

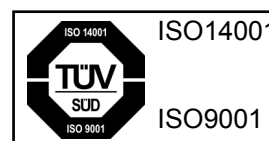
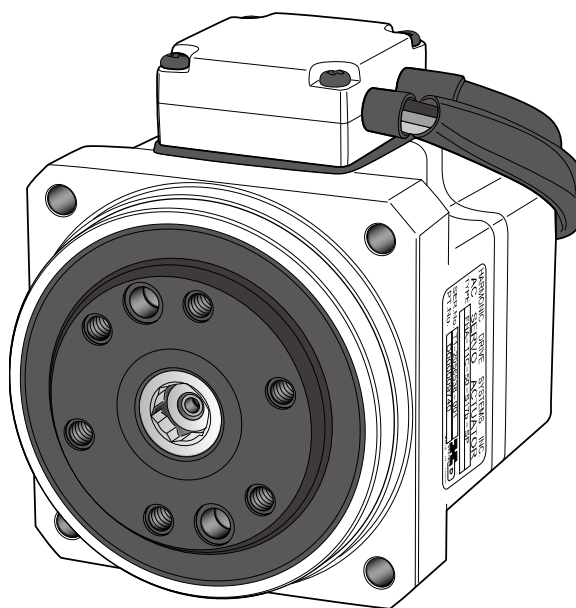
AC 伺服传动装置

FHA-C mini 系列

+

支持松下株式会社 MINAS A6

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。

本说明书中记载的公司名、产品名等一般都是各公司的注册商标或商标。

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 °C
- 环境湿度：20~80 %RH（无结露）
- 振动：24.5 m/s² 以下
- 冲击：294 m/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。

- 如果不连接专用伺服放大器，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。

伺服放大器使用注意事项

- 请仔细阅读相关技术资料集，并正确安全使用。相关技术资料的详细情况，请浏览 P4 “相关技术资料”。
- 使用之前，请务必阅读使用说明书“安全注意指南 AC 伺服电动机・放大器 MINAS A6 系列”。
使用说明书请从松下株式会社的主页下载。
<http://industrial.panasonic.com/jp/products/motors-compressors/fa-motors>
- 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。

关于报废



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。

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	资料编号	内容	获取方法
Modbus 通信规格 Block 动作功能篇	No.SX-DSV03033	介绍 MINAS A6 / A6L 的 Modbus 通信规格及 Block 动作功能规格。	可从松下株式会社主页下载。
基本功能规格篇	No.SX-DSV02910	介绍伺服放大器 MINAS A6 系列的功能。	
Realtime Express (RTEX) 基本功能规格篇	No.SX-DSV03027	介绍伺服放大器 MINAS A6N 系列的功能。	
Realtime Express (RTEX) 通信规格篇	No.SX-DSV03028	介绍连接伺服放大器 MINAS A6N 系列与上一级装置之间的网络接口“Realtime Express” RTEX 的规格。	
EtherCAT 基本功能规格篇	No.SX-DSV03215	介绍伺服放大器 MINAS A6B 系列的功能。	
EtherCAT 通信规格篇	No.SX-DSV03216	介绍连接伺服放大器 MINAS A6B 系列（从站）与上一级装置（主站）之间的网络接口 EtherCAT 的规格。	

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
相关技术资料	4
目录	5

第 1 章 概要

1-1 概要	1-1
1-2 型号	1-2
1-3 伺服放大器及中继电缆线的组合	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
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

第 2 章 选定

2-1	FHA-C mini 系列选型	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
	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
	有效转矩、平均转速研究	2-10

第 3 章 安装

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

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

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	伺服放大器及中继电缆线的组合	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 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。是一种与松下公司制造的 AC 伺服放大器 MINAS A6 系列组合在一起，从而可通过 Modbus、RTEX、EtherCAT 进行控制。

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。

薄型形状

薄型・精密控制用减速机谐波驱动[®]与超扁平 AC 伺服电动机一体化，实现了薄型化。超薄的体积进一步实现了进行驱动的机械设备的小型化。

轻量・小型・高转矩

组装有薄型・精密控制用减速装置谐波驱动[®]，因此，与采用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。

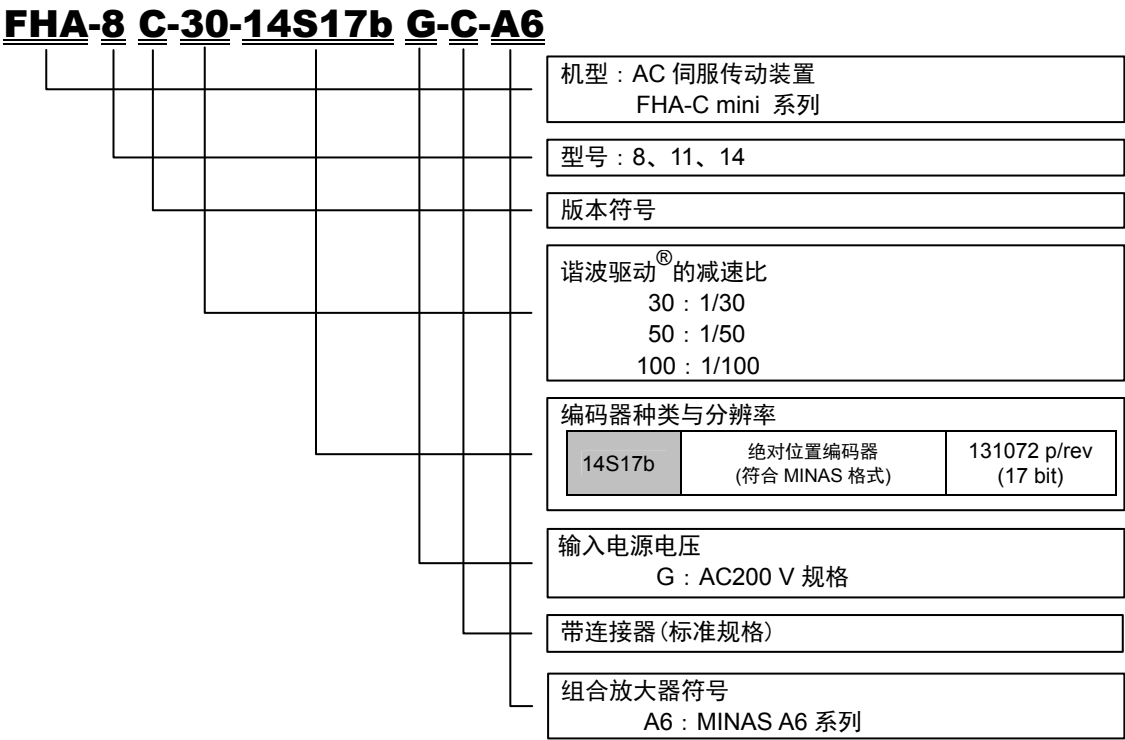
高定位精度

单方向定位精度实现了 150 秒以下。

※因型号、速比而异。详情请参照“1-7 单方向定位精度”（P1-8）。

1-2 型号

FHA-C mini 系列的型号和符号的读法如下：



1
概要

1-3 伺服放大器及中继电缆线的组合

FHA-C mini 系列传动装置与 MINAS A6 伺服放大器及中继电缆线的组合如下。

传动装置型号	型号	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
	速比	30	50	100	30	50	100	30	50	100
伺服放大器型号	MADL□05■	○	○	○	○	○	○		○	○
	MADL□15■							○		
中继电缆线 (另售)	电动机线	EWD-MB**-A06-TN-P								
	编码器线	MFECA0**-0EAE (带电池盒)								

