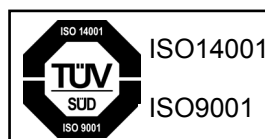
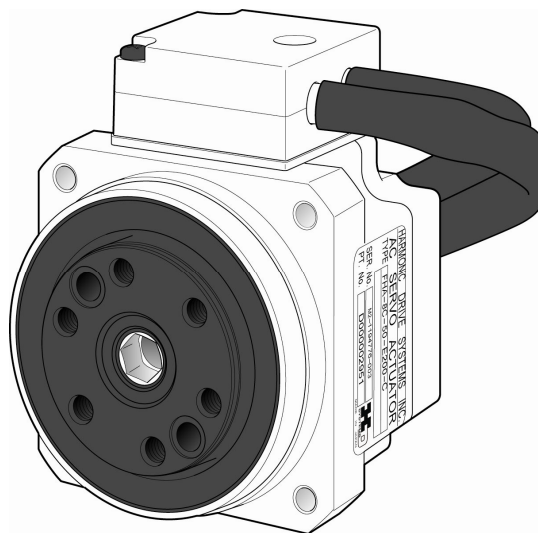


AC 伺服传动装置 FHA-C mini 系列 技术资料



前言

非常感谢您购买 AC 伺服驱动器 FHA-Cmini 系列。

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。

	表示操作错误可能会导致人员死亡或负重伤。
	表示操作错误可能会导致人员受伤及财产损失。
	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。



将本产品用于可能造成人员伤亡或其他重大损失的设备中时，请安装必要的安全装置，以确保即使因产品损坏导致输出无法控制，也不会出现事故。

安全注意事项

执行元件使用注意事项

● 设计注意事项



注 意

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
- 冲击：294m/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。

● 使用注意事项



警 告

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，请不要用木槌等敲打。
- 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。



注 意

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。

驱动器使用注意事项

● 设计注意事项

**请在规定环境下使用。**

驱动器会发热。请充分重视散热，在以下条件下使用。

- 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

电源电压为 DC24V 规格时，请使用已实施强化绝缘或双重绝缘的 DC24V 电源向驱动器供电。

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。
- 执行元件、驱动器的接地，请采用 D 类以上（接地电阻小于 100Ω）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。

将本产品用于可能造成人员伤亡或其他重大损失的设备中时，请安装必要的安全装置，以确保即使因产品损坏导致输出无法控制，也不会出现事故。

● 使用注意事项

**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 15 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 15 分钟后，在确认 CHAGE 指示灯已熄灭的情况下，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。
- 用于以上情况时，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执行元件的运转/停止操作。

关于报废



请按工业废弃物标准进行处理。

驱动器的外壳及机箱上有材质标识，请按标识进行分类处理。

本书结构

第 1 章	概要	介绍产品的型号、规格、外形尺寸等概要。
第 2 章	选定	介绍规格的选定方法。
第 3 章	安装	介绍安装方法。
附录		介绍单位换算、转动惯量的计算方法。

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
本书结构	5
目录	6

第 1 章 概要

1-1 概要	1-1
主要特点	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
电源电压 AC100V / AC200V 规格	1-4
电源电压 DC24V 规格	1-5
1-5 外形尺寸	1-6
电缆线横向引出（标准规格/相对位置编码器规格）	1-6
电缆线后方引出（选购配件规格/相对位置编码器规格）	1-7
电缆线横向引出（标准规格/绝对位置编码器规格）	1-8
1-6 机械精度	1-9
1-7 单方向定位精度	1-10
水平分度时角度修正功能	1-10
1-8 检测器分辨率	1-11
1-9 刚性	1-12
转动刚性	1-12
旋转方向扭转刚性	1-13
1-10 旋转方向	1-14
1-11 抗冲击	1-15
1-12 耐振动	1-16
1-13 可用区间	1-17
1-14 接线规格	1-24

第 2 章 选定

2-1	电源连接	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
	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
	负载系数曲线.....	2-11
	有效转矩、平均转速研究.....	2-13
	过载检测时间.....	2-14

第 3 章 安装

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
	安装场所的环境条件.....	3-4
	安装作业.....	3-4

附录

附录-1	单位换算	附-1
附录-2	转动惯量计算.....	附-3
	质量·转动惯量计算公式.....	附-3
	圆柱的转动惯量	附-5

第 1 章

概要

下面介绍产品的型号、规格、外形尺寸等概要。

1-1	概要	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	1-6
1-6	机械精度	1-9
1-7	单方向定位精度	1-10
1-8	检测器分辨率	1-11
1-9	刚性	1-12
1-10	旋转方向	1-14
1-11	抗冲击	1-15
1-12	耐振动	1-16
1-13	可用区间	1-17
1-14	接线规格	1-24

1-1 概要

FHA-C mini 系列是具备高转矩、提供精密旋转动作的 AC 伺服传动装置。是将 8 至 14 型号的薄型・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 伺服传动装置。

特征之一首先是形状。体积超薄、小巧。特征之二是中空结构。传动装置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。（*1）

HA-800 及 HA-680 驱动器是为 FHA-C mini 系列驱动而专门研发的位置、速度控制伺服驱动装置。小巧、多功能型驱动器能够准确、精密控制 FHA-C mini 系列的动作。

FHA-C mini 系列可用于机器人关节的驱动、半导体、液晶面板制造设备的定位机构、其它各种 FA 设备。

主要特点

薄型形状

研发出了薄型、精密控制用减速装置谐波驱动[®]和超扁平 AC 伺服电动机，实现了一体化。安装凸缘面到传动装置端部的长度短于本公司传统产品 AC 伺服传动装置的 1/3。超薄的体积进一步实现了进行驱动的机械设备的小型化。

中空结构（*1）

传动装置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。该特点可实现机械设备构造的简单化。

高转矩

组装有薄型・精密控制用减速装置谐波驱动[®]，因此，与采电动机直接驱动的方式相比，在同等外形尺寸上其输出转矩非常高。

高定位精度

检测器分辨率为 800,000/rev（相对位置编码器）、13,107,200/rev（绝对位置编码器），实际的单方向定位精度小于 90 秒（FHA-14C-100），精度非常高。

强大的扭转刚性

采用了高刚性的谐波驱动[®]CSF 系列。

绝对位置编码器

除了传统的相对位置编码器外，新增加了绝对位置编码器。产品阵容得以充实，能够满足客户更广泛的需求。

（*1）：绝对位置编码器的规格非中空结构。

1-2 型号

1

概要

FHA-C mini 系列传动装置的型号和符号的读法如下:

相对位置编码器时

FHA-8 C-30-E200-C ☐ ☐

								机 型：AC 伺服传动装置 FHA-C mini 系列
								型 号：8、11、14
								版本符号
								谐波驱动®的减速比 30: 1/30 50: 1/50 100: 1/100
								编码器种类与分辨率
								E200 相对位置编码器 2000p/rev
								带连接器(标准规格)
								输入电源电压 无 : AC100V,200V 规格 E : DC24V 规格
								电缆线引出方向 无 : 横向(标准规格) K : 后方向(选购配件规格)

绝对位置编码器时

FHA-8 C-30-12S17b A-C

[illegible]

1

概要

1-3 与驱动器的组合

FHA-C mini 系列传动装置与 HA-800、HA-680 或 RF2H21A0AHD 驱动器组合使用。用户可根据所使用的电源电压选择不同型号的驱动器。组合如下：

传动装置 系列名称	型号	电源电压 (V)	编码器 型号	组合驱动器		
				通用 I/O 指令型	支持 MECHATROLINK- II	支持 CC-Link
FHA-C mini 系列	8	AC200	4 根线 相对位置	HA-800A-1C-200	HA-800B-1C-200	HA-800C-1C-200
	11	AC200				
	14	AC200				
	8	AC100		HA-800A-1C-100	HA-800B-1C-100	HA-800C-1C-100
	11	AC100				
	14	AC100				
FHA-C mini 系列	8	AC200	17bit 绝对位置	HA-800A-1D-200	HA-800B-1D-200	HA-800C-1D-200
	11	AC200				
	14	AC200				
	8	AC100		HA-800A-1D-100	HA-800B-1D-100	HA-800C-1D-100
	11	AC100				
	14	AC100				
FHA-C mini 系列	8	DC24	4 根线 相对位置	HA-680-4-24	HA-680ML-4-24	HA-680CL-4-24
	11	DC24				
	14	DC24		HA-680-6-24	HA-680ML-6-24	HA-680CL-6-24
FHA-C mini 系列	8	DC24	17bit 绝对位置	RF2H21A0AHD	—	—
	11	DC24				
	14	DC24				

1-4 规格

1

概要

电源电压 AC100V / AC200V 规格

电源电压表示 AC100V/AC200V 时 FHA-C mini 系列传动装置的规格。

项目		型号	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C								
			30	50	100	30	50	100	30	50	100						
最大转矩 注 3		N·m	1.8	3.3	4.8	4.5	8.3	11	9.0	18	28						
		kgf·m	0.18	0.34	0.49	0.46	0.85	1.1	0.92	1.8	2.9						
最高转速		r/min	200	120	60	200	120	60	200	120	60						
转矩常数		N·m/A	3.9	6.7	14	3.8	6.6	13	4.2	7.2	15						
		kgf·m/A	0.40	0.68	1.4	0.39	0.67	1.4	0.43	0.74	1.5						
最大电流 注 3		A	0.61	0.64	0.48	1.5	1.6	1.1	2.9	3.2	2.4						
容许连续电流 注 3		A	0.31	0.34	0.26	0.74	0.69	0.54	1.27	1.06	0.85						
输入电源电压 (驱动器)		V	AC200、AC100														
感应电压常数 (相间)		V/(r/min)	0.48	0.80	1.6	0.48	0.80	1.6	0.52	0.86	1.70						
相电阻		Ω (20℃)	14			3.7			1.4								
相电感		mH	5.7			3.2			1.8								
转动惯量	INC (GD ² /4)	kg·m ²	0.0026	0.0074	0.029	0.0060	0.017	0.067	0.018	0.050	0.20						
		kgf·cm·s ²	0.0270	0.0750	0.30	0.0610	0.170	0.680	0.180	0.510	2.00						
	ABS (GD ² /4)	kg·m ²	0.0026	0.0073	0.029	0.0062	0.017	0.069	0.019	0.054	0.215						
		kgf·cm·s ²	0.0270	0.0747	0.298	0.0630	0.176	0.705	0.197	0.547	2.189						
减速比			30	50	100	30	50	100	30	50	100						
容许静力矩		N·m	15			40			75								
		kgf·m	1.5			4.1			7.7								
转动刚性		N·m/rad	2 x 10 ⁴			4 x 10 ⁴			8 x 10 ⁴								
		kgf·m/rad	0.2 x 10 ⁴			0.4 x 10 ⁴			0.8 x 10 ⁴								
电动机位置检测器	INC		相对位置编码器：2000 脉冲/转														
	ABS		绝对位置编码器：多转 16bit (65536 转)、 1 转 17bit (131072 脉冲/转)														
检测器分辨率 注 5 INC (4 倍频时)		脉冲/转	240,000	400,000	800,000	240,000	400,000	800,000	240,000	400,000	800,000						
ABS (输出轴换算)		脉冲/转	3,932,160	6,553,600	13,107,200	3,932,160	6,553,600	13,107,200	3,932,160	6,553,600	13,107,200						
单方向定位精度		秒 (角度)	150	120	120	120	90	90	120	90	90						
		角度修正时	利用 HA-800 驱动器的角度修正功能，无干扰时可较上述数值提升 30% 注 6														
质量	INC	kg	0.40			0.62			1.2								
	ABS	kg	0.50			0.75			1.3								
保护等级			全闭自冷型														
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 抗磁干扰：0.01Tesla (ABS)														
电动机绝缘			绝缘电阻：100MΩ 以上 (DC500V) 绝缘耐压：AC1500V/1min 绝缘等级：B 级														
安全规格			CE 标志 (绝对位置编码器计划取得。)														
安装方向			可全方向安装														

注 1：(INC) 表示相对位置编码器，(ABS) 表示绝对位置编码器。

注 2：上表中的数值表示输出轴上的值。
注 3：与 HA-800 驱动器组合使用时的数值。
注 4：各数值为代表值。
注 5：检测器分辨率为以下数值。
 相对位置编码器：（电动机轴编码器 4 倍频时分辨率）×（减速比）。
 绝对位置编码器：（电动机轴编码器分辨率）×（减速比）
注 6：详细内容，请参考 HA-800 驱动器的技术资料。
注 7：关于试验条件，请参考“1-11 抗冲击”（P1-15）、“1-12 耐振动”（P1-16）。

电源电压 DC24V 规格

电源电压表示 DC24V 时 FHA-C mini 系列传动装置的规格。

项目		FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C								
		30	50	100	30	50	100	30	50	100						
最大转矩 注 2	N·m	1.8	3.3	4.8	4.5	8.3	11	9.0	18	28						
	kgf·m	0.18	0.34	0.49	0.46	0.85	1.1	0.92	1.8	2.9						
最高转速	r/min	200	120	60	200	120	60	200	120	60						
转矩常数	N·m/A	0.8	1.3	2.7	0.8	1.3	2.6	0.8	1.4	2.9						
	kgf·m/A	0.08	0.13	0.28	0.08	0.13	0.27	0.08	0.14	0.30						
最大电流 注 2	A	3.0	3.3	2.4	7.8	8.2	5.6	14.8	16.4	12.3						
容许连续电流 注 2	A	1.6	1.7	1.3	3.7	3.5	2.8	6	5.4	4.4						
输入电源电压（驱动器）	V	DC24														
感应电压常数（相间）	V/(r/min)	0.10	0.16	0.32	0.09	0.15	0.31	0.10	0.17	0.34						
相电阻	Ω (20℃)	0.54			0.19			0.07								
相电感	mH	0.22			0.11			0.06								
转动惯量 INC (GD ² /4) (J)	kg·m ²	0.0026	0.0074	0.029	0.0060	0.017	0.067	0.018	0.050	0.20						
	kgf·cm·s ²	0.0270	0.0750	0.30	0.0610	0.170	0.680	0.180	0.510	2.00						
减速比		30	50	100	30	50	100	30	50	100						
容许静力矩	N·m	15			40			75								
	kgf·m	1.5			4.1			7.7								
转动刚性	N·m/rad	2 x 10 ⁴			4 x 10 ⁴			8 x 10 ⁴								
	kgf·m/rad	0.2 x 10 ⁴			0.4 x 10 ⁴			0.8 x 10 ⁴								
电动机位置检测器		相对位置编码器：2000 脉冲/转														
检测器分辨率（4 倍频时） 注 4	脉冲/转	240,000	400,000	800,000	240,000	400,000	800,000	240,000	400,000	800,000						
单方向定位精度	秒（角度）	150	120	120	120	90	90	120	90	90						
	角度修正时	利用 HA-680 驱动器的角度修正功能，无干扰时可较上述数值提升 30% 注 5														
质量	kg	0.40			0.62			1.2								
保护等级		全闭自冷型														
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：AC500V/1min 绝缘等级：B 级														
安全规格		CE 标志														
安装方向		可全方向安装														

注 1：上表中的数值表示输出轴上的值。
注 2：与 HA-680 驱动器组合使用时的数值。
注 3：各数值为代表值。
注 4：检测器分辨率是（电动机轴编码器 4 倍频时分辨率）×（减速比）的数值。
注 5：详细内容，请参考 HA-680 驱动器的技术资料。
注 6：关于试验条件，请参考“1-11 抗冲击”（P1-15）、“1-12 耐振动”（P1-16）。

