ $G = \frac{C}{3}$	直角三角柱 	$m = \frac{1}{2}ABC\rho$ $I_x = \frac{1}{36}m(B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{2}{3}C^2\right)$ $I_z = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{2}{3}B^2\right)$ $G_1 = \frac{C}{3} \quad G_2 = \frac{B}{3}$

● 比重的例子

下表是比重的参考值。对于实际材料的比重，请分别进行确认。

材料	比重	材料	比重	材料	比重
SUS304	7.93	铝	2.70	环氧树脂	1.90
S45C	7.86	硬铝	2.80	ABS	1.10
SS400	7.85	硅	2.30	硅树脂	1.80
铸铁	7.19	石英玻璃	2.20	聚氨酯橡胶	1.25
铜	8.92	特氟龙	2.20		
黄铜	8.50	氟化树脂	2.20		

(2) 旋转中心与重心线不一致时

惯性体的重心轴与旋转轴不一致时的转动惯量使用下面的公式计算

$$I = I_g + mF^2$$

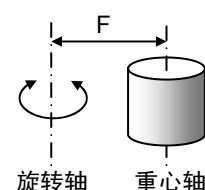
I : 重心轴与旋转轴不一致时的转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

I_g : 重心轴与旋转轴一致时的转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

根据形状，使用(1)的公式来计算。

m : 质量 (kg)

F : 旋转轴与重心轴的距离 (m)



(3) 直线运动物体的转动惯量

通过螺丝等驱动的直线运动物体的 FHA-C 执行元件轴换算转动惯量，使用下面的公式计算。

$$I = m\left(\frac{P}{2\pi}\right)^2$$

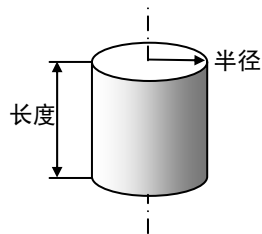
I : 直线运行物体的执行元件轴换算转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

m : 质量 (kg)

P : 执行元件旋转一次的直线移动量 (m/rev)

圆柱的转动惯量

根据右图可计算圆柱的转动惯量概算值。

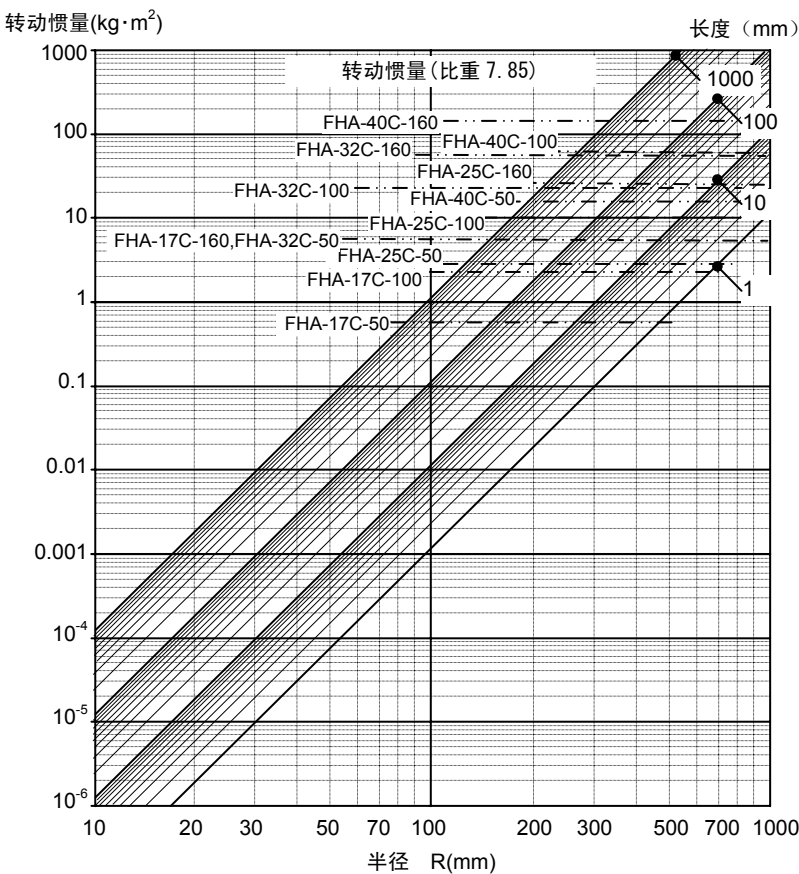
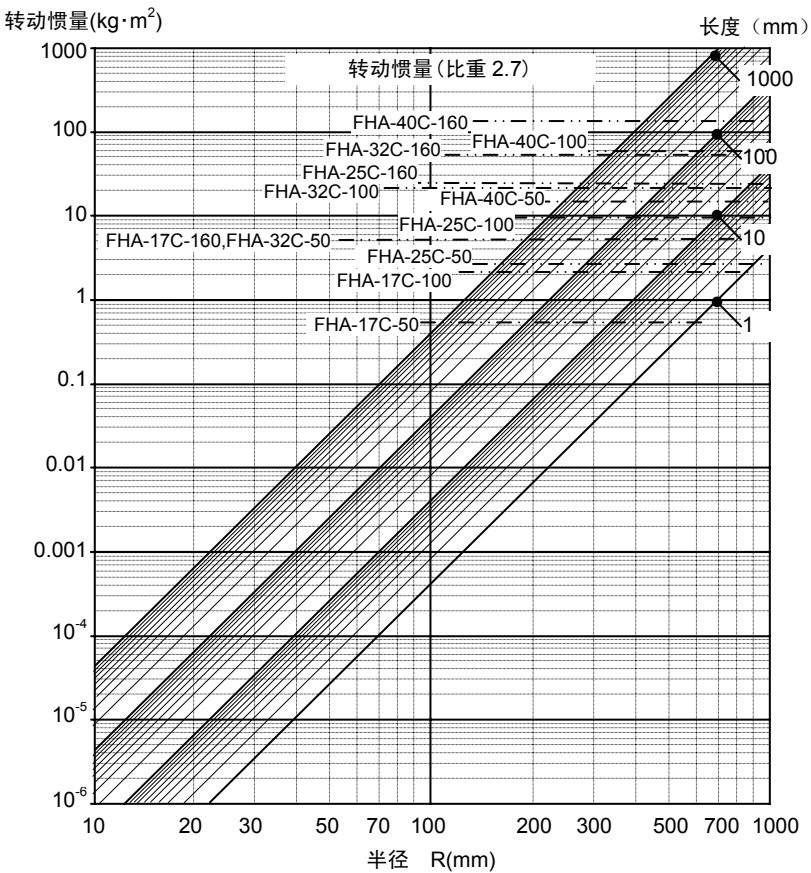