伺服放大器型号内的“□”及“■”为安全功能、I/F 规格的功能分类。
详情请参照以下内容。

符号	符号	规格
□	N	无安全功能
	T	有安全功能

符号	符号	I/F 规格	功能分类
■	SE	模拟/脉冲	位置控制型
	SG		通用通信型
	SF		多功能型
	NE	RTEX	标准型
	NF		多功能型
	BN	EtherCAT	标准型
	BF		多功能型

关于伺服放大器及编码器中继电缆线，请咨询松下株式会社。

1-4 规格

1

概要

表示 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 ^{*1}	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
容许连接转矩 ^{*1*2}	N·m		0.75	1.5	2	1.8	2.9	4.2	3.5	4.7	6.8
最高转速	r/min		200	120	60	200	120	60	200	120	60
容许连接转速 ^{*2}	r/min		116.7	70	35	116.7	70	35	100	60	30
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 ^{*1}	A		0.61	0.64	0.48	1.5	1.6	1.1	2.9	3.2	2.4
容许连接电流 ^{*1*2}	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 (伺服放大器)	V		AC200								
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(20℃)	Ω		14			3.7			1.4		
相电感	mH		5.7			3.2			1.8		
转动惯量	(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	0.0270	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		
编码器方式			绝对位置编码器								
编码器分辨率	一次旋转检测器		2 ¹⁷ (131072)								
	多次旋转检测器		2 ¹⁶ (65536)								
输出轴分辨率	脉冲/转		3932160	6553600	13107200	3932160	6553600	13107200	3932160	6553600	13107200
单方向定位精度	秒		150	120	120	120	90	90	120	90	90
质量	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: 24.5 m/s ² (频率: 10~400 Hz) / 抗冲击: 294 m/s ² *3 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 1000 m 以下 抗磁干扰: 0.01 Tesla								
电动机绝缘			绝缘电阻: 100 MΩ 以上(DC500 V) 绝缘耐压: AC1500 V/1 min 绝缘等级: B 级								
安全规格			CE 标志								
安装方向			可全方向安装								

上表中的数值表示输出轴上的值。

*1: 与 INAS A6 伺服放大器组合时的代表值。

*2: 安装在以下铝散热板的情况下温度上升饱和时的数值。

8C、11C: 150×150×6 [mm]

14C: 200×200×6 [mm]

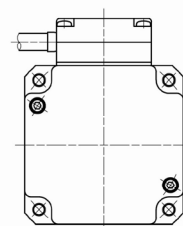
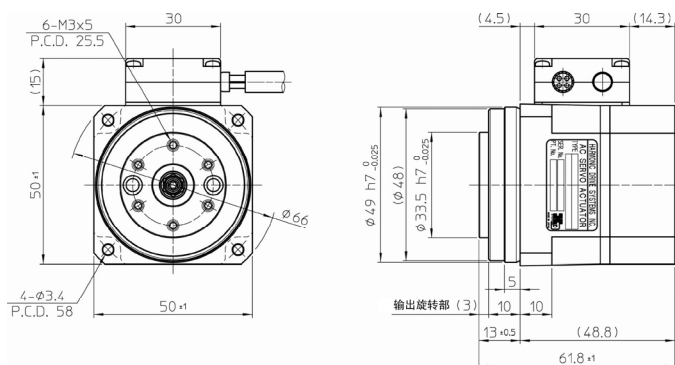
*3: 关于试验条件, 请参考“1-11 抗冲击”(P1-13)、“1-12 耐振动”(P1-14)。

1-5 外形尺寸

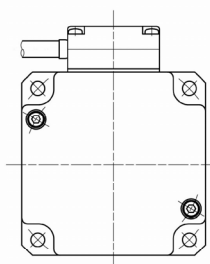
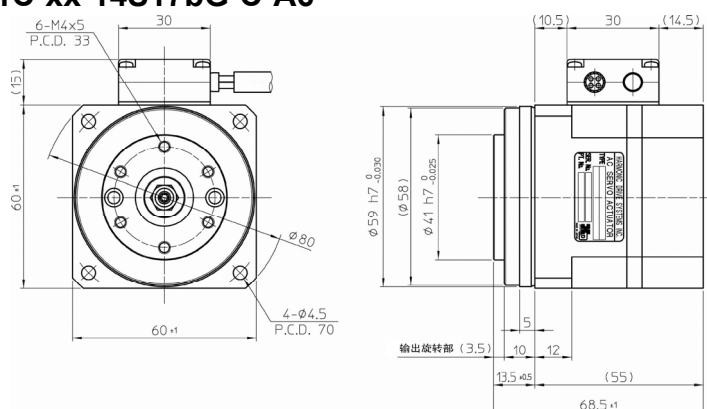
下图表示 FHA-C mini 系列的外形尺寸。
编码器配线请使用产品附带的编码器连接器转换电缆线。

FHA-8C-xx-14S17bG-C-A6

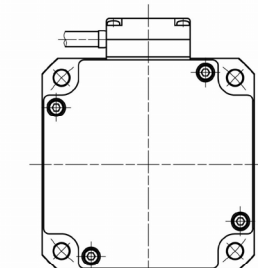
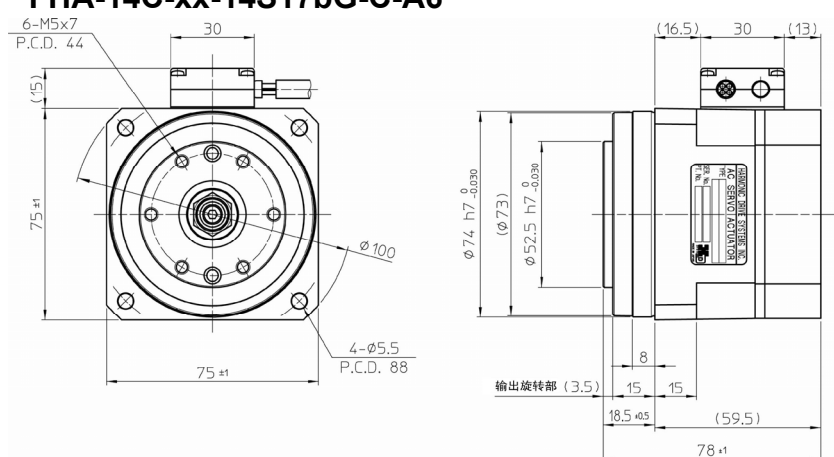
单位 [mm] (第 3 角法)