1-5 外形尺寸

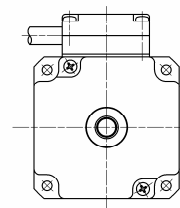
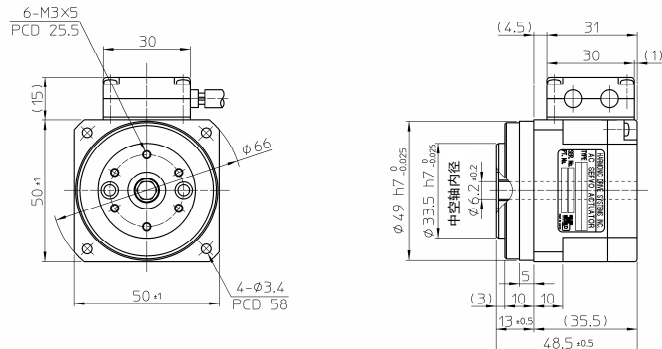
1 概要

下图表示 FHA-C mini 系列传动装置的外形尺寸。

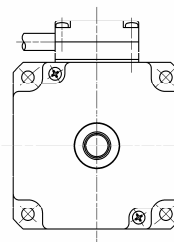
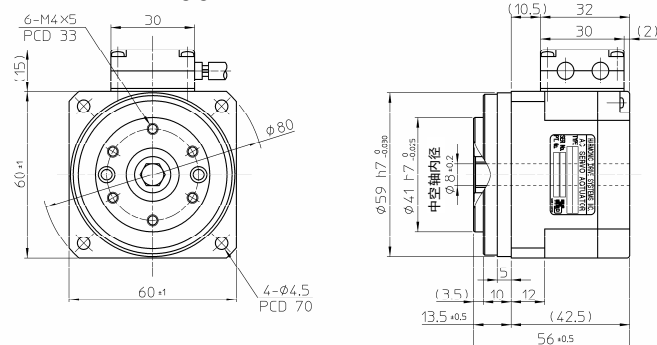
电缆线横向引出（标准规格/相对位置编码器规格）

FHA-8C-xx-E200-C

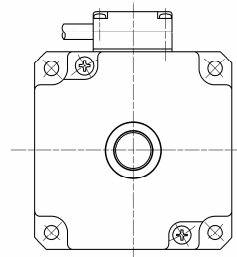
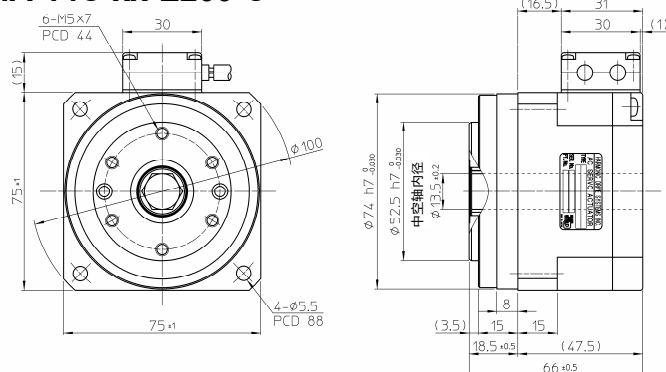
单位：mm（第3角法）



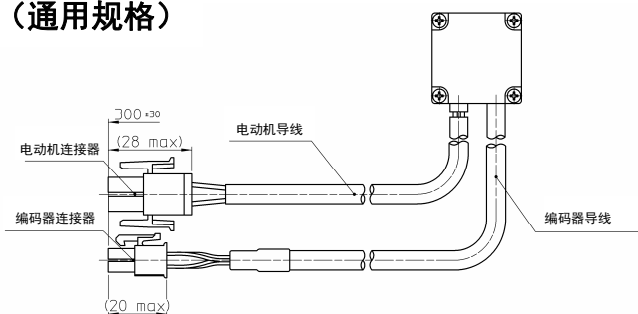
FHA-11C-xx-E200-C



FHA-14C-xx-E200-C



电缆线引出（通用规格）

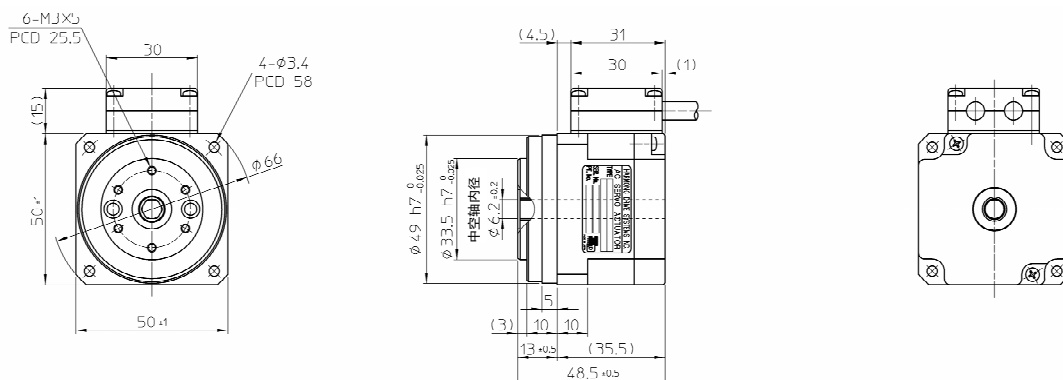


注) 不同的零件制造方法（铸造品、机械加工品），公差各异。未标注公差的尺寸公差，必要时请咨询本公司。

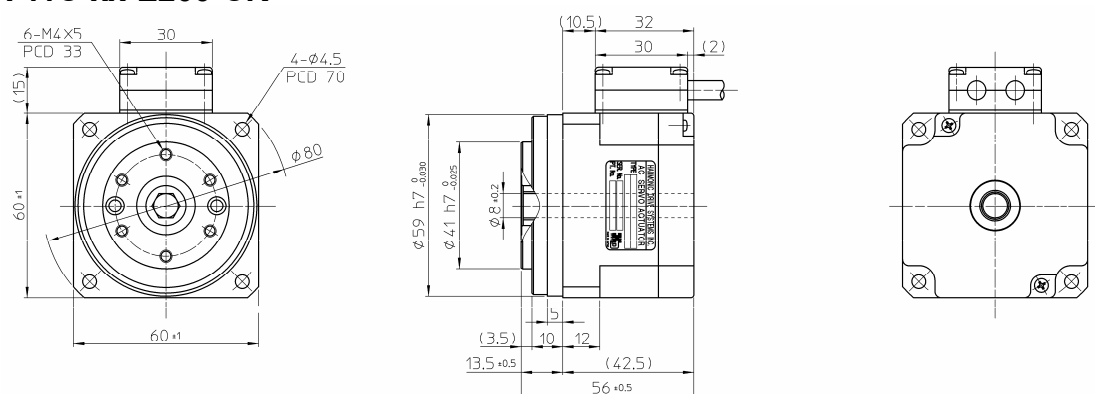
电缆线后方引出（选购配件规格/相对位置编码器规格）

FHA-8C-xx-E200-CK

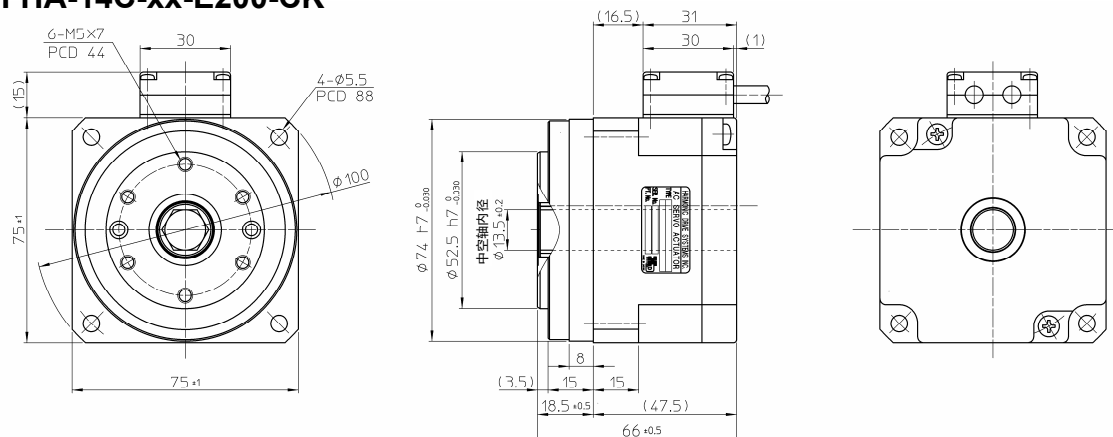
单位：mm（第3角法）



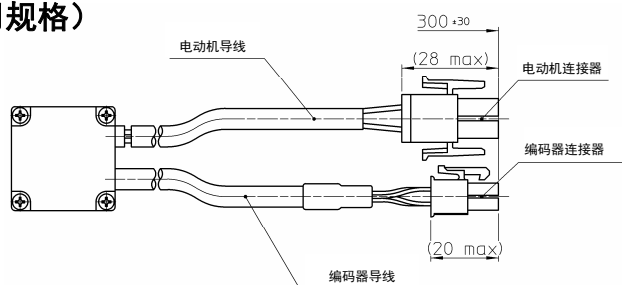
FHA-11C-xx-E200-CK



FHA-14C-xx-E200-CK



电缆线引出部（通用规格）

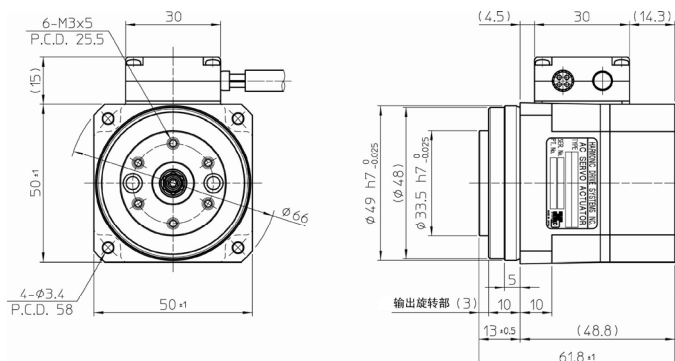


注) 不同的零件制造方法（铸造品、机械加工品），公差各异。未标注公差尺寸公差，必要时请咨询本公司。

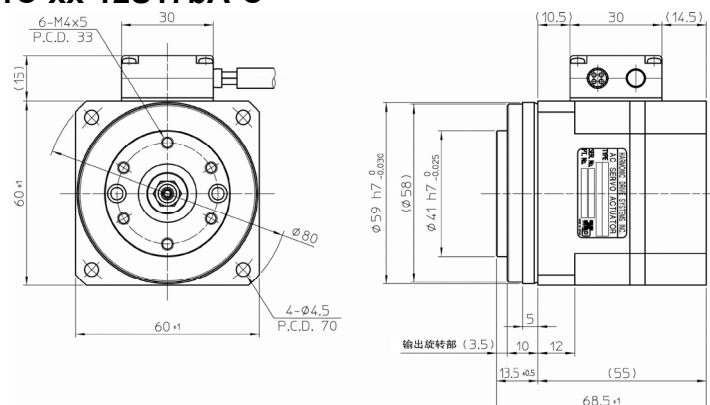
电缆线横向引出（标准规格/绝对位置编码器规格）

FHA-8C-xx-12S17bA-C

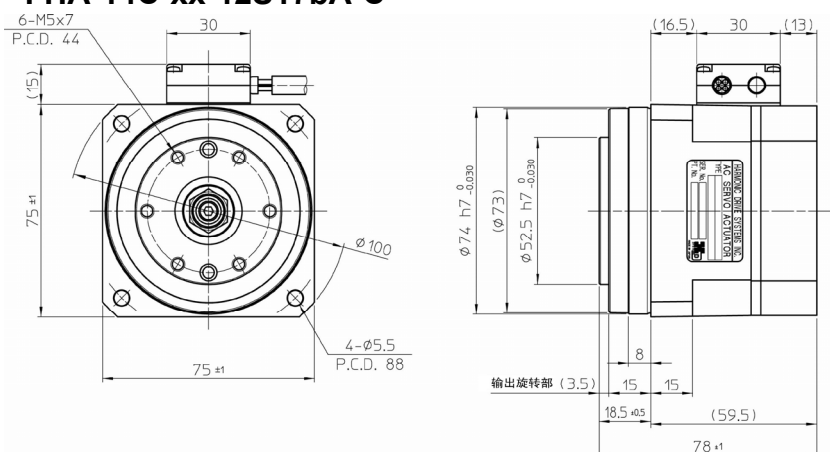
单位：mm（第3角法）



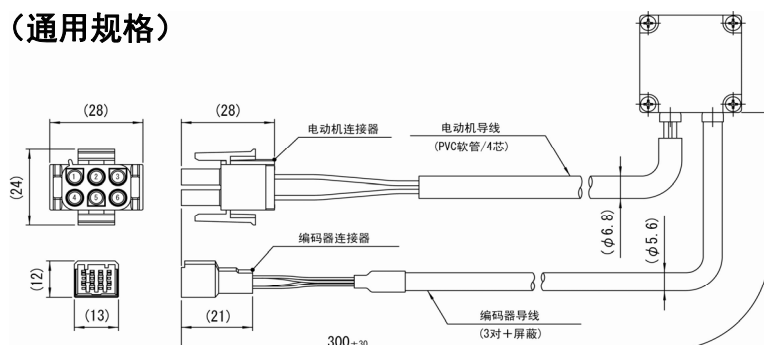
FHA-11C-xx-12S17bA-C



FHA-14C-xx-12S17bA-C



电缆线引出部（通用规格）



注) 不同的零件制造方法（铸造品、机械加工品），公差各异。未标注公差尺寸公差，必要时请咨询本公司。

1-6 机械精度

FHA-C mini 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-8C	FHA-11C	FHA-14C
1.输出轴面偏差		0.010	
2.输出轴偏摆		0.010	
3.输出轴和安装面之间的平行度		0.040	
4.输出轴和安装嵌合部之间的同轴度		0.040	

注) T.I.R(Total Indicator Reading)中的数值

下面介绍测定方法。

1 输出轴面偏差

使用安装在固定部的千分尺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

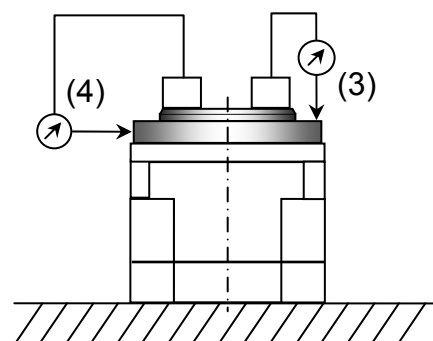
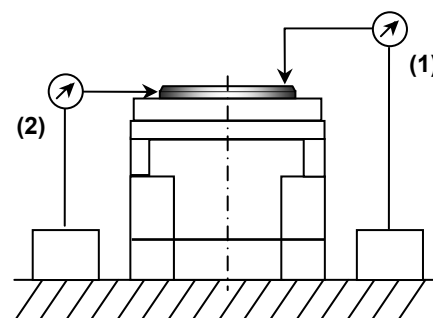
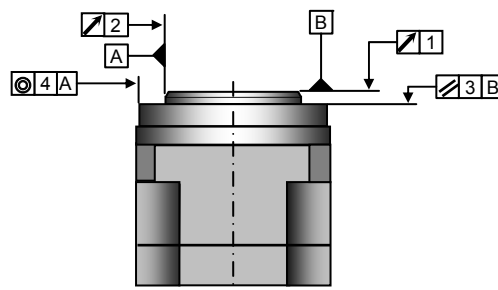
使用安装在固定部的千分尺测定旋转一次输出旋转部时输出轴的径向偏差（最大振幅）。

