

Harmonic Drive

REDUCER

FINE MECHANICS & TOTAL *motion* CONTROL



精密控制用减速机

Harmonic Drive 组件型产品综合目录

■ 技术资料

■ 组件型



ISO14001
(穗高工厂)

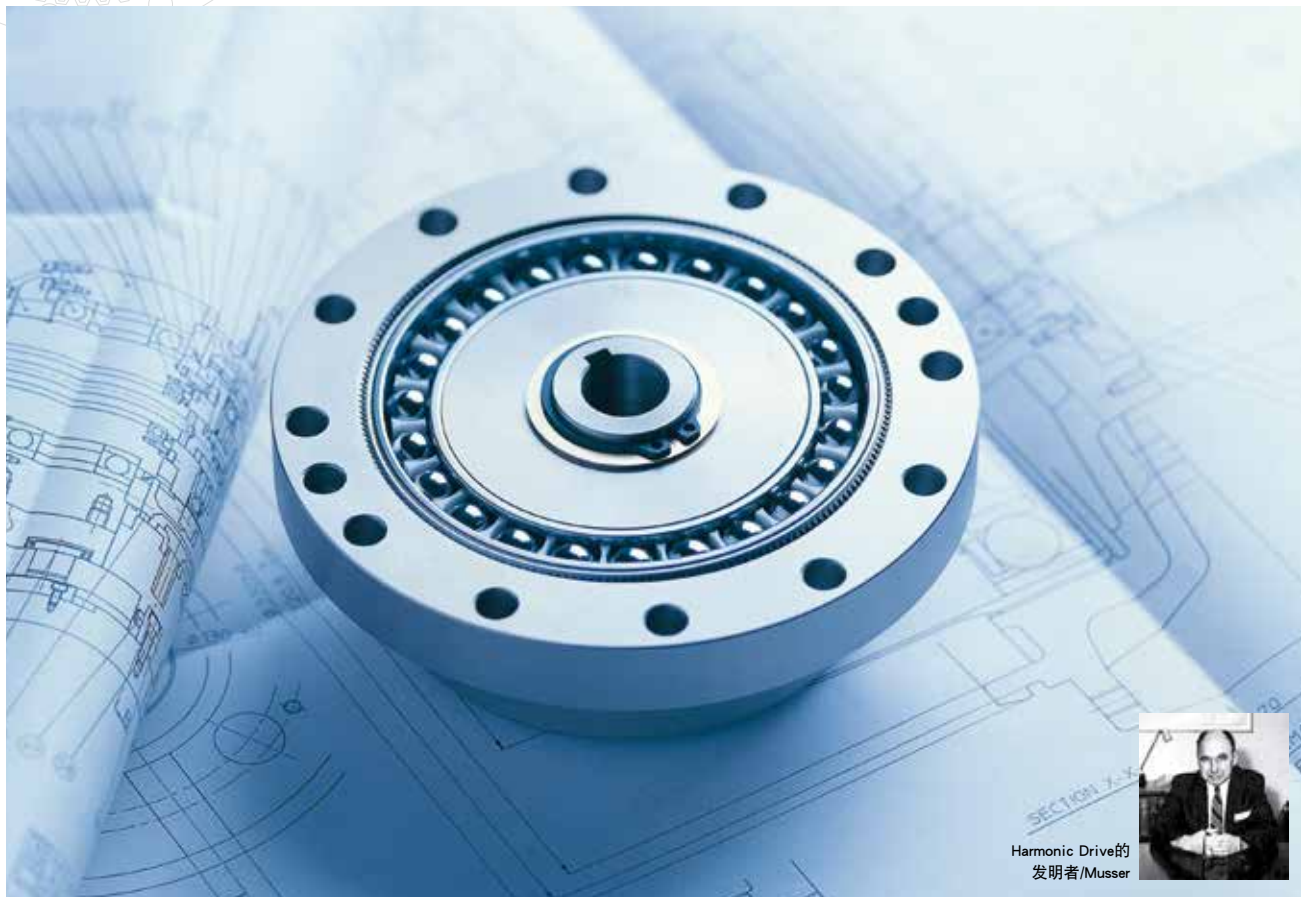
ISO9001

一个发明改变了运动控制的世界

Harmonic Drive的崭新理念、独特原理都是由美国的天才发明家C.W.Musser创造发明的。

Musser的这一项颠覆了传统常识并应用于金属挠曲的发明，作为一种划时代的动力传递方式在当时引起了世界的注目。

之后，美国法人USM公司和本公司的前身株式会社长谷川齿车开始研究将其产品化的可能性，并为其命名。



Musser 发明的谐波齿轮传动在发表时被称为“Strain wave gearing”。

同时以该名称取得了专利，之后，株式会社Harmonic Drive Systems 成功将该技术实用化。“Harmonic Drive”的学术、一般名称为“谐波齿轮传动”，“Harmonic Drive”是只用于本公司制造并销售产品上的注册商标。在韩国、台湾地区也已取得商标权。

1964年 Harmonic Drive实用化

1964年，本公司的前身、株式会社长谷川齿车HD事业部与USM Co.,Ltd展开技术合作，并在日本首次成功实现了Harmonic Drive的实用化，1970年，2个公司共同出资创建了本公司。

接下来在1979年，演变成为了现在的株式会社Harmonic Drive Systems。

致力于打造小型、轻量化的同时，实现高转矩和精准定位。

Harmonic Drive的最大特征是仅由3个基本部件组合而成，非常易于实现小型轻量化。

而且，由于齿轮啮合数多，也可生成较大的转矩并实现十分精准的定位。

在灵活运用该产品与生俱来的特点的同时，本公司以进一步小型轻量作为开发主题，推进Harmonic Drive的小型紧凑化。为满足顾客多方面的使用要求，我们也对产品类型进行了丰富，现在，我们的产品共包括22种形状、转矩容量从40Ncm至15500Nm不等（#5~#100）。随着我们根据独创的齿形理论开发的IH齿形的诞生，使齿底的弯曲应力和受齿面负载产生的齿根应力减少，并且与此同时全方位地注入高精度的加工技术，使得我们产品的强度和性能获得了大幅度的提升。

Harmonic Drive还将进一步升级进化。



波发生器

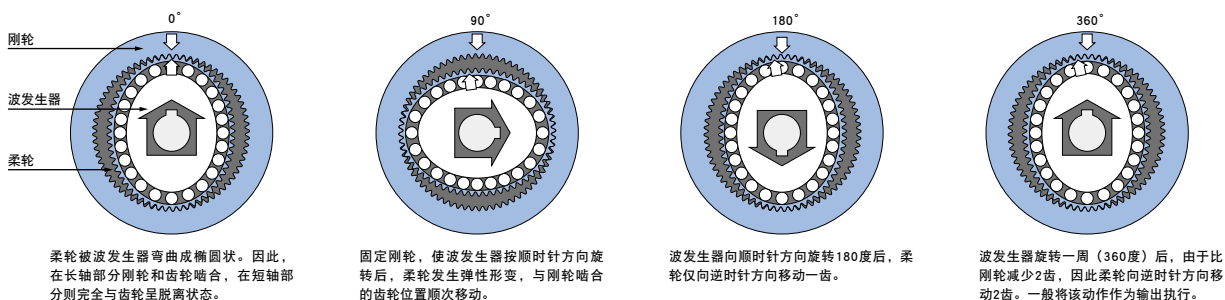
在椭圆状凸轮的外周组装薄壁滚珠轴承的部件。轴承的内轮固定在凸轮上，外轮可通过滚珠实施弹性变形。通常被安装在输入轴上。

柔轮

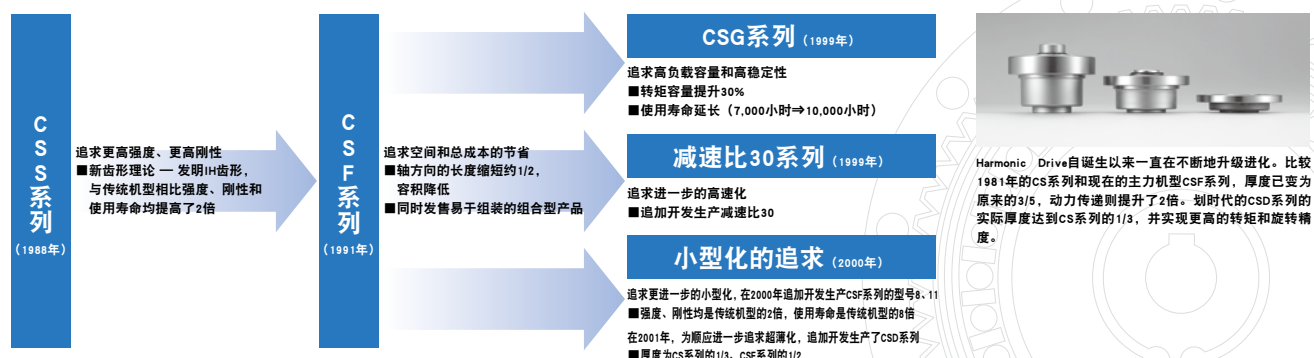
薄壁杯型金属弹性体部件。开口部外周刻有齿。柔轮底部（杯型底部）被称为膜片部，通常被安装在输出轴上。

刚轮

刚性环状部件。内周刻有齿轮，比柔轮齿数多出2齿。通常被固定在机壳上。



Harmonic Drive的进化



产品系统图

■组件型

仅由3个基本部件构成。组件型属于直接组合到装置的类型，提升了设计的自由度。

范例 ◎：极好 ○：优良 △：良好

系列名称			产品特点										
			可变选项		转矩・重量比	扭转刚性・力矩刚性	旋转精度	轻量	扁平形状	中空构造	定制	使用寿命	登载页
杯型	CSG	高转矩型	23~3400	50~160	◎	◎	◎	○	○	△	◎	◎	035
	CSF	标准型	1.8~9200	30~160	○	○	○	◎	◎	○	◎	○	035
	CSD	超扁平型	12~820	50~160	○	◎	◎	○	○	△	◎	○	061
礼帽型	SHG	高转矩型	23~3400	50~160	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎	079
	SHF	标准型	9.0~1840	30~160	○	◎	◎	○	○	◎	◎	○	079
薄饼型	FB	标准型	7.8~330	50~160	△	△	△	◎	◎	◎	◎	△	103
	FR	标准型	9.8~4000	50~320	△	△	△	△	△	◎	◎	△	111

※产品优劣仅限本公司产品内部比较。



■ 技术资料 006

Component Type

■ 组件型 033

•CSG/CSF系列	033
•CSD系列	059
•SHG/SHF系列	077
•FB系列	101
•FR系列	109

■ 关于保修、关于商标	120
-------------------	-----

■ Harmonic Drive安全使用注意事项	121
--------------------------------	-----

技术资料

Engineering Data

关于齿形	•IH齿形机构	007
旋转方向和减速比	•杯型	008
	•礼帽型	009
	•薄饼型	009
额定表用语		010
关于使用寿命		010
关于强度		011
型号选定		012
关于润滑剂	•润滑脂润滑剂	014
	•Harmonic润滑脂4B No.2操作时的注意事项	016
	•油润滑剂	016
	•特殊气体环境用润滑剂	017
关于刚性		018
角度传达精度		019
关于振动		019
关于起动转矩		020
关于增速起动转矩		020
无负载运行转矩		021
效率特性		021
设计注意事项	•设计指南	022
	•输入输出轴的轴承支撑	023
	•关于波发生器	024
组装注意事项	•密封机构	026
	•组装注意事项	026
	•齿轮啮合偏移状态	027
主轴承的确认	•确认步骤	028
	•最大负载静力矩的计算方法	028
	•平均负载的计算方法	029
	•径向负载系数(X)、轴向负载系数(Y)的计算方法	029
	•使用寿命的计算方法	030
	•摆动运动时使用寿命的计算方法	031
	•静态安全系数的计算方法	032

关于齿形

■IH齿形机构

IH齿形是一种为满足Harmonic Drive的要求独创的齿形机构。

该齿形具备IH齿形所独具的特殊曲线，可与同类齿形连续接触。此外，通过扩大与齿厚相对的齿沟的幅面、扩大齿底的R，缓和了应力集中的情况。

图中所示的是相对固定的刚轮齿轮，反复进行着弹性形变的柔轮齿轮发生移动时的情况。

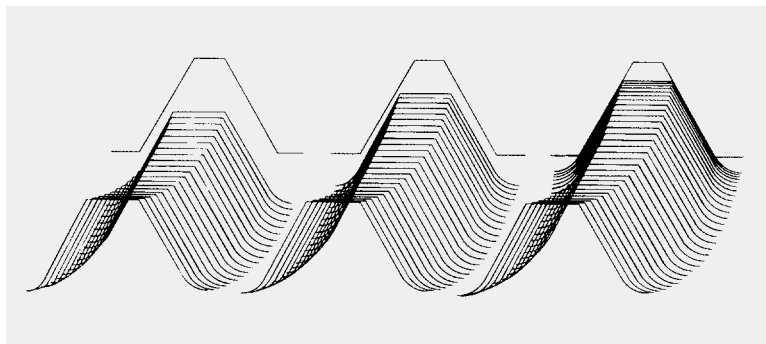
齿轮接触将从啮合初期开始将持续进行。通过齿轮的连续接触，同时啮合的齿数将达到总齿数的约30%。使用IH齿形的Harmonic Drive是一种能够在保持应用渐开线齿形的传统机型顺畅性的同时，能够在精度、强度、刚性、使用寿命方面实现全面性飞跃的技术革新。

※已在日本国内取得专利权

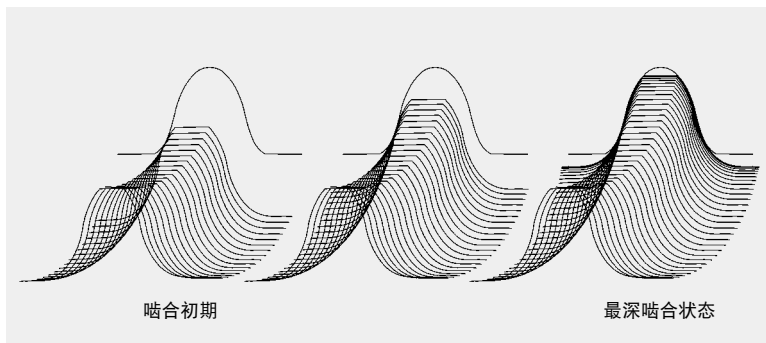
齿轮的啮合路径

图009-1

传统齿形

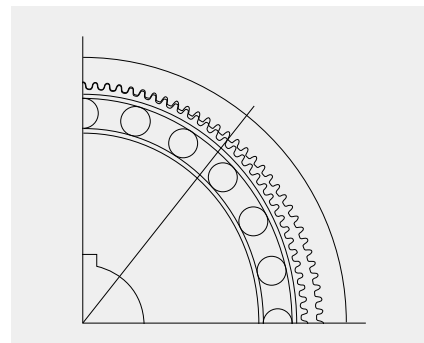
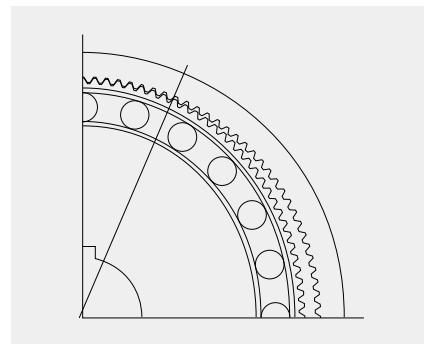


IH齿形



齿轮的啮合区间

图009-2



杯型

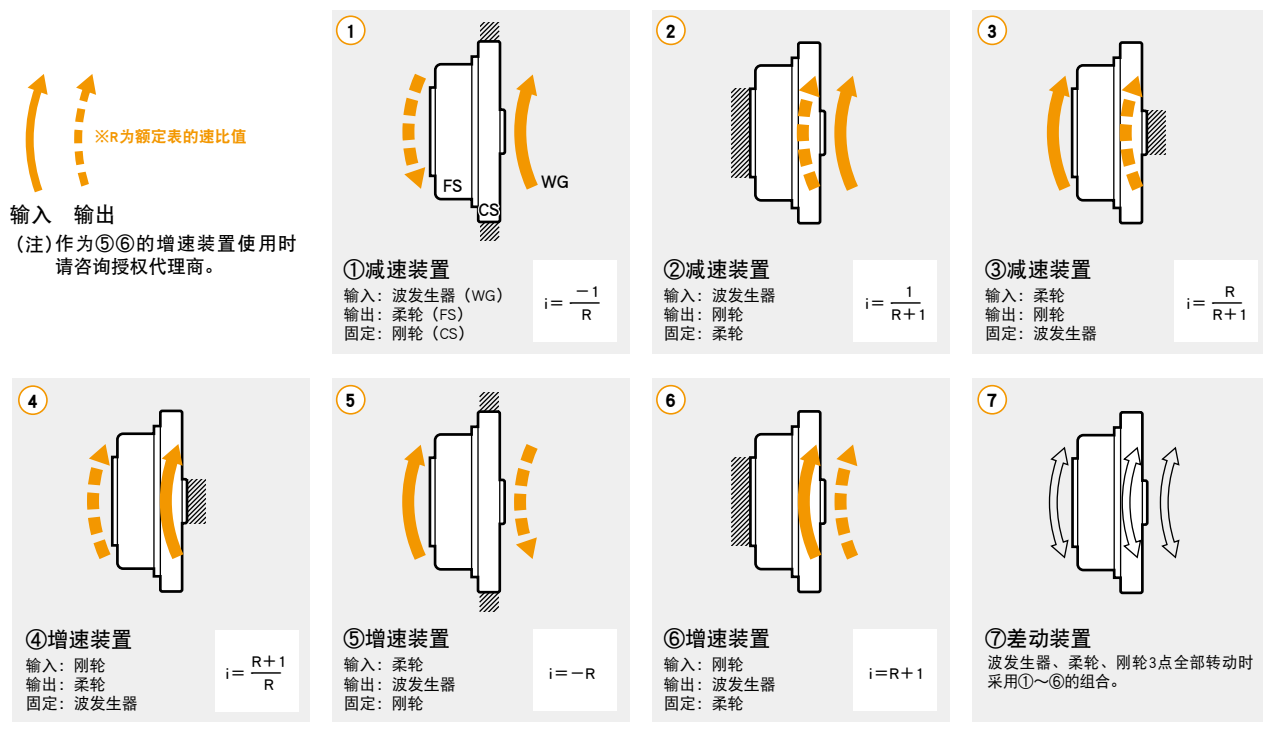
杯型Harmonic Drive的旋转方向和减速比如下所示。

此外，杯型Harmonic Drive包括以下各系列。

CSG、CSF、CSD、CSF-mini、CSF-GH

■ 旋转方向

图010-1



■ 减速比

Harmonic Drive的减速比由柔轮和刚轮的齿数决定。

柔轮的齿数：Zf

刚轮的齿数：Zc

▶ 输入：波发生器
输出：柔轮
固定：刚轮

$$\left. \begin{array}{l} \text{输入：波发生器} \\ \text{输出：柔轮} \\ \text{固定：刚轮} \end{array} \right\} \text{减速比 } i_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{Z_f - Z_c}{Z_f}$$

▶ 输入：波发生器
输出：刚轮
固定：柔轮

$$\left. \begin{array}{l} \text{输入：波发生器} \\ \text{输出：刚轮} \\ \text{固定：柔轮} \end{array} \right\} \text{减速比 } i_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{Z_c - Z_f}{Z_c}$$

■ 额定表的减速比值由R1表示。

“例” 柔轮的齿数：200

刚轮的齿数：202

▶ 输入：波发生器
输出：柔轮
固定：刚轮

$$\left. \begin{array}{l} \text{输入：波发生器} \\ \text{输出：柔轮} \\ \text{固定：刚轮} \end{array} \right\} \text{减速比 } i_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{200 - 202}{200} = \frac{-1}{100}$$

▶ 输入：波发生器
输出：刚轮
固定：柔轮

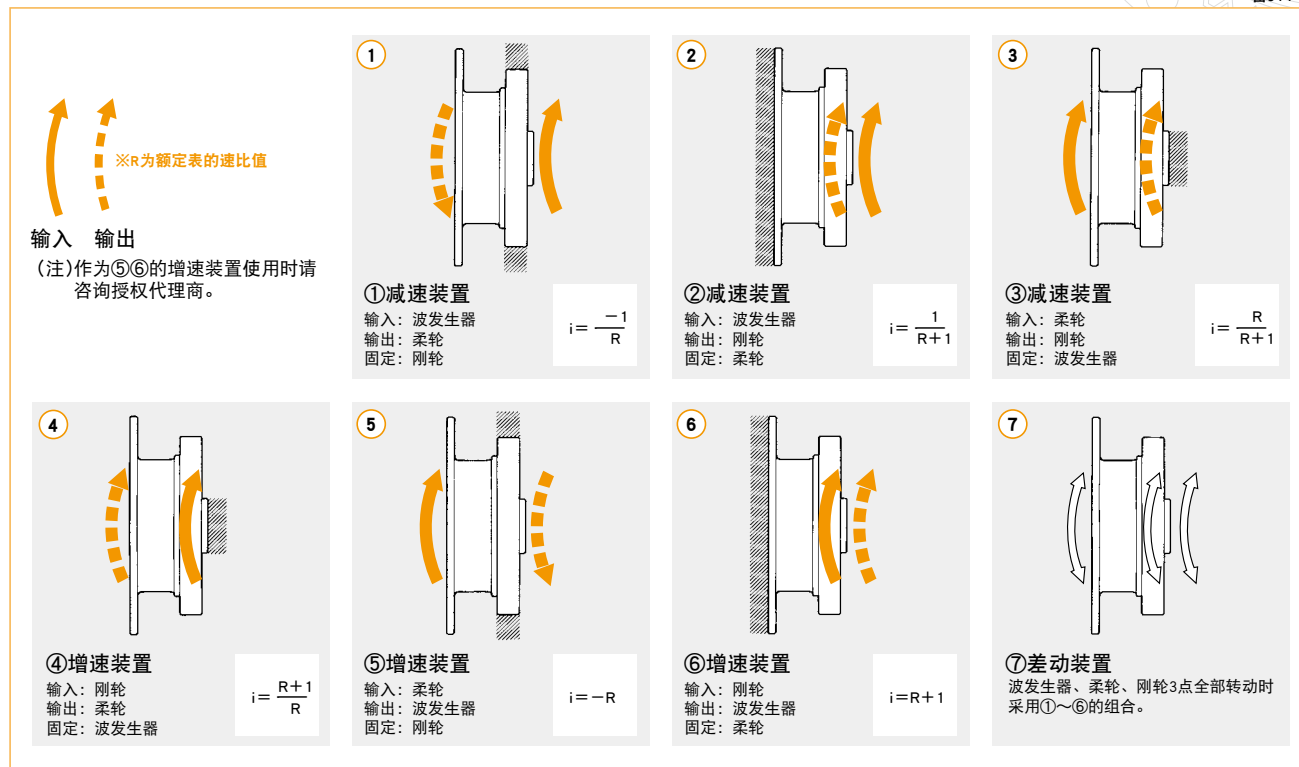
$$\left. \begin{array}{l} \text{输入：波发生器} \\ \text{输出：刚轮} \\ \text{固定：柔轮} \end{array} \right\} \text{减速比 } i_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{202 - 200}{202} = \frac{1}{101}$$

礼帽型

礼帽型Harmonic Drive的旋转方向和减速比如下所示。
此外，礼帽型Harmonic Drive包括以下各系列。
SHG、SHF、SHD

■旋转方向

图011-1



■减速比

Harmonic Drive的减速比由柔轮和刚轮的齿数决定。

柔轮的齿数： Z_f
刚轮的齿数： Z_c

“例”柔轮的齿数：200
刚轮的齿数：202

▶ 输入：波发生器
输出：柔轮
固定：刚轮

$$\left. \begin{array}{l} \text{输入：波发生器} \\ \text{输出：柔轮} \\ \text{固定：刚轮} \end{array} \right\} \text{减速比 } i_1 = \frac{1}{R_1} = -\frac{Z_f - Z_c}{Z_f}$$

▶ 输入：波发生器
输出：柔轮
固定：刚轮

$$\left. \begin{array}{l} \text{输入：波发生器} \\ \text{输出：柔轮} \\ \text{固定：刚轮} \end{array} \right\} \text{减速比 } i_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{200 - 202}{200} = -\frac{1}{100}$$

▶ 输入：波发生器
输出：刚轮
固定：柔轮

$$\left. \begin{array}{l} \text{输入：波发生器} \\ \text{输出：刚轮} \\ \text{固定：柔轮} \end{array} \right\} \text{减速比 } i_2 = \frac{1}{R_2} = -\frac{Z_c - Z_f}{Z_c}$$

▶ 输入：波发生器
输出：刚轮
固定：柔轮

$$\left. \begin{array}{l} \text{输入：波发生器} \\ \text{输出：刚轮} \\ \text{固定：柔轮} \end{array} \right\} \text{减速比 } i_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{202 - 200}{202} = \frac{1}{101}$$

■额定表的减速比值由R1表示

薄饼型

薄饼型Harmonic Drive的转动方向和减速比请参照各系列的相关章节。此外，薄饼型Harmonic Drive包括以下各系列。
FB、FR

额定表用语

Harmonic Drive的额定表由6个数值加上转动惯量组成。
额定表的数值请参照各系列的相关章节。

■额定转矩

表示输入转速为2000r/min时的容许连续负载转矩。

■起动停止时的容许峰值转矩（参照图012-1）

起动停止时，根据负载转动惯量，会有大于正常转矩的负载作用到Harmonic Drive。

额定表的数值是此时峰值转矩的容许值。

■平均负载转矩的容许最大值

负载转矩、输入转速变化时，需计算出负载转矩的平均值。

额定表的数值表示的是此时平均负载转矩的容许值。

平均负载转矩（计算公式：详见第012页）超过额定表数值时，会因发热而造成润滑剂早期劣化及齿轮磨损异常。请充分注意。

■瞬间容许最大转矩（参照图012-1）

除通常负载转矩、起动停止时的负载转矩以外，还存在来自外部、无法预期的冲击转矩。额定表的数值表示的是此时的容许值。

此外，对这种转矩的作用频度设定限制。请参照“关于使用寿命”“关于强度”项目的内容。

■容许最高输入转速、容许平均输入转速

在使用时请注意，不要使输入转速超过额定表所示的容许值。

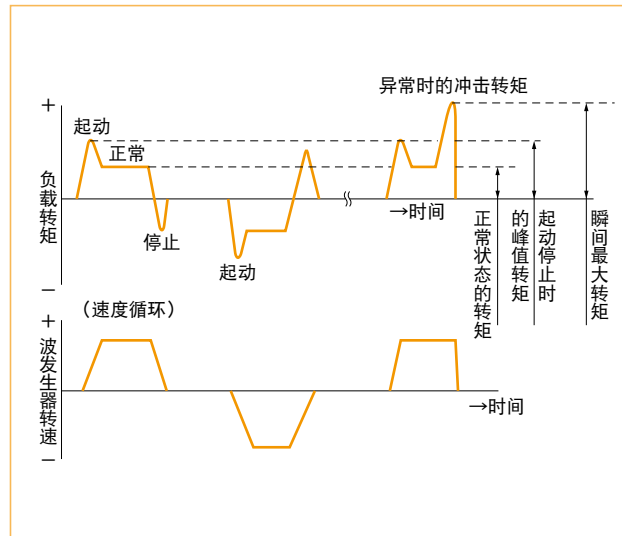
（平均输入转速的计算公式：详见第012页）

■转动惯量

表示各型号波发生器轴上的转动惯量。

负载转矩模式示例

图012-1



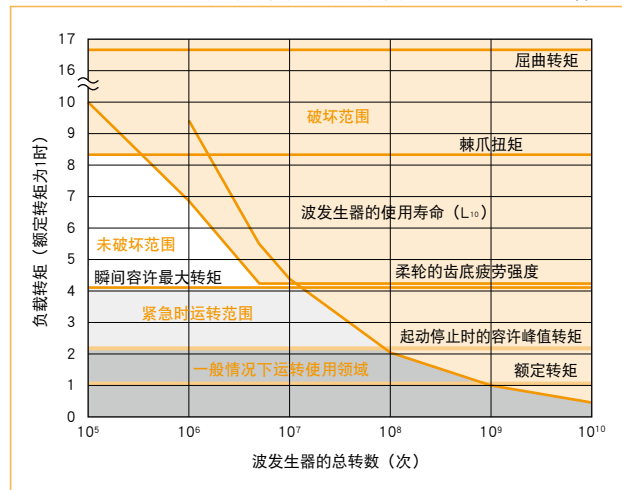
关于使用寿命

■波发生器的使用寿命

Harmonic Drive的使用寿命取决于波发生器轴承的使用寿命。与普通滚珠轴承相同，可通过转速和负载转矩计算出来。

Harmonic Drive的强度与使用寿命的关系图

图012-2



（注）

请在“一般情况下运转使用领域”内使用Harmonic Drive。超过“紧急时运转范围”使用会造成Harmonic Drive发生早期破损。

※上表中未考虑齿面磨损等润滑寿命。

※上表中的数值请作为参考值使用。

表012-1

系列名称	使用寿命时间	
	CSF,CSD,SHF,SHD, CSF-mini,CSF-GH	CSG,SHG
L ₁₀ (10%破损率)	7,000小时	10,000小时
L ₅₀ (平均使用寿命)	35,000小时	50,000小时

※额定表记载的额定转速、额定转矩时的使用寿命。

实际运转条件下使用寿命 (L_h) 的计算公式

公式012-1

$$L_h = L_n \cdot \left(\frac{T_r}{T_{av}} \right)^3 \cdot \left(\frac{N_r}{N_{av}} \right)$$

表012-2

L _n	L ₁₀ 或L ₅₀ 时的使用寿命时间
T _r	额定转矩
N _r	额定转速
T _{av}	输出侧的平均负载转矩（计算公式：详见第012页）
N _{av}	平均输入转速（计算公式：详见第012页）

关于强度

■ 柔轮的强度

由于柔轮会反复发生弹性形变，因此Harmonic Drive的传递转矩是以柔轮齿底的疲劳强度为基准进行确定。

额定转矩、起动停止时的容许峰值转矩的数值均为柔轮齿底疲劳界限以内的数值。

瞬间容许最大转矩（冲击转矩）的数值是柔轮齿底疲劳界限内的极限值，频繁超过瞬间容许至于大转矩时将可能发生疲劳破坏。因此为避免发生疲劳破坏，要对冲击转矩的次数设定限制。

根据冲击转矩作用时波发生器的旋转，确定柔轮挠曲次数限制：
 1.0×10^4 （回）

根据挠曲次数限制可计算出冲击转矩作用的容许次数。

计算公式

公式013-1

$$N = \frac{1.0 \times 10^4}{2 \times \frac{n}{60} \times t}$$

表013-1

容许次数	N次
冲击转矩的作用时间	t sec
此时波发生器的转速速度	n r/min
波发生器旋转1圈，柔轮挠曲2次。	



注意

超出容许次数后，柔轮可能会发生疲劳破坏。

■ 屈曲转矩

波发生器处于固定状态下向柔轮（输出）作用过度转矩时，柔轮会发生塑性形变，不久柔轮中部会发生屈曲，形成破损。

此时的转矩称为屈曲转矩。

※屈曲转矩的数值请参照各系列的相关章节。



警告

请注意，当柔轮发生屈曲时Harmonic Drive不可使用。

■ 棘爪扭矩

运转中受到过度的冲击转矩作用时，在柔轮等未发生破损的状态下刚轮和柔轮齿轮的啮合会瞬间发生偏移。这种现象被称为棘爪，此时的转矩被称为棘爪扭矩（棘爪扭矩的数值请参照各系列的相关章节）。如果发生棘爪现象仍继续使其运转，会由于棘爪发生时产生的磨损粉尘导致齿轮发生早期磨损、缩短波发生器轴承的使用寿命。

※棘爪扭矩的数值请参照各系列的相关章节。

※棘爪扭矩会受到安装刚轮外壳刚性的影响。详情请咨询授权代理商。



注意

发生棘爪时可能会出现齿轮啮合不正常、如图013-1所示呈单侧偏移的状态。此时继续运转会发生振动、引起柔轮破损，需特别注意。

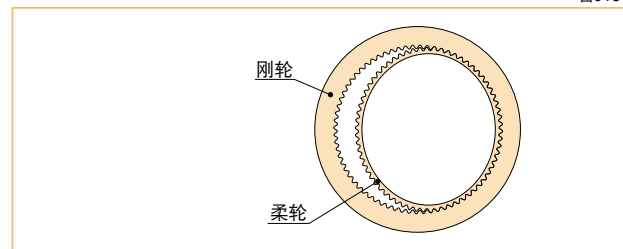


注意

发生一次棘爪后齿顶会出现磨损，发生两次以上时棘爪的发生转矩值将会降低。请特别注意。

齿轮啮合呈单侧偏移的状态

图013-1



这一状态被称为齿轮啮合偏移。

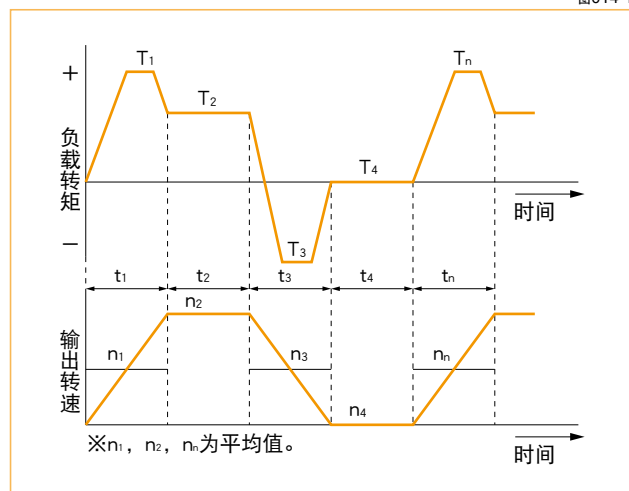
型号选定

一般来讲，伺服系统几乎没有带着一定的负载连续运转的状态。输入转速和负载转矩会发生变化，起动、停止时也会有较大的转矩作用。此外，还会出现无法预期的冲击转矩。

通过将这些变动负载转矩换算为平均负载转矩，实施型号的选定。此外，组合型时，外部负载的直接支撑部位（输出法兰部）组装有精密交叉滚子轴承，因此，请确认最大负载静力矩、交叉滚子轴承的使用寿命以及静态安全系数。（参照第028页“主轴承的确认”）

■负载转矩模式的确认

首先，必须掌握负载转矩的模式。请确认下图所示的各规格。



计算出各负载转矩模式的数值

负载转矩	T_n (Nm)
时间	t_n (sec)
输出转速	n_n (r/min)

<通常运转模式>

起动时	T_1, t_1, n_1
正常运转时	T_2, t_2, n_2
停止（减速）时	T_3, t_3, n_3
待机时	T_4, t_4, n_4

<最高转速>

最高输出转速	$n_{o\ max}$
最高输入转速	$n_{i\ max}$
（通过电动机等进行限制。）	

<冲击转矩>

施加冲击转矩时	T_s, t_s, n_s
---------	-----------------

<要求使用寿命>

$$L_{10} = L \text{ (时间)}$$

■型号选定的流程图

请根据以下的流程图进行型号的选定。

任何一个数值超过额定表的数值时，都请重新考虑大一个的型号，或考虑降低负载转矩等条件。

根据负载转矩模式计算出向Harmonic Drive输出侧施加的平均负载

转矩： T_{av} (Nm)

$$T_{av} = \sqrt[3]{\frac{n_1 \cdot t_1 \cdot |T_1|^3 + n_2 \cdot t_2 \cdot |T_2|^3 + \dots + n_n \cdot t_n \cdot |T_n|^3}{n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 + \dots + n_n \cdot t_n}}$$

根据以下条件暂时选定型号。 $T_{av} \leq$ 平均负载转矩的容许最大值
（参照各系列的额定表）

计算出平均输出转速：

$n_{o\ av}$ (r/min)

$$n_{o\ av} = \frac{n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 + \dots + n_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

确定减速比（R）。

$n_{i\ max}$ 会根据电动机等进行限制。

$$\frac{n_{i\ max}}{n_{o\ max}} \geq R$$

根据平均输出转速（ $n_{o\ av}$ ）

和减速比（R）计算出平均

输入转速： $n_{i\ av}$ (r/min)

$$n_{i\ av} = n_{o\ av} \cdot R$$

根据最高输出转速（ $n_{o\ max}$ ）

和减速比（R）计算出最高

输入转速： $n_{i\ max}$ (r/min)

$$n_{i\ max} = n_{o\ max} \cdot R$$

NG

确认暂时选定的型号是否 $n_{i\ av} \leq$ 容许平均输入转速 (r/min)
在额定表数值以内。 $n_{i\ max} \leq$ 容许最高输入转速 (r/min)

OK

NG

确认 T_1, T_3 是否处于额定表起动停止时的容许峰值转矩 (Nm) 数值以内。

OK

NG

确认 T_s 是否处于额定表的瞬间容许最大转矩 (Nm) 数值以内。

OK

NG

根据施加冲击转矩时的输出转速 n_s 和时间 t_s ，计算出容许次数，并确认是否符合使用条件。

$$N_s = \frac{10^4}{2 \cdot \frac{n_s \cdot R}{60} \cdot t_s} \text{ (转)} \dots N_s \leq 1.0 \times 10^4 \text{ (转)}$$

OK

$$\text{计算出使用寿命时间。 } L_{10} = 7000 \cdot \left(\frac{T_r}{T_{av}} \right)^3 \cdot \left(\frac{n_r}{n_{iav}} \right) \text{ (时间)}$$

NG

确认计算出的使用寿命时间是否高于波发生器的使用寿命时间。（参照第011页）

OK

型号选定

再次研究运转条件或型号

■型号选定示例

各负载转矩模式的值

负载转矩	T_n (Nm)
时间	t_n (sec)
输出转速	n_n (r/min)

<通常运转模式>

起动时	$T_1=400\text{Nm}$ 、 $t_1=0.3\text{sec}$ 、 $n_1=7\text{r/min}$
正常运转时	$T_2=320\text{Nm}$ 、 $t_2=3\text{sec}$ 、 $n_2=14\text{r/min}$
停止(减速)时	$T_3=200\text{Nm}$ 、 $t_3=0.4\text{sec}$ 、 $n_3=7\text{r/min}$
停机时	$T_4=0\text{Nm}$ 、 $t_4=0.2\text{sec}$ 、 $n_4=0\text{r/min}$

<最高转速>

最高输出转速	$n_o\text{ max} = 14\text{r/min}$
最高输入转速 (通过电动机等进行限制。)	$n_i\text{ max} = 1800\text{r/min}$

<冲击转矩>

施加冲击转矩时	$T_s=500\text{Nm}$ 、 $t_s=0.15\text{sec}$ 、 $n_s=14\text{r/min}$
---------	--

<要求使用寿命>

$L_{10}=7000$ (时间)

根据负载转矩模式计算出向Harmonic Drive输出侧施加的平均负载转矩： T_{av} (Nm)

$$T_{av} = \sqrt[3]{\frac{7\text{r/min} \cdot 0.3\text{sec} \cdot |400\text{Nm}|^3 + 14\text{r/min} \cdot 3\text{sec} \cdot |320\text{Nm}|^3 + 7\text{r/min} \cdot 0.4\text{sec} \cdot |200\text{Nm}|^3}{7\text{r/min} \cdot 0.3\text{sec} + 14\text{r/min} \cdot 3\text{sec} + 7\text{r/min} \cdot 0.4\text{sec}}}$$

根据以下条件暂时选定型号。 $T_{av}=319\text{Nm} \leq 451\text{Nm}$ (型号CSF-40-120平均负载转矩的容许最大值: 参照额定表、第037页)、暂时选定 **CSF-40-120-2A-GR**。

计算出平均输出转速: $n_o\text{ av}$ (r/min)

$$n_o\text{ av} = \frac{7\text{r/min} \cdot 0.3\text{sec} + 14\text{r/min} \cdot 3\text{sec} + 7\text{r/min} \cdot 0.4\text{sec}}{0.3\text{sec} + 3\text{sec} + 0.4\text{sec} + 0.2\text{sec}} = 12\text{r/min}$$

确定减速比 (R)。

$$\frac{1800\text{r/min}}{14\text{r/min}} = 128.6 \geq 120$$

根据平均输出转速 ($n_o\text{ av}$) 和减速比 (R)

计算出平均输入转速: $n_i\text{ av}$ (r/min)

$$n_i\text{ av} = 12\text{r/min} \cdot 120 = 1440\text{r/min}$$

根据最高输出转速 ($n_o\text{ max}$) 和减速比 (R)

计算出最高输入转速: $n_i\text{ max}$ (r/min)

$$n_i\text{ max} = 14\text{r/min} \cdot 120 = 1680\text{r/min}$$

确认暂时选定的型号是否在额定表数值以内。

$$n_i\text{ av} = 1440\text{r/min} \leq 3600\text{r/min} \text{ (型号40的容许平均输入转速)}$$

$$n_i\text{ max} = 1680\text{r/min} \leq 5600\text{r/min} \text{ (型号40的容许最高输入转速)}$$

NG

OK

确认 T_1, T_3 是否处于额定表起动、停止时的容许峰值转矩 (Nm) 数值以内。

$$T_1 = 400\text{Nm} \leq 617\text{Nm} \text{ (型号40起动、停止时的容许峰值转矩)}$$

$$T_3 = 200\text{Nm} \leq 617\text{Nm} \text{ (型号40起动、停止时的容许峰值转矩)}$$

NG

OK

确认 T_s 是否处于额定表的瞬间容许最大转矩 (Nm) 数值以内

$$T_s = 500\text{Nm} \leq 1180\text{Nm} \text{ (型号40的瞬间容许最大转矩)}$$

NG

OK

根据施加冲击转矩时的输出转速 n_s 和时间 t_s , 计算出容许次数, 并确认是否符合使用条件。

$$N_s = \frac{10^4}{2 \cdot \frac{14\text{r/min} \cdot 120}{60} \cdot 0.15\text{sec}} = 1190 \leq 1.0 \times 10^4 \text{ (转)}$$

NG

OK

计算出使用寿命时间。

$$L_{10} = 7000 \cdot \left(\frac{294\text{Nm}}{319\text{Nm}} \right)^3 \cdot \left(\frac{2000\text{r/min}}{1440\text{r/min}} \right) \text{ (时间)}$$

确认计算出的使用寿命时间是否高于波发生器的使用寿命时间。(参照第011页)

$$L_{10} = 7610 \geq 7000 \text{ (波发生器的使用寿命时间: } L_{10})$$

NG

OK

根据上述结果选定 **CSF-40-120-2A-GR**

再次研究运转条件或型号

关于润滑剂

组件型的润滑方法包括润滑脂润滑和油润滑2种。

组合型、齿轮箱型的标准润滑方法为润滑脂润滑。出厂前已封入润滑脂，因此组装时无需注入、涂抹润滑脂。但是，请注意简易组合型出厂时未封入润滑脂。

关于在右述的温度范围以外使用的润滑剂，请参照第017页。

※因维护等原因需要使用粘度为0的（NLGI No.0）润滑脂时，请咨询本公司营业所。

润滑剂的名称

表016-1

润滑脂	Harmonic润滑脂 SK-1A
	Harmonic润滑脂 SK-2
	Harmonic润滑脂 4B No.2
油液	工业用齿轮油2种（极压）ISO VG68

使用工况温度范围

表016-2

润滑脂	SK-1A 0℃～+40℃
	SK-2 0℃～+40℃
	4B No.2 -10℃～+70℃
油液	ISO VG68 0℃～+40℃

（注）对比工况温度，高温侧请在温度上升40℃以内时使用。

润滑脂润滑剂

■ 润滑脂的种类

Harmonic润滑脂 SK-1A

专为Harmonic Drive开发的专用润滑脂，与市场上销售的常用润滑脂相比具有耐久性强、效率特性佳的优点。

Harmonic润滑脂 SK-2

专为小型Harmonic Drive开发的专用润滑脂，通过将极压添加剂液化，可以在波发生器旋转时获得极佳的润滑效果。

Harmonic润滑脂 4B No.2

为CSF・CSG系列开发的专用润滑脂，具有可适应较长使用寿命的流动特性，此外还能够在更大的温度范围内使用。

（注）

1. 采用润滑脂润滑时必须密封机构。

请按照以下对策对旋转部和连接接触面进行润滑。

特别是使用Harmonic润滑脂4B No.2时，请务必严格实施密封机构润滑。

旋转部…请使用弹簧压入式油封进行润滑。

连接接触部…请注意平面是否歪斜、是否存在伤痕，并使用O型环或密封剂进行润滑。

2. 使用4B No.2润滑脂时即便是在运转初期，润滑脂在切断部位（波发生器周边部位）也会变软。润滑脂的硬度需根据运转条件而定，NLGI粘度从No.0至00不等。

表016-3

NLGI粘度No.	混合粘度范围
0	355～385
00	400～430

润滑脂规格

表016-4

润滑脂	SK-1A	SK-2	4B No.2
基础油	精制矿物油	精制矿物油	合成烃油
增稠剂	锂皂基	锂皂基	尿素
添加剂	极压添加剂、其他	极压添加剂、其他	极压添加剂、其他
NLGI粘度No.	No.2	No.2	No.1.5
粘度（25℃）	265～295	265～295	290～320
滴点	197℃	198℃	247℃
外观	黄色	绿色	淡黄色
保存寿命	密闭状态5年	密闭状态5年	密闭状态5年

■ 不同机型适合润滑脂

根据型号、速比的不同，适合润滑脂也有所不同。请参照下表。作为一般使用，推荐SK-1A以及SK-2。

适合减速比30的润滑脂

表016-5

型号	8	11	14	17	20	25	32
SK-1A	—	—	—	—	○	○	○
SK-2	○	○	○	○	—	—	—
4B No.2	△	△	△	△	□	□	□

适合减速比50以上的润滑脂

表016-6

型号	8	11	14	17	20	25	32
SK-1A	—	—	—	—	○	○	○
SK-2	○	○	○	○	△	△	△
4B No.2	—	—	□	□	□	□	□

型号	40	45	50	58	65	80	90	100
SK-1A	○	○	○	○	○	○	○	○
SK-2	△	—	—	—	—	—	—	—
4B No.2	□	□	□	□	□	□	□	□

※带○符号：标准润滑脂

带△符号：准标准润滑脂

带□符号：较长使用寿命以及高负载时的推荐润滑脂

润滑脂特性

表016-7

润滑脂	SK-1A	SK-2	4B No.2
耐久性	○	○	◎
耐微振磨损	○	○	◎
低温性	△	△	◎
润滑脂泄漏	◎	◎	△

※优越：◎

适用：○

需注意：△

■ 润滑脂更换时间

Harmonic Drive的各运动部的磨损很大程度上会受到润滑脂性能的影响。

润滑脂的性能会根据温度变化，温度越高劣化越快，因此需要尽早进行润滑脂更换。如下图017-1所示，当平均负载转矩低于额定转矩时，根据润滑脂温度与波发生器总计转数间的关系可确定润滑脂的更换时间基准。平均负载转矩超出额定转矩时，则通过以下计算公式计算出润滑脂的更换时间基准。

平均负载转矩超出额定转矩时的计算公式

公式017-1

$$L_{GT} = L_{GTn} \times \left(\frac{T_r}{T_{av}} \right)^3$$

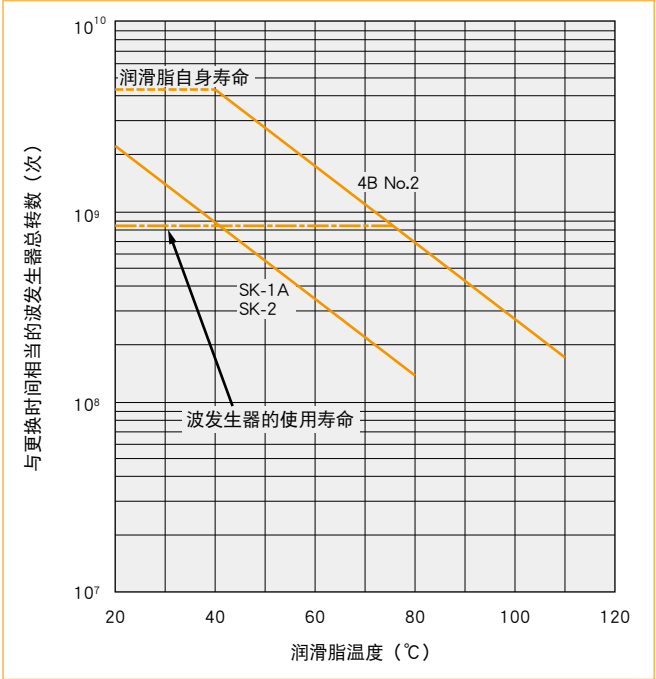
计算公式的符号

表017-1

L_{GT}	超出额定转矩时的更换时间	转数	——
L_{GTn}	低于额定转矩时的更换时间	转数	参照图017-1
T_r	额定转矩	Nm,kgfm	参照各系列的“额定表”
T_{av}	输出侧的平均负载转矩		计算公式：参照第012页

润滑脂更换时间： L_{GTn} （平均负载转矩低于额定转矩时）

图017-1



※波发生器的使用寿命表示破损率为10%。

■ 其他注意事项

1. 请避免与其他润滑脂混用。此外，组装到装置上时请将Harmonic Drive置于单独的壳体内。
2. 在波发生器处于朝上（参照第048页 图050-2）的状态，且朝单方向以固定负载低速旋转（输入转速：低于1000r/min）时使用Harmonic Drive，可能引起润滑不良，此时使用请咨询本公司授权代理商。
3. 关于组合型的润滑脂泄漏
虽然组合型已在设计构造时针对润滑脂泄漏采取了相应的措施，但请根据使用环境进行密封机构的强化。

■ “壳体内壁推荐尺寸”、“涂沫要领”、“涂沫量”请参照各系列的设计指南相关章节。

Harmonic润滑脂4B No.2的使用注意事项

运用Harmonic润滑脂4B No.2所具备的适合Harmonic Drive的流动特性（通过剪应力软化和电解着色均匀性），并通过实施下述项目提升润滑寿命。

- ①向运转初期的各接触部切实涂抹润滑脂
- ②除去各接触部密封阶段产生的初期磨耗粉末
- ③为接触部补充涂抹润滑脂

■实施上述机构作业时的注意事项

①填充润滑脂时

保管容器中的4B No.2润滑脂随着静置时间的延长粘稠度会变硬。

填充前，请将保管容器内的润滑脂充分混合使其变软，然后再进行填充。

②关于老化处理（密封运转）

通过真正运转前实施老化处理，可以使填充的润滑脂变软，令润滑脂流动至Harmonic Drive的各接触部，从而获得更好的润滑性能。因此，推荐使用以下老化处理方法。

- 请确保内部温度低于80℃（不可实施急剧的高温老化处理）。
- 输入转数：转数为1000r/min~3000r/min，在左列范围内，以尽可能低的转数运转将获得良好的效果。
- 老化处理时间：请保持20分钟以上。
- 老化处理动作范围：请尽可能扩大输出旋转角。

如有其它不清楚之处，请咨询授权代理商。

油润滑剂

■润滑油的种类

标准指定润滑油为『工业用齿轮油2种（极压）ISO VG68』。

市场上销售的润滑油推荐使用以下品牌。

表018-1

标准	美孚石油	埃索	昭和壳牌石油	科斯莫石油	日本能源	新日本石油	出光兴产	General石油	NOK克鲁勃
工业用齿轮油 2种（极压） ISO VG68	美孚齿轮油 600XP68	SPARTAN EP68	奥玛拉润滑油 68	科斯莫齿轮油 SE68	ES齿轮油 G68	Bonnok M68 Bonnok AX68	出光兴产齿轮油 LW68	General石油 SP齿轮 ROL68	Sintesso D-68EP

■润滑油更换时间

第一次.....运转开始后100小时

第二次以后.....每运转1000小时或每6个月

但是，使用条件恶劣时请提前更换。

■“油面位置”“柔轮的油槽加工尺寸”“油量”请参照各系列的设计指南相关页面。

■其他注意事项

- 1.请避免与其他润滑油混用。此外，组装到装置上时请将Harmonic Drive置于单独的壳体内。
- 2.型号50以上、在额定表容许输入转速附近使用时，根据使用条件的不同可能会发生润滑不良的情况，此时请咨询授权代理商。

特殊气体环境用润滑剂

工况温度特殊时（处于表 016-2 “使用工况温度范围” 以外），在选择润滑剂时请考虑下述润滑剂的使用温度范围以及使用条件。

Harmonic 润滑脂 4B No.2

表019-1

润滑的种类	使用温度范围	使用可能温度范围
润滑脂	-10℃~+110℃	-50℃~+130℃

- Harmonic 润滑脂 4B NO.2 的使用温度范围是考虑 Harmonic Drive 的性能及特性确定的润滑部温度。（不是工况温度。）
- 使用可能温度范围是指润滑剂单独使用的温度，会受 Harmonic Drive 的运转条件（负载转矩、转速、运转周期等）限制。此外，当工况温度为极度低温或极度高温时，需要对 Harmonic Drive 各部分的材质进行重新考虑，届时请咨询授权代理商。
- 如果能考虑到 Harmonic 润滑脂 4B No.2 在低温时会由于粘度上升导致 Harmonic Drive 的运转转矩增加、高温时会由于酸化劣化缩短润滑脂使用寿命，那么可以在使用可能温度范围内使用。