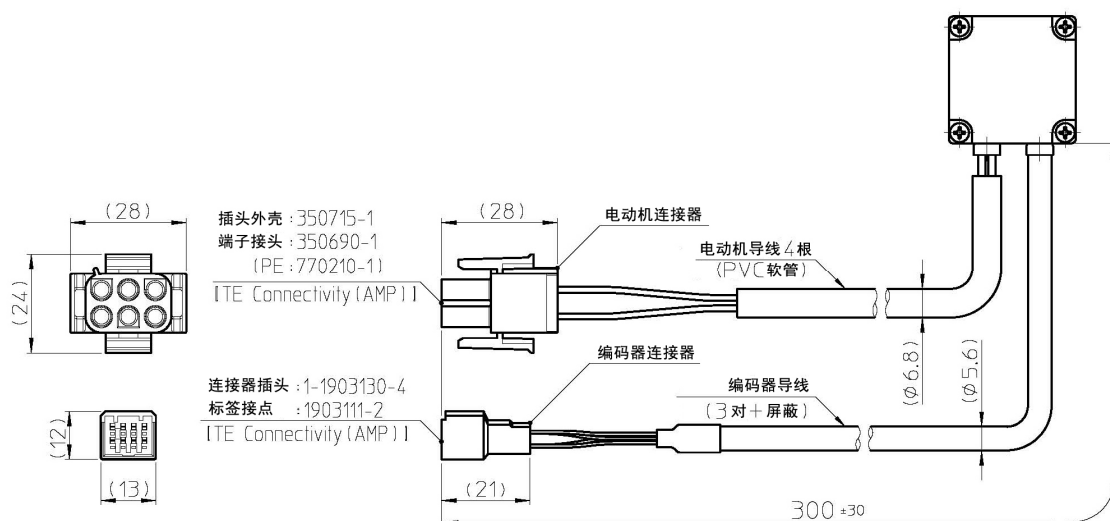
FHA-11C-xx-14S17bG-C-A6



FHA-14C-xx-14S17bG-C-A6

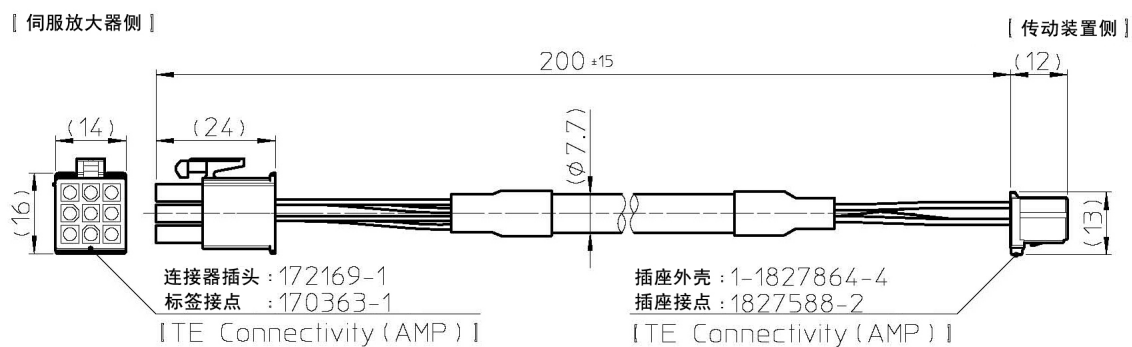


电缆线引出部（通用规格）



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

编码器连接器转换电缆线



注：连接器的详情，请参照“1-14 接线规格”（P1-18）。

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

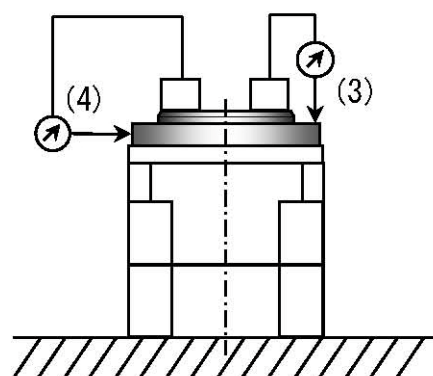
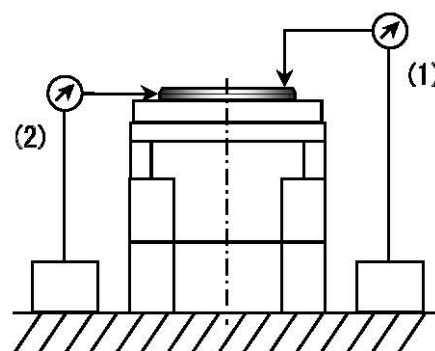
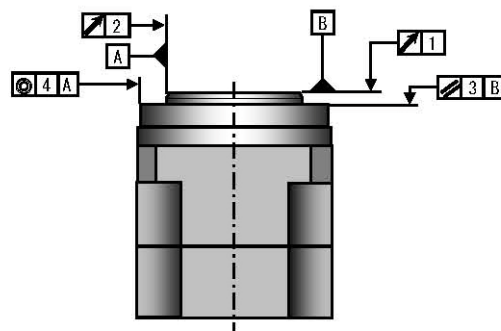
使用安装在固定部的千分尺测定旋转一次输出旋转部时输出轴的径向偏差（最大振幅）。

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）。

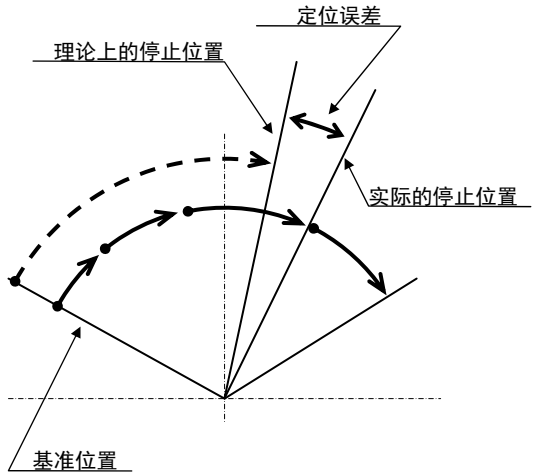


1-7 单方向定位精度

“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	150	120	120	120	90	90	120	90	90

1-8 输出轴分辨率

FHA-C mini 系列传动装置的电动机安装有每转 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，每转的输出轴分辨率变成 30 倍、50 倍或 100 倍。

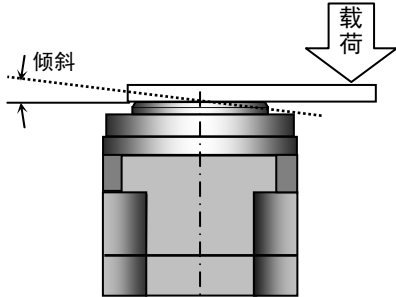
速比		30	50	100
项目				
编码器分辨率		2 ¹⁷ (131072 脉冲/转)		
减速比		30	50	100
输出轴分辨率	脉冲/转	3932160	6553600	13107200
一次脉冲角度	秒	约 0.33	约 0.2	约 0.1

1-9 刚性

1
概要

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”。

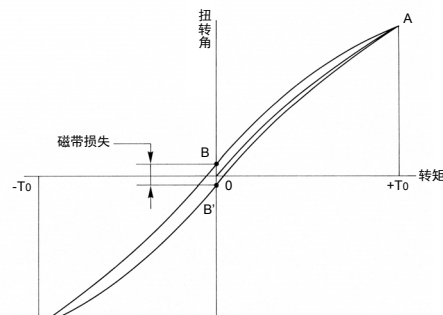


型号		FHA-8C	FHA-11C	FHA-14C
转动刚性	N·m/rad	2×10^4	4×10^4	8×10^4
	kgf·m/rad	0.2×10^4	0.4×10^4	0.8×10^4
	kgf·m/arc-min	0.59	1.2	2.4

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 $[N \cdot m/rad]$ ）。

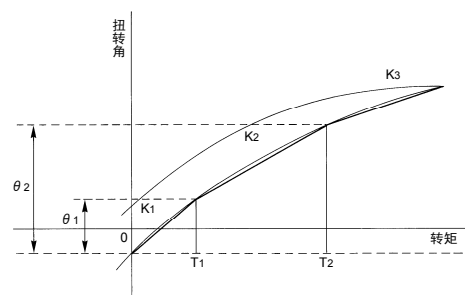


如右下图所示，将该“转矩-扭转角线形图”分为 3 个区间，各区间时的弹簧常数分别表述为 K_1 、 K_2 、 K_3 。

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 ”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·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·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·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 $[N \cdot m]$