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千分尺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千分尺测定旋转一次时安装嵌合部的径向偏差（最大振幅）。

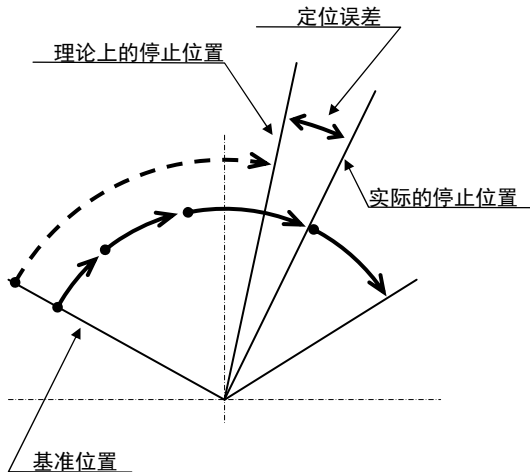


1-7 单方向定位精度

“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 mini 系列内部组装有精密控制减速机谐波驱动[®]，因此，电动机轴的定位误差因减速比而减少到 1/30、1/50 或 1/100。实际上，减速机的角度传递误差决定了单方向定位精度。因此，将减速机的角度传递误差测定值表示为 FHA-C mini 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-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
单方向定位精度	秒 (角度)	150	120	120	120	90	90	120	90	90

水平分度时角度修正功能

FHA-C mini 系列驱动器具有角度修正功能。是一种预先分析谐波驱动[®]的角度传递误差，对该误差进行修正，提升单方向定位精度的功能。利用该功能，单方向定位精度相比不修正时的值可提升 30%。负载变动较大时，请先确认该功能的效果，然后使用。（该功能的使用方法，请浏览驱动器的技术资料。）

1-8 检测器分辨率

FHA-C mini 系列传动装置的电动机安装有每转 2000 脉冲的相对位置编码器或每转 131072 脉冲的绝对位置编码器。此外，通过精密控制用减速机谐波驱动[®]将电动机的输出减速到 1/30、1/50 或 1/100，因此，每转的分辨率变成 30 倍、50 倍或 100 倍。而且，相对位置编码器信号被执行电气 4 倍频。综合以上情况，可以得到下表所示的高分辨率。

相对位置编码器

项目 \ 型号		FHA-8C FHA-11C FHA-14C		
		-30	-50	-100
编码器分辨率		2,000 (8,000 脉冲/转：4 倍频时)		
减速比		30	50	100
检测器分辨率(4 倍频时)	脉冲/转	240,000	400,000	800,000
一次脉冲角度	秒	5.40	3.24	1.62

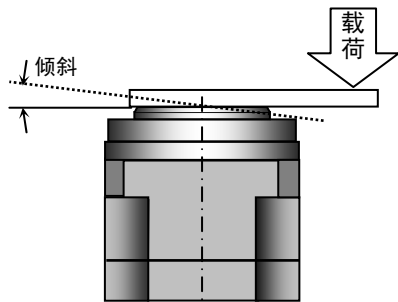
绝对位置编码器

项目 \ 型号		FHA-8C FHA-11C FHA-14C		
		-30	-50	-100
编码器分辨率		2 ¹⁷ (131,072 脉冲/转)		
减速比		30	50	100
检测器分辨率(4 倍频时)	脉冲/转	3,932,160	6,553,600	13,107,200
一次脉冲角度	秒	约 0.33	约 0.2	约 0.1

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转动负载时的结构性歪斜强度。
举例来说，如下图所示，在传动装置输出轴表面上安装刚性臂，在其端部施加载荷，则传动装置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”。

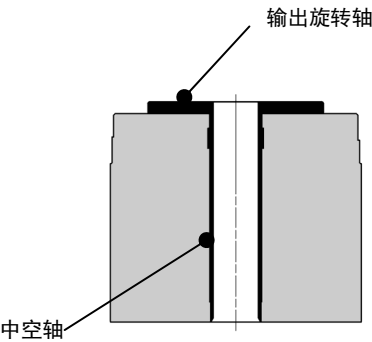


型号		FHA-8C	FHA-11C	FHA-14C
转动刚性	N·m/rad	2×10^4	4×10^4	8×10^4
	kgf·m/rad	0.2×10^4	0.4×10^4	0.8×10^4
	kgf·m/arc min	0.59	1.2	2.4



注意

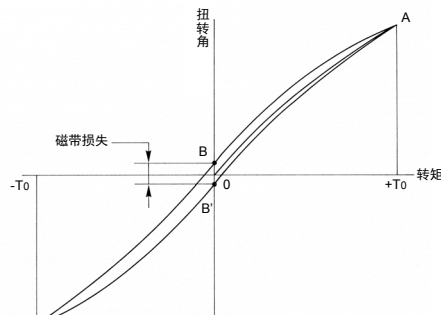
请勿在轴套（中空轴）施加转矩及负载。
轴套（中空轴）通过接合剂固定到输出转轴上。如果在中空轴（轴套）上施加负载，则输出轴与中空轴（轴套）可能会出现剥离。
请不要向中空轴（轴套）施加转矩、惯量负载以及径向负载。
* 中空轴形状只支持相对位置编码器规格。



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，在传动装置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 mini 系列传动装置的刚性，“转矩-扭转角线形图”的倾斜程度即表述为弹簧常数（单位： $N \cdot m / rad$ ）。

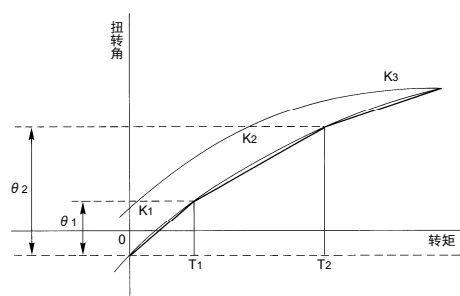


如右下图所示，将该“转矩-扭转角线形图”分为 3 个区间，各区间时的弹簧常数分别表述为 $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ 。

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 ”大于“ T_2 ”时的范围： $\varphi = \theta_2 + \frac{T - T_2}{K_3}$

下表表示各传动装置的各数值的平均值。

项目	型号	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
T_1	N·m	0.29	0.29	0.29	0.80	0.80	0.80	2.0	2.0	2.0
	kgf·m	0.030	0.030	0.030	0.082	0.082	0.082	0.20	0.20	0.2
K_1	$\times 10^4 N \cdot m / rad$	0.034	0.044	0.091	0.084	0.22	0.27	0.19	0.34	0.47
	kgf·m/arc min	0.010	0.013	0.027	0.025	0.066	0.080	0.056	0.10	0.14
θ_1	$\times 10^{-4} rad$	8.5	6.6	3.2	9.5	3.6	3.0	10.5	5.8	4.1
	arc min	3.0	2.3	1.1	3.3	1.2	1.0	3.6	2.0	1.4
T_2	N·m	0.75	0.75	0.75	2.0	2.0	2.0	6.9	6.9	6.9
	kgf·m	0.077	0.077	0.077	0.20	0.20	0.20	0.70	0.70	0.7
K_2	$\times 10^4 N \cdot m / rad$	0.044	0.067	0.10	0.13	0.30	0.34	0.24	0.47	0.61
	kgf·m/arc min	0.013	0.020	0.031	0.037	0.090	0.10	0.07	0.14	0.18
θ_2	$\times 10^{-4} rad$	19	13	8	19	8	6	31	16	12
	arc min	6.6	4.7	2.6	6.5	2.6	2.2	10.7	5.6	4.2
K_3	$\times 10^4 N \cdot m / rad$	0.054	0.084	0.12	0.16	0.32	0.44	0.34	0.57	0.71
	kgf·m/arc min	0.016	0.025	0.036	0.047	0.096	0.13	0.10	0.17	0.21

下表是计算相对扭转角的转矩值得出的参考值。

(单位： $N \cdot m$)

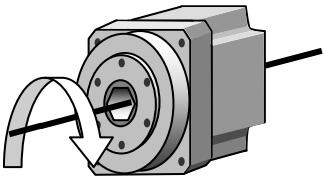
扭转角 (arc min)	型号	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
2		0.20	0.25	0.56	0.49	1.3	1.8	1.1	2.0	3.0
4		0.42	0.63	1.2	1.1	3.3	4.2	2.3	4.7	6.5
6		0.68	1.1	1.9	1.8	5.2	6.8	3.6	7.6	11

1-10 旋转方向

驱动器向 FHA-C mini 系列传动装置发出正转方向指令时，传动装置的正转方向为从输出轴侧方向看的顺时针方向（CW）。
该旋转方向可通过驱动器的“参数设定”进行切换。关于设定的详细信息，请参照各驱动器的技术资料。

驱动器的“参数：旋转方向指定”设定

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



正转：顺时针方向旋转

1-11 抗冲击

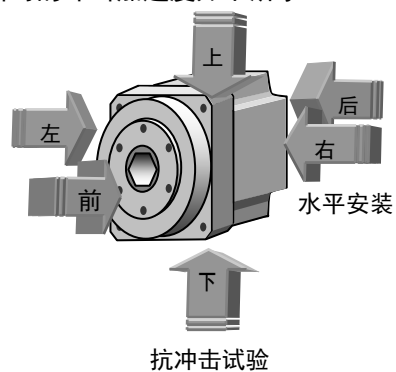
将传动装置的中心轴进行水平安装，从上下・左右方向施加冲击时的冲击加速度如下所示：

冲击加速度：294 m/s²

方向：上下、左右、前后

次数：各 3 次

但，严禁向直接输出轴施加冲击。



1-12 耐振动

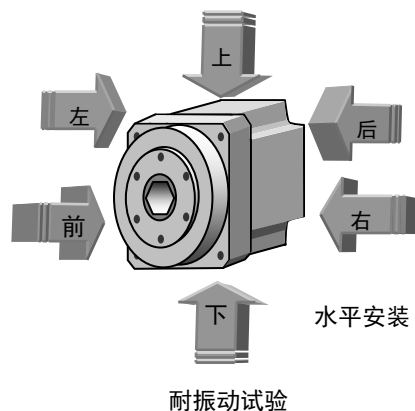
1

概要

传动装置上下、左右、前后的耐振动性能如下：

振动加速度： 24.5 m/s^2 （频率：10~400 Hz）

但，本规格不保证微振动导致的机构部件微振摩擦。



1-13 可用区间

下面的曲线图是概算选定 FHA-C mini 系列传动装置与 HA-800 及 HA-680 驱动器组合时的可用区间。为最大限度使用 FHA-C mini 系列传动装置的输出，请参照“第 2 章 选定”。

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

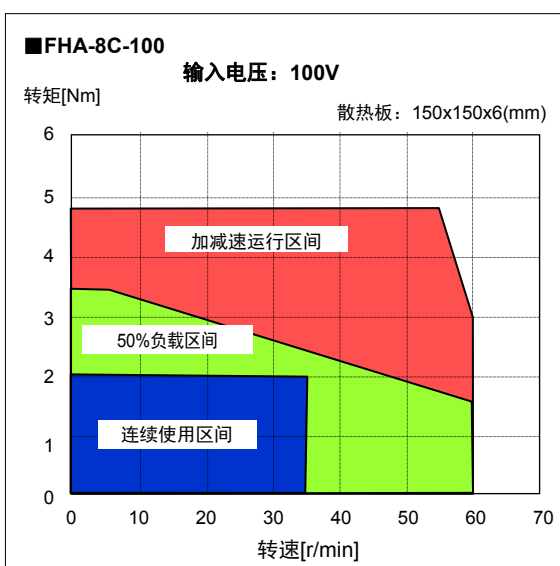
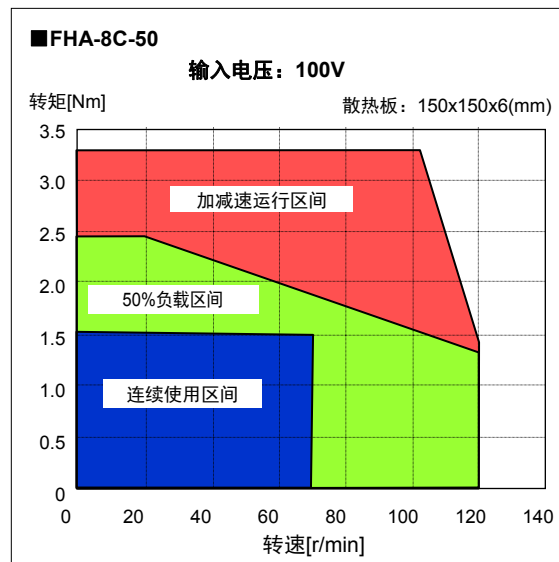
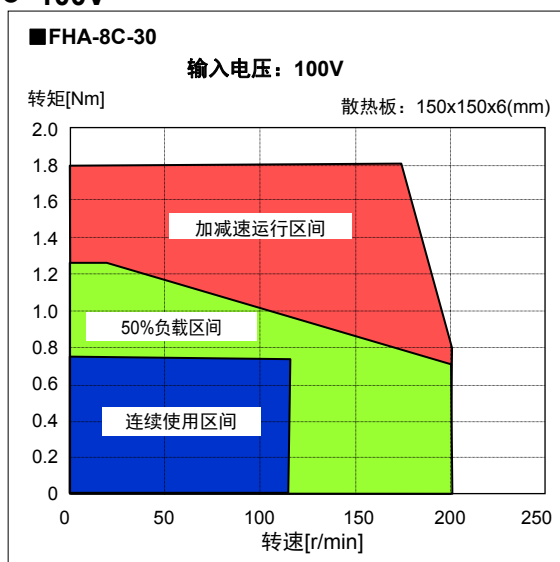
表示 50%负载（运转时间和停止时间之比为 50:50）下可运转的转矩-转速区间。负载使用区间，请参考“负载研究”（P2-10）。

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图记载的散热板时的数值。

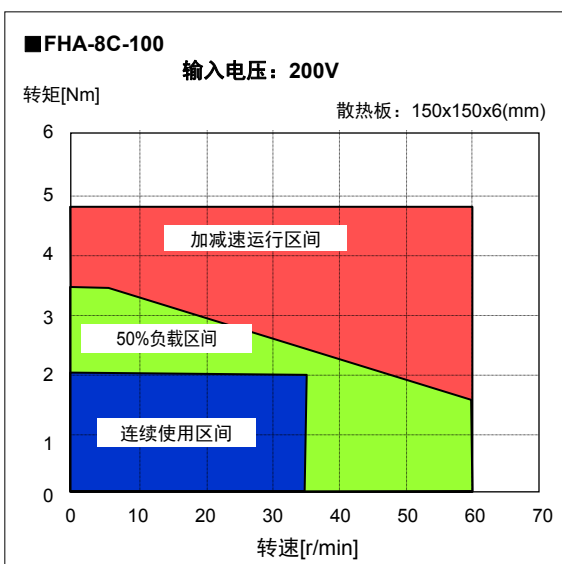
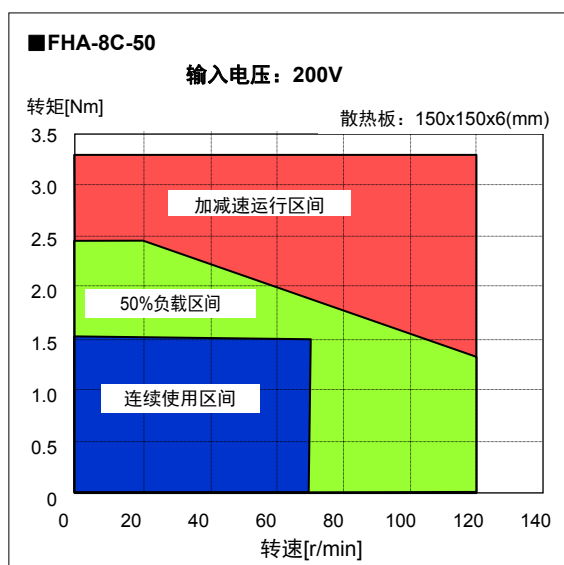
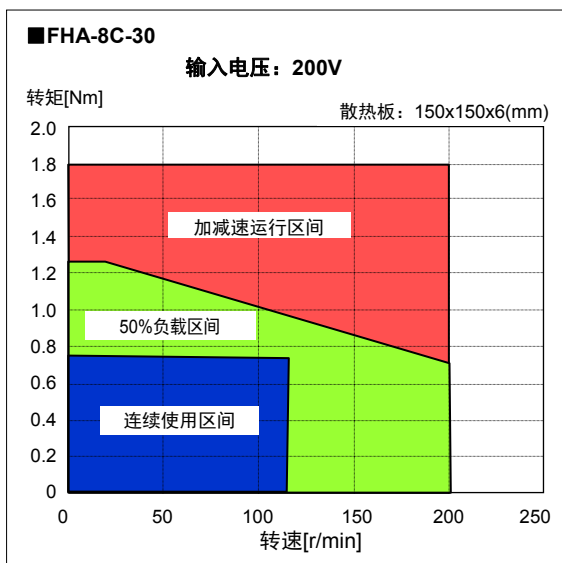
FHA-8C