高温用润滑剂

表019-2

润滑的种类	润滑剂和制造商	使用可能温度范围
润滑脂	美孚润滑脂 28：美孚石油（株）	-5℃~+160℃
油液	美孚 SHC-626：美孚石油（株）	-5℃~+140℃

低温用润滑剂

表019-3

润滑的种类	润滑剂和制造商	使用可能温度范围
润滑脂	Multemp SH-KII：协同油脂（株）	-30℃~+50℃
	ISO FLEX LDS-18 Special A：NOK 克鲁勃	-25℃~+80℃
油液	SH-200-100CS：TORAY（株）	-40℃~+140℃
	Sintesso D-32EP：NOK 克鲁勃	-25℃~+90℃

在伺服系统中，驱动系的刚性、齿隙会对系统的性能产生较大影响。在装置设计及型号选定时，有必要针对这些项目进行详细的研究。

■刚性

将输入侧（波发生器）固定，向输出侧（柔轮）施加转矩后，输出轴会产生几乎与转矩呈正比的扭转。

图018-1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 $0-A-B-A'-B'-A$ 的环线。对于Harmonic Drive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：Nm/rad）

如图020-2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”至“ T_1 ”的弹簧常数

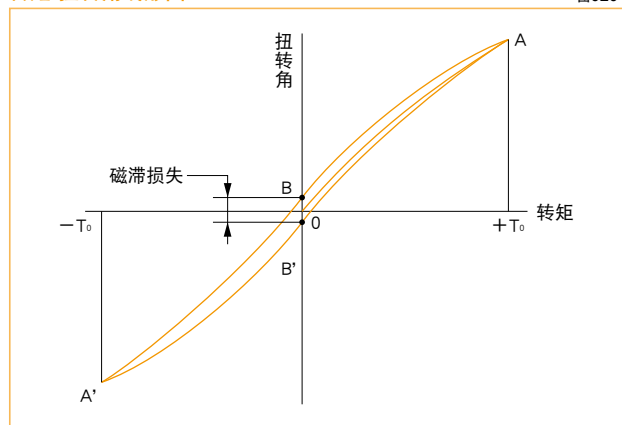
K_2 ……转矩从“ T_1 ”至“ T_2 ”的弹簧常数

K_3 ……转矩在“ T_2 ”以上区间的弹簧常数

■各弹簧常数（ K_1 、 K_2 、 K_3 ）的数值以及转矩-扭转角（ T_1 、 T_2 — θ_1 、 θ_2 ）的数值请参见各系列的相关章节。

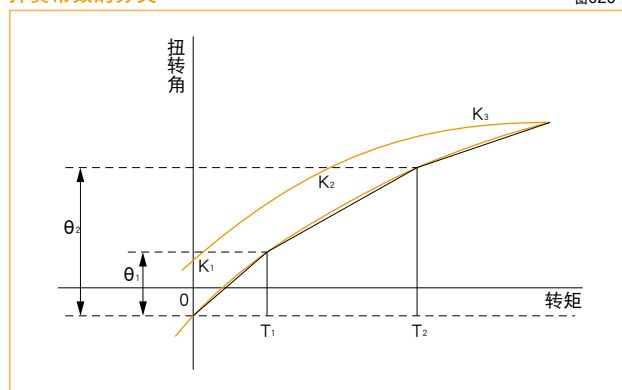
转矩-扭转角线形图

图020-1



弹簧常数的分类

图020-2



■扭转量的计算示例

以CSF-25-100-2A-GR为例，计算出扭转量（ θ ）。

负载转矩极小 $T_{L1}=2.9\text{Nm}$ 时

由于转矩为 T_1 以下，因此扭转量 θ_{L1} 的计算公式如下所示，

$$\begin{aligned}\theta_{L1} &= T_{L1}/K_1 \\ &= 2.9/3.1 \times 10^4 \\ &= 9.4 \times 10^{-5} \text{rad} \quad (0.33 \text{arc min})\end{aligned}$$

负载转矩为 $T_{L2}=39\text{Nm}$ 时

由于转矩处于 T_1 和 T_2 之间，扭转量 θ_{L2} 的计算公式如下所示，

$$\begin{aligned}\theta_{L2} &= \theta_1 + (T_{L2} - T_1)/K_2 \\ &= 4.4 \times 10^{-4} + (39 - 14)/5.0 \times 10^4 \\ &= 9.4 \times 10^{-4} \text{rad} \quad (3.2 \text{arc min})\end{aligned}$$

此外，正反施加负载时的总扭转量为上述所求得的数值的2倍，加上齿隙量的值。

※这一扭转量是组件型单机的数值。
请注意此时不包括输出轴等的扭转量。

■磁滞损失

如图020-1的线形图所示，施加转矩直至达到额定转矩后，转矩恢复为“0”时，扭转角将不会完全变为“0”，会留有细微的间隙量（ $B-B'$ ）。这个间隙量被称为磁滞损失。

■齿磁滞损失量请参见各系列的相关章节。

■齿隙

磁滞损失主要由于内部摩擦产生，因此转矩极小的情况下几乎不存在磁滞损失，仅有的细微间隙由线形图表示。该量即表述为齿隙量。

由于Harmonic Drive齿轮啮合部的间隙控制为“0”，因此齿隙量是指波发生器的欧式联轴节（自动调芯机构）产生的间隙。如各系列的相关页面所示，固定住输入侧、在输出侧测定的值是极其微小的。

※齿隙量请参见各系列的相关章节。

角度传达精度

角度传达精度是指将任意的旋转角传递至输入时，理论上旋转输出的旋转角度与实际旋转输出的旋转角度之间的差值，即角度传达误差。

■角度传达精度的数值请参见各系列的相关章节。

测定示例

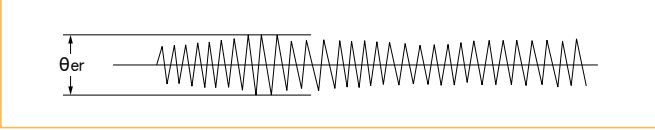


图021-1

表021-1

θ_{er}	角度传达误差
θ_i	输入旋转角度
θ_e	实际输出旋转角度
R	Harmonic Drive的减速比 (i=1:R)

公式021-1

$$\theta_{er} = \theta_e - \frac{\theta_i}{R}$$

关于振动

Harmonic Drive的角度传达误差成分有时会作为负载侧惯量的旋转振动出现。

特别是由于包括Harmonic Drive在内的振动系的固有振动数和机箱或负载惯量的固有振动数互相重叠作用时会呈现出共振状态，Harmonic Drive的角度传达误差成分将会被放大增加，因此请严格遵守各系列的设计指南。

此外，Harmonic Drive的角度传达误差成分主要是指输入轴自Harmonic Drive机构上方每旋转1次产生2次的误差成分。因此，误差主要成分的频率是输入频率的2倍。

假设包括Harmonic Drive在内的振动系的固有振动数为f=15Hz，则此时的输入转速（N）为

公式021-2

$$N = \frac{15}{2} \cdot 60 = 450\text{r/min}$$

此转速区间（450r/min）内将发生共振。

包括Harmonic Drive在内的振动系固有振动数的计算方法（概要）

公式021-3

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{J}}$$

计算公式的符号

表021-2

f	包括Harmonic Drive在内的振动系的固有振动数	Hz	
K	Harmonic Drive的弹簧常数	Nm/rad	参照各系列的相关章节
J	负载惯量	kgm ²	

关于起动转矩

起动转矩是指将 Harmonic Drive 组装至壳体，向输入侧（高速侧）施加转矩时，输出侧（低速侧）开始旋转一瞬间产生的“起动开始转矩”。各系列表上所示的数值为最大值，下限值约为最大值的 $1/2 \sim 1/3$ 。

测定条件 无负载，环境温度：+20℃

■起动转矩的数值请参见各系列的相关章节。

※各系列表上数值会根据使用条件的不同而发生变化，请作为参考值使用。

关于增速起动转矩

增速起动转矩是指将 Harmonic Drive 组装至壳体，向输出侧（低速侧）施加转矩时，输入侧（高速侧）开始旋转一瞬间产生的“起动开始转矩”。各系列表上所示的数值为最大值，下限值约为最大值的 $1/2$ 。

测定条件 无负载，环境温度：+20℃

■增速起动转矩的数值请参见各系列的相关章节。

※各系列表上数值会根据使用条件的不同而发生变化，请作为参考值使用。

无负载运行转矩

无负载运行转矩是指在无负载状态下，使Harmonic Drive转动的必要的输入侧（高速轴侧）转矩。本产品目录上所示的无负载运行转矩的图表是根据表023-1测定条件确定的。

关于100以外的减速比，请加上各系列所示的修正量进行计算。

■无负载运行转矩的数值请参见各系列的相关章节。

测定条件

表023-1

减速比 100			
润滑条件	润滑脂润滑	名称	Harmonic润滑脂 SK-1A
		名称	Harmonic润滑脂 SK-2
		涂抹量	正确涂抹量（参照各系列的相关章节）
		涂抹量	正确涂抹量（参照各系列的相关章节）

转矩值是指在输入为2000r/min的情况下磨合运转2小时以上的数值

※使用油润滑时请咨询授权代理商。

效率特性

效率会因以下条件而有所差异。

- 减速比
- 输入转速
- 负载转矩
- 温度
- 润滑条件（润滑的种类及其使用量）

本产品目录上所示的各系列效率特性是根据表023-2测定条件确定的。

■效率的数值请参照各系列的相关章节。

测定条件

表023-2

组装	推荐组装精度下的组装测定		
负载转矩	额定表所示的额定转矩（参照各系列的相关章节）		
润滑条件	润滑脂润滑	名称	Harmonic润滑脂 SK-1A
		名称	Harmonic润滑脂 SK-2
		涂抹量	正确涂抹量（参照各系列的相关章节）
		涂抹量	正确涂抹量（参照各系列的相关章节）

※使用油润滑时请咨询授权代理商。

效率修正系数

负载转矩小于额定转矩时，效率值降低。

请根据各系列的效率修正系数表计算出修正系数 K_e ，并参考以下计算示例计算出效率。

计算示例

以CSF-20-80-2A-GR为例，计算出以下条件下的效率 η （%）。

输入转速：1000r/min

负载转矩19.6Nm

润滑方法：润滑脂润滑（Harmonic润滑脂 SK-1A）

润滑剂温度：20℃

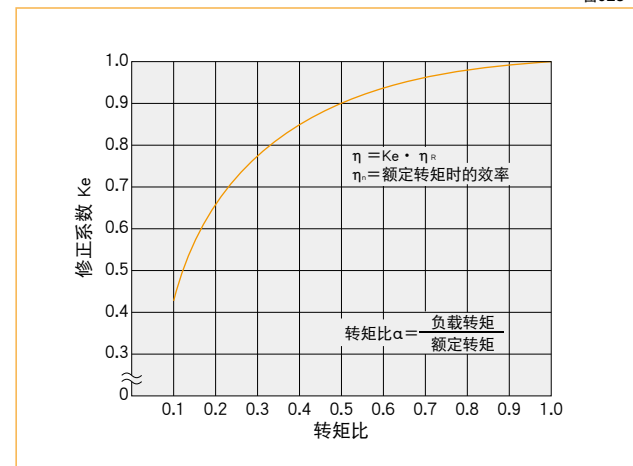
型号20·减速比80的额定转矩为34Nm（额定表：第037页），因此转矩比 α 为0.58。（ $\alpha = 19.6/34 = 0.58$ ）

■根据表023-1，计算出效率修正系数 $K_e = 0.93$

■负载转矩为19.6Nm时的效率 $\eta = K_e \cdot \eta_R = 0.93 \times 78 = 73\%$ 。

效率修正系数（CSF系列）

图023-1



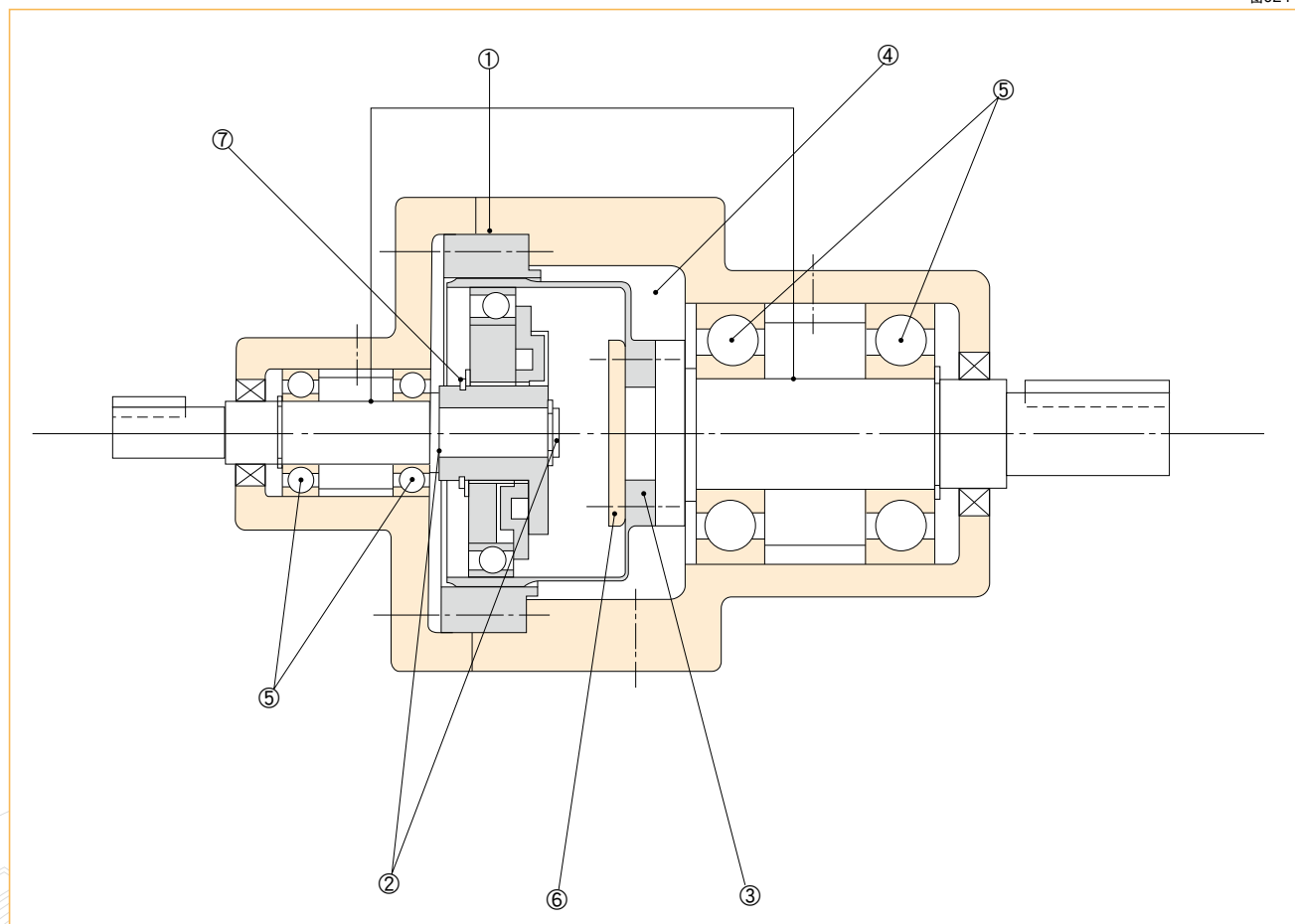
※负载转矩大于额定转矩时的效率修正系数 $K_e = 1$

设计指南

为充分发挥Harmonic Drive的性能，请注意以下几点。

- ①请将输入轴、刚轮、输出轴及壳体设为同心。
- ②波发生器上会发生细微的轴向力，因此需要阻止轴向动作。
- ③由于Harmonic Drive是一种小型、且能传递较大转矩的装置，因此请对连接柔轮和输出轴的螺栓部采取相适应的拧紧转矩进行紧固。
- ④柔轮会发生弹性形变，因此壳体内壁的尺寸请按照推荐尺寸设计。
- ⑤输入轴和输出轴必须采用匹配的轴承留有间隔做2点支撑，并可承受轴上作动的所有径向负载、轴向负载的结构，请不要向波发生器和柔轮施加多余的力。
- ⑥请确保柔轮的安装用法兰直径不会超出柔轮的轮毂孔直径，并在与膜片连接的法兰部上加工圆角。各部分的尺寸请按照推荐尺寸设计。
- ⑦使用C型卡环固定波发生器轮毂，请确保卡环的钩部不会与壳体接触。

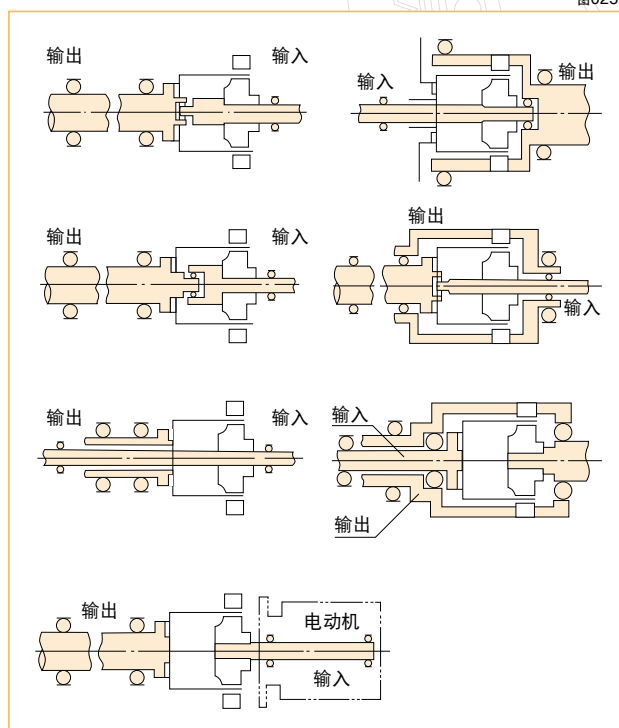
图024-1



输入输出轴的轴承支撑

由于组件型会承受来自外部的负载，因此输入轴和输出轴必须采用匹配的轴承留有间隔做2点支撑，并可承受轴上作动的所有径向负载、轴向负载的结构，请不要向波发生器和柔轮施加多余的力。此外，为消除轴承间隙，请使用向径向及轴向加过压的轴承。图025-1所示的是轴承的配置示例。

图025-1



关于波发生器

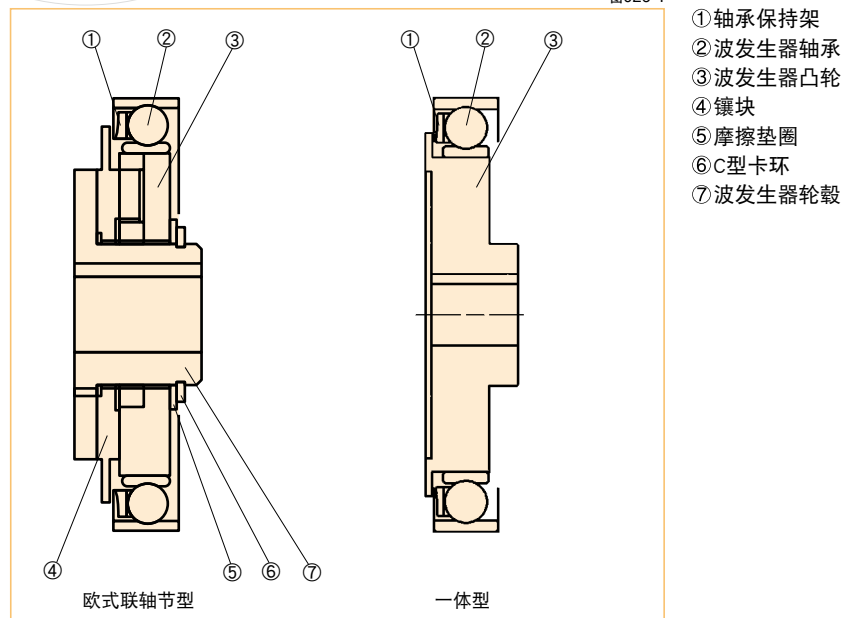
■波发生器的结构

Harmonic Drive的波发生器包括带自动调芯结构的欧式联轴节型和不带自动调芯结构的一体型两种类型，根据各系列的不同也有所差异。

详情请参照各系列的外形图。

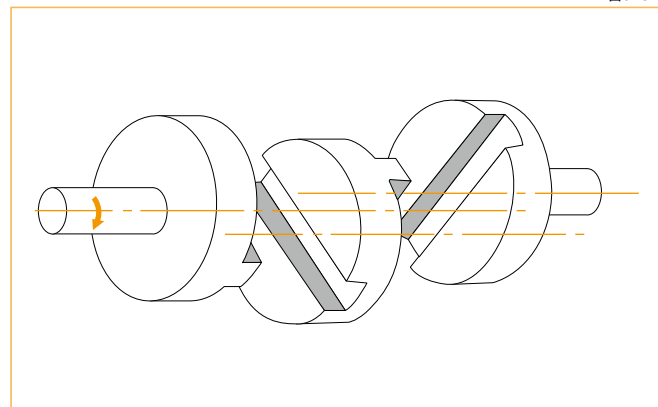
波发生器的基本结构及形状如下所示。

图026-1



欧式联轴节的结构

图026-2



■组件型的最大孔径尺寸

波发生器的标准孔径如各外形尺寸图所示，但可以在表上所示的最大尺寸范围内进行变更。

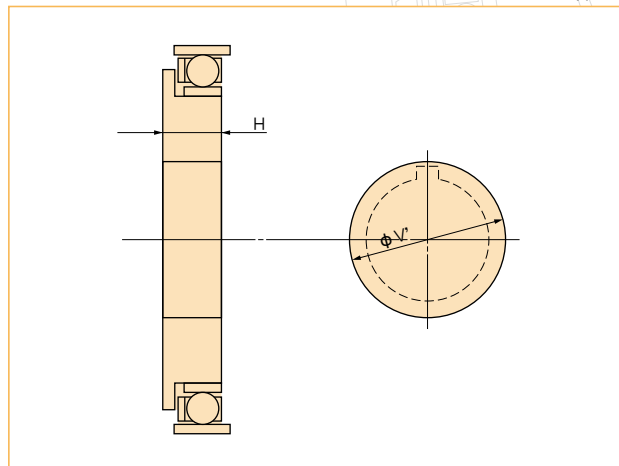
此时的键槽尺寸推荐使用JIS规格。键的有效长度尺寸，请设计成可以完全承受传达转矩的值。

※形状可更改为锥形孔等特殊形状。

希望孔径大于最大尺寸时，可采用拆除欧氏联轴节机构的方法。考虑由于负载转矩作用波发生器凸轮发生变形等情况，此时最大孔径的值如下表所示。（这个数值是包含键槽深度等尺寸的数值。）

波发生器的孔径

图027-1



波发生器轮毂的孔径

表027-1
单位：mm

型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
标准尺寸 (H7)	3	5	6	8	9	11	14	14	19	19	22	24	28	28	28
底孔尺寸	—	—	3	4	5	6	6	10	10	10	13	16	16	19	22
最大尺寸	—	—	8	10	13	15	15	20	20	20	25	30	35	37	40

将波发生器凸轮直接安装至输入轴时凸轮的最大孔径

表027-2
单位：mm

型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
最大孔径 φV'	10	14	17	20	23	28	36	42	47	52	60	67	72	84	95
最小凸轮厚度 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.1 \end{smallmatrix}$	5.7	6.7	7.2	7.6	11.3	11.3	13.7	15.9	17.8	19	21.4	23.5	28.5	31.3	34.9

■波发生器的轴向力与轴的固定

由于柔轮的弹性形变，运转中Harmonic Drive的波发生器上轴向力发生作用。

作为减速机（第008页的①、②、③）使用时的轴向力向柔轮膜片方向作用。（图027-2）

此外，作为增速机（第008页的④、⑤、⑥）使用的轴向力向与减速机相反的方向作用。（图027-2）

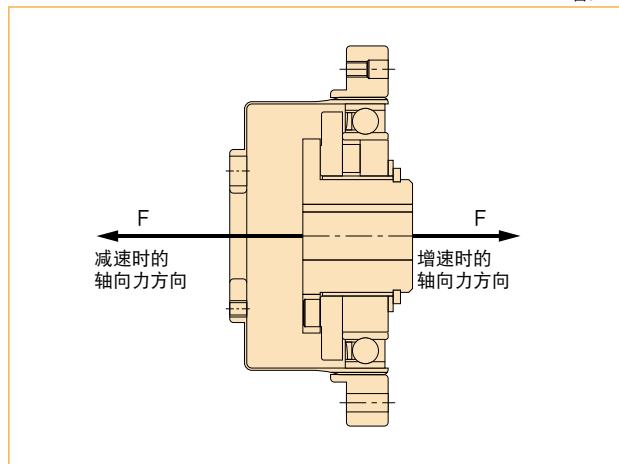
波发生器轴向力（最大值）可通过下述计算公式计算得出。此外，轴向力会根据运转条件的不同而发生变化。高转矩时、极低速时以及固定连续旋转时显示轴向力有变大的倾向，基本为计算公式计算出的数值。无论在何种使用条件下，都请采用阻止波发生器轴向力的设计。

（注）

在波发生器轮毂设置止动螺钉并与输入轴固定时，请务必咨询授权代理商。

波发生器的轴向力方向

图027-2



轴向力的计算公式

表027-3

减速比	计算公式
30	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 32^\circ$
50	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 30^\circ$
80以上	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 20^\circ$

计算公式的符号

表027-4

F	轴向力	N	参照图027-2
D	(型号) × 0.00254	m	
T	输出转矩	Nm	

计算示例

公式027-1

机型名称：CSF系列

型号：32

减速比：50

输出转矩：382Nm（瞬间容许最大转矩）

$$F = 2 \times \frac{382}{(32 \times 0.00254)} \times 0.07 \times \tan 30^\circ$$

$$F = 380N$$

密封机构

为防止润滑脂泄漏，以及维持Harmonic Drive的高耐久性，必须使用以下密封机构。

- 旋转运动部 油封（弹簧嵌入式）。此时，请注意轴侧是否存在划痕等。
- 法兰装配面、嵌合 O型环、密封剂。此时请注意平面是否歪斜以及O形环的啮合情况。
- 螺孔部 使用有密封效果的螺钉锁固剂（推荐使用Loctite 242）或密封胶带。

（注）特别是使用Harmonic润滑脂4B No.2时，请严格执行上述事项。

组合型的密封部位和推荐密封方法

表028-1

必要密封部位		推荐密封方法
输出侧	输出法兰中央的贯穿孔以及输出法兰装配面	使用O型环（附本公司产品）
	安装螺钉部	有密封效果的螺钉锁固剂（推荐使用Loctite 242）
输入侧	法兰装配面	使用O型环（附本公司产品）
	电动机输出轴	请选用带油封的。无油封时，请在电动机安装法兰上安装油封。

组装注意事项

由于组装时的错误，Harmonic Drive在运转时可能发生振动、异响等。请遵守下述注意事项实施组装。

■波发生器的注意事项

- 1.请在组装时避免向波发生器轴承部位施加过度的力。可通过使波发生器旋转顺畅地实施插入。
- 2.使用无欧氏联轴节结构的波发生器时，请特别注意把中心偏移、歪斜的影响控制在推荐值内（参照各系列的“组装精度”）。

■刚轮的注意事项

- 1.确认安装面的平坦度是否良好，是否有歪斜。
- 2.确认螺钉孔部是否隆起、有残余毛边或有异物啮入。
- 3.确认是否对刚轮实施了倒角加工以及避让加工，以避免与外壳组装部干涉。
- 4.当刚轮组装至壳体后，确认其是否能够旋转，是否有些部位存在干涉，卡紧。
- 5.朝安装用螺栓孔插入螺栓时，确认螺栓孔的位置是否正确、是否由于螺栓孔歪斜加工等原因致使螺栓与刚轮发生接触，使螺栓旋转变沉重。
- 6.请不要一次性按照规定转矩拧紧螺栓。请先使用约为规定转矩1/2的力实施暂时拧紧，然后再按照规定转矩拧紧。此外，通常请按照对角线顺序依次拧紧螺栓。
- 7.向刚轮打销子可能造成旋转精度低下，因此请尽可能避免。

■柔轮的注意事项

- 1.确认安装面的平坦度是否良好，是否有歪斜。
- 2.确认螺钉孔部是否隆起、有残余毛边或有异物啮入。
- 3.确认是否对柔轮实施了倒角加工以及避让加工，以避免与壳体组装部干涉。
- 4.朝安装用螺栓孔插入螺栓时，确认螺栓孔的位置是否正确、是否由于螺栓孔歪斜加工等原因致使螺栓与柔轮发生接触，使螺栓旋转变沉重。
- 5.请不要一次性按照规定转矩拧紧螺栓。请先使用约为规定转矩1/2的力实施暂时拧紧，然后再按照规定转矩拧紧。此外，通常请按照对角线顺序依次拧紧螺栓。
- 6.确认与刚轮组合时，是否存在极端的单侧啮合。发生单侧偏移时，可能是由于两个部件发生中心偏移或歪斜。
- 7.柔轮组装时，请不要叩击开口部的齿轮前端或以过度力实施按压。

■关于防锈措施

Harmonic Drive的表面没有实施防锈处理。需要实施防锈时请向表面涂抹防锈剂。此外，需要本公司实施表面防锈处理时，请咨询授权代理商。

齿轮啮合偏移状态

如图029-1所示，柔轮和刚轮的齿轮对称啮合状态为正常状态。但是，当出现如第011页所述的棘爪现象，或把三部件勉强挤压安装在一起时，有可能会出现如图029-2所示的齿轮啮合朝单侧偏移的情况。此时的状态被称为齿轮啮合偏移状态。发生齿轮啮合偏移后如果继续运转，则有可能引起柔轮的早期疲劳破坏，请注意。

■ 齿轮啮合偏移的检查方法

请采用下述方法确认是否发生齿轮啮合偏移。

① 根据转动波发生器时的转矩不均匀性进行判别的方法

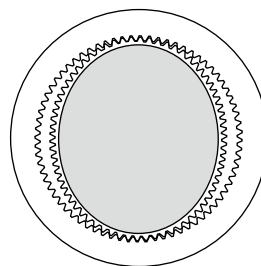
- 1) 无负载状态下请用手轻轻转动输入轴。如果使用平均的力即可使其旋转则视为正常。如果存在极为不均匀的情况，则表示有可能发生齿轮啮合偏移。
- 2) 波发生器安装在电动机上时，请在无负载状态下使其旋转。电动机的平均电流值为正常啮合时电流值的约2~3倍时，则表示有可能发生齿轮啮合偏移。

② 测定柔轮中部振动的判别方法

如图029-1所示，正常组装时千分表的振动为实线描绘的正弦波，但发生齿轮啮合偏移时，柔轮会向单侧偏移，因此其振动可用虚线进行描绘。

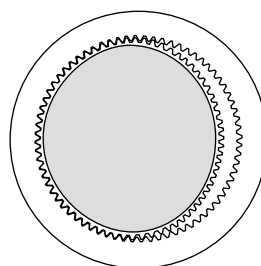
正常啮合的状态

图029-1



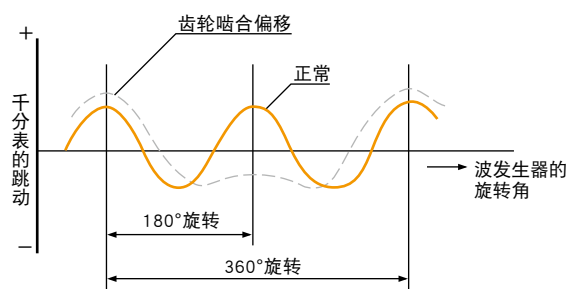
齿轮啮合偏移的状态

图029-2



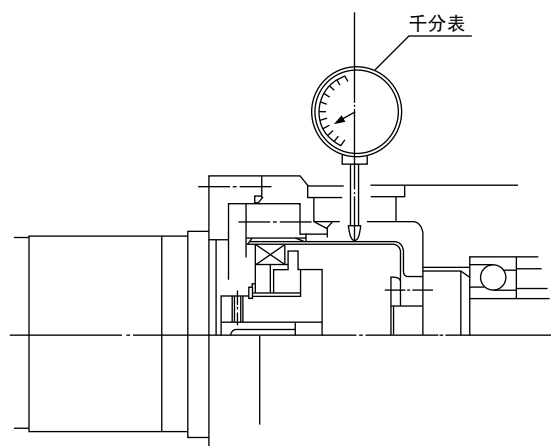
测微仪的跳动

表029-1



测定柔轮的中部跳动

图029-3



主轴的确认

组合型及齿轮箱型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）。

（CSF-mini系列采用4点接触滚珠轴承）

为充分发挥组合型的性能，请确认最大负载静力矩、轴承的使用寿命以及静态安全系数。

■主轴的规格请参照各系列的相关章节。

确认步骤

①确认最大负载静力矩 (M_{max})

计算最大负载静力矩 (M_{max})

最大负载静力矩 (M_{max}) $\leq$ 容许力矩 (M_c)

②确认使用寿命

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)

计算确认使用寿命

③确认静态安全系数

计算径向当量静负荷 (P_o)

确认静态安全系数 (f_s)

最大负载静力矩的计算方法

最大负载静力矩 (M_{max}) 的计算方法如下。

请确认 $M_{max} \leq M_c$

公式030-1

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

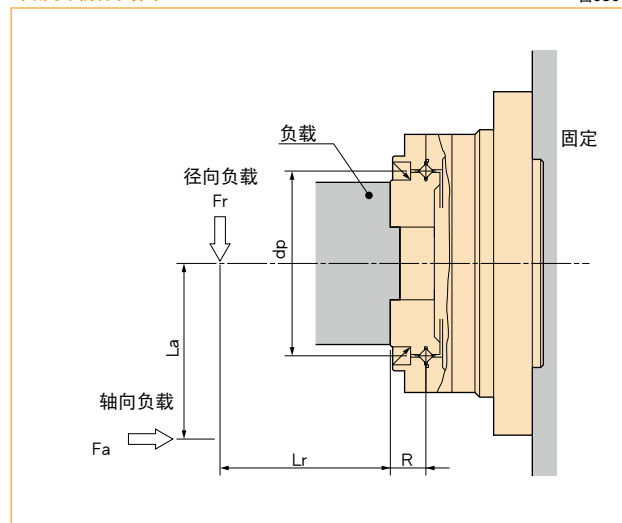
公式030-1符号

表030-1

F_{rmax}	最大径向负载	N(kgf)	参照图030-1
F_{amax}	最大轴向负载	N(kgf)	参照图030-1
L_r, L_a	—	m	参照图030-1
R	偏置量	m	参照图030-1及各系列的“主轴的规格”。

外部负载作用图

图030-1



平均负载的计算方法

(平均径向负载 · 平均轴向负载 · 平均输出转数)

径向负载和轴向负载变动时，换算为平均负载，确认轴承的使用寿命。

平均径向负载 (Frav) 的计算方法

公式031-1

(交叉滚子轴承)

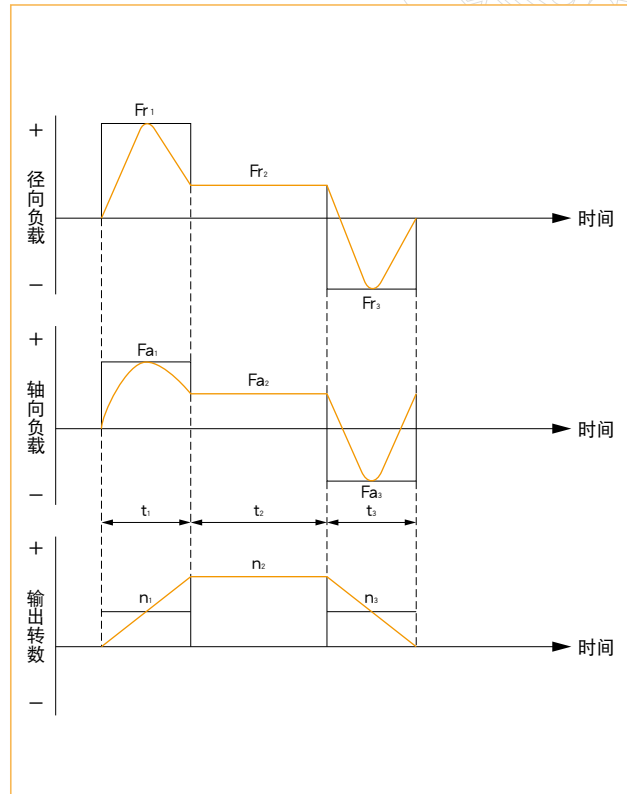
$$Fr_{av} = \sqrt[10/3]{\frac{n_1 t_1 (|Fr_1|)^{10/3} + n_2 t_2 (|Fr_2|)^{10/3} \dots + n_n t_n (|Fr_n|)^{10/3}}{n_1 t_1 + n_2 t_2 \dots + n_n t_n}}$$

(4点接触滚珠轴承)

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

但，取 t_1 区间内的最大径向负载为 Fr_1 ，取 t_3 区间内的最大径向负载为 Fr_3 。

表031-1



平均轴向负载 (Faav) 的计算方法

公式031-2

(交叉滚子轴承)

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

(4点接触滚珠轴承)

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

但，取 t_1 区间内的轴向负载为 Fa_1 ，取 t_3 区间内的最大轴向负载为 Fa_3 。

平均输出转数 (Nav) 的计算方法

公式031-3

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

径向负载系数 (X)、轴向负载系数 (Y) 的计算方法

公式031-4

负载系数的计算方法	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

公式031-4的符号

表031-1

Frav	平均径向负载	N(kgf)	参照“平均负载的计算方法” (参照公式031-1)
Faav	平均轴向负载	N(kgf)	参照“平均负载的计算方法” (参照公式031-2)
Lr, La	—	m	参照图030-1
R	偏置量	m	参照图030-1及各系列的“主轴承的规格”。
dp	滚子的节圆直径	m	参照图030-1及各系列的“主轴承的规格”。

使用寿命的计算方法

轴承的使用寿命可通过公式032-1计算得出。

径向当量动负荷（ P_c ）可通过公式032-2计算得出。

公式032-1

（交叉滚子轴承）

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

（4点接触滚珠轴承）

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

公式032-1的符号

表032-1

L_{10}	使用寿命	hour	—
N_{av}	平均输出转速	r/min	参照“平均负载的计算方法”
C	基本额定动负载	N(kgf)	参照各系列的“主轴承的规格”
P_c	径向当量动负荷	N(kgf)	参照公式032-2
f_w	负载系数	—	参照表032-3

公式032-2

$$P_c = X \cdot \left(F_{rav} \frac{2 (F_{rav}(L_r + R) + F_a \frac{L_r}{d_p})}{d_p} + Y \cdot F_a \right)$$

公式032-2的符号

表032-2

F_{rav}	平均径向负载	N(kgf)	参照“平均负载的计算方法” (参照公式031-1)
F_{aav}	平均轴向负载	N(kgf)	参照“平均负载的计算方法” (参照公式031-2)
d_p	滚子的节圆直径	m	参照图030-1及各系列的 “主轴承的规格”
X	径向负载系数	—	参照公式031-4
Y	轴向负载系数	—	参照公式031-4
L_r, L_a	—	m	参照图030-1
R	偏置量	m	参照图030-1及各系列的 “主轴承的规格”

负载系数

表032-3

负载状态	f_w
无冲击和振动、平滑运转时	1~1.2
通常运转时	1.2~1.5
伴随冲击、振动运转时	1.5~3

摆动运动时使用寿命的计算方法

摆动运动时轴承的使用寿命可通过公式033-1计算得出。

图033-1

公式033-1

(交叉滚子轴承)

$$Loc = \frac{10^6}{60 \times n1} \times \frac{90}{\theta} \times \left(\frac{C}{fw \cdot Pc} \right)^{10/3}$$

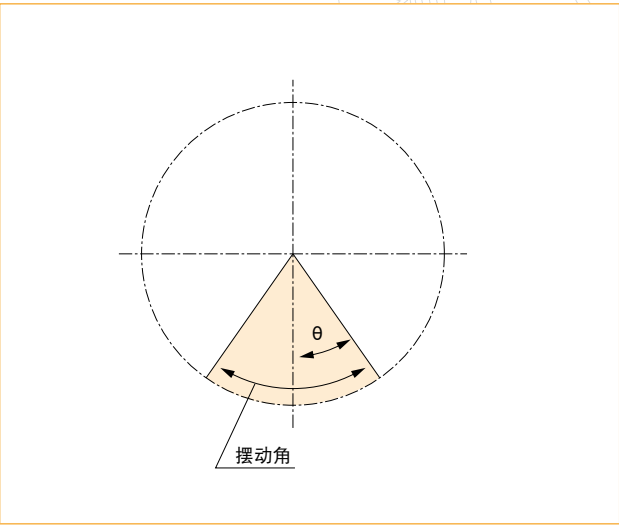
(4点接触滚珠轴承)

$$Loc = \frac{10^6}{60 \times n1} \times \frac{90}{\theta} \times \left(\frac{C}{fw \cdot Pc} \right)^3$$

公式033-1的符号

表033-1

Loc	摆动运动时的额定使用寿命	hour	—
n1	每分钟的往复摆动次数	cpm	—
C	基本额定动负载	N(kgf)	参照各系列的“主轴承的规格”
Pc	径向当量动负荷	N(kgf)	参照公式032-2
fw	负载系数	—	参照表032-3
q	摆动角/2	度	参照图033-1



(注)
摆动角较小（5°以下）时，轨道轮和转动体的接触面不易形成油膜，会产生微振磨耗，详细情况请咨询授权代理商。

静态安全系数的计算方法

一般情况下将基本额定静负载(C_0)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。

此时的轴承的静态安全系数(f_s)使用公式034-1计算得出。

表034-3为使用条件的一般数值。径向当量静负荷(P_0)可根据公式034-2计算得出。

公式034-1

$$f_s = \frac{C_0}{P_0}$$

公式034-2

$$P_c = F_{r \max} \frac{2M_{\max}}{d_p} + 0.44 F_{a \max}$$

公式034-1的符号

表034-1

C_0	基本额定静负载	N(kgf)	参照各系列的“主轴承的规格”
P_0	径向当量静负荷	N(kgf)	参照公式034-2

公式034-2

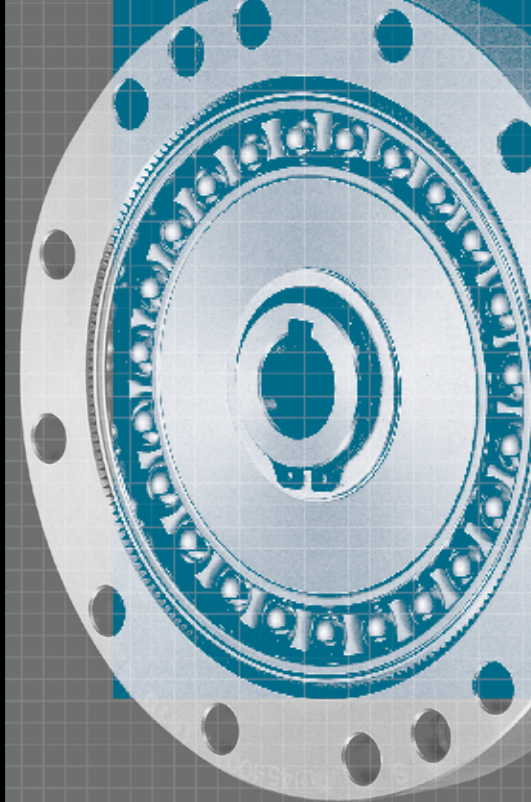
表034-2

$F_{r \max}$	最大径向负载	N(kgf)	参照第028页“最大负载静力矩的计算方法”
$F_{a \max}$	最大轴向负载	N(kgf)	
$M_{\max}$	最大负载静力矩	Nm(kgfm)	
d_p	滚子的节圆直径	m	参照图030-1及各系列的“主轴承的规格”。

静态安全系数

表034-3

轴承的使用条件	f_s
需要较高旋转精度时	≥ 3
伴随振动、冲击时	≥ 2
通常运转条件时	≥ 1.5

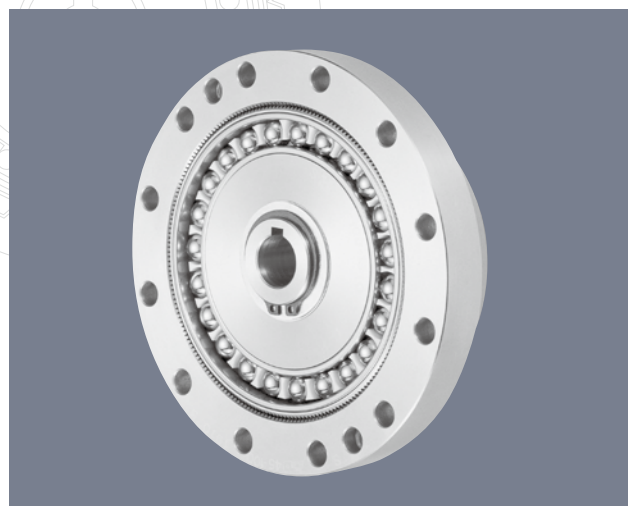


CSG	033
CSF	033
CSD	059
SHG	077
SHF	077
FB	101
FR	109

CSG/CSF系列

Component Type CSG/CSF

特点	034
型号·符号	035
技术数据	·额定表 036 ·外形图 038 ·尺寸表 039 ·角度传达精度 040 ·磁滞损失 040 ·最大齿隙量 040 ·刚性（弹簧常数） 040 ·起动转矩 041 ·增速起动转矩 041 ·棘爪扭矩 042 ·屈曲转矩 042 ·无负载运行转矩 042 ·效率特性 044
设计指南	·润滑 046 ·组装精度 049 ·密封机构 049 ·基本要素三部件的安装 050



CSG/CSF系列组件型

CSG/CSF系列组件型应满足高机能化、高速化、高负载容量、高密度化、细微化等加速技术革新需求，实现丰富的产品阵容，使客户能够根据自己的情况选择最佳机型。

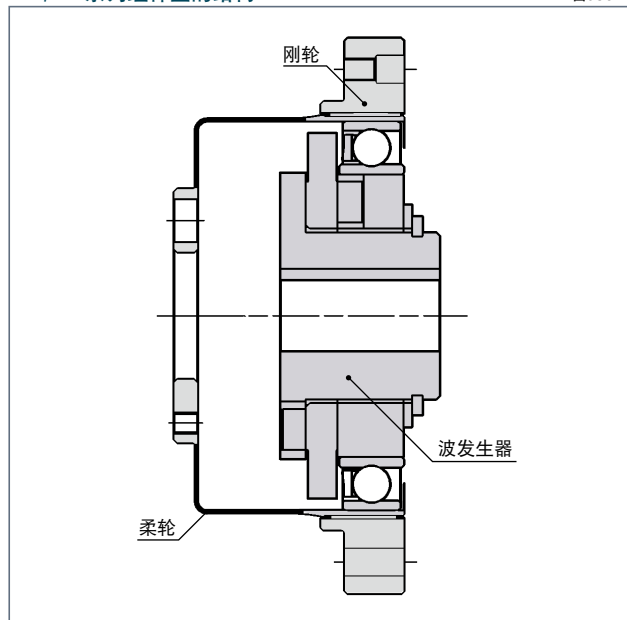
CSG/CSF系列组件型仅由3个基本部件构成。属于直接组合到机械、装置的类型，提升了设计的自由度。

CSG/CSF系列的特点

- 紧凑简洁的设计
- 高转矩容量
- 高刚性
- 无齿隙
- 优良的定位精度和旋转精度
- 输入输出同轴

CSG/CSF系列组件型的结构

图036-1



新的可变选项

CSG系列：高转矩用

- 转矩容量比CSF系列提升30%
- 使用寿命比CSF系列提升43% (10,000小时)

减速比30：高速用

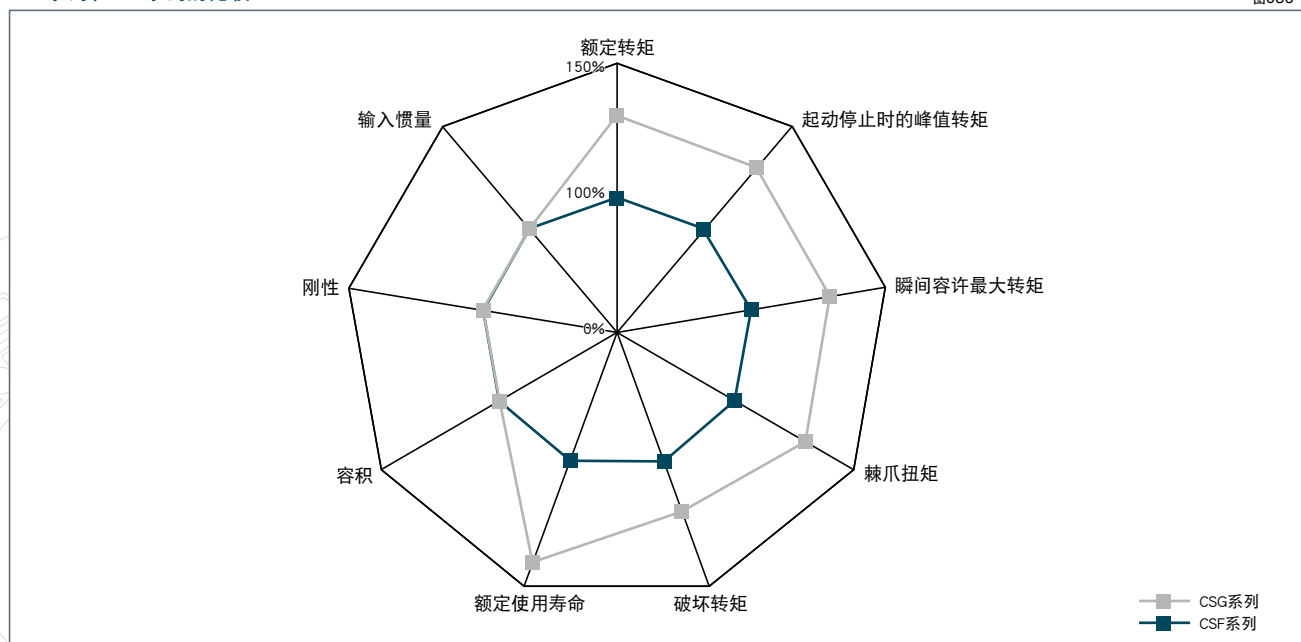
- 继承无齿Harmonic Drive的优点
- 实现减速比30

CSF-8, 11系列：小型化

- 在小型型号中实现IH齿形的优点
- 转矩容量比传统产品CS系列提升30%
- 刚性比传统产品CS系列提升100%
- 使用寿命大幅提升

CSG系列和CSF系列的比较

图036-1



型号·符号

CSG - 25 - 100 - 2A - GR - 规格1 - 规格2

表037-1

机型名称	型号	减速比 注1					型式		特殊规格
CSG	14	50	80	100	—	—	2A=组件型 2UH=组合型	精度等级 GR=高精度谐波齿轮 传动 ※型号14, 17为R ※2UH无此标识	SP=形状、性能等特殊 规格 空白=标准品
	17	50	80	100	120	—			
	20	50	80	100	120	160			
	25	50	80	100	120	160			
	32	50	80	100	120	160			
	40	50	80	100	120	160			
	45	50	80	100	120	160			
	50	—	80	100	120	160			
	58	—	80	100	120	160			
65	—	80	100	120	160				

注1: 减速比表示的是输入: 波发生器, 固定: 刚轮, 输出: 柔轮时的情况。

CSF - 25 - 100 - 2A - GR - 规格1 - 规格2

表037-2

机型名称	型号	减速比 注1						型式		特殊规格
CSF	8	30	50	—	100	—	—	2A=组件型 2UH=组合型	精度等级 GR=高精度谐波齿轮 传动 ※型号8, 11, 14, 17为R ※2UH中无此标识	SP=形状、性能等特殊 规格 空白=标准品
	11	30	50	—	100	—	—			
	14	30	50	80	100	—	—			
	17	30	50	80	100	120	—			
	20	30	50	80	100	120	160			
	25	30	50	80	100	120	160			
	32	30	50	80	100	120	160			
	40	—	50	80	100	120	160			
	45	—	50	80	100	120	160			
	50	—	50	80	100	120	160			
	58	—	50	80	100	120	160			
	65	—	50	80	100	120	160			
	80	—	50	80	100	120	160			
	90	—	50	80	100	120	160			
	100	—	50	80	100	120	160			