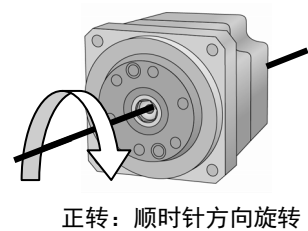
扭转角 (arc-min)	型号	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		30	50	100	30	50	100	30	50	100
2		0.20	0.25	0.56	0.49	1.3	1.8	1.1	2.0	3.0
4		0.42	0.63	1.2	1.1	3.3	4.2	2.3	4.7	6.5
6		0.68	1.1	1.9	1.8	5.2	6.8	3.6	7.6	11

1-10 旋转方向

出厂时的旋转方向默认为向 MINAS A6 伺服放大器发出正方向指令时从输出轴侧方向看的顺时针方向（CW）。
该旋转方向可通过 MINAS A6 伺服放大器的参数 Pr0.00 设置进行切换。

“Pr0.00：旋转方向指定” 的设定

设定值	传动装置旋转方向		设定
	正方向指令输入时	负方向指令输入时	
0	CCW（逆时针）方向	CW（顺时针）方向	
1	CW（顺时针）方向	CCW（逆时针）方向	初始值



1

概要

1-11 抗冲击

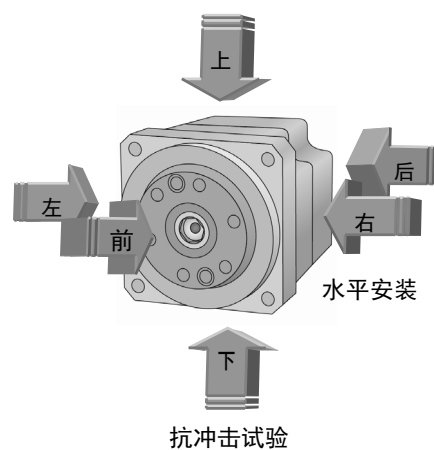
将传动装置的中心轴进行水平安装，从上下・左右方向施加冲击时的冲击加速度如下所示：

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。



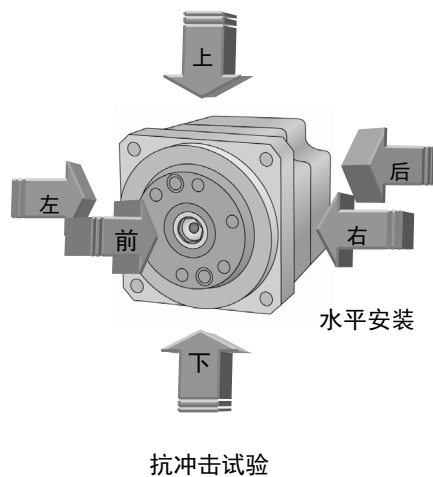
1-12 耐振动

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 MINAS A6 伺服放大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。

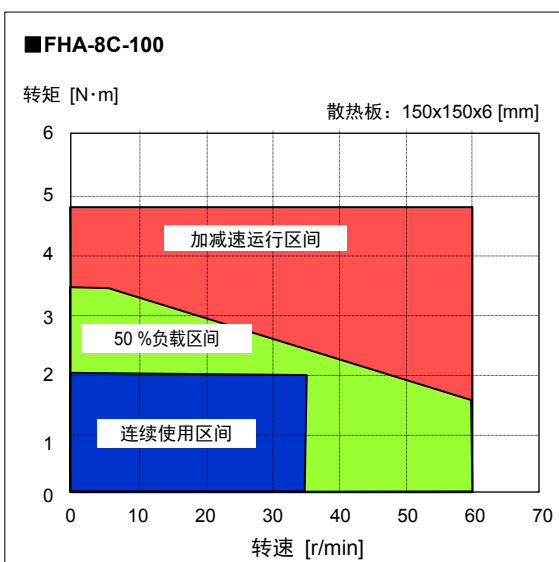
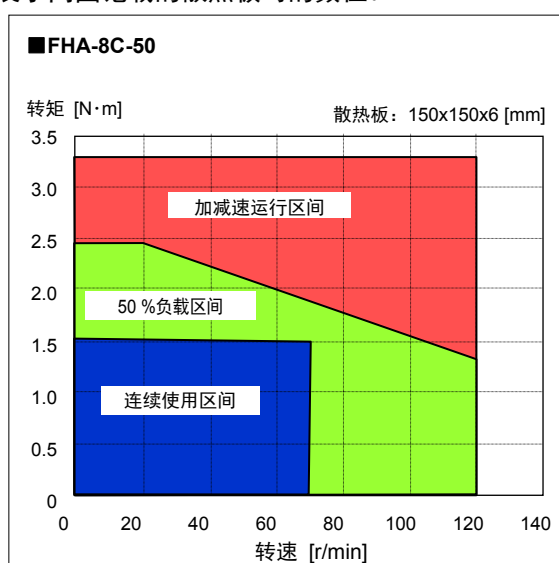
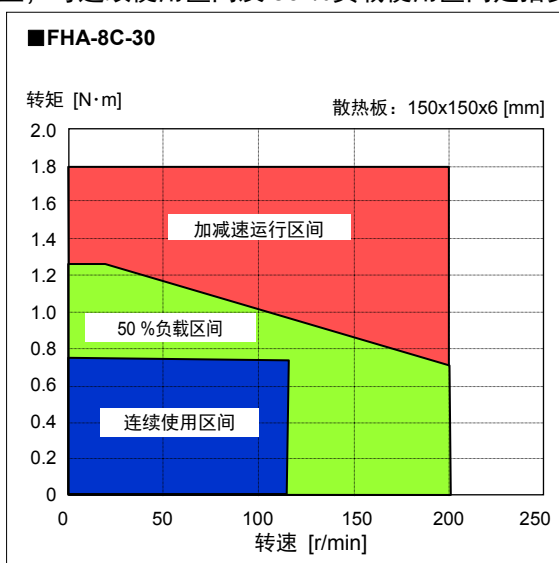
2. 50 %负载使用区间

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。

3. 加减速运行区间

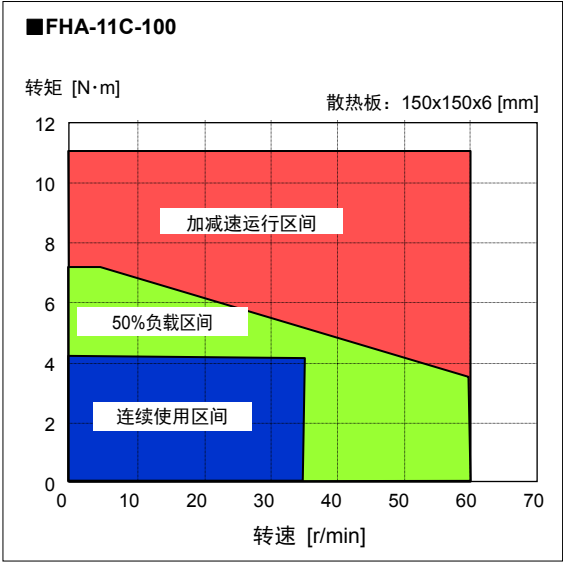
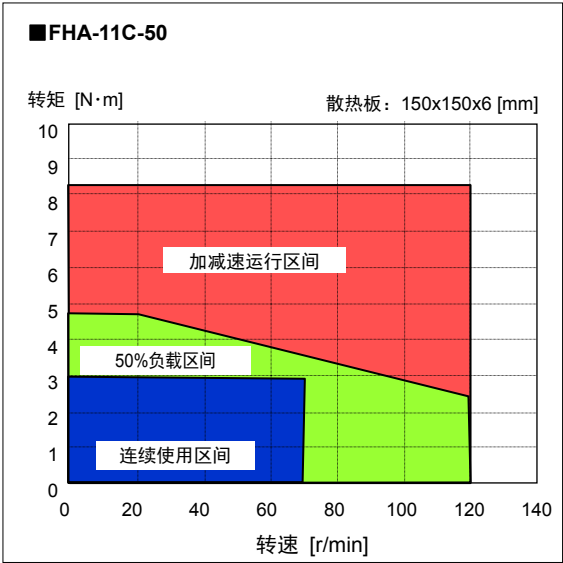
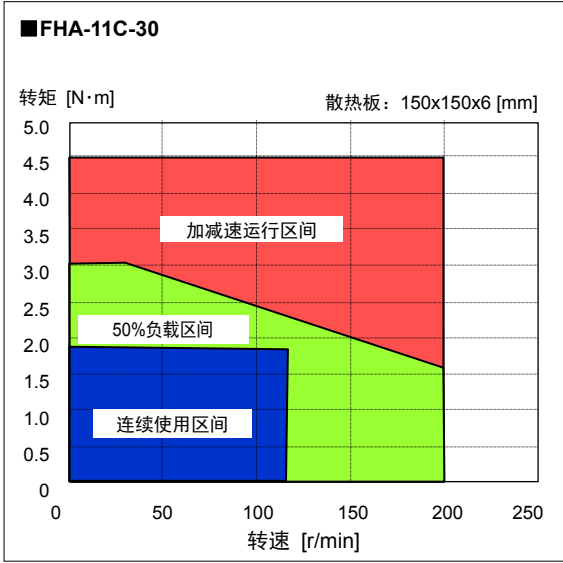
表示可瞬时运转的转矩-转速区间。通常情况下，加速、减速时使用该区间。