● 100V

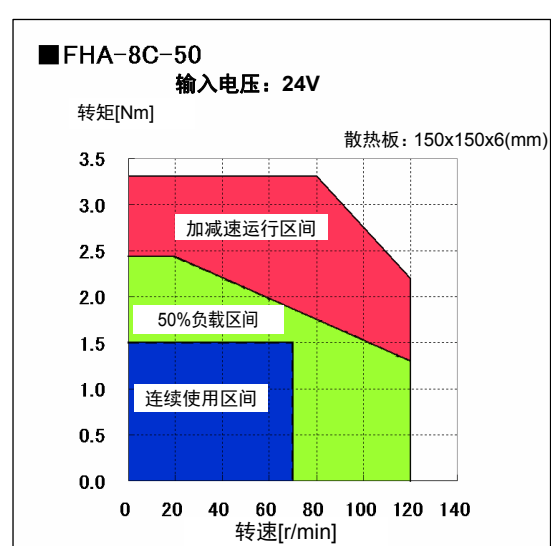
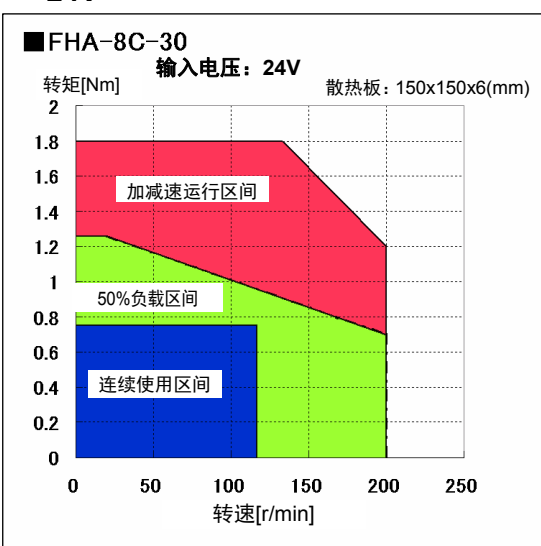


注）在连续使用区间单向连续使用时，请咨询本公司。

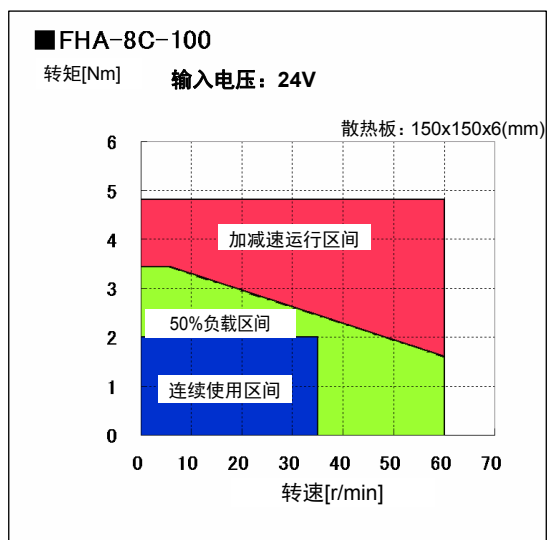
● 200V



● 24V

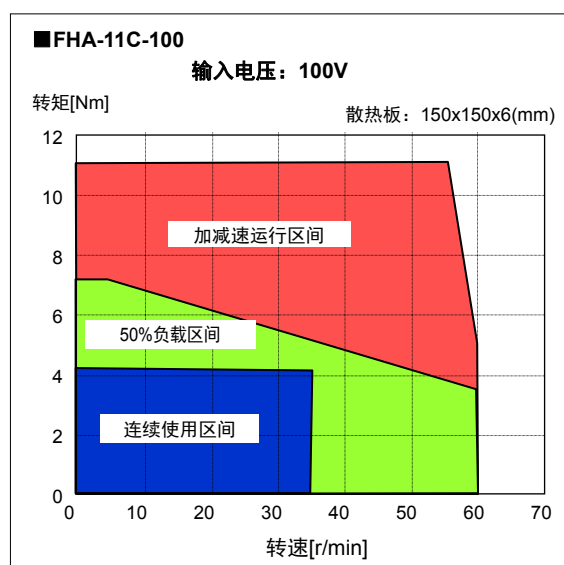
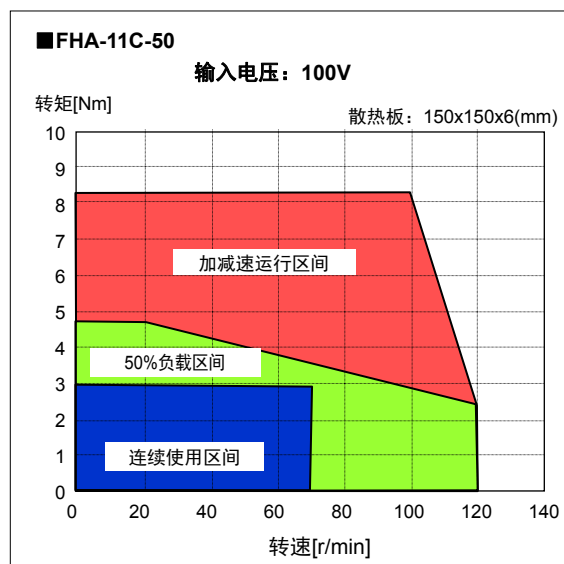
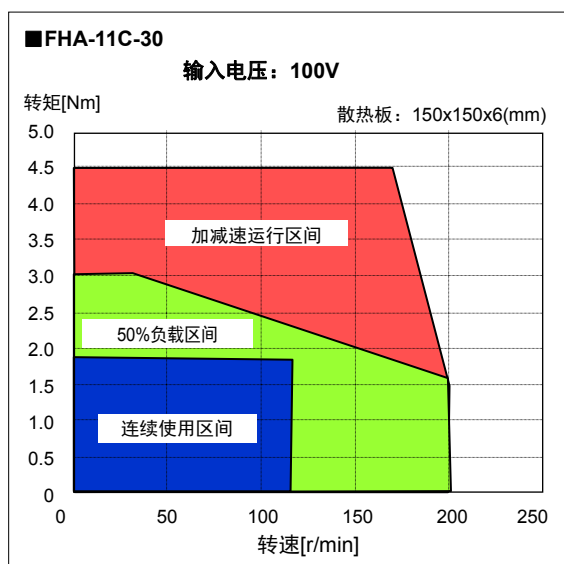


注) 在连续使用区间单向连续使用时, 请咨询本公司。



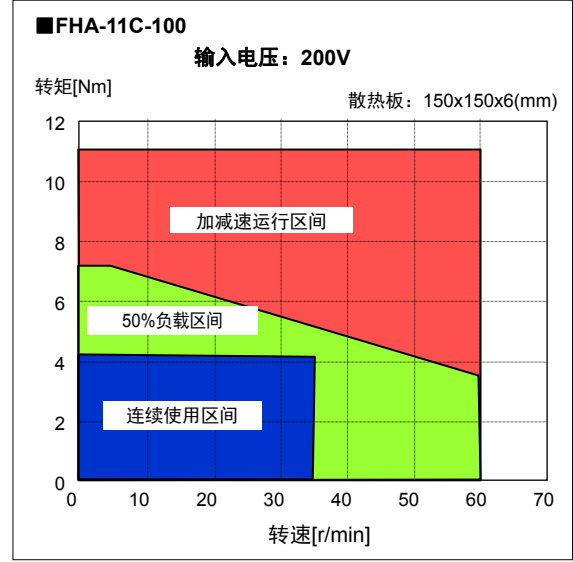
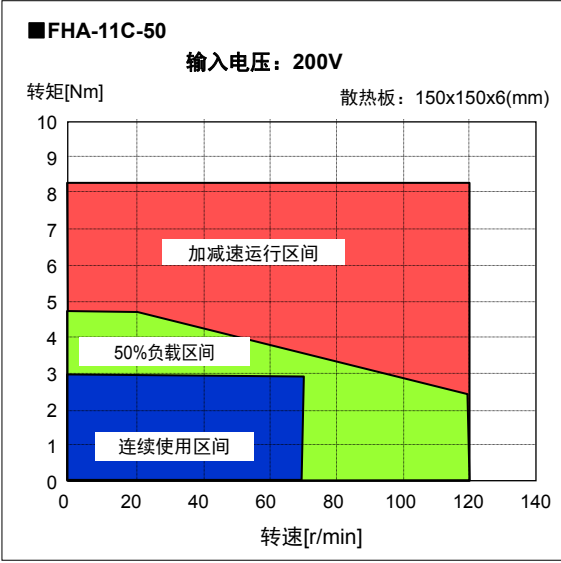
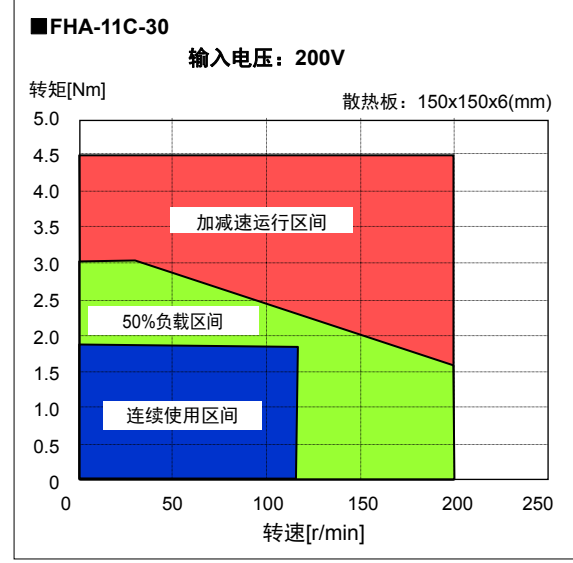
FHA-11C

● 100V

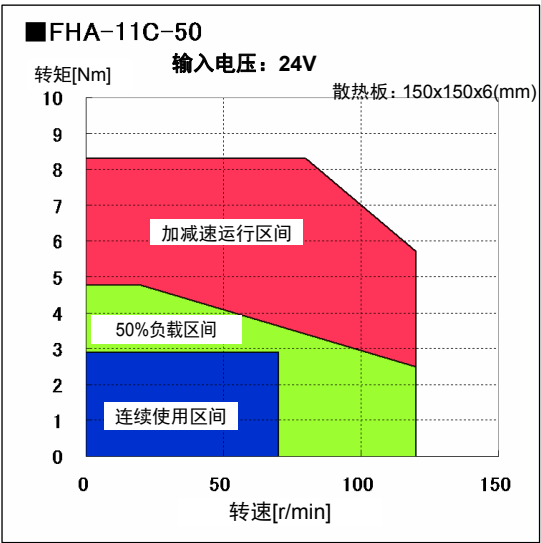
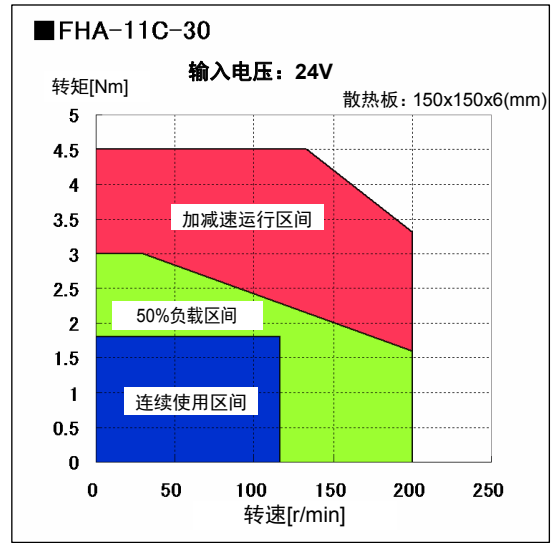


注) 在连续使用区间单方向连续使用时, 请咨询本公司。

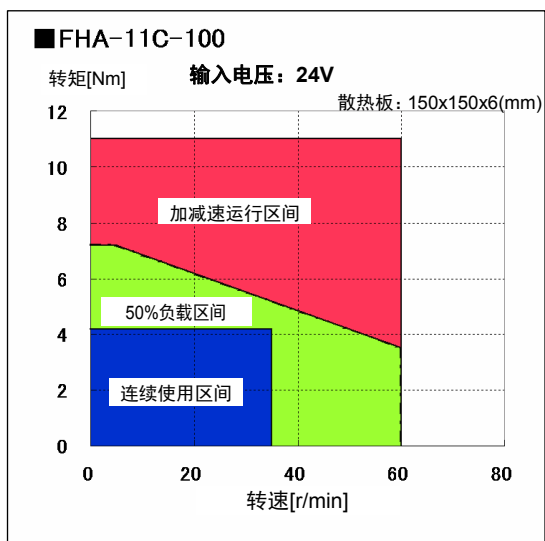
● 200V



● 24V

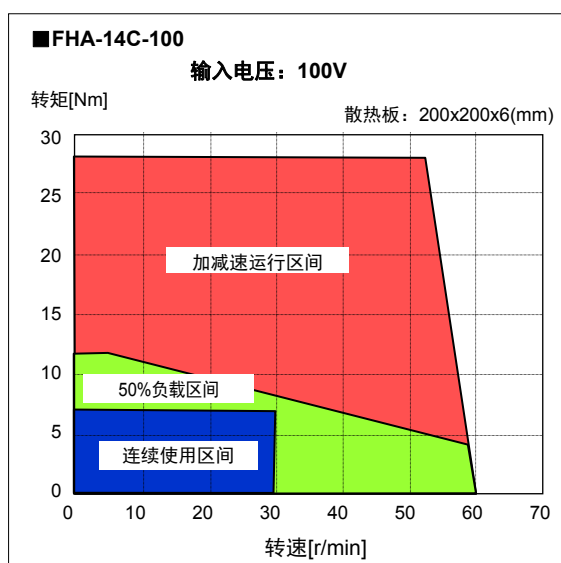
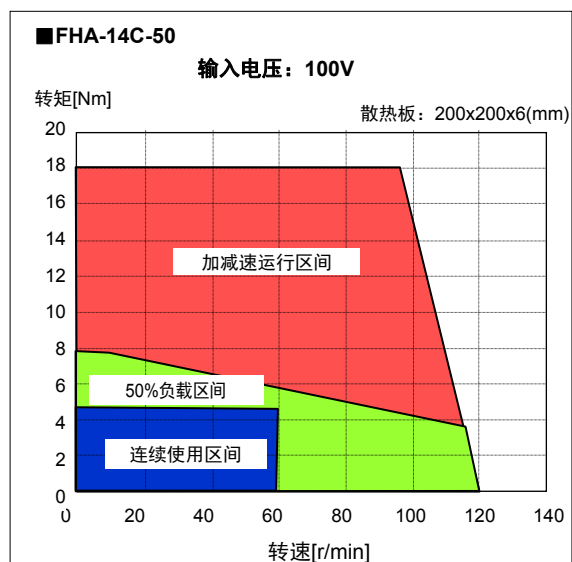
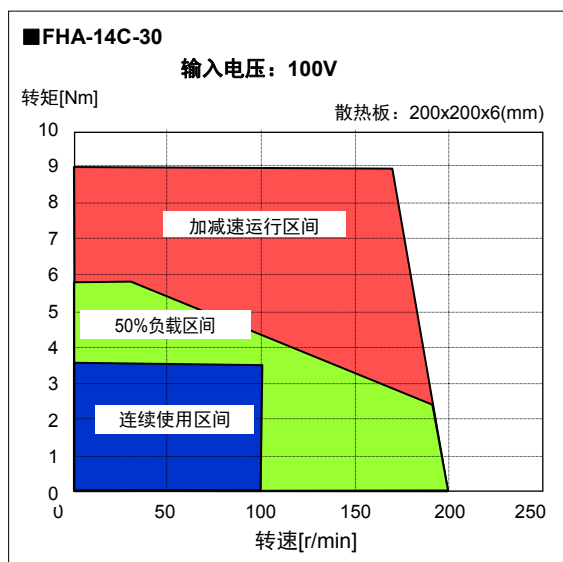