注1: 减速比表示的是输入: 波发生器, 固定: 刚轮, 输出: 柔轮时的情况。

额定表

■ CSG系列

表038-1

型号	减速比	输入2000r/min时的 额定转矩		起动停止时的 容许峰值转矩		平均负载转矩的 容许最大值		瞬间容许最大转矩		容许最高输入 转速r/min		容许平均输入 转速r/min		转动惯量	
		Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	油润滑	润滑脂润滑	油润滑	润滑脂润滑	$\times 10^{-4} \text{kgm}^2$	$\times 10^{-4} \text{kgfms}^2$
14	50	7.0	0.7	23	2.3	9.0	0.9	46	4.7	14000	8500	6500	3500	0.033	0.034
	80	10	1.0	30	3.1	14	1.4	61	6.2						
	100	10	1.0	36	3.7	14	1.4	70	7.2						
17	50	21	2.1	44	4.5	34	3.4	91	9	10000	7300	6500	3500	0.079	0.081
	80	29	2.9	56	5.7	35	3.6	113	12						
	100	31	3.2	70	7.2	51	5.2	143	15						
20	120	31	3.2	70	7.2	51	5.2	112	11	10000	6500	6500	3500	0.193	0.197
	50	33	3.3	73	7.4	44	4.5	127	13						
	80	44	4.5	96	9.8	61	6.2	165	17						
	100	52	5.3	107	10.9	64	6.5	191	20						
25	120	52	5.3	113	11.5	64	6.5	191	20	7500	5600	5600	3500	0.413	0.421
	160	52	5.3	120	12.2	64	6.5	191	20						
	50	51	5.2	127	13	72	7.3	242	25						
	80	82	8.4	178	18	113	12	332	34						
32	100	87	8.9	204	21	140	14	369	38	7000	4800	4600	3500	1.69	1.72
	120	87	8.9	217	22	140	14	395	40						
	160	87	8.9	229	23	140	14	408	42						
	50	99	10	281	29	140	14	497	51						
40	80	153	16	395	40	217	22	738	75	5600	4000	3600	3000	4.50	4.59
	100	178	18	433	44	281	29	841	86						
	120	178	18	459	47	281	29	892	91						
	160	178	18	484	49	281	29	892	91						
45	50	178	18	523	53	255	26	892	91	5000	3800	3300	3000	8.68	8.86
	80	268	27	675	69	369	38	1270	130						
	100	345	35	738	75	484	49	1400	143						
	120	382	39	802	82	586	60	1530	156						
50	160	382	39	841	86	586	60	1530	156	4500	3500	3000	2500	12.5	12.8
	50	229	23	650	66	345	35	1235	126						
	80	407	41	918	94	507	52	1651	168						
	100	459	47	982	100	650	66	2041	208						
58	120	523	53	1070	109	806	82	2288	233	4000	3000	2700	2200	27.3	27.9
	160	523	53	1147	117	819	84	2483	253						
	80	484	49	1223	125	675	69	2418	247						
	100	611	62	1274	130	866	88	2678	273						
65	120	688	70	1404	143	1057	108	2678	273	3500	2800	2400	1900	46.8	47.8
	160	688	70	1534	156	1096	112	3185	325						
	80	714	73	1924	196	1001	102	3185	325						
	100	905	92	2067	211	1378	141	4134	422						
80	120	969	99	2236	228	1547	158	4329	441	14000	8500	6500	3500	0.003	0.0031
	160	969	99	2392	244	1573	160	4459	455						
	30	0.9	0.09	1.8	0.18	1.4	0.14	3.3	0.34						
	50	1.8	0.18	3.3	0.34	2.3	0.24	6.6	0.67						
11	100	2.4	0.25	4.8	0.49	3.3	0.34	9.0	0.92	14000	8500	6500	3500	0.012	0.012
	30	2.2	0.22	4.5	0.46	3.4	0.35	8.5	0.87						
	50	3.5	0.36	8.3	0.85	5.5	0.56	17	1.7						
14	100	5.0	0.51	11	1.1	8.9	0.91	25	2.6	14000	8500	6500	3500	0.033	0.034
	30	4.0	0.41	9.0	0.92	6.8	0.69	17	1.7						
	50	5.4	0.55	18	1.8	6.9	0.70	35	3.6						
	80	7.8	0.80	23	2.4	11	1.1	47	4.8						
16	100	7.8	0.80	28	2.9	11	1.1	54	5.5	14000	8500	6500	3500	0.033	0.034
	30	4.0	0.41	9.0	0.92	6.8	0.69	17	1.7						

(注) 1. 组件型号50以上、减速比50的机型以润滑油润滑为标准。采用润滑脂润滑时，请在额定转矩 $\frac{1}{2}$ 以内使用。

2. 转动惯量 $I = \frac{1}{4} GD^2$

3. 用语详情请参照第010页的“技术资料”。

■ CSF系列

表038-2

型号	减速比	输入2000r/min时的 额定转矩		起动停止时的 容许峰值转矩		平均负载转矩的 容许最大值		瞬间容许最大转矩		容许最高输入 转速r/min		容许平均输入 转速r/min		转动惯量	
		Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	油润滑	润滑脂润滑	油润滑	润滑脂润滑	$\times 10^{-4} \text{kgm}^2$	$\times 10^{-4} \text{kgfms}^2$
8	30	0.9	0.09	1.8	0.18	1.4	0.14	3.3	0.34	14000	8500	6500	3500	0.003	0.0031
	50	1.8	0.18	3.3	0.34	2.3	0.24	6.6	0.67						
	100	2.4	0.25	4.8	0.49	3.3	0.34	9.0	0.92						
11	30	2.2	0.22	4.5	0.46	3.4	0.35	8.5	0.87	14000	8500	6500	3500	0.012	0.012
	50	3.5	0.36	8.3	0.85	5.5	0.56	17	1.7						
	100	5.0	0.51	11	1.1	8.9	0.91	25	2.6						
14	30	4.0	0.41	9.0	0.92	6.8	0.69	17	1.7	14000	8500	6500	3500	0.033	0.034
	50	5.4	0.55	18	1.8	6.9	0.70	35	3.6						
	80	7.8	0.80	23	2.4	11	1.1	47	4.8						
	100	7.8	0.80	28	2.9	11	1.1	54	5.5						

CSF系列

表039-1

型号	减速比	输入2000r/min时的 额定转矩		起动停止时的 容许峰值转矩		平均负载转矩的 容许最大值		瞬间容许最大转矩		容许最高输入 转速r/min		容许平均输入 转速r/min		转动惯量	
		Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	润滑油	润滑脂润滑	润滑油	润滑脂润滑	I × 10 ⁻⁴ kgm ²	J × 10 ⁻⁴ kgfms ²
17	30	8.8	0.9	16	1.6	12	1.2	30	3.1	10000	7300	6500	3500	0.079	0.081
	50	16	1.6	34	3.5	26	2.6	70	7.1						
	80	22	2.2	43	4.4	27	2.7	87	8.9						
	100	24	2.4	54	5.5	39	4.0	108	11						
	120	24	2.4	54	5.5	39	4.0	86	8.8						
20	30	15	1.5	27	2.8	20	2.0	50	5.1	10000	6500	6500	3500	0.193	0.197
	50	25	2.5	56	5.7	34	3.5	98	10						
	80	34	3.5	74	7.5	47	4.8	127	13						
	100	40	4.1	82	8.4	49	5.0	147	15						
	120	40	4.1	87	8.9	49	5.0	147	15						
25	30	27	2.8	50	5.1	38	3.9	95	9.7	7500	5600	5600	3500	0.413	0.421
	50	39	4.0	98	10	55	5.6	186	19						
	80	63	6.4	137	14	87	8.9	255	26						
	100	67	6.8	157	16	108	11	284	29						
	120	67	6.8	167	17	108	11	304	31						
32	30	54	5.5	100	10	75	7.7	200	20	7000	4800	4600	3500	1.69	1.72
	50	76	7.8	216	22	108	11	382	39						
	80	118	12	304	31	167	17	568	58						
	100	137	14	333	34	216	22	647	66						
	120	137	14	353	36	216	22	686	70						
40	30	137	14	402	41	196	20	686	70	5600	4000	3600	3000	4.50	4.59
	50	206	21	519	53	284	29	980	100						
	80	265	27	568	58	372	38	1080	110						
	100	294	30	617	63	451	46	1180	120						
	120	294	30	647	66	451	46	1180	120						
45	50	176	18	500	51	265	27	950	97	5000	3800	3300	3000	8.68	8.86
	80	313	32	706	72	390	40	1270	130						
	100	353	36	755	77	500	51	1570	160						
	120	402	41	823	84	620	63	1760	180						
	160	402	41	882	90	630	64	1910	195						
50	50	245	25	715	73	350	36	1430	146	4500	3500	3000	2500	12.5	12.8
	80	372	38	941	96	519	53	1860	190						
	100	470	48	980	100	666	68	2060	210						
	120	529	54	1080	110	813	83	2060	210						
	160	529	54	1180	120	843	86	2450	250						
58	50	353	36	1020	104	520	53	1960	200	4000	3000	2700	2200	27.3	27.9
	80	549	56	1480	151	770	79	2450	250						
	100	696	71	1590	162	1060	108	3180	325						
	120	745	76	1720	176	1190	121	3330	340						
	160	745	76	1840	188	1210	123	3430	350						
65	50	490	50	1420	145	720	73	2830	289	3500	2800	2400	1900	46.8	47.8
	80	745	76	2110	215	1040	106	3720	380						
	100	951	97	2300	235	1520	155	4750	485						
	120	951	97	2510	256	1570	160	4750	485						
	160	951	97	2630	268	1570	160	4750	485						
80	50	872	89	2440	249	1260	129	4870	497	2900	2300	2200	1500	122	124
	80	1320	135	3430	350	1830	187	6590	672						
	100	1700	173	4220	431	2360	241	7910	807						
	120	1990	203	4590	468	3130	319	7910	807						
	160	1990	203	4910	501	3130	319	7910	807						
90	50	1180	120	3530	360	1720	176	6660	680	2700	2000	2100	1300	214	218
	80	1550	158	3990	407	2510	256	7250	740						
	100	2270	232	5680	580	3360	343	9020	920						
	120	2570	262	6160	629	4300	439	9800	1000						
	160	2700	276	6840	698	4300	439	11300	1150						
100	50	1580	161	4450	454	2280	233	8900	908	2500	1800	2000	1200	356	363
	80	2380	243	6060	618	3310	338	11600	1180						
	100	2940	300	7350	750	4630	472	14100	1440						
	120	3180	324	7960	812	5720	584	15300	1560						
	160	3550	362	9180	937	5720	584	15500	1580						

(注) 1. 组件型号50以上、减速比50的机型以润滑油润滑为标准。采用润滑脂润滑时，请在额定转矩 $\frac{1}{2}$ 以内使用。

2. 转动惯量 $I = \frac{1}{4} GD^2$

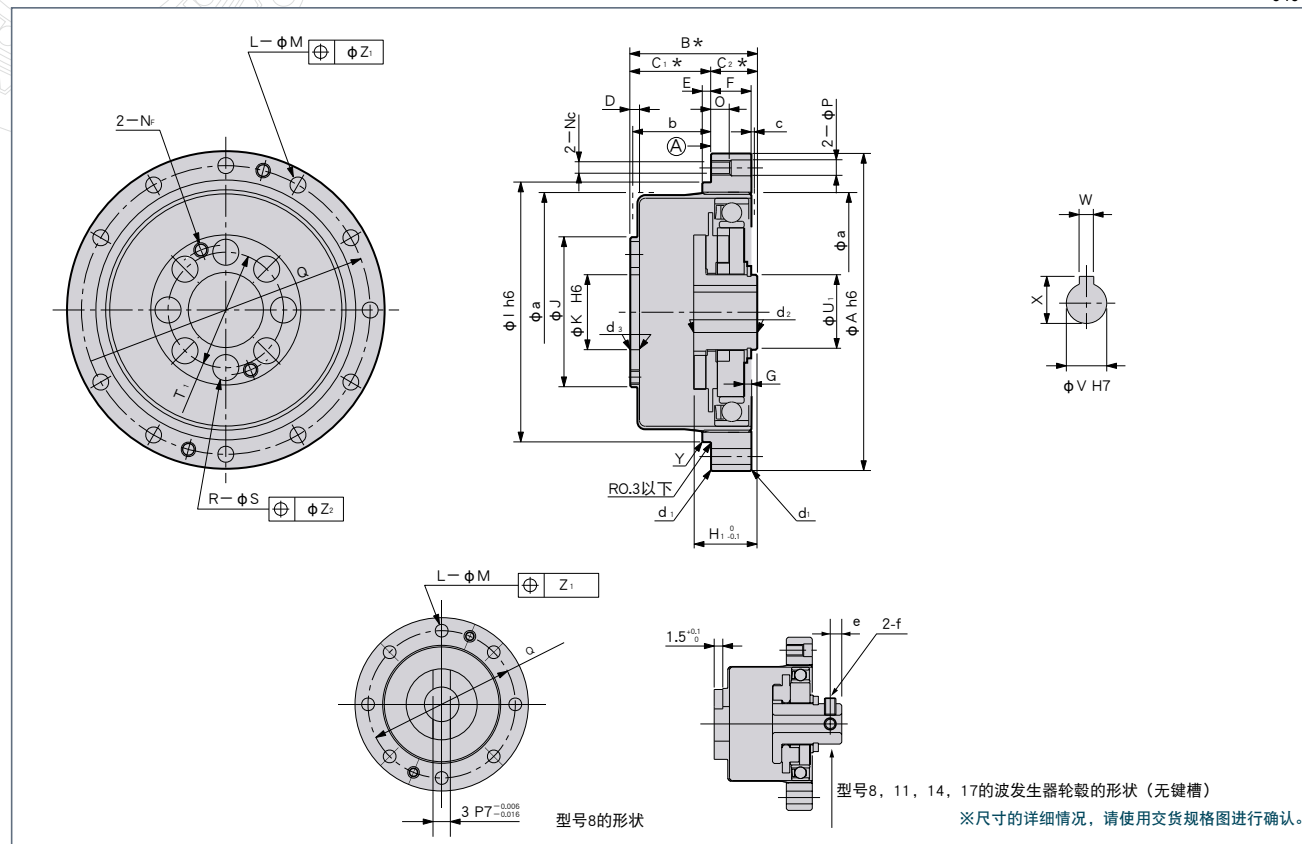
3. 用语详情请参照第010页的“技术资料”。

外形图

本产品的CAD数据（DXF）可从本公司主页下载。

URL: <http://www.hds.co.jp/>

040-1



■柔轮的螺栓和销子并用安装（选配）

当有如额定表所示的瞬间容许最大转矩作用时，推荐采用柔轮拧紧螺栓与销子并用的方式。此时的销孔为铰孔加工，孔径及位置精度如图040-2所示。

此外，CSF系列和CSG系列的销孔数量有所差异。CSG系列的详情请参照第054页。

图040-2

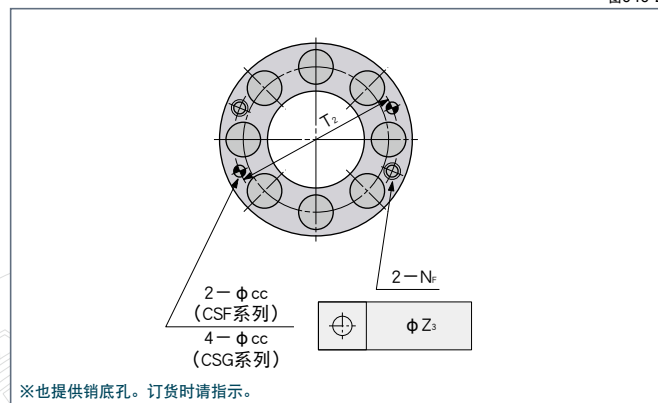
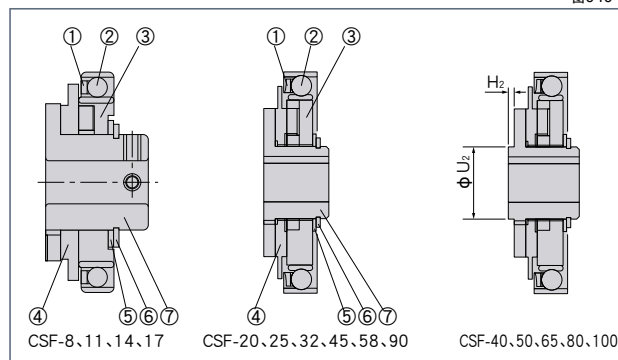


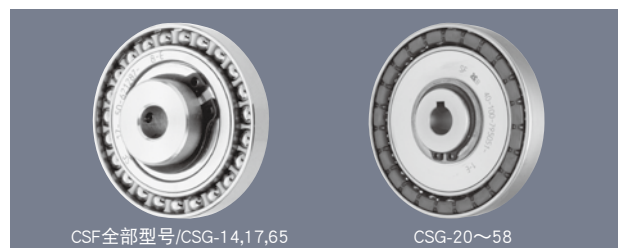
图040-3



■波发生器的形状

波发生器采用欧式联轴节结构。

- ①轴承架
- ②波发生器轴承
- ③波发生器凸轮
- ④镶块
- ⑤摩擦垫圈
- ⑥C型卡环
- ⑦波发生器轮毂



尺寸表

表041-1
单位: mm

符号	型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
φA h6		30	40	50	60	70	85	110	135	155	170	195	215	265	300	330
B*	CSG系列	—	—	28.5 ^{0.4} _{-0.3}	32.5 ^{0.4} _{-0.3}	33.5 ^{0.4} _{-0.3}	37 ^{0.5} _{-0.4}	44 ^{0.6} _{-0.5}	53 ^{0.6} _{-0.5}	58.5 ^{0.6} _{-0.5}	64 ^{0.6} _{-0.5}	75.5 ^{0.6} _{-0.5}	83 ^{0.6} _{-0.5}	—	—	—
	CSF系列	22.1 ^{0.2} _{-0.1}	25.8 ^{0.4} _{-0.3}	28.5 ^{0.4} _{-0.3}	32.5 ^{0.4} _{-0.3}	33.5 ^{0.4} _{-0.3}	37 ^{0.5} _{-0.4}	44 ^{0.6} _{-0.5}	53 ^{0.6} _{-0.5}	58.5 ^{0.6} _{-0.5}	64 ^{0.6} _{-0.5}	75.5 ^{0.6} _{-0.5}	83 ^{0.6} _{-0.5}	101 ^{0.6} _{-0.5}	112.5 ^{0.6} _{-0.5}	125 ^{0.6} _{-0.5}
C ₁ *		12.5 ^{+0.2} _{-0.1}	14.5 ^{+0.4} _{-0.3}	17.5 ^{+0.4} _{-0.3}	20 ^{+0.5} _{-0.4}	21.5 ^{+0.6} _{-0.5}	24 ^{+0.6} _{-0.5}	28 ^{+0.6} _{-0.5}	34 ^{+0.6} _{-0.5}	38 ^{+0.6} _{-0.5}	41 ^{+0.6} _{-0.5}	48 ^{+0.6} _{-0.5}	52.5 ^{+0.6} _{-0.5}	64 ^{+0.6} _{-0.5}	71.5 ^{+0.8} _{-0.7}	79 ^{+1.0} _{-0.9}
C ₂ *		9.6	11.3	11	12.5	12	13	16	19	20.5	23	27.5	30.5	37	41	46
D		2.7	2	2.4	3	3	3	3.2	4	4.5	5	5.8	6.5	8	9	10
E		—	2	2	2.5	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6
F		4.5	5	6	6.5	7.5	10	14	17	19	22	25	29	36	41	46
G	CSG系列	—	—	1.4	1.6	1.5	3.5	4.2	5.6	6.3	7	8.2	9.5	—	—	—
	CSF系列	—	—	0.4	0.3	0.1	2.1	2.5	3.3	3.7	4.2	4.8	5.8	6.6	7.5	8.3
H _{1-0.1}	CSG系列	—	—	18.5	20.7	21.5	21.6	23.6	29.7	30.5	34.8	38.3	44.6	—	—	—
	CSF系列	12	16	17.6	19.5	20.1	20.2	22	27.5	27.9	32	34.9	40.9	49.1	48.2	56.7
H ₂		—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	0.8	—	2.2	3.1	—	4.5
φI h6	减速比30以外	—	31	38	48	54	67	90	110	124	135	156	177	218	245	272
	减速比30	—	31	38	48	55	68	90	—	—	—	—	—	—	—	—
φJ		12.3	17.8	23	27.2	32	40	52	64	72	80	92.8	104	128	144	160
φK H6		6	6	11	10	16	20	26	32	36	40	46	52	65	72	80
L	CSG系列	—	—	8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	—	—	—
	CSF系列	8	8	6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	16	16	16
φM		2.2	2.9	3.5	3.4	3.5	4.5	5.5	6.6	9	9	11	11	11	14	14
N _c		M2	M2.5	M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10	M10	M12	M12
N _e		—	—	M3	M3	M3	M4	M5	M6	M6	M8	M8	M8	M8	M12	M10
O		3	3	6	6.5	4	6	7	9	12	13	15	15	15	18	20
φP		2.2	2.9	—	—	3.5	4.5	5.5	6.6	9	9	11	11	11	14	14
Q (PCD)		25.5	35	44	54	62	75	100	120	140	150	175	195	240	270	300
R		—	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	10	8	12
φS		—	3.4	4.5	5.5	5.5	6.6	9	11	13.5	15.5	15.5	18	18	22	22
T ₁ (PCD)		—	12	17	19	24	30	40	50	54	60	70	80	100	110	130
T ₂ (PCD)		—	15.2	18.5	21.5	27	34	45	56	61	68	79	90	114	120	142
φU ₁		7	11	14	18	21	26	26	32	32	32	40	48	55	60	65
φU ₂		—	—	—	—	—	—	—	32	—	32	—	48	55	—	65
φV	标准 (H7)	3	5	6	8	9	11	14	14	19	19	22	24	28	28	28
	最大尺寸	—	—	8	10	13	15	15	20	20	20	25	30	35	37	40
WJs9		—	—	—	—	3	4	5	5	6	6	6	8	8	8	8
X		—	—	—	—	10.4 ^{+0.1} _{-0.1}	12.8 ^{+0.1} _{-0.1}	16.3 ^{+0.1} _{-0.1}	16.3 ^{+0.1} _{-0.1}	21.8 ^{+0.1} _{-0.1}	21.8 ^{+0.1} _{-0.1}	24.8 ^{+0.1} _{-0.1}	27.3 ^{+0.2} _{-0.2}	31.3 ^{+0.2} _{-0.2}	31.3 ^{+0.2} _{-0.2}	31.3 ^{+0.2} _{-0.2}
Y		—	C0.2	C0.3	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.8	C0.8	C0.8	C0.8	C0.8	C0.8
φZ ₁		0.1	0.2	0.25	0.20	0.25	0.25	0.25	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0
φZ ₂		—	0.2	0.25	0.25	0.25	0.3	0.5	0.5	0.75	0.75	0.75	1.0	1.0	1.0	1.0
φZ ₃		—	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
φa	壳体内壁	21.5	30	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172	212	239	265
b		11.34	14	17.1	19	20.5	23	26.8	33	36.5	39	46.2	50	61	68.5	76
c		—	—	1	1	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3	3	3
φccH7	CSG系列	—	—	3	3	3	4	5	6	6	8	8	8	—	—	—
	CSF系列	—	2	3	3	3	4	5	6	6	8	8	8	8	12	10
d ₁		C0.3	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4
d ₂		C0.3	C0.3	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4
d ₃		C0.3	C0.3	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5	C0.5
e		2	3	2.5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
f		M2×3	M3×4	M3×4	M3×6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
重量 (kg)		0.026	0.05	0.09	0.15	0.28	0.42	0.89	1.7	2.3	3.2	4.7	6.7	12.4	17.6	23.5

- 刚轮的安装面为图的④面。向壳体等进行安装时请对准该面。
- 下述尺寸可以变更或追加加工。

波发生器: V尺寸
柔轮: R·S尺寸
刚轮: L·M尺寸

- 带*符号的B·C₁·C₂的尺寸是指构成Harmonic Drive的三个部件(波发生器、柔轮、刚轮)轴向的连接位置以及容许公差。尺寸会对性能、强度造成影响, 因此请严格遵守。
- 由于柔轮会发生弹性形变, 为防止其与壳体接触, 请使用大于φa·b·c的内壁尺寸。

角度传达精度

(用语说明请参照“技术资料”。)

表042-1

减速比	规格	型号	8	11	14	17	20	25	32	40~100
30	标准品	×10 ⁻⁴ rad	5.8	5.8	5.8	4.4	4.4	4.4	4.4	—
		arc min	2	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	—
	特殊品	×10 ⁻⁴ rad	—	—	—	—	2.9	2.9	2.9	—
		arc min	—	—	—	—	1	1	1	—
50以上	标准品	×10 ⁻⁴ rad	5.8	5.8	4.4	4.4	2.9	2.9	2.9	2.9
		arc min	2	2	1.5	1.5	1	1	1	1
	特殊品	×10 ⁻⁴ rad	—	—	2.9	2.9	1.5	1.5	1.5	1.5
		arc min	—	—	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5

磁滞损失

(用语说明请参照“技术资料”。)

表042-2

减速比	型号	8	11	14	17	20	25	32	40以上
30	×10 ⁻⁴ rad	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	—
	arc min	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	—
50	×10 ⁻⁴ rad	8.7	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	arc min	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
80以上	×10 ⁻⁴ rad	5.8	5.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
	arc min	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

最大齿隙量

(用语说明请参照“技术资料”。)

表042-3

减速比	型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
30	×10 ⁻² rad	28.6	23.8	29.1	16.0	13.6	13.6	11.2	—	—	—	—	—	—	—	—
	arc sec	59	49	60	33	28	28	23	—	—	—	—	—	—	—	—
50	×10 ⁻² rad	17.0	14.1	17.5	9.7	8.2	8.2	6.8	6.8	5.8	5.8	4.8	4.8	4.8	3.9	2.9
	arc sec	35	24	36	20	17	17	14	14	12	12	10	10	10	8	6
80	×10 ⁻² rad	—	—	11.2	6.3	5.3	5.3	4.4	4.4	3.9	3.9	2.9	2.9	2.9	2.4	2.4
	arc sec	—	—	23	13	11	11	9	9	8	8	6	6	6	5	5
100	×10 ⁻² rad	8.7	7.3	8.7	4.8	4.4	4.4	3.4	3.4	2.9	2.9	2.4	2.4	2.4	1.9	1.5
	arc sec	18	15	18	10	9	9	7	7	6	6	5	5	5	4	3
120	×10 ⁻² rad	—	—	—	3.9	3.9	3.9	2.9	2.9	2.4	2.4	1.9	1.9	1.9	1.5	1.5
	arc sec	—	—	—	8	8	8	6	6	5	5	4	4	4	3	3
160	×10 ⁻² rad	—	—	—	—	2.9	2.9	2.4	2.4	1.9	1.9	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0
	arc sec	—	—	—	—	6	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2

刚性 (弹簧常数)

(用语说明请参照“技术资料”。)

表042-4

符号	型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
T ₁	Nm	0.29	0.80	2.0	3.9	7.0	14	29	54	76	108	168	235	430	618	843
	kgfm	0.03	0.082	0.20	0.40	0.70	1.4	3.0	5.5	7.8	11	17	24	44	63	86
T ₂	Nm	0.75	2.0	6.9	12	25	48	108	196	275	382	598	843	1570	2260	3040
	kgfm	0.077	0.20	0.7	1.2	2.5	4.9	11	20	28	39	61	86	160	230	310
减速比 30	K ₁	×10 ⁴ Nm/rad	0.034	0.084	0.19	0.34	0.57	1.0	2.4	—	—	—	—	—	—	—
		kgfm/arc min	0.010	0.025	0.056	0.10	0.17	0.30	0.70	—	—	—	—	—	—	—
	K ₂	×10 ⁴ Nm/rad	0.044	0.13	0.24	0.44	0.71	1.3	3.0	—	—	—	—	—	—	—
		kgfm/arc min	0.013	0.037	0.07	0.13	0.21	0.40	0.89	—	—	—	—	—	—	—
	K ₃	×10 ⁴ Nm/rad	0.054	0.16	0.34	0.67	1.1	2.1	4.9	—	—	—	—	—	—	—
		kgfm/arc min	0.016	0.047	0.10	0.20	0.32	0.62	1.5	—	—	—	—	—	—	—
	θ ₁	×10 ⁻² rad	8.5	9.5	10.5	11.5	12.3	14	12.1	—	—	—	—	—	—	—
		arc min	3.0	3.3	3.6	4.0	4.1	4.7	4.3	—	—	—	—	—	—	—
	θ ₂	×10 ⁻² rad	19	19	31	30	38	40	38	—	—	—	—	—	—	—
		arc min	6.6	6.5	10.7	10.2	12.7	13.4	13.3	—	—	—	—	—	—	—
减速比 50	K ₁	×10 ⁴ Nm/rad	0.44	0.22	0.34	0.81	1.3	2.5	5.4	10	15	20	31	44	81	118
		kgfm/arc min	0.013	0.066	0.1	0.24	0.38	0.74	1.6	3.0	4.3	5.9	9.3	13	24	35
	K ₂	×10 ⁴ Nm/rad	0.067	0.30	0.47	1.1	1.8	3.4	7.8	14	20	28	44	61	115	162
		kgfm/arc min	0.020	0.090	0.14	0.32	0.52	1.0	2.3	4.2	6.0	8.2	13	18	34	48
	K ₃	×10 ⁴ Nm/rad	0.084	0.32	0.57	1.3	2.3	4.4	9.8	18	26	34	54	78	145	206
		kgfm/arc min	0.025	0.096	0.17	0.4	0.67	1.3	2.9	5.3	7.6	10	16	23	43	61
	θ ₁	×10 ⁻² rad	6.6	3.6	5.8	4.9	5.2	5.5	5.2	5.2	5.5	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
		arc min	2.3	1.2	2.0	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8
	θ ₂	×10 ⁻² rad	13	8	16	12	15.4	15.7	15.7	15.4	15.1	15.4	15.1	15.1	15.4	15.1
		arc min	4.7	2.6	5.6	4.2	5.3	5.4	5.4	5.3	5.2	5.3	5.2	5.2	5.2	5.2

※本表的数值为平均值。

表043-1

符号		型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
	T ₁	Nm	0.29	0.80	2.0	3.9	7.0	14	29	54	76	108	168	235	430	618	843
		kgfm	0.03	0.082	0.2	0.4	0.7	1.4	3.0	5.5	7.8	11	17	24	44	63	86
	T ₂	Nm	0.75	2.0	6.9	12	25	48	108	196	275	382	598	843	1570	2260	3040
		kgfm	0.077	0.2	0.7	1.2	2.5	4.9	11	20	28	39	61	86	160	230	310
减速比 80以上	K ₁	×10 ⁴ Nm/rad	0.091	0.27	0.47	1	1.6	3.1	6.7	13	18	25	40	54	100	145	200
		kgfm/arc min	0.027	0.080	0.14	0.3	0.47	0.92	2.0	3.8	5.4	7.4	12	16	30	43	59
	K ₂	×10 ⁴ Nm/rad	0.10	0.34	0.61	1.4	2.5	5.0	11	20	29	40	61	88	162	230	310
		kgfm/arc min	0.031	0.10	0.18	0.4	0.75	1.5	3.2	6.0	8.5	12	18	26	48	68	93
	K ₃	×10 ⁴ Nm/rad	0.12	0.44	0.71	1.6	2.9	5.7	12	23	33	44	71	98	185	263	370
		kgfm/arc min	0.036	0.13	0.21	0.46	0.85	1.7	3.7	6.8	9.7	13	21	29	55	78	110
	θ ₁	×10 ⁻⁴ rad	3.2	3.0	4.1	3.9	4.4	4.4	4.1	4.1	4.4	4.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
		arc min	1.1	1.0	1.4	1.3	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	θ ₂	×10 ⁻⁴ rad	8	6	12	9.7	11.3	11.1	11.6	11.1	11.1	11.1	11.1	11.3	11.3	11.6	11.3
		arc min	2.6	2.2	4.2	3.3	3.9	3.8	4.0	3.8	3.8	3.8	3.8	3.9	3.9	4.0	3.9

※本表的数值为平均值。

起动转矩

(用语说明请参照“技术资料”。) 下表的数值会根据使用条件的不同而有所变化, 请作为参考值使用。

表043-2

CSG系列

单位: cNm

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	3.6	5.6	7.3	13	29	51	69	—	—	—	—
80	2.6	3.6	4.5	8.5	18	32	45	59	90	121	—
100	2.3	3.2	4.1	7.6	17	29	40	53	80	108	—
120	—	3.0	3.6	6.9	14	26	36	50	74	101	—
160	—	—	3.2	6.1	13	23	32	43	64	88	—

表043-3

CSF系列

单位: cNm

减速比	型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
30	1.3	2.7	4.3	6.5	11	19	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	0.8	1.6	3.3	5.1	6.6	12	26	46	63	86	130	180	320	450	590	—
80	—	—	2.4	3.3	4.1	7.7	16	29	41	54	82	110	200	280	380	—
100	0.59	1.1	2.1	2.9	3.7	6.9	15	26	36	48	73	98	180	250	340	—
120	—	—	—	2.7	3.3	6.3	13	24	33	45	67	92	170	230	310	—
160	—	—	—	—	2.9	5.5	12	21	29	39	58	80	140	200	270	—

增速起动转矩

(用语说明请参照“技术资料”。) 下表的数值会根据使用条件的不同而有所变化, 请作为参考值使用。

表043-4

CSG系列

单位: Nm

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	1.5	2.8	4.4	8.3	18	31	41	—	—	—	—
80	1.5	2.8	4.6	8.5	18	31	43	58	89	132	—
100	1.9	3.1	5.0	9.2	20	34	46	63	97	143	—
120	—	3.4	5.4	10	21	37	52	69	107	154	—
160	—	—	6.4	12	25	44	63	85	132	187	—

表043-5

CSF系列

单位: Nm

减速比	型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
30	0.65	1.3	2	3.2	5.5	10	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	0.5	1	1.4	2.5	4	7.5	16	28	37	52	80	110	200	270	360	—
80	—	—	1.4	2.5	4.2	7.7	16	28	39	53	81	120	200	270	370	—
100	0.7	1.4	1.7	2.8	4.5	8.4	18	31	42	57	88	130	220	300	400	—
120	—	—	—	3.1	4.9	9.2	19	34	47	63	97	140	240	330	440	—
160	—	—	—	—	5.8	11	23	40	57	77	120	170	290	390	540	—

棘爪扭矩

(用语说明请参照“技术资料”。)

■CSG系列

表044-1
单位: Nm

型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
减速比										
50	110	190	280	580	1200	2300	3500	—	—	—
80	140	260	450	880	1800	3600	5000	7000	10000	14000
100	100	200	330	650	1300	2700	4000	5300	8300	12000
120	—	150	310	610	1200	2400	3600	4900	7500	10000
160	—	—	280	580	1200	2300	3300	4600	7200	10000

■CSF系列

表044-2
单位: Nm

型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
减速比															
30	11	29	59	100	170	340	720	—	—	—	—	—	—	—	—
50	12	34	88	150	220	450	980	1800	2700	3700	5800	7800	14000	20000	29000
80	—	—	110	200	350	680	1400	2800	3900	5400	8200	11000	22000	30000	44000
100	14	43	84	160	260	500	1000	2100	3100	4100	6400	9400	16000	23000	33000
120	—	—	—	120	240	470	980	1900	2800	3800	5800	8300	15000	21000	30000
160	—	—	—	—	220	450	980	1800	2600	3600	5600	8000	14000	20000	28000

屈曲转矩

(用语说明请参照“技术资料”。)

■CSG系列

表044-3
单位: Nm

型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
全减速比	260	500	800	1700	3500	6700	8900	12200	19000	26600

■CSF系列

表044-4
单位: Nm

型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
全减速比	35	90	190	330	560	1000	2200	4300	5800	8000	12000	17000	31000	45000	58000

无负载运行转矩

无负载运行转矩是指在不负载状态下, 使Harmonic Drive转动的必要的输入侧(高速轴侧)转矩。

※详细数值请咨询本公司授权代理商。

测定条件

表044-5

减速比100			
润滑条件	润滑脂润滑	名称	Harmonic润滑脂 SK-1A
			Harmonic润滑脂 SK-2
		涂油量	正确涂油量（第047页）
转矩值是指在输入为2000r/min的情况下磨合运转2小时以上的数值			

※使用油润滑时请咨询授权代理商。

■不同速比修正量

Harmonic Drive的无负载运行转矩会根据减速比而发生改变。
表045-1~045-4为减速比100的数值。其他减速比, 请加上右表(表044-6)所示的修正量进行计算。

组件型无负载运行转矩修正量

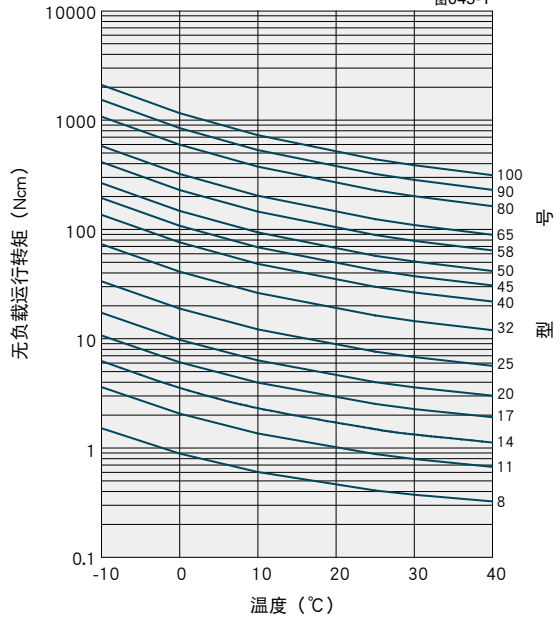
表044-6
单位: Ncm

型号	30	50	80	120	160
8	0.4	0.2	—	—	—
11	0.7	0.3	—	—	—
14	1.1	0.5	0.1	—	—
17	1.8	0.8	0.1	-0.1	—
20	2.7	1.2	0.2	-0.1	-0.3
25	5.0	2.2	0.3	-0.2	-0.6
32	10	4.5	0.7	-0.5	-1.2
40	—	8.0	1.2	-0.9	-2.2
45	—	11	1.7	-1.3	-3.0
50	—	15	2.3	-1.7	-4.0
58	—	22	3.4	-2.5	-6.1
65	—	31	4.7	-3.5	-8.4
80	—	55	8.5	-6.2	-15
90	—	77	12	-8.7	-21
100	—	100	16	-12	-28

■ 减速比100的无负载运行转矩

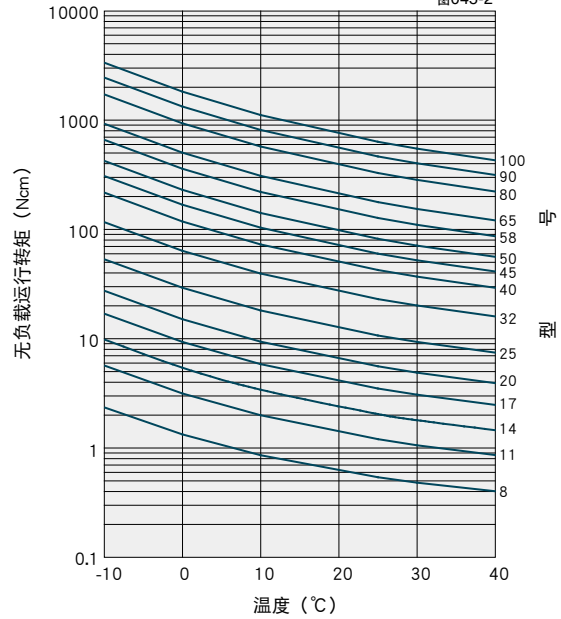
输入转速500r/min

图045-1



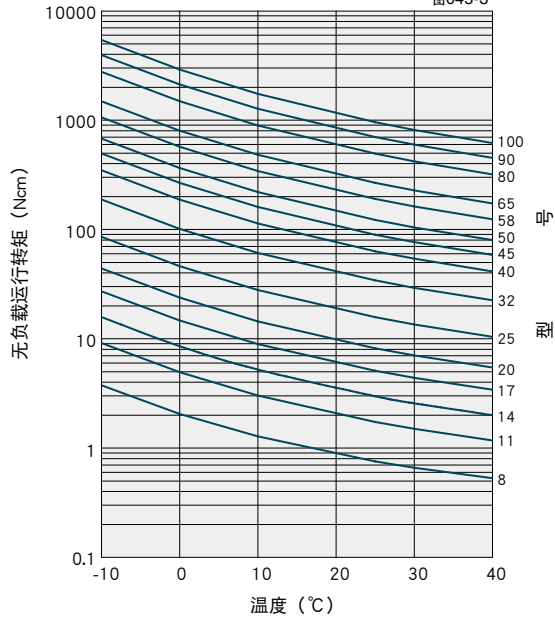
输入转速1000r/min

图045-2



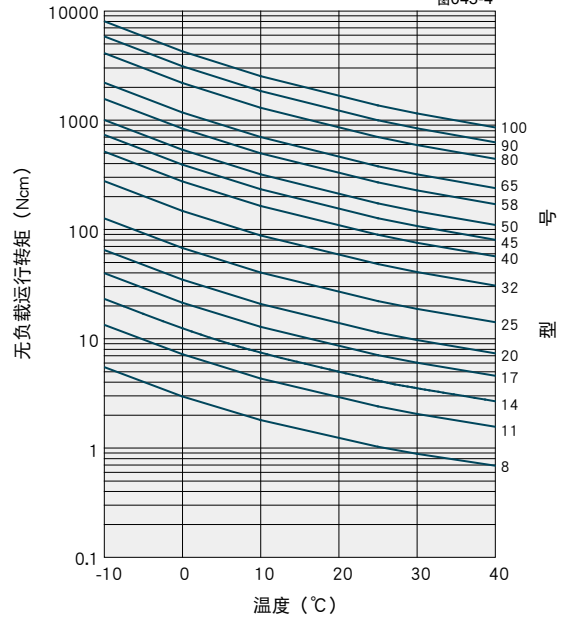
输入转速2000r/min

图045-3



输入转速3500r/min

图045-4



※本表的数值为平均值 $\bar{X}$ 。 $\sigma \approx \bar{X} \times 0.2$

效率特性

效率会因以下条件而有所差异。

- 减速比
- 输入转速
- 负载转矩
- 温度
- 润滑条件（润滑的种类及其使用量）

效率修正系数

负载转矩小于额定转矩时，效率值降低。

请图046-1计算修正系数，并参考以下计算示例计算出效率。

计算示例

以CSF-20-80-2A-GR为例，计算出以下条件下的效率 η (%)。

输入转速：1000r/min

负载转矩19.6Nm

润滑方法：润滑脂润滑（Harmonic润滑脂 SK-1A）

润滑剂温度：20℃

型号20・减速比80的额定转矩为34Nm（额定表：第037页），因此转矩比 α 为0.58。（ $\alpha = 19.6/34 = 0.58$ ）

■ 根据图046-1，计算出效率修正系数 $K_e = 0.93$

■ 负载转矩为19.6Nm时的效率 $\eta = K_e \cdot \eta_R = 0.93 \times 78\% = 73\%$ 。

测定条件

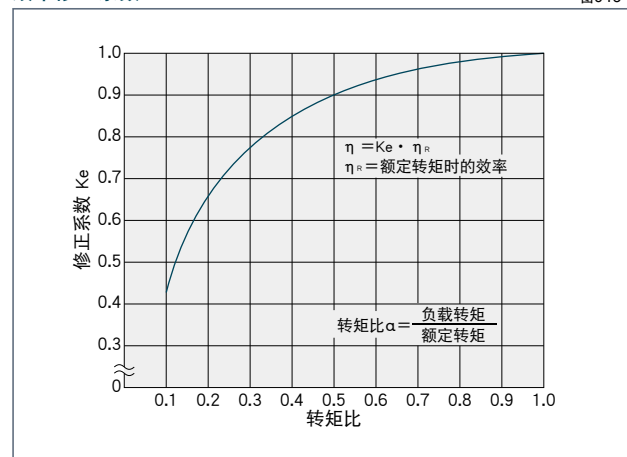
表046-1

组装	推荐组装精度下的组装测定		
负载转矩	额定表所示的额定转矩（第036、037页）		
润滑条件	润滑脂润滑	名称	Harmonic润滑脂 SK-1A
		涂抹量	Harmonic润滑脂 SK-2 正确涂抹量（第047页）

※使用油润滑时请咨询授权代理商。

效率修正系数

图046-1

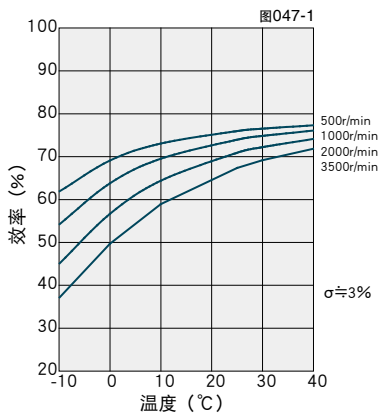


※负载转矩大于额定转矩时的效率修正系数 $K_e=1$ 。

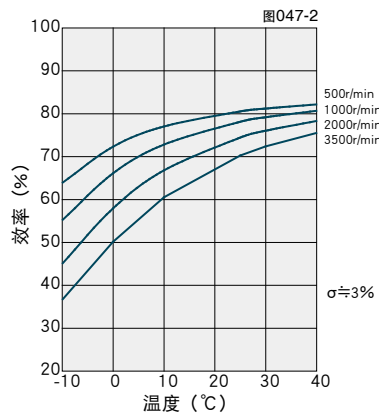
■ 额定转矩时的效率

型号 8, 11, 14

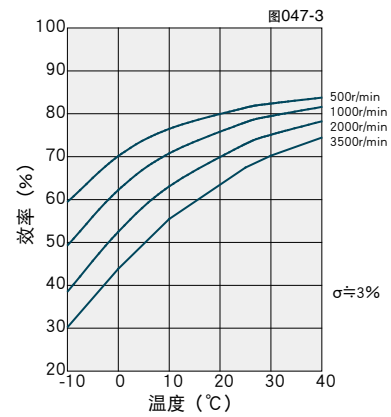
减速比 30



减速比 50, 80

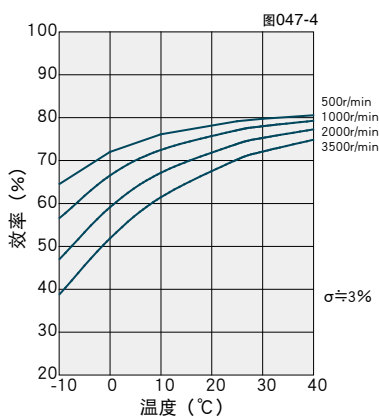


减速比 100

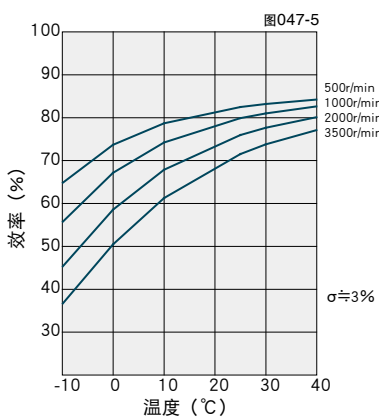


型号 17~100

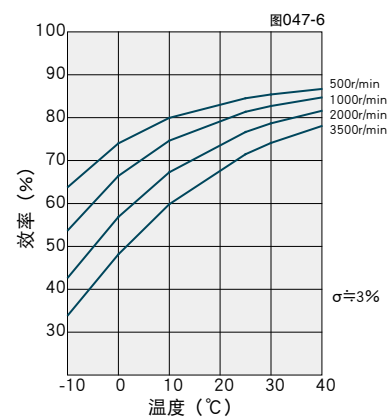
减速比 30



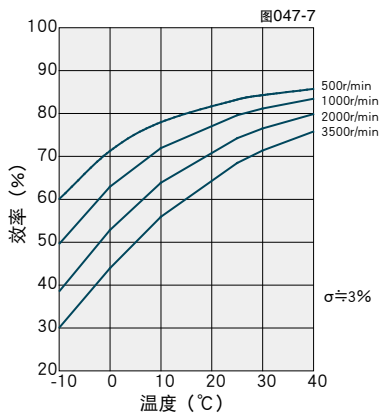
减速比 50



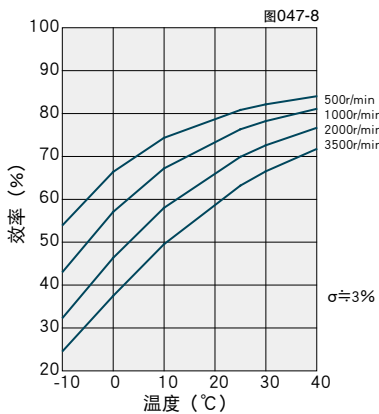
减速比 80, 100



减速比 120



减速比 160



润滑

■ 润滑脂润滑

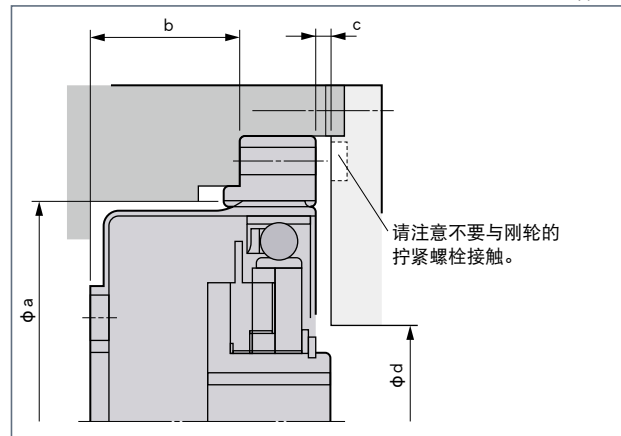
润滑剂的详情请参照第014页“技术资料”。

壳体内壁推荐尺寸

使用润滑脂润滑时，为避免在运转中润滑脂发生飞散，尽量留存在Harmonic Drive的内部，请尽可能采用Harmonic Drive和壳体内壁之间的推荐尺寸进行设计。无法确保使用推荐尺寸时请咨询授权代理商。

壳体内壁推荐尺寸

图048-1



壳体内壁推荐尺寸

表048-1
单位: mm

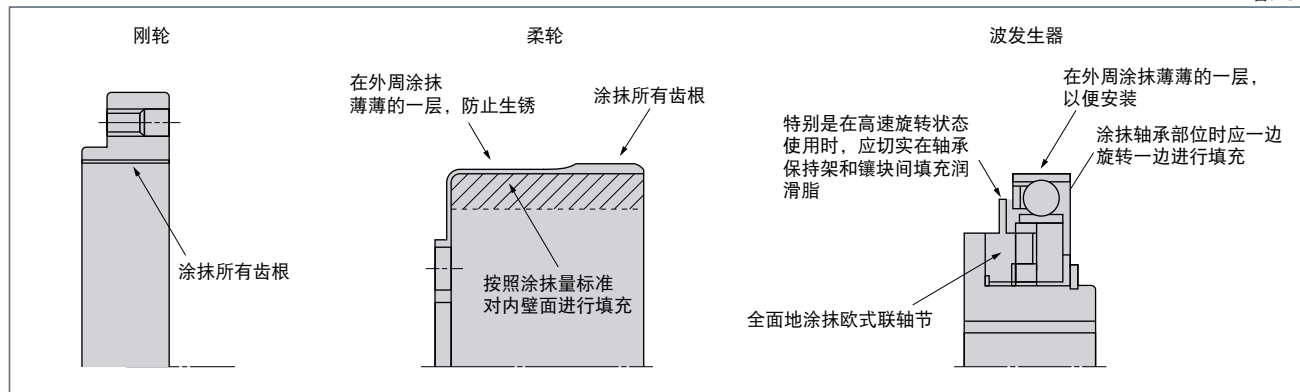
符号 \ 型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
ϕa	21.5	30	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172	212	239	265
b	11.34	14	17.1	19	20.5	23	26.8	33	36.5	39	46.2	50	61	68.5	76
c	0.5	0.5	1	1	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3	3	3
ϕd	13	16	16	26	30	37	37	45	45	45	56	62	67	73	79

(注) 波发生器朝上状态下使用时，C尺寸请放大2倍。

涂抹要领

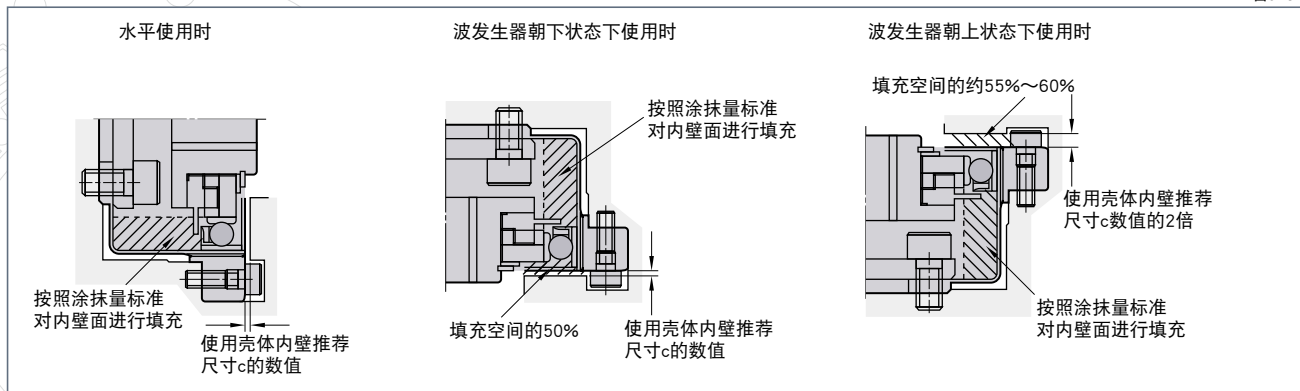
涂抹要领

图048-2



根据使用方法涂抹的要领

图048-3



涂抹量

表049-1
单位: g

使用方法		型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
水平使用			1.2	2.9	5.5	10	16	30	60	110	170	220	360	460	850	1150	1500
垂直使用	输出轴朝上		1.4	3.5	7	12	18	35	70	125	190	240	380	500	900	1300	1700
	输出轴朝下		1.8	4.4	8.5	14	21	40	80	145	220	275	460	600	1000	1500	1900