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。

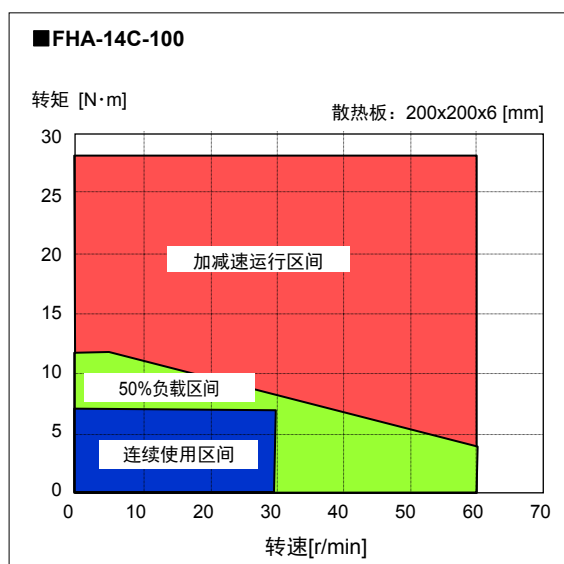
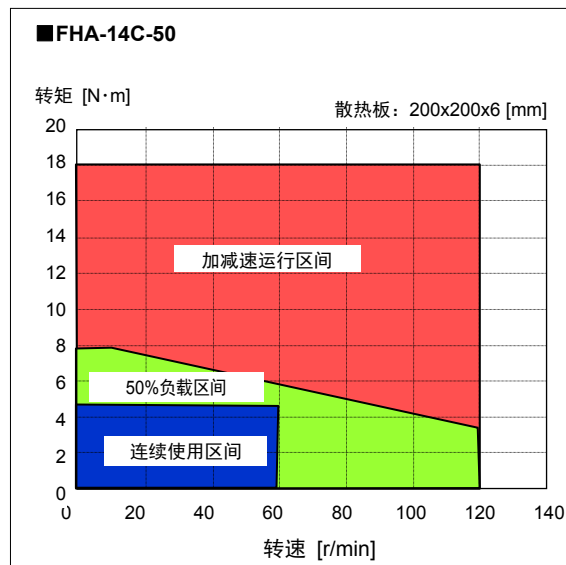
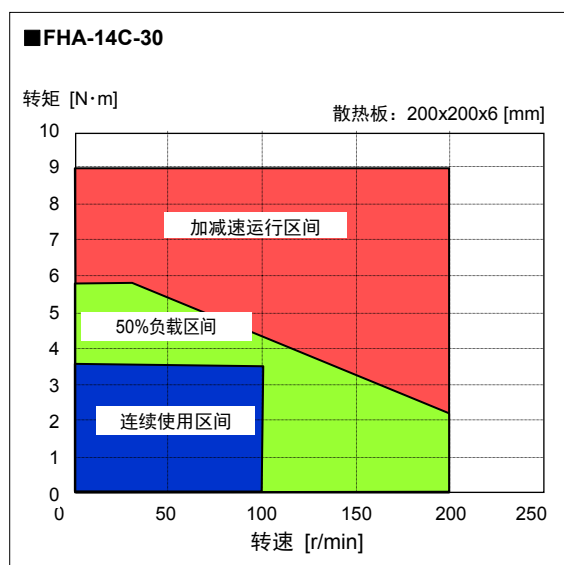


注 1: 在连续使用区间单向连续使用时，请咨询本公司。

注 2: 三相 AC200 V 的代表值。



注 1: 在连续使用区间单向连续使用时, 请咨询本公司。
注 2: 三相 AC200 V 的代表值。



注 1: 在连续使用区间单向连续使用时, 请咨询本公司。

注 2: 三相 AC200 V 的代表值。

1-14 接线规格

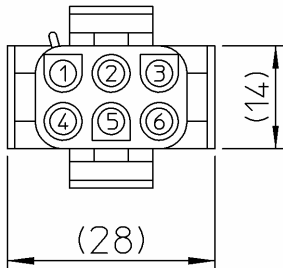
FHA-C mini 系列传动装置的电动机导线及编码器导线规格如下表：

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
5	—	—
6	—	—

● PIN 位置



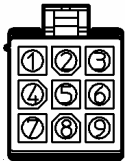
连接器型号：350715-1
PIN 型号：350690-1（PE：770210-1）
TE Connectivity（AMP 产品系列）

编码器连接器转换电缆线（伺服放大器侧）

● PIN 排列

PIN 编号	线色	信号名称	备注
1	橙	BAT+	电池 +
2	灰	BAT-	电池 -（GND）
3	屏蔽	FG	
4	黄	PS	串行信号差动输出（+）
5	蓝	PS	串行信号差动输出（-）
6	—	未连接	
7	红	E5 V	电源输入 +5 V
8	黑	E0 V	电源输入 0 V（GND）
9	—	未连接	

● 连接器的 PIN 位置



连接器型号：172169-1
PIN 型号：170363-1
TE Connectivity（AMP 产品系列）

1

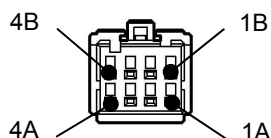
概要

编码器连接器转换电缆线（传动装置侧）

● PIN 排列

PIN 编号	线色	信号名称	备注
1A	红	E5 V	电源输入 +5 V
1B	黑	E0 V	电源输入 0 V (GND)
2A	黄	PS	串行信号差动输出 (+)
2B	蓝	$\overline{\text{PS}}$	串行信号差动输出 (-)
3A	—	未连接	—
3B	屏蔽	FG	
4A	橙	BAT+	电池 +
4B	灰	BAT—	电池 — (GND)

● 连接器的 PIN 位置



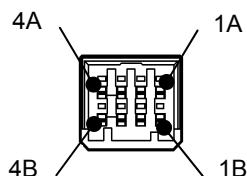
连接器型号: 350715-1
 PIN 型号: 350690-1 (PE: 770210-1)
 TE Connectivity (AMP 产品系列)

