



## 精密谐波减速器

RT 系列



# 前言

## Ultra Precision Drives

例如，在应用于机器人、机床和工业自动化的传动系统中，减速机是一个关键部件，对定位和重复精度、使用寿命和整体解决方案的动态性有着重大的影响。

提高精度、缩短周期时间和延长机器运行时间对所有行业的工业自动化均具有整体性意义。出于这种考虑，Schaeffler 将其在精密谐波减速器领域的开发专长、生产技术、产品和服务整合到 Ultra Precision Drives 的旗下。

带有这个标签的产品超越了当前的技术水平，在某些情况下，还为市场树立了标杆。我们力求做到这一点。

我们的 Ultra Precision Drives 的额定转矩范围为 10 Nm 至 7 000 Nm，具有精密谐波减速器和精密行星齿轮箱两种减速器类型。这为业界提供了适合从小型协作机器人到大型工业机器人、机床的副轴和主轴以及各种自动化任务的定位驱动器的精密谐波减速器的选择。

## 精密谐波减速器

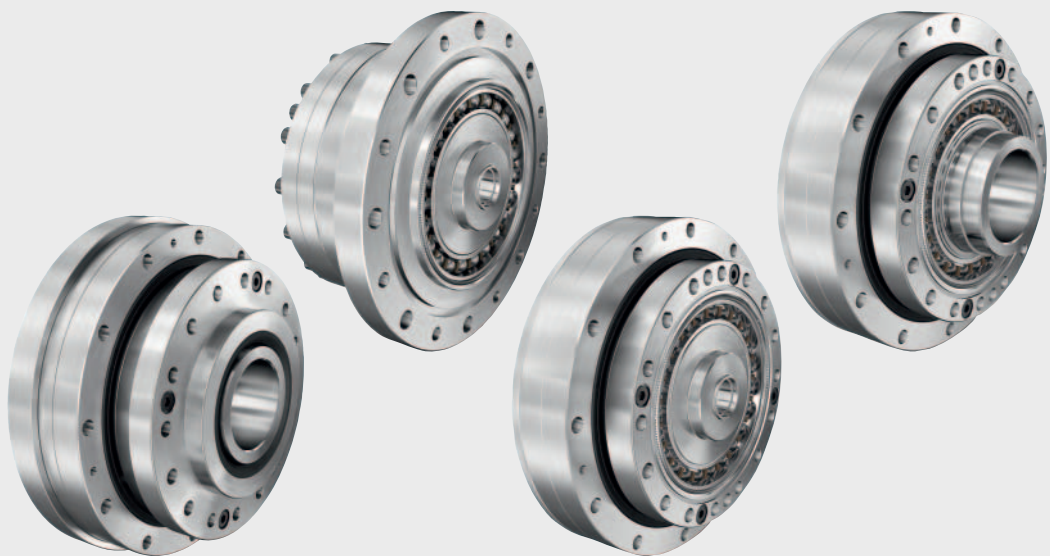
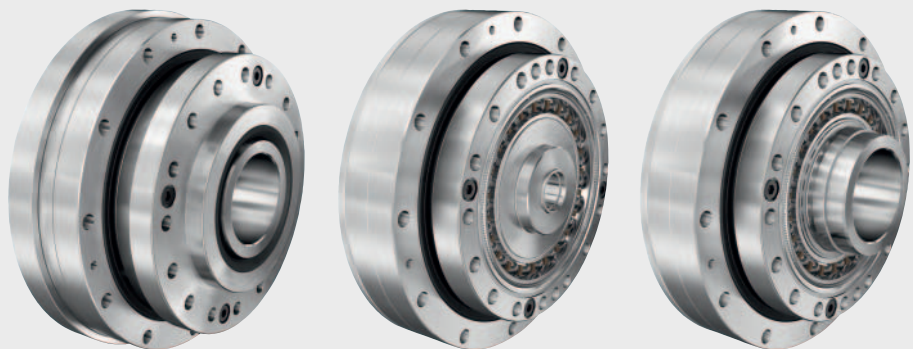
在本出版物中，详细介绍了 High Torque RT1 和 Standard Torque RT2 系列精密谐波减速器。这些产品目前涵盖了 18 Nm 至 484 Nm 的最大转矩范围。这两个系列均具有相似的尺寸和型号。与 Standard Torque RT2 系列相比，High Torque RT1 系列精密谐波减速器在转矩方面高出 30%，在使用寿命方面高出 40%。Standard Torque RT2 系列精密谐波减速器的特点是具有广泛的尺寸、型号和减速比组合。High Torque RT1 系列精密谐波减速器也可以选配集成转矩传感器 RT1-T，而这不会给传动系带来任何额外的弹性。





# 目录

	页
概览 .....	5
技术原理 .....	6
精密谐波减速器 RT1 .....	42
精密谐波减速器 RT2 .....	60
感应式精密谐波减速器 RT1-T .....	84
术语表 .....	94





**精密谐波减速器**

High Torque RT1

- 尺寸：  
14、17、20、25、32
- 减速比：  
50、80、100、120、160
- 最大扭矩：  
23 Nm 至 484 Nm

**型号：**

HAT

- 版本：  
CS、BHS、BMS、UHS



**精密谐波减速器**

Standard Torque RT2

- 尺寸：  
14、17、20、25、32
- 减速比：  
50、80、100、120、160
- 最大扭矩：  
18 Nm 至 372 Nm

**型号：**

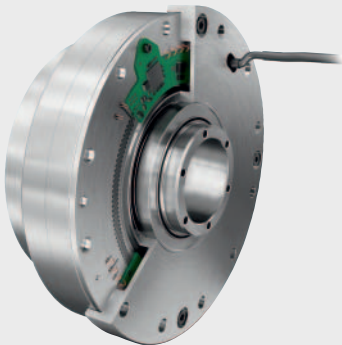
HAT

- 版本：  
CS、BHS、BMS、UHS

**型号：**

CUP

- 版本：  
CS、BMS



**感应式精密谐波减速器**

High Torque RT1-T

- 尺寸：  
14、17、25、32
- 减速比：  
100、160
- 最大扭矩：  
36 Nm 至 484 Nm

**型号：**

HAT

- 版本：  
UHS-T

## **技术原理**

**结构和功能原理**

**系列和版本**

**减速器预选型**

**减速器设计**

**使用寿命**

**润滑**

**扭转角**

**效率**

**输出轴承**

**感应式精密谐波减速器**

# 技术原理

	页
<b>结构和功能原理</b>	
结构 .....	8
功能原理 .....	9
<b>系列和版本</b>	
终生精度 .....	10
版本 .....	10
<b>减速器预选型</b>	
应用 .....	12
精密谐波减速器预选型 .....	12
输入和输出布置 .....	12
<b>减速器设计</b>	
基于转矩的尺寸计算 .....	14
平均输出转矩 .....	14
最大输出转矩 .....	15
冲击转矩 .....	15
平均输入驱动转速 .....	16
最大输入驱动转速 .....	16
基于刚度的尺寸计算 .....	17
<b>使用寿命</b>	
Wave Generator 轴承的使用寿命 .....	18
输出轴承的使用寿命 .....	20
容许静态倾覆力矩 .....	23
<b>润滑</b>	
润滑剂 .....	25
润滑剂使用寿命和温度影响 .....	25
<b>扭转角</b>	
扭转角计算 .....	27
<b>效率</b>	
.....	28
<b>输出轴承</b>	
输出轴承参数 .....	29
<b>感应式精密谐波减速器</b>	
结构 .....	32
部件 .....	32
带有 Sensotect 涂层的转矩传感器 .....	32
概念 .....	33
转矩传感器 .....	33
功能安全 .....	33
测量 .....	33
精度 .....	33
更佳的性能和更高的灵敏度 .....	34
比较 .....	36
集成转矩传感器 (Schaeffler 解决方案) .....	36
外部转矩传感器 (传统解决方案) .....	37
传感器概念与扭转刚度 .....	38

# 结构和功能原理

## 结构

RT 系列精密谐波减速器由三个主要部件组成。

Wave Generator 是一个椭圆形传动元件，已预先安装薄壁球轴承。带有外齿的柔性、扭转刚性 Flexspline 环绕着 Wave Generator。Circular Spline 作为刚性齿圈缠绕在 Flexspline 上。Flexspline 的外齿与 Circular Spline 的内齿相啮合。由于其功能，内齿比外齿多两个齿。

Flexspline 有 HAT 型号或 CUP 型号两种不同的设计可供选择。在 HAT 型号中，Flexspline 的底部向外延伸。这形成了一个较大的开放通道，从而允许使用大型空心轴。在 CUP 型号中，Flexspline 的底部向内延伸。这种设计主要用于构建紧凑型传动系统。

根据版本的不同，在精密谐波减速器上还增加了其他部件，如输出轴承、输入轴和外壳，以便简单快速地集成到应用中。High Torque RT1 系列精密谐波减速器可选配集成转矩传感器，用于测量产生的力。

- ① Wave Generator
- ② Circular Spline
- ③ Flexspline

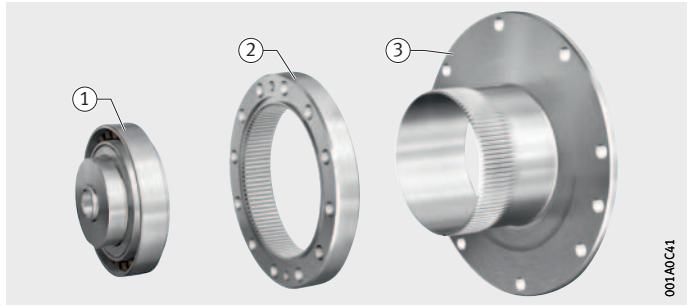


图 1

Component Set 组件、HAT 型号

- ① Wave Generator
- ② Flexspline
- ③ Circular Spline

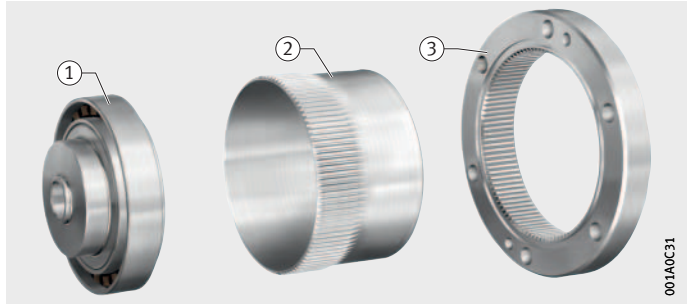
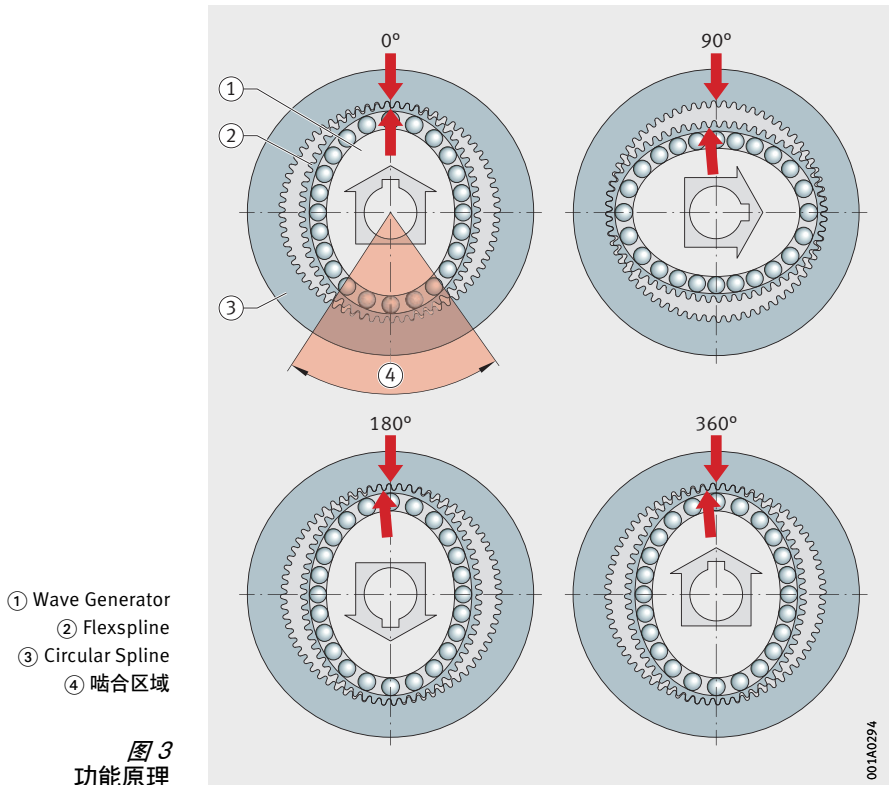


图 2

Component Set 组件、CUP 型号

### 功能原理

装配后，Flexspline 呈现出 Wave Generator 的椭圆形状。旋转的 Wave Generator 会导致 Flexspline 的周向变形。Flexspline 的外齿与 Circular Spline 的内齿在椭圆的垂直轴上通过两个较大的、对称的齿啮合区域相啮合。旋转的 Wave Generator 会导致内齿与外齿的永久周向啮合。由于 Flexspline 的齿数比 Circular Spline 少两个，因此 Flexspline 与 Circular Spline 每转一圈就会相对移动两个轮齿。



# 系列和版本

## 终生精度

High Torque RT1 和 Standard Torque RT2 系列精密谐波减速器的特点是在整个使用寿命内具有超高的定位精度。其特点是重量轻巧、设计紧凑。零背隙和耐磨损的齿形以及高转矩密度使其能够为极高的负载提供特别紧凑的传动解决方案。

High Torque RT1 系列的特点是性能的提升，与 Standard Torque RT2 系列相比，其转矩可提高 30%，其使用寿命可延长 40%。借助集成转矩传感器，UHS-T 版本（RT1-T 系列）可实现精确的转矩测量。