注) 在连续使用区间单方向连续使用时，请咨询本公司。



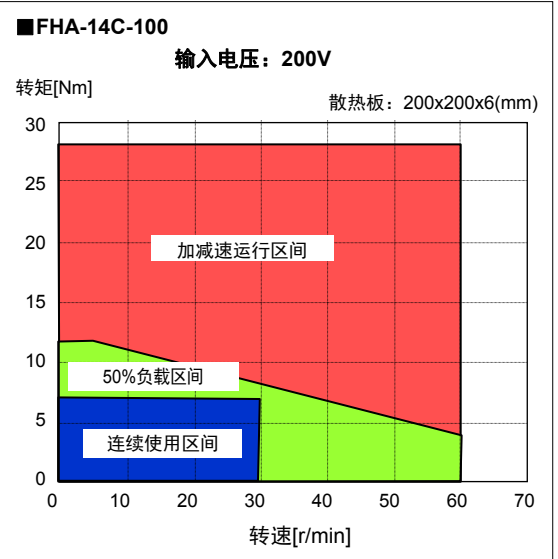
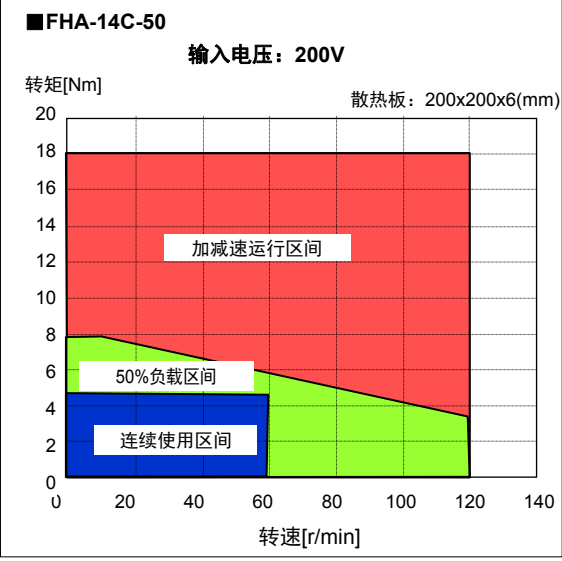
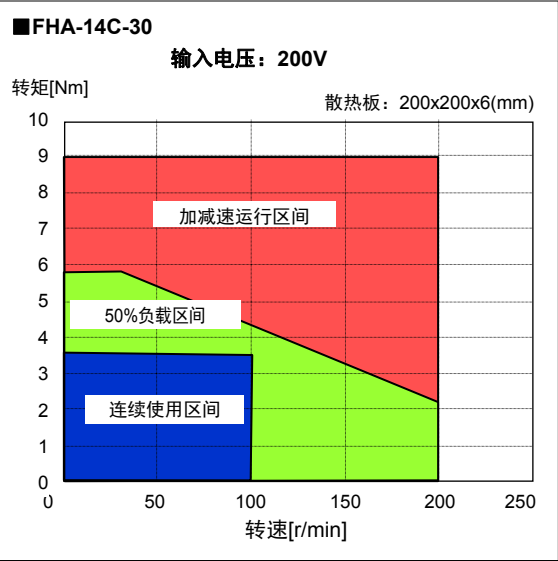
FHA-14C

● 100V



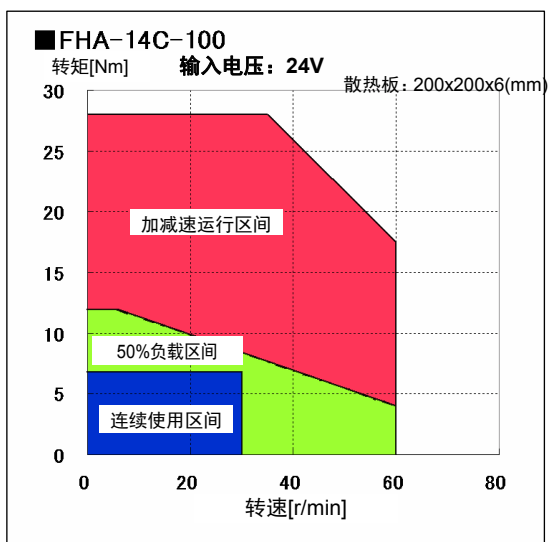
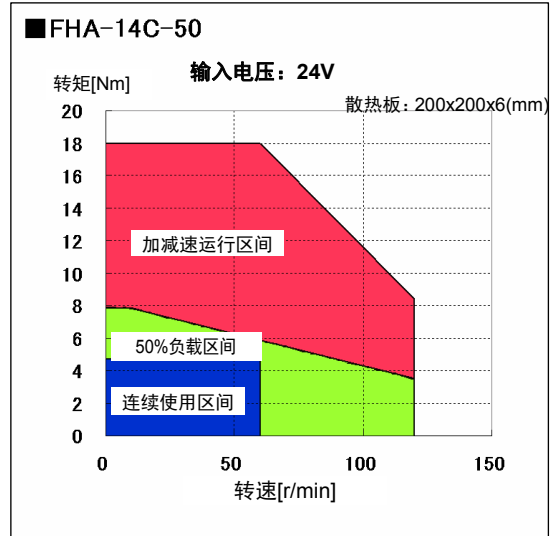
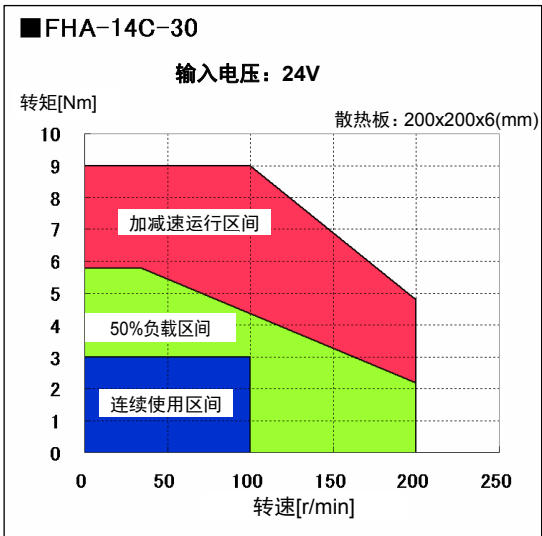
注) 在连续使用区间单方向连续使用时, 请咨询本公司。

● 200V



注) 在连续使用区间单方向连续使用时，请咨询本公司。

● 24V



注) 在连续使用区间单方向连续使用时, 请咨询本公司。

1-14 接线规格

FHA-C mini 系列传动装置的电动机导线及编码器导线规格如下表：

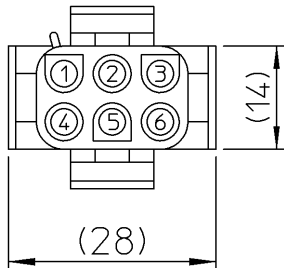
电动机用动力电缆线

● PIN 排列

PIN 编号	线色	电动机导线
1	红	电动机 U 相
2	白	电动机 V 相
3	黑	电动机 W 相
4	绿/黄	PE 注 1
5	-	-
6	-	-

注 1：电源电压为 DC24V 规格时，功能接地端子为 FG。

● PIN 位置



连接器型号：350715-1
PIN 型号：3506901 (E: 770210-1)
AMP 制

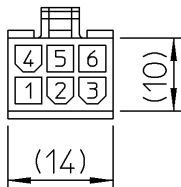
编码器电缆线

● 相对位置编码器

PIN 排列

PIN 编号	线色	信号名称	备注
1	红	+5 V	电源输入
2	黑	0 V	
3	黄	SD	串行信号 差动输出
4	蓝	SD	
5	-	-	
6	屏蔽	FG	

PIN 位置



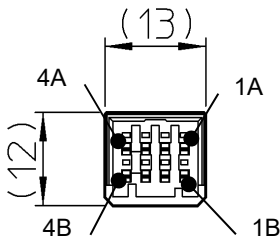
连接器型号：插座：5557-06R
插头：5556
日本 Molex 株式会社制造

● 绝对位置编码器

PIN 排列

PIN 编号	线色	信号名称	備考
1A	白	Vcc	电源输入 +5V
1B	黑	GND(Vcc)	电源输入 0V (GND)
2A	蓝	SD+	串行信号差动输出(+)
2B	紫	SD-	串行信号差动输出(-)
3A	-	未连接	-
3B	屏蔽	FG	
4A	橙	Vbat	电池 +
4B	褐	GND(bat)	电池 (GND)

PIN 位置



连接器型号: 1-1903130-4
PIN 型号: 1903117-2
AMP 制



注意

电源电压为 DC24V 规格时, 请使用已实施强化绝缘或双重绝缘的 DC24V 电源向驱动器供电。

第2章

选定

下面介绍传动装置的选定方法。

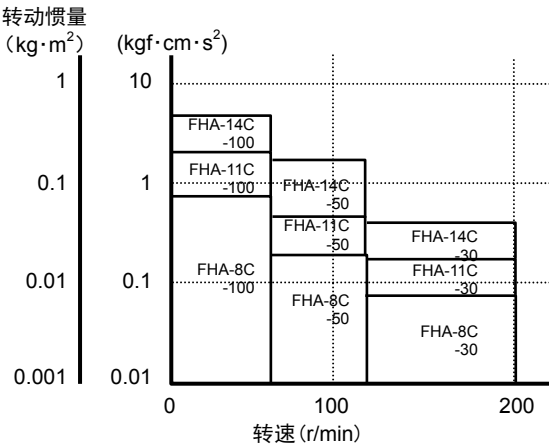
2-1	电源连接·····	2-1
2-2	负载转动惯量的变化·····	2-2
2-3	负载载荷的确认和研究·····	2-3
2-4	运转状况研究·····	2-7

2-1 电源连接

2

选定

为充分发挥 FHA-C mini 系列传动装置的高精度、高性能，请在各型号负载转动惯量的容许值（基准值）以内使用。
转动惯量的计算方法，请参考“附录 2”（P 附-3）。



请假设选定传动装置，使得转动惯量与转速低于下表中的容许值。

传动装置型号				FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
				-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
减速比				30	50	100	30	50	100	30	50	100
最高转速		r/min		200	120	60	200	120	60	200	120	60
转动惯量	INC	(GD ² /4)	Kg·m ²	0.0026	0.0074	0.029	0.0060	0.017	0.067	0.018	0.050	0.20
		(J)	kgf·cm·s ²	0.027	0.075	0.30	0.061	0.17	0.68	0.18	0.51	2.0
	ABS	(GD ² /4)	kg·m ²	0.0026	0.0073	0.029	0.0062	0.017	0.069	0.019	0.054	0.215
		(J)	kgf·cm·s ²	0.027	0.0747	0.298	0.063	0.176	0.705	0.197	0.547	2.189
容许负载转动惯量			kg·m ²	0.0078	0.022	0.087	0.018	0.051	0.20	0.054	0.15	0.60
			kgf·cm·s ²	0.081	0.23	0.90	0.18	0.51	2.0	0.54	1.5	6.0

2-2

负载转动惯量的变化

2

选定

FHA-C mini 系列内部组装有高减速比的谐波驱动[®]。因此，负载转动惯量的变化几乎不会影响伺服性能。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

L ：负载转动惯量相对电动机转动惯量的倍数

J_M ：电动机转动惯量

N ：负载转动惯量的变化率

R ：FHA-C mini 系列的减速比

● 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 mini 系列时

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 mini 系列时，“ $R=30$ ”或“ $R=50$ ”或“ $R=100$ ”，即，“ $R^2=900$ ”或“ $R^2=2500$ ”或“ $R^2=10000$ ”，变为非常大的数值。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 mini 系列在型号选定、HA-800/HA-680 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 mini 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 mini 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

- 最大负载载荷（ M_{max} 、 F_{rmax} 、 F_{amax} ）的确认
计算最大负载载荷（ M_{max} 、 F_{rmax} 、 F_{amax} ）
↓
最大负载载荷（ M_{max} 、 F_{rmax} 、 F_{amax} ） $\leq$ 容许载荷（ M_c 、 F_r 、 F_a ）的确认
- 使用寿命确认
计算平均径向负载（ F_{rav} ）、平均轴向负载（ F_{aav} ）
↓
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
- 静态安全系数确认
计算径向当量静负荷（ P_o ）
↓
确认静态安全系数（ f_s ）

主轴承规格

主轴承规格见下表。

表 1

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)	容许轴向负载 (Fa)	容许静力矩 (Mc)
		mm	mm	N	N	N	N·m
FHA-8C		35	12.9	5800	8000	200	15
FHA-11C		42.5	14	6500	9900	300	40
FHA-14C		54	14	7400	12800	500	75

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

计算公式的符号

M_{max}	最大力矩容量	N·m(kgf·m)	
F_{rmax}	最大径向负载	N(kgf)	参照图 1
F_{amax}	最大轴向负载	N(kgf)	参照图 1
L_r 、 L_a		mm	参照图 1
R	偏置量	mm	参照图 1、表 1

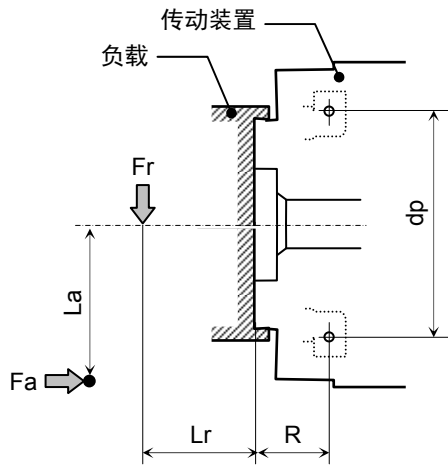


图 1 外部负载作用图

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）：平均径向负载（Frav）

$$Fr_{av} = \sqrt[10/3]{\frac{n_1 t_1 |Fr_1|^{10/3} + n_2 t_2 |Fr_2|^{10/3} + \dots + n_n t_n |Fr_n|^{10/3}}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}}$$