编码器连接器（传动装置侧）

● PIN 排列

PIN 编号	线色	信号名称	备注
1A	白	E5 V	电源输入 +5 V
1B	黑	E0 V	电源输入 0 V (GND)
2A	蓝	PS	串行信号差动输出 (+)
2B	紫	$\overline{\text{PS}}$	串行信号差动输出 (-)
3A	—	未连接	—
3B	屏蔽	FG	
4A	橙	BAT+	电池 +
4B	褐	BAT—	电池 — (GND)

● 连接器的 PIN 位置



连接器型号: 1-1903130-4
 PIN 型号: 1903111-2、1903116-2 或 1903117-2
 TE Connectivity (AMP 产品系列)

第2章

选定

下面介绍传动装置的选定方法。

2-1	FHA-C mini 系列选型·····	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 FHA-C mini 系列选型

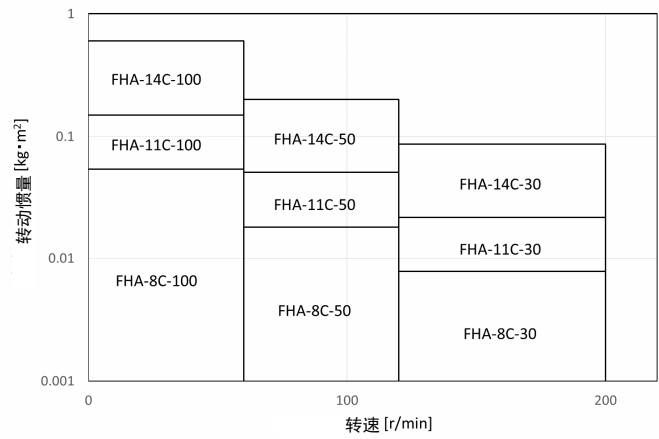
2

选定

容许负载转动惯量

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 转动惯量计算”（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	(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 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)			
$M_{max} = \frac{F_{rmax} \cdot (L_r + R) + F_{amax} \cdot L_a}{1000}$			
计算公式的符号			
M_{max}	最大力矩容量	N・m	
F_{rmax}	最大径向负载	N	参照图 1
F_{amax}	最大轴向负载	N	参照图 1
L_r 、 L_a	——	mm	参照图 1
R	偏置量	mm	参照图 1、表 1

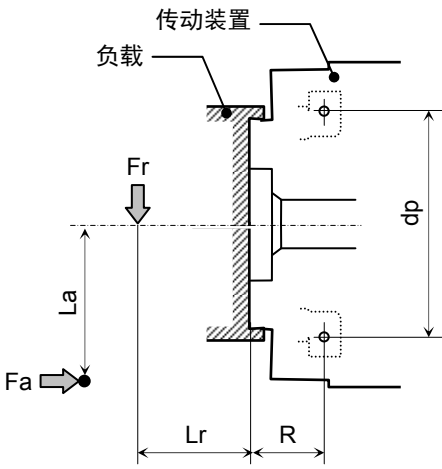


图 1 外部负载作用图

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）

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

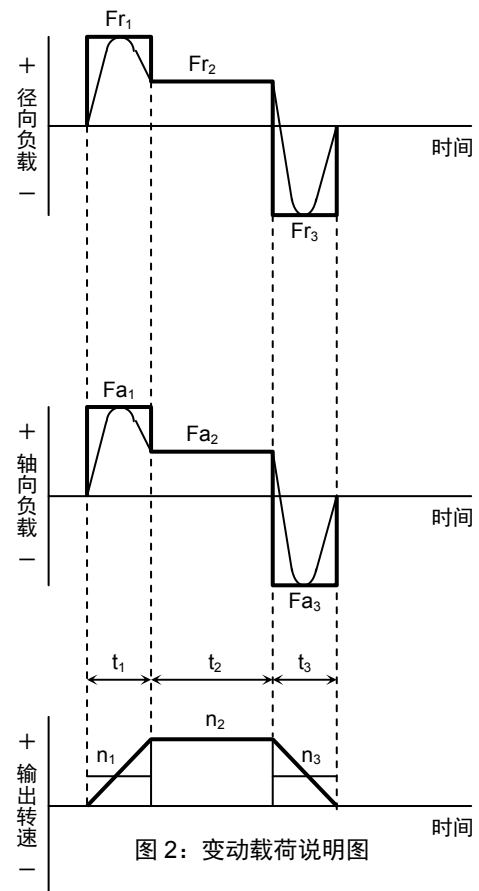


图 2：变动载荷说明图

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	参照平均负载
Faav	平均轴向负载	N	参照平均负载
Lr、La	——	mm	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

P _c	径向当量动负荷	N	
Fr _{av}	平均径向负载	N	参照计算公式（2）
Fa _{av}	平均轴向负载	N	参照计算公式（3）
d _p	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
L _r 、L _a	—	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

L _{B-10}	寿命	hour	—
N _{av}	平均输出转速	r/min	参照计算公式（4）
C	基本额定动载荷	N	参照表 1
P _c	径向当量动负荷	N	参照计算公式（6）
f _w	负载系数	—	参照表 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
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）

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

计算公式的符号

L _{oc}	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	参照表 1
P _c	径向当量动荷	N	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

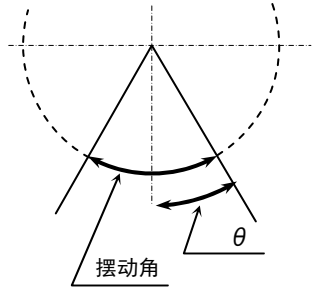


图 3：摆动运动

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

$$Po = Fr_{max} + \frac{2M_{max}}{dp \times 10^{-3}} + 0.44Fa_{max}$$

计算公式的符号

Fr _{max}	最大径向负荷	N	参照图 1
Fa _{max}	最大轴向负荷	N	参照图 1
M _{max}	最大静力矩	N·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	参照表 1
Po	径向当量静负荷	N	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

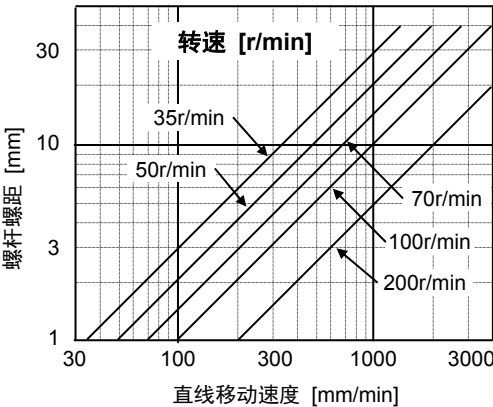
反复进行启动、停止的运转及高速状态下的连续运转时，传动装置会发热。因此，需要研究能否允许这种发热现象的存在。
按以下顺序进行研究。

使用转速研究

计算 FHA-C mini 系列进行驱动时负载的使用转速 [r/min]。
直线运动时，通过以下公式换算成转速。

$$\text{使用转速 [r/min]} = \frac{\text{直线移动速度 [mm/min]}}{\text{螺钉的进给螺距 [mm]}}$$

为确保使用转速低于 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 转动惯量计算”（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。

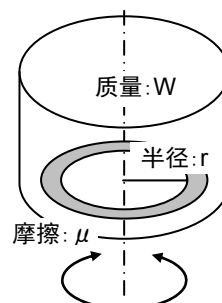
$$T = 9.8 \times \mu \times W \times r$$

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]



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。

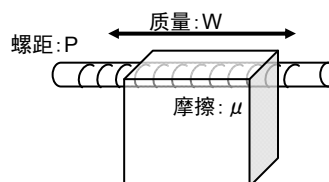
$$T = 9.8 \times \mu \times W \times \frac{P}{2 \times \pi}$$