Standard Torque RT2 系列提供多种尺寸、减速比和版本。

典型的应用领域包括：

- 机器人和装卸系统
- 医疗设备
- 工业机械
- 机床

## 版本

RT 精密谐波减速器提供多种尺寸和减速比，并有三种版本可供选择：

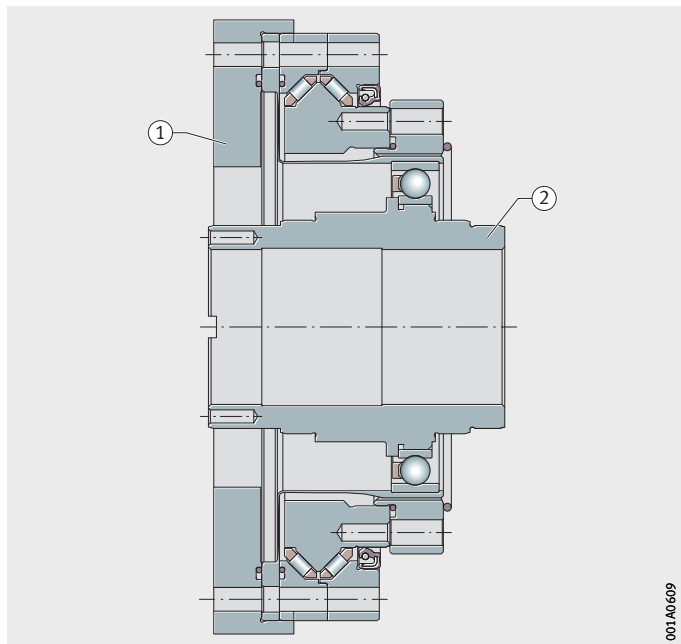
- Component Set (CS) :
  - 包括谐波减速器三个主要部件
- 基本单元 (BHS、BMS) :
  - 此外还包括一个重载输出轴承：
- 单元 (UHS、UHS-T) :
  - 完全预装和密封，可选配集成转矩传感器

精密谐波减速器可选配大型空心轴，以便安装空心轴电机（版本 BHS、UHS）、直接电机连接设备（版本 BMS），也可以选配集成转矩传感器（版本 UHS-T）。



- ① 输出法兰
- ② 适合空心轴电机的减速器输入

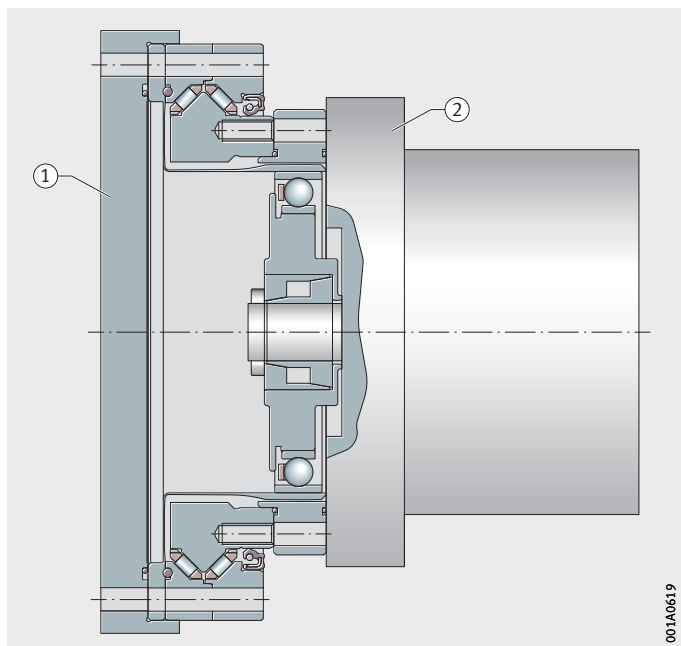
**图 1**  
带有大型空心轴的  
精密谐波减速器



001A0609

- ① 输出法兰
- ② 电机

**图 2**  
适合直接电机连接设备的  
精密谐波减速器



001A0619

# 减速器预选型

## 应用

谐波减速器可用于各种行业和应用领域。谐波减速器是根据所需转矩或必要刚度来选型的。

## 精密谐波减速器预选型

以下指南旨在为精密谐波减速器的选型提供帮助：

- 选择版本：
  - CS：  
Component Set
  - BHS：  
带空心轴的基本单元
  - BMS：  
电机轴基本单元
  - UHS：  
带空心轴的单元
  - UHS-T：  
带空心轴和集成转矩传感器的单元
- 确定最大转矩和平均转矩：
  - 减速器尺寸由转矩和可用安装空间决定  
14、17、20、25、32
- 确定最大转速和平均转速：
  - 减速比由转速决定：  
50、80、100、120、160

## 输入和输出布置

RT 系列精密谐波减速器可实现各种输入和输出布置，从而获得不同的减速比。

- ① Wave Generator
- ② Flexspline
- ③ Circular Spline

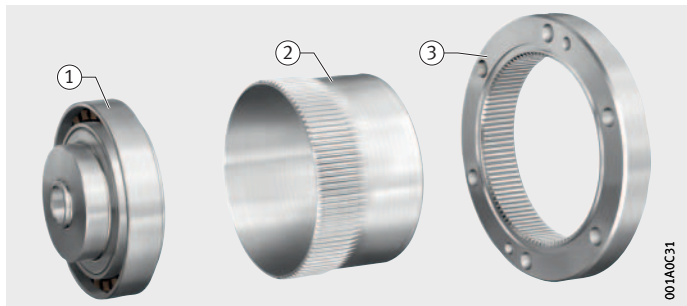


图 1  
精密谐波减速器的主要部件

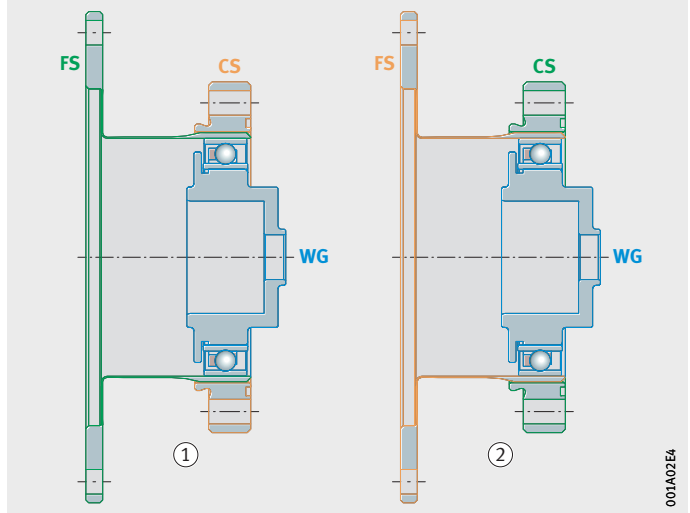
**减速比**

$$i = \frac{\text{输入驱动转速}}{\text{输出驱动转速}}$$

标准的减速比值是根据输入布置得出的。

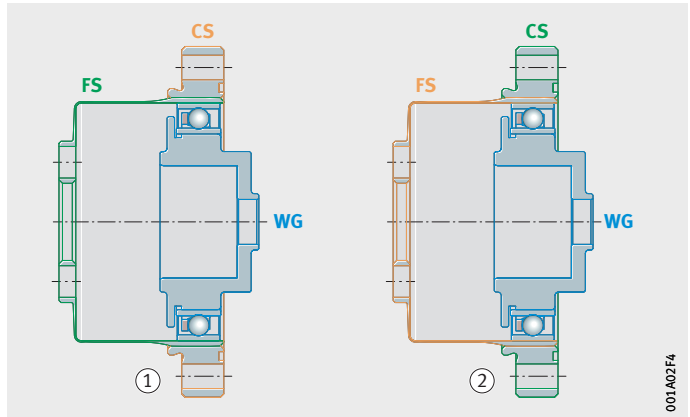
- ① 输入布置 1
- ② 输入布置 2

图 2  
HAT 型号



- ① 输入布置 1
- ② 输入布置 2

图 3  
型号 CUP



**精密谐波减速器的  
减速比与旋转方向**

特点	输入布置	
	1	2
减速比	$= -\frac{i}{1}$	$= \frac{i+1}{1}$
Wave Generator	输入	输入
Flexspline	输出	固定
Circular Spline	固定	输出
旋转方向输入与输出	与旋转方向相反	与旋转方向相同

# 减速器设计

## 基于转矩的尺寸计算

以下步骤描述了基于载荷周期的谐波减速器的尺寸计算。  
为确定谐波减速器的尺寸，必须按规定顺序计算以下数值：

- 平均输出转矩  $T_{out\ av}$
- 最大输出转矩  $T_{out\ max}$
- 冲击转矩  $T_{out\ K}$
- 平均输入驱动转速  $n_{in\ av}$
- 最大输入转速  $n_{in\ max}$

不得超出步骤中规定的极限值。如果所选减速器尺寸无法达到极限值，则必须选择更大的减速器尺寸。

## 平均输出转矩

首先，确定载荷周期中作用在谐波减速器上的平均输出转矩。

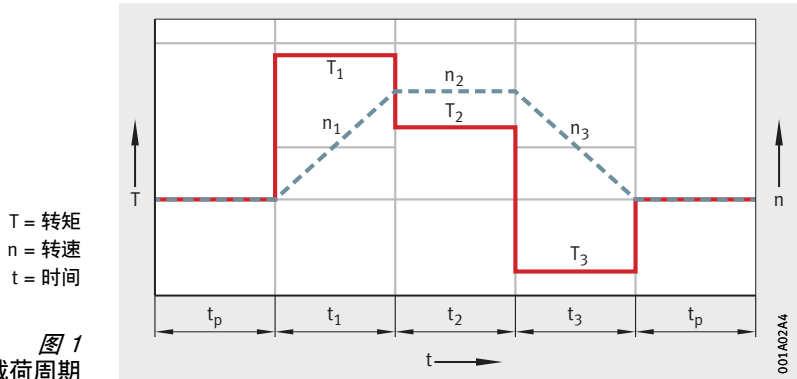


图 1  
载荷周期

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

将所确定的载荷平均输出转矩  $T_{out\ av}$  与谐波减速器的平均转矩  $T_A$  进行比较。

平均输出转矩  $T_{out\ av}$  不得超出技术数据表中的值  $T_A$ 。

$$T_{out\ av} \leq T_A$$

$T_{out\ av}$ 平均负载转矩	Nm
$n_n, n_1, n_2$ 载荷转速级	$\text{min}^{-1}$
$T_n, T_1, T_2$ 载荷转矩级	Nm
$t_n, t_1, t_2$ 载荷时间级	s
$T_A$ 平均转矩	Nm

## 最大输出转矩

所确定的载荷最大输出转矩  $T_{out\ max}$  表示当前在载荷周期中所需的加速和减速转矩。



高动态应用的最大输出转矩  $T_{out\ max}$  不得超出谐波减速器的最大转矩  $T_R$ 。

$$T_{out\ max} \leq T_R$$

$T_{out\ max}$ 最大载荷转矩	Nm
$T_R$ 最大转矩	Nm

## 冲击转矩

在运行期间发生紧急停车时，谐波减速器可能会承受短暂的冲击转矩  $T_{out\ K}$ 。在这种情况下，不能排除对减速器造成损坏，从而降低使用寿命的可能性。在运行期间出现的紧急停车次数应保持在最低限度，并保持在精密谐波减速器的规定冲击转矩  $T_M$  以下。

$$T_{out\ K} \leq T_M$$

$T_{out\ K}$ 运行期间的冲击转矩	Nm
$T_M$ 冲击转矩	Nm

# 减速器设计

## 平均输入驱动转速

为确保 Wave Generator 轴承尽可能长的使用寿命，在一个载荷周期内，平均输入驱动转速  $n_{in\ av}$  不得超出谐波减速器的平均输入驱动转速  $n_{av\ max}$ 。

$$n_{in\ av} = \frac{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n \cdot i}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_p}$$

$$n_{in\ av} = n_{out\ av} \cdot i$$

$$n_{in\ av} \leq n_{av\ max}$$

$n_{in\ av}$	$\min^{-1}$
平均输入驱动转速	
$n_n, n_1, n_2$	$\min^{-1}$
载荷转速级	
$t_n, t_1, t_2, t_p$	s
载荷时间级	
i	-
减速比	
$n_{out\ av}$	$\min^{-1}$
平均输出驱动转速	
$n_{av\ max}$	$\min^{-1}$
最大平均输入驱动转速	

## 最大输入驱动转速

在该载荷周期中确定的最大输入驱动转速  $n_{in\ max}$  不得超出谐波减速器的最大输入驱动转速  $n_{max}$ 。由于温度升高，最大输入转速  $n_{max}$  只能在载荷周期中简略使用。

$$n_{in\ max} = n_{out\ max} \cdot i$$

$$n_{in\ max} \leq n_{max}$$

$n_{in\ max}$	$\min^{-1}$
最大载荷输入转速	
$n_{out\ max}$	$\min^{-1}$
最大载荷输出驱动转速	
i	-
减速比	
$n_{max}$	$\min^{-1}$
谐波减速器的最大输入驱动转速	

## 基于刚度的尺寸计算

在特殊应用中，高刚度比基于载荷周期的谐波减速器尺寸更为重要，例如：

- 医疗设备
- 金属加工
- 光学设备

为确定应用的共振频率，除了基于转矩的尺寸计算外，还必须始终对谐波减速器进行基于刚度的尺寸计算。

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{K_1}{J}}$$

$$n_n = f_n \cdot 30 \text{ min}^{-1}$$

$f_n$ 共振频率	Hz
$K_1$ 扭转刚度	Nm/rad
$J$ 载荷惯性矩	kg·m <sup>2</sup>
$n_n$ 转速	min <sup>-1</sup>