更换时间

HarmonicDrive的各运动部的磨耗很大程度上会受到润滑脂性能的影响。

润滑脂的性能会根据温度变化，温度越高劣化越快，因此需要尽早进行润滑脂更换。如右表所示，当平均负载转矩低于额定转矩时，根据润滑脂温度与波发生器总计转数间的关系可确定润滑脂的更换时间基准。

平均负载转矩超出额定转矩时，则通过以下计算公式计算出润滑脂的更换时间大致标准。

平均负载转矩超出额定转矩时的计算公式

公式049-1

$$L_{GT} = L_{GTn} \times \left(\frac{T_r}{T_{av}} \right)^3$$

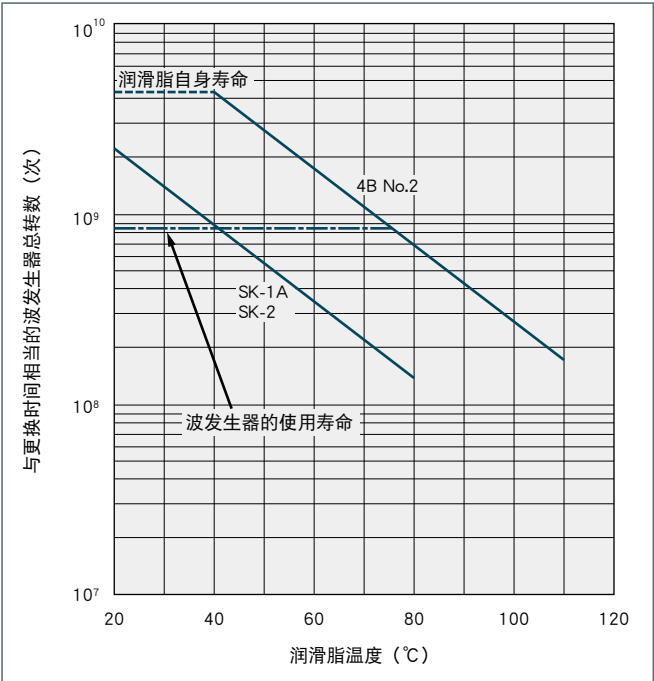
公式049-1的符号

表049-2

L_{GT}	超出额定转矩时的更换时间	转数	——
L_{GTn}	低于额定转矩时的更换时间	转数	参照右图
T_r	额定转矩	Nm,kgfm	参照第036, 037页的额定表
T_{av}	输出侧的平均负载转矩		计算公式: 参照第012页

润滑脂更换时间: L_{GTn} (平均负载转矩低于额定转矩时)

图049-1



※波发生器的使用寿命表示破损率为10%。

■其他注意事项

1. 请避免与其他润滑脂混用。此外，组装到装置上时请将Harmonic Drive置于单独的壳体内。
2. 在波发生器处于朝上（参照第048页 图050-2）的状态，且朝单方向以固定负载低速旋转（输入转速：低于1000r/min）时使用Harmonic Drive，可能引起润滑不良，此时使用请咨询本公司授权代理商。
3. 组件型型号50以上、减速比50的机型以油润滑为标准。采用润滑脂润滑时，请在额定转矩 $\frac{1}{2}$ 以内使用。

■油润滑

润滑剂的详情请参照第016页“技术资料”。

使用方向和油面位置

1.水平方向时

油面位置请依照图050-1的A尺寸。

水平使用的油面位置

表050-1
单位: mm

型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
A	6	8	10	12	14	17	24	31	35	38	44	50	59	66	74

2.垂直方向时

波发生器朝上、朝下时，向波发生器注入油液要达到滚珠的中心（图050-2的B尺寸）。

此外，需要对柔轮进行油槽追加加工。订货时请指示。

※型号显示会在规格1的位置表示为“IV”。

垂直使用的油面位置

表050-2
单位: mm

型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
B	2	2.3	2.5	3	3	5	7	9	10	12	13	15	19	22	25

柔轮的油槽加工尺寸

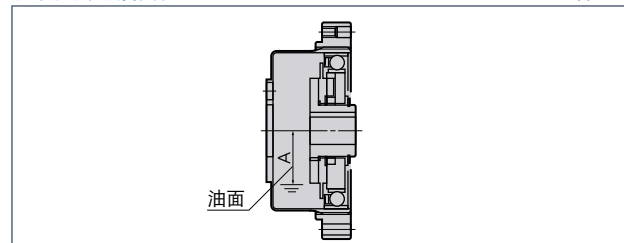
表050-3
单位: mm

型号 符号	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
T ₂	27	34	45	56	61	68	79	90	114	120	142
B	2.5	2.5	3.5	3.5	3.5	5.5	5.5	5.5	6.5	6.5	6.5
W	2.8	3.5	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0
t	1.2	1.2	1.4	1.4	1.4	2	2	2	3	3	3

※型号8、11、14、17上没有油槽。

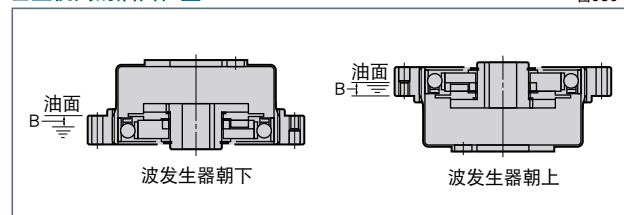
水平使用的油面位置

图050-1



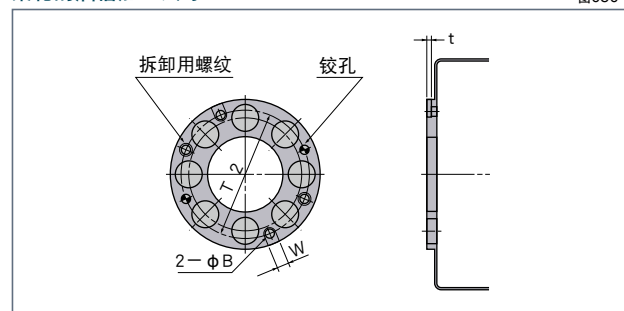
垂直使用的油面位置

图050-2



柔轮的油槽加工尺寸

图050-3



油量

表050-4
单位: ℓ

型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
油量	0.004	0.006	0.01	0.02	0.03	0.07	0.13	0.25	0.32	0.4	0.7	1.0	2.0	2.8	3.8

更换时间

第一次..... 开始运转后100小时

第二次以后..... 每运转1000小时或每6个月

但是，使用条件恶劣时请提前更换。

其他注意事项

1.请避免与其他润滑油混用。此外，组装到装置上时，请将Harmonic Drive置于单独的壳体内。

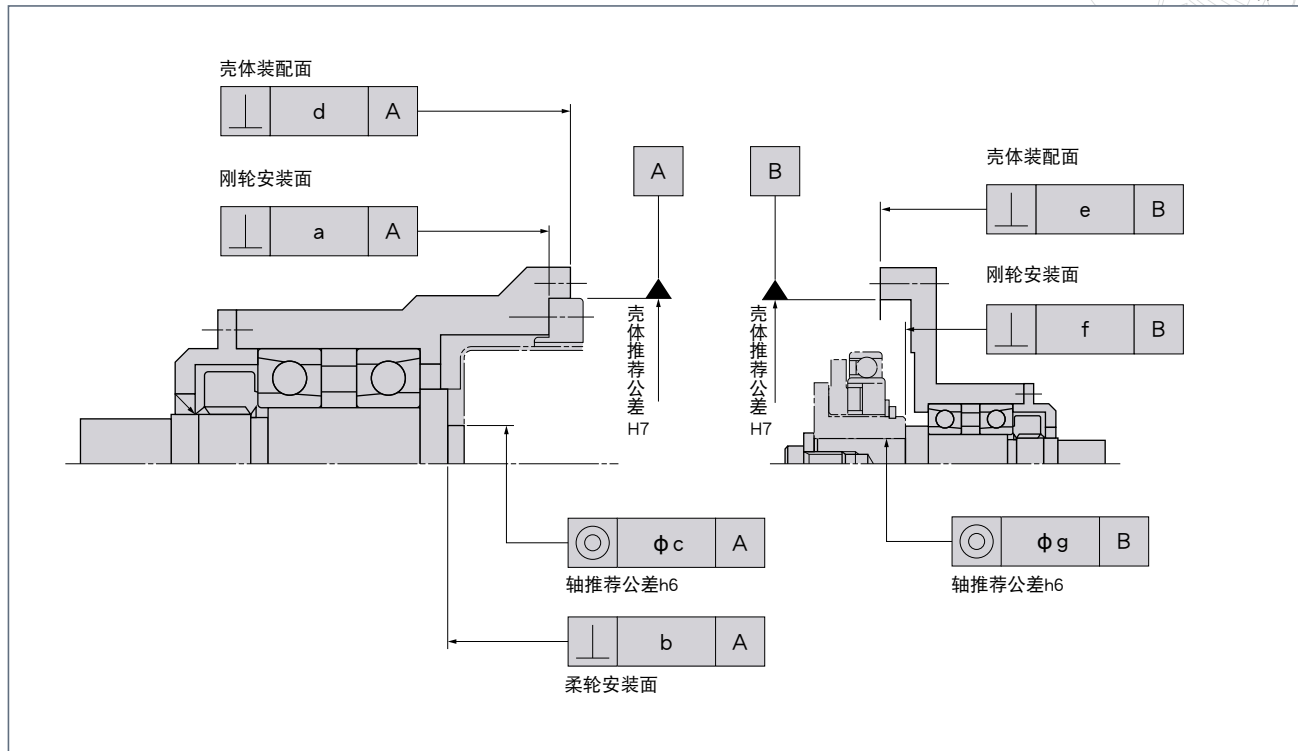
2.型号50以上、在额定表容许输入转速附近使用时，根据使用条件的不同可能会发生润滑不良的情况，此时请咨询授权代理商。

组装精度

在组装设计时，为充分发挥Harmonic Drive所具备的优良性能，请确保使用图051-1、表051-1所示的壳体推荐精度。

组装壳体的推荐精度

图051-1



组装壳体的推荐精度

表051-1
单位: mm

符号	型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
a		0.008	0.011	0.011	0.012	0.013	0.014	0.016	0.016	0.017	0.018	0.020	0.023	0.027	0.029	0.031
b		0.006	0.006	0.008	0.011	0.014	0.018	0.022	0.025	0.028	0.030	0.032	0.035	0.040	0.043	0.045
φc		0.005	0.008	0.015	0.018	0.019	0.022	0.022	0.024	0.027	0.030	0.032	0.035	0.043	0.046	0.049
d		0.010	0.010	0.011	0.015	0.017	0.024	0.026	0.026	0.027	0.028	0.031	0.034	0.043	0.050	0.057
e		0.010	0.010	0.011	0.015	0.017	0.024	0.026	0.026	0.027	0.028	0.031	0.034	0.043	0.050	0.057
f		0.012	0.012	0.017	0.020	0.020	0.024	0.024	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.036	0.036	0.036
				(0.008)	(0.010)	(0.010)	(0.012)	(0.012)	(0.012)	(0.013)	(0.015)	(0.015)	(0.015)	(0.015)	(0.015)	(0.015)
φg		0.015	0.015	0.030	0.034	0.044	0.047	0.050	0.063	0.065	0.066	0.068	0.070	0.090	0.091	0.092
				(0.016)	(0.018)	(0.019)	(0.022)	(0.022)	(0.024)	(0.027)	(0.030)	(0.033)	(0.035)	(0.043)	(0.046)	(0.049)

※ () 内的数值是波发生器为一体型时的数值 (未采用欧式联轴节结构时。)

密封机构

为防止润滑脂泄漏，以及维持Harmonic Drive的高耐久性，必须使用以下密封机构。

- 旋转运动部……………油封（弹簧压入式）。此时，请注意轴侧是否存在划伤等。
- 法兰转配面，嵌合部……………O型环、密封剂。此时请注意平面是否歪斜以及O型环的啮合情况。
- 螺孔部……………使用有密封效果的螺钉锁固剂（推荐使用Loctite 242）或密封剂。

（注）特别是使用Harmonic润滑脂4B No.2时请严格执行上述事项。

基本要素三部件的安装

■波发生器的安装

最大孔径尺寸

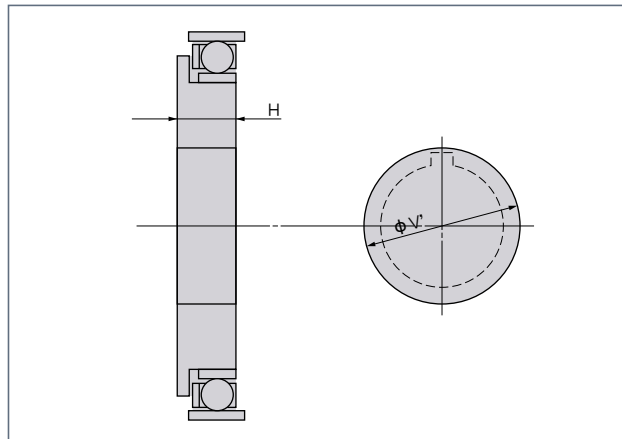
波发生器的标准孔径如各外形尺寸图所示，但可以在表上所示的最大尺寸范围内进行变更。此时的键槽尺寸推荐使用JIS规格。键的有效长度尺寸，请设计成可以完全承受传达转矩的值。

※形状可更改为锥形孔等特殊形状。

希望孔径大于最大尺寸时，可采用拆除欧氏联轴节机构的方法。考虑由于负载转矩作用波发生器凸轮发生变形等情况，此时最大孔径的值如下表所示。（这个数值是包含键槽深度等尺寸的数值。）

波发生器的孔径

图052-1



波发生器轮毂的孔径

表052-1
单位: mm

尺寸 \ 型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
标准尺寸 (H7)	3	5	6	8	9	11	14	14	19	19	22	24	28	28	28
底孔尺寸	—	—	3	4	5	6	6	10	10	10	13	16	16	19	22
最大尺寸	—	—	8	10	13	15	15	20	20	20	25	30	35	37	40

将波发生器凸轮直接安装至输入轴时凸轮的最大孔径和最小厚度

表052-2
单位: mm

尺寸 \ 型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
最大孔径 ΦV'	10	14	17	20	23	28	36	42	47	52	60	67	72	84	95
最小凸轮厚度 H _{0.1}	5.7	6.7	7.2	7.6	11.3	11.3	13.7	15.9	17.8	19	21.4	23.5	28.5	31.3	34.9

波发生器的轴向力与轴的固定

由于柔轮的弹性形变，运转中Harmonic Drive的波发生器上轴向力发生作动。

作为减速机（第008页的①、②、③）使用时的轴向力向柔轮膜片方向作动。（图052-2）

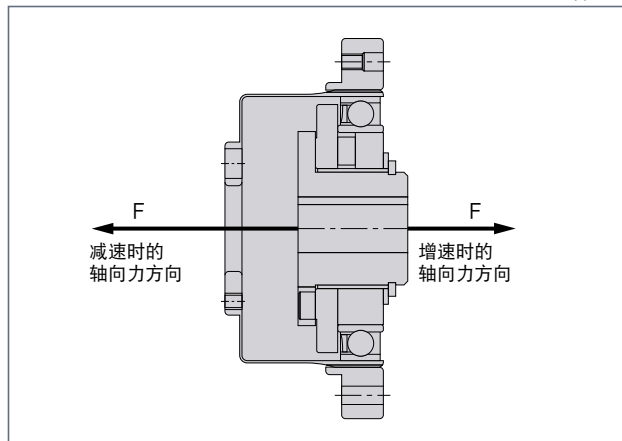
此外，作为增速机（第008页的④、⑤、⑥）使用的轴向力向与减速机相反的方向作动。（图052-2）

波发生器轴向力（最大值）可通过下述计算公式计算得出。此外，轴向力会根据运转条件的不同而发生变化。高转矩时、极低速时以及固定连续旋转时显示轴向力有变大的倾向，基本为计算公式计算出的数值。无论在何种使用条件下，都请采用阻止波发生器轴向力的设计。

（注）在波发生器轮毂设置止动螺钉并与输入轴固定时，请务必咨询授权代理商。

波发生器的轴向力方向

图052-2



轴向力的计算公式

表052-3

减速比	计算公式
30	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 32^\circ$
50	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 30^\circ$
80以上	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 20^\circ$

计算公式的符号

表052-4

F	轴向力	N	参照图052-2
D	(型号) × 0.00254	m	
T	输出转矩	Nm	

计算示例

公式052-1

机 型 名 称：CSF系列

型 号：32

减 速 比：i=50

输 出 转 矩：382Nm（瞬间容许最大转矩）

$$F = 2 \times \frac{382}{(32 \times 0.00254)} \times 0.07 \times \tan 30^\circ$$

$$F = 380N$$

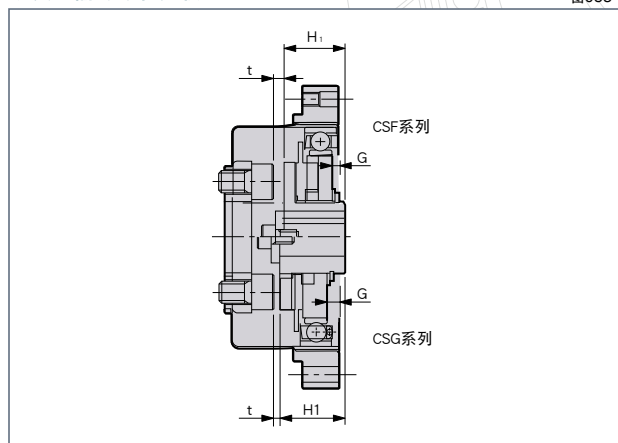
波发生器的形状和尺寸

在CSF系列和CSG系列中，由于波发生器的形状及尺寸有所差异，因此在设计及安装时请特别注意。此外，请注意不要使波发生器和柔轮安装螺栓发生接触。

表053-1和图053-1所示的是波发生器的形状以及尺寸的比较。

波发生器的形状比较

图053-1



波发生器轮毂的尺寸

表053-1
单位: mm

符号	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
G	CSG系列	1.4	1.6	1.5	3.5	4.2	5.6	6.3	7	8.2	9.5
	CSF系列	0.4	0.3	0.1	2.1	2.5	3.3	3.7	4.2	4.8	5.8
H1 _{±0.1}	CSG系列	18.5	20.7	21.5	21.6	23.6	29.7	30.5	34.8	38.3	44.6
	CSF系列	17.6	19.5	20.1	20.2	22	27.5	27.9	32	34.9	40.9
t	CSG系列	1.6	1.3	1.5	1.4	2.2	2.3	3.5	2.2	5.4	3.9
	CSF系列	2.5	2.5	2.9	2.8	3.8	4.5	6.1	5.0	8.8	7.6

(注) 当柔轮安装用法兰为表054-1中的尺寸时，t的尺寸如上表所示。

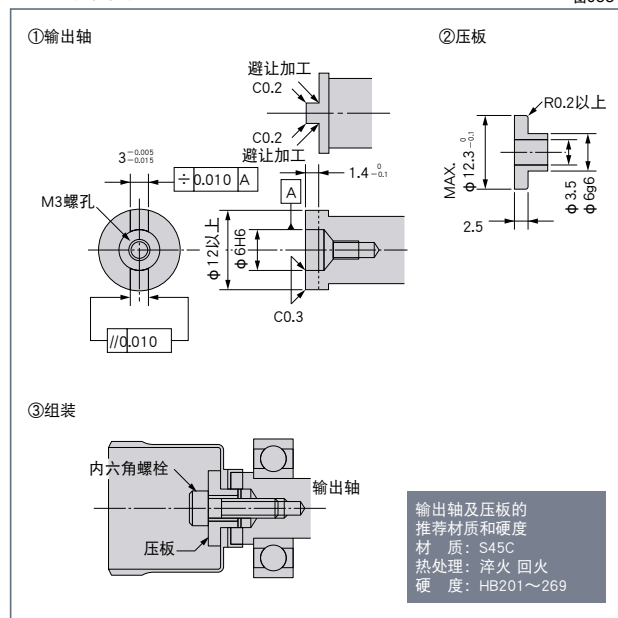
■ 柔轮的安装

型号8

- 由于从柔轮至输出轴的传递是通过齿轮凹凸部的啮合实现的，因此请对输出轴的柔轮安装部实施如图053-2-①所示的凸部加工。
- 确定柔轮输出轴的位置时，请使用图053-2-②所示的压板如图053-2-③所示进行组装调整到规定精度。
- 柔轮的拆装推荐使用M3内六角螺栓。拧紧螺栓时请使用Loctite #242。

型号8的柔轮安装

图053-2



型号11以上安装法兰的推荐尺寸

请确保图054-1所示的安装法兰直径不会超出柔轮的轮毂孔，并在与膜片连接的法兰部做圆角加工。直径过大或没有圆角，可能会发生膜片破损，请严格遵守。

安装法兰尺寸

表054-1
单位: mm

符号	型号	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
$\phi D_{-0.1}^{+0.1}$		17.8	24.5	29	34	42	55	68	74	83	95.8	106	130	145	162
$R_{+0.1}^{+0.1}$		0.5	1.2	1.2	1.4	1.5	2	2.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
t		2	2	2.5	2.5	5	7	7	8	8	12	12	15	20	25

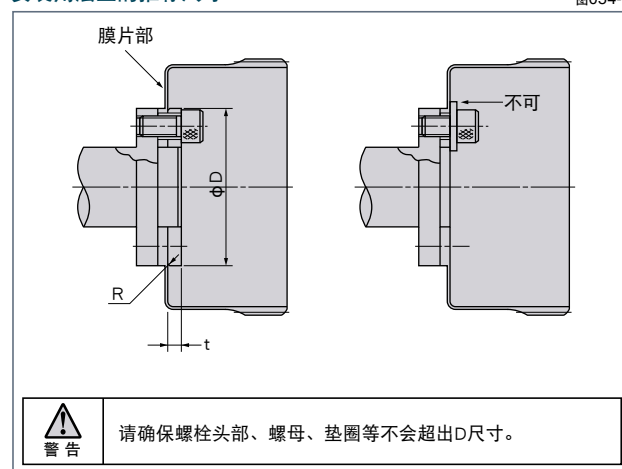
安装法兰的材质和硬度

为防止在螺栓座面和法兰间面压的作用下发生螺栓凹陷或松弛，请使用以下材质和硬度。

材 质: S45C (DINC45)
热处理: 淬火回火
硬 度: HB200~270

安装法兰的推荐尺寸

图054-1



柔轮螺栓的拧紧

柔轮的安装包括螺栓拧紧以及螺栓拧紧和销子并用（销子：选配）两种方式。

- 选定螺栓的强度
- 螺栓的拧紧以及拧紧转矩
- 螺栓以及内螺纹的表面状态
- 接触面的摩擦系数

在以上条件的作用下拧紧部的传递转矩会变大，请实施符合负载条件的设计和部件管理。此外，请实施符合各系列的拧紧操作。对于是仅使用螺栓安装，还是与销子并用进行安装，请参考以下标准。

- ① 负载转矩低于额定表的“起动停止时的峰值转矩”时，仅使用螺栓进行安装（表055-1，表056-1）
- ② 负载转矩达到额定表的“瞬间最大转矩”数值时，采用螺栓和销子并用的方式进行安装（销子：表055-2·图055-1、054页 表056-2·图056-1）

※表上的数值请作为参考值使用。

CSF系列 仅使用螺栓安装

表055-1

项目	型号	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
螺栓数量		6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	12
螺栓规格		M3	M4	M5	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M14	M16	M16	M20	M20
螺栓安装 P.C.D.	mm	12	17	19	24	30	40	50	54	60	70	80	100	110	130
螺栓拧紧 转矩	Nm	2.0	4.5	9.0	9.0	15.3	37	74	128	205	205	319	319	622	622
	kgfm	0.20	0.46	0.92	0.92	1.56	3.8	7.5	13.1	20.9	20.9	32.5	32.5	63.5	63.5
螺栓传递 转矩	Nm	15	35	64	108	186	460	910	1440	2160	2550	3980	6220	8560	15170
	kgfm	1.5	3.6	6.5	11	19	47	93	147	220	260	406	635	873	1548

CSF系列 螺栓和销子并用安装

表055-2

项目	型号	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
销子数量		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
销子直径	mm	2	3	3	3	4	5	6	6	8	8	8	8	12	10
销孔P.C.D.	mm	15.2	18.5	21.5	27	34	45	56	61	68	79	90	114	120	142
螺栓+销子 传递转矩	Nm	29	74	108	167	314	725	1370	1950	3160	3710	5310	7910	12540	18450
	kgfm	3.0	7.5	11	17	32	74	140	199	323	379	542	807	1280	1883

(表055-1・055-2/注)

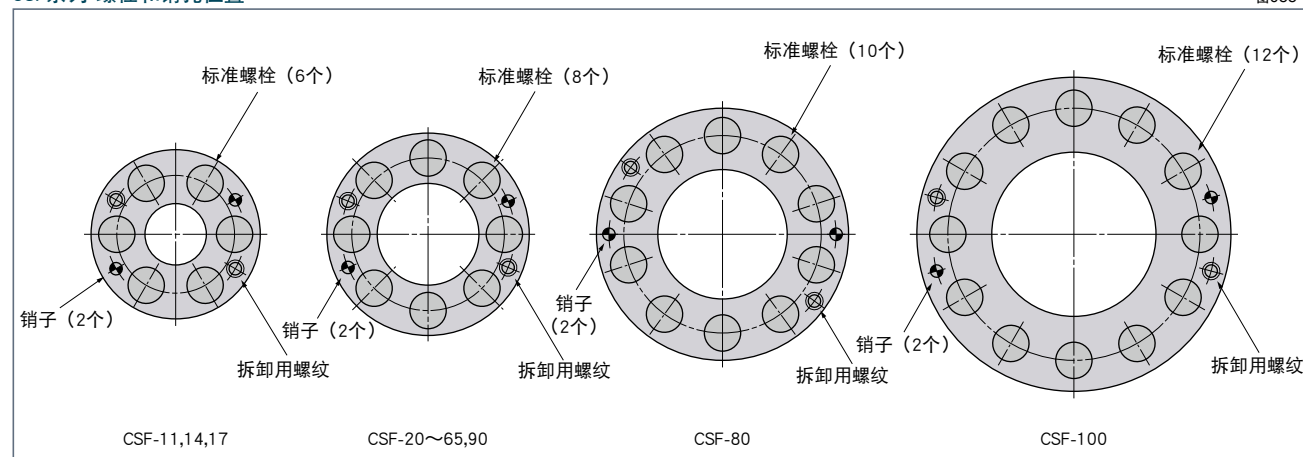
1.前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧转矩。

2.推荐螺栓 螺栓名称: JIS B 1176内六角螺栓 强度分类: JIS B 1051 12.9以上

3.转矩系数: $K=0.2$ 4.拧紧系数: $A=1.4$ 5.接合面的摩擦系数 $\mu=0.15$ 6.销子 种类: 平行销, 材质: S45C-Q, 剪应力: $\tau=30\text{kgf/mm}^2$

CSF系列 螺栓和销孔位置

图055-1



CSG系列 仅使用螺栓安装

表056-1

项目	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
螺栓数量		6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
螺栓规格		M4	M5	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M14	M16
螺栓安装 P.C.D	mm	17	19	24	30	40	50	54	60	70	80
螺栓拧紧 转矩	Nm	5.4	10.8	10.8	18.4	44.4	88.8	154	246	246	383
	kgfm	0.55	1.10	1.10	1.87	4.53	9.06	15.7	25.1	25.1	39.1
螺栓传递 转矩	Nm	43	77	130	230	555	1110	1728	2636	3075	4785
	kgfm	4.4	8	13	23	57	113	176	269	314	488

CSG系列 螺栓和销子并用安装

表056-2

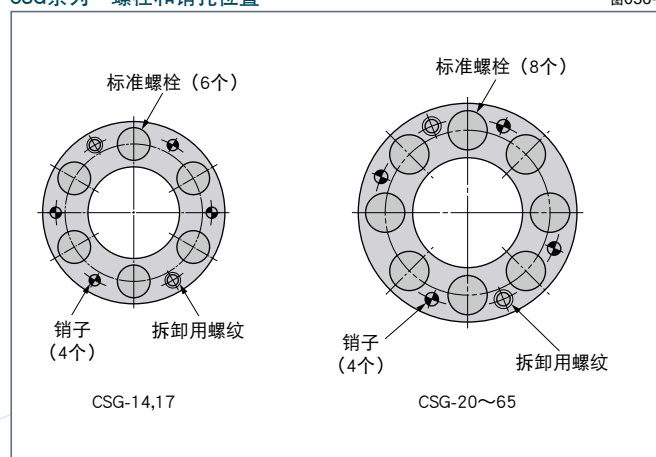
项目	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
销子数量		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
销子直径	mm	3	3	3	4	5	6	6	8	8	8
销孔P.C.D	mm	18.5	21.5	27	34	45	56	61	68	79	90
螺栓+销子 传递转矩	Nm	120	166	242	481	1070	2040	2742	4646	5410	7445
	kgfm	12	17	25	49	110	208	280	474	552	760

(表056-1・056-2/注)

- 1.前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧转矩。
- 2.推荐螺栓 螺栓名称: JIS B 1176内六角螺栓 强度分类: JIS B 1051 12.9以上
- 3.转矩系数: $K=0.2$
- 4.拧紧系数: $A=1.4$
- 5.接合面的摩擦系数 $\mu=0.15$
- 6.销子 种类: 平行销, 材质: S45C-Q, 剪应力: $\tau=30\text{kgf/mm}^2$

CSG系列 螺栓和销孔位置

图056-1



■刚轮的安裝

刚轮的安裝与柔轮一样，请实施符合负载条件的设计和部件管理。推荐螺栓和拧紧转矩产生的传递转矩如表058-2所示，但在负载转矩小于传递转矩时，请重新研究考虑使用销子并用或追加螺栓。此外，请实施符合各系列的安裝操作。

CSG系列 螺栓安裝

表058-2

项目		型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
螺栓数量			8	16	16	16	16	16	16	16	16	16
螺栓规格			M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10
螺栓安裝 P.C.D	mm		44	54	62	75	100	120	140	150	175	195
螺栓拧紧 转矩	Nm		2.0	2.0	2.0	4.5	9.0	15.3	37	37	74	74
	kgfm		0.20	0.20	0.20	0.46	0.92	1.56	3.8	3.8	7.5	7.5
螺栓传递 转矩	Nm		72	175	196	419	901	1530	3238	3469	6475	7215
	kgfm		7.3	18	20	43	92	156	330	354	661	736

CSF系列 螺栓安裝

表058-3

项目		型号	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100
螺栓数量			8	8	6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	16	16	16
螺栓规格			M2	M2.5	M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10	M10	M12	M12
螺栓安裝 P.C.D	mm		25.5	35	44	54	62	75	100	120	140	150	175	195	240	270	300
螺栓拧紧 转矩	Nm		0.54	1.1	2.0	2.0	2.0	4.5	9.0	15.3	37	37	74	74	74	128	128
	kgfm		0.055	0.11	0.20	0.20	0.20	0.46	0.92	1.56	3.8	3.8	7.5	7.5	7.5	13.1	13.1
螺栓传递 转矩	Nm		17	39	54	131	147	314	676	1150	2440	2620	4820	5370	8820	14450	16050
	kgfm		1.7	4.0	5.5	13	15	32	69	117	249	267	492	548	900	1474	1638

(表055-2・055-3/注)

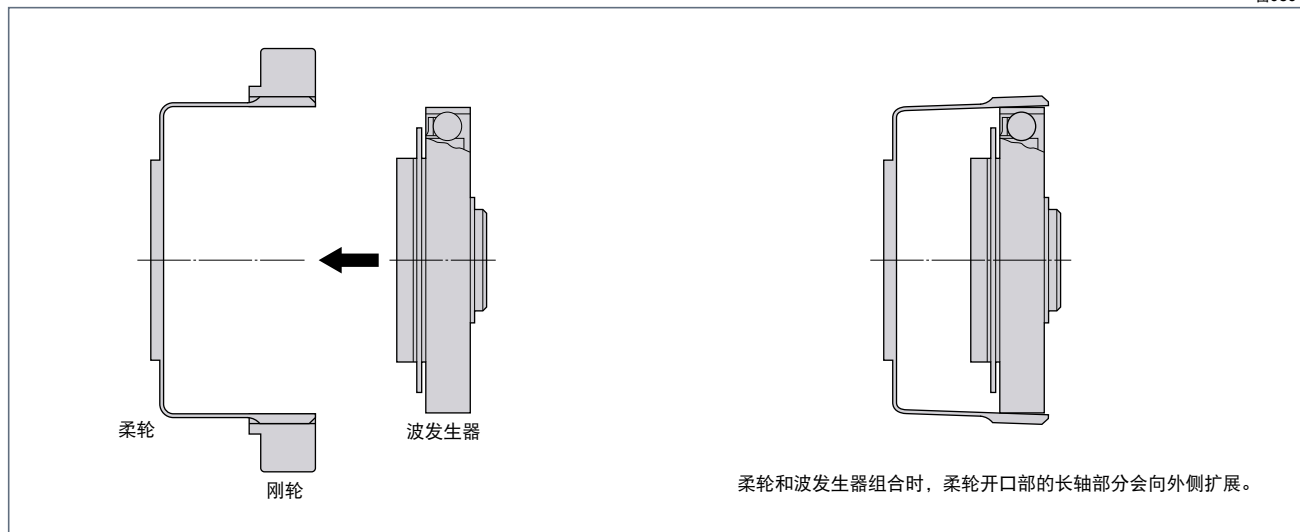
- 1.前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧转矩。
- 2.推荐螺栓 螺栓名称: JIS B 1176内六角螺栓 强度分类: JIS B 1051 12.9以上
- 3.转矩系数: $K=0.2$
- 4.拧紧系数: $A=1.4$
- 5.接合面的摩擦系数 $\mu=0.15$

■基本要素三部件的组装步骤

将刚轮和柔轮组合安装到装置上后，再组装上波发生器。
若使用其他方法进行组装，可能出现齿轮偏移状态（参照第027页）
下实施组装或损伤齿面等情况。请充分注意。

三部件的正确组装步骤

图059-1



■组装注意事项

由于组装时的错误，Harmonic Drive在运转时可能发生振动、异响等。请遵守下述注意事项实施组装。

波发生器的注意事项

- 1.请在组装时避免向波发生器轴承部位施加过度的力。可通过使波发生器旋转顺畅地实施插入。
- 2.使用无欧氏联轴节结构的波发生器时，请特别注意把中心偏移、歪斜的影响控制在推荐值内（参考第049页的“组装精度”）。

刚轮的注意事项

- 1.确认安装面的平坦度是否良好，是否有歪斜。
- 2.确认螺钉孔部是否隆起、有残余毛边或有异物啮入。
- 3.确认是否对刚轮实施了倒角加工以及避让加工，以避免与壳体组装部干涉。
- 4.当刚轮组装至壳体后，确认其是否能够旋转，是否有些部位存在干涉，卡紧。
- 5.朝安装用螺栓孔插入螺栓时，确认螺栓孔的位置是否正确、是否由于螺栓孔歪斜加工等原因致使螺栓与刚轮发生接触，使螺栓旋转变沉重。
- 6.请不要一次性按照规定转矩拧紧螺栓。请先使用约为规定转矩1/2的力实施暂时拧紧，然后再按照规定转矩拧紧。此外，通常请按照对角线顺序依次拧紧螺栓。
- 7.向刚轮打销子可能造成旋转精度低下，因此请尽可能避免。

柔轮的注意事项

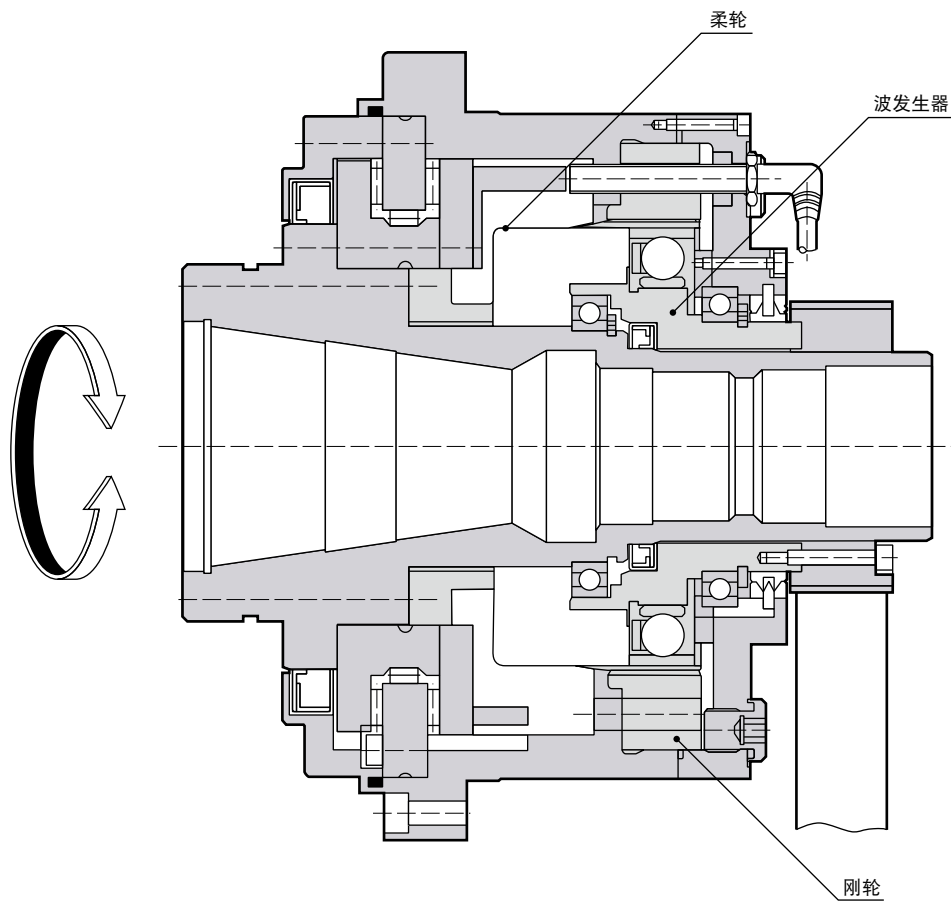
- 1.确认安装面的平坦度是否良好，是否有歪斜。
- 2.确认螺钉孔部是否隆起、有残余毛边或有异物啮入。
- 3.确认是否对柔轮实施了倒角加工以及避让加工，以避免与壳体组装部干涉。
- 4.朝安装用螺栓孔插入螺栓时，确认螺栓孔的位置是否正确、是否由于螺栓孔歪斜加工等原因致使螺栓与柔轮发生接触，使螺栓旋转变沉重。
- 5.请不要一次性按照规定转矩拧紧螺栓。请先使用约为规定转矩1/2的力实施暂时拧紧，然后再按照规定转矩拧紧。此外，通常请按照对角线顺序依次拧紧螺栓。
- 6.确认与刚轮组合时，是否存在极端的单侧啮合。发生单侧偏移时，可能是由于两个部件发生中心偏移或歪斜。
- 7.柔轮组装时，请不要叩击开口部的齿轮前端或以过度力实施按压。

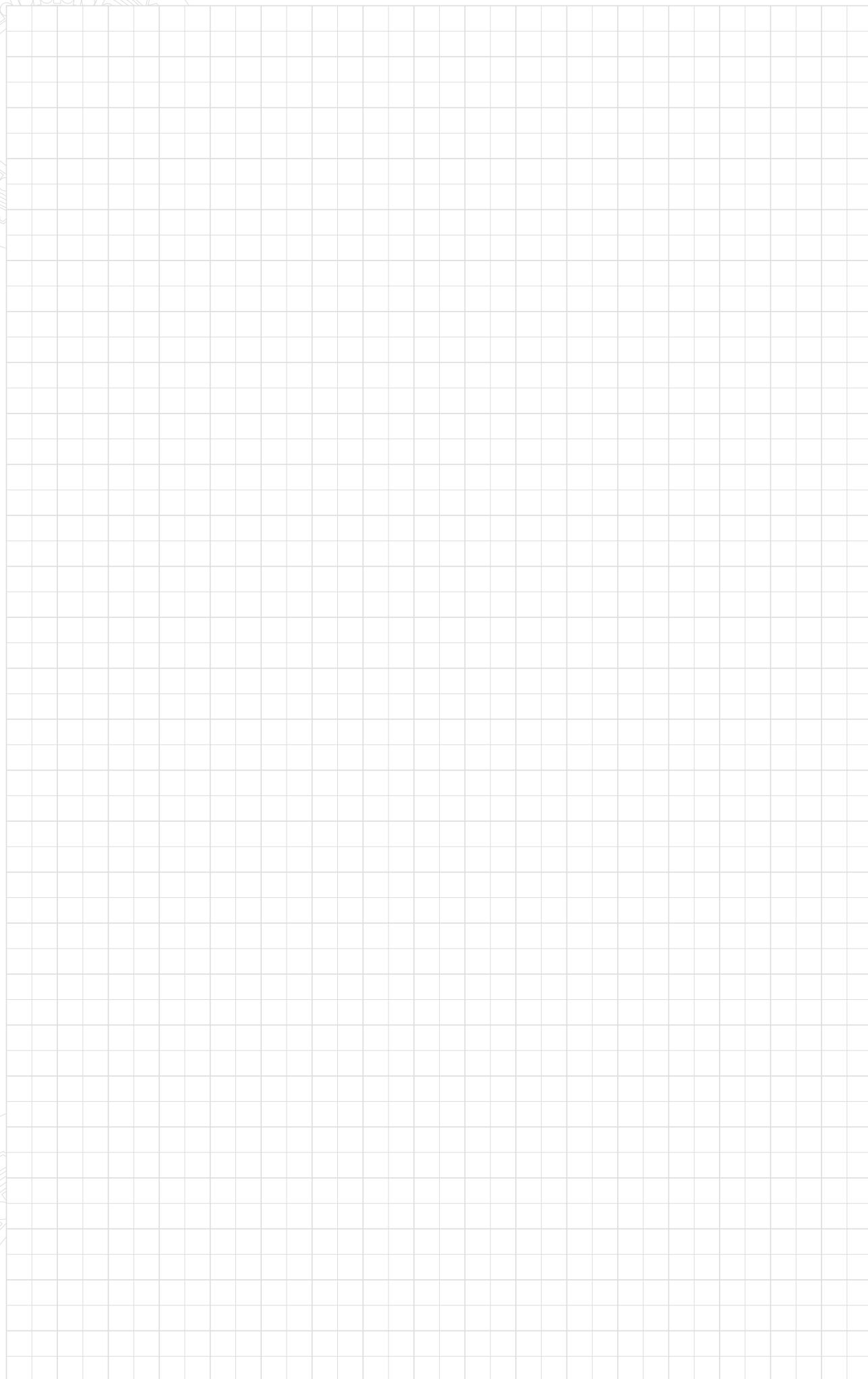
关于防锈措施

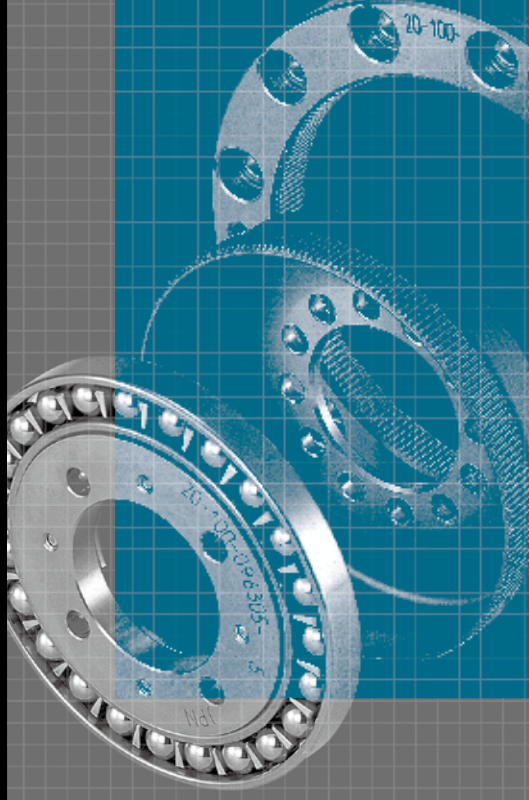
组件型的表面没有实施防锈处理。
需要实施防锈时请向表面涂抹防锈剂。
此外，需要本公司实施表面防锈处理时，请咨询授权代理商。

机床换刀装置

图060-1



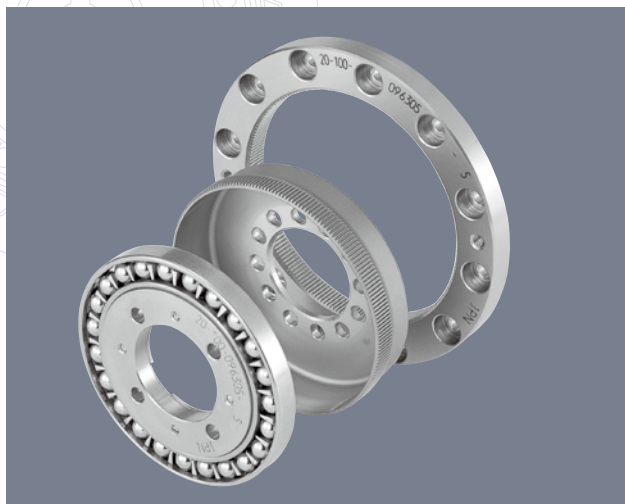




CSD系列

Component Type CSD

特点	060
型号·符号	061
技术数据	
·额定表	061
·外形图	062
·尺寸表	063
·角度传达精度	064
·磁滞损失	064
·刚性（弹簧常数）	064
·起动转矩	065
·增速起动转矩	065
·棘爪扭矩	065
·屈曲转矩	065
·无负载运行转矩	066
·效率特性	067
设计指南	
·润滑	069
·组装精度	071
·密封机构	071
·基本要素三部件的安装	072



CSD系列组件型

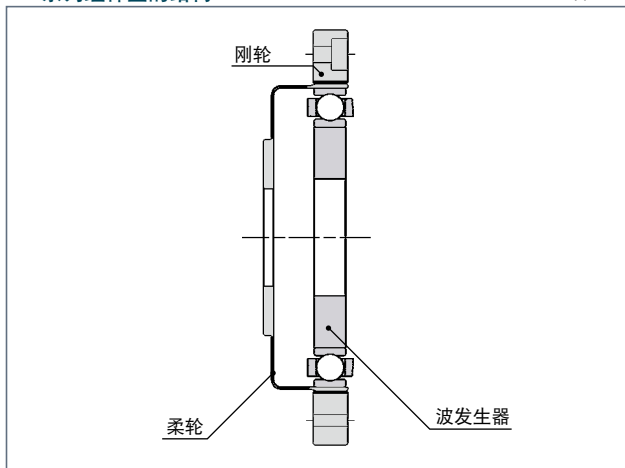
CSD系列组件型是追求扁平极限的类型。与CSG/CSF系列相比，轴向长度约缩短了50%。非常适合要求平坦设计的应用。

CSD系列的特点

- 紧凑简洁的设计
- 高转矩容量
- 高刚性
- 无齿隙
- 优良的定位精度和旋转精度
- 输入输出同轴

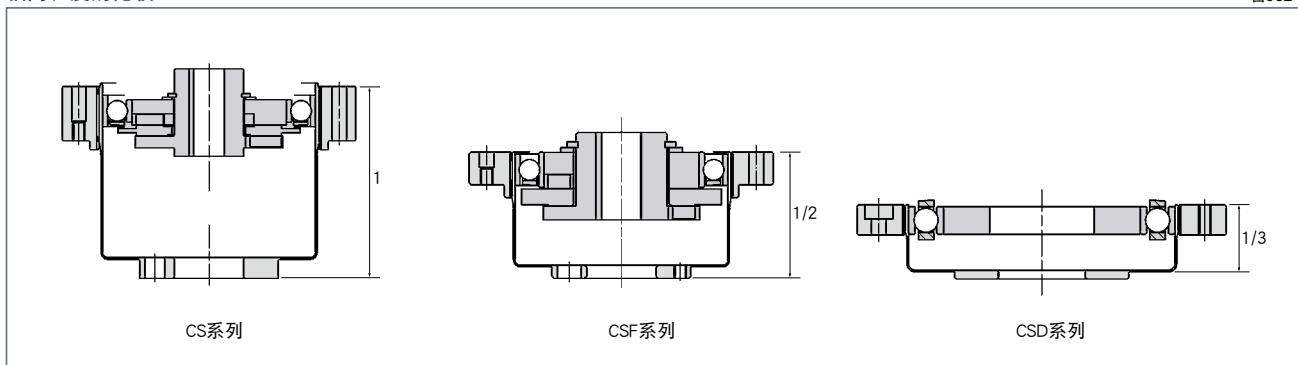
CSD系列组件型的结构

图062-1



轴向长度的比较

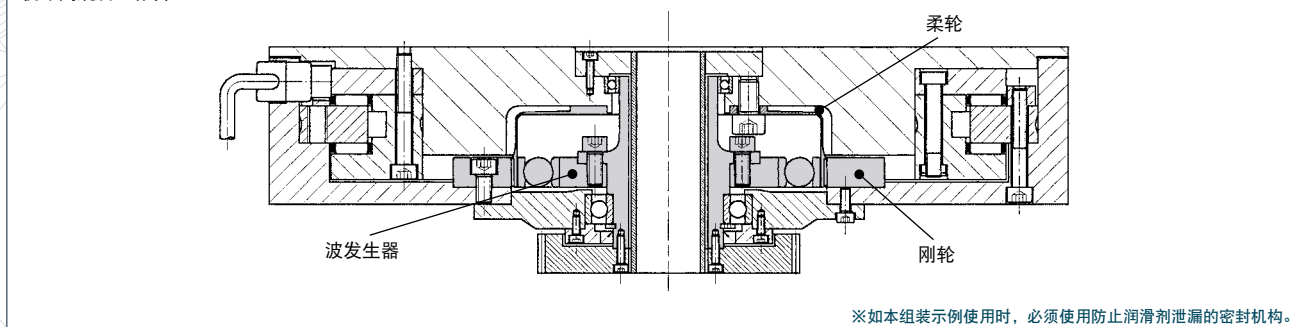
图062-2



CSD系列的组装示例

图062-3

机床用旋转工作台



※如本组装示例使用时，必须使用防止润滑剂泄漏的密封机构。

型号·符号

CSD - 20 - 100 - 2A - GR - 规格

机型名称	型号	减速比 ^{注1}			型式	特殊规格
CSD	14	50	100	—	2A-GR=组件型 (型号14、17为2A-R)	空白=标准品 SP=形状、性能等特殊规格 BB=柔轮的轮毂孔采用最大直径
	17	50	100	—		
	20	50	100	160		
	25	50	100	160		
	32	50	100	160		
	40	50	100	160		
	50	50	100	160		

表063-1

注1: 减速比表示的是输入: 波发生器, 固定: 刚轮, 输出: 柔轮时的情况。

技术数据

额定表

表063-2

型号	减速比	输入2000r/min时的 额定转矩		起动停止时的 容许峰值转矩		平均负载转矩的 容许最大值		瞬间容许最大转矩		容许最高输入 转速r/min		容许平均输入 转速r/min		转动惯量	
		Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	油润滑	润滑脂润滑	油润滑	润滑脂润滑	$\times 10^{-4} \text{kgm}^2$	$\times 10^{-4} \text{kgfms}^2$
14	50	3.7	0.38	12	1.2	4.8	0.49	24	2.4	14000	8500	6500	3500	0.021	0.021
	100	5.4	0.55	19	1.9	7.7	0.79	31	3.2						
17	50	11	1.1	23	2.3	18	1.9	48	4.9	10000	7300	6500	3500	0.054	0.055
	100	16	1.6	37	3.8	27	2.8	55	5.6						
20	50	17	1.7	39	4.0	24	2.4	69	7.0	10000	6500	6500	3500	0.090	0.092
	100	28	2.9	57	5.8	34	3.5	76*(65)	7.7*(6.6)						
	160	28	2.9	64	6.5	34	3.5	76*(65)	7.7*(6.6)						
25	50	27	2.8	69	7.0	38	3.9	127	13	7500	5600	5600	3500	0.282	0.288
	100	47	4.8	110	11	75	7.6	152*(135)	15*(14)						
	160	47	4.8	123	13	75	7.6	152*(135)	15*(14)						
32	50	53	5.4	151	15	75	7.6	268	27	7000	4800	4600	3500	1.09	1.11
	100	96	10	233	24	151	15	359*(331)	37*(34)						
	160	96	10	261	27	151	15	359*(331)	37*(34)						
40	50	96	10	281	29	137	14	480	49	5600	4000	3600	3000	2.85	2.91
	100	185	19	398	41	260	27	694*(580)	71*(59)						
	160	206	21	453	46	316	32	694*(580)	71*(59)						
50	50	172	18	500	51	247	25	1000	102	4500	3500	3000	2500	8.61	8.78
	100	329	34	686	70	466	48	1440*(1315)	147*(134)						
	160	370	38	823	84	590	60	1577*(1315)	161*(134)						