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）

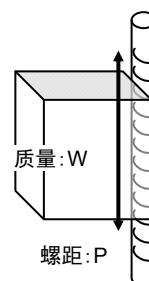
质量“W”通过螺距为“P”的螺钉垂直移动时的旋转转矩如下。

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

T : 旋转转矩 [N·m]

W : 质量 [kg]

P : 螺钉的进给螺距 [m]



2

选定

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。

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

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

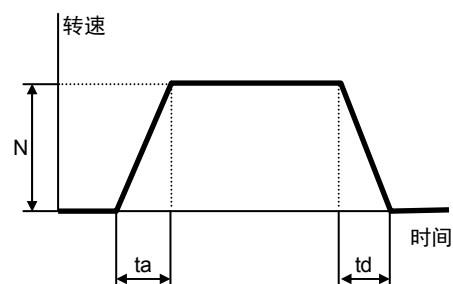
t_a : 加速时间	[s]
t_d : 减速时间	[s]
J_A : 传动装置转动惯量	[kg·m ²]
J_L : 负载转动惯量	[kg·m ²]
N : 传动装置转速	[r/min]
T_M : 传动装置最大转矩	[N·m]
T_F : 传动装置摩擦转矩	[N·m]

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

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：100 [r/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 根据 2-1 项的表，将上述条件假设选定为“FHA-11C-50”。
- ② 从 1-4 项的额定表中读取
 - $J_A = 0.017$ [kg·m²]
 - $T_M = 8.3$ [N·m]
 - $K_T = 6.6$ [N·m/A]
 - $I_M = 1.6$ [A]。
- ③ 根据上面的公式，传动装置的摩擦转矩为

$$T_F = 6.6 \times 1.6 - 8.3 = 2.26$$
 [N·m]。
- ④ 根据上面的公式，加速及减速时间可进行如下计算。

$$t_a = (0.017 + 0.04) \times 2 \times \pi / 60 \times 100 / 8.3 \approx 0.072$$
 [s]

$$t_d = (0.017 + 0.04) \times 2 \times \pi / 60 \times 100 / (8.3 + 2 \times 2.26) \approx 0.047$$
 [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。

有效转矩、平均转速研究

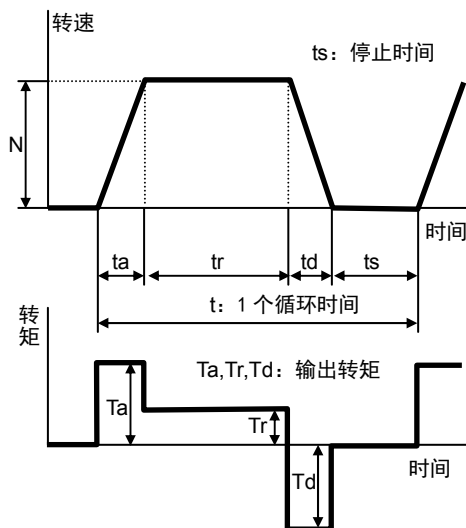
判断运转导致传动装置的发热是否有问题的方法，是看有效转矩和平均转速确定的动作点是否位于“1-13 可用区间”（P1-15）的连续使用区间内。

使用下面的公式计算在右图驱动模式下进行反复运转时有效转矩 T_m 及平均转速 N_{av} 。

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

$$N_{av} = \frac{N/2 \times t_a + N \times t_r + N/2 \times t_d}{t}$$

t_a : 从速度 0 到 N 的加速时间	[s]
t_d : 从速度 N 到 0 的减速时间	[s]
t_r : 速度 N 时的恒速运行时间	[s]
t : 1 个循环的时间	[s]
T_m : 有效转矩	[N·m]
T_a : 加速时转矩	[N·m]
T_r : 定速时转矩	[N·m]
T_d : 减速时转矩	[N·m]
N_{av} : 平均转速	[r/min]
N : 定速时转速	[r/min]



● 计算例子 2

以“FHA-11C-50”为例进行说明。

运转条件：在与计算例子 1 相同的条件下对惯性负载实施加速，等达到定速运转后，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 θ 为

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

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 中的

$$t_a = 0.072 \text{ [s]}$$

$$t_d = 0.047 \text{ [s]}$$

$$N = 100 \text{ [r/min]}$$

后，得到

$$t_r = 0.069 \text{ s.}$$

②接着，计算加速时转矩及减速时转矩。在上一项的“加速时间·减速时间”公式中，

设 $k = 1$ ，加速时转矩及减速时转矩的关系式如下所示。

$$T_a = (J_A + J_L) \times 2 \times \pi / 60 \times N / t_a + T_L$$

$$T_d = (J_A + J_L) \times 2 \times \pi / 60 \times N / t_d - 2 \times T_F - T_L$$

在该公式中代入计算例子 1 的数值，则

$$T_a = 2.30 \text{ [N·m]}$$

$$T_d = 2.53 \text{ [N·m]}.$$

③计算有效转矩。将①、②项中的数值及 $T_r = 0 \text{ N·m}$ 、 $t = 0.8 \text{ s}$ 代入上述公式。

$$T_m = \sqrt{\frac{8.3^2 \times 0.072 + 0^2 \times 0.141 + 2.53^2 \times 0.047}{0.8}} = 3.19 \text{ [N·m]}$$

④计算平均转速。将①项中的数值及 $N = 100 \text{ r/min}$ 、 $t = 0.8 \text{ s}$ 代入上述公式。

$$N_{av} = \frac{100/2 \times 0.072 + 100 \times 0.141 + 100/2 \times 0.047}{0.8} = 25.0 \text{ [r/min]}$$

2
选定

⑤将由上面计算得出的有效转矩和平均转速确定的动作点绘制到 FHA-11C-50 的可使用区间的曲线上，则如右图所示，超出了连续使用区间的范围。因此，该条件下不能进行连续运转。这种情况时，需重新研究以下内容：

- ◆运转模式
- ◆负载降低
- ◆传动装置型号

等。

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。

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

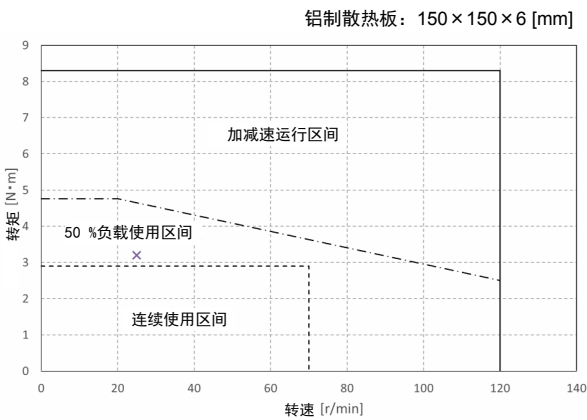
代入

- $T_a = 8.3 \quad [N \cdot m]$
- $T_r = 0 \quad [N \cdot m]$
- $T_d = 8.3 \quad [N \cdot m]$
- $T_m = 2.9 \quad [N \cdot m]$
- $t_a = 0.072 \quad [s]$
- $t_r = 0.141 \quad [s]$
- $t_d = 0.047 \quad [s]$

即，

$$t = (8.3^2 \times 0.072 + 0^2 \times 0.141 + 8.3^2 \times 0.047) / 2.9^2 = 0.97 [s]$$

根据该结果，只要将停止时间延长，将 1 个循环时间设定为 1.0 s 以上，则 $T_m = 2.9 [N \cdot m]$ 以下时可以在容许连续转矩内进行连续运转。