### $f_n$ 的经验值

应用	共振频率 $f_n$ ≧ Hz
机器人技术中的轴	8
机械工程中的标准应用	15
机床中的加工轴	20

# 使用寿命

## Wave Generator 轴承的使用寿命

Wave Generator 轴承的使用寿命根据以下步骤计算 (DIN ISO 281)。

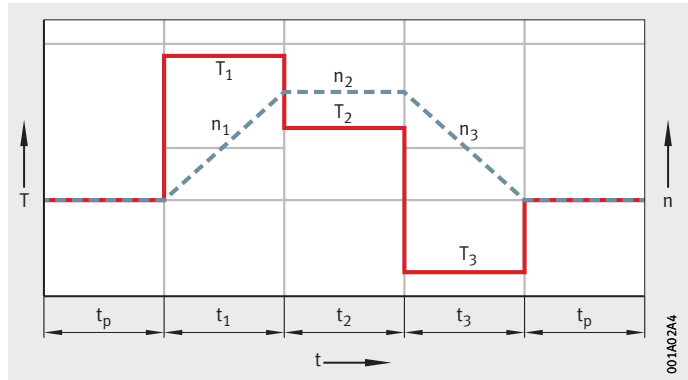
参考值为技术参数中的额定输出转矩和参考输入转速  $n_N = 2\,000 \text{ min}^{-1}$ 。

$$L_{10} = L_n \cdot \frac{n_N}{n_{in\ av}} \cdot \left( \frac{T_N}{T_{out\ av}} \right)^3$$

系列	版本	名义使用寿命 $L_n$ h	参考转速 $n_N$ $\text{min}^{-1}$	Wave Generator 轴承的转数
RT1	CS、BHS、BMS、UHS	10 000	2 000	$1.2 \cdot 10^9$
RT1-T	UHS-T	10 000	2 000	$1.2 \cdot 10^9$
RT2	CS、BHS、BMS、UHS	7 000	2 000	$0.84 \cdot 10^9$

T = 转矩  
n = 转速  
t = 时间

图 1  
载荷周期





$$n_{in\ av} = \frac{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_p} \cdot i$$

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

$L_{10}$	h
使用寿命	
$L_n$	h
名义使用寿命	
$n_N$	$\text{min}^{-1}$
额定转速	
$T_N$	Nm
额定转矩	
$n_{in\ av}$	$\text{min}^{-1}$
平均输入转速	
$T_{out\ av}$	Nm
平均负载转矩	
$n_n, n_1, n_2$	$\text{min}^{-1}$
载荷转速级	
$t_n, t_1, t_2, t_p$	s
载荷时间级	
$i$	-
减速比	
$T_n, T_1, T_2$	Nm
载荷转矩级	

# 使用寿命

## 输出轴承的使用寿命

使用以下公式计算连续运转和间歇运转时的使用寿命。

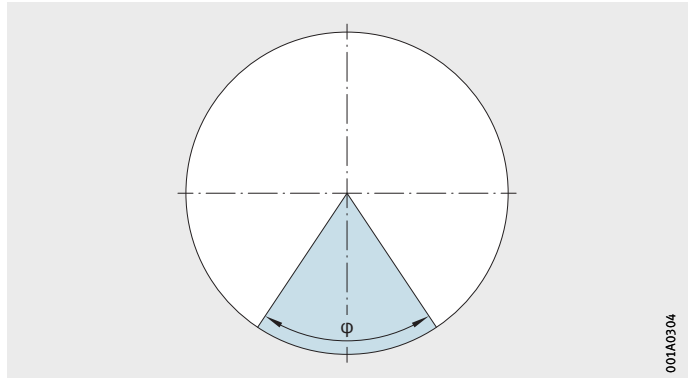
$$L_{10} = \frac{10^6}{60 \cdot n_{av}} \cdot \left( \frac{C}{f_w \cdot P_c} \right)^B$$

$$L_{oc} = \frac{10^6}{60 \cdot n_{oc}} \cdot \frac{180}{\varphi} \cdot \left( \frac{C}{f_w \cdot P_c} \right)^B$$

$L_{10}$	h
使用寿命	
B	-
使用寿命指数	
C	N
基本径向额定动负载	
$n_{av}$	$\text{min}^{-1}$
平均转速	
$f_w$	-
运行系数	
$P_c$	N
轴承当量动载荷	
$L_{oc}$	h
回转运动时的使用寿命	
$n_{oc}$	-
每分钟振荡次数	
$\varphi$	°
回转角度	

周期 =  $2 \cdot \varphi$

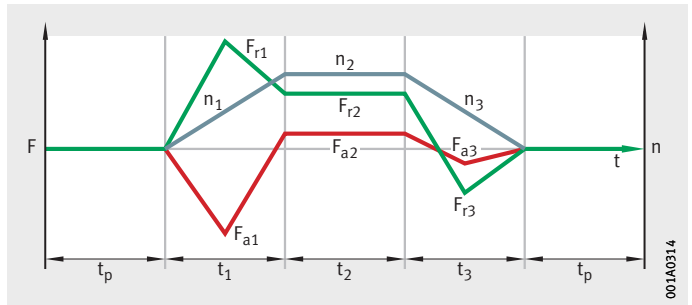
图2  
间歇运转时的周期



001A0304

$F$  = 载荷  
 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_p$  = 载荷时间级  
 $n$ 、 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$  = 载荷转速级  
 $F_{r1}$ 、 $F_{r2}$ 、 $F_{r3}$  = 载荷的径向力级  
 $F_{a1}$ 、 $F_{a2}$ 、 $F_{a3}$  = 载荷的轴向力级

图3  
轴承载荷图



001A0314

# 使用寿命

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

$$F_{a\ av} = \left( \frac{|n_1| \cdot t_1 \cdot (F_{a1})^B + |n_2| \cdot t_2 \cdot (F_{a2})^B + \dots + |n_n| \cdot t_n \cdot (F_{an})^B}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n} \right)^{\frac{1}{B}}$$

$$F_{r\ av} = \left( \frac{|n_1| \cdot t_1 \cdot (F_{r1})^B + |n_2| \cdot t_2 \cdot (F_{r2})^B + \dots + |n_n| \cdot t_n \cdot (F_{rn})^B}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n} \right)^{\frac{1}{B}}$$

$$M_{av} = \left( \frac{|n_1| \cdot t_1 \cdot (M_1)^B + |n_2| \cdot t_2 \cdot (M_2)^B + \dots + |n_n| \cdot t_n \cdot (M_n)^B}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n} \right)^{\frac{1}{B}}$$

$$P_C = x \cdot \left( F_{r\ av} + \frac{2M_{av}}{d_M} \right) + y \cdot F_{a\ av}$$

$n_{out\ av}$ 平均输出驱动转速	min <sup>-1</sup>
$n_1, n_1, n_2$ 载荷转速级	min <sup>-1</sup>
$t_1, t_1, t_2, t_p$ 载荷时间级	s
B 使用寿命指数	-
$F_{a\ av}$ 平均轴向力	N
$F_{an}, F_{a1}, F_{a2}$ 载荷的轴向力级	N
$F_{r\ av}$ 平均径向力	N
$F_{rn}, F_{r1}, F_{r2}$ 载荷的径向力级	N
$M_{av}$ 平均倾覆力矩	Nm
$M_n, M_1, M_2$ 倾覆力矩	N
$P_C$ 轴承当量动载荷	N
x 径向载荷系数	-
y 轴向载荷系数	-
$d_M$ 轴承平均直径	mm

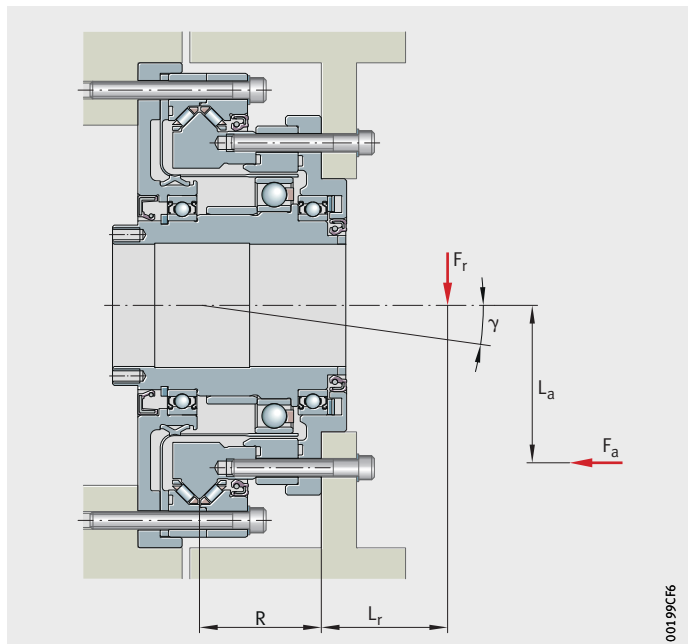
选型	载荷系数	
	径向 x	轴向 y
$\frac{F_{a\ av}}{F_{r\ av} + \frac{2M_{av}}{d_M}} \leq 1,5$	1	0.45
$\frac{F_{a\ av}}{F_{r\ av} + \frac{2M_{av}}{d_M}} > 1,5$	0.67	0.67
轴承类型	指数 B	
滚针轴承	$\frac{10}{3}$	
工作条件	运行系数 $f_w$	
	从	至
无冲击、无振动	1	1.2
法向载荷	1.2	1.5
有冲击、有振动	1.5	3

### 容许静态倾覆力矩

在静态载荷的情况下，容许静态倾覆力矩计算如下。

- $F_r$  = 径向力
- $\gamma$  = 倾覆角
- $L_a$  = 距离
- $F_a$  = 轴向力
- R = 输出轴承中心间距
- $L_r$  = 距离

图 4  
倾覆力矩计算示意图



# 使用寿命

$$M = F_r \cdot (L_r + R) + F_a \cdot L_a$$

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

$$P_0 = x \cdot \left( F_r + \frac{2M}{d_M} \right) + y \cdot F_a$$

$$M_0 = \frac{d_M \cdot C_0}{2 \cdot f_s}$$

M	Nm
倾覆力矩	
$F_r$	N
径向力	
$L_r, L_a$	m
距离	
R	m
输出轴承中心间距	
$F_a$	N
轴向载荷	
$f_s$	-
静态安全系数	
$C_0$	N
基本径向额定静负载	
$P_0$	N
轴承当量静载荷	
x	-
径向载荷系数	
y	-
轴向载荷系数	
$d_M$	m
轴承平均直径	
$M_0$	Nm
容许静态倾覆力矩	

运行状态	静态安全系数	
	$f_s$	
	从	至
法向载荷	1.5	2
有冲击、有振动	2	3

$$\gamma = \frac{M}{K_B}$$

$\gamma$	arcmin
倾斜角	
M	Nm
倾覆力矩	
$K_B$	Nm/arcmin
倾覆刚度	

# 润滑

## 润滑剂

谐波减速器的技术参数和使用寿命主要取决于所使用的润滑剂。只有使用获准的润滑剂，才能保证谐波减速器的性能参数和特性。

特点	润滑剂	
	L325	
润滑剂的温度范围	-15 °C 至 +135 °C	
减速器运行范围	0 °C 至 +40 °C	
基础油	矿物油	
增稠剂	锂基	
颜色	黄色	
一致性等级	2	
基础油粘度	+40 °C	37 mm <sup>2</sup> /s
	+100 °C	5.5 mm <sup>2</sup> /s
滴点	≥ +190 °C	

经协商可提供安全数据表和技术参数。

## 润滑剂使用寿命和温度影响

谐波减速器的性能主要受所使用的润滑剂条件的影响。

### 润滑剂温度 < +35 °C

对于适用以下条件的应用，谐波减速器的初始润滑足以满足整个使用寿命  $L_n$ ：

- 在使用周期内，不得超出额定转矩和额定转速 (2 000 min<sup>-1</sup>)。
- 润滑剂温度不得超出 < +35 °C。

### 润滑剂温度升高

对于润滑剂温度升高的应用，建议更换润滑剂以保持减速器性能。以下参数适用：

- High Torque RT1：
  - 润滑剂温度 ≥ +35 °C
- Standard Torque RT2：
  - 润滑剂温度 ≥ +40 °C

# 润滑

润滑剂更换前的谐波减速器转数计算如下。

适用于  $T_{out\ av} \leq T_N$  的应用：

$$WGT_{grease\ N} = 6 \cdot 10^9 \cdot e^{-(0.046 \cdot \vartheta_{grease})}$$

适用于  $T_{out\ av} > T_N$  的应用：

$$WGT_{grease} = 6 \cdot 10^9 \cdot e^{-(0.046 \cdot \vartheta_{grease})} \cdot \left( \frac{T_N}{T_{out\ av}} \right)^3$$

$WGT_{grease\ N}$  – 在  $T_{out\ av} \leq T_N$  时的谐波减速器转数  
 $\vartheta_{grease}$  – 润滑剂温度 °C  
 $WGT_{grease}$  – 在  $T_{out\ av} > T_N$  时的谐波减速器转数  
 $T_N$  – 额定转矩 Nm  
 $T_{out\ av}$  – 平均负载转矩 Nm

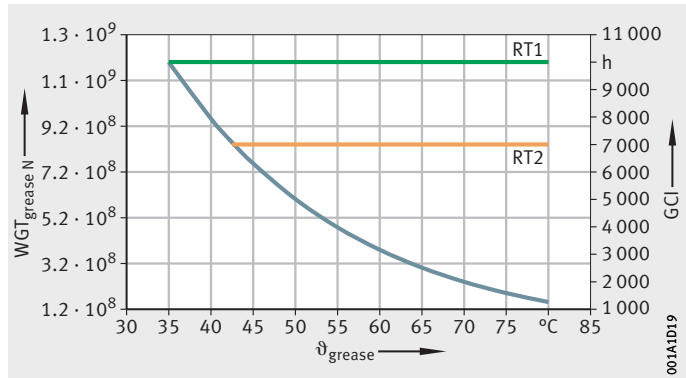
润滑剂更换前的间隔时间（小时）计算如下：

$$GCI = \frac{WGT}{n_{in\ av} \cdot 60}$$

$GCI$  – 润滑剂更换前的时间 h  
 $WGT$  – 谐波减速器的转数  
 $n_{in\ av}$  – 平均输入转速  $min^{-1}$

$WGT_{grease\ N}$  = 在  $T_{out\ av} \leq T_N$  时的谐波减速器转数  
 $\vartheta_{grease}$  = 润滑剂温度  
 $GCI$  = 润滑剂更换前的时间