(注) 1.转动惯量 $I = \frac{1}{4} GD^2$

2.带*符号的瞬间容许最大转矩的数值受柔轮部拧紧转矩限制。

3.() 中的数值为柔轮轮毂孔取最大直径(BB型)时的数值。

4.用语详情请参照“技术资料: 第010页”。

尺寸表

表065-1
单位: mm

符号	型号	14	17	20	25	32	40	50
ϕA h7		50 ^{-0.025} ₀	60 ^{-0.030} ₀	70 ^{-0.030} ₀	85 ^{-0.035} ₀	110 ^{-0.035} ₀	135 ^{-0.040} ₀	170 ^{-0.040} ₀
ϕB h7		11 ^{+0.018} ₀	15 ^{+0.018} ₀	20 ^{+0.021} ₀	24 ^{+0.021} ₀	32 ^{+0.025} ₀	40 ^{+0.025} ₀	50 ^{+0.025} ₀
C*		11	12.5	14	17	22	27	33
D*		6.5 ^{+0.2} ₀	7.5 ^{+0.2} ₀	8 ^{+0.3} ₀	10 ^{+0.3} ₀	13 ^{+0.3} ₀	16 ^{+0.3} ₀	19.5 ^{+0.3} ₀
E		1.4	1.7	2	2	2.5	3	3.5
F		4.5	5	6	7	9	11	13.5
G _i *		0.3 ^{+0.2} ₀	0.3 ^{+0.2} ₀	0.3 ^{+0.2} ₀	0.4 ^{+0.2} ₀	0.5 ^{+0.2} ₀	0.6 ^{+0.2} ₀	0.8 ^{+0.2} ₀
H		4 ^{-0.1} ₀	5 ^{-0.1} ₀	5.2 ^{-0.1} ₀	6.3 ^{-0.1} ₀	8.6 ^{-0.1} ₀	10.3 ^{-0.1} ₀	12.7 ^{-0.1} ₀
ϕJ		23	27.2	32	40	52	64	80
ϕK H6	标准	11 ^{+0.011} ₀	11 ^{+0.011} ₀	16 ^{+0.011} ₀	20 ^{+0.013} ₀	30 ^{+0.013} ₀	32 ^{+0.016} ₀	44 ^{+0.016} ₀
	BB规格	11 ^{+0.011} ₀	11 ^{+0.011} ₀	20 ^{+0.013} ₀	24 ^{+0.013} ₀	32 ^{+0.016} ₀	40 ^{+0.016} ₀	50 ^{+0.016} ₀
L		6	8	12	12	12	12	12
ϕM		3.4	3.4	3.4	3.4	4.5	5.5	6.6
N		M3	M3	M3	M3	M4	M5	M6
O		—	—	3.3	3.3	4.4	5.4	6.5
ϕP		—	—	6.5	6.5	8	9.5	11
ϕQ		44	54	62	75	100	120	150
ϕR		17	21	26	30	40	50	60
S		M3	M3	M3	M3	M4	M5	M6
ϕT	标准	17	19.5	24	30	41	48	62
	BB规格	17	19.5	26	32	42	52	65
U	标准	9	8	9	9	11	10	11
	BB规格	9	8	12	12	14	14	14
ϕV	标准	3.4	4.5	4.5	5.5	6.6	9	11
	BB规格	3.4	4.5	3.4	4.5	5.5	6.6	9
ϕZ_1		0.2	0.2	0.2	0.2	0.25	0.25	0.3
ϕZ_2		0.25	0.25	0.2	0.2	0.25	0.25	0.3
ϕZ_3	标准	0.2	0.25	0.25	0.25	0.3	0.5	0.5
	BB规格	0.2	0.25	0.2	0.25	0.25	0.3	0.5
壳体内壁	ϕa	38	45	53	66	86	106	133
	b	6.5	7.5	8	10	13	16	19.5
	c	1	1	1.5	1.5	2	2.5	3.5
重量 (kg)		0.06	0.10	0.13	0.24	0.51	0.92	1.9

(注) 型号 14、17 的标准品为最大直径。

- 刚轮的安装面为图的④面。向壳体等进行安装时请对准该面。
- 下述尺寸可以变更或追加加工。

波发生器: B尺寸
柔轮: U·V尺寸
刚轮: L·M尺寸

- 带*符号的C·D·G_i的尺寸是指构成Harmonic Drive的三个部件的(波发生器、柔轮、刚轮)轴向的连接位置以及容许公差。尺寸会对性能、强度造成影响, 组装时请严格遵守。
- 由于柔轮会发生弹性形变, 为防止其与壳体接触, 请使用大于 $\phi a \cdot b \cdot c$ 的内壁尺寸。
- 产品交货时, 三部件(波发生器、柔轮、刚轮)呈拆装状态。

角度传达精度

(用语说明请参考“技术资料”。)

表066-1

型号	14	17	20	25	32	40	50
角度传达误差	$\times 10^{-4}$ rad	4.4	4.4	2.9	2.9	2.9	2.9
	arc min	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0

磁滞损失

(用语说明请参考“技术资料”。)

表066-2

型号	14	17	20	25	32	40	50
50	$\times 10^{-4}$ rad	7.3	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	arc min	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
100以上	$\times 10^{-4}$ rad	5.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
	arc min	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

刚性 (弹簧常数)

(用语说明请参考“技术资料”。)

表066-3

符号	型号	14	17	20	25	32	40	50
T_1	Nm	2.0	3.9	7.0	14	29	54	108
	kgfm	0.2	0.4	0.7	1.4	3.0	5.5	11
T_2	Nm	6.9	12	25	48	108	196	382
	kgfm	0.7	1.2	2.5	4.9	11	20	39
减速比 50	K_1	$\times 10^4$ Nm/rad	0.29	0.67	1.1	2.0	4.7	8.8
		kgfm/arc min	0.085	0.2	0.32	0.6	1.4	2.6
	K_2	$\times 10^4$ Nm/rad	0.37	0.88	1.3	2.7	6.1	11
		kgfm/arc min	0.11	0.26	0.4	0.8	1.8	3.4
	K_3	$\times 10^4$ Nm/rad	0.47	1.2	2.0	3.7	8.4	15
		kgfm/arc min	0.14	0.34	0.6	1.1	2.5	4.5
	θ_1	$\times 10^{-4}$ rad	6.9	5.8	6.4	7.0	6.2	6.1
		arc min	2.4	2.0	2.2	2.4	2.1	2.1
	θ_2	$\times 10^{-4}$ rad	19	14	19	18	18	18
		arc min	6.4	4.6	6.6	6.1	5.9	6.2
减速比 100以上	K_1	$\times 10^4$ Nm/rad	0.4	0.84	1.3	2.7	6.1	11
		kgfm/arc min	0.12	0.25	0.4	0.8	1.8	3.2
	K_2	$\times 10^4$ Nm/rad	0.44	0.94	1.7	3.7	7.8	14
		kgfm/arc min	0.13	0.28	0.5	1.1	2.3	4.2
	K_3	$\times 10^4$ Nm/rad	0.61	1.3	2.5	4.7	11	20
		kgfm/arc min	0.18	0.39	0.75	1.4	3.3	5.8
	θ_1	$\times 10^{-4}$ rad	5.0	4.6	5.4	5.2	4.8	4.9
		arc min	1.7	1.6	1.8	1.8	1.7	1.7
	θ_2	$\times 10^{-4}$ rad	16	13	15	13	14	14
		arc min	5.4	4.3	5.0	4.5	4.8	4.6

※本表的数值为平均值。

起动转矩

(用语说明请参照“技术资料”。) 下表的数值会根据使用条件的不同而有所变化, 请作为参考值使用。

表067-1
单位: cNm

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	50
50		3.7	5.7	7.3	14	28	50	94
100		2.4	3.3	4.3	7.9	18	29	56
160		—	—	3.4	6.4	14	24	44

增速起动转矩

(用语说明请参照“技术资料”。) 下表的数值会根据使用条件的不同而有所变化, 请作为参考值使用。

表067-2
单位: Nm

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	50
50		2.5	3.8	4.4	8.3	17	30	57
100		3.1	4.1	5.2	9.6	21	35	67
160		—	—	6.6	12	28	45	85

棘爪扭矩

(用语说明请参照“技术资料”。)

表067-3
单位: Nm

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	50
50		60	105	150	315	685	1260	2590
100		55	110	180	350	700	1470	2870
160		—	—	150	315	685	1260	2520

屈曲转矩

(用语说明请参照“技术资料”。)

表067-4
单位: Nm

型号	14	17	20	25	32	40	50
全减速比	190	330	560	1000	2200	4300	8000

无负载运行转矩

无负载运行转矩是指在无负载状态下，使Harmonic Drive转动的必要的输入侧（高速轴侧）转矩。

测定条件

表068-1

减速比100			
润滑条件	润滑脂润滑	名称	Harmonic润滑脂 SK-1A（型号20以上） Harmonic润滑脂 SK-2（型号14、17）
		涂油量	正确涂油量（第069页）
		转矩值是指在输入为2000r/min的情况下磨合运转2小时以上的数值	

※使用油润滑时请咨询授权代理商。

不同速比修正量

Harmonic Drive的无负载运行转矩会根据减速比而发生改变。图068-1～068-4为减速比100的数值。其他速比，请加上表068-2所示的修正量进行计算。

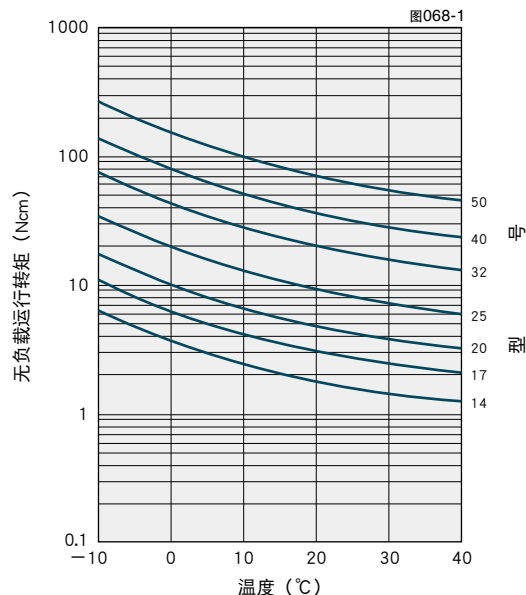
无负载运行转矩修正量

表068-2
单位：Ncm

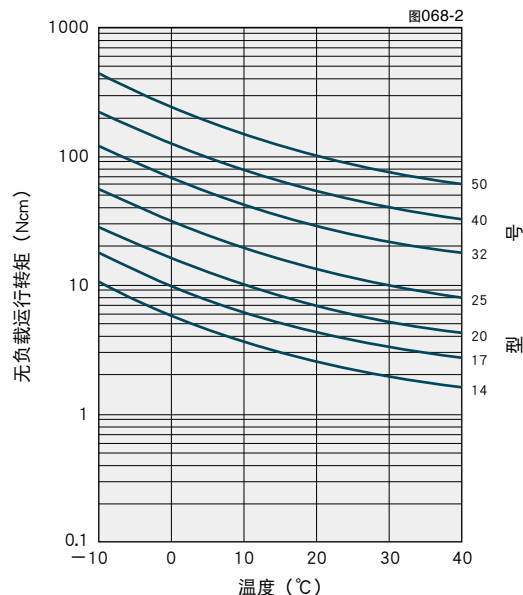
型号	减速比	50	160
14		+0.56	—
17		+0.95	—
20		+1.4	-0.39
25		+2.6	-0.72
32		+5.4	-1.5
40		+9.6	-2.6
50		+18	-4.8

■减速比100的无负载运行转矩

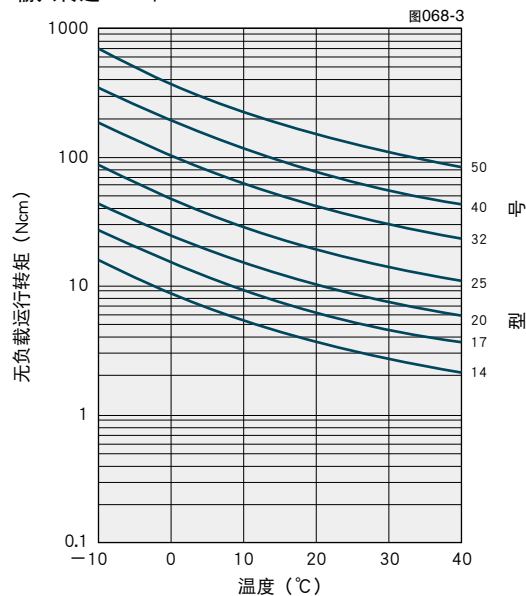
输入转速500r/min



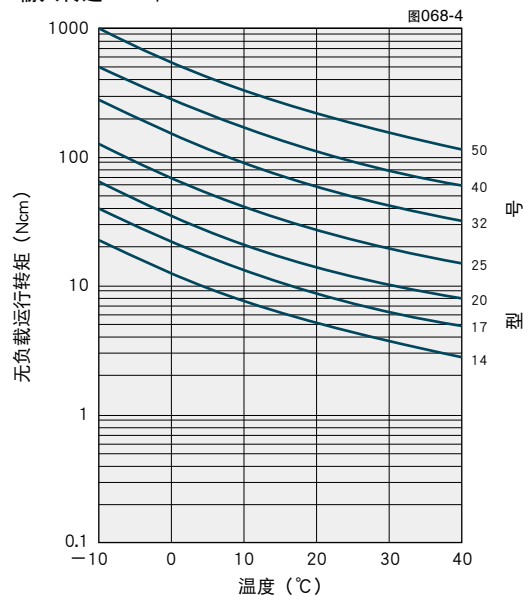
输入转速1000r/min



输入转速2000r/min



输入转速3500r/min



※本表的数值为平均值X。

效率特性

效率会因以下条件而有所差异。

- 减速比
- 输入转速
- 负载转矩
- 温度
- 润滑条件（润滑的种类及其使用量）

测定条件

表069-1

组装	推荐组装精度下的组装测定		
负载转矩	额定表所示的额定转矩（第061页）		
※负载转矩小于额定转矩时，效率值降低。请参照以下效率修正系数。			
润滑条件	润滑脂润滑	名称	Harmonic润滑脂 SK-1A（型号20以上）
			Harmonic润滑脂 SK-2（型号14、17）
		涂抹量	正确涂抹量（第069页）

※在CSD系列上使用油润滑时，请咨询授权代理商。

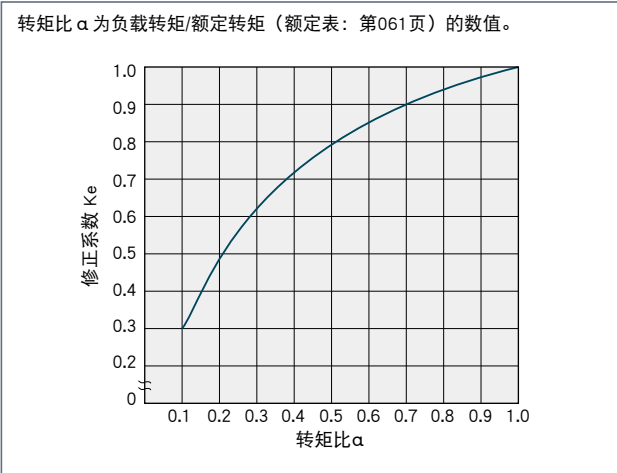
效率修正系数

负载转矩小于额定转矩时，效率值降低。请根据图069-1计算出修正系数 K_e ，通过效率修正计算公式计算出效率。

※负载转矩大于额定转矩时的效率修正系数 $K_e=1$ 。

效率修正系数

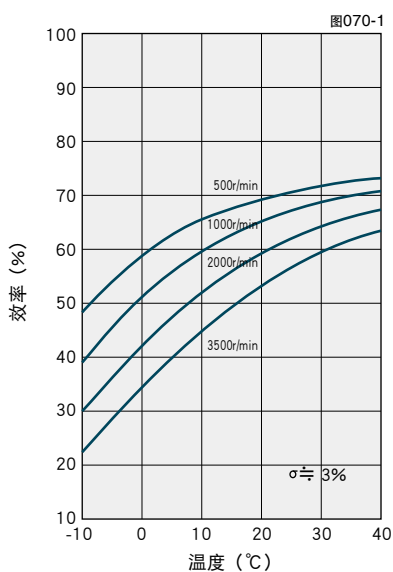
表069-1



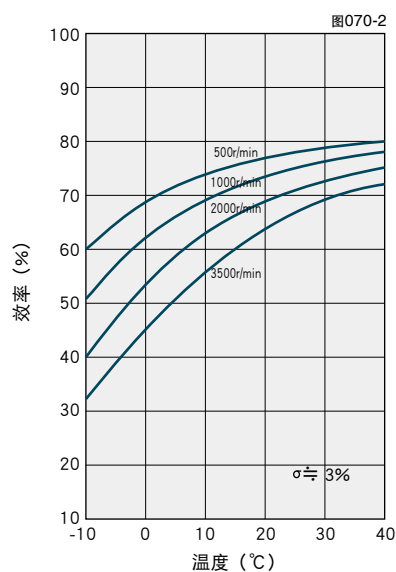
■额定转矩时的效率

减速比50

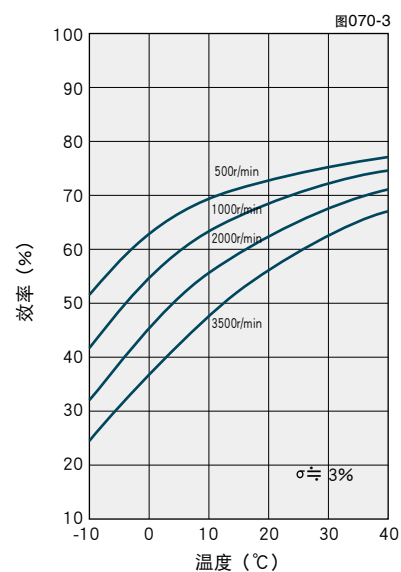
型号14



型号17、20

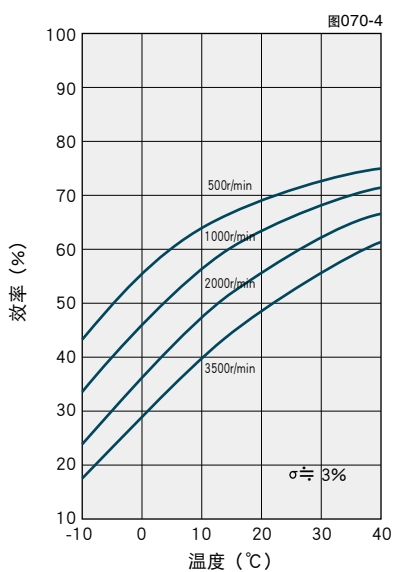


型号25、32、40、50

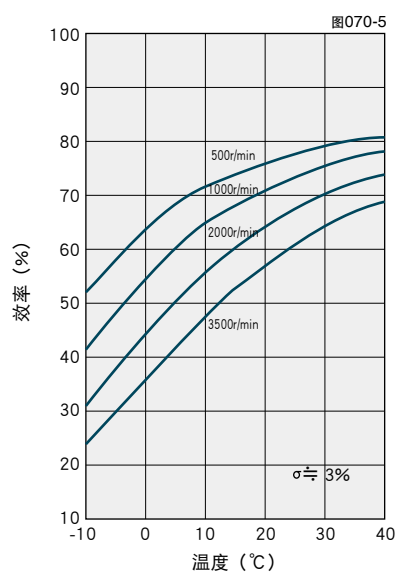


减速比100

型号14

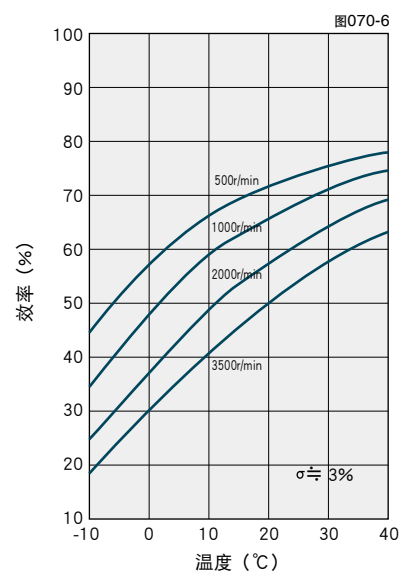


型号17、20、25、32、40、50



减速比160

型号20、25、32、40、50



设计指南

润滑

■ 润滑脂润滑

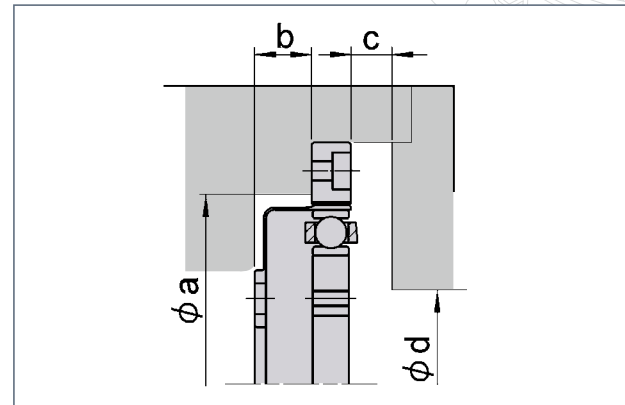
润滑剂的详情请参照第014页“技术资料”。

壳体内壁推荐尺寸

使用润滑脂润滑时，为避免在运转中润滑脂发生飞散，尽量留存在Harmonic Drive的内部，请尽可能采用Harmonic Drive和壳体内壁之间的推荐尺寸进行设计。无法确保使用推荐尺寸时请咨询授权代理商。

壳体内壁推荐尺寸

图071-1



壳体内壁推荐尺寸

表071-1
单位: mm

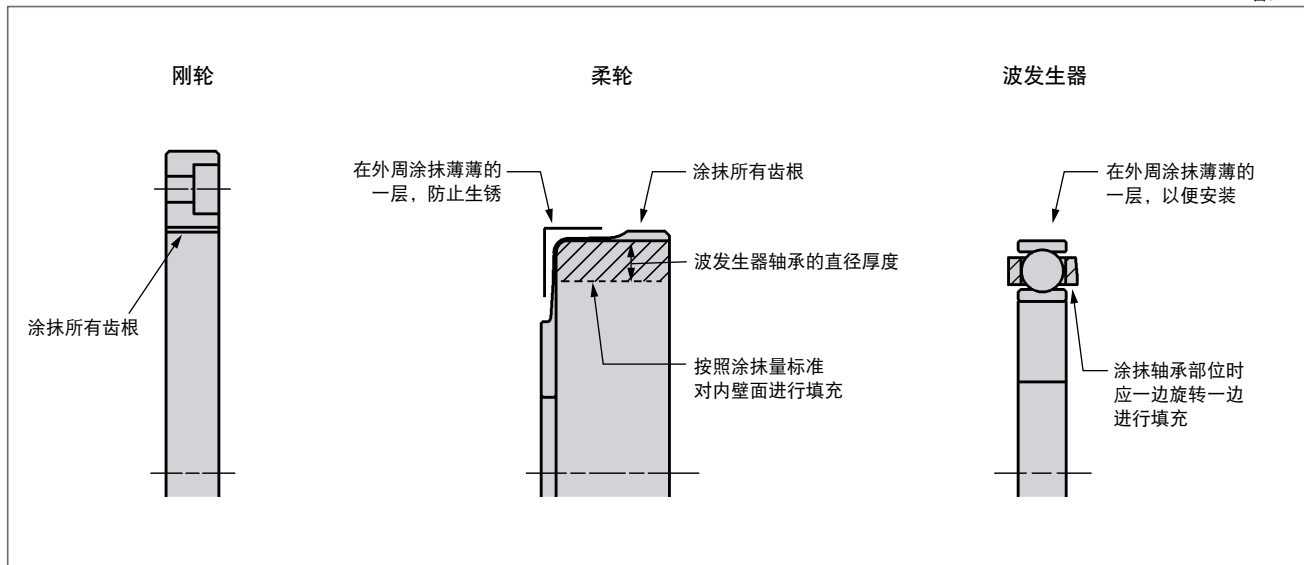
符号 \ 型号	14	17	20	25	32	40	50
ϕa	38	45	53	66	86	106	133
b	6.5	7.5	8	10	13	16	19.5
c	1(3)	1(3)	1.5(4.5)	1.5(4.5)	2(6)	2.5(7.5)	3.5(10.5)
$\phi d^{+0.5}_0$	16	26	30	37	37	45	45

(注) () 内的数值为波发生器朝上时的数值。

涂抹要领

涂抹要领

图071-2



根据使用方法涂抹的要领

波发生器朝上、朝下时的涂抹要领请参照CSF系列的相关内容（第046页 图048-3）。

涂抹量

表071-2
单位: g

使用方法 \ 型号	14	17	20	25	32	40	50
水平使用	3.5	5.2	9	17	37	68	131
垂直使用	输出轴朝上	3.9	6	10	19	42	78
	输出轴朝下	4.6	7.1	12	22	48	88

润滑脂更换时间

Harmonic Drive的各运动部的磨耗很大程度上会受到润滑脂性能的影响。

润滑脂的性能会根据温度变化，温度越高劣化越快，因此需要尽早进行润滑脂更换。如右表所示，当平均负载转矩低于额定转矩时，根据润滑脂温度与波发生器总转数间的关系可确定润滑脂的更换时间基准。平均负载转矩超出额定转矩时，则通过以下计算公式计算出润滑脂的更换时间大致标准。

平均负载转矩超出额定转矩时的计算公式

公式072-1

$$L_{GT} = L_{GTn} \times \left(\frac{T_r}{T_{av}} \right)^3$$

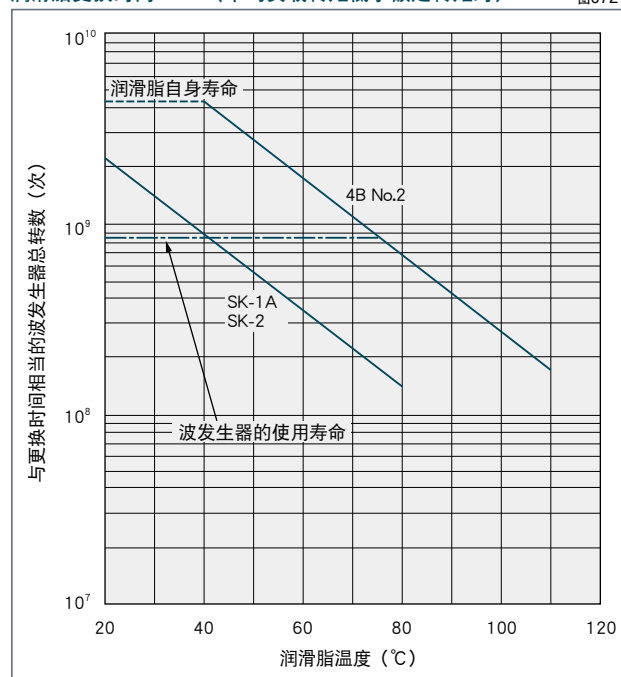
计算公式的符号

表072-1

L_{GT}	超出额定转矩时的更换时间	转数	——
L_{GTn}	低于额定转矩时的更换时间	转数	参照右图
T_r	额定转矩	Nm, kgfm	参照第061页的“额定表”
T_{av}	输出侧的平均负载转矩		计算公式：参照第012页

润滑脂更换时间： L_{GTn} （平均负载转矩低于额定转矩时）

图072-1



※波发生器的使用寿命表示破损率为10%。

■其他注意事项

1. 请避免与其他润滑脂混用。此外，组装到装置上时，请将Harmonic Drive置于单独的壳体内。
2. 在波发生器处于朝上（参照第048页 图050-2）的状态，且朝单方向以固定负载低速旋转（输入转速：1000r/min以下）时使用Harmonic Drive，可能引起润滑不良，此时使用请咨询本公司授权代理商。

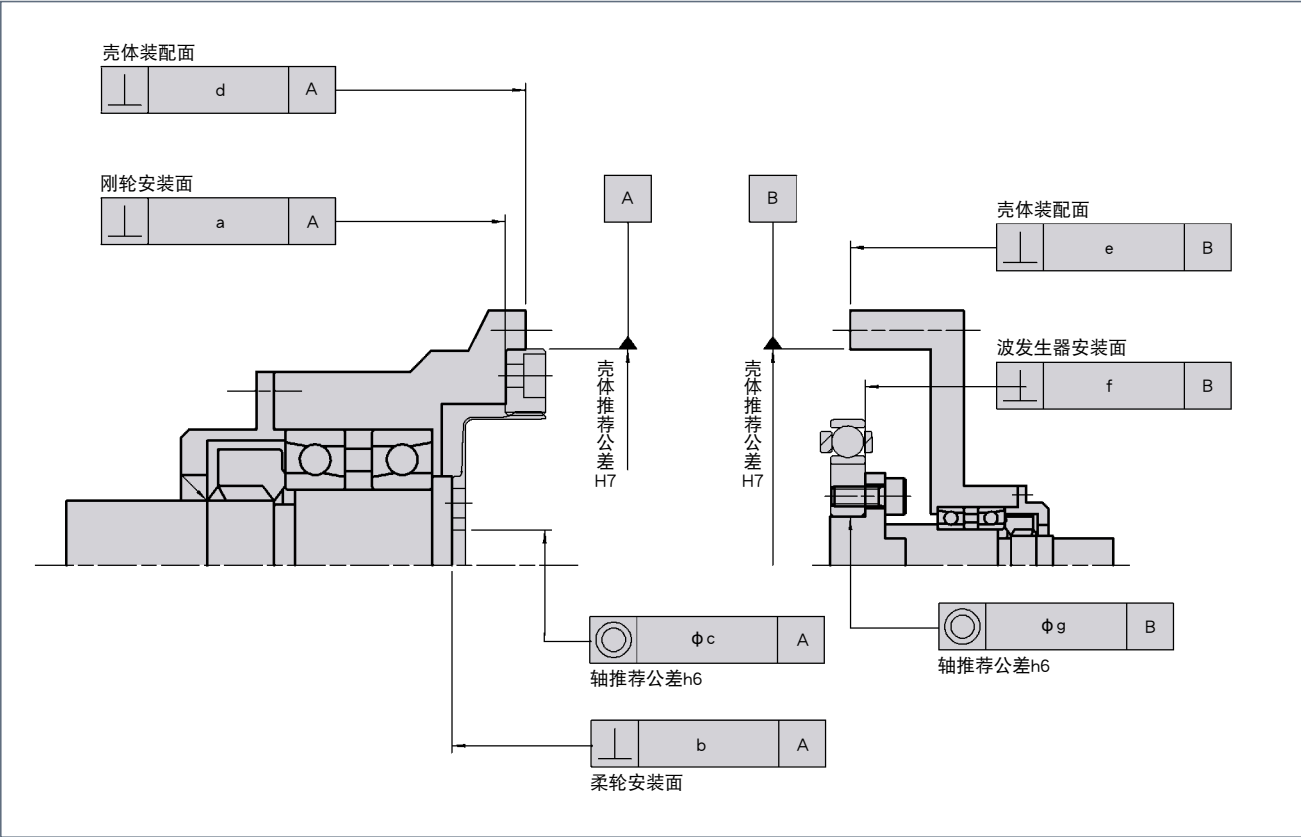
组装精度

组装设计时，如果存在安装面变形等异常及勉强组装，会降低产品性能。
为充分发挥组件型所具备的优秀性能，请注意以下要点，并确保使用如图
073-1・表073-1所示的组装壳体推荐精度和防润滑油泄漏设计。

- 安装面歪斜、变形
- 异物啮入
- 安装孔的螺孔部周围毛边、隆起、位置异常
- 安装凹圆部倒角不足
- 安装凹圆部圆度异常

组装壳体的推荐精度

图073-1



波发生器安装面

表073-1
单位: mm

符号	型号	14	17	20	25	32	40	50
a		0.011	0.012	0.013	0.014	0.016	0.016	0.018
b		0.008	0.011	0.014	0.018	0.022	0.025	0.030
φc		0.015	0.018	0.019	0.022	0.022	0.024	0.030
d		0.011	0.015	0.017	0.024	0.026	0.026	0.028
e		0.011	0.015	0.017	0.024	0.026	0.026	0.028
f		0.008	0.010	0.010	0.012	0.012	0.012	0.015
φg		0.016	0.018	0.019	0.022	0.022	0.024	0.030

密封机构

为防止润滑油泄漏，以及维持Harmonic Drive的高耐久性，必须使用以下密封机构。

- 旋转运动部 油封（弹簧压入式）。此时，请注意轴侧是否存在划伤。
- 法兰装配面、嵌合部 O型环、密封剂。此时请注意平面是否歪斜以及O型环的啮合情况。
- 螺孔部 使用有密封效果的螺钉锁固剂（推荐使用Loctite 242）或密封剂。

（注）特别是使用Harmonic润滑油4B No.2时请严格执行上述事项。

基本要素三部件的安装

■波发生器的安装

1.波发生器的轴向力与轴的固定

由于柔轮的弹性形变，运转中在Harmonic Drive的波发生器上轴向力发生作用。

作为减速机（第008页的①、②、③）使用的轴向力向柔轮膜片方向作动。（图074-1）

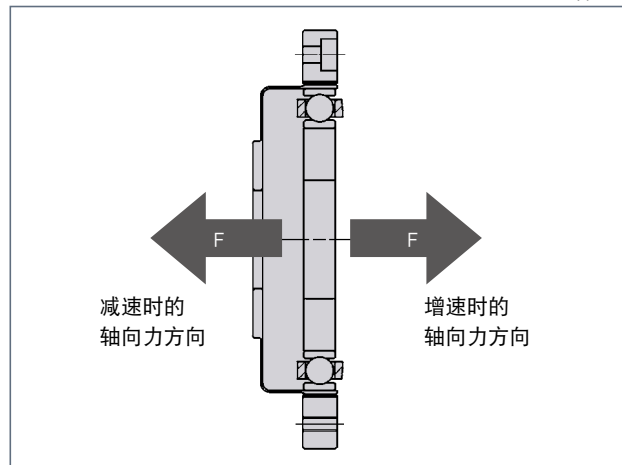
此外，作为增速机（第008页的④、⑤、⑥）使用的轴向力向与减速机相反的方向作动。（图074-1）

波发生器轴向力（最大值）可通过下述计算公式计算得出。此外，轴向力会根据运转条件的不同而发生变化。高转矩时、极低速时以及固定连续旋转时显示轴向力有变大的倾向，基本为计算公式计算的数值。无论在何种使用条件下，都请采用阻止波发生器轴向力的设计。

（注）在波发生器凸轮上设置止动螺钉并与输入轴固定时，请务必咨询授权代理商。

波发生器的轴向力方向

图074-1



轴向力的计算公式

表074-1

减速比	计算公式
50	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 30^\circ + 2\mu PF$
100以上	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 20^\circ + 2\mu PF$

计算公式的符号

表074-2

F	轴向力	N	参照图074-1
D	(型号) × 0.00254	m	
T	输出转矩	Nm	
2μPF	轴承反力产生的轴向力	N	参照表074-3

轴承反力产生的轴向力

表074-3

机型	型号	2μPF (N)
CSD	14	2.1
	17	4.1
	20	5.6
	25	9.8
	32	16
	40	24
	50	39

计算示例

公式074-1

机型名称：CSD

型号：32

减速比：i=50

输出转矩：268Nm（瞬间容许最大转矩）

$$F = 2 \times \frac{268}{(32 \times 0.00254)} \times 0.07 \times \tan 30^\circ + 16$$

$$F = 266.5N$$

■ 柔轮的安裝

1. 安装时的注意事项

柔轮的安裝推荐使用螺栓直接安裝。

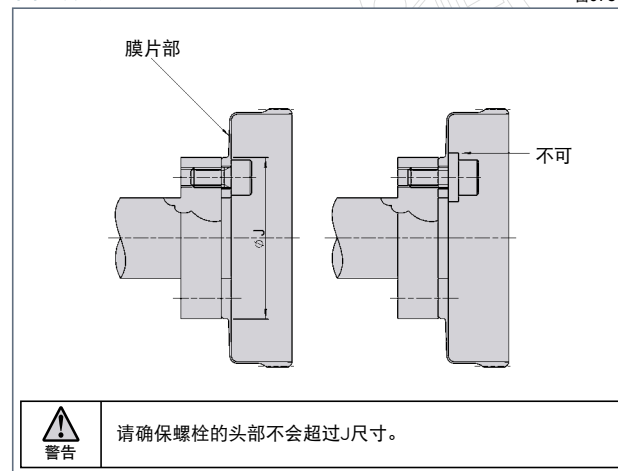
在柔轮内侧使用安裝法兰以及垫圈等組裝波发生器时，接触到安裝螺栓会使波发生器破損，因此请务必严格遵守使用螺栓直接安裝。

此外，請確保如图075-1所示螺栓的头部不会超出柔轮的輪穀孔直径

(ϕJ)。如果超出輪穀孔直径可能会发生膜片破損。

柔轮的安裝

图075-1



柔轮的輪穀孔直径

表075-1
单位: mm

符号 \ 型号	14	17	20	25	32	40	50
ϕJ	23	27.2	32	40	52	64	80

2. 柔轮的螺栓拧紧

柔轮的安裝使用螺栓拧紧方式。

根据以下条件拧紧部的传递转矩会变大，请实施符合负载条件的设计和部件管理。

- 选定螺栓的强度
- 螺栓的拧紧以及拧紧转矩
- 螺栓以及内螺纹的表面状态
- 接触面的摩擦系数

螺栓安裝

表075-2

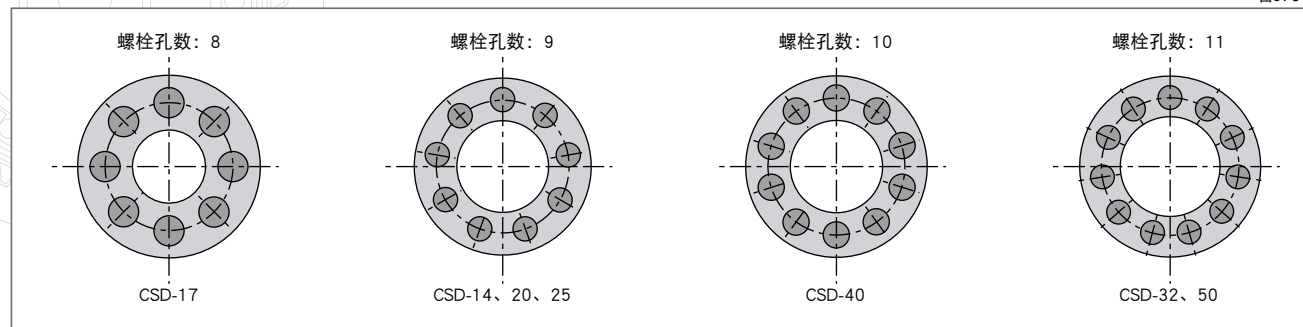
项目 \ 型号		标准品							BB (柔轮的輪穀孔采用最大直径)				
		14	17	20	25	32	40	50	20	25	32	40	50
螺栓数量		9	8	9	9	11	10	11	12	12	14	14	14
螺栓规格		M3	M4	M4	M5	M6	M8	M10	M3	M4	M5	M6	M8
螺栓安裝 P.C.D	mm	17	19.5	24	30	41	48	62	26	32	42	52	65
螺栓拧紧 转矩	Nm	2.0	4.5	4.5	9.0	15.3	37	74	2.0	4.5	9.0	15.3	37
	kgfm	0.20	0.46	0.46	0.92	1.56	3.8	7.5	0.20	0.46	0.92	1.56	3.8
螺栓传递 转矩	Nm	32	55	76	152	359	694	1577	65	135	331	580	1315
	kgfm	3.3	5.6	7.7	16	37	71	161	6.6	14	34	59	134

(表075-2/注)

- 前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧转矩。
- 推荐螺栓 螺栓名称: JIS B 1176内六角螺栓 强度分类: JIS B 1051 12.9以上
- 转矩系数: $K=0.2$
- 拧紧系数: $A=1.4$
- 接合面的摩擦系数 $\mu=0.15$
- 由于在BB规格中螺栓传递转矩小于标准品转矩，因此瞬间容许最大转矩会受到限制。(参照第061页“额定表”)

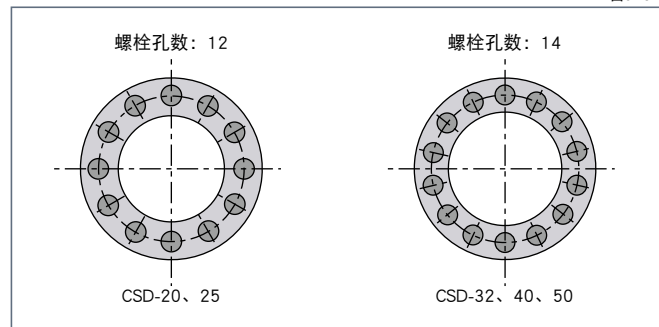
螺栓的孔数和孔位置

图076-1



BB规格的螺栓孔数和孔位置

图076-2



刚轮的安装

刚轮的安装与柔轮一样，请实施符合负载条件的设计和部件管理。推荐螺栓和拧紧转矩产生的传递转矩如下（表077-1）所示，但在负载转矩大于传递转矩时，请重新研究考虑使用销子并用或追加螺栓。

螺栓安装

表077-1

项目 \ 型号		14	17	20	25	32	40	50
螺栓数量		6	8	12	12	12	12	12
螺栓规格		M3	M3	M3	M3	M4	M5	M6
螺栓安装 P.C.D	mm	44	54	62	75	100	120	150
螺栓拧紧转矩	Nm	2.0	2.0	2.0	2.0	4.5	9.0	15.3
	kgfm	0.20	0.20	0.20	0.20	0.46	0.92	1.56
螺栓传递转矩	Nm	55	90	155	188	422	810	1434
	kgfm	5.6	9.2	16	19	43	83	146

（表077-1/注）

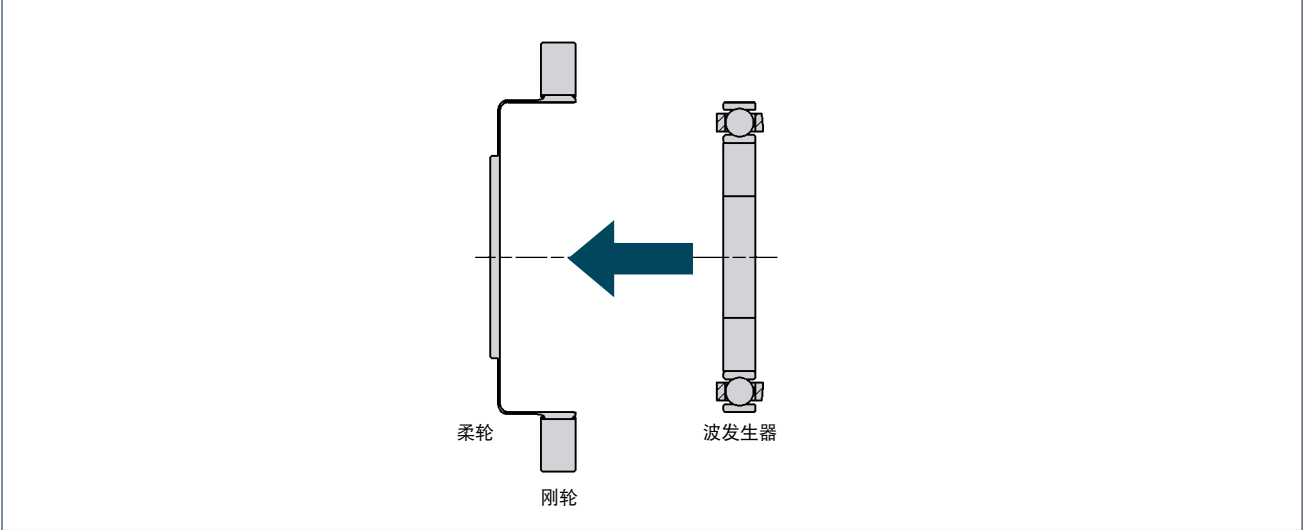
- 1.前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧转矩。
- 2.推荐螺栓 螺栓名称：JIS B1176内六角螺栓 强度分类：JIS B 1051 12.9以上
- 3.转矩系数：K=0.2
- 4.拧紧系数：A=1.4
- 5.接合面的摩擦系数 $\mu = 0.15$

基本要素三部件的组装步骤

将刚轮和柔轮组合安装到装置上后，再组装上波发生器。
若使用其他方法进行组装，可能出现齿轮偏移状态（参照第027页）
下实施组装或齿面损伤等情况。请充分注意。

三部件的正确组装步骤

图077-1



■ 组装注意事项

由于组装时的错误，Harmonic Drive在运转时可能发生振动、异响等。
请遵守下述注意事项实施组装。

波发生器的注意事项

- 1.请在组装时避免向波发生器轴承部位施加过度的力。可通过使波发生器旋转顺畅地实施插入。
- 2.CSD系列的波发生器上没有采用无欧氏联轴节结构（自动调芯结构），因此请特别注意把中心偏移、歪斜的影响控制在推荐值内（参照第071页“组装精度”）。
- 3.组装时请注意不要使波发生器的安装螺栓和柔轮的安装螺栓相互接触。

刚轮的注意事项

- 1.确认安装面的平坦度是否良好，是否有歪斜。
- 2.确认螺钉孔部是否隆起、有残余毛边或有异物啮入。
- 3.确认是否对刚轮实施了倒角加工以及避让加工，以避免与壳体组装部干涉。
- 4.当刚轮组装至壳体后，确认其是否能够旋转，是否有些部位存在干涉，卡紧。
- 5.朝安装用螺栓孔插入螺栓时，确认螺栓孔的位置是否正确、是否由于螺栓孔歪斜加工等原因致使螺栓与刚轮发生接触，使螺栓旋转变沉重。
- 6.请不要一次性按照规定转矩拧紧螺栓。请先使用约为规定转矩1/2的力实施暂时拧紧，然后再按照规定转矩拧紧。此外，通常请按照对角线顺序依次拧紧螺栓。
- 7.向刚轮打销子可能造成旋转精度低下，因此请尽可能避免。

柔轮的注意事项

- 1.确认安装面的平坦度是否良好，是否有歪斜。
- 2.确认螺钉孔部是否隆起、有残余毛边或有异物啮入。
- 3.确认是否对柔轮实施了倒角加工以及避让加工，以避免与壳体组装部干涉。
- 4.朝安装用螺栓孔插入螺栓时，确认螺栓孔的位置是否正确、是否由于螺栓孔歪斜加工致使螺栓与刚轮发生接触，螺栓旋转变沉重。
- 5.请不要一次性按照规定转矩拧紧螺栓。请先使用约为规定转矩1/2的力实施暂时拧紧，然后再按照规定转矩拧紧。此外，通常请按照对角线顺序依次拧紧螺栓。
- 6.确认与刚轮组合时，是否存在极端的单侧啮合。发生单侧偏移时，可能是由于两个部件发生中心偏移或歪斜。
- 7.柔轮组装时，请不要叩击开口部的齿轮前端或以过度力实施按压。

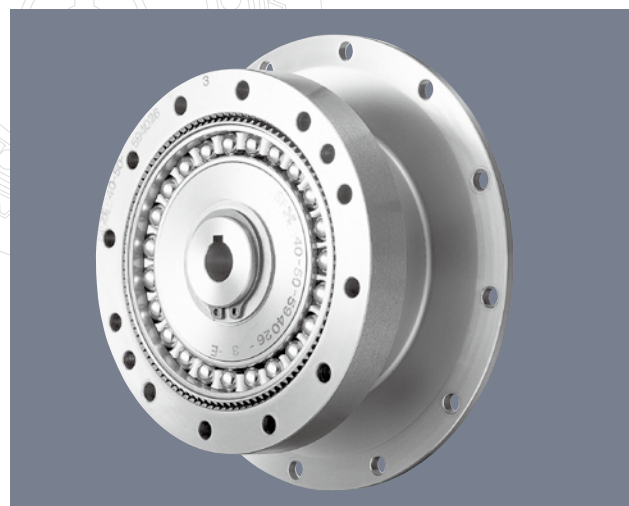
关于防锈措施

CSD系列的表面没有实施防锈处理。
需要实施防锈时请向表面涂抹防锈剂。
此外，需要本公司实施表面防锈处理时，请咨询授权代理商。

SHG/SHF 系列

Component Type SHG/SHF

特点	078
型号·符号	079
技术数据	
• 额定表	080
• 外形图	082
• 尺寸表	083
• 角度传达精度	084
• 磁滞损失	084
• 最大齿隙量	084
• 刚性 (弹簧常数)	084
• 起动转矩	085
• 增速起动转矩	085
• 棘爪扭矩	086
• 屈曲转矩	086
• 无负载运行转矩	086
• 效率特性	088
设计指南	
• 润滑	090
• 组装精度	094
• 基本要素三部件的安装	095



SHG/SHF系列组件型

SHG/SHF系列组件型是在CSG/CSF系列的基础上发展出来的系列，这两个系列的基本性能十分相似。

两个系列的主要差异在于柔轮的形状。

SHG/SHF系列的柔轮呈向外侧打开的形状。这一形状使得中央部可能呈中空状。

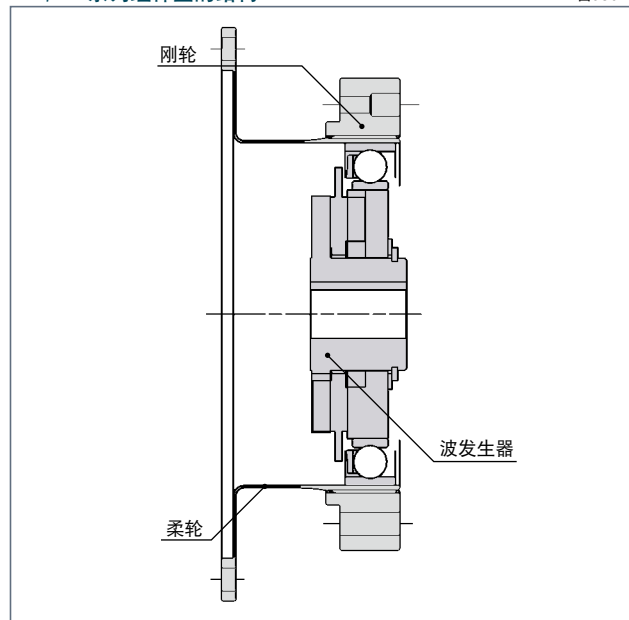
SHG/SHF系列组件型仅由3个基本部件构成。属于直接组合到机械、装置的类型，提升了设计的自由度。

SHG/SHF系列的特点

- 大口径中空孔・扁平形状
- 紧凑简洁的设计
- 高转矩容量
- 高刚性
- 无齿隙
- 优良的定位精度和旋转精度
- 输入输出同轴

SHG/SHF系列组件型的结构

图080-1



新的可变选项

SHG系列：高转矩用

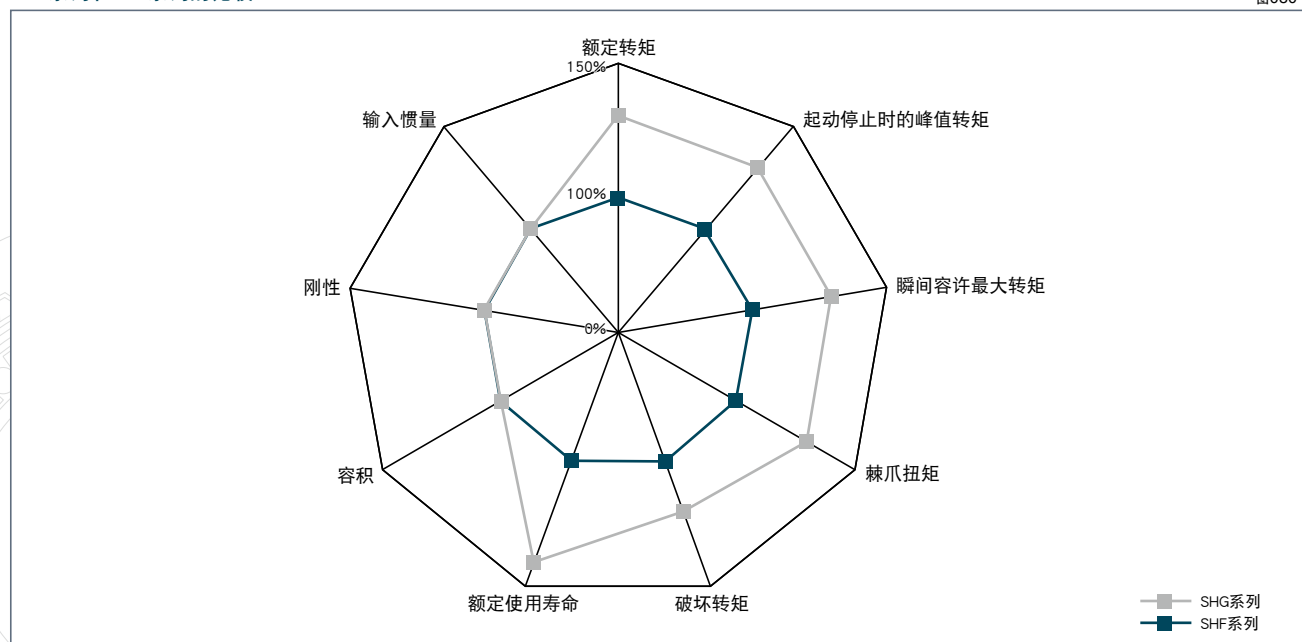
- 转矩容量比SHF系列提升30%
- 使用寿命比SHF系列提升43%（10,000小时）

减速比30：高速用

- 继承无齿隙的Harmonic Drive的优点实现减速比30

SHG系列和SHF系列的比较

图080-1



型号·符号

SHG - 25 - 100 - 2A - GR - 规格

表081-1

机型名称	型号	减速比 注1						型式	特殊规格
SHG	14	50	80	100	—	—		2A-GR=组件型 (型号 14、17 为 2A-R)	SP=形状、性能等特殊规格 空白=标准品
	17	50	80	100	120	—			
	20	50	80	100	120	160			
	25	50	80	100	120	160			
	32	50	80	100	120	160			
	40	50	80	100	120	160			
	45	50	80	100	120	160			
	50	—	80	100	120	160			
	58	—	80	100	120	160			
	65	—	80	100	120	160			