FHA-11C-50 可用区间

注意

- 上述连续使用区间是指在自然空冷的条件下，安装有规定的铝质散热板时的允许范围。安装构件的散热面积较小、材质的热传导性能较差等情况下，作为大致标准，请在传动装置外围温度上升值低于 40 K 的运转条件下使用。

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·····	3-2
3-3	安装场所和安装工程·····	3-3

3-1 开箱检查

产品开箱后，请确认以下内容。

确认步骤

3

安 装

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 mini 系列执行元件的后方端面上贴有铭牌。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。

型号符号的详细情况，请浏览“1-2 型号”（P1-2）。

3 确认组合使用的伺服放大器是否正确。

确认是否是本说明书“1-3 伺服放大器及中继电缆线的组合”（P1-3）部分记载的型号组合。

4 确认输入电源电压是否正确。

伺服放大器铭牌中的“INPUT”部分表示输入电源电压数值。

如果与预计连接的电源电压不符，请及时联系供货商。



警告

请不要组装与本说明书记载不符的执行元件。

伺服放大器的特性是与执行元件一并进行调整的。不同的“伺服放大器”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。

请不要连接到与伺服放大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伺服放大器，造成人员受伤及引发火灾。

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。



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 $-20 \sim +60$ °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 °C
 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 °C。
- 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：24.5 m/s² (2.5 G) (10~400 Hz)以下
- 冲击：294 m/s² (30 G)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。

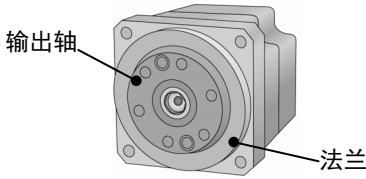
- 室内使用，避免阳光直射
- 海拔：1000 m 以下

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。

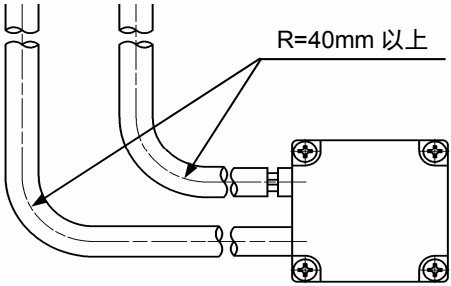
项目 \ 型号		FHA-8C		FHA-11C		FHA-14C	
		输出轴	法兰	输出轴	法兰	输出轴	法兰
拧紧转矩	螺丝、孔深	6-M3 深 5	4-M3	6-M4 深 5	4-M4	6-M5 深 5	4-M5
	N·m	2	1.2	4.5	2.7	9.0	5.4
	kgf·cm	20	12	46	28	92	55

3 连接伺服放大器的配线。

本产品附带中继电缆线，用于连接伺服放大器。配线作业的详细情况，请参照“1-14 接线规格”（P1-18）及 MINAS A6 伺服放大器的“使用说明书”。

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

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

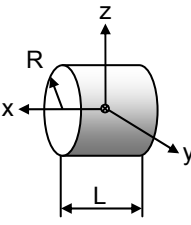
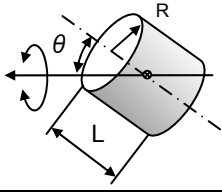
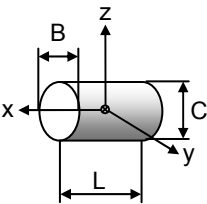
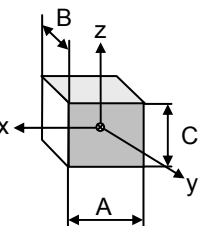
下表是质量和转动惯量的计算公式。

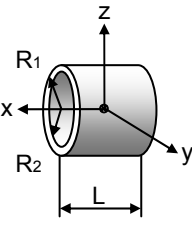
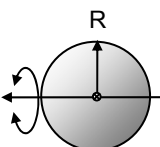
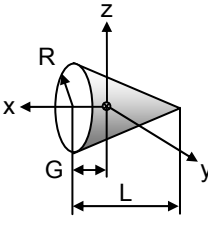
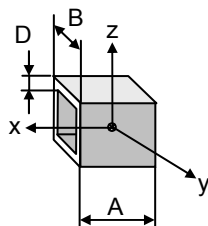
m: 质量 [kg]、 I_x, I_y, I_z : 将 x, y, z 轴作为旋转中心的转动惯量 [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

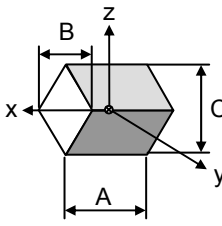
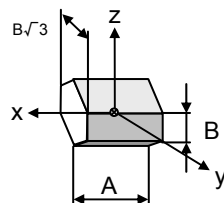
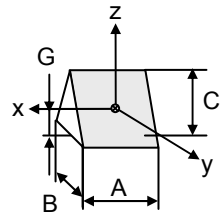
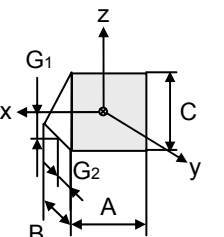
G: 距重心端面的距离 [m]

ρ : 比重 [$\times 10^3 \text{ kg/m}^3$]

单位 转动惯量 [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

物体形状	质量·惯量·重心位置
圆柱 	$m = \pi R^2 L \rho \times 10^3$ $I_x = \frac{1}{2} m R^2$ $I_y = \frac{1}{4} m \left(R^2 + \frac{L^2}{3} \right)$ $I_z = \frac{1}{4} m \left(R^2 + \frac{L^2}{3} \right)$
倾斜的圆柱 	$m = \pi R^2 L \rho \times 10^3$ $I_\theta = \frac{1}{12} m \times \left\{ 3R^2(1 + \cos^2 \theta) + L^2 \sin^2 \theta \right\}$
椭圆柱 	$m = \frac{1}{4} B C L \rho \times 10^3$ $I_x = \frac{1}{16} m (B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{C^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$ $I_z = \frac{1}{4} m \left(\frac{B^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$
方柱 	$m = A B C \rho \times 10^3$ $I_x = \frac{1}{12} m (B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{12} m (C^2 + A^2)$ $I_z = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2)$

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

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 	$m = \frac{1}{2}ABC\rho$ $I_x = \frac{1}{36}m(B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{2}{3}C^2\right)$ $I_z = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{2}{3}B^2\right)$ $G_1 = \frac{C}{3}$ $G_2 = \frac{B}{3}$

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 [$\times 10^3 \text{ kg/m}^3$]	材料	比重 [$\times 10^3 \text{ kg/m}^3$]	材料	比重 [$\times 10^3 \text{ kg/m}^3$]
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。

$$I = I_g + mF^2$$

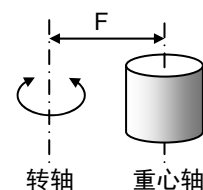
I : 重心轴与旋转轴不一致时的转动惯量 [kg·m²]

I_g : 重心轴与旋转轴一致时的转动惯量 [kg·m²]

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 [kg·m²]

m : 质量 [kg]

P : 传动装置旋转一次的直线移动量 [m/rev]

索引

A	
安全系数	2-6
D	
单位	附-1
F	
分辨率	1-9
负载	2-3
负载转矩	2-8
G	
概要	1-1
刚性	1-10
规格	1-4
H	
环境	3-3
J	
接线	1-18
精度	1-7
径向负载	2-6
N	
扭转刚性	1-11
S	
使用转速	2-7
W	
外形尺寸	1-5
X	
型号	1-2
选定	2-1
Y	
有效转矩	2-10
Z	
轴承	2-5
组合	1-3
转动惯量	2-2, 附-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 2021 年 7 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.2107-1R-TFHACmini-P-C