图 1  
 RT1、RT2  
 系列在额定转矩下的  
 润滑剂更换间隔时间





# 扭转角

## 扭转角计算

在转矩  $T$  的载荷状况下，使用以下公式计算减速器输出端的扭转角。

### 转矩范围

$T \leq T_1$	$T_1 \leq T \leq T_2$	$T > T_2$
$\varphi = \frac{T}{K_1}$	$\varphi = \frac{T_1}{K_1} + \frac{T - T_1}{K_2}$	$\varphi = \frac{T_1}{K_1} + \frac{T_2 - T_1}{K_2} + \frac{T - T_2}{K_3}$

$T$	Nm
转矩	
$T_1$	Nm
转矩极限 1	
$T_2$	Nm
转矩极限 2	
$\varphi$	rad
角度	
$K_1、K_2、K_3$	Nm/rad
扭转刚度	

尺寸	转矩	
	$T_1$	$T_2$
14	2	6.9
17	3.9	12
20	7	25
25	14	48
32	29	108

$\varphi$  = 角度  
 $T$  = 转矩  
 $T_1$  = 转矩极限 1  
 $T_2$  = 转矩极限 2  
 $K_1、K_2、K_3$  = 扭转刚度

- ① 低转矩范围
- ② 中转矩范围
- ③ 高转矩范围

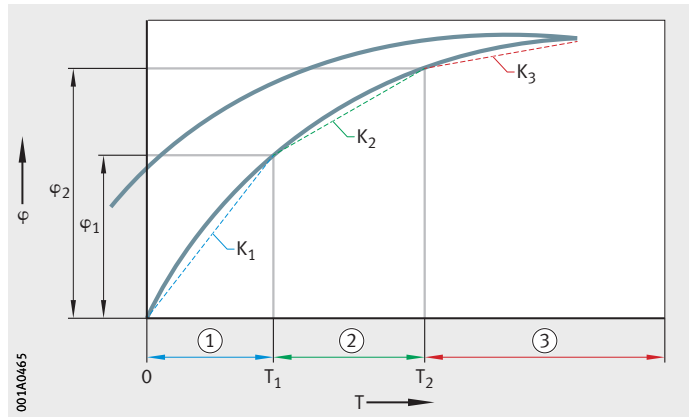


图 1  
扭转角计算

# 效率

给出的效率适用于用标准润滑剂润滑、额定转速和额定转矩下的载荷以及 +20 °C 的减速器温度。

## 版本 CS

尺寸	减速比				
	i				
	50	80	100	120	160
	%	%	%	%	%
14	71	71	67	–	–
17	78	77	77	74	–
20	78	77	77	74	70
25	78	77	77	74	70
32	78	77	77	74	70

## 版本 BHS、BMS

尺寸	减速比				
	i				
	50	80	100	120	160
	%	%	%	%	%
14	66	66	62	–	–
17	73	72	72	69	–
20	73	72	72	69	65
25	73	72	72	69	65
32	73	72	72	69	65

分散度约为 3%。

## 版本 UHS

尺寸	减速比				
	i				
	50	80	100	120	160
	%	%	%	%	%
14	49	47	47	–	–
17	50	48	48	46	–
20	51	49	49	47	40
25	53	51	51	49	42
32	55	53	53	51	44

分散度约为 3%。

## 版本 UHS-T

尺寸	减速比	
	i	
	100	160
	%	%
14	47	–
17	48	–
20	49	40
25	51	42
32	53	44

分散度约为 3%。

## 输出轴承

### 输出轴承参数

XZU 系列双列角接触滚针轴承专为满足精密谐波减速器在运行性能、倾覆刚度、承载能力和紧凑性方面的高要求而精心设计。

XZU 双列角接触滚针轴承的滚针在经过优化的保持架设计进行引导，因此各个滚动元件之间不会发生摩擦。输出轴承的高承载能力可以承受重载，因此在许多情况下，无需采用额外的支承轴承布置。XZU 抗倾覆双列角接触滚针轴承使精密谐波减速器不受外部载荷的影响，从而确保了较长的使用寿命和一致的精度。



图 1  
XZU 输出轴承分解图

# 输出轴承

适合 BHS、BMS、UHS、UHS-T  
版本的 XZU-H 输出轴承

特点	符号说明	单位	尺寸				
			14	17	20	25	32
节圆 $\varnothing$	$d_M$	mm	54.5	63.7	73.3	89.1	116.4
距离 <sup>1)</sup>	R	mm	9.8	10.7	11.5	13.4	15.4
基本径向额定动负载 <sup>2)</sup>	C	N	4 850	8 800	10 500	13 300	23 700
基本径向额定静负载	$C_0$	N	11 900	21 900	27 000	35 000	72 000
基本轴向额定动负载	$C_a$	N	6 800	12 400	14 800	18 800	33 000
基本轴向额定静负载	$C_{0a}$	N	29 500	55 000	68 000	88 000	180 000
容许动态倾覆力矩 <sup>3)</sup>	$M_{dyn\ max}$	Nm	74	124	187	258	580
容许静态倾覆力矩 <sup>4)</sup>	$M_0$	Nm	162	348	494	778	2 090
容许轴向载荷 <sup>5)</sup>	$F_A$	N	3 510	6 410	7 650	9 720	17 070
容许径向载荷 <sup>5)</sup>	$F_R$	N	2 500	4 550	5 430	6 870	12 250
倾覆刚度 <sup>6)</sup>	$K_B$	Nm/arcmin	30	55	91	150	460

- 1) 轴承中心与内圈上的螺钉安装面之间的距离。
- 2) 用于计算动态等效径向载荷  $P_c$  的使用寿命。
- 3)  $M_{dyn\ max}$  描述了动态状态下的最大容许倾覆力矩，而不是指轴承的使用寿命。
- 4) 适用于静态载荷和安全系数  $f_s = 2$ 。
- 5) 在  $n_{av} = 15\ min^{-1}$ 、 $M = 0$  和  $F_r$  或  $F_a = 0$  的每种情况下， $L_{h\ 10} = 10\ 000\ h$  的容许载荷均为纯轴向或径向载荷。
- 6) 根据模拟计算出的值。

$F_r$  = 径向力  
 $\gamma$  = 倾覆角  
 $L_a$  = 距离  
 $F_a$  = 轴向力  
 $L_r$  = 距离

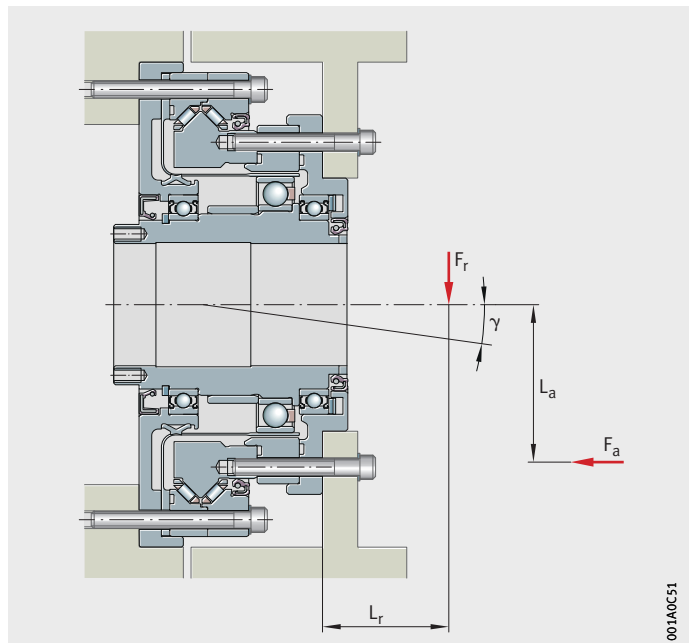


图 2  
适合 BHS、BMS、UHS、UHS-T  
版本的 XZU-H 输出轴承

001AOC51

适合 BMS  
版本的 XZU-C 输出轴承

特点	符号说明	单位	尺寸				
			14	17	20	25	32
节圆 $\varnothing$	$d_M$	mm	37	45	54.5	67	89.1
距离 <sup>1)</sup>	R	mm	9.4	9.4	9.4	10.6	12.4
基本径向额定动负载 <sup>2)</sup>	C	N	3 900	4 300	4 850	9 300	13 300
基本径向额定静负载	$C_0$	N	7 800	9 500	11 900	24 100	35 000
基本轴向额定动负载	$C_a$	N	5 500	6 000	6 800	13 100	18 800
基本轴向额定静负载	$C_{0a}$	N	19 600	23 800	29 500	60 000	88 000
容许动态倾覆力矩 <sup>3)</sup>	$M_{dyn\ max}$	Nm	41	64	91	156	313
容许静态倾覆力矩 <sup>4)</sup>	$M_0$	Nm	75	106	162	403	778
容许轴向载荷 <sup>5)</sup>	$F_A$	N	2 840	3 100	3 510	6 770	9 720
容许径向载荷 <sup>5)</sup>	$F_R$	N	2 010	2 220	2 500	4 810	6 870
倾覆刚度 <sup>6)</sup>	$K_B$	Nm/arcmin	17	30	50	91	150

- 1) 轴承中心与内圈上的螺钉安装面之间的距离。
- 2) 用于计算动态等效径向载荷  $P_c$  的使用寿命。
- 3)  $M_{dyn\ max}$  描述了动态状态下的最大容许倾覆力矩，而不是指轴承的使用寿命。
- 4) 适用于静态载荷和安全系数  $f_s = 2$ 。
- 5) 在  $n_{av} = 15\ \text{min}^{-1}$ 、 $M = 0$  和  $F_r$  或  $F_a = 0$  的每种情况下， $L_{h\ 10} = 10\ 000\ \text{h}$  的容许载荷均为纯轴向或径向载荷。
- 6) 根据模拟计算出的值。

$F_a$  = 轴向力  
 $L_a$  = 距离  
 $\gamma$  = 倾覆角  
 $F_r$  = 径向力  
 $L_r$  = 距离

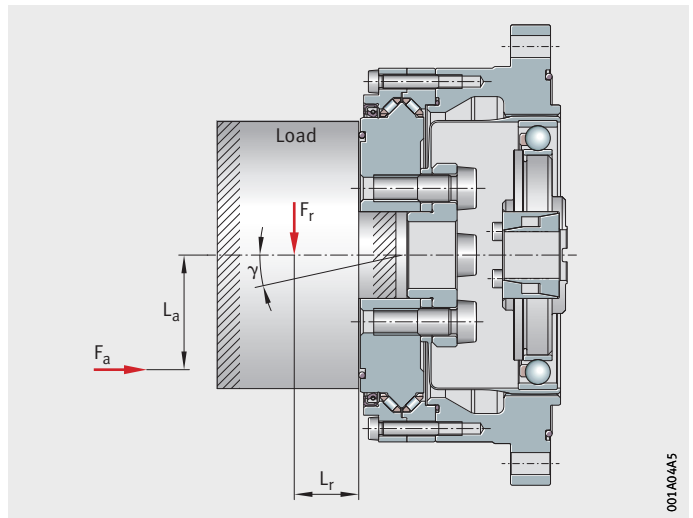
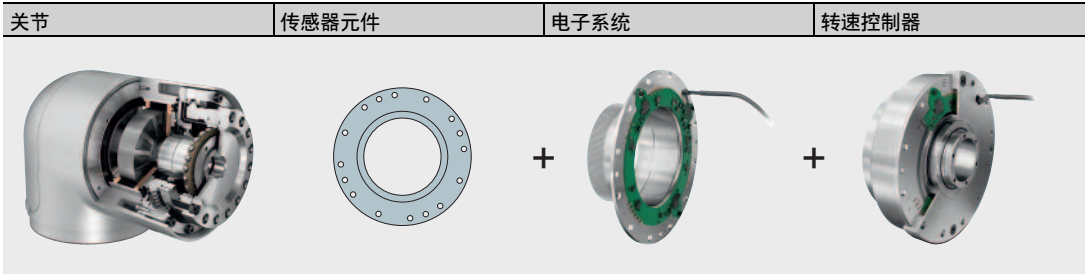


图 3  
适合 BMS 版本的 XZU-C 输出轴承

# 感应式精密谐波减速器

**结构** 带有集成转矩传感器的感应式精密谐波减速器尤其适用于需要高灵敏度的应用。

**部件** 感应式精密谐波减速器由精密谐波减速器、转矩传感器和直接从 Flexspline 采集转矩信号的电子传感器系统组成。



## 带有 Sensotect 涂层的 转矩传感器

Sensotect 是支持传感技术的涂层，有利于扩展部件的许多功能。这种涂层系统可用于连续测量二维和三维部件几何形状上的力和转矩。Sensotect 通过 PVD 技术和随后的激光成型直接涂覆于部件表面。

## 概念 转矩传感器

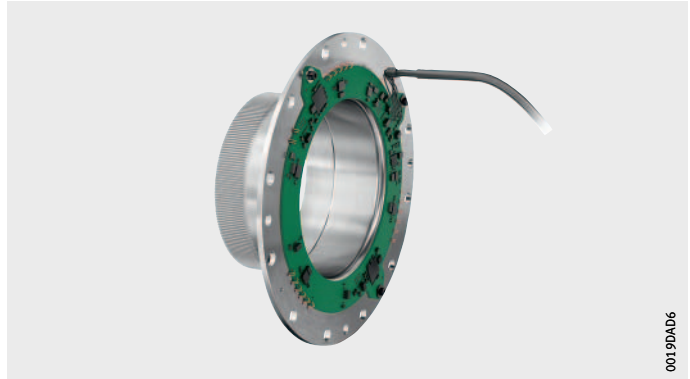


图 1  
Flexspline 带集成电子控制和  
信号处理系统

一套应变片系统直接应用于 Flexspline（Sensotect 涂层）的法兰部分。

Sensotect 技术将标准应变片材料与根据变形特性而单独调整结构的选件相结合。

电子控制和信号处理系统也直接应用于 Flexspline，以尽可能缩短连接电缆。

所有应变片的信号均由运行多层感知器 AI 的神经网络处理。

### 功能安全

转矩传感器的开发旨在支持符合 ISO 13849 第 3 类 PL c 标准的功能安全要求。其采用冗余多通道设计并具有其他功能，例如：

- 接口中的可信度检查（循环冗余检查、使用寿命计数器）
- 为实现功能安全而准备的微控制器
- 断线检测

### 测量

可以使用感应式精密谐波减速器精确测量关节内力和转矩的最小变化，因此支持“顺畅的直接示教”并使操作大为容易。

### 精度

大多数影响因素在传感器元件之外起作用，因此会对精度产生影响。

考虑到对测量链的影响，在交付给客户之前，我们会对每个感应式精密谐波减速器进行校准和后续检查。这保证了主测量范围的满量程精度值为 1.5%，因此适用于整个精密谐波减速器。