但，t₁ 区间内的最大径向负载取 Fr₁，t₃ 区间内的最大径向负载取 Fr₃。

◆ 计算公式（3）：平均轴向负载（Faav）

$$Fa_{av} = \sqrt[10/3]{\frac{n_1 t_1 |Fa_1|^{10/3} + n_2 t_2 |Fa_2|^{10/3} + \dots + n_n t_n |Fa_n|^{10/3}}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}}$$

但，t₁ 区间内的最大径向负载取 Fa₁，t₃ 区间内的最大径向负载取 Fa₃。

◆ 计算公式（4）：平均输出转速（Nav）

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

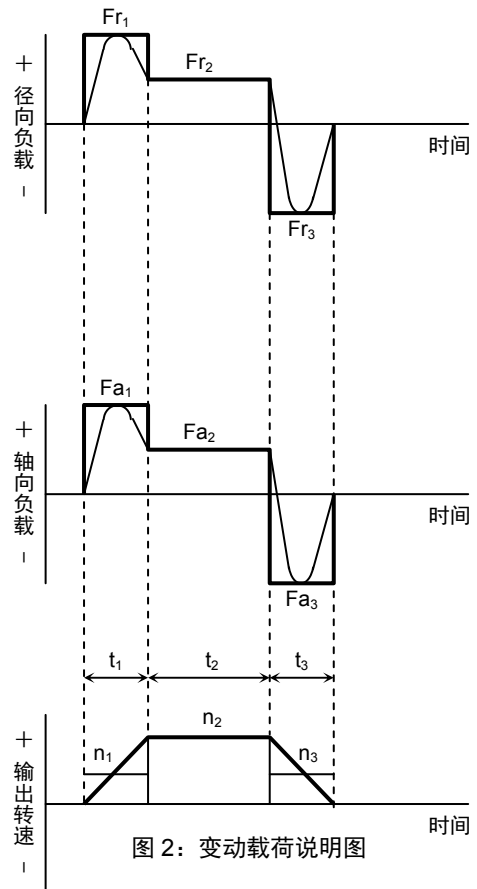


图 2：变动载荷说明图

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

Frav	平均径向负载	N(kgf)	参照平均负载
Faav	平均轴向负载	N(kgf)	参照平均负载
Lr、La	——	m	参照图 1
R	偏置量	mm	参照图 1、表 1
dp	滚子的节圆直径	mm	参照图 1、表 1

径向当量动负荷

◆ 计算公式（6）：径向当量动负荷

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

计算公式的符号

Pc	径向当量动负荷	N(kgf)	
Frav	平均径向负载	N(kgf)	参照计算公式（2）
Faav	平均轴向负载	N(kgf)	参照计算公式（3）
dp	滚子的节圆直径	mm	参照表 1
X	径向负载系数	—	参照表 2
Y	轴向负载系数	—	参照表 2
Lr、La	—	mm	参照图 1
R	偏置量	mm	参照图 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

LB-10	寿命	hour	—
Nav	平均输出转速	r/min	参照计算公式（4）
C	基本额定动载荷	N(kgf)	参照表 1
Pc	径向当量动负荷	N(kgf)	参照计算公式（6）
fw	负载系数	—	参照表 3

表 3 负载系数

负载状态	fw
无冲击・振动的 平滑运行时	1~1.2
普通运行时	1.2~1.5
同时会产生冲击・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（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	—
n1	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
Pc	径向当量动荷	N(kgf)	参照计算公式（6）
fw	负载系数	—	参照表 3
θ	摆动角 / 2	—	参照图 3

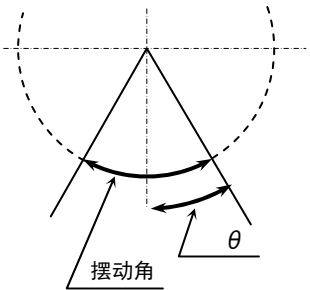


图 3：摆动运动

摇摆角 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。

径向当量静负荷

◆ 计算公式（9）：径向当量静负荷

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

计算公式的符号

Fr _{max}	最大径向负荷	N(kgf)	参照图 1
Fa _{max}	最大轴向负荷	N(kgf)	参照图 1
M _{max}	最大静力矩	N·m (kgf·m)	参照最大负载载 荷的计算方法
dp	滚子的节圆直径	mm	参照表 1

静态安全系数

一般情况下将基本额定静载荷（Co）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（fs）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（Po）。

◆ 计算公式（10）：静态安全系数

$$fs = \frac{Co}{Po}$$

计算公式的符号

fs	静态安全系数	—	参照表 4
Co	基本额定静载荷	N(kgf)	参照表 1
Po	径向当量静负荷	N(kgf)	参照计算公式（9）

表 4 静的安全係数	
使用条件	fs
需较高的旋转精度时	≥ 3
同时会产生冲击・振动的运行时	≥ 2
普通运行时	≥ 1.5

2-4 运转状况研究

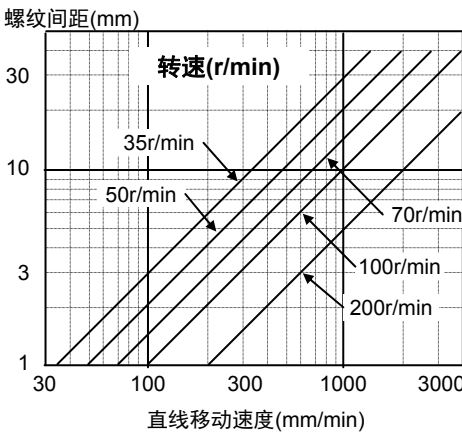
反复进行启动、停止的运转（负载循环）时，启动电流・制动电流会高频率流向传动装置，传动装置会发热。因此，需要研究负载循环。
按以下顺序进行研究。

使用转速研究

计算 FHA-C mini 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。

$$\text{转速 (r/min)} = \frac{\text{直线移动速度 (mm/min)}}{\text{螺纹进给机械的间距 (mm)}}$$

为确保转速低于 FHA-C mini 系列传动装置的最高转速，
从“30”、“50”或“100”系列中选择一个减速比。



负载转动惯量的计算和研究

计算使用 FHA-C mini 系列传动装置进行驱动的负载的转动惯量。
计算方法，请参考“附录 2”（P 附-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 mini 系列传动装置。

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。

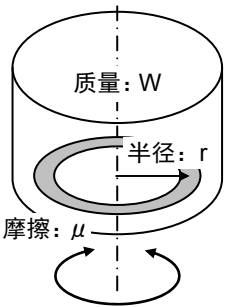
$T = 9.8 \times \mu \times W \times r$

T：旋转转矩（N·m）

μ：摩擦系数

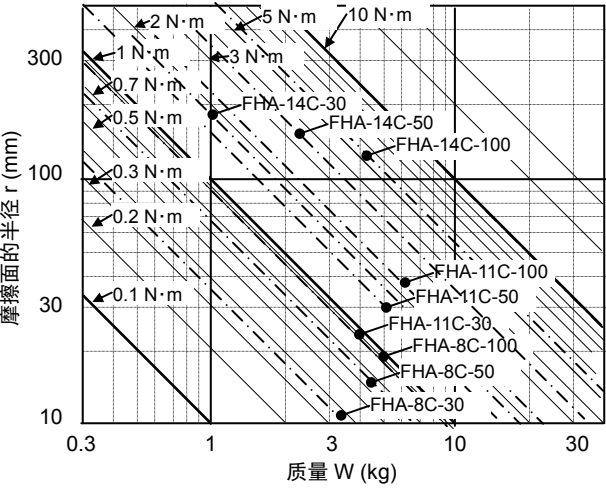
W：质量（kg）

r：摩擦面的平均半径（m）



转矩计算例子（取摩擦系数=0.1 进行计算）
FHA：显示最大转矩的 20%转矩线

此外，右图是假定摩擦系数 μ =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%。

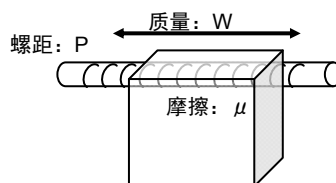


直线运动（水平运动）

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。

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

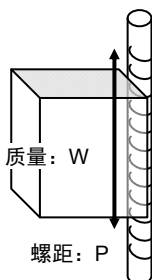
T: 旋转转矩 (N·m)
 μ : 摩擦系数
 W: 质量 (kg)
 P: 螺钉的进给螺距 (m)



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传动装置时的加速时间和减速时间。

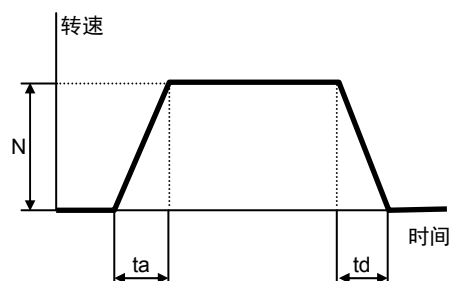
加速时间: $t_a = (J_A + J_L) \times \frac{2 \times \pi}{60} \times \frac{N}{T_M - T_L}$

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: 传动装置转动惯量	(kg·m ²)
JL: 负载转动惯量	(kg·m ²)
N: 传动装置转速	(r/min)
TM: 传动装置最大转矩	(N·m)
TF: 传动装置摩擦转矩	(N·m)

$$T_F = K_T \times I_M - T_M$$

K_T : 转矩常数 (N·m/A)
 I_M : 最大电流 (A)



T_L : 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 (-)。

计算例子 1

选定最符合以下运转条件的传动装置。

- 转速: 100r/min
- 负载转动惯量: 0.04 kg·m²
- 负载机构主要限于惯性, 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 节中的图进行匹配, 假设选定 FHA-11C-50。

2 从 1-4 节的额定表中读取 $J_A=0.017 \text{ kg·m}^2$ 、 $T_M=8.3 \text{ N·m}$ 、 $K_T=6.6 \text{ N·m/A}$ 、 $I_M=1.6 \text{ A}$ 。

3 根据上面的公式, 传动装置的摩擦转矩为 $T_F = 6.6 \times 1.6 - 8.3 = 2.3 \text{ N·m}$ 。

4 因此，根据上面的公式，加速及减速时间可进行如下计算。

$$t_a = (0.017 + 0.04) \times 2 \times \pi / 60 \times 100 / 8.3 = 0.072 \text{ s}$$

$$t_d = (0.017 + 0.04) \times 2 \times \pi / 60 \times 100 / (8.3 + 2 \times 2.3) = 0.046 \text{ s}$$

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。

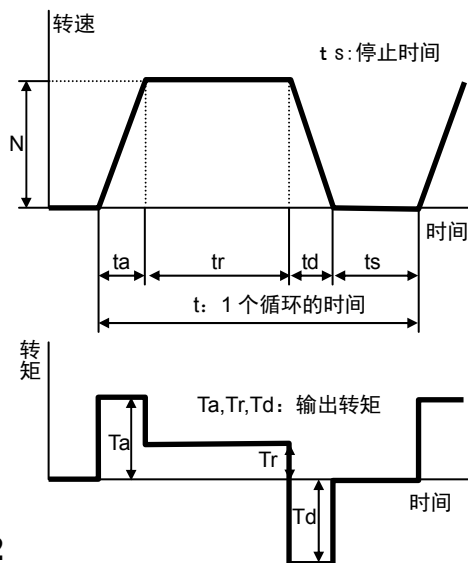
- 评估负载转动惯量的降低情况。
- 研究采用较大型号的执行元件。

负载研究

选定 FHA-C mini 系列时，必须考虑转矩与转速随着时间的变化情况。特别是加减速时会产生较大的转矩，导致出现大电流，发热量也会增加。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。”

$$\%ED = \frac{K_{La} \times t_a + K_{Lr} \times t_r + K_{Ld} \times t_d}{t} \times 100$$

- t_a : 速度从 0 到 N 的加速时间 (s)
 t_d : 速度从 N 到 0 的减速时间 (s)
 t_r : 速度 N 时的定速运转时间 (s)
 t : 1 个循环的时间 (s)
 K_{La} : 加速时间的负载系数
 K_{Lr} : 定速运行时间的负载系数
 K_{Ld} : 减速时间的负载系数



K_{La} 、 K_{Lr} 、 K_{Ld} 的计算方法与负载的计算例子 2

下面以下图所示的 FHA-11C-50 的负载系数曲线为例进行介绍。

运转条件：在与计算例子 1 相同的条件下以传动装置的最大转矩对惯性负载实施加速，等达到定速运转后，再以最大转矩进行减速。取 1 个循环时的移动角度为 120° ，1 个循环时间为 0.8 (s)。

1 K_{La} 、 K_{Ld} : 根据转速变化从 0 开始 100 r/min 间的平均速度 50 r/min，通过下图可以得出 $K_{La}=K_{Ld} \approx 1.7$ 。

2 K_{Lr} : 惯性负载，因此， $T_r \approx 0$ ，从下图读取 $K_{Lr} \approx 0.9$ 。

3 移动角度可通过上图“转速-时间”线形图的面积得出。

即，移动角度为

$$\theta = (N / 60) \times \{t_r + (t_a + t_d) / 2\} \times 360$$

$$\text{即，} t_r = \theta / (6 \times N) - (t_a + t_d) / 2$$

在该公式中代入 $\theta = 120^\circ$ 、计算例子 1 的 $t_a = 0.072(\text{s})$ 、 $t_d = 0.046(\text{s})$ 、 $N = 100\text{r/min}$ ，则 $t_r = 0.14(\text{s})$ 。

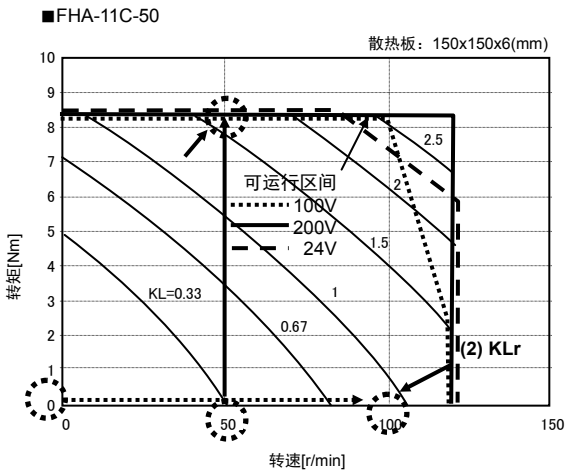
4 现将 1 个循环时间 $t = 0.8(\text{s})$ 代入上述 %ED 计算公式，计算负载。

$$\%ED = (1.7 \times 0.072 + 0.9 \times 0.14 + 1.7 \times 0.046) / 0.8 \times 100 = 41.2\%$$