注1: 减速比表示的是输入: 波发生器, 固定: 刚轮, 输出: 柔轮时的情况。

SHF - 25 - 100 - 2A - GR - 规格

表081-2

机型名称	型号	减速比 注1						型式	特殊规格
SHF	14	30	50	80	100	—	—	2A-GR=组件型 (型号 14、17 为 2A-R)	SP=形状、性能等特殊规格 空白=标准品
	17	30	50	80	100	120	—		
	20	30	50	80	100	120	160		
	25	30	50	80	100	120	160		
	32	30	50	80	100	120	160		
	40	—	50	80	100	120	160		
	45	—	50	80	100	120	160		
	50	—	50	80	100	120	160		
	58	—	50	80	100	120	160		

注1: 减速比表示的是输入: 波发生器, 固定: 刚轮, 输出: 柔轮时的情况。

额定表

■ SHG系列

表082-1

型号	减速比	输入2000r/min时的 额定转矩		起动停止时的 容许峰值转矩		平均负载转矩的 容许最大值		瞬间容许最大转矩		容许最高输入 转速r/min		容许平均输入 转速r/min		转动惯量	
		Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	油润滑	润滑脂润滑	油润滑	润滑脂润滑	$I \times 10^{-4} \text{kgm}^2$	$J \times 10^{-4} \text{kgfms}^2$
14	50	7.0	0.7	23	2.3	9	0.9	46	4.7	14000	8500	6500	3500	0.033	0.034
	80	10	1.0	30	3.1	14	1.4	61	6.2						
	100	10	1.0	36	3.7	14	1.4	70	7.2						
17	50	21	2.1	44	4.5	34	3.4	91	9	10000	7300	6500	3500	0.079	0.081
	80	29	2.9	56	5.7	35	3.6	113	12						
	100	31	3.2	70	7.2	51	5.2	143	15						
	120	31	3.2	70	7.2	51	5.2	112	11						
20	50	33	3.3	73	7.4	44	4.5	127	13	10000	6500	6500	3500	0.193	0.197
	80	44	4.5	96	9.8	61	6.2	165	17						
	100	52	5.3	107	10.9	64	6.5	191	20						
	120	52	5.3	113	11.5	64	6.5	191	20						
	160	52	5.3	120	12.2	64	6.5	191	20						
25	50	51	5.2	127	13	72	7.3	242	25	7500	5600	5600	3500	0.413	0.421
	80	82	8.4	178	18	113	12	332	34						
	100	87	8.9	204	21	140	14	369	38						
	120	87	8.9	217	22	140	14	395	40						
	160	87	8.9	229	23	140	14	408	42						
32	50	99	10	281	29	140	14	497	51	7000	4800	4600	3000	1.69	1.72
	80	153	16	395	40	217	22	738	75						
	100	178	18	433	44	281	29	841	86						
	120	178	18	459	47	281	29	892	91						
	160	178	18	484	49	281	29	892	91						
40	50	178	18	523	53	255	26	892	91	5600	4000	3600	3000	4.50	4.59
	80	268	27	675	69	369	38	1270	130						
	100	345	35	738	75	484	49	1400	143						
	120	382	39	802	82	586	60	1530	156						
	160	382	39	841	86	586	60	1530	156						
45	50	229	23	650	66	345	35	1235	126	5000	3800	3300	3000	8.68	8.86
	80	407	41	918	94	507	52	1651	168						
	100	459	47	982	100	650	66	2041	208						
	120	523	53	1070	109	806	82	2288	233						
	160	523	53	1147	117	819	84	2483	253						
50	80	484	49	1223	125	675	69	2418	247	4500	3500	3000	2500	12.5	12.8
	100	611	62	1274	130	866	88	2678	273						
	120	688	70	1404	143	1057	108	2678	273						
	160	688	70	1534	156	1096	112	3185	325						
58	80	714	73	1924	196	1001	102	3185	325	4000	3000	2700	2200	27.3	27.9
	100	905	92	2067	211	1378	141	4134	422						
	120	969	99	2236	228	1547	158	4329	441						
	160	969	99	2392	244	1573	160	4459	455						
65	80	969	99	2743	280	1352	138	4836	493	3500	2800	2400	1900	46.5	47.8
	100	1236	126	2990	305	1976	202	6175	630						
	120	1236	126	3263	333	2041	208	6175	630						
	160	1236	126	3419	349	2041	208	6175	630						

(注) 1. 组件型型号50以上、减速比50的机型以油润滑为标准。采用润滑脂润滑时，请在额定转矩 $\frac{1}{2}$ 以内使用。

2. 转动惯量 $I = \frac{1}{4} GD^2$

3. 用语详情请参照第010页的“技术资料”。

SHF系列

表083-1

型号	减速比	输入2000r/min时的 额定转矩		起动停止时的 容许峰值转矩		平均负载转矩的 容许最大值		瞬间容许最大转矩		容许最高输入 转速r/min		容许平均输入 转速r/min		转动惯量	
		Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	油润滑	润滑脂润滑	油润滑	润滑脂润滑	I × 10 ⁻⁴ kgm ²	J × 10 ⁻³ kgfms ²
14	30	4.0	0.41	9.0	0.92	6.8	0.69	17	1.7	14000	8500	6500	3500	0.033	0.034
	50	5.4	0.55	18	1.8	6.9	0.70	35	3.6						
	80	7.8	0.80	23	2.4	11	1.1	47	4.8						
	100	7.8	0.80	28	2.9	11	1.1	54	5.5						
17	30	8.8	0.90	16	1.6	12	1.2	30	3.1	10000	7300	6500	3500	0.079	0.081
	50	16	1.6	34	3.5	26	2.6	70	7.1						
	80	22	2.2	43	4.4	27	2.7	87	8.9						
	100	24	2.4	54	5.5	39	4.0	110	11						
20	120	24	2.4	54	5.5	39	4.0	86	8.8	10000	6500	6500	3500	0.193	0.197
	30	15	1.5	27	2.8	20	2.0	50	5.1						
	50	25	2.5	56	5.7	34	3.5	98	10						
	80	34	3.5	74	7.5	47	4.8	127	13						
25	100	40	4.1	82	8.4	49	5.0	147	15	7500	5600	5600	3500	0.413	0.421
	120	40	4.1	87	8.9	49	5.0	147	15						
	160	40	4.1	92	9.4	49	5.0	147	15						
	30	27	2.8	50	5.1	38	3.9	95	9.7						
32	50	39	4.0	98	10	55	5.6	186	19	7000	4800	4600	3500	1.69	1.72
	80	63	6.4	137	14	87	8.9	255	26						
	100	67	6.8	157	16	108	11	284	29						
	120	67	6.8	167	17	108	11	304	31						
40	160	67	6.8	176	18	108	11	314	32	5600	4000	3600	3000	4.50	4.59
	50	137	14	402	41	196	20	686	70						
	80	206	21	519	53	284	29	980	100						
	100	265	27	568	58	372	38	1080	110						
45	120	294	30	617	63	451	46	1180	120	5000	3800	3300	3000	8.68	8.86
	160	294	30	647	66	451	46	1180	120						
	50	176	18	500	51	265	27	950	97						
	80	313	32	706	72	390	40	1270	130						
50	100	353	36	755	77	500	51	1570	160	4500	3500	3000	2500	12.5	12.8
	120	402	41	823	84	620	63	1760	180						
	160	402	41	882	90	630	64	1910	195						
	50	245	25	715	73	350	36	1430	146						
58	80	372	38	941	96	519	53	1860	190	4000	3000	2700	2200	27.3	27.9
	100	470	48	980	100	666	68	2060	210						
	120	529	54	1080	110	813	83	2060	210						
	160	529	54	1180	120	843	86	2450	250						
	50	353	36	1020	104	520	53	1960	200						
	80	549	56	1480	151	770	79	2450	250						
	100	696	71	1590	162	1060	108	3180	325						
	120	745	76	1720	176	1190	121	3330	340						
	160	745	76	1840	188	1210	123	3430	350						

(注) 1.组件型号50以上、减速比50的机型以油润滑为标准。采用润滑脂润滑时，请在额定转矩 $\frac{1}{2}$ 以内使用。

2.转动惯量 $I = \frac{1}{4}GD^2$

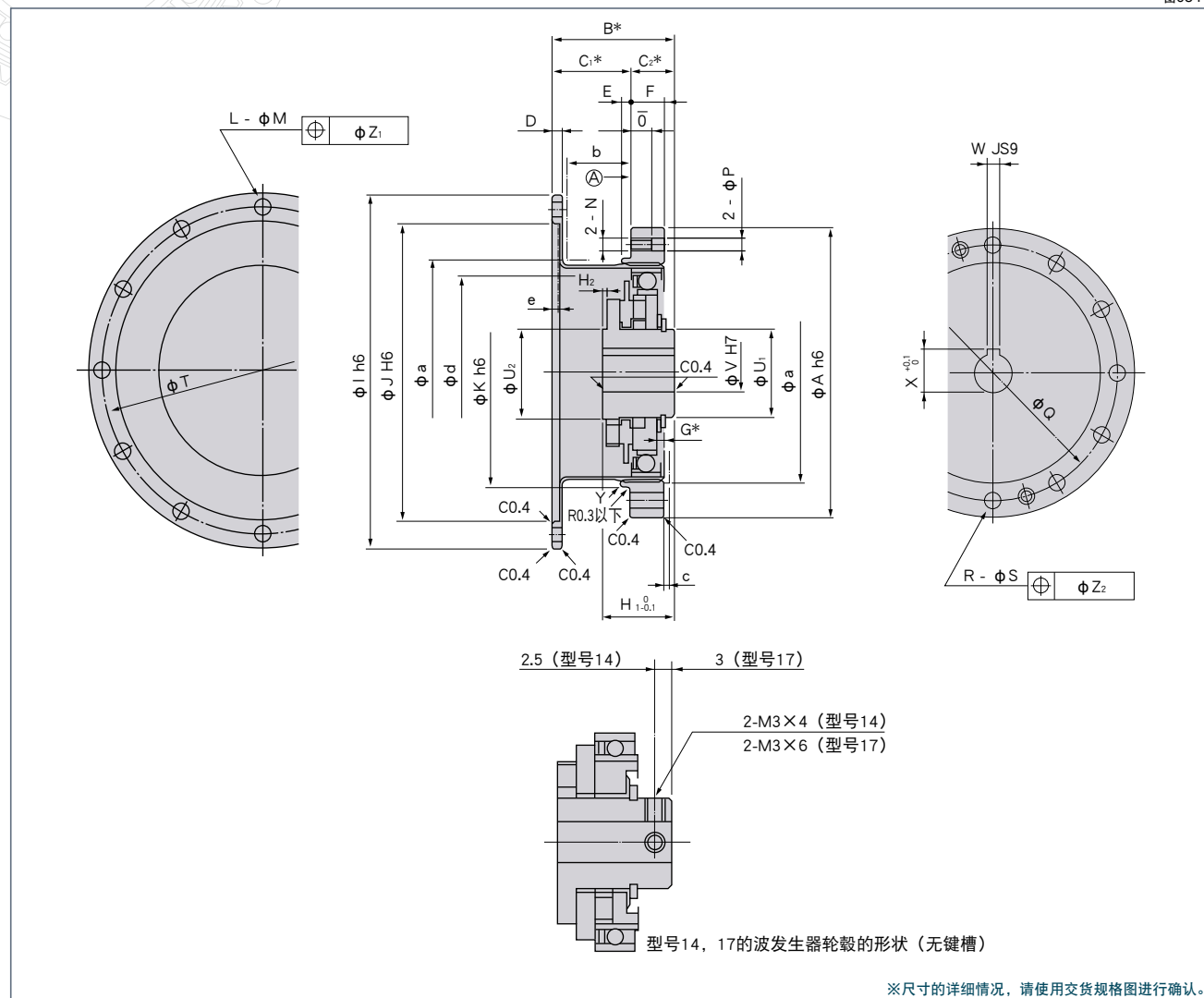
3.用语详情请参照第010页的“技术资料”。

外形图

本产品的CAD数据（DXF）可从本公司主页下载。

URL: <http://www.hds.co.jp/>

图084-1



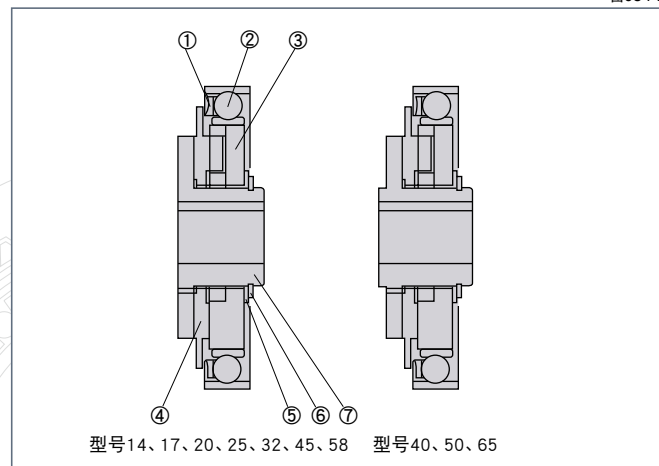
※尺寸的详细情况，请使用交货规格图进行确认。

波发生器的形状

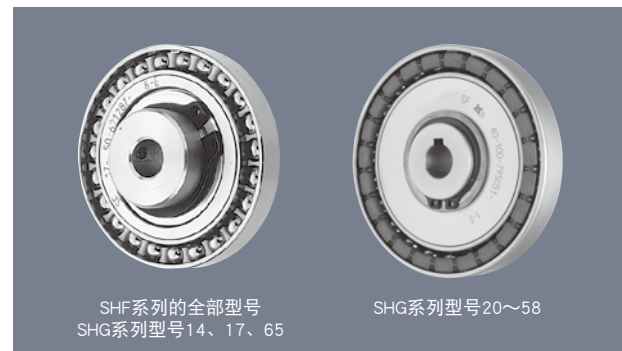
波发生器采用欧式联轴节结构。

SHF系列和SHG系列的轴承保持架的外观形状有所差异。（此外，SHG系列的型号14、17与SHF系列相同。）

图084-2



- ①轴承保持架
- ②波发生器轴承
- ③波发生器凸轮
- ④镶块
- ⑤摩擦垫圈
- ⑥C型卡环
- ⑦波发生器轮毂



尺寸表

表085-1
单位: mm

符号	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
ϕA h6		50	60	70	85	110	135	155	170	195	215
B*	SHG系列	28.5 ⁰ _{-0.4}	32.5 ⁰ _{-0.4}	33.5 ⁰ _{-0.4}	37 ⁰ _{-0.5}	44 ⁰ _{-0.6}	53 ⁰ _{-0.6}	58.5 ⁰ _{-0.6}	64 ⁰ _{-0.7}	75.5 ⁰ _{-0.7}	83 ⁰ _{-0.7}
	SHF系列	28.5 ⁰ _{-0.8}	32.5 ⁰ _{-0.9}	33.5 ⁰ _{-1.0}	37 ⁰ _{-1.0}	44 ⁰ _{-1.1}	53 ⁰ _{-1.1}	58.5 ⁰ _{-1.2}	64 ⁰ _{-1.3}	75.5 ⁰ _{-1.3}	—
C ₁ *		17.5 ^{+0.4} ₀	20 ^{+0.5} ₀	21.5 ^{+0.8} ₀	24 ^{+0.8} ₀	28 ^{+0.8} ₀	34 ^{+0.6} ₀	38 ^{+0.6} ₀	41 ^{+0.6} ₀	48 ^{+0.6} ₀	52.5 ^{+0.6} ₀
C ₂ *		11	12.5	12	13	16	19	20.5	23	27.5	30.5
D		2.4	3	3	3.3	3.6	4	4.5	5	5.8	6.5
E		2	2.5	3	3	3	4	4	4	5	5
F		6	6.5	7.5	10	14	17	19	22	25	29
G*	SHG系列	1.4	1.6	1.5	3.5	4.2	5.6	6.3	7	8.2	9.5
	SHF系列	0.4	0.3	0.1	2.1	2.5	3.3	3.7	4.2	4.8	—
H ₁	SHG系列	18.5 ⁰ _{-0.1}	20.7 ⁰ _{-0.1}	21.5 ⁰ _{-0.1}	21.6 ⁰ _{-0.1}	23.6 ⁰ _{-0.1}	29.7 ⁰ _{-0.1}	30.5 ⁰ _{-0.1}	34.8 ⁰ _{-0.1}	38.3 ⁰ _{-0.1}	44.6 ⁰ _{-0.1}
	SHF系列	17.6 ⁰ _{-0.1}	19.5 ⁰ _{-0.1}	20.1 ⁰ _{-0.1}	20.2 ⁰ _{-0.1}	22 ⁰ _{-0.1}	27.5 ⁰ _{-0.1}	27.9 ⁰ _{-0.1}	32 ⁰ _{-0.1}	34.9 ⁰ _{-0.1}	—
H ₂		—	—	—	—	—	0.4	—	0.8	—	2.2
ϕI h6	SHG系列	60	72	82	104	134	164	190	214	240	276
	SHF系列	60	72	82	104	134	164	182	205	233	—
ϕJ H6		48	60	70	88	114	140	158	175	203	232
ϕK h6	减速比30以外	38	48	54	67	90	110	124	135	156	177
	减速比30	38	48	55	68	90	—	—	—	—	—
L		8	12	12	12	12	12	18	12	16	16
ϕM		3.5	3.4	3.5	4.5	5.5	6.6	6.6	9	9	11
N		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10
O		6	6.5	4	6	7	9	12	13	15	15
ϕP		—	—	3.5	4.5	5.5	6.6	9	9	11	11
ϕQ		44	54	62	75	100	120	140	150	175	195
R	SHG系列	8	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	SHF系列	6	12	12	12	12	12	12	12	12	—
ϕS		3.5	3.5	3.5	4.5	5.5	6.6	9	9	11	11
ϕT	SHG系列	54	66	76	96	124	152	180	200	226	258
	SHF系列	54	66	76	96	124	152	170	190	218	—
ϕU_1		14	18	21	26	26	32	32	32	40	48
ϕU_2		—	—	—	—	—	32	—	32	—	48
ϕV	标准 (H7)	6	8	9	11	14	14	19	19	22	24
	最大尺寸	8	10	13	15	15	20	20	20	25	30
WJs9		—	—	3	4	5	5	6	6	6	8
X		—	—	10.4 ^{+0.1} ₀	12.8 ^{+0.1} ₀	16.3 ^{+0.1} ₀	16.3 ^{+0.1} ₀	21.8 ^{+0.1} ₀	21.8 ^{+0.1} ₀	24.8 ^{+0.1} ₀	27.3 ^{+0.2} ₀
Y		C0.3	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.4	C0.8	C0.8	C0.8
ϕZ_1		0.25	0.20	0.25	0.25	0.25	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
ϕZ_2		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5
壳体内壁	ϕa	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172
	b	14.6	16.4	17.8	19.8	23.2	28.6	31.9	34.2	40.1	43
	c	1	1	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2.5	2.5
	ϕd	31	38	45	56	73	90	101	113	131	150
	e	1.7	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	2.5	2.9	3.5
重量 (kg)		0.11	0.18	0.31	0.48	0.97	1.87	2.64	3.53	5.17	7.04

- 刚轮的安装面为图的④面。向壳体等进行安装时请对准该面。
- 下述尺寸可以变更或追加加工。

波发生器: V尺寸
柔轮: L·M尺寸
刚轮: R·S尺寸

- 带*符号的B·C₁·C₂·G的尺寸是指构成Harmonic Drive的三个部件(波发生器、柔轮、刚轮)轴向的连接位置以及容许公差。尺寸会对性能、强度造成影响, 组装时请严格遵守。
- 由于柔轮会发生弹性形变, 为防止其与壳体接触, 请使用大于 $\phi a \cdot b \cdot c$ 、小于 $d \cdot e$ 的内壁尺寸。
- 产品交货时, 三部件(波发生器、柔轮、刚轮)呈拆装状态。

- SHF系列和SHG系列中部分尺寸及形状有所差异, 在设计及安装时请特别注意。

角度传达精度

(用语说明请参照“技术资料”。)

表086-1

减速比	规格	型号	14	17	20	25	32	40~65
30	标准品	×10 ⁻⁴ rad	5.8	4.4	4.4	4.4	4.4	—
		arc min	2	1.5	1.5	1.5	1.5	—
	特殊品	×10 ⁻⁴ rad	—	—	2.9	2.9	2.9	—
		arc min	—	—	1	1	1	—
50以上	标准品	×10 ⁻⁴ rad	4.4	4.4	2.9	2.9	2.9	2.9
		arc min	1.5	1.5	1	1	1	1
	特殊品	×10 ⁻⁴ rad	2.9	2.9	1.5	1.5	1.5	1.5
		arc min	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5

磁滞损失

(用语说明请参照“技术资料”。)

表086-2

减速比	单位	型号	14	17	20	25	32	40以上
30	×10 ⁻⁴ rad	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	—
	arc min	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	—
50	×10 ⁻⁴ rad	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	arc min	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
80以上	×10 ⁻⁴ rad	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
	arc min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

最大齿隙量

(用语说明请参照“技术资料”。)

表086-3

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	×10 ⁻⁵ rad	29.1	16.0	13.6	13.6	11.2	—	—	—	—	—
	arc sec	60	33	28	28	23	—	—	—	—	—
50	×10 ⁻⁵ rad	17.5	9.7	8.2	8.2	6.8	6.8	5.8	5.8	4.8	—
	arc sec	36	20	17	17	14	14	12	12	10	—
80	×10 ⁻⁵ rad	11.2	6.3	5.3	5.3	4.4	4.4	3.9	3.9	2.9	2.9
	arc sec	23	13	11	11	9	9	8	8	6	6
100	×10 ⁻⁵ rad	8.7	4.8	4.4	4.4	3.4	3.4	2.9	2.9	2.4	2.4
	arc sec	18	10	9	9	7	7	6	6	5	5
120	×10 ⁻⁵ rad	—	3.9	3.9	3.9	2.9	2.9	2.4	2.4	1.9	1.9
	arc sec	—	8	8	8	6	6	5	5	4	4
160	×10 ⁻⁵ rad	—	—	2.9	2.9	2.4	2.4	1.9	1.9	1.5	1.5
	arc sec	—	—	6	6	5	5	4	4	3	3

刚性 (弹簧常数)

(用语说明请参照“技术资料”。)

表086-4

符号	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
T ₁	Nm	2.0	3.9	7.0	14	29	54	76	108	168	235
	kgfm	0.2	0.4	0.7	1.4	3.0	5.5	7.8	11	17	24
T ₂	Nm	6.9	12	25	48	108	196	275	382	598	843
	kgfm	0.7	1.2	2.5	4.9	11	20	28	39	61	86
减速比 30	K ₁	×10 ⁴ Nm/rad	0.19	0.34	0.57	1.0	2.4	—	—	—	—
		kgf·m/arc min	0.056	0.10	0.17	0.30	0.70	—	—	—	—
	K ₂	×10 ⁴ Nm/rad	0.24	0.44	0.71	1.3	3.0	—	—	—	—
		kgfm/arc min	0.07	0.13	0.21	0.40	0.89	—	—	—	—
	K ₃	×10 ⁴ Nm/rad	0.34	0.67	1.1	2.1	4.9	—	—	—	—
		kgfm/arc min	0.10	0.20	0.32	0.62	1.5	—	—	—	—
	θ ₁	×10 ⁻⁴ rad	10.5	11.5	12.3	14	12.1	—	—	—	—
		arc min	3.6	4.0	4.1	4.7	4.3	—	—	—	—
	θ ₂	×10 ⁻⁴ rad	31	30	38	40	38	—	—	—	—
		arc min	10.7	10.2	12.7	13.4	13.3	—	—	—	—
减速比 50	K ₁	×10 ⁴ Nm/rad	0.34	0.81	1.3	2.5	5.4	10	15	20	31
		kgfm/arc min	0.1	0.24	0.38	0.74	1.6	3.0	4.3	5.9	9.3
	K ₂	×10 ⁴ Nm/rad	0.47	1.1	1.8	3.4	7.8	14	20	28	44
		kgfm/arc min	0.14	0.32	0.52	1.0	2.3	4.2	6.0	8.2	13
	K ₃	×10 ⁴ Nm/rad	0.57	1.3	2.3	4.4	9.8	18	26	34	54
		kgfm/arc min	0.17	0.4	0.67	1.3	2.9	5.3	7.6	10	16
	θ ₁	×10 ⁻⁴ rad	5.8	4.9	5.2	5.5	5.5	5.2	5.5	5.2	—
		arc min	2.0	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	1.8	—
	θ ₂	×10 ⁻⁴ rad	16	12	15.4	15.7	15.7	15.4	15.1	15.4	15.1
		arc min	5.6	4.2	5.3	5.4	5.4	5.3	5.2	5.2	—

※本表的数值为平均值。

表087-1

符号	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
T_1	Nm	2.0	3.9	7.0	14	29	54	76	108	168	235
	kgfm	0.2	0.4	0.7	1.4	3.0	5.5	7.8	11	17	24
T_2	Nm	6.9	12	25	48	108	196	275	382	598	843
	kgfm	0.7	1.2	2.5	4.9	11	20	28	39	61	86
减速比 80以上	K_1	$\times 10^4 \text{Nm/rad}$	0.47	1	1.6	3.1	6.7	13	25	40	54
		kgfm/arc min	0.14	0.3	0.47	0.92	2.0	3.8	5.4	7.4	12
	K_2	$\times 10^4 \text{Nm/rad}$	0.61	1.4	2.5	5.0	11	20	29	40	61
		kgfm/arc min	0.18	0.4	0.75	1.5	3.2	6.0	8.5	12	18
	K_3	$\times 10^4 \text{Nm/rad}$	0.71	1.6	2.9	5.7	12	23	33	44	71
		kgfm/arc min	0.21	0.46	0.85	1.7	3.7	6.8	9.7	13	21
	θ_1	$\times 10^{-4} \text{rad}$	4.1	3.9	4.4	4.4	4.1	4.1	4.4	4.1	4.4
		arc min	1.4	1.3	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5
	θ_2	$\times 10^{-4} \text{rad}$	12	9.7	11.3	11.1	11.6	11.1	11.1	11.1	11.3
		arc min	4.2	3.3	3.9	3.8	4.0	3.8	3.8	3.8	3.9

※本表的数值为平均值。

起动转矩

(用语说明请参照“技术资料”。) 下表的数值会根据使用条件的不同而有所变化, 请作为参考值使用。

表087-2
单位: cNm

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30		4.8	7.2	12	18	50	—	—	—	—	—
50		3.7	5.7	7.3	14	28	50	70	94	140	—
80		2.8	3.8	4.8	8.9	19	33	47	63	94	128
100		2.4	3.3	4.3	7.9	18	29	41	56	83	114
120		—	3.1	3.9	7.3	15	27	37	51	76	104
160		—	—	3.4	6.4	14	24	33	44	68	94

表087-3
单位: cNm

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58
30		4.8	7.2	12	18	50	—	—	—	—
50		3.7	5.7	7.3	14	28	50	70	94	140
80		2.8	3.8	4.8	8.9	19	33	47	63	94
100		2.4	3.3	4.3	7.9	18	29	41	56	83
120		—	3.1	3.9	7.3	15	27	37	51	76
160		—	—	3.4	6.4	14	24	33	44	68

增速起动转矩

(用语说明请参照“技术资料”。) 下表的数值会根据使用条件的不同而有所变化, 请作为参考值使用。

表087-4
单位: Nm

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30		2.3	3.5	6.1	11	23	—	—	—	—	—
50		2.2	3.4	4.4	8.2	17	30	42	56	84	—
80		2.7	3.7	4.6	8.6	18	32	45	60	90	123
100		2.8	4	5.2	9.5	21	35	49	67	100	137
120		—	4.5	5.6	10	21	40	54	73	110	151
160		—	—	6.6	12	26	45	64	85	130	180

表087-5
单位: Nm

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58
30		2.3	3.5	6.1	11	23	—	—	—	—
50		2.2	3.4	4.4	8.2	17	30	42	56	84
80		2.7	3.7	4.6	8.6	18	32	45	60	90
100		2.8	4	5.2	9.5	21	35	49	67	100
120		—	4.5	5.6	10	21	40	54	73	110
160		—	—	6.6	12	26	45	64	85	130

棘爪扭矩

(用语说明请参照“技术资料”。)

表088-1
单位: Nm

SHG系列

减速比	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
50		110	190	280	580	1200	2300	3500	—	—	—
80		140	260	450	880	1800	3600	5000	7000	10000	14000
100		100	200	330	650	1300	2700	4000	5300	8300	12000
120		—	150	310	610	1200	2400	3600	4900	7500	10000
160		—	—	280	580	1200	2300	3300	4600	7200	10000

表088-2
单位: Nm

SHF系列

型号	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58
30		59	100	170	340	720	—	—	—	—
50		88	150	220	450	980	1800	2700	3700	5800
80		110	200	350	680	1400	2800	3900	5400	8200
100		84	160	260	500	1000	2100	3100	4100	6400
120		—	120	240	470	980	1900	2800	3800	5800
160		—	—	220	450	980	1800	2600	3600	5600

屈曲转矩

(用语说明请参照“技术资料”。)

表088-3
单位: Nm

SHG系列

型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
全减速比	210	420	700	1300	2800	5200	7600	10400	16200	22800

表088-4
单位: Nm

SHF系列

型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58
全减速比	140	270	440	890	1750	3750	5400	7500	11800

无负载运行转矩

无负载运行转矩是指在不负载状态下, 使Harmonic Drive转动的必要的输入侧(高速轴侧)转矩。

测定条件

表088-5

减速比 100			
润滑条件	润滑脂润滑	名称	Harmonic润滑脂 SK-1A
			Harmonic润滑脂 SK-2
		涂抹量	正确涂抹量(第090页)
转矩值是指在输入为2000r/min的情况下平均磨合2小时以上的数值			

※使用油润滑时请咨询授权代理商。

不同速比修正量

Harmonic Drive的无负载运行转矩会根据减速比而发生改变。
图089-1~089-4为减速比100的数值。
其他减速比，请加上表089-1所示的修正量进行计算。

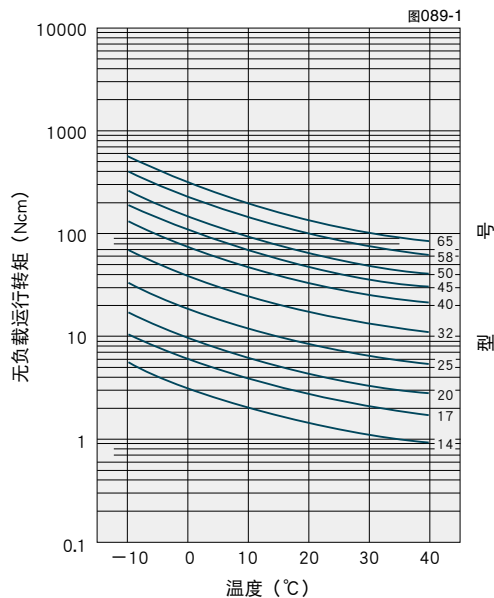
组件型无负载运行转矩修正量

表089-1
单位: Ncm

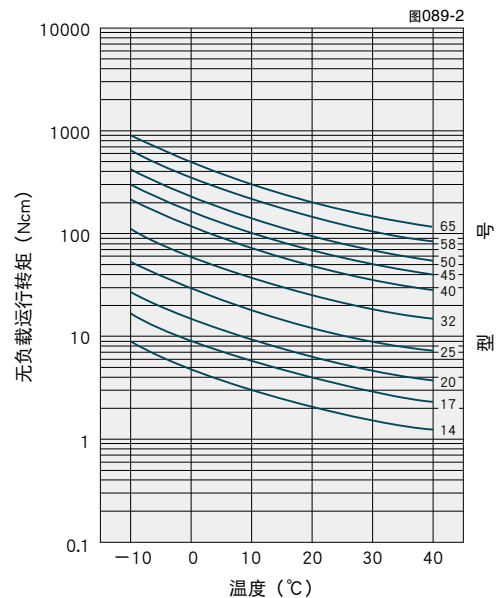
型号	30	50	80	120	160
14	+1.2	+0.5	+0.1	—	—
17	+2.1	+0.9	+0.1	-0.1	—
20	+3.1	+1.4	+0.2	-0.2	-0.4
25	+5.7	+2.5	+0.4	-0.3	-0.7
32	+11.7	+5.2	+0.8	-0.6	-1.4
40	—	+9.2	+1.4	-1.0	-2.5
45	—	+12.7	+2.0	-1.4	-3.5
50	—	+17.0	+2.6	-1.9	-4.6
58	—	+25.8	+4.0	-2.9	-7.0
65	—	—	+5.4	-4.0	-9.7

减速比100的无负载运行转矩

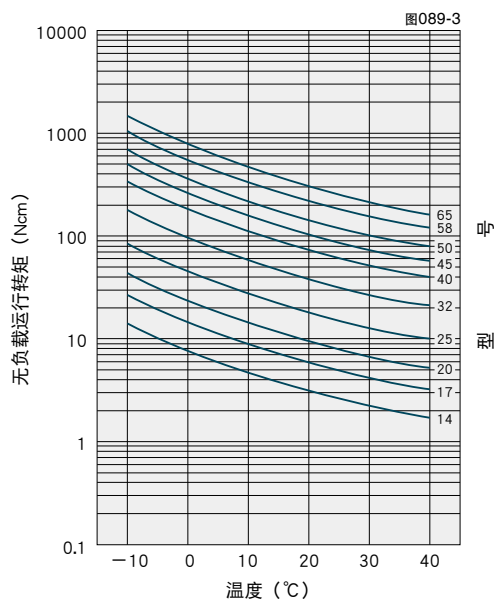
输入转速500r/min



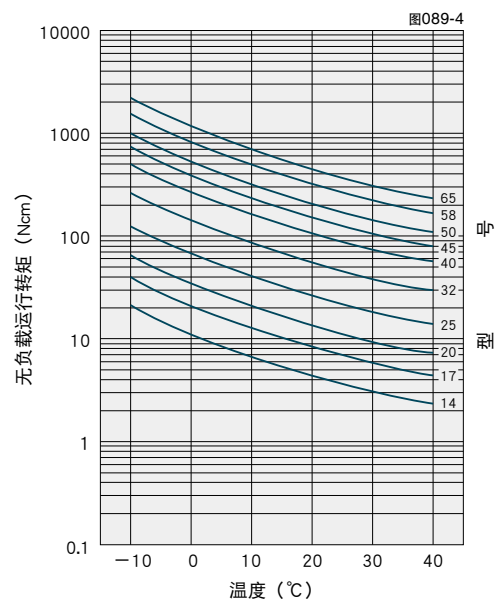
输入转速1000r/min



输入转速2000r/min



输入转速3500r/min



※本表的数值为平均值 $\bar{X}$ 。 $\sigma \approx \bar{X} \times 0.2$

效率特性

效率会因以下条件而有所差异。

- 减速比
- 输入转速
- 负载转矩
- 温度
- 润滑条件（润滑的种类及其使用量）

效率修正系数

负载转矩小于额定转矩时，效率值降低。

请根据表090-1计算出修正系数 K_e ，并参考以下计算示例计算出效率。

计算示例

以SHF-20-80-2A-GR为例，计算出以下条件下的效率 η (%)。

输入转速：1000r/min

负载转矩：19.6Nm

润滑方法：润滑脂润滑（Harmonic润滑脂 SK-1A）

润滑剂温度：20℃

型号20·减速比80的额定转矩为34Nm（额定表：第081页），因此转矩比 α 为0.58。（ $\alpha = 19.6/34 = 0.58$ ）

■ 根据表090-1，计算出效率修正系数 $K_e = 0.93$

■ 负载转矩为19.6Nm时的效率 η 为： $\eta = K_e \cdot \eta_R = 0.93 \times 82\% = 76\%$ 。

测定条件

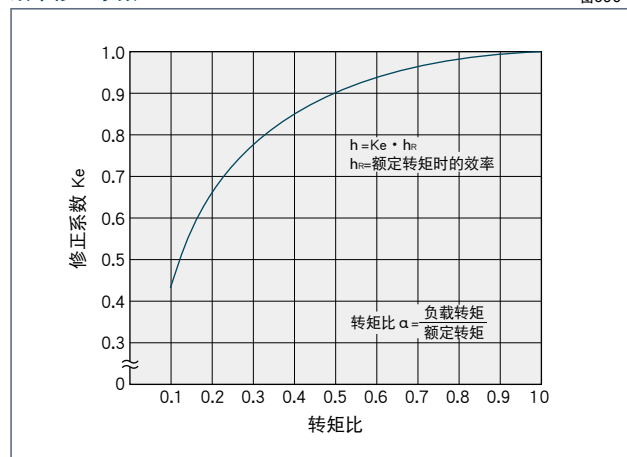
表090-1

组装	推荐组装精度下的组装测定		
负载转矩	额定表所示的额定转矩（第080，081页）		
润滑条件	润滑脂润滑	名称	Harmonic润滑脂 SK-1A
		涂抹量	Harmonic润滑脂 SK-2 正确涂抹量（第090页）

※使用油润滑时请咨询授权代理商。

效率修正系数

图090-1



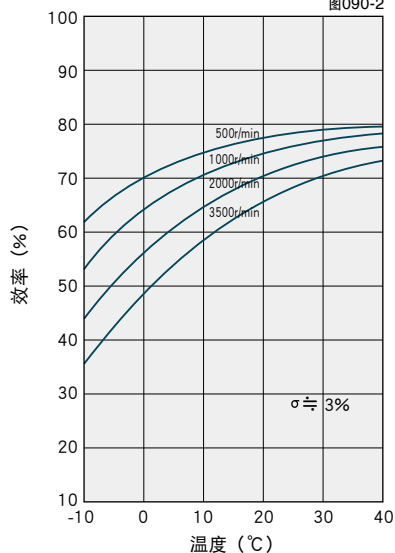
※负载转矩大于额定转矩时的效率修正系数 $K_e = 1$ 。

额定转矩时的效率

型号14

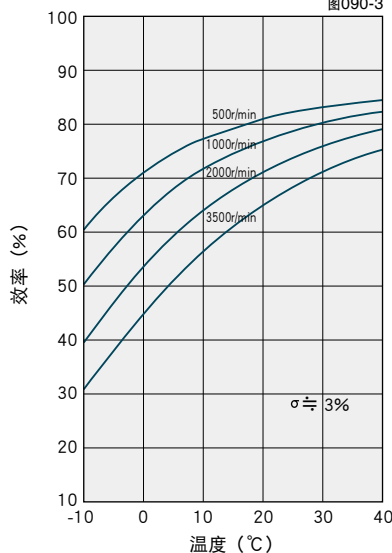
减速比30

图090-2



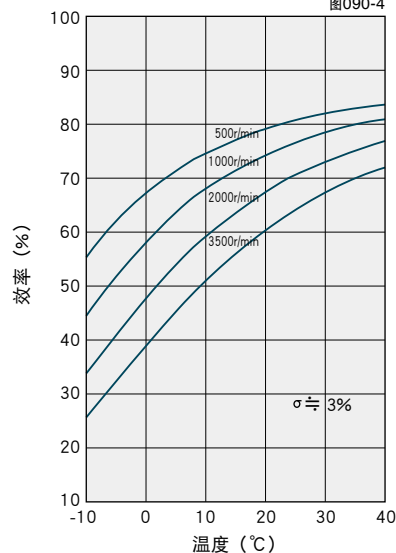
减速比50、80

图090-3



减速比100

图090-4

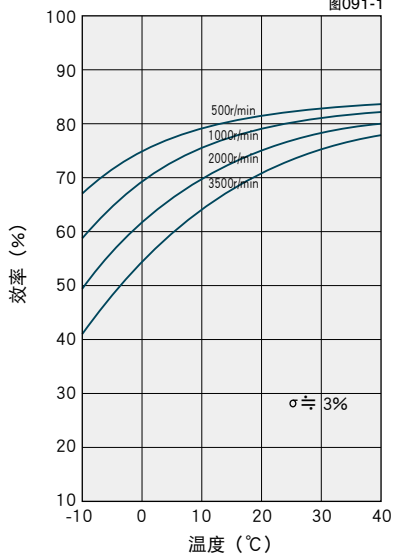


■额定转矩时的效率

型号 17~65

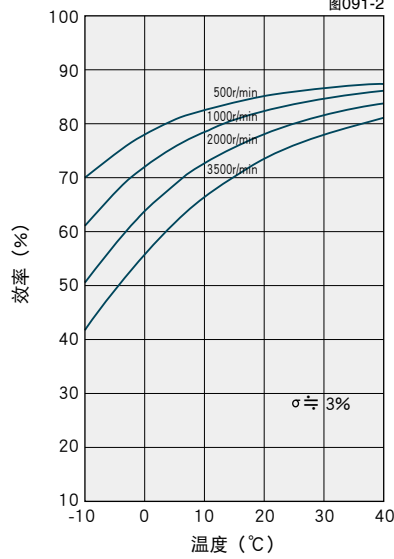
减速比30

图091-1



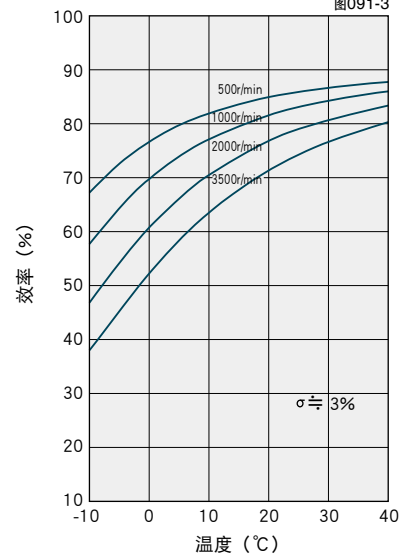
减速比50

图091-2



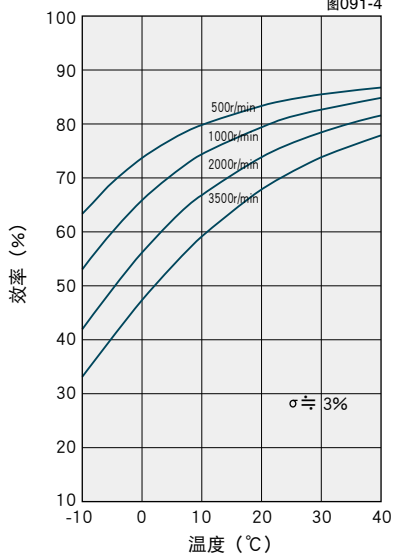
减速比80、100

图091-3



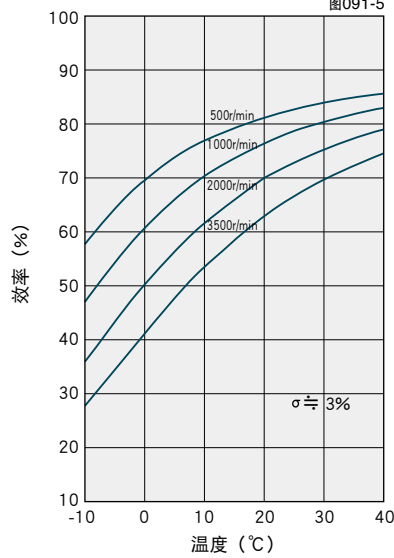
减速比120

图091-4



减速比160

图091-5



润滑

■ 润滑脂润滑

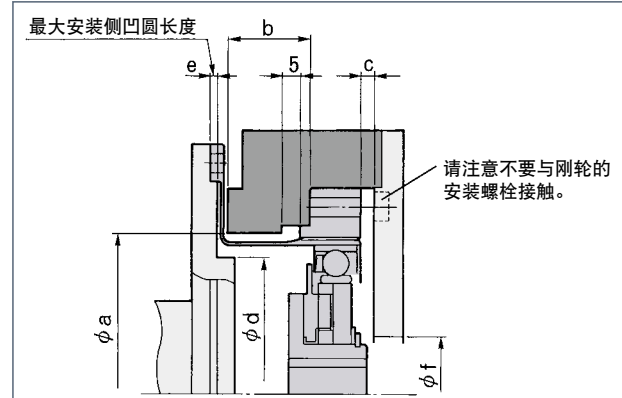
润滑剂的详情请参照第014页的“技术资料”。

壳体内壁推荐尺寸

使用润滑脂润滑时，为避免在运转中润滑脂发生飞散，尽量留存在Harmonic Drive的内部，请尽可能采用Harmonic Drive和壳体内壁之间的推荐尺寸进行设计。无法确保使用推荐尺寸时请咨询授权代理商。

壳体内壁推荐尺寸

图092-1



壳体内壁推荐尺寸

表092-1
单位：mm

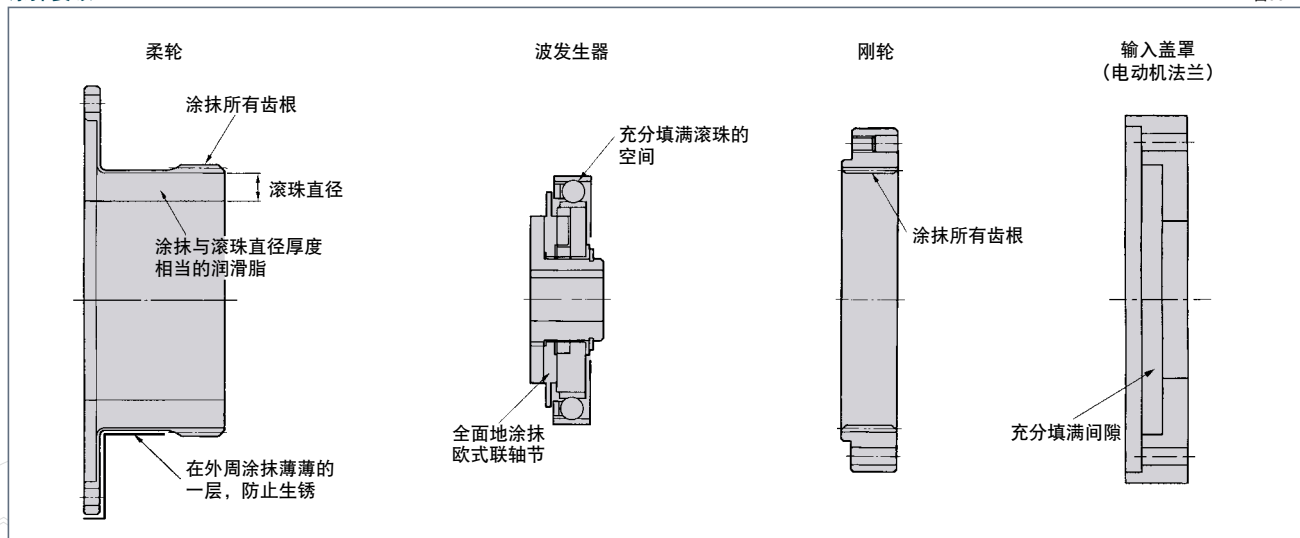
符号	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
ϕa		38	45	53	66	86	106	119	133	154	172
b		14.6	16.4	17.8	19.8	23.2	28.6	31.9	34.2	40.1	43
c		1(3)	1(3)	1.5(4.5)	1.5(4.5)	1.5(4.5)	2(6)	2(6)	2(6)	2.5(7.5)	2.5(7.5)
ϕd		31	38	45	56	73	90	101	113	131	150
e		1.7	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	2.5	2.9	3.5
$\phi f^{+0.5}_0$		16	26	30	37	37	45	45	45	56	62

(注) () 内的数值为波发生器朝上（第092页 图094-2）时的数值

涂抹要领

涂抹要领

图092-2



根据使用方法涂抹的要领

波发生器朝上、朝下时的涂抹要领请参考CSF系列的相关内容（第046页 图048-3）。

涂抹量

表092-2
单位：g

使用方法	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
水平使用		5.8	11	18	32	64	120	185	235	385	495
垂直使用	输出轴朝上	7.5	13	19	37	74	130	200	255	400	530
	输出轴朝下	8.9	15	22	42	84	150	230	290	480	630

润滑脂更换时间

Harmonic Drive的各运动部的磨损很大程度上会受到润滑脂性能的影响。

润滑脂的性能会根据温度变化，温度越高劣化越快，因此需要尽早进行润滑脂更换。如下表所示，当平均负载转矩低于额定转矩时，根据润滑脂温度与波发生器总计转数间的关系可确定润滑脂的更换时间大致标准。

平均负载转矩超出额定转矩时，则通过以下计算公式计算出润滑脂的更换时间大致标准。

平均负载转矩超出额定转矩时的计算公式

公式093-1

$$L_{GT} = L_{GTn} \times \left(\frac{T_r}{T_{av}} \right)^3$$

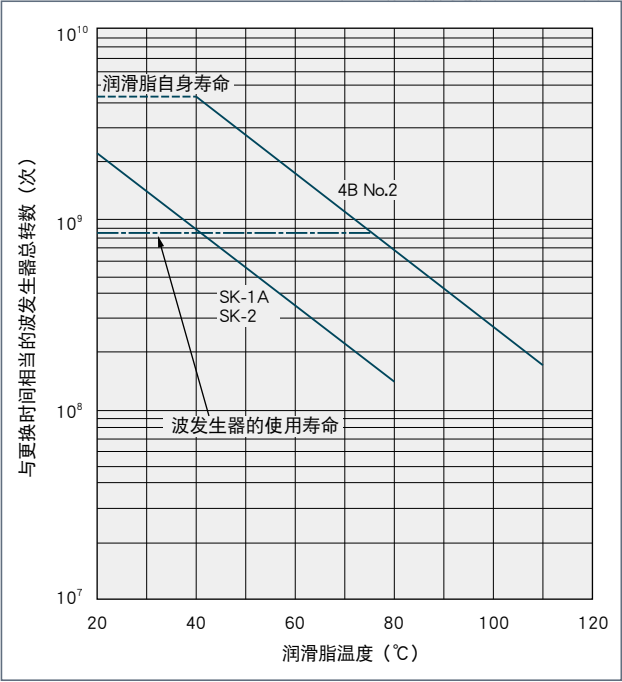
计算公式的符号

表093-1

L_{GT}	超出额定转矩时的更换时间	转数	——
L_{GTn}	低于额定转矩时的更换时间	转数	参照右图
T_r	额定转矩	Nm,kgfm	参照第080, 081页的“额定表”
T_{av}	输出侧的平均负载转矩		计算公式：参照第012页

润滑脂更换时间： L_{GTn} （平均负载转矩低于额定转矩时）

图093-1



※波发生器的使用寿命表示破损率为10%。

■其他注意事项

- 1.请避免与其他润滑脂混用。此外，组装到装置上时请将Harmonic Drive置于单独的壳体内。
- 2.在波发生器处于朝上（参照第048页 图050-2）的状态，且朝单方向以固定负载低速旋转（输入转速：低于1000r/min）时使用Harmonic Drive，可能引起润滑不良，此时使用请咨询本公司授权代理商。
- 3.组件型号50以上、减速比50的机型以润滑油润滑为标准。采用润滑脂润滑时，请在额定转矩 $\frac{1}{2}$ 以内使用。

■油润滑

润滑剂的详情请参照第016页的“技术资料”。

使用方向和油面位置

水平方向时

油面位置请依照图094-1的A尺寸。

水平使用的油面位置

表094-1
单位: mm

型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
A	10	12	14	17	24	31	35	38	44	50

垂直方向时

波发生器朝上、朝下时，向波发生器注入润滑油要达到滚珠的中心（图094-2的B尺寸）。

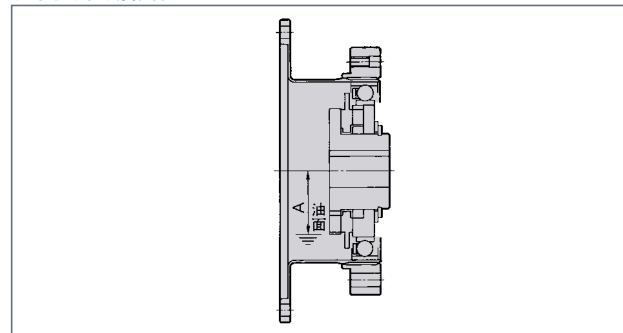
垂直使用的油面位置

表094-2
单位: mm

型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
B	2.5	3	3	5	7	9	10	12	13	15