附录

上面的曲线图适用于铝（比重：2.7），
下面的曲线图适用于钢铁材料（比重：7.85）。

图中FHA-C系列各执行元件线表示容
许最大转动惯量（大致数值）。

（例子）
材质：铝
外径：100mm
长度：7mm
形状：圆柱
外径：100mm，因此，半径为50mm。
因此，根据上图，转动惯量为
约 $1.9 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 。
（计算值： $0.000186 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ）



附

附录

索引

A

安装场所	3-4
安装工程	3-4
安装作业	3-5

C

传感器驱动范围	4-8
传感器调节方法	4-7

D

带连接器	4-3
单方向定位精度	1-8
单位	5-1
电动机导线规格	1-18
电动机轴保持制动	4-1
电动机轴保持制动规格	4-1
电动机轴保持制动接线规格	4-1
电缆线长度 5m	4-4
电缆线后方引出	4-5

F

负载	2-10
负载载荷	2-3
负载转动惯量	2-2, 2-7
负载转矩	2-8

G

刚性	1-10
规格	1-4

H

环境条件	3-4
------------	-----

J

机械精度	1-7
加速时间	2-9
减速时间	2-9
接线规格	1-18
静态安全系数	2-6

K

开箱检查	3-1
抗冲击	1-13
可用区间	1-15

N

耐振动	1-14
-----------	------

R

容许负载转动惯量	2-1
----------------	-----

S

使用寿命	2-4
使用注意事项	3-3
使用转速	2-7
输出轴分辨率	1-9

W

外形尺寸	1-5
------------	-----

X

相对位置规格	1-4, 1-5
相关技术资料	7
型号	1-2
旋转传感器（原点&终端限位）	4-6
旋转传感器规格	4-6
旋转方向	1-12
旋转方向扭转刚性	1-11

Y

有效转矩、平均转速	2-13
与驱动器的组合	1-3
圆柱的转动惯量	5-5
运转状况研究	2-7

Z

中继电缆线	4-9
主要特征	1-1
转动刚性	1-10
转动惯量	2-1, 2-7, 5-3

保修期和保修范围

本产品的保修期及保修范围规定如下：

■ 保修期

在遵守技术资料及使用说明书中记载的各项内容的前提下，保修期为交货后的一年时间或该产品运行时间达到 2000 小时两者中最先达到的时间。

■ 保修范围

在上述保修期内，因本公司制造缺陷导致故障时，由本公司负责对本产品进行维修或更换。但以下情况不在保修范围内。

- ①因客户不当操作或使用导致故障的
- ②非本公司实施的改造或修理导致故障的
- ③非本产品原因导致故障的
- ④其它天灾等非本公司责任导致故障的

而且，这里所说的保修是指对本产品的保修。

对于因本产品故障引发的其它损失、与在设备上拆装相关的工时、费用等，不在本公司负责范围内。



哈默纳科（上海）商贸有限公司

<http://www.harmonicdrive.net.cn>

上海总公司

地址：上海市长宁区天山路 641 号慧谷白猫科技园 1 号楼 206 室
电话：021-62375656

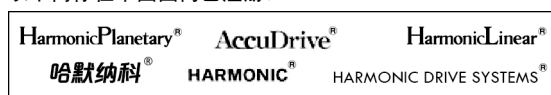
深圳分公司

地址：广东省深圳市宝安区宏发领域大厦 4 栋 17 层 27、29 室
电话：0755-27592446

重庆分公司

地址：重庆市渝北区龙溪街道红锦大道 86 号中渝广场 3 号楼 1308 室
电话：023-67819781

以下商标在中国国内已注册。



以下商标在日本国内已注册。



本技术资料数据截止于 2015 年 3 月。

No.1503-11R-TFHAC