得到的值小于 100，因此，该循环的连续反复运行可以实现。

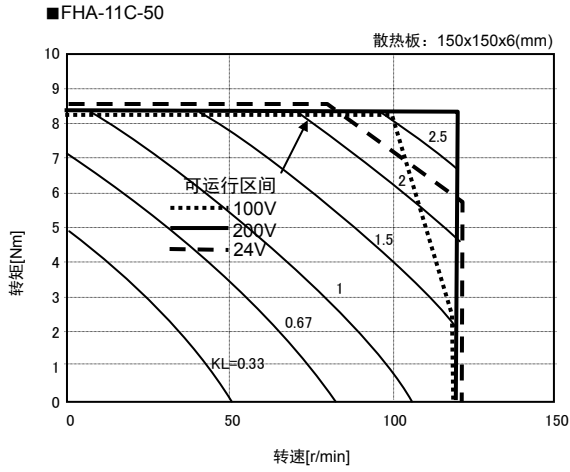
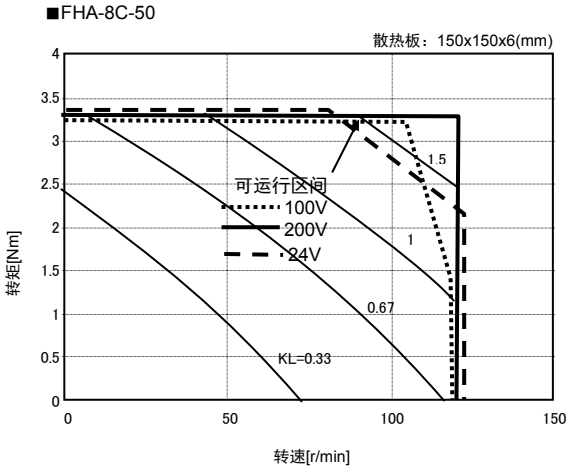
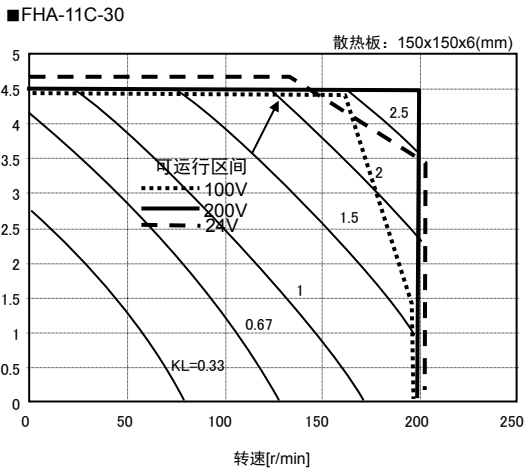
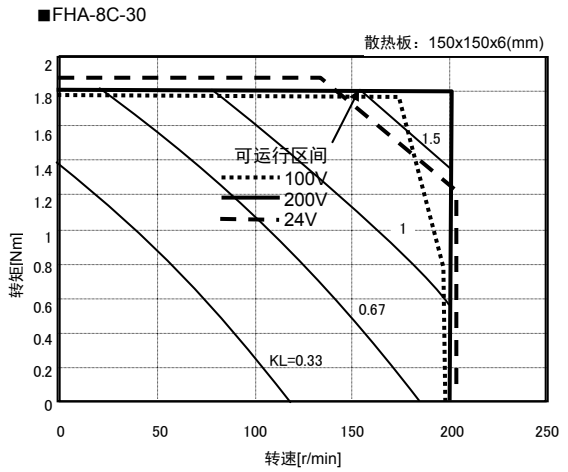
若大于 100，则

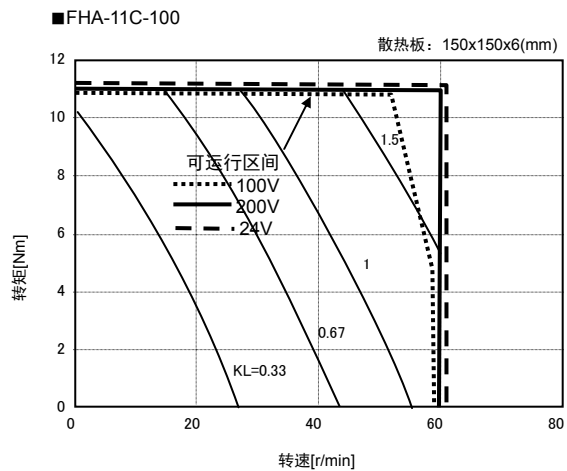
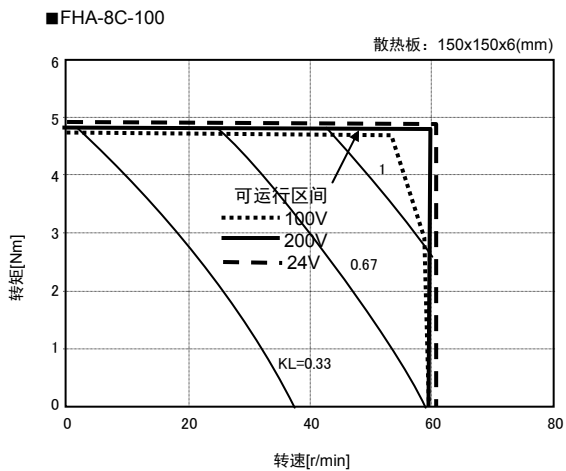
- 运行模式
 - 负载减轻
 - 传动装置型号
- 等需重新研究。



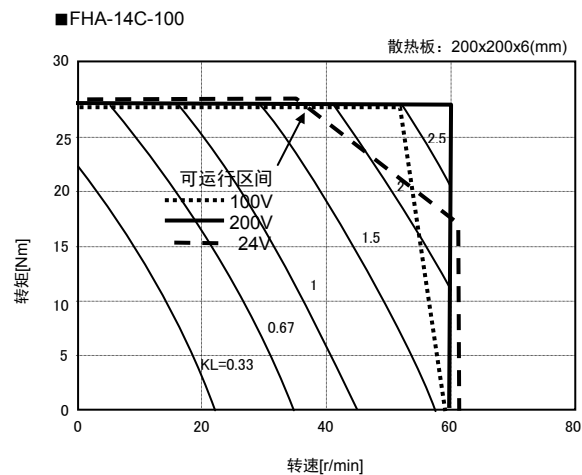
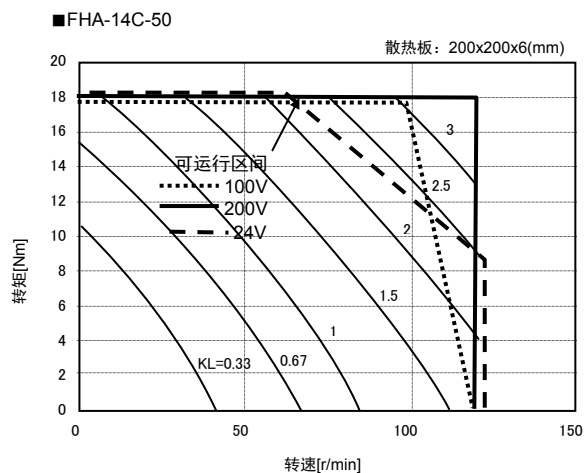
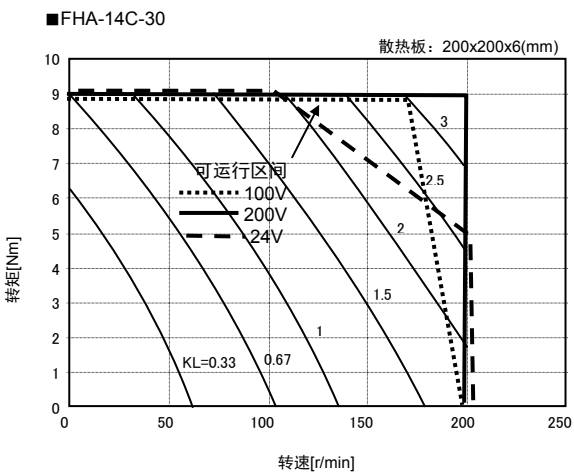
负载系数曲线

FHA-8C





FHA-14C



有效转矩、平均转速研究

对于有效转矩、平均转速，进行以下两方面的研究。
有效转矩是否低于容许连续转矩
平均转速是否低于容许连续转速
使用下面的公式计算在“负载研究”（P2-10）所示循环的反复运转时有有效转矩 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 : 定速时转速 (r/min)

若使用上面的公式计算出的有效转矩大于下表所示的容许连续转矩，请采取降低负载的对策。

项目 \ 型号		FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
减速比		1:30	1:50	1:100	1:30	1:50	1:100	1:30	1:50	1:100
容许连续转矩	N·m	0.75	1.5	2	1.8	2.9	4.2	3.5(3.0)	4.7	6.8
容许连续转速	r/min	117	70	35	117	70	35	100	60	30

注) 容许连续转矩中的 () 数值表示输入电源 DC24V 规格时的值。

计算例子 3：有效转矩与平均转速研究

使用计算例子 1 与计算例子 2 的运行条件，研究有效转矩与平均转速。

1) 有效转矩研究

将 $T_a = 8.3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 、 $T_d = 8.3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 、 $T_r = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$ 、 $t_a = 0.072 \text{ s}$ 、 $t_r = 0.14 \text{ s}$ 、 $t_d = 0.046 \text{ s}$ 、 $t = 0.8 \text{ s}$ 代入上面的公式。

$$T_m = \sqrt{\frac{8.3^2 \times (0.072 + 0.046)}{0.8}} = 3.19 \text{ N} \cdot \text{m}$$

该数值大于计算例子 1 中临时选定的 FHA-11C-50 的容许连续转矩，在计算例子 2 的循环中无法进行连续运行。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 $T_a = 8.3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 、 $T_d = 8.3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 、 $T_r = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$ 、 $T_m = 2.9 \text{ N} \cdot \text{m}$ 、 $t_a = 0.072 \text{ s}$ 、 $t_r = 0.14 \text{ s}$ 、 $t_d = 0.046 \text{ s}$ 。
即，

$$t = \frac{8.3^2 \times (0.072 + 0.046)}{2.9^2} = 0.97$$

将 1 个循环时间设定为 0.97s 以上，则 $T_m = 2.9 \text{ N} \cdot \text{m}$ 以下，可以在允许连续转矩内进行连续运转。

2) 平均转速研究

代入 $N = 100 \text{ r/min}$ 、 $t_a = 0.072 \text{ s}$ 、 $t_r = 0.14 \text{ s}$ 、 $t_d = 0.046 \text{ s}$ 、 $t = 0.97 \text{ s}$ ，计算平均速度。

$$N_{av} = \frac{100 / 2 \times 0.072 + 100 \times 0.14 + 100 / 2 \times 0.046}{0.97} = 20.5 \text{ r/min}$$

该数值小于上表所示的 FHA-11C-50 的容许连续转速 (70 r/min)，可以使用。

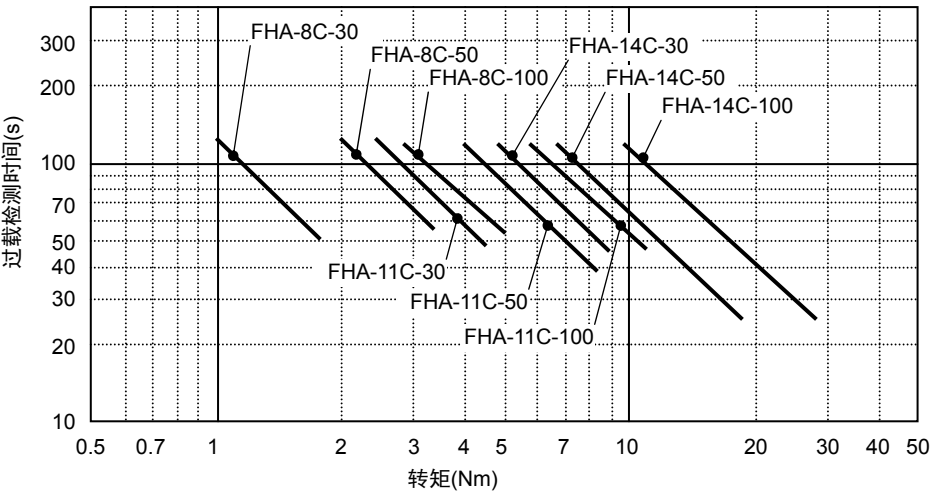
过载检测时间

以大于容许连续转矩的条件下间歇运行 FHA-C mini 系列时，即使在容许负载内，驱动器的过载检测功能也会对能够连续输出转矩的时间进行限制。下图表示过载检测时间。

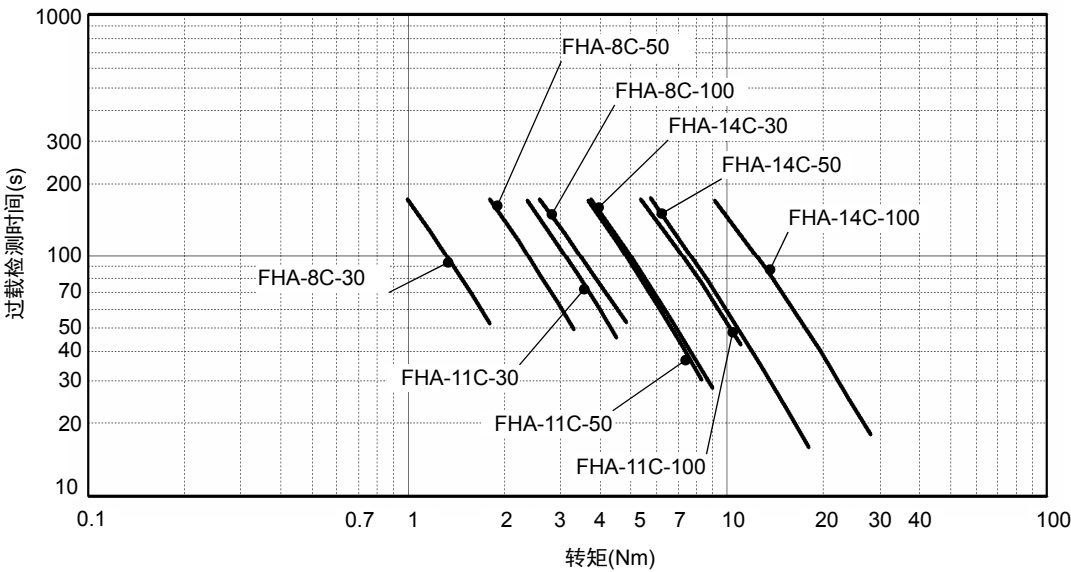
2

选定

电源电压 AC100V / 200V 规格



电源电压 DC24V 规格（只支持相对位置编码器规格）



第 3 章

安装

下面介绍安装方法。

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 FHA-C mini 系列传动装置的侧面上贴有铭牌。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。
型号符号所表示的意思如下。

FHA-8 C-30-E200-C □ □

机型：AC 伺服传动装置
FHA-C mini 系列

型号：8、11、14

版本符号

谐波驱动器的减速比
30: 1/30
50: 1/50
100: 1/100

编码器的种类与分辨率

E200	相对位置编码器	2000p/rev
12S17b	绝对位置编码器	131,072p/rev (17bit)

带连接器 (标准规格)

输入电源电压 无 : AC100V,200V 规格
E : DC24V 规格

电缆线引出方向
无 : 横向 (标准规格)
K : 后方向 (选配规格 / 只支持相对位置编码器)

- 3 HA-800 或 HA-680 驱动器铭版中的“ADJUSTED FOR USE WITH”一栏记载组合使用的 FHA-C mini 系列传动装置的型号。
请正确准备好进行组合使用的驱动器。



警告

请不要组合使用与驱动器铭牌标注不符的执行元件。
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 驱动器铭牌中的“TYPE”一栏中记载有驱动器的型号符号。该型号符号的末尾数字表示输入电源电压的数值。

200：三相/单相 200V 电源。

100：AC100V 电源。

24：DC24V 电源。

如果与预计连接的电源电压不符，请及时联系供货商。



警告

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。



注意

电源电压为 DC24V 规格时，请使用已实施强化绝缘或双重绝缘的 DC24V 电源向驱动器供电。

3-2 使用注意事项

请遵守以下注意事项，正确使用 FHA-C mini 系列传动装置。

3

安装



请不要将执行元件的端子连接到直接电源。执行元件会烧坏，存在火灾及触电的危险。



- (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 mini 系列传动装置放置到可能会坠落的平台、架子等上面。
- (3) 保存时的温度界限为 $-20^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ 。请不要在阳光长时间直射、低温或高温场所保管。
- (4) 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。
- (5) 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