## 感应式精密谐波减速器

### 更佳的性能和更高的灵敏度

厚度为 10  $\mu\text{m}$  的 Sensotect 涂层具有出色的长期稳定性且不受温度影响。Sensotect 涂层可直接测量转矩，并具有高灵敏度和最小的滞后和线性偏差。由于感应式精密谐波减速器无需任何额外的安装空间，因此不会对机械系统或扭转刚度产生影响。例如，这项技术的优势在协作机器人中得到了证明。

与大型工业机器人相比，迄今为止，这款协作机器人因其纤细的设计和更大的弹性而明显处于劣势。纤细的协作机器人结构在较高的加速度下会有明显的振动，尤其是在具有最大减速度的定位中。由于定位过程中的稳定时间较长，通过短周期时间的高速度和高加速度而获得的优势丧失殆尽。

在协作机器人的每个关节中使用感应式精密谐波减速器，结合机器人制造商采用控制技术的振动补偿，可以提供主动振动补偿、改善动态性、提高速度，同时提高定位精度。

由于能够测量关节中力和转矩的变化，还支持协作机器人的自我优化。



图 2  
带有 RT1-T 精密谐波减速器的  
协作机器人





# 感应式精密谐波减速器

## 比较

由于使用外部转矩传感器而带来了额外的弹性，关节的扭转刚度可降至其原始值的 25% 至 60% 之间。采用 Schaeffler 制定的概念，可以 100% 保持关节的扭转刚度。

在带有外部转矩传感器的谐波减速器中，有多种因素影响测量链。考虑到对测量链的影响，在交付之前，我们会对 Schaeffler 的精密谐波减速器进行校准和检查。

这两种概念之间的差异如下所述。

## 集成转矩传感器 (Schaeffler 解决方案)

使用 Flexspline，可以利用传动系中的现有部件。无需额外的弹性元件即可测量转矩。

- ① 感应式精密谐波减速器 RT1-T
- ② 机器人关节

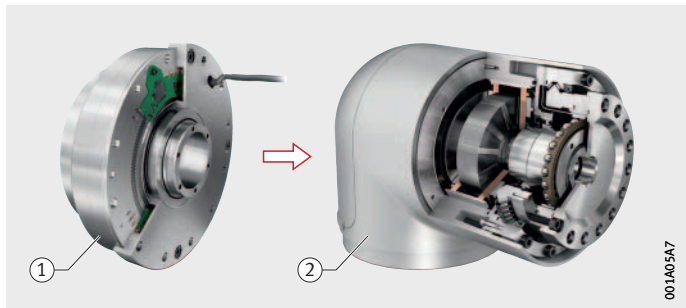


图 3  
RT1-T 感应式精密谐波减速器  
作为关节的一个整体部件

使用 Schaeffler 的感应式精密谐波减速器时，特点如下：

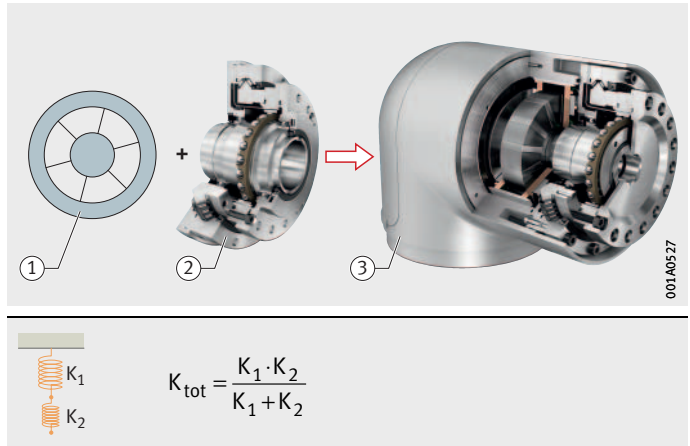
- 系统刚度保持在 100%
- 额外重量约为 10 g
- 无需额外的安装空间
- 对相关关节参数无负面影响
- 保证了主测量范围的满量程测量精度为 1.5%，因此适用于整个精密谐波减速器

## 外部转矩传感器 (传统解决方案)

需要额外的弹性元件才能测量转矩。

- ① 传感器
- ② 精密谐波减速器
- ③ 协作机器人关节

图 4  
外部转矩传感器  
作为额外的弹性元件



使用外部转矩传感器时，特点如下：

- 系统刚度降低到约 25% 至 60%
- 额外重量约为 200 g
- 额外需要的安装空间约为 15 mm
- 在各种外部因素对整个谐波减速器的影响下，外部转矩传感器的测量精度会有所下降

# 感应式精密谐波减速器

## 传感器概念与扭转刚度

内部和外部转矩的扭转刚度对动态行为的影响可以通过在极端情况下比较这两种概念来加以解释，在这种情况下，电机以  $7.6 \text{ kgm}^2$  的质量惯性矩从零开始对驱动器进行加速，然后再对其进行减速，直至驱动器恢复停止状态。

带集成转矩传感器的 Schaeffler RT1-T 精密谐波减速器为此提供了基础。

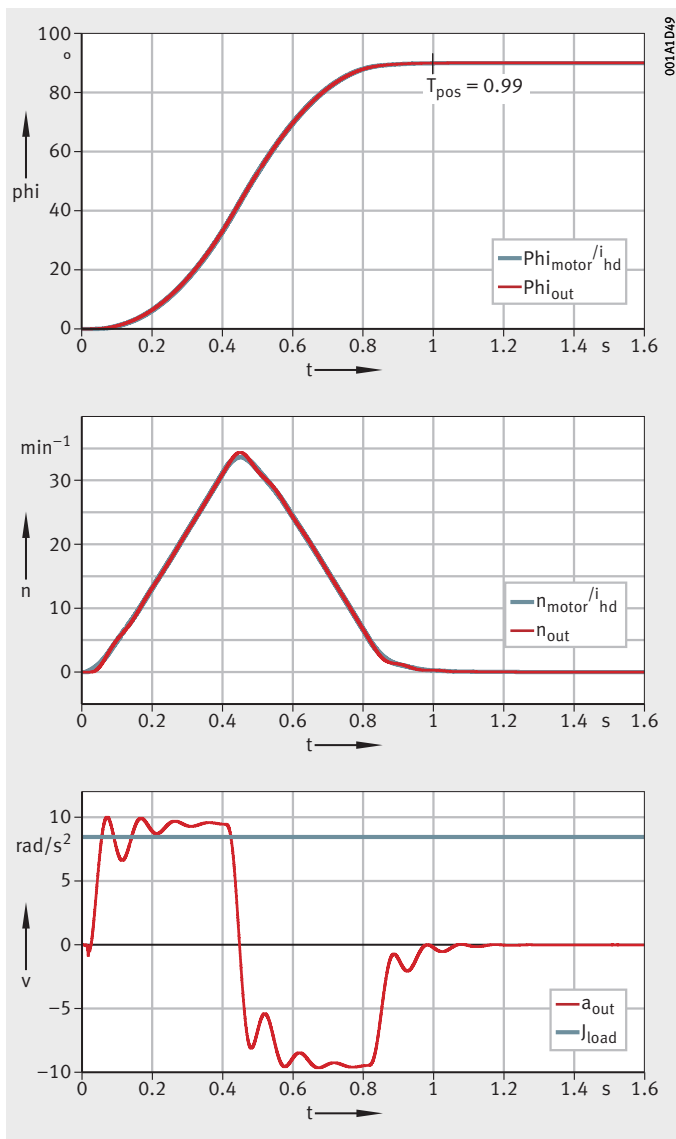


图 5  
带有内部传感器的  
RT1-T 精密谐波减速器

带外部转矩传感器的 Schaeffler RT1 精密谐波减速器为此处的比较提供了基础。

定位时间为 1 s。在极大的加速度峰值下，表现出相当不稳定的行为。

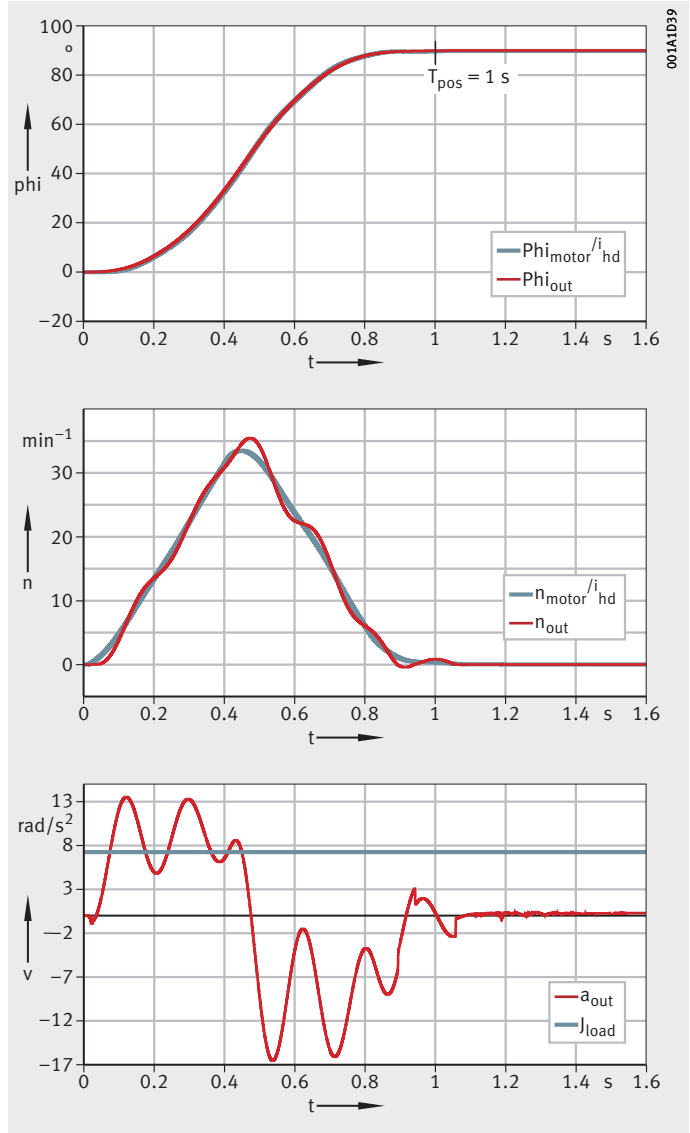


图 6  
带有外部传感器的  
RT1 精密谐波减速器

# 感应式精密谐波减速器

为改善动态行为，在这次模拟中调整了控制参数。结果是，加速度峰值降低了，但代价是定位时间增加到 1.298 s。

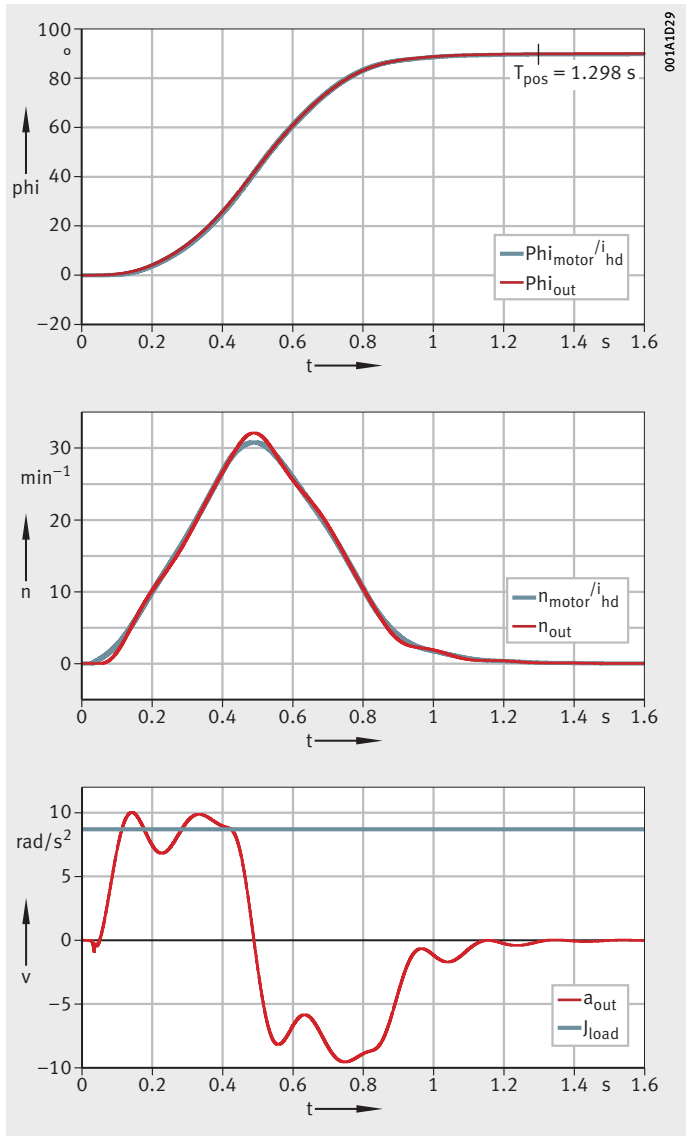


图 7  
带有外部传感器的  
RT1 精密谐波减速器

这次模拟是针对单个关节的旋转轴进行的。当然，六个关节的条件和相应的协作机器人空间位置的变化要复杂得多，影响也大得多。不过，假设不降低关节的抗扭刚度，这个简化的示例确实说明了转矩传感器对定位时间具有积极的影响。