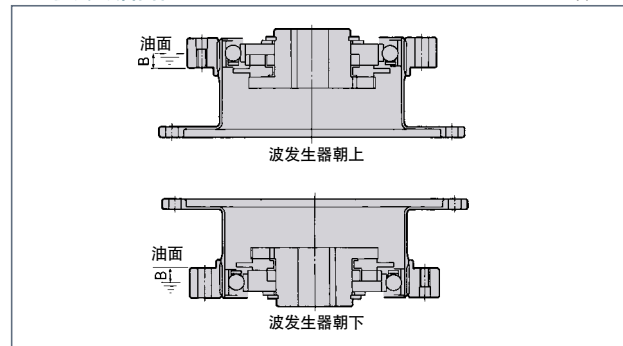
水平使用的油面位置

图094-1



垂直使用的油面位置

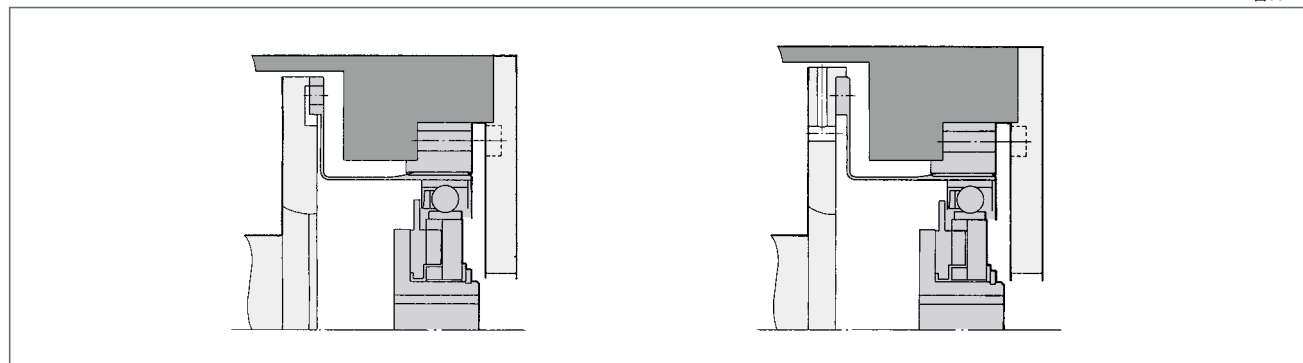
图094-2



柔轮安装部的油槽加工示例

在油润滑中，为使柔轮内、外部润滑油循环、消除压力差，需要对柔轮安装部实施油槽加工。请参照图094-3实施加工。

图094-3



油量

表095-1
单位: ℓ

型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
油量	0.01	0.02	0.03	0.07	0.13	0.25	0.32	0.4	0.7	1.0

更换时间

第一次 开始运转后100小时

第二次以后 每运转1000小时或每6个月

但是, 使用条件恶劣时请提前更换。

其他注意事项

为避免与其他油液混用, 请将Harmonic Drive置于单独的壳体内。

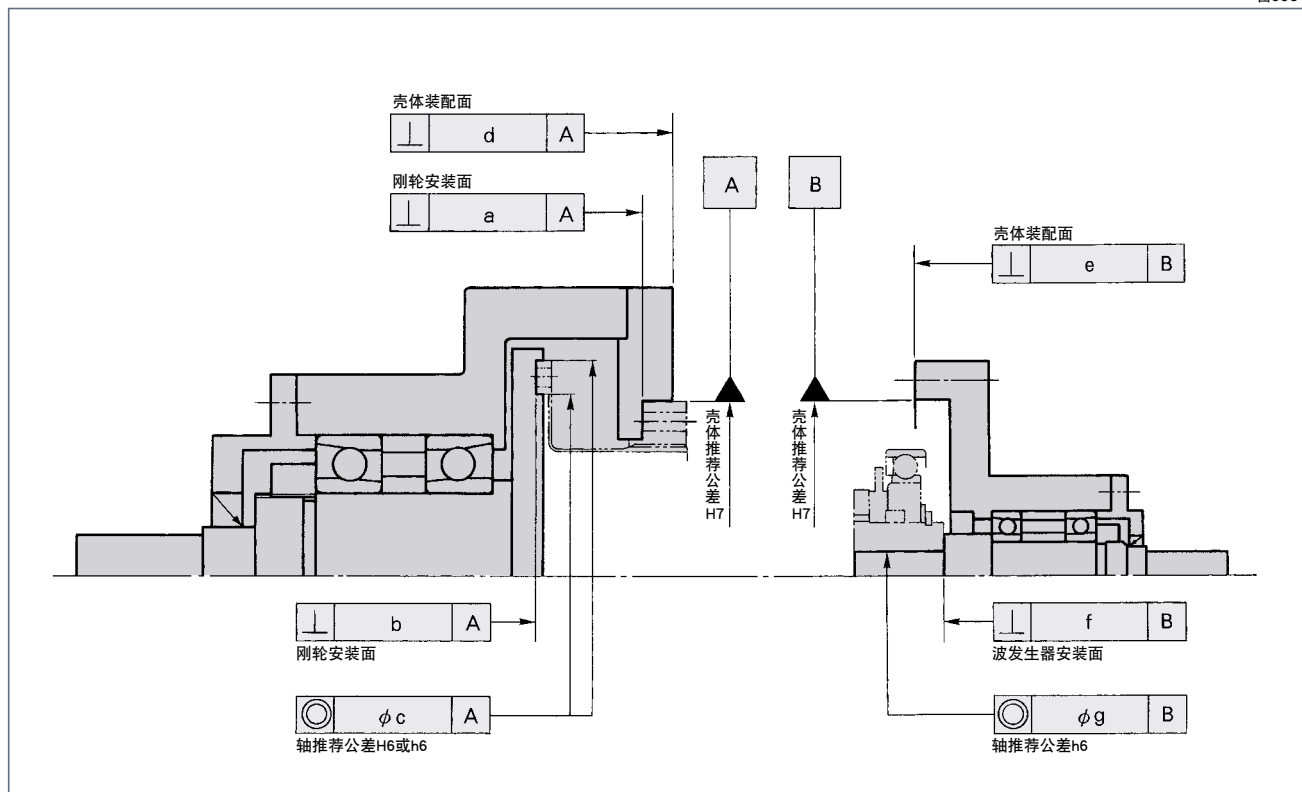
组装精度

组装设计时，如果存在安装面变形等异常及勉强组装，会降低产品性能。
为充分发挥组件型所具备的优良性能，请注意以下要点，并确保使用如图096-1、
表096-1所示的组装壳体推荐精度和防润滑油泄漏设计。

- 安装面歪斜、变形
- 异物啮入
- 安装孔的螺孔部周围毛边、隆起、位置异常
- 安装凹圆部倒角不足
- 安装凹圆部圆度异常

组装壳体的推荐精度

图096-1



组装壳体的推荐精度

表096-1
单位: mm

符号	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
a		0.011	0.012	0.013	0.014	0.016	0.016	0.017	0.018	0.020	0.023
b		0.016	0.021	0.027	0.035	0.042	0.048	0.053	0.057	0.062	0.067
φc		0.015	0.018	0.019	0.022	0.022	0.024	0.027	0.030	0.032	0.035
d		0.011	0.015	0.017	0.024	0.026	0.026	0.027	0.028	0.031	0.034
e		0.011	0.015	0.017	0.024	0.026	0.026	0.027	0.028	0.031	0.034
f		0.017 (0.008)	0.020 (0.010)	0.024 (0.012)	0.024 (0.012)	0.024 (0.012)	0.032 (0.012)	0.032 (0.013)	0.032 (0.015)	0.032 (0.015)	0.032 (0.015)
φg		0.030 (0.016)	0.034 (0.018)	0.044 (0.019)	0.047 (0.022)	0.050 (0.022)	0.063 (0.024)	0.065 (0.027)	0.066 (0.030)	0.068 (0.033)	0.070 (0.035)

（注）（ ）内的数值是波发生器为一体型时的数值（未采用欧式联轴节结构时）。

密封机构

为防止润滑油泄漏，以及维持Harmonic Drive的高耐久性，必须使用以下密封机构。

- 旋转运动部……………油封（弹簧压入式）。此时，请注意轴侧是否存在划伤。
- 法兰转配面，嵌合部……………O型环、密封剂。此时，请注意平面是否歪斜以及O型环的啮合情况。
- 螺孔部……………使用有密封效果的螺钉锁固剂（推荐使用Loctite 242）或密封剂。

（注）特别是使用Harmonic润滑油4B No.2时，请严格执行上述事项。

基本要素三部件的安装

■波发生器的安装

1.最大孔径寸法

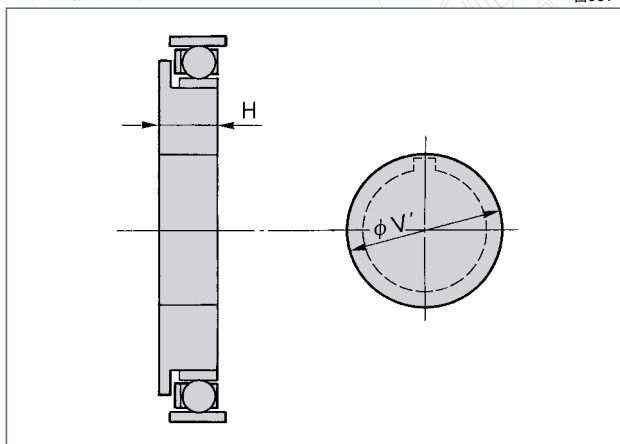
波发生器的标准孔径如尺寸表（第083页）所示，但可以在表上所示的最大尺寸范围内进行变更。此时的键槽尺寸推荐使用JIS规格。键的有效长度尺寸，请设计成可以完全承受传达转矩的值。

※形状可更改为锥形孔等特殊形状。

希望孔径大于最大尺寸时，可采用拆除欧氏联轴节机构的方法。考虑由于负载转矩作用波发生器凸轮发生变形等情况，此时最大孔径的值如下表所示。（这个数值是包含键槽深度等尺寸的数值。）

波发生器的孔径

图097-1



波发生器轮毂的孔径

表097-1
单位：mm

尺寸 \ 型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
标准 ϕV (H7)	6	8	9	11	14	14	19	19	22	24
底孔尺寸 (ϕ)	3	4	5	6	6	10	10	10	13	16
最大尺寸 (ϕ)	8	10	13	15	15	20	20	20	25	30

将波发生器凸轮直接安装至输入轴时的凸轮最大孔径和最小厚度

表097-2
单位：mm

尺寸 \ 型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
最大孔径 $\phi V'$	17	20	23	28	36	42	47	52	60	67
最小凸轮厚度 $H_{0.1}$	7.2	7.6	11.3	11.3	13.7	15.9	17.8	19	21.4	13.5

2.波发生器的轴向力与轴的固定

由于柔轮的弹性形变，运转中Harmonic Drive的波发生器上轴向力发生作动。

作为减速机（第009页的①、②、③）使用的轴向力向柔轮膜片方向作动。（图097-2）

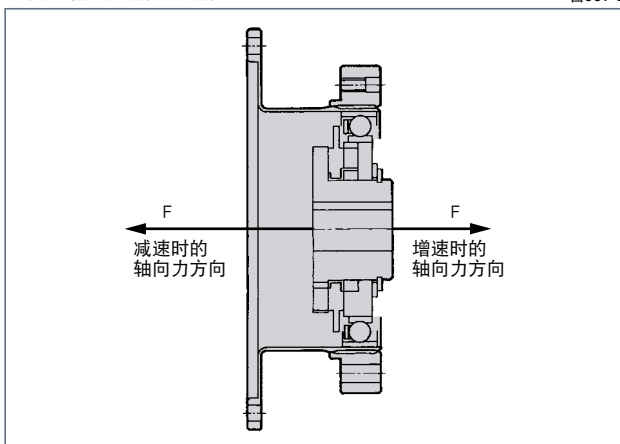
此外，作为增速机（第009页的④、⑤、⑥）使用的轴向力向与减速机相反的方向作动。（图097-2）

波发生器轴向力（最大值）可通过下述计算公式计算得出。此外，轴向力会根据运转条件的不同而发生变化。高转矩时、极低速时以及固定连续旋转时显示轴向力有变大的倾向，基本为计算公式计算的数值。无论在何种使用条件下，都请采用阻止波发生器轴向力的设计。

（注）在波发生器轮毂设置止动螺钉并与输入轴固定时，请务必咨询授权代理商。

波发生器的轴向力方向

图097-2



轴向力的计算公式

表097-3

减速比	计算公式
30	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 32^\circ$
50	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 30^\circ$
80以上	$F = 2 \times \frac{T}{D} \times 0.07 \times \tan 20^\circ$

计算公式的符号

表097-4

F	轴向力	N	参照图097-2
D	(型号) $\times 0.00254$	m	
T	输出转矩	Nm	

计算示例

公式097-1

机 型 名 称：SHF系列
型 号：32
减 速 比：i=50
输 出 转 矩：382Nm（瞬间容许最大转矩）

$$F = 2 \times \frac{382}{(32 \times 0.00254)} \times 0.07 \times \tan 30^\circ$$

$$F = 380N$$

3.波发生器的形状和尺寸

在SHF系列和SHG系列中，由于波发生器的形状及尺寸有所差异，因此在设计及安装时请特别注意。

表098-1和图098-1所示的是波发生器的尺寸以及形状的比较。

波发生器的形状比较

图098-1

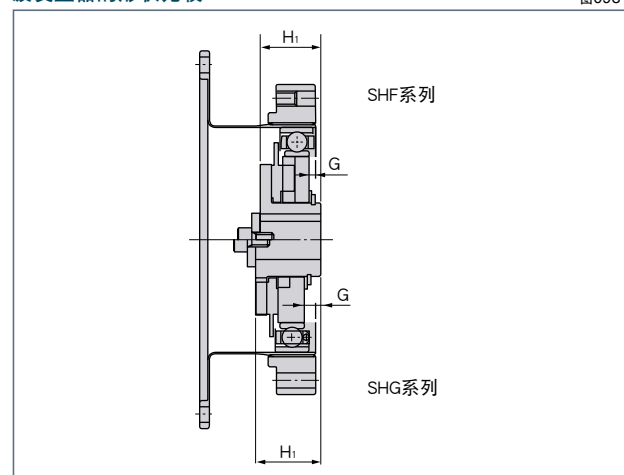


表098-1

单位：mm

波发生器轮毂的尺寸比较

符号	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
G	SHG系列	1.4	1.6	1.5	3.5	4.2	5.6	6.3	7	8.2	9.5
	SHF系列	0.4	0.3	0.1	2.1	2.5	3.3	3.7	4.2	4.8	—
H ₁	SHG系列	18.5 ⁰ _{-0.1}	20.7 ⁰ _{-0.1}	21.5 ⁰ _{-0.1}	21.6 ⁰ _{-0.1}	23.6 ⁰ _{-0.1}	29.7 ⁰ _{-0.1}	30.5 ⁰ _{-0.1}	34.8 ⁰ _{-0.1}	38.3 ⁰ _{-0.1}	44.6 ⁰ _{-0.1}
	SHF系列	17.6 ⁰ _{-0.1}	19.5 ⁰ _{-0.1}	20.1 ⁰ _{-0.1}	20.2 ⁰ _{-0.1}	22 ⁰ _{-0.1}	27.5 ⁰ _{-0.1}	27.9 ⁰ _{-0.1}	32 ⁰ _{-0.1}	34.9 ⁰ _{-0.1}	—

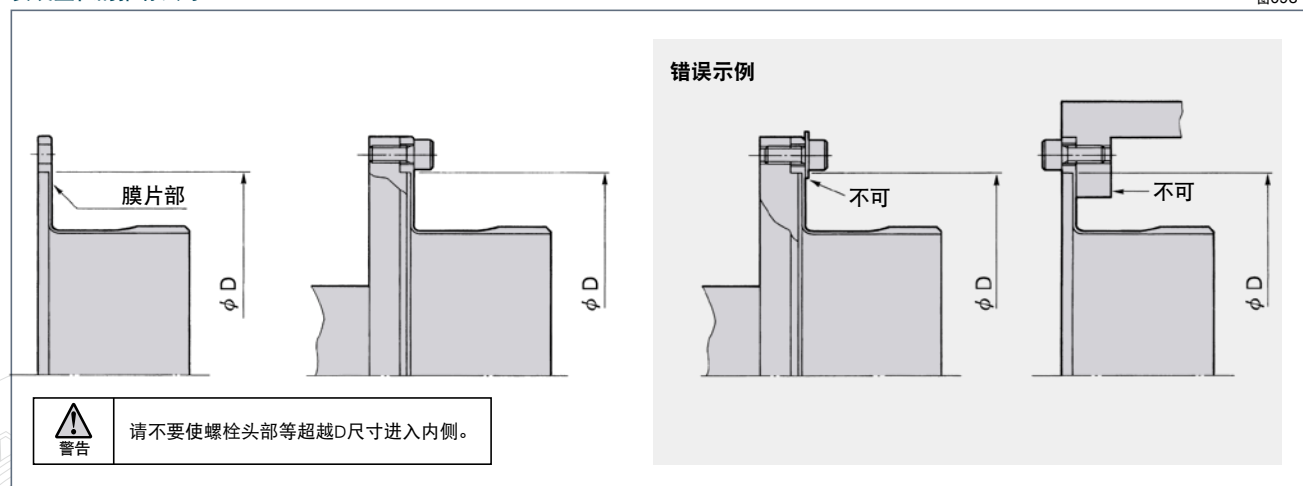
■柔轮的安装

1.安装直径的推荐尺寸

安装直径请采用不会与柔轮膜片部接触的尺寸（图098-2的D尺寸）。直径过小可能会造成膜片破损，请严格遵守。

安装直径的推荐尺寸

图098-2



安装直径尺寸

表098-2

单位：Ncm

符号	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
ϕD		48	60	70	88	114	140	158	175	203	232

2. 柔轮的螺栓拧紧

柔轮的安装使用螺栓拧紧方式。

根据以下条件拧紧部的传递转矩会变大，请实施符合负载条件的设计和部件管理。

此外，SHG系列较SHF系列转矩容量有所增大，因次请实施符合各系列的螺栓拧紧操作。

- 选定螺栓的强度
- 螺栓的拧紧以及拧紧转矩
- 螺栓以及内螺纹的表面状态
- 接触面的摩擦系数

SHG系列 柔轮的安装

表099-1

项目 \ 型号		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
螺栓数量		8	12	12	12	12	12	18	12	16	16
螺栓规格		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M6	M8	M8	M10
螺栓安装 P.C.D	mm	54	66	76	96	124	152	180	200	226	258
螺栓拧紧转矩	Nm	2.4	2.4	2.4	5.4	10.8	18.4	18.4	44	44	74
	kgfm	0.24	0.24	0.24	0.55	1.10	1.87	1.87	4.5	4.5	7.6
螺栓传递转矩	Nm	108	198	228	486	1000	1740	3098	4163	6272	9546
	kgfm	11	20	23	50	102	178	316	425	640	974

SHF系列 柔轮的安装

表099-2

项目 \ 型号		14	17	20	25	32	40	45	50	58
螺栓数量		8	12	12	12	12	12	18	12	16
螺栓规格		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M6	M8	M8
螺栓安装 P.C.D	mm	54	66	76	96	124	152	170	190	218
螺栓拧紧转矩	Nm	2.0	2.0	2.0	4.5	9.0	15.3	15.3	37	37
	kgfm	0.20	0.20	0.20	0.46	0.92	1.56	1.56	3.8	3.8
螺栓传递转矩	Nm	88	157	186	402	843	1450	2430	3312	5076
	kgfm	9.0	16	19	41	86	148	248	338	518

(表099-1・表099-2/注)

1.前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧转矩。

2.推荐螺栓 螺栓名称: JIS B 1176 内六角螺栓 强度分类: JIS B 1051 12.9以上

3.转矩系数: $K=0.2$

4.拧紧系数: $A=1.4$

5.接合面的摩擦系数 $\mu=0.15$

■ 刚轮的安装

刚轮的安装与柔轮一样，请实施符合负载条件的设计和部件管理。
推荐螺栓和拧紧转矩产生的传递转矩如下所示，但在负载转矩大于传递转矩时，请重新研究考虑使用销子并用或追加螺栓。

此外，请实施符合各系列的安装操作。

SHG系列 螺栓的安装

表100-1

项目	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
螺栓数量		8	16	16	16	16	16	16	16	16	16
螺栓规格		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10
螺栓安装 P.C.D	mm	44	54	62	75	100	120	140	150	175	195
螺栓拧紧 转矩	Nm	2.0	2.0	2.0	4.5	9.0	15.3	37	37	74	74
	kgfm	0.20	0.20	0.20	0.46	0.92	1.56	3.8	3.8	7.5	7.5
螺栓传递 转矩	Nm	72	175	196	419	901	1530	3238	3469	6475	7215
	kgfm	7.3	18	20	43	92	156	330	354	661	736

SHF系列 螺栓的安装

表100-2

项目	型号	14	17	20	25	32	40	45	50	58
螺栓数量		6	12	12	12	12	12	12	12	12
螺栓规格		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10
螺栓安装 P.C.D	mm	44	54	62	75	100	120	140	150	175
螺栓拧紧 转矩	Nm	2.0	2.0	2.0	4.5	9.0	15.3	37	37	74
	kgfm	0.20	0.20	0.20	0.46	0.92	1.56	3.8	3.8	7.5
螺栓传递 转矩	Nm	54	131	147	314	676	1150	2440	2620	4820
	kgfm	5.5	13	15	32	69	117	249	267	492

(表 100-1・100-2/注)

- 1.前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧转矩。
- 2.推荐螺栓 螺栓名称：JIS B 1176内六角螺栓 强度分类：JIS B 1051 12.9以上
- 3.转矩系数：K=0.2
- 4.拧紧系数：A=1.4
- 5.接合面的摩擦系数 $\mu=0.15$

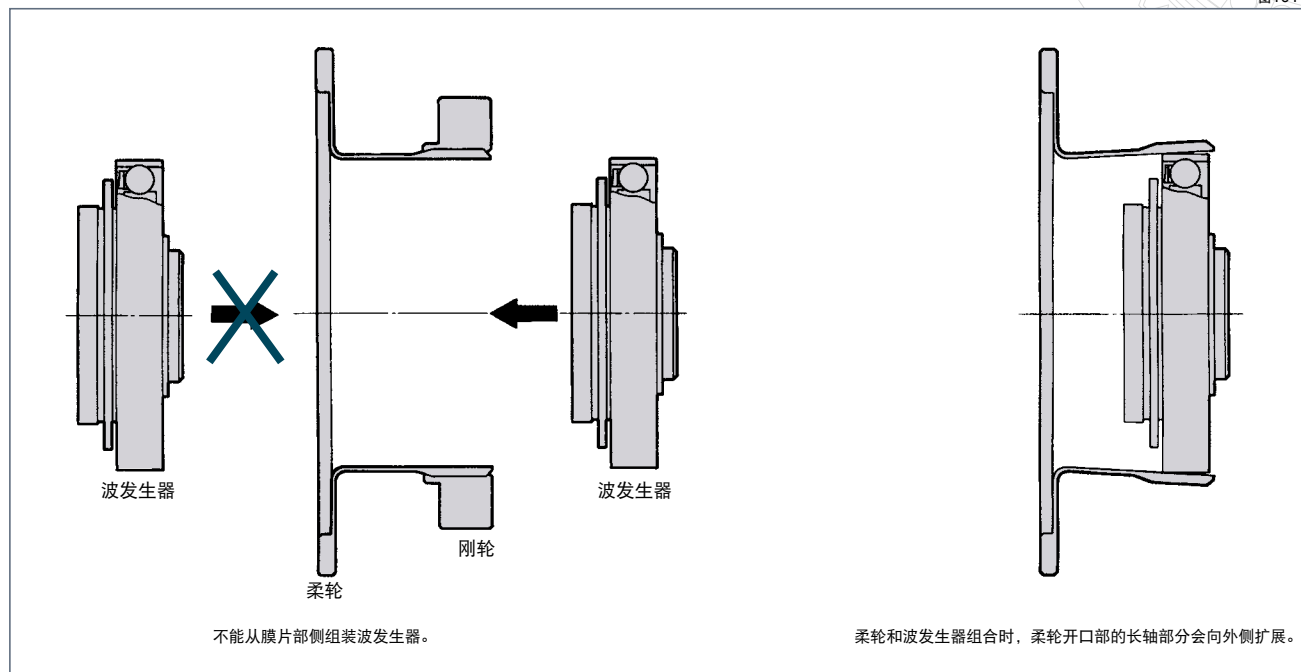
■基本要素三部件的组装步骤

将刚轮和柔轮组合安装到装置上后，再组装上波发生器。

若使用其他方法进行组装，可能出现齿轮偏移状态（参照第027页）下实施组装或齿面损伤等情况。请充分注意。

三部件的正确组装步骤

图101-1



■ 组装注意事项

由于组装时的错误，Harmonic Drive在运转时可能发生振动、异响等。
请遵守下述注意事项实施组装。

波发生器的注意事项

- 1.请在组装时避免向波发生器轴承部位施加过度的力。可通过使波发生器旋转顺畅地实施插入。
- 2.使用无欧氏联轴节结构的波发生器时，请特别注意把中心偏移、歪斜的影响控制在推荐值内（参考第094页的“组装精度”）。

刚轮的注意事项

- 1.确认安装面的平坦度是否良好，是否有歪斜。
- 2.确认螺钉孔部是否隆起、有残余毛边或有异物啮入。
- 3.确认是否对刚轮实施了倒角加工以及避让加工，以避免与壳体组装部干涉。
- 4.当刚轮组装至壳体后，确认其是否能够旋转，是否有些部位存在干涉，卡紧。
- 5.朝安装用螺栓孔插入螺栓时，确认螺栓孔的位置是否正确、是否由于螺栓孔歪斜加工等原因致使螺栓与刚轮发生接触，使螺栓旋转变沉重。
- 6.请不要一次性按照规定转矩拧紧螺栓。请先使用约为规定转矩1/2的力实施暂时拧紧，然后再按照规定转矩拧紧。此外，通常请按照对角线顺序依次拧紧螺栓。
- 7.向刚轮打销子可能造成旋转精度低下，因此请尽可能避免。

柔轮的注意事项

- 1.确认安装面的平坦度是否良好，是否有歪斜。
- 2.确认螺钉孔部是否隆起、有残余毛边或有异物啮入。
- 3.确认是否对柔轮实施了倒角加工以及避让加工，以避免与壳体组装部干涉。
- 4.朝安装用螺栓孔插入螺栓时，确认螺栓孔的位置是否正确、是否由于螺栓孔歪斜加工等原因致使螺栓与柔轮发生接触，使螺栓旋转变沉重。
- 5.请不要一次性按照规定转矩拧紧螺栓。请先使用约为规定转矩1/2的力实施暂时拧紧，然后再按照规定转矩拧紧。此外，通常请按照对角线顺序依次拧紧螺栓。
- 6.确认与刚轮组合时，是否存在极端的单侧啮合。发生单侧偏移时，可能是由于两个部件发生中心偏移或歪斜。
- 7.柔轮组装时，请不要叩击开口部的齿轮前端或以过度力实施按压。

关于防锈措施

组件型的表面没有实施防锈处理。

需要实施防锈时请向表面涂抹防锈剂。

此外，需要本公司实施表面防锈处理时，请咨询授权代理商。

FB系列

Component Type FB

特点	102
型号·符号	103
旋转方向和减速比	103
技术数据	
·额定表	104
·外形图	105
·尺寸表	105
·效率特性	106
·无负载运行转矩、起动转矩、 增速起动转矩	106
·空转和弹簧常数	106
设计指南	
·组装精度	107
·组装注意事项	107
·润滑	108



FB系列组件型

FB系列组件型是追求扁平薄型的类型。

构成部件为4件，与CSG/CSF系列的杯型采用同样的工作原理运转。

薄饼型柔轮的形状与杯型柔轮底部截面的形状相同，此外，薄饼型还追加使用了一个与柔轮齿数相同的刚轮，用于与输出轴连接。

FB系列的特点

- 呈平坦、扁平薄型形状
- 紧凑简洁的设计
- 优良的定位精度和旋转精度
- 输入输出同轴

FB系列组件型的结构

图104-1



型号·符号

FB - 20 - 80 - 2 - GR

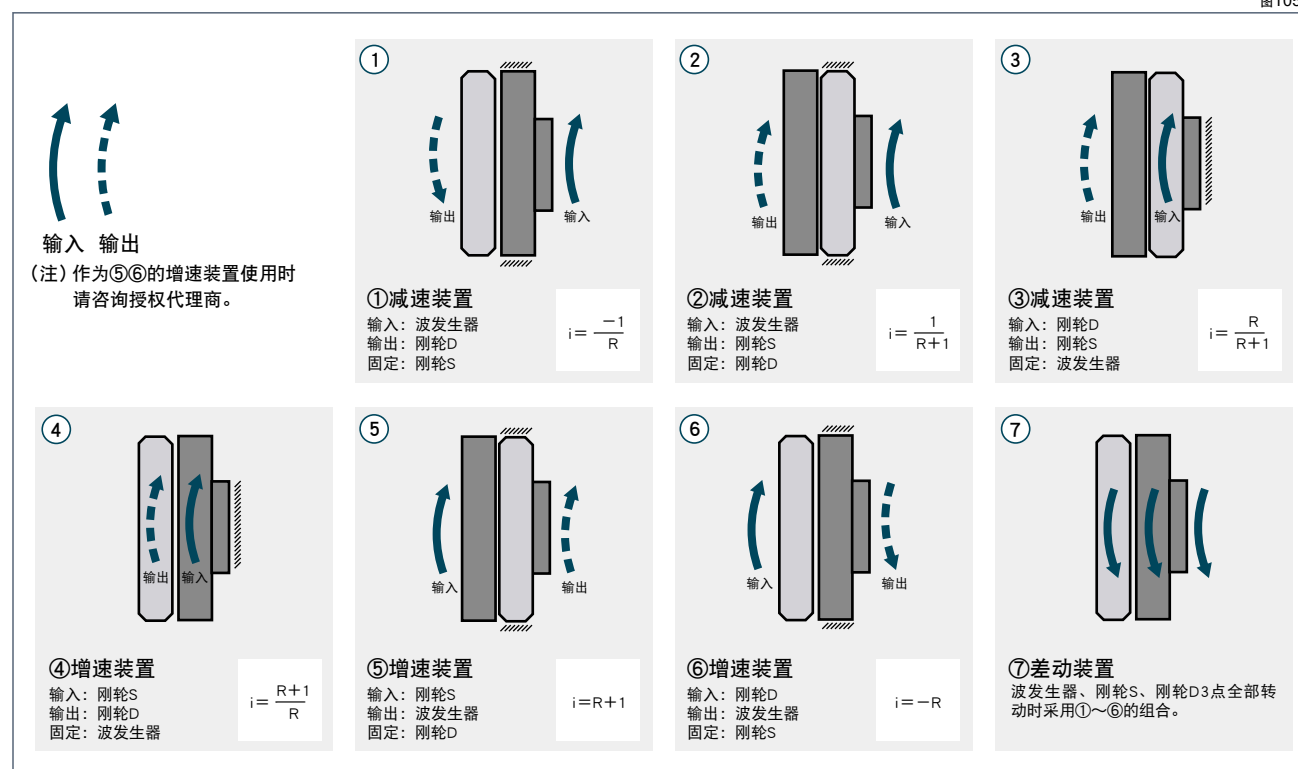
机型名称	型号	减速比 注1										型式	
FB	14	50	—	88	100	110	—	—	—	—	—	2=组件型	GR=新型 ※型号14不标注符号G
	20	50	—	80	100	—	—	128	—	—	160		
	25	50	—	80	100	—	120	—	—	—	160		
	32	50	78	—	100	—	—	—	131	157	—		
	40	50	—	80	100	—	—	128	—	—	160		
	50	—	—	80	100	—	120	—	—	—	160		

表105-1

注1: 减速比表示的是输入: 波发生器, 固定: 刚轮S, 输出: 刚轮D时的情况。

旋转方向和减速比

图105-1



额定表

表106-1

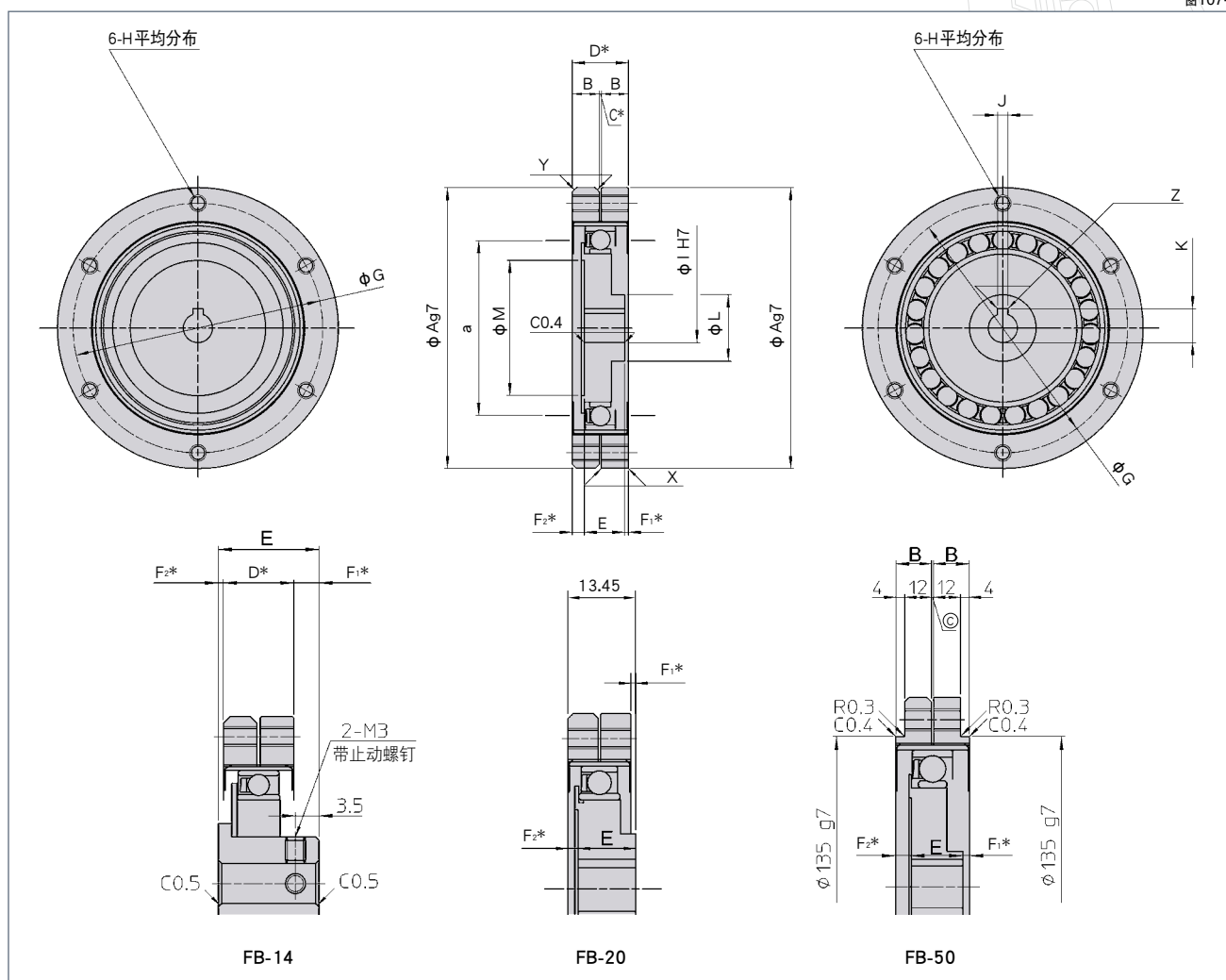
型号	减速比	输入2000r/min时的额定转矩		起动停止时的容许峰值转矩		平均负载转矩的容许最大值		瞬间容许最大转矩		额定输入转速 r/min	容许最高输入转速 r/min		容许平均输入转速 r/min		转动惯量	
		Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm		油润滑	润滑脂润滑	油润滑	润滑脂润滑	$I \times 10^{-4} \text{kgm}^2$	$J \times 10^{-3} \text{kgfms}^2$
14	50	2.6	0.27	3.2	0.33	3.2	0.33	6.9	0.7	2000	6000	3600	4000	2500	0.033	0.034
	88	4.9	0.5	7.8	0.8	7.8	0.8	15.7	1.6 [*]							
	100	5.9	0.6	9.8	1.0	9.8	1.0	15.7	1.6 [*]							
	110	5.9	0.6	9.8	1.0	9.8	1.0	15.7	1.6 [*]							
20	50	14	1.4	18	1.8	18	1.8	34	3.5	2000	6000	3600	3600	2500	0.135	0.138
	80	17	1.7	21	2.1	21	2.1	35	3.6							
	100	22	2.2	26	2.7	25	2.5	47	4.8							
	128	24	2.4	33	3.4	25	2.5	58	5.9							
25	160	24	2.4	38	3.9	25	2.5	59	6.0 [*]	2000	5000	3600	3000	2500	0.36	0.37
	50	23	2.3	30	3.1	30	3.1	54	5.5							
	80	31	3.2	39	4.0	39	4.0	70	7.1							
	100	39	4.0	52	5.3	52	5.3	91	9.3							
32	120	39	4.0	61	6.2	61	6.2	94	9.6 [*]	2000	4500	3600	2500	2300	1.29	1.32
	160	39	4.0	76	7.8	61	6.2	86	8.8 [*]							
	50	44	4.5	60	6.1	60	6.1	108	11							
	78	63	6.4	75	7.7	75	7.7	127	13							
40	100	82	8.4	98	10	98	10	176	18	2000	4000	3300	2000	2000	3.38	3.45
	131	82	8.4	137	14	118	12	235	24 [*]							
	157	82	8.4	157	16	118	12	235	24 [*]							
	50	88	9	118	12	118	12	216	22							
50	80	118	12	147	15	147	15	265	27	1700	3500	3000	1700	1700	9.9	10
	100	157	16	186	19	186	19	343	35							
	128	167	17	235	24	235	24	372	38 [*]							
	160	167	17	284	29	274	28	353	38 [*]							
50	80	216	22	265	27	265	27	480	49	1700	3500	3000	1700	1700	9.9	10
	100	284	29	253	36	353	36	627	64							
	120	304	31	421	43	421	43	706	72 [*]							
	160	304	31	510	52	490	50	666	68 [*]							

带※符号的数值受棘爪扭矩的限制。

(注) 1.转动惯量 $I = \frac{1}{4}GD^2$

外形图

图107-1



尺寸表

表107-1
单位: mm

符号	型号	14	20	25	32	40	50
φA(g7)		50	70	85	110	135	170
B		5	6	8	10	13	16
C*		0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0
D*		10.5	12.5	16.5	20.5	27	33
E _{0.1}		15.0	11.4	12.8	15.6	19.4	23.2
F1*		3.75	0.95	0.35	0.95	1.8	2.9
Fz*		0.75	2.05	3.35	3.95	5.8	6.9
φG		44	60	75	100	120	150
H		M3	M4	M5	M6	M8	M10
φI (H7)	标准	6	9	14	14	14	19
	最大	8	12	15	15	20	20
J (Js9)		—	3	5	5	5	6
K _{0.1}		—	10.4	16.3	16.3	16.3	21.8
φL		14	20	26	26	32	32
φM		—	31.5	41	52	65	80
X		C0.2	C0.2	C0.2	C0.2	C0.4	C0.4
Y		C1.0	C1.0	C1.5	C1.5	C2.0	C2.0
Z		—	R0.08~0.16	R0.16~0.25	R0.16~0.25	R0.16~0.25	R0.16~0.25
a		29	42	53	69	84	105
重量 (kgf)		0.1	0.3	0.5	1.0	1.8	2.9

(注) 刚轮D的外周倒角为Y尺寸。

●带*符号的C•D•F1•F2的尺寸是指构成Harmonic Drive的三个部件（波发生器、柔轮、刚轮）轴向的连接位置。尺寸会对性能、强度造成影响，因此请严格遵守。

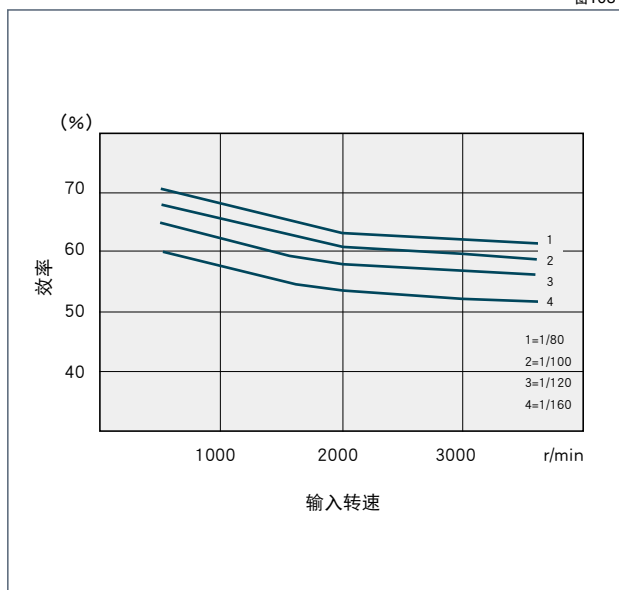
●产品交货时，四部件（波发生器、柔轮、刚轮D、刚轮S）呈拆装状态。

效率特性

效率会因减速比的不同而有所差异，并且还会受到输入转速、负载转矩以及油温等的影响，产品目录上登载的额定值是在负载100%、油温约40℃的状态下使其运转得出的数值，详情见图108-1。

(注) 使用润滑脂润滑时，效率还将降低约10%。

图108-1

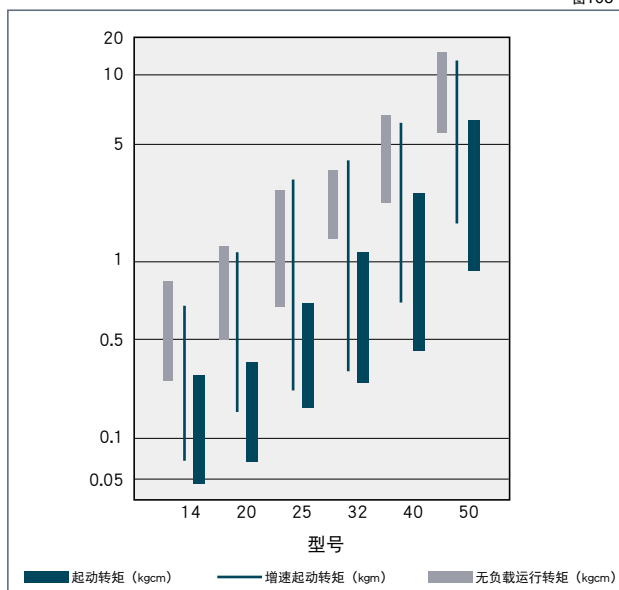


无负载运行转矩、起动转矩、增速起动转矩

图108-2所示的数值是将组件型作为双轴型、减速机组装测定的数值结果，该数值包含输入、输出轴油封产生的摩擦阻力以及油浴式润滑产生的搅拌阻力。

1. 无负载运行转矩 指在无负载状态下用于使其转动的必要的高速轴侧转矩，表中的数值是在输入转速为1500r/min、油温约40℃的状态下测得的数值。
2. 起动转矩 在无负载状态下使高速轴起动的必要静力矩
3. 增速起动转矩 在无负载状态下使低速轴起动的必要静力矩

图108-2



空转和弹簧常数

空转和弹簧常数的定义请参见第117页的相关内容。薄饼型的空转和弹簧常数是指在固定波发生器和刚轮的一侧，并向刚轮的另一侧施加转矩时的数值。

表108-1

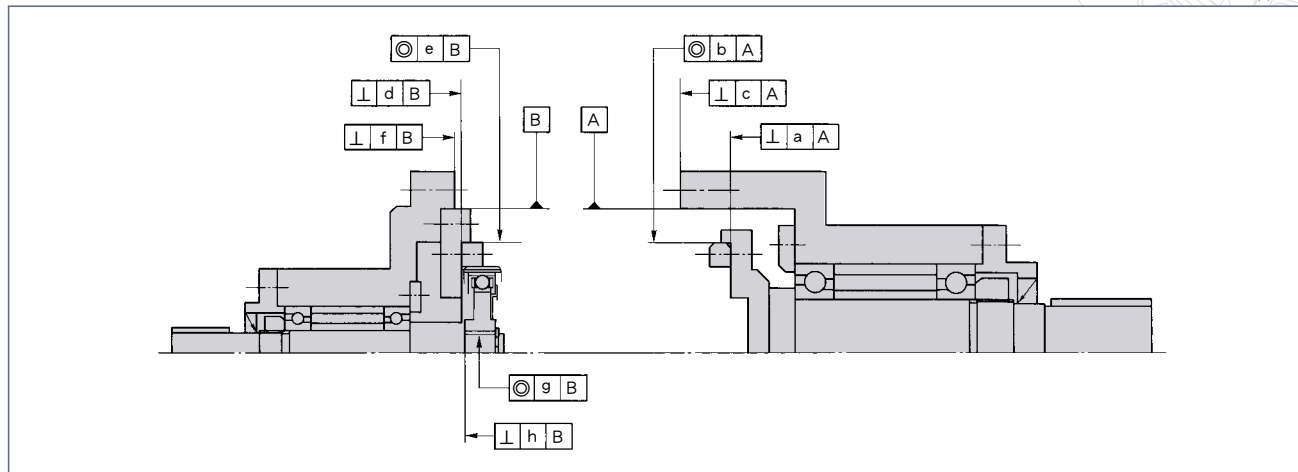
型号	空转 (arc min)		弹簧常数 (kgfm/arc min)	
	±负载 (kgm)	标准品	负载 (kgm)	弹簧常数
14	0.04	41.0	0.8	0.05
20	0.12	40.0	2.5	0.35
25	0.23	37.0	4.0	0.50
32	0.46	35.0	10	1.2
40	0.92	33.0	16	2.1
50	1.73	29.0	30	4.4

组装精度

在确定组装精度时，为充分发挥Harmonic Drive所具备的优良性能，请确保使用如图109-1，表109-1所示的壳体推荐精度。

组装壳体的推荐精度

图109-1



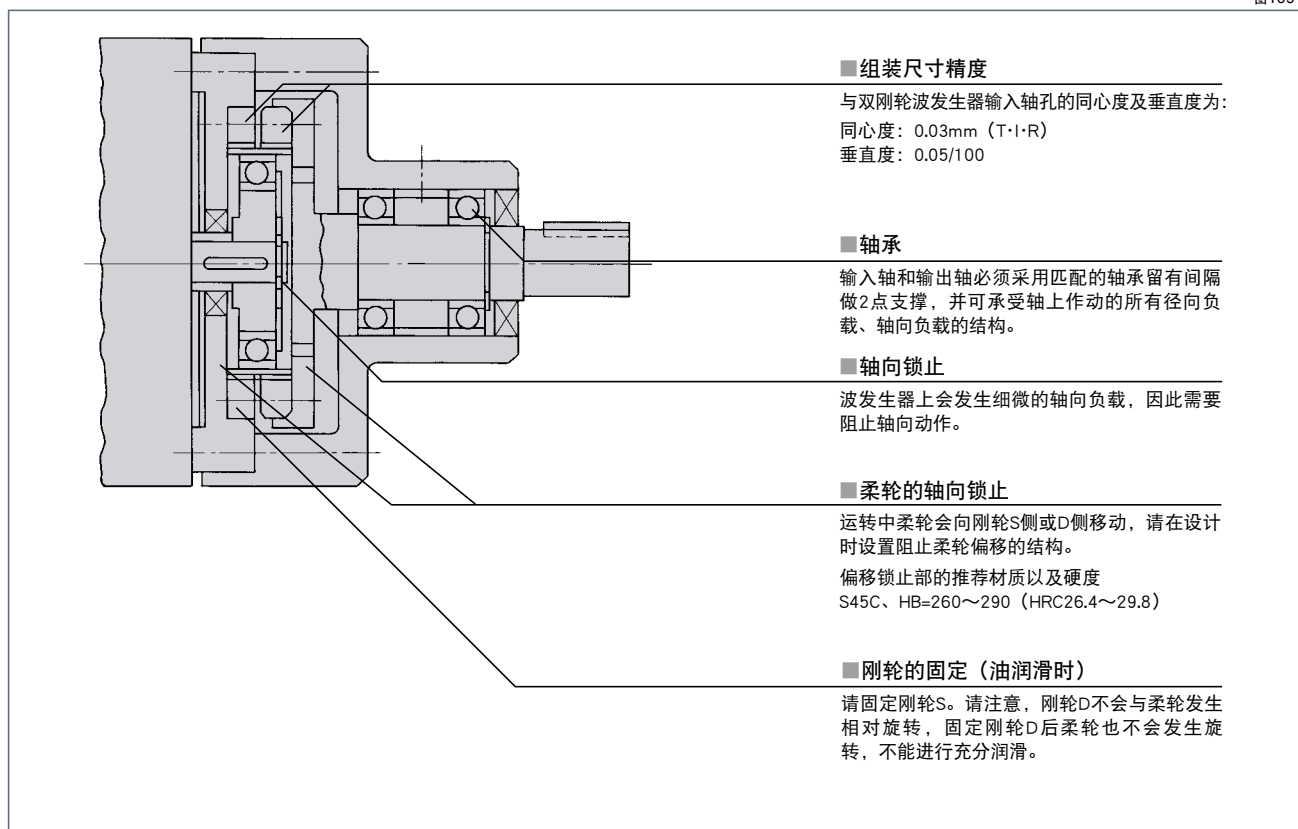
组装壳体的推荐精度

表109-1
单位: mm

符号	型号	14	20	25	32	40	50
a		0.013	0.017	0.024	0.026	0.026	0.028
b		0.015	0.016	0.016	0.017	0.019	0.024
c		0.016	0.020	0.029	0.031	0.031	0.034
d		0.013	0.017	0.024	0.026	0.026	0.028
e		0.015	0.016	0.016	0.017	0.019	0.024
f		0.016	0.020	0.029	0.031	0.031	0.034
g		0.011	0.013	0.016	0.016	0.017	0.021
h		0.007	0.010	0.012	0.012	0.012	0.015

组装注意事项

图109-2



润滑

润滑方式分为油润滑和润滑脂润滑2种。

油润滑为普遍使用的润滑方式，在间歇性运转时也可以使用润滑脂润滑。

■油润滑

1. 润滑油的种类

润滑油的详情请参照第016页。

2. 油量

油面位置请参考表110-1所示的位置。

油量过少会导致早期劣化，请使用足够油量实施润滑。

油面位置

表110-1
单位：mm

型号	14	20	25	32	40	50
A	7	12	15	19	24	29

3. 更换润滑油

第1次……开始运转后100小时

第2次以后……请在每运转1000小时或每6个月实施一次更换。特别是使用条件恶劣时，请提前更换。

■润滑脂润滑

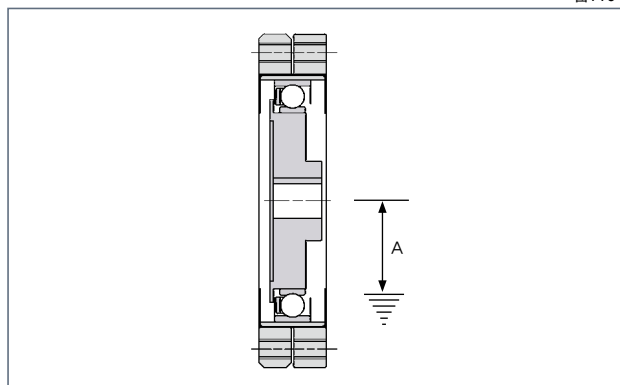
润滑脂润滑与油润滑的情况不同，它不具备冷却效果，因此只能在运转时间较短时使用。

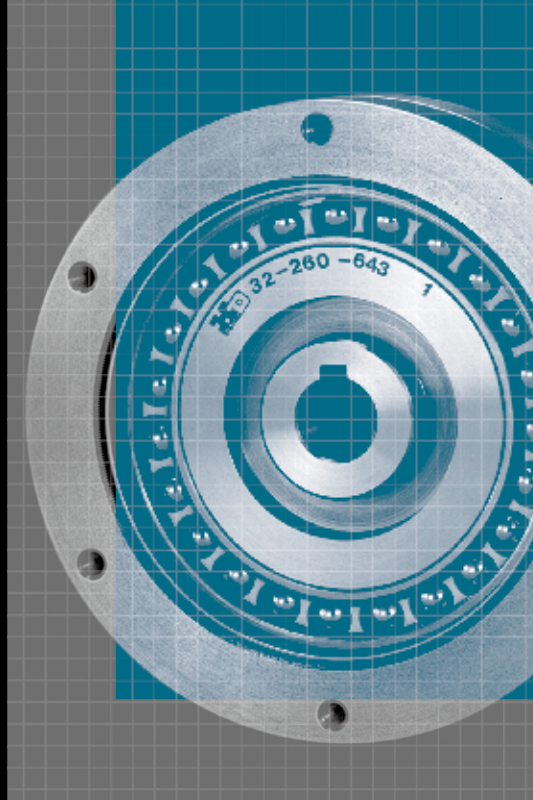
●使用条件：ED% …… 10%以内、连续运转10分钟以内、输入转速低于表106-1所示的容许最高输入转速

●推荐润滑脂：型号20~100推荐使用“Harmonic润滑脂SK-1A”，型号14推荐使用“Harmonic润滑脂SK-2”

(注) 超过ED%或容许最大转速使用时，可能造成润滑脂劣化、影响润滑机能，进而导致减速机过早损伤。请充分注意。

图110-1

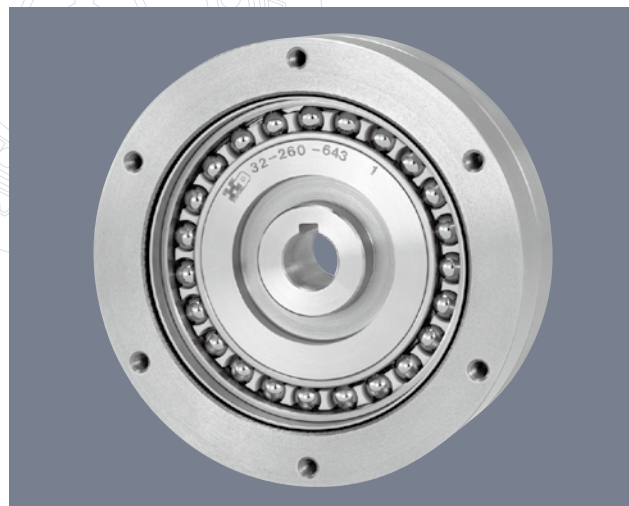




FR系列

Component Type FR

特点	110
型号·符号	111
旋转方向和减速比	111
技术数据	
·额定表	112
·外形图	113
·尺寸表	113
·效率特性	114
·无负载运行转矩、起动转矩、 增速起动转矩	116
·空转和弹簧常数	117
设计指南	
·组装精度	118
·组装注意事项	119
·润滑	119