FHA-C mini 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。

- 环境温度：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℃。
- 使用湿度：湿度 20～80%，但无结露
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
- 无喷溅、粉尘、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-4 4”保护等级的结构进行设计。

表示防浸水保护等级。

4：针对来自所有方向的溅水实施保护。

表示针对接触及异物的保护等级。

4：针对大于 1 mm 的较大固态异物实施保护。

但，不适用于进行旋转的滑动部（油封部）及连接器部。

- 室内使用，避免阳光直射
- 海拔：1000m 以下

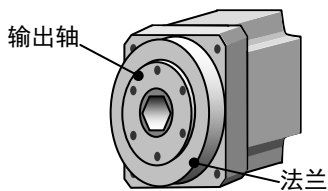
安装作业

FHA-C mini 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。由于传动装置内藏编码器，因此，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。



注意

- 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。
- 安装时不要施加冲击。

2 请使用平垫圈和高张力螺栓将传动装置法兰固定到负载机械上。

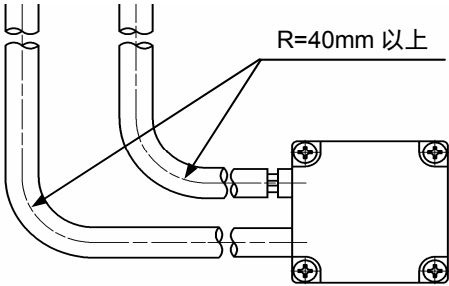
拧紧时，请使用扭矩扳手控制拧紧转矩。
拧紧转矩如下表所示。

项目		型号		FHA-8C		FHA-11C		FHA-14C	
				输出轴	法兰	输出轴	法兰	输出轴	法兰
拧紧转矩	螺丝、孔深			6-M3 深 5	4-M3	6-M4 深 5	4-M4	6-M5 深 5	4-M5
	N·m			2	1.2	4.5	2.7	9.0	5.4
	kgf·cm			20	12	46	28	92	55

3 配线作业，请参考 HA-800 或 HA-680 驱动器的“技术资料”。

4 电动机电缆线・编码器电缆线

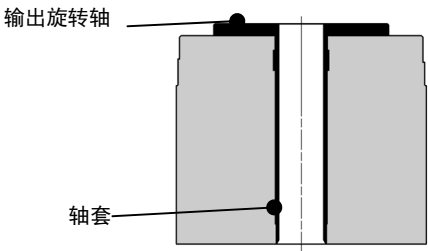
请不要用力拉扯电缆线，否则会损伤连接部。安装时，请务必将电缆线配线留出余量，不要在传动装置之间产生张力。特别是电缆线进行弯曲运动的使用时，请留出充分的弯曲半径（R=40 mm 以上）。



注 意

请勿在轴套（中空轴）施加转矩及负载。

轴套（中空轴）通过接合剂固定到输出转轴上。如果在中空轴（轴套）上施加负载，则输出轴与中空轴（轴套）可能会出现剥离。
请不要向中空轴（轴套）施加转矩、惯量负载以及径向负载。
* 中空轴形状只支持相对位置编码器规格。



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。用户自行拆解、组装会导致产品的精度及性能下降。

附录

下面介绍出厂默认设定等。

附录-1 单位换算·····	附-1
附录-2 转动惯量计算·····	附-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 单位	N		
↓			
单位	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 单位	rad		
↓			
单位	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 x10 ⁻⁵	1.78x10 ⁻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 · 转动惯量计算公式

(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。

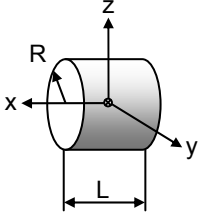
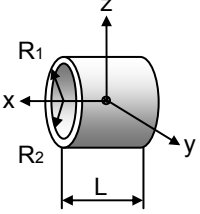
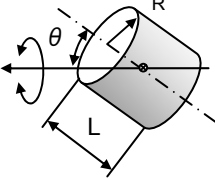
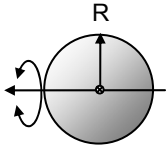
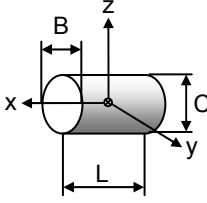
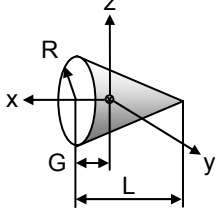
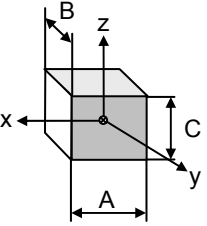
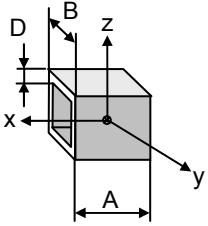
m: 质量 (kg)、 I_x, I_y, I_z : 将 x, y, z 轴作为旋转中心的转动惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

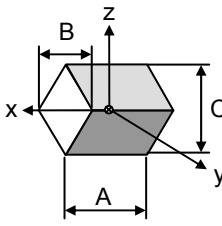
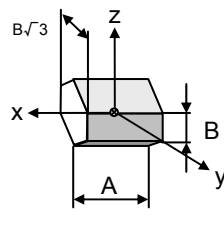
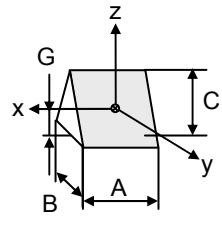
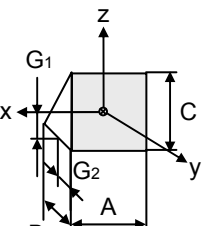
G: 距重心端面的距离

ρ : 比重

单位 长度: m、质量: kg、转动惯量: $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

附录

物体形状	质量 · 惯量 · 重心位置	物体形状	质量 · 惯量 · 重心位置
圆柱 	$m = \pi R^2 L \rho$ $I_x = \frac{1}{2} m R^2$ $I_y = \frac{1}{4} m \left(R^2 + \frac{L^2}{3} \right)$ $I_z = \frac{1}{4} m \left(R^2 + \frac{L^2}{3} \right)$	圆管  R_1 : 外径, R_2 : 内径	$m = \pi (R_1^2 - R_2^2) L \rho$ $I_x = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2)$ $I_y = \frac{1}{4} m \left\{ (R_1^2 + R_2^2) + \frac{L^2}{3} \right\}$ $I_z = \frac{1}{4} m \left\{ (R_1^2 + R_2^2) + \frac{L^2}{3} \right\}$
倾斜的圆柱 	$m = \pi R^2 L \rho$ $I_\theta = \frac{1}{12} m \times \left\{ 3R^2 (1 + \cos^2 \theta) + L^2 \sin^2 \theta \right\}$	球 	$m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$ $I = \frac{2}{5} m R^2$
椭圆柱 	$m = \frac{1}{4} B C L \rho$ $I_x = \frac{1}{16} m (B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{C^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$ $I_z = \frac{1}{4} m \left(\frac{B^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$	圆锥 	$m = \frac{1}{3} \pi R^2 L \rho$ $I_x = \frac{3}{10} m R^2$ $I_y = \frac{3}{80} m (4R^2 + L^2)$ $I_z = \frac{3}{80} m (4R^2 + L^2)$ $G = \frac{L}{4}$
方柱 	$m = A B C \rho$ $I_x = \frac{1}{12} m (B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{12} m (C^2 + A^2)$ $I_z = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2)$	正方形管 	$m = 4 A D (B - D) \rho$ $I_x = \frac{1}{3} m \{ (B \cdot D)^2 + D^2 \}$ $I_y = \frac{1}{6} m \left\{ \frac{A^2}{2} + (B \cdot D)^2 + D^2 \right\}$ $I_z = \frac{1}{6} m \left\{ \frac{A^2}{2} + (B \cdot D)^2 + D^2 \right\}$

物体形状	质量·惯量·重心位置	物体形状	质量·惯量·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	硅酮树脂	1.80
铸铁	7.19	石英玻璃	2.20	聚氨酯橡胶	1.25
铜	8.92	特氟隆	2.20		
黄铜	8.50	氟化乙烯树脂	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。

$$I = I_g + mF^2$$

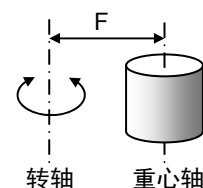
I: 重心轴与旋转轴不一致时的转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

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 FHA-C 传动装置轴换算转动惯量，使用下面的公式计算。

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

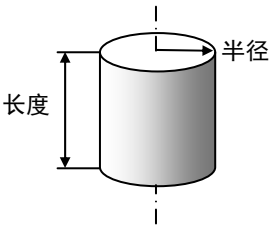
I: 直线运动物体的传动装置轴换算转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

m: 质量 (kg)

P: 传动装置旋转一次的直线移动量 (m/rev)

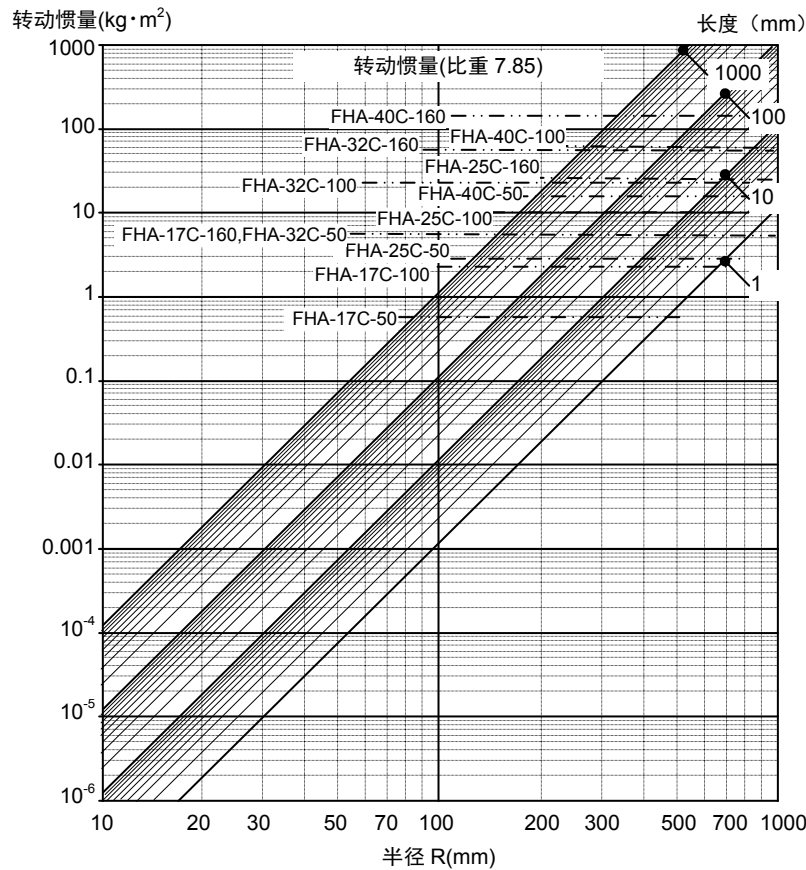
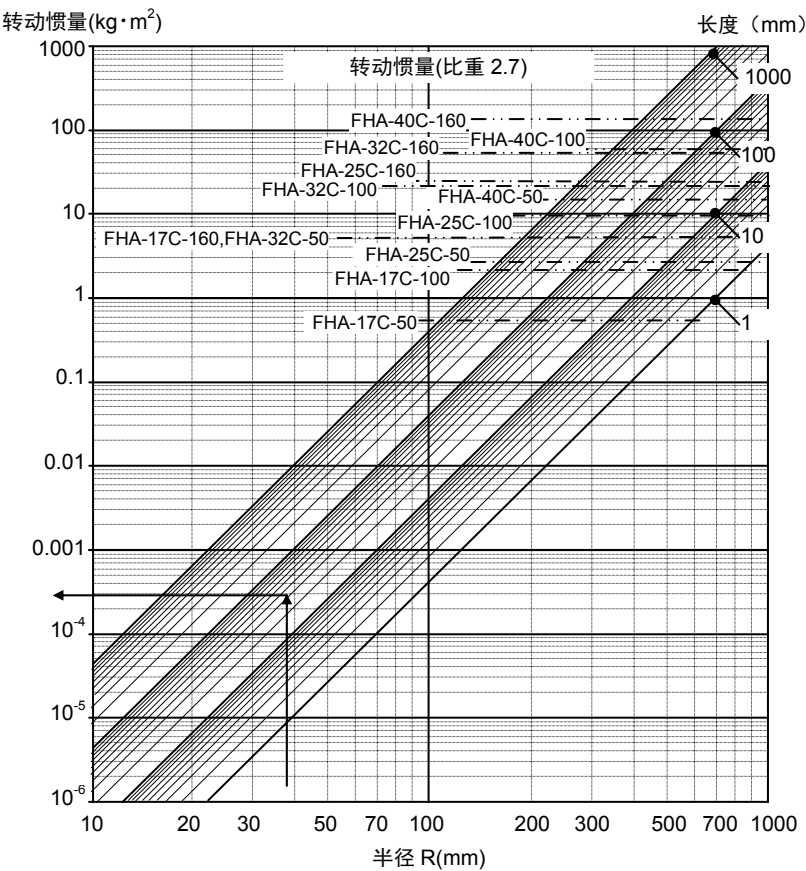
圆柱的转动惯量

根据右图可计算圆柱的转动惯量概算值。



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系列的各传动装置线表示容许最大转矩惯量（基准值）。

（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，通过上图可得出转动惯量约 $1.9 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 。
（计算值：0.000186 $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ）



索引

A

安全系数 2-6

D

单位 附-1

电源 2-1

F

分辨率..... 1-11

负载 2-3, 10

负载转动惯量 2-2, 附-3

负载转矩 2-8

G

概要 1-1

刚性 1-12

规格 1-4

H

环境 3-4

J

接线 1-24

精度 1-9

径向负载 2-6

N

扭转刚性 1-13

S

使用转速 2-7

W

外形尺寸 1-6

X

型号 1-2

Y

有效转矩 2-13

圆柱的转动惯量 附-5

Z

轴承 2-5

组合 1-3

最大负荷 2-3

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 因客户不当操作或违规使用导致故障的。
- 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 天灾等其它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、与设备上拆装相关的工时、费用等，不在本公司负责范围内。



Registered Trademark in Japan

ISO14001 / 取得 ISO9001 认证 (TÜV Management Service GmbH)

本公司保留在不预先通知的情况下更改本技术资料中记载的规格、尺寸等的权利。

本技术资料数据截止于 2023 年 2 月。

<https://www.hds.co.jp/>

	Head Office	/ Ichigo Omori Building, 6-25-3 Minami-Ohi, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan, 140-0013 TEL +81(0)3-5471-7800 FAX +81(0)3-5471-7811
	Overseas Division	/ 5103-1 Hotakaariake, Azumino-shi, Nagano, Japan, 399-8301 TEL +81(0)263-81-5950 FAX +81(0)263-50-5010
	HOTAKA Plant	/ 1856-1 Hotakamaki, Azumino-shi, Nagano, Japan, 399-8305 TEL +81(0)263-83-6800 FAX +81(0)263-83-6901
	哈默纳科(上海)商贸有限公司	/ 上海市长宁区天山路 641 号慧谷白猫科技园 1 号楼 206 室 邮编 200336 TEL 021-6237-5656 FAX 021-3250-7268

“Harmonic Drive” 是表示我公司产品的注册商标。学术名称或一般名称为 “波动齿轮装置”。

No.2302-8R-TFHAmini2-C