**SCHAEFFLER**

## **精密谐波减速器 RT1**

High Torque



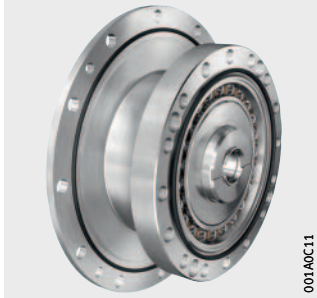
# 精密谐波减速器 RT1

	页
<b>产品概览</b>	
精密谐波减速器 RT1 .....	44
<b>特性</b>	
.....	45
Component Set (CS) .....	46
Basic Unit Hollow Shaft (BHS) .....	47
Basic Unit Motor Shaft (BMS) .....	48
Unit Hollow Shaft (UHS) .....	49
<b>订货举例、订货号</b>	
订货示例 .....	50
订货号 .....	50
<b>符号说明</b>	
.....	51
<b>尺寸表</b>	
精密谐波减速器	
RT1-H-..CS 系列 .....	52
RT1-H-..BHS 系列 .....	54
RT1-H-..BMS 系列 .....	56
RT1-H-..UHS 系列 .....	58

# 产品概览 精密谐波减速器 RT1

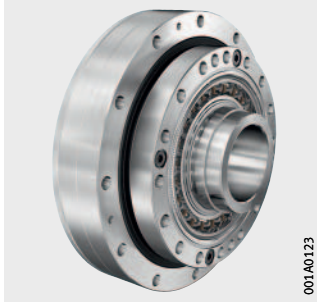
## Component Set

H...-CS



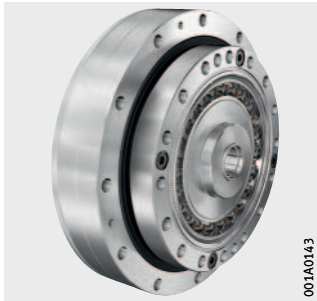
## Basic Unit Hollow Shaft

H...-BHS



## Basic Unit Motor Shaft

H...-BMS



## Unit Hollow Shaft

H...-UHS



# 精密谐波减速器 RT1

## 特性

高转矩 High Torque RT1 系列精密谐波减速器是结构紧凑、重量轻巧、定位精度高的减速器。

其允许在较小的安装空间内实现极高的转矩和终生精度。转矩范围可达到 23 Nm 至 484 Nm。高转矩 High Torque RT1 系列精密谐波减速器有五种不同的尺寸和五种不同的减速比可供选择。它们可作为 Component Set、型号 HAT 提供。

与 Standard Torque RT2 系列相比，High Torque RT1 系列的特点是转矩高出 30%，使用寿命延长 40%。

版本	减速器特性		
	HAT 型号	输出轴承	传动侧
Component Set CS	●	—	带夹紧元件的直接电机连接设备
Basic Unit Hollow Shaft BHS	●	●	带空心轴
Basic Unit Motor Shaft BMS	●	●	带夹紧元件的直接电机连接设备
Unit Hollow Shaft UHS	●	●	带外壳和空心轴的密封减速箱

# 精密谐波减速器 RT1

## Component Set (CS)

CS 版本是所有谐波减速器型号的基本版本，由谐波减速器的三个主要组件组成：

- Wave Generator
- Flexspline
- Circular Spline

RT1 系列精密谐波减速器以 Component Set、HAT 型号为基础。该型号尤其适用于需要大型空心轴的应用。Component Set、HAT 型号具有出色的定位精度和终生精度，且重量轻巧、尺寸紧凑。外壳、输出轴承布置和输入轴可根据要求进行配置，并可适应所需的传动方案。



图 1  
RT1-H...-CS

001A0CZ1

## Basic Unit Hollow Shaft (BHS)

BHS 版本由 Component Set、HAT 型号和作为输出轴承的抗倾覆 XZU 双列角接触滚针轴承组成。

该版本的一个独特特征是中央空心轴，例如，其允许机械轴或必要的供电电缆通过。

得益于空心轴、低重量和短总长，减少了许多应用中的设计工作量。



图 2  
RT1-H...-BHS

001A0506

## 精密谐波减速器 RT1

### Basic Unit Motor Shaft (BMS)

BMS 版本由 Component Set、HAT 型号、作为输出轴承的抗倾覆 XZU 双列角接触滚针轴承和用于电机连接设备的集成夹紧元件组成。

集成的夹紧元件确保了电机轴与精密谐波减速器之间的零背隙和经济连接。精确且抗倾覆的输出轴承和简单的电机连接将可能的安装误差降至最低。



图 3  
RT1-H...-BMS

001.A0AC5

## Unit Hollow Shaft (UHS)

UHS 版本由 Component Set、HAT 型号和作为输出轴承的抗倾覆 XZU 双列角接触滚针轴承组成。

全密封 UHS 版本适用于轴向或平行的电机连接设备，并且可以通过最少的设计和装配工作量集成到应用中。

该版本的一个独特特征是中央空心轴，例如，其允许机械轴或必要的供能电缆通过。



图 4  
RT1-H...-UHS

001A04E6

# 精密谐波减速器 RT1

**订货举例、订货号** High Torque RT1 系列精密谐波减速器的订货号结构。

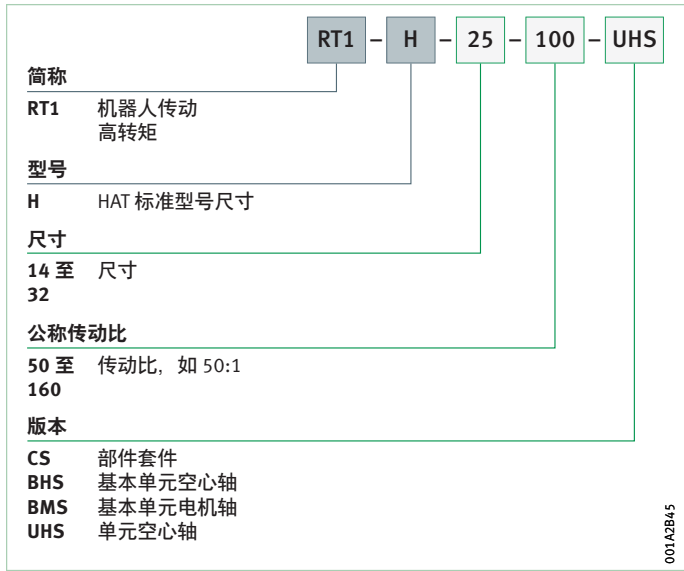


图 5  
订货号结构

订购示例	High Torque RT1 系列	RT1
	HAT 型号	H
	尺寸	25
	传动比, 例如 100 : 1	100
	Basic Unit Hollow Shaft	UHS

**订购型号**     **RT1-H-25-100-UHS**



**符号说明** 具体解释请参见以下产品尺寸表中的数据。

i	-
减速比	
$T_R$	Nm
最大转矩	
$T_A$	Nm
平均转矩	
$T_N$	Nm
额定转矩	
$T_M$	Nm
冲击转矩	
$n_{max}$	$\text{min}^{-1}$
最大输入驱动转速	
$n_{av\ max}$	$\text{min}^{-1}$
平均输入驱动转速	
$\varphi_{TA}$	arcmin
传递精度	
$\varphi_R$	arcmin
重复精度	
$\varphi_H$	arcmin
滞后损失	
J	$10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
质量惯性矩	
$K_1$	Nm/rad
扭转刚度	
$K_2$	Nm/rad
扭转刚度	
$K_3$	Nm/rad
扭转刚度	
$T_{NLST}$	mNm
在 +20 °C 下的无负载起动转矩	
$T_{NLRT}$	mNm
在 +20 °C 和 $2\ 000 \text{ min}^{-1}$ 下的无负载运行转矩	
$T_{BT}$	Nm
在 +20 °C 下反向驱动转矩	
m	kg
重量	
D	nm
直径	
L	mm
长度	
d	nm
轴直径	

# 精密谐波减速器

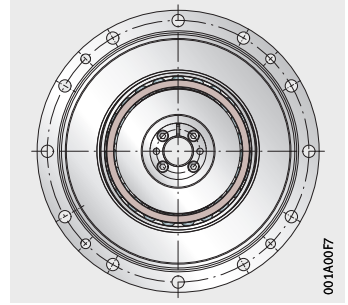
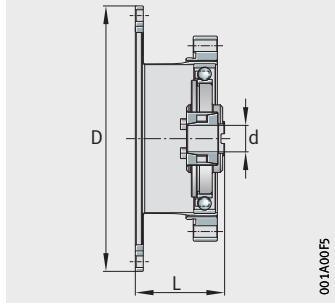
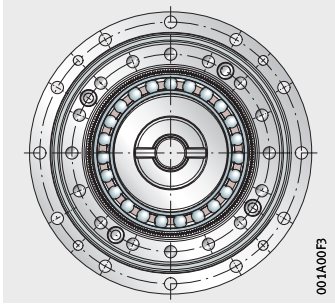
RT1-H...-CS 系列

## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT1-H-14-CS	50	23	9	7	46	8 500	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	100	36	14	10	70					< 1
RT1-H-17-CS	50	44	34	21	91	7 300	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	100	70	51	31	143					< 1
	120	70	51	31	112					< 1
RT1-H-20-CS	100	107	64	52	191	6 000	3 500	< 1	< ±0.1	< 1
RT1-H-25-CS	50	127	72	51	242	5 600	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	100	204	140	87	369					< 1
	120	217	140	87	395					< 1
RT1-H-32-CS	80	395	217	153	738	4 800	3 500	< 1	< ±0.1	< 1
	120	459	281	178	892					< 1
	160	484	281	178	892					< 1

CAD 下载：

<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT1-H...-CS.zip>



J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量	尺寸		
							≈ m kg	D mm	L mm	d mm
0.036	3 400	4 700	5 700	33	36	1.74	0.11	70	23.5	6
	4 700	6 100	7 100	21	35	2.21				
0.065	8 100	11 000	13 000	61	53	2.68	0.18	80	26.5	8
	10 000	14 000	16 000	29	51	3.06				
	10 000	14 000	16 000	27	51	3.41				
0.155	16 000	25 000	29 000	37	105	3.89	0.31	90	29	9
0.36	25 000	34 000	44 000	120	199	6.32	0.48	110	34	11
	31 000	50 000	57 000	69	195	7.26				
	31 000	50 000	57 000	63	195	7.96				
1.34	67 000	110 000	120 000	160	401	13.5	0.89	142	42	14
	67 000	110 000	120 000	130	399	16.4				
	67 000	110 000	120 000	120	398	20.2				

# 精密谐波减速器

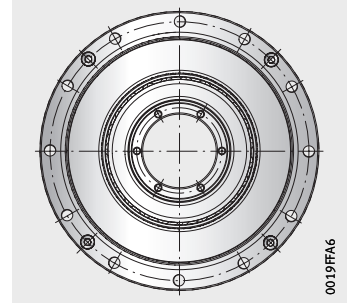
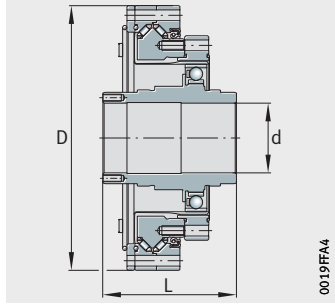
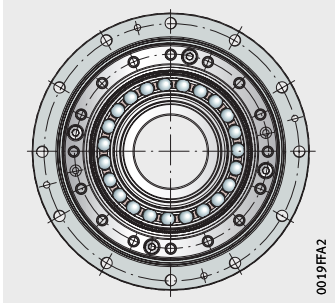
RT1-H...-BHS 系列

## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT1-H-14-BHS	50	23	9	7	46	8 500	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	100	36	14	10	70					< 1
RT1-H-17-BHS	50	44	34	21	91	7 300	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	100	70	51	31	143					< 1
	120	70	51	31	112					< 1
RT1-H-20-BHS	100	107	64	52	191	6 000	3 500	< 1	< ±0.1	< 1
RT1-H-25-BHS	50	127	72	51	242	5 600	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	100	204	140	87	369					< 1
	120	217	140	87	395					< 1
RT1-H-32-BHS	80	395	217	153	738	4 800	3 500	< 1	< ±0.1	< 1
	120	459	281	178	892					< 1
	160	484	281	178	892					< 1

CAD 下载：

<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT1-H...-BHS.zip>



J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量	尺寸		
							≈ m kg	D mm	L mm	d mm
0.08	3 400	4 700	5 700	33	36	1.74	0.41	70	52.5	14
	4 700	6 100	7 100	21	35	2.21				
0.17	8 100	11 000	13 000	61	53	2.68	0.59	80	56.5	19
	10 000	14 000	16 000	29	51	3.06				
	10 000	14 000	16 000	27	51	3.41				
0.35	16 000	25 000	29 000	37	105	3.89	0.83	90	51.5	21
1.01	25 000	34 000	44 000	120	199	6.32	1.39	110	55.5	29
	31 000	50 000	57 000	69	195	7.26				
	31 000	50 000	57 000	63	195	7.96				
2.37	67 000	110 000	120 000	160	401	13.5	2.87	142	65.5	36
	67 000	110 000	120 000	130	399	16.4				
	67 000	110 000	120 000	120	398	20.2				

# 精密谐波减速器

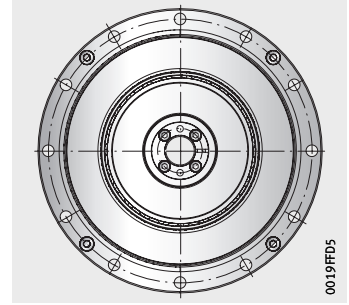
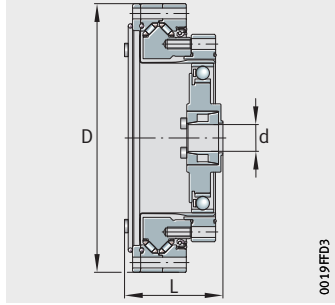
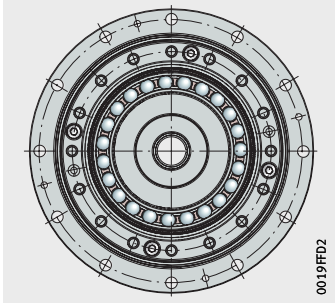
RT1-H...-BMS 系列

## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT1-H-14-BMS	50	23	9	7	46	8 500	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	100	36	14	10	70					< 1
RT1-H-17-BMS	50	44	34	21	91	7 300	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	100	70	51	31	143					< 1
	120	70	51	31	112					< 1
RT1-H-20-BMS	100	107	64	52	191	6 000	3 500	< 1	< ±0.1	< 1
RT1-H-25-BMS	50	127	72	51	242	5 600	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	100	204	140	87	369					< 1
	120	217	140	87	395					< 1
RT1-H-32-BMS	80	395	217	153	738	4 800	3 500	< 1	< ±0.1	< 1
	120	459	281	178	892					< 1
	160	484	281	178	892					< 1

CAD 下载：

<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT1-H...-BMS.zip>



J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量	尺寸		
							≈ m kg	D mm	L mm	d mm
0.036	3 400	4 700	5 700	33	36	1.74	0.37	70	28.5	6
	4 700	6 100	7 100	21	35	2.21				
0.065	8 100	11 000	13 000	61	53	2.68	0.52	80	33	8
	10 000	14 000	16 000	29	51	3.06				
	10 000	14 000	16 000	27	51	3.41				
0.155	16 000	25 000	29 000	37	105	3.89	0.72	90	33.5	9
0.36	25 000	34 000	44 000	120	199	6.32	1.2	110	37	11
	31 000	50 000	57 000	69	195	7.26				
	31 000	50 000	57 000	63	195	7.96				
1.34	67 000	110 000	120 000	160	401	13.5	2.53	142	44	14
	67 000	110 000	120 000	130	399	16.4				
	67 000	110 000	120 000	120	398	20.2				

# 精密谐波减速器

RT1-H...-UHS 系列

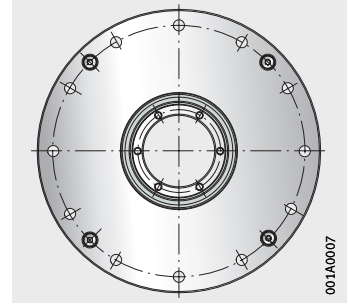
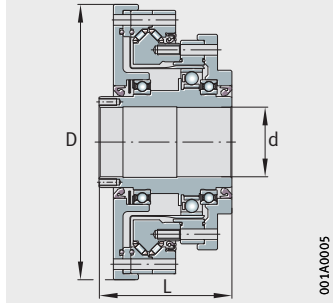
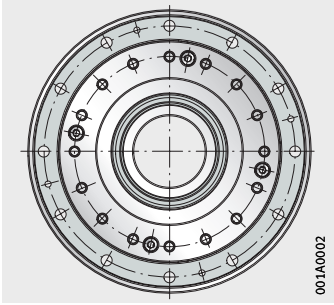
## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT1-H-14-UHS	50	23	9	7	46	8 500	1 000	< 1.5	< ±0.1	< 2
	100	36	14	10	70					< 1
RT1-H-17-UHS	50	44	34	21	91	7 300	1 000	< 1.5	< ±0.1	< 2
	100	70	51	31	143					< 1
	120	70	51	31	112					< 1
RT1-H-20-UHS	100	107	64	52	191	6 000	1 000	< 1	< ±0.1	< 1
RT1-H-25-UHS	50	127	72	51	242	5 600	1 000	< 1	< ±0.1	< 2
	100	204	140	87	369					< 1
	120	217	140	87	395					< 1
RT1-H-32-UHS	80	395	217	153	738	4 800	1 000	< 1	< ±0.1	< 1
	120	459	281	178	892					< 1
	160	484	281	178	892					< 1

CAD 下载：

<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT1-H...-UHS.zip>





J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量	尺寸		
							≈ m kg	D mm	L mm	d mm
0.08	3 400	4 700	5 700	88	101	4.63	0.67	74	52.5	14
	4 700	6 100	7 100	69	100	7.26				
0.17	8 100	11 000	13 000	270	260	14.2	0.92	84	56.5	19
	10 000	14 000	16 000	240	260	25.3				
	10 000	14 000	16 000	240	260	30.3				
0.35	16 000	25 000	29 000	320	370	33.7	1.35	95	51.5	21
1.01	25 000	34 000	44 000	560	604	29.5	2.05	115	55.5	29
	31 000	50 000	57 000	490	600	51.6				
	31 000	50 000	57 000	480	599	60.6				
2.37	67 000	110 000	120 000	740	1 002	62.3	4.14	147	65.5	36
	67 000	110 000	120 000	680	999	85.8				
	67 000	110 000	120 000	670	997	113				

**SCHAEFFLER**

## **精密谐波减速器 RT2**

Standard Torque

# 精密谐波减速器 RT2

	页
<b>产品概览</b>	
精密谐波减速器 RT2.....	62
<b>特性</b>	
.....	63
Component Set (CS) .....	64
Basic Unit Hollow Shaft (BHS) .....	66
Basic Unit Motor Shaft (BMS) .....	67
Unit Hollow Shaft (UHS) .....	68
<b>订货举例、订货号</b>	
订货示例 .....	69
订货号 .....	69
<b>符号说明</b>	
.....	70
<b>尺寸表</b>	
精密谐波减速器	
RT2-H-..-CS 系列.....	72
RT2-C-..-CS 系列.....	74
RT2-H-..-BHS 系列 .....	76
RT2-H-..-BMS 系列.....	78
RT2-C-..-BMS 系列.....	80
RT2-H-..-UHS 系列.....	82

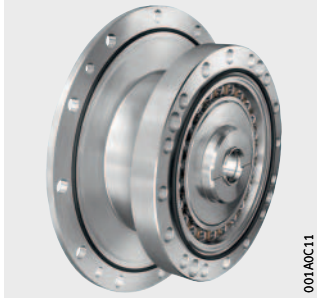
# 产品概览 精密谐波减速器 RT2

## Component Set

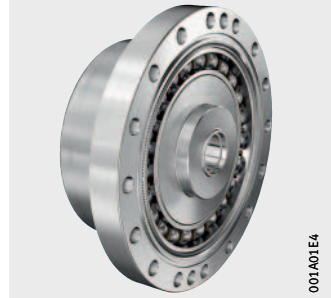
HAT 型号

CUP 型号

H...-CS

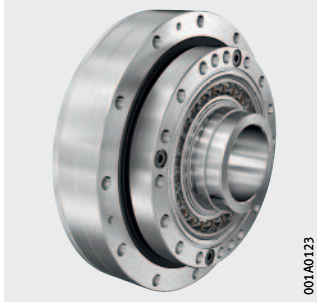


C...-CS



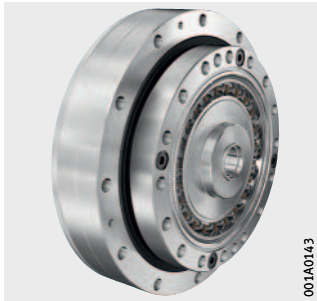
## Basic Unit Hollow Shaft

H...-BHS

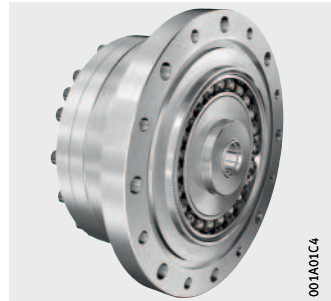


## Basic Unit Motor Shaft

H...-BMS



C...-BMS



## Unit Hollow Shaft

H...-UHS



## 精密谐波减速器 RT2

**特性** 高转矩 High Torque RT2 系列精密谐波减速器是结构紧凑、重量轻巧、定位精度高的减速器。

其允许在较小的安装空间内实现极高的转矩和终生精度。转矩范围可达到 18 Nm 至 372 Nm。高转矩 High Torque RT2 系列精密谐波减速器有五种不同的尺寸和五种不同的减速比可供选择。它们可作为 Component Set、HAT 型号和 CUP 型号提供。

版本	减速器特性			
	HAT 型号	CUP 型号	输出轴承	传动侧
Component Set CS	●	●	-	带夹紧元件的直接电机连接设备
Basic Unit Hollow Shaft BHS	●	-	●	带空心轴
Basic Unit Motor Shaft BMS	●	●	●	带夹紧元件的直接电机连接设备
Unit Hollow Shaft UHS	●	-	●	带外壳和空心轴的密封减速箱

## 精密谐波减速器 RT2

### Component Set (CS)

CS 版本是所有谐波减速器型号的基本版本，由谐波减速器的三个主要组件组成：

- Wave Generator
- Flexspline
- Circular Spline

CS 版本有以下两种型号可供选择：

- HAT 型号，适合需要大型中央空心轴的应用
- CUP 型号，适合实现紧凑、轻质的传动系统

这两种型号均不含外壳、输入轴和输出轴承，因此为创造性传动解决方案提供了众多自由度。CS 版本具有出色的定位精度和终生精度，且重量轻巧、尺寸紧凑。

图 1  
RT2-H-...-CS



001A0C21

图 2  
RT2-C-...-CS



001A0F6

## 精密谐波减速器 RT2

### Basic Unit Hollow Shaft (BHS)

BHS 版本由 Component Set、HAT 型号和作为输出轴承的抗倾覆 XZU 双列角接触滚针轴承组成。

该版本的一个独特特征是中央空心轴，例如，其允许机械轴或必要的供电电缆通过。

得益于空心轴、低重量和短总长，减少了许多应用中的设计工作量。



图 3  
RT2-...-BHS

001A04B5



## Basic Unit Motor Shaft (BMS)

BMS 版本由 Component Set、HAT 型号或 CUP 型号、作为输出轴承的抗倾覆 XZU 双列角接触滚针轴承和用于电机连接设备的集成夹紧元件组成。

集成的夹紧元件确保了电机轴与精密谐波减速器之间的零背隙和经济连接。精确且抗倾覆的输出轴承和简单的电机连接将可能的安装误差降至最低。



图 4  
RT2-H...-BMS

001A04C5

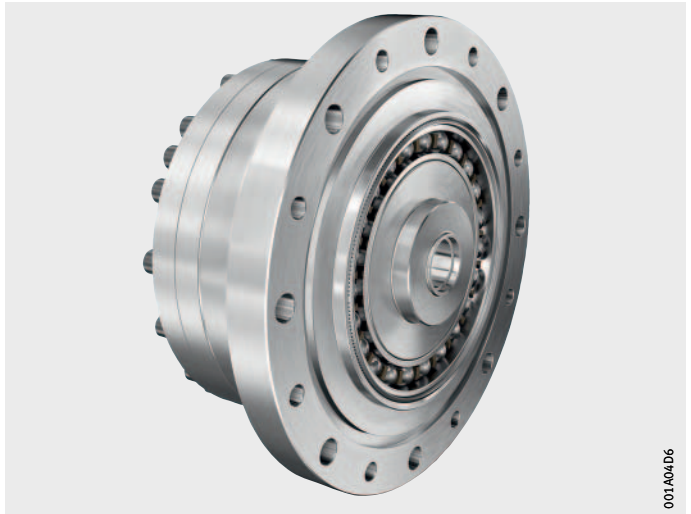


图 5  
RT2-C...-BMS

001A04D6

## 精密谐波减速器 RT2

### Unit Hollow Shaft (UHS)

UHS 版本由 Component Set、HAT 型号和作为输出轴承的抗倾覆 XZU 双列角接触滚针轴承组成。

全密封 UHS 版本适用于轴向或平行的电机连接设备，并且可以通过最少的设计和装配工作量集成到应用中。

该版本的一个独特特征是中央空心轴，例如，其允许机械轴或必要的供电电缆通过。

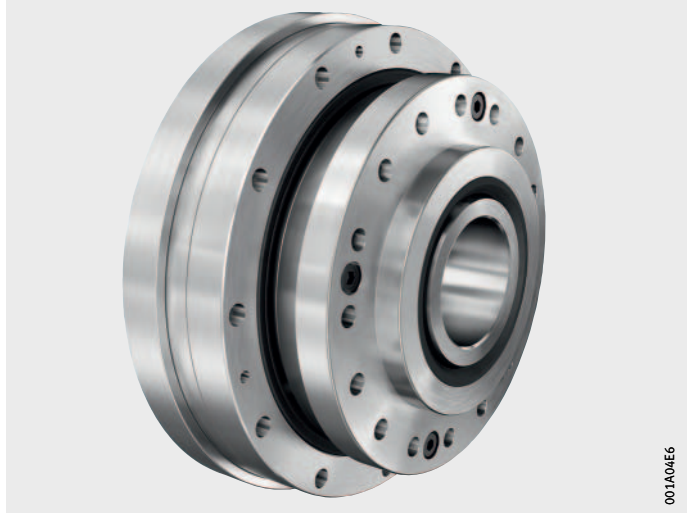


图 6  
RT2-H-...-UHS

001A04EG

## 订货举例、订货号

Standard Torque RT2 系列精密谐波减速器的订货号结构。

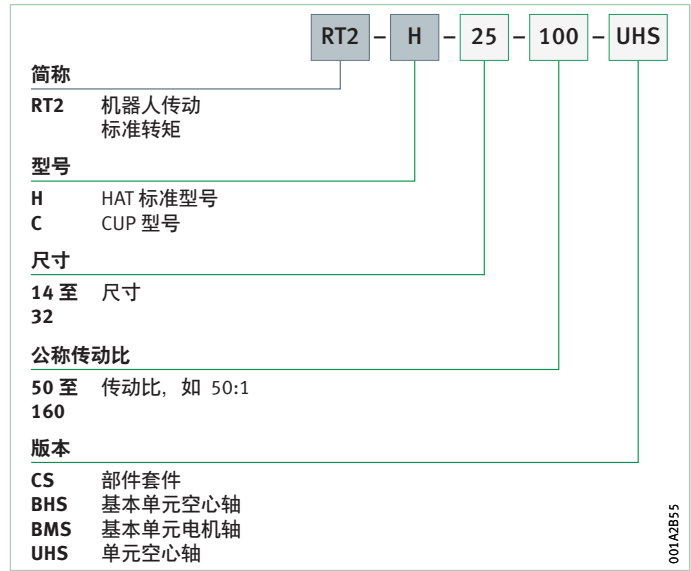


图 7  
订货号结构

订购示例	Standard Torque RT2 系列	RT2
	HAT 型号	H
	尺寸	25
	传动比, 例如 100 : 1	100
	Basic Unit Hollow Shaft	UHS