FR系列组件型

FR系列组件型为高转矩用的扁平薄饼型。

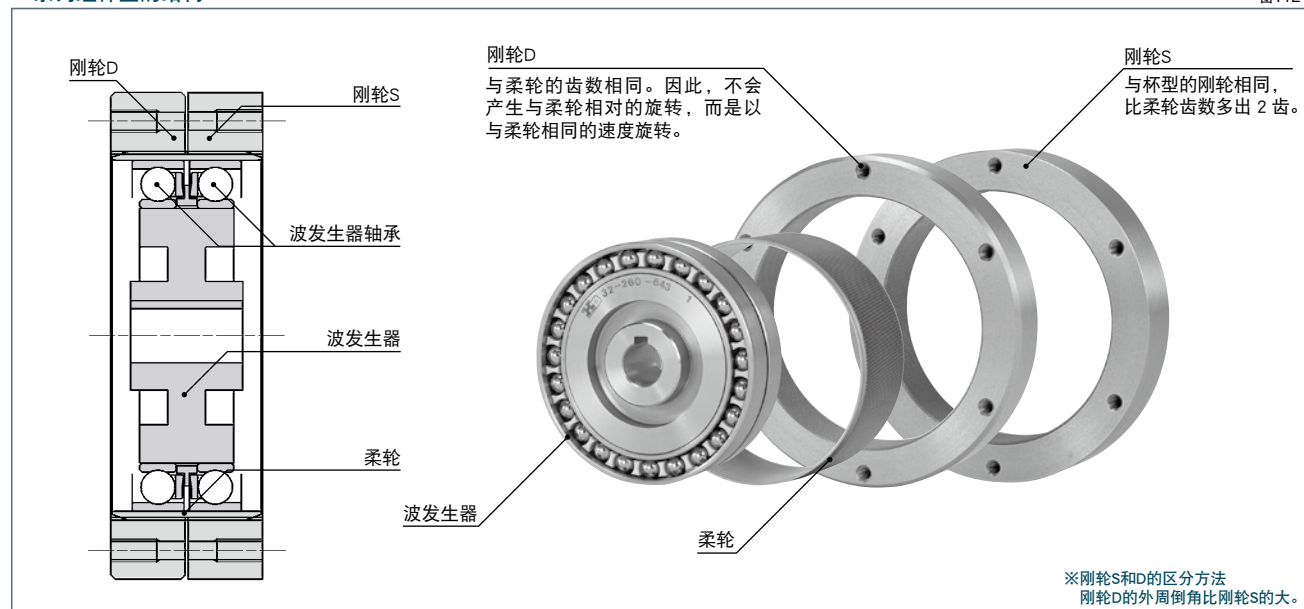
构成部件与FB系列相同，为4件，且与杯型采用同样的工作原理运转。结构基本与FB系列相同，波发生器轴承呈2列配置，扩大刚轮、柔轮的齿宽用以对应高转矩容量。

FR系列的特点

- 呈平坦、扁平薄型形状
- 高转矩容量
- 紧凑简洁的设计
- 优良的定位精度和旋转精度
- 输入输出同轴

FR系列组件型的结构

图112-1



型号·符号

FR - 20 - 80 - 2 - GR

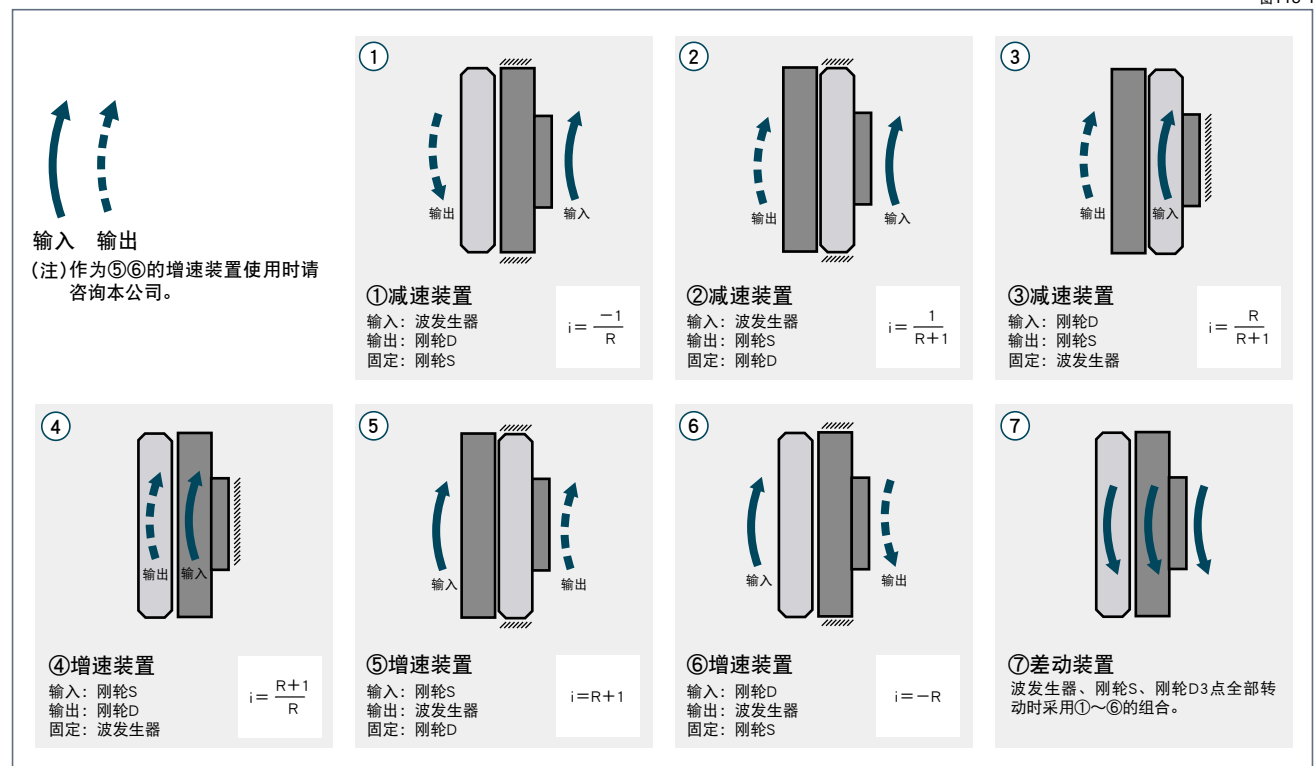
机型名称	型号	减速比 注1																型式	
FR	14	50	-	88	-	100	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2=组件型	GR=新型 ※型号14不标注 符号G
	20	50	-	80	-	100	-	-	128	-	-	-	160	-	-	-	-		
	25	50	-	80	-	100	-	120	-	-	-	-	160	-	200	-	-		
	32	50	78	-	-	100	-	-	-	131	157	-	-	-	200	-	-		
	40	50	-	80	-	100	-	-	128	-	-	-	160	-	200	-	-		
	50	-	-	80	-	100	-	120	-	-	-	-	160	-	200	-	242		
	65	-	78	-	-	-	104	-	-	-	132	158	-	-	-	208	-		
	80	-	-	80	96	-	-	-	128	-	-	-	160	194	-	-	258		
	100	-	-	80	-	100	-	120	-	-	-	-	160	-	200	-	242	-	320

表113-1

注1: 减速比表示的是输入: 波发生器, 固定: 刚轮S, 输出: 刚轮D时的情况。

旋转方向和减速比

图113-1



额定表

表114-1

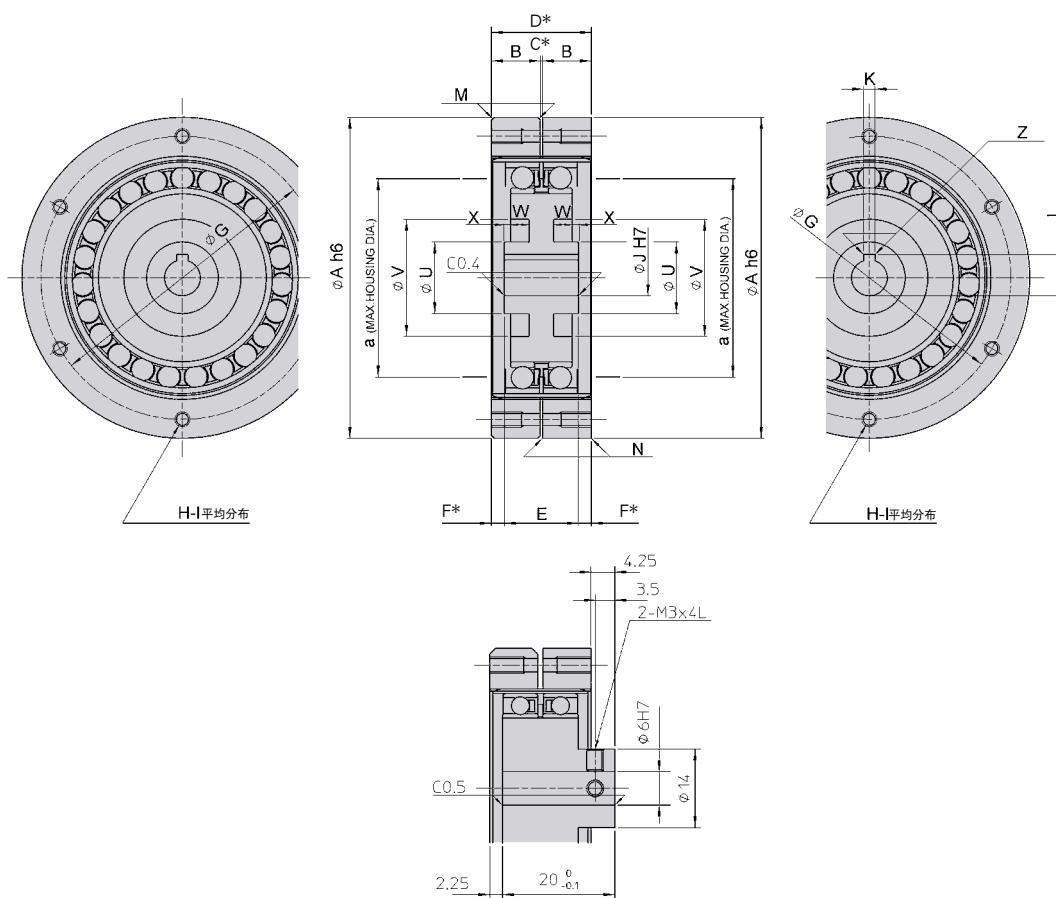
型号	减速比	输入2000r/min时的额定转矩		起动停止时的容许峰值转矩		平均负载转矩的容许最大值		瞬间容许最大转矩		额定输入转速 r/min	容许最高输入转速 r/min		容许平均输入转速 r/min		转动惯量	
		Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm		油润滑	润滑脂润滑	油润滑	润滑脂润滑	$I \times 10^{-4} \text{kgm}^2$	$J \times 10^{-3} \text{kgfms}^2$
14	50	4.4	0.45	5.4	0.55	5.4	0.55	13.7	1.4	2000	6000	3600	4000	2500	0.060	0.061
	88	5.9	0.6	9.8	1.0	9.8	1.0	19.6	2.0※							
	100	7.8	0.8	13.7	1.4	9.8	1.0	19.6	2.0※							
	110	7.8	0.8	13.7	1.4	9.8	1.0	19.6	2.0※							
20	50	25	2.5	34	3.5	34	3.5	69	7.0	2000	6000	3600	3600	2500	0.32	0.33
	80	34	3.5	41	4.2	41	4.2	72	7.3							
	100	40	4.1	53	5.4	49	5.0	94	9.6							
	128	40	4.1	67	6.8	49	5.0	102	10.4※							
25	160	40	4.1	77	7.9	49	5.0	86	8.8	2000	5000	3600	3000	2500	0.7	0.71
	50	39	4.0	55	5.6	55	5.6	108	11.0							
	80	56	5.7	69	7.0	69	7.0	122	12.4							
	100	67	6.8	91	9.3	91	9.3	160	16.3							
32	120	67	6.8	108	11.0	108	11.0	190	19.4	2000	4500	3600	2500	2300	2.6	2.61
	160	67	6.8	135	13.8	108	11.0	172	17.6※							
	200	67	6.8	147	15.0	108	11.0	172	17.6※							
	50	76	7.8	108	11	108	11	216	22	2000	4500	3600	2500	2300	2.6	2.61
40	78	108	11	137	14	137	14	245	25							
	100	137	14	176	18	176	18	323	33							
	131	137	14	255	26	216	22	451	46							
50	157	137	14	294	30	216	22	500	51※	1700	3500	3000	1700	1700	21	21
	200	137	14	314	32	216	22	372	38※							
	260	137	14	314	32	216	22	372	38※							
	50	137	14	196	20	196	20	353	36	2000	4000	3300	2000	2000	6.8	6.9
65	80	196	20	245	25	245	25	431	44							
	100	255	26	314	32	314	32	549	56							
	128	294	30	392	40	392	40	686	70							
80	160	294	30	461	47	451	46	813	83	1400	3000	2200	1400	1400	76	78
	200	294	30	529	54	451	46	745	76※							
	258	294	30	627	64	451	46	745	76※							
	80	363	37	441	45	441	45	784	80	1200	2500	2000	1200	1200	213	217
100	100	470	48	578	59	578	59	1019	104							
	120	559	57	696	71	696	71	1225	125							
	160	559	57	833	85	833	85	1470	150							
120	200	559	57	960	98	843	86	1411	144※	1000	2000	1700	1000	1000	635	648
	242	559	57	1176	120	843	86	1411	144※							
	78	745	76	921	94	921	94	1617	165							
	104	1070	109	1340	137	1340	137	2360	241							
160	132	1070	109	1650	168	1570	160	2890	295	1000	2000	1700	1000	1000	635	648
	158	1070	109	1970	201	1570	160	3450	352※							
	208	1070	109	2180	222	1570	160	2590	264※							
	260	1070	109	2200	224	1570	160	2590	264※							
200	80	1320	135	1640	167	1640	167	2870	293	1000	2000	1700	1000	1000	635	648
	96	1660	169	2050	209	2050	209	3590	366							
	128	2300	235	2820	288	2830	289	4960	506							
	160	2350	240	3380	345	3130	319	5940	606							
250	194	2350	240	4300	439	3130	319	6900	704※	1000	2000	1700	1000	1000	635	648
	258	2350	240	4350	444	3130	319	5170	528※							
	320	2350	240	4350	444	3130	319	5170	528※							
	80	2330	238	2870	293	2870	293	5040	514							
320	100	3200	327	3940	402	3940	402	6920	706	1000	2000	1700	1000	1000	635	648
	120	3890	397	4780	488	4780	488	8400	857							
	160	4470	456	6230	636	5720	584	10950	1117							
	200	4470	456	7090	723	5720	584	12440	1269							
400	242	4470	456	7960	812	5720	584	9410	960※	1000	2000	1700	1000	1000	635	648
	320	4470	456	7960	812	5720	584	9410	960※							

(注) 带※符号的数值受棘爪扭矩的限制。

1. 转动惯量 $I = \frac{1}{4} GD^2$

外形图

图115-1



FR-14

尺寸表

表115-1
单位: mm

符号	型号	14	20	25	32	40	50	65	80	100
ΦA (h6)		50	70	85	110	135	170	215	265	330
B		8.5	12	14	18	21	26	35	41	50
C*		1	1	1	1	1	1	1	1	1
D*		18	25	29	37	43	53	71	83	101
E _{0.1}		—	17.3	20	25.9	31.5	39	50.5	62	77.2
F*		—	3.85	4.5	5.55	5.75	6.95	10.25	10.5	11.9
ΦG		44	60	75	100	120	150	195	240	290
H		6	6	6	6	6	6	6	8	8
I		M3×6	M3×6	M4×8	M5×10	M6×12	M8×16	M10×20	M10×20	M12×24
ΦJ (H7)	标准	6	9	11	14	14	19	24	28	28
	最大	8	11	11	17	20	26	26	32	33
K (J ₅₉)		—	3	4	5	5	6	8	8	8
L _{0.1}		—	10.4	12.8	16.3	16.3	21.8	27.3	31.3	31.3
M		c1	c1	c1.5	c1.5	c1.5	c1.5	c1.5	c2	c2
N		c0.2	c0.2	c0.2	c0.2	c0.4	c0.4	c0.4	c0.4	c0.4
a		29	42	53	69	84	105	138	169	211
ΦU		—	—	22	28	32	38	44	52	58
ΦV		—	—	32	42	52	62	86	100	128
W		—	—	4.8	6.1	7.6	9.8	12.6	16	19.7
X		—	42	1.6	1.9	2.5	3.2	4.4	5.1	6.3
Z		—	R0.08~0.16	R0.08~0.16	R0.08~0.25	R0.08~0.25	R0.08~0.25	R0.08~0.25	R0.08~0.25	R0.08~0.25
重量	kgf	0.2	0.5	0.8	1.7	3.0	6.0	12.0	22.3	42.6

(注) 刚轮D的外周倒角为M尺寸。

●带*符号的C·D·F的尺寸是指构成Harmonic Drive的三个部件(波发生器、柔轮、刚轮)轴向的连接位置。尺寸会对性能、强度造成影响, 因此请严格遵守。

●产品交货时, 四部件(波发生器、柔轮、刚轮D、刚轮S)呈拆装状态。

效率特性

效率会因以下条件而有所差异。

- 减速比
- 输入转速
- 负载转矩
- 温度
- 润滑条件（润滑的种类及其使用量）

效率修正系数

负载转矩小于额定转矩时，效率值降低。

请根据图116-1计算出修正系数 K_e ，并参考以下计算示例计算出效率。

计算示例

以FR-20-80-2GR为例，计算出以下条件下的效率 η （%）。

输入转速：1000r/min

负载转矩：19.6Nm

润滑方法：润滑脂润滑（Harmonic润滑脂 SK-1A）

润滑剂温度：20℃

型号20·减速比80的额定转矩为34Nm（额定表：第112页），因此转矩比 α 为0.58。（ $\alpha = 19.6/34 = 0.58$ ）

■ 根据表116-1，计算出效率修正系数 $K_e = 0.86$

■ 负载转矩为19.6Nm时的效率 $\eta = K_e \cdot \eta_R = 0.86 \times 65\% = 56\%$ 。

测定条件

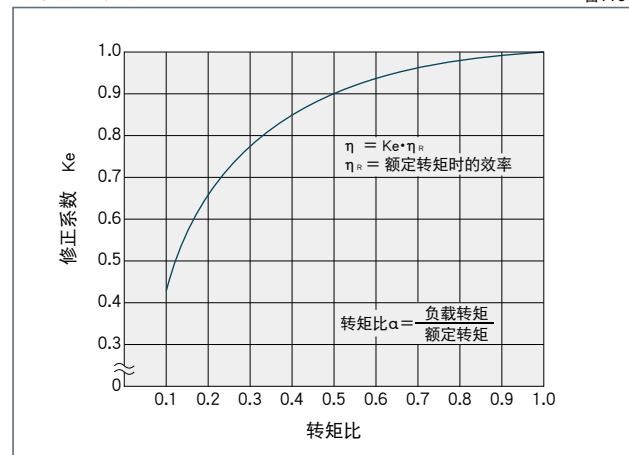
表116-1

组装	推荐组装精度下的组装测定		
负载转矩	额定表所示的额定转矩（第112页）		
润滑条件	润滑脂润滑	名称	Harmonic润滑脂 SK-1A
	油润滑		Harmonic润滑脂 SK-2 工业用齿轮油2种
	涂抹量		正确涂抹量（第119页）

※使用油润滑时请咨询本公司。

效率修正系数

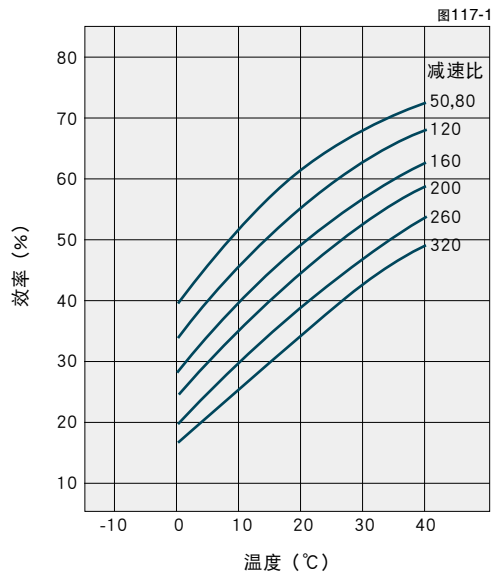
图116-1



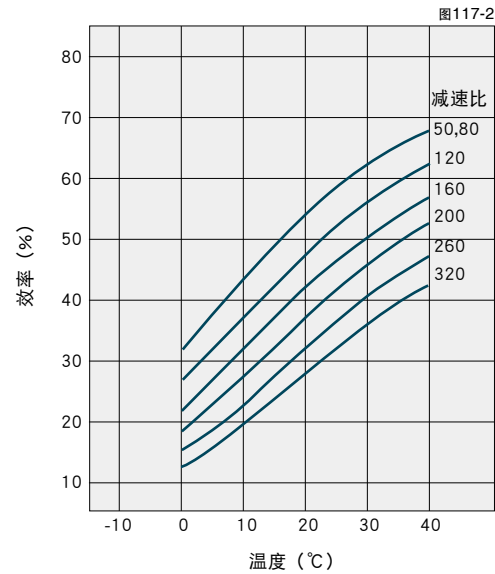
※负载转矩大于额定转矩时的效率修正系数 $K_e = 1$ 。

■额定转矩时的效率（油润滑）

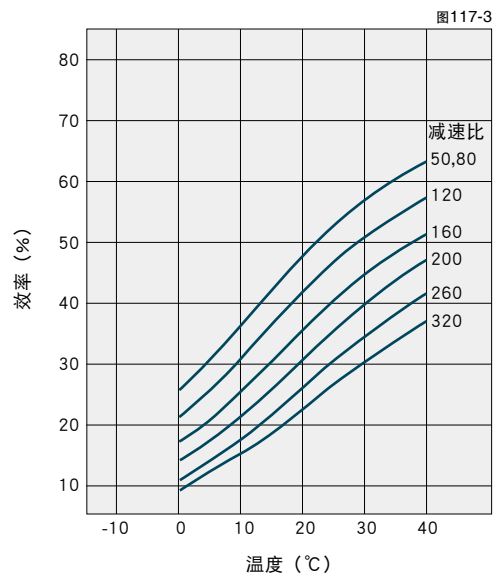
输入转速 500r/min



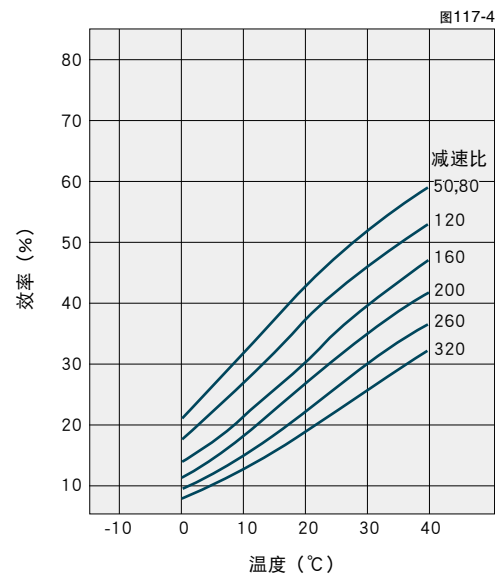
输入转速 1000r/min



输入转速 2000r/min

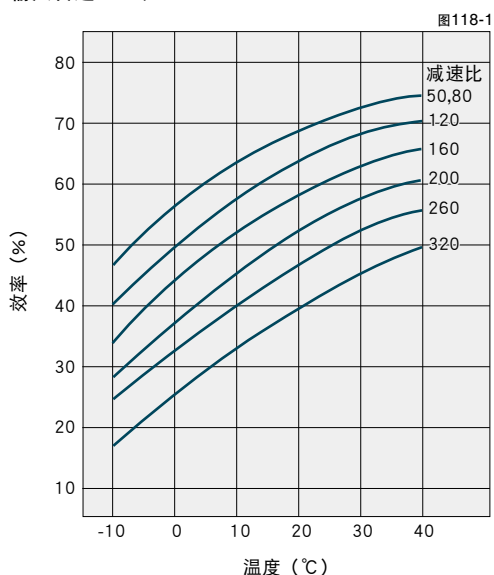


输入转速 3500r/min

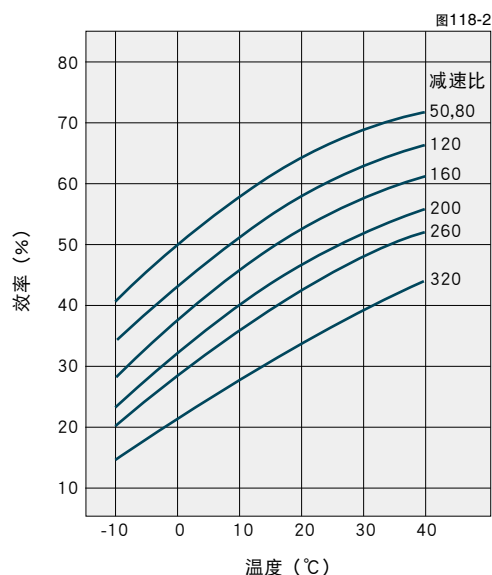


■额定转矩时的效率（润滑脂润滑）

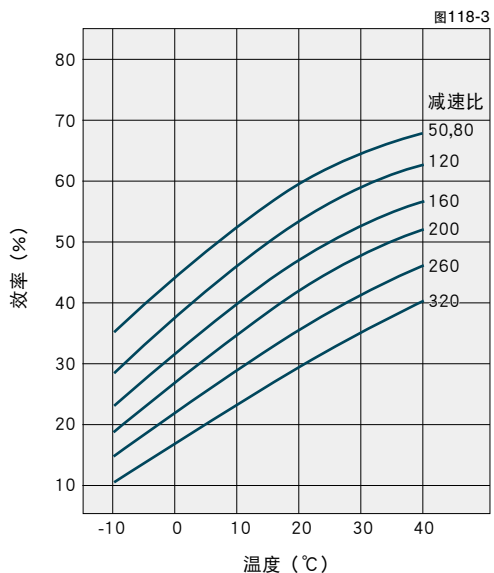
输入转速 500r/min



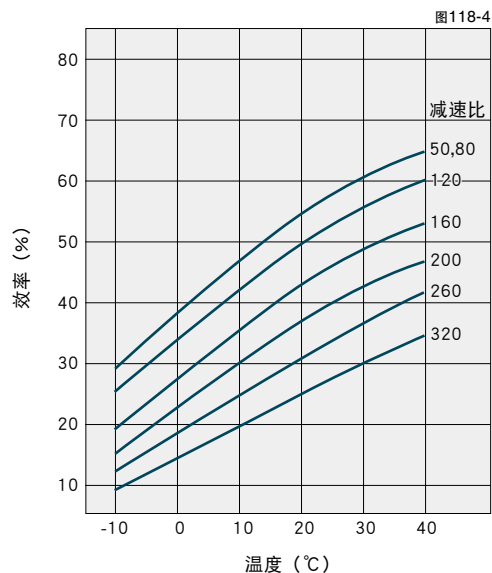
输入转速 1000r/min



输入转速 2000r/min



输入转速 3500r/min



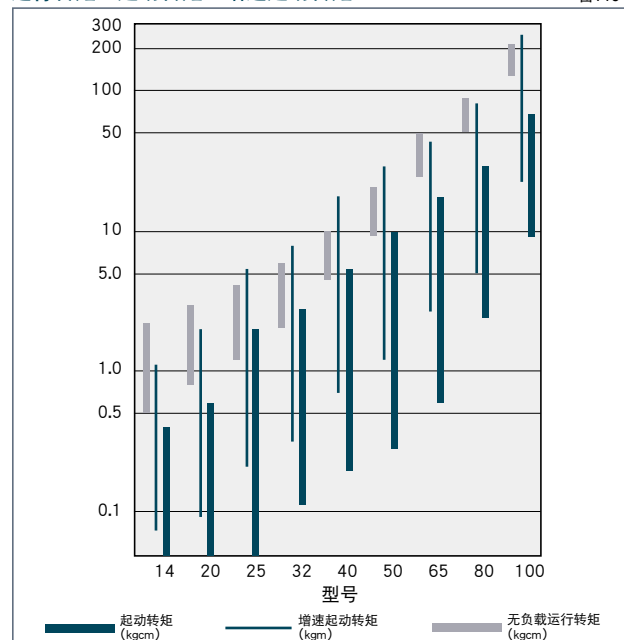
无负载运行转矩、起动转矩、增速起动转矩

图119-1所示的数值是将FR-2型作为双轴型减速机组装测定的数值结果，该数值包含输入输出轴油封产生的摩擦阻力以及油浴式润滑产生的搅拌阻力。

- (1) 无负载运行转矩 指在无负载状态下用于使其转动的必要的高速轴侧转矩（表中的数值是在输入转速为1500r/min、油温约40℃的状态下测得的数值。）
- (2) 起动转矩 在无负载状态下使高速轴起动的必要静力矩
- (3) 增速起动转矩 在无负载状态下使低速轴起动的必要静力矩

运行转矩 起动转矩 增速起动转矩

图119-1



空转和弹簧常数

薄饼型的空转和弹簧常数是指在固定波发生器和刚轮的一侧，并向刚轮的另一侧施加转矩时的数值。

表 120-1

型号	空转 (arc min)		弹簧常数 (kgf·m/arc min)	
	±负载 (kgf·m)	R规格品	负载 (kgf·m)	弹簧常数
14	0.04	max. 3.0	1.26	0.3
20	0.12	3.0	3.69	0.9
25	0.23	3.0	7.20	2.1
32	0.46	3.0	15.78	4.4
40	0.92	3.0	29.50	7.8
50	1.73	3.0	57.60	16
65	3.9	3.0	126.7	27
80	7.4	3.0	236.2	52
100	14.4	3.0	460.8	100

■空转和弹簧常数的说明

由于Harmonic Drive的齿轮啮合理论独特，以及齿轮的啮合率为总齿数的约10%或更多、螺距误差平均化等原因，即便是标准规格，普通齿轮所规定的齿隙也会变得很小。

薄饼型Harmonic Drive中，会针对齿隙设定一定量的空转值。

(1) 空转 (L·M)

空转值是指在组装Harmonic Drive的状态下将高速轴朝旋转方向固定，向低速轴正反施加微小的负载转矩（参照表120-1）时所产生的低速轴旋转角的合计值。

(2) 弹簧常数 (K)

使用与空转同样的方法逐步增加负载转矩并正反施加转矩，可得到如图120-2所示的“负载转矩-扭转角”的线形图，通过该线形图可计算出如表120-1所示的平均弹簧常数。（该数值仅适用于Harmonic Drive组件型。）

■计算示例

计算出使用Harmonic Drive型号FR-40-160-2A-GR，将输入轴固定在旋转方向，向输出轴施加产品目录额定值30kgf·m时所产生的扭转角。

$$\begin{aligned}
 \text{扭转角}\theta &= \frac{L \cdot M}{2} + \frac{1}{K} (T - T_{L \cdot M}) \\
 &= 1.5 + \frac{1}{7.8} (30 - 0.92) \\
 &= 5.23 \text{ arc min}
 \end{aligned}$$

使其正反转时的最大值 $\theta_{\max}$ 为

$$\theta_{\max} = 2 \cdot \theta = 10.46 \text{ arc min}$$

图 120-1

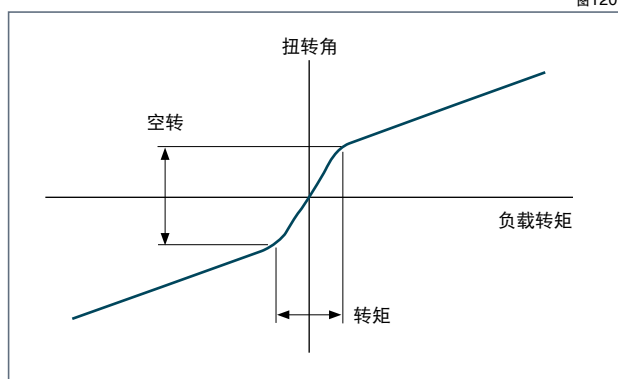


图 120-2

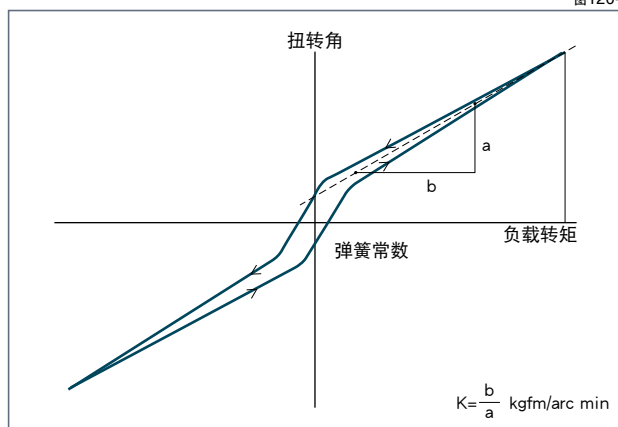
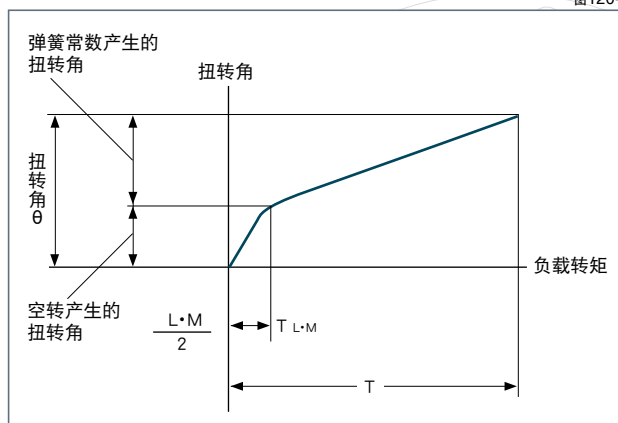


图 120-3

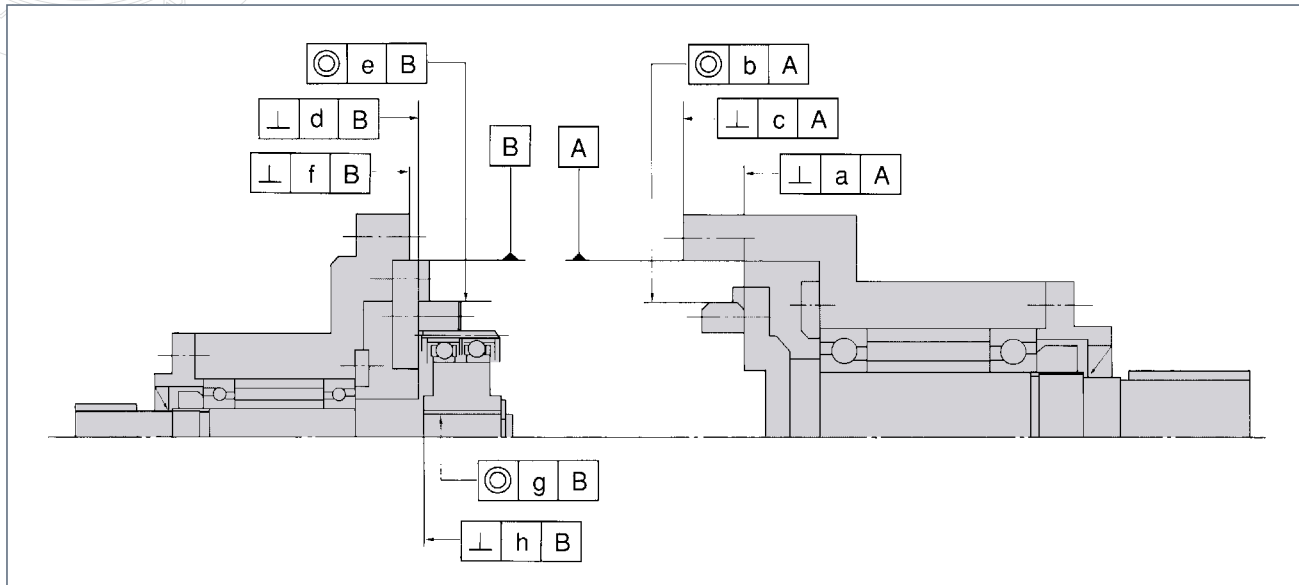


组装精度

在确定组装精度时，为充分发挥HarmonicDrive所具备的优良性能，请确保使用如图120-1，表120-1所示的壳体推荐精度。

组装壳体的推荐精度

图121-1



组装壳体的推荐精度

表121-1
单位: mm

符号	型号	14	20	25	32	40	50	65	80	100
a		0.013	0.017	0.024	0.026	0.026	0.028	0.034	0.043	0.057
b		0.015	0.016	0.016	0.017	0.019	0.024	0.027	0.033	0.038
c		0.016	0.020	0.029	0.031	0.031	0.034	0.041	0.052	0.068
d		0.013	0.017	0.024	0.026	0.026	0.028	0.034	0.043	0.057
e		0.015	0.016	0.016	0.017	0.019	0.024	0.027	0.033	0.038
f		0.016	0.020	0.029	0.031	0.031	0.034	0.041	0.052	0.068
g		0.011	0.013	0.016	0.016	0.017	0.021	0.025	0.030	0.035
h		0.007	0.010	0.012	0.012	0.012	0.015	0.015	0.015	0.015

刚轮的安裝

安装刚轮时请实施符合负载条件的设计和部件管理。推荐螺栓和拧紧转矩产生的传递转矩如下表所示。

螺栓安装

表121-2

项目	型号	14	20	25	32	40	50	65	80	100
螺栓数量		6	6	6	6	6	6	6	8	8
螺栓规格		M3	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M10	M12
螺栓安装 P.C.D.	mm	44	60	75	100	120	150	195	240	290
螺栓拧紧转矩	Nm	2.0	2.0	4.5	9.0	15.3	37	74	74	128
	kgfm	0.20	0.20	0.46	0.92	1.56	3.8	7.5	7.5	13.1
螺栓传递转矩	Nm	54	74	159	338	573	1300	2680	4410	7750
	kgfm	5.5	7.5	16	34	58	132	273	450	790

(表121-1注)

- 前提是内螺纹侧材质能够承受螺栓拧紧转矩。
- 推荐螺栓 螺栓名称: JIS B 1176 内六角螺栓 强度分类: JIS B 1051 12.9以上
- 转矩系数: $K=0.2$
- 拧紧系数: $A=1.4$
- 接合面的摩擦系数 $\mu=0.15$

组装注意事项

由于组装时的错误,Harmonic Drive在运转时可能发生振动、异响等。
组装注意事项请依据FB系列(第107页图109-2)执行。

润滑

润滑方式分为油润滑和润滑脂润滑2种。

油润滑为普遍使用的润滑方式,但根据使用条件的不同,也可以使用润滑脂润滑。

■油润滑

1.润滑油的种类

润滑剂的详情请参照第016页。

2.油量

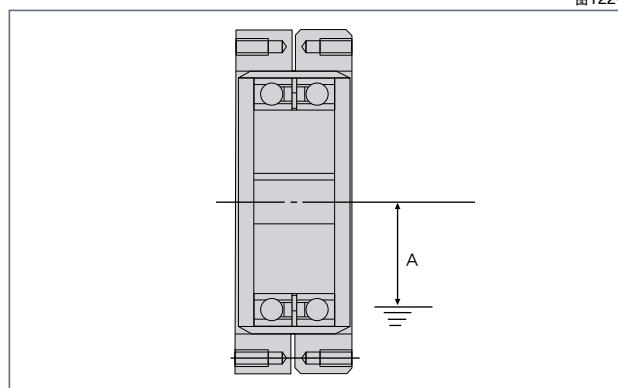
油面位置请参考表122-1的数值。

油面位置

表122-1
单位: mm

型号	14	20	25	32	40	50	65	80	100
A	7	12	15	31	38	44	62	75	94

图122-1



■润滑脂润滑

润滑脂润滑与油润滑的情况不同,它不具备冷却效果,因此只能在运转时间较短时使用。

- 使用条件: ED%……10%以内、连续运转10分钟以内、输入转速低于表114-1所示的容许最高输入转速。
- 推荐润滑脂: 型号20~100推荐使用“Harmonic润滑脂SK-1A”, 型号14推荐使用“Harmonic润滑脂SK-2”

(注) 超过ED%或容许最大转速使用时,可能造成润滑脂劣化、影响润滑机能,进而导致减速机过早损伤。请充分注意。

关于保修

Harmonic Drive的保修期及保修范围规定如下：

■ 保修期

以产品目录记载的正常组装状态及润滑状态下使用为前提，保修期为交货后的一年时间或该产品运行时间达到2,000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天灾等非本公司责任导致故障的。

而且，这里所说的保修是指对本产品的保修。

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

关于商标

“Harmonic Drive”的学术、一般名称为“谐波齿轮传动”，“Harmonic Drive”是只用于本公司制造并销售产品上的注册商标。

安全使用Harmonic Drive组件型&组合型的注意事项

 **警告：**表示操作错误可能会导致人员死亡或负重伤。

 **注意：**表示操作错误可能会导致人员受伤及财产损失。

用途限制：本产品不能用于以下用途。

- *航天设施*航空设施*原子能设施
- *家庭电器、设备
- *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，请预先咨询授权代理商。

将本产品用于与人的生命相关的设备及可能会产生重大损失的设备时，请安装即使因破坏而导致不能控制输出端，也不会发生事故的安全装置。

设计注意事项 进行设计时，请务必阅读产品目录。

 注意	请在规定环境下使用。 ●使用Harmonic Drive时，请遵守以下条件。 - 环境温度：0~40℃ - 不溅到水、油等 - 无腐蚀性、爆炸性气体 - 无金属粉尘等	 注意	请使用规定的方法进行安装。 ●组装方法、顺序，请按产品目录正确实施。 ●拧紧方法（使用螺栓等），请遵守本公司建议。 ●如未正确组装，运转时可能会导致振动、缩短使用寿命、精度下降、损坏等故障。
 注意	请根据规定精度实施安装。 ●请正确设计、组装各种部件，确保其能够达到产品目录中的推荐安装精度。 ●达不到规定精度可能会导致振动、缩短使用寿命、精度下降、损坏等故障。	 注意	请使用规定的润滑剂。 ●不使用本公司推荐的润滑剂，可能会缩短产品的使用寿命。此外，请按规定的条件更换润滑剂。 ●组合型产品已预先封入润滑脂。请不要混入其它润滑脂。

使用注意事项 执行运转时，请务必阅读产品目录。

 注意	请小心取用产品及部件。 ●请勿使用锤子等用力敲打各部件及组合单元。此外，请确保不会因坠落等原因导致裂纹、伤痕等。否则会导致产品破损。 ●在破损状态下使用时，无法保证其性能。还可能会导致损坏等故障。	 注意	使用时，请勿超出容许转矩。 ●施加转矩请不要超出瞬间容许最大转矩。否则可能会出现拧紧部螺栓松动、产生晃动、破坏等，导致产品故障。 ●如果输出轴直接连接关节臂等，有可能因关节臂碰撞而导致破损，输出轴不能控制。
 注意	请勿变更部件配套。 ●本产品的各部件是配套加工而成。 ●混同其它套件使用时，无法保证其能够发挥特定性能。	 注意	请勿拆解组合型产品。 ●严禁对组合型产品实施拆解、重新组装。否则，将无法恢复其原有性能。

润滑剂的使用

 警告	安装注意事项 ●溅入眼睛可能会引起炎症。操作时，请佩戴防护眼镜等，避免溅入眼睛。 ●接触皮肤可能会引起炎症。操作时，请佩戴防护手套等，避免接触到皮肤。 ●请勿吞食（会引起腹泻、呕吐等）。 ●打开容器时，请注意不要划伤手指。请戴好防护手套。 ●请放在儿童够不到的地方。	 注意	废油、废容器的处理 ●法令规定了使用者有义务实施的处理方法。请按照相关法律法规进行正确处理。 ●不清楚时，请先咨询授权代理商，然后再做处理。 ●请勿对空的容器施加压力。施加压力可能会导致其破裂。 ●请勿对容器进行焊接、加热、开孔或裁切。否则，可能会发生爆炸，里面的残留物会起火燃烧。
	应急处理 ●万一溅入眼睛，请立即使用清水冲洗15分钟，并接受医生的治疗。 ●万一接触到皮肤，请使用水及肥皂充分清洗。 ●万一发生吞食，请不要用力让其呕吐，应立即接受医生的治疗。	 注意	保管方法 ●使用后，请将其密封好，防止灰尘、水分等混入。请在背阴处保存，避免阳光直射。
		 注意	关于报废 ●请按工业废弃物标准进行处理。 ●报废时，请按工业废弃物进行处理。

主要采用市场

The main adoption markets



金属机床
Metal Working Machine



金属加工机械
Processing Machines



测定·分析·试验设备
Measurement, Analytical and Test Systems



医疗机械
Medical Equipment



望远镜
Telescopes

提供：大学共同利用机关法人国立天文台



能量相关
Energy

Courtesy of Halliburton/Sperry Drilling Services



包装·装箱设备
Crating and Packaging Machines



通信设备
Communication Equipment

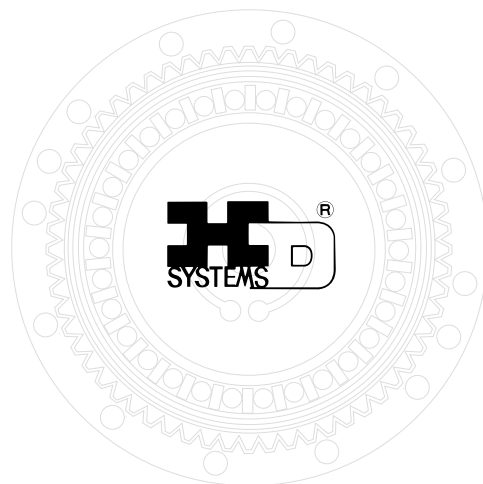


航天设备
Space Equipment

Rover image created by Dan Maas, copyrighted to Cornell and provided courtesy NASA/JPL-Caltech.



机器人
Robots



玻璃·陶瓷制造装置
Glass and Ceramic Manufacturing Systems

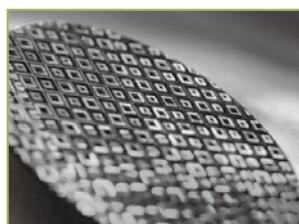


人型机器人
Humanoid Robots

提供：本田技研工业株式会社



印刷·装订·纸品加工机械
Printing, Bookbinding and Paper



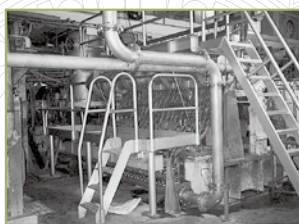
半导体制造装置
Semiconductor Manufacturing Systems



光学相关机械
Optical Machines



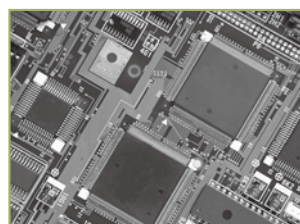
木材·轻金属·塑料加工机床
Wood, Light Metal and Plastic Machine Tools



制纸机械
Paper-making Machines



FPD制造装置
Flat Panel Display Manufacturing Systems



印刷电路制造装置
Printed Circuit Board Manufacturing Machines



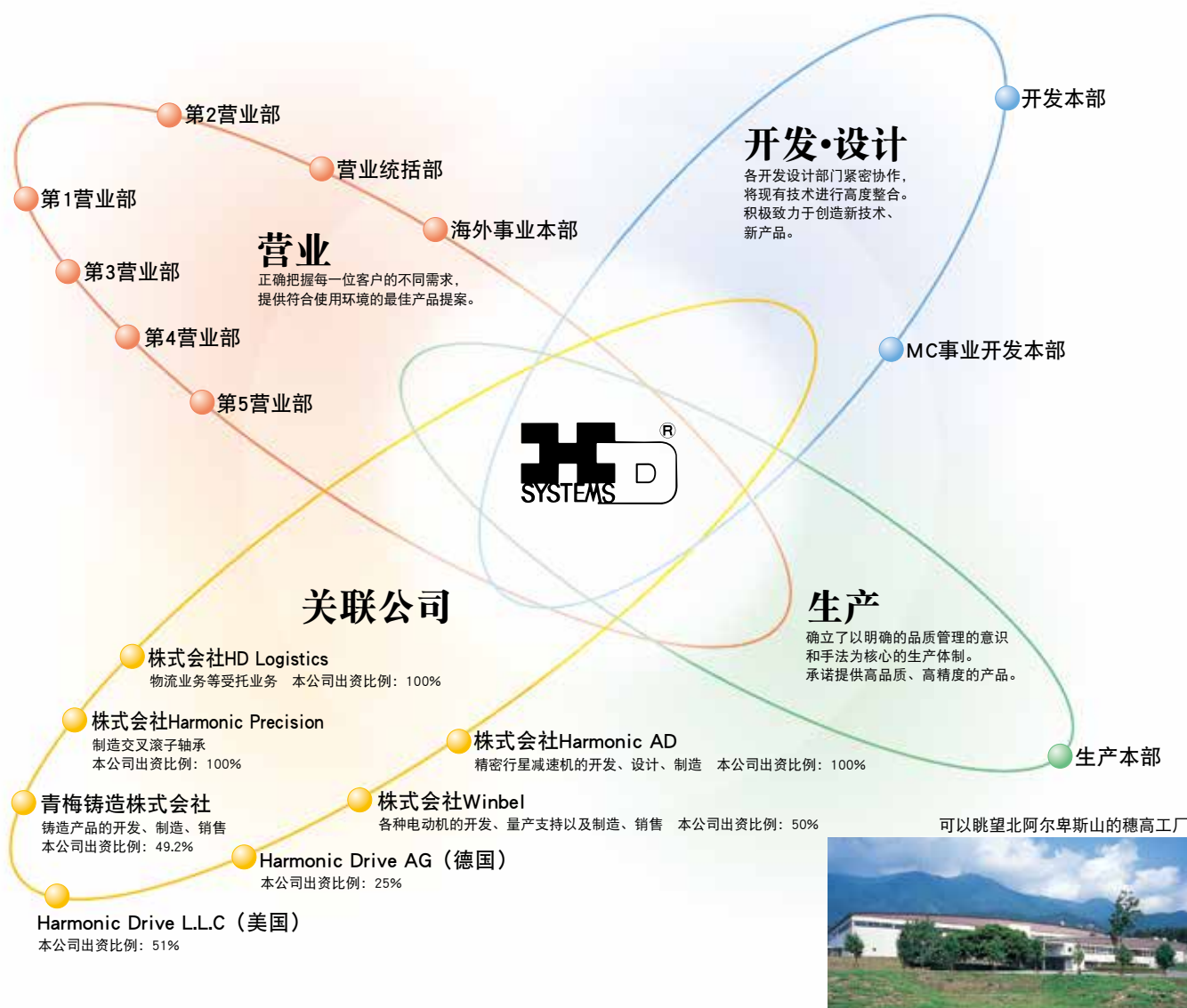
航空器相关
Aircraft

精密控制领域的专家

开发、设计、生产、营业各部门紧密协作，
打造出满足客户需求且独具特色的产品。



本公司在 1995 年获得了德国认证机构 TUV Product Service 的 [ISO 9001] 质量管理 和质量保证的国际标准认证，并在 1998 年通过了 TUV Product Service 的 [ISO 14001] 环境管理体系的国际标准 认证。本公司的质量保证体制和环境管 理体系得到世界各国广泛认可。



OTHER PRODUCTS

Harmonic Drive

仅由3个基本部件构成的HarmonicDrive减速机通过独特的机理实现了精密的运动控制。



AccuDrive®

将累积的Harmonic Drive精密加工技术运用到低减速比领域而研制出的高精度、高刚性的行星减速机AccuDrive®。具备独特的齿隙去除机构，实现了较高的旋转精度。



线性运动

将精密螺钉和HarmonicDrive进行紧凑组合而成的线性执行元件。包括高精定位产品、高推力产品以及丰富的系列产品。



Galvano式扫描仪

以本公司独有的小型电动机以及光学传感器技术为基础开发出的Galvano式扫描仪。通过高响应、高精度的扫描仪实现了顺畅的光学扫描。





哈默纳科（上海）商贸有限公司

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

上海总公司

地址：上海市长宁区天山路641号慧谷白猫科技园1号楼206室

电话：021-62375656

深圳分公司

地址：广东省深圳市宝安区宏发领域大厦4栋17层27、29室

电话：0755-27592446

重庆分公司

地址：重庆市渝北区龙溪街道红锦大道86号中渝广场3号楼1308室

电话：023-67819781

以下商标在中国国内已注册。



以下商标在日本国内已注册。



本产品目录数据更新截止于2018年5月。

NO.1805-01-HD-CMP