订购型号 **RT2-H-25-100-UHS**

## 精密谐波减速器 RT2

**符号说明** 具体解释请参见以下产品尺寸表中的数据。

$i$	—
减速比	
$T_R$	Nm
最大转矩	
$T_A$	Nm
平均转矩	
$T_N$	Nm
额定转矩	
$T_M$	Nm
冲击转矩	
$n_{max}$	$\text{min}^{-1}$
最大输入驱动转速	
$n_{av\ max}$	$\text{min}^{-1}$
平均输入驱动转速	
$\varphi_{TA}$	arcmin
传递精度	
$\varphi_R$	arcmin
重复精度	
$\varphi_H$	arcmin
滞后损失	
$J$	$10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
质量惯性矩	
$K_1$	Nm/rad
扭转刚度	
$K_2$	Nm/rad
扭转刚度	
$K_3$	Nm/rad
扭转刚度	
$T_{NLST}$	mNm
在 +20 °C 下的无负载启动转矩	
$T_{NLRT}$	mNm
在 +20 °C 和 $2000 \text{ min}^{-1}$ 下的无负载运行转矩	
$T_{BT}$	Nm
在 +20 °C 下反向驱动转矩	
$m$	kg
重量	
$D$	nm
直径	
$L$	mm
长度	
$d$	nm
轴直径	



# 精密谐波减速器

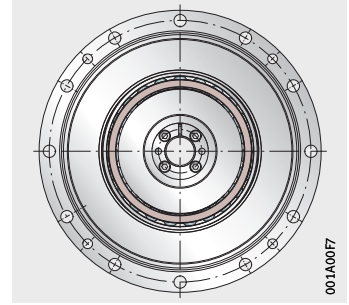
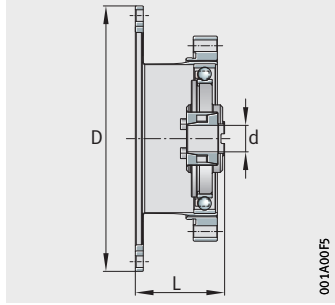
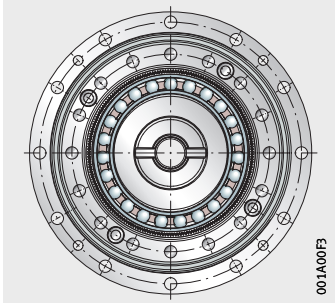
RT2-H...-CS 系列

## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT2-H-14-CS	50	18	6.9	5.4	35	8 500	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	23	11	7.8	47					< 1
	100	28	11	7.8	54					< 1
RT2-H-17-CS	50	34	26	16	70	7 300	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	43	27	22	87					< 1
	100	54	39	24	110					< 1
	120	54	39	24	86					< 1
RT2-H-20-CS	50	56	34	25	98	6 000	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	74	47	34	127					< 1
	100	82	49	40	147					< 1
	120	87	49	40	147					< 1
	160	92	49	40	147					< 1
RT2-H-25-CS	50	98	55	39	186	5 600	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	137	87	63	255					< 1
	100	157	108	67	284					< 1
	120	167	108	67	304					< 1
	160	176	108	67	314					< 1
RT2-H-32-CS	50	216	108	76	382	4 800	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	304	167	118	568					< 1
	100	333	216	137	647					< 1
	120	353	216	137	686					< 1
	160	372	216	137	686					< 1

CAD 下载：

<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT2-H...-CS.zip>



J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量	尺寸		
							≈ m kg	D mm	L mm	d mm
0.036	3 400	4 700	5 700	33	36	1.74	0.11	70	23.5	6
	4 700	6 100	7 100	24	35	2.02				
	4 700	6 100	7 100	21	35	2.21				
0.065	8 100	11 000	13 000	61	53	2.68	0.18	80	26.5	8
	10 000	14 000	16 000	33	51	2.78				
	10 000	14 000	16 000	29	51	3.06				
	10 000	14 000	16 000	27	51	3.41				
0.155	13 000	18 000	23 000	66	107	3.47	0.31	90	29	9
	16 000	25 000	29 000	41	106	3.45				
	16 000	25 000	29 000	37	105	3.89				
	16 000	25 000	29 000	33	105	4.17				
	16 000	25 000	29 000	29	104	4.88				
0.36	25 000	34 000	44 000	120	199	6.32	0.48	110	34	11
	31 000	50 000	57 000	77	196	6.48				
	31 000	50 000	57 000	69	195	7.26				
	31 000	50 000	57 000	63	195	7.96				
	31 000	50 000	57 000	55	194	9.26				
1.34	54 000	78 000	98 000	260	407	13.7	0.89	142	42	14
	67 000	110 000	120 000	160	401	13.5				
	67 000	110 000	120 000	150	400	15.8				
	67 000	110 000	120 000	130	399	16.4				
	67 000	110 000	120 000	120	398	20.2				

# 精密谐波减速器

RT2-C...-CS 系列

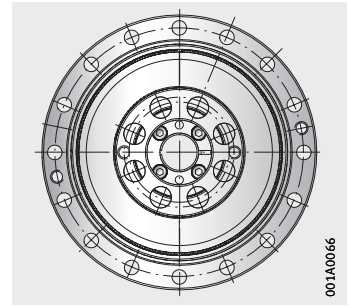
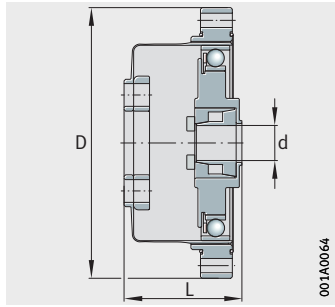
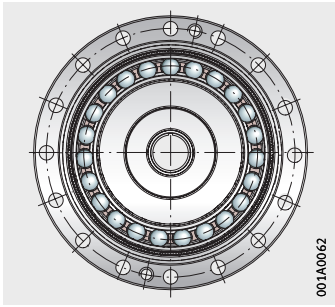
## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT2-C-14-CS	50	18	6.9	5.4	35	8 500	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	23	11	7.8	47					< 1
	100	28	11	7.8	54					< 1
RT2-C-17-CS	50	34	26	16	70	7 300	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	43	27	22	87					< 1
	100	54	39	24	110					< 1
	120	54	39	24	86					< 1
RT2-C-20-CS	50	56	34	25	98	6 000	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	74	47	34	127					< 1
	100	82	49	40	147					< 1
	120	87	49	40	147					< 1
	160	92	49	40	147					< 1
RT2-C-25-CS	50	98	55	39	186	5 600	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	137	87	63	255					< 1
	100	157	108	67	284					< 1
	120	167	108	67	304					< 1
	160	176	108	67	314					< 1
RT2-C-32-CS	50	216	108	76	382	4 800	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	304	167	118	568					< 1
	100	333	216	137	647					< 1
	120	353	216	137	686					< 1
	160	372	216	137	686					< 1

CAD 下载：

<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT2-C...-CS.zip>





J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量 ≈ m kg	尺寸		
								D mm	L mm	d mm
0.036	3 400	4 700	5 700	33	36	1.74	0.1	50	28.5	6
	4 700	6 100	7 100	24	35	2.02				
	4 700	6 100	7 100	21	35	2.21				
0.065	8 100	11 000	13 000	61	53	2.68	0.14	60	33	8
	10 000	14 000	16 000	33	51	2.78				
	10 000	14 000	16 000	29	51	3.06				
	10 000	14 000	16 000	27	51	3.41				
0.155	13 000	18 000	23 000	66	107	3.47	0.23	70	33.5	9
	16 000	25 000	29 000	41	106	3.45				
	16 000	25 000	29 000	37	105	3.89				
	16 000	25 000	29 000	33	105	4.17				
	16 000	25 000	29 000	29	104	4.88				
0.36	25 000	34 000	44 000	120	199	6.32	0.38	85	37	11
	31 000	50 000	57 000	77	196	6.48				
	31 000	50 000	57 000	69	195	7.26				
	31 000	50 000	57 000	63	195	7.96				
	31 000	50 000	57 000	55	194	9.26				
1.34	54 000	78 000	98 000	260	407	13.7	0.87	110	44	14
	67 000	110 000	120 000	160	401	13.5				
	67 000	110 000	120 000	150	400	15.8				
	67 000	110 000	120 000	130	399	16.4				
	67 000	110 000	120 000	120	398	20.2				

# 精密谐波减速器

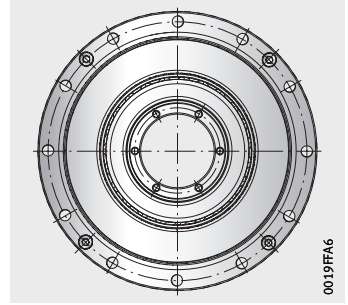
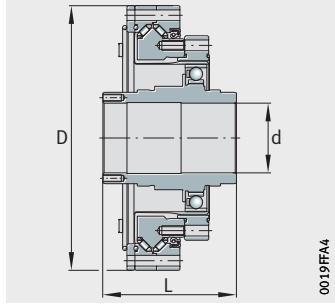
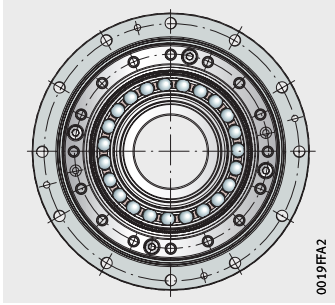
RT2-H...-BHS 系列

## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT2-H-14-BHS	50	18	6.9	5.4	35	8 500	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	23	11	7.8	47					< 1
	100	28	11	7.8	54					< 1
RT2-H-17-BHS	50	34	26	16	70	7 300	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	43	27	22	87					< 1
	100	54	39	24	110					< 1
	120	54	39	24	86					< 1
RT2-H-20-BHS	50	56	34	25	98	6 000	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	74	47	34	127					< 1
	100	82	49	40	147					< 1
	120	87	49	40	147					< 1
	160	92	49	40	147					< 1
RT2-H-25-BHS	50	98	55	39	186	5 600	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	137	87	63	255					< 1
	100	157	108	67	284					< 1
	120	167	108	67	304					< 1
	160	176	108	67	314					< 1
RT2-H-32-BHS	50	216	108	76	382	4 800	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	304	167	118	568					< 1
	100	333	216	137	647					< 1
	120	353	216	137	686					< 1
	160	372	216	137	686					< 1

CAD 下载：

<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT2-H...-BHS.zip>



J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量 ≈ m kg	尺寸		
								D mm	L mm	d mm
0.08	3 400	4 700	5 700	33	36	1.74	0.41	70	52.5	14
	4 700	6 100	7 100	24	35	2.02				
	4 700	6 100	7 100	21	35	2.21				
0.17	8 100	11 000	13 000	61	53	2.68	0.59	80	56.5	19
	10 000	14 000	16 000	33	51	2.78				
	10 000	14 000	16 000	29	51	3.06				
0.35	13 000	18 000	23 000	66	107	3.47	0.83	90	51.5	21
	16 000	25 000	29 000	41	106	3.45				
	16 000	25 000	29 000	37	105	3.89				
	16 000	25 000	29 000	33	105	4.17				
	16 000	25 000	29 000	29	104	4.88				
1.01	25 000	34 000	44 000	120	199	6.32	1.39	110	55.5	29
	31 000	50 000	57 000	77	196	6.48				
	31 000	50 000	57 000	69	195	7.26				
	31 000	50 000	57 000	63	195	7.96				
	31 000	50 000	57 000	55	194	9.26				
2.37	54 000	78 000	98 000	260	407	13.7	2.87	142	65.5	36
	67 000	110 000	120 000	160	401	13.5				
	67 000	110 000	120 000	150	400	15.8				
	67 000	110 000	120 000	130	399	16.4				
	67 000	110 000	120 000	120	398	20.2				

# 精密谐波减速器

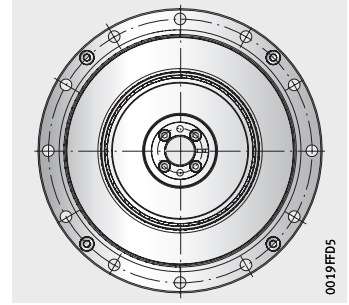
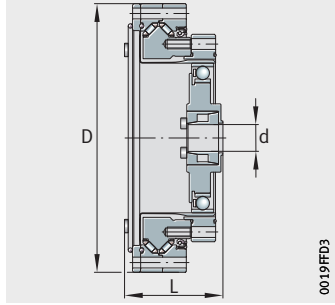
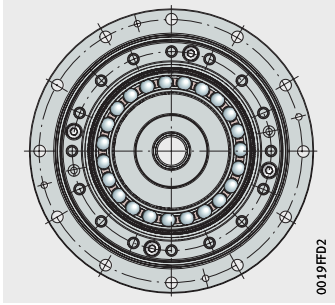
RT2-H...-BMS 系列

## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT2-H-14-BMS	50	18	6.9	5.4	35	8 500	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	23	11	7.8	47					< 1
	100	28	11	7.8	54					< 1
RT2-H-17-BMS	50	34	26	16	70	7 300	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	43	27	22	87					< 1
	100	54	39	24	110					< 1
	120	54	39	24	86					< 1
RT2-H-20-BMS	50	56	34	25	98	6 000	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	74	47	34	127					< 1
	100	82	49	40	147					< 1
	120	87	49	40	147					< 1
	160	92	49	40	147					< 1
RT2-H-25-BMS	50	98	55	39	186	5 600	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	137	87	63	255					< 1
	100	157	108	67	284					< 1
	120	167	108	67	304					< 1
	160	176	108	67	314					< 1
RT2-H-32-BMS	50	216	108	76	382	4 800	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	304	167	118	568					< 1
	100	333	216	137	647					< 1
	120	353	216	137	686					< 1
	160	372	216	137	686					< 1

CAD 下载：

<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT2-H...-BMS.zip>



J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量 ≈ m kg	尺寸		
								D mm	L mm	d mm
0.036	3 400	4 700	5 700	33	36	1.74	0.37	70	28.5	6
	4 700	6 100	7 100	24	35	2.02				
	4 700	6 100	7 100	21	35	2.21				
0.065	8 100	11 000	13 000	61	53	2.68	0.52	80	33	8
	10 000	14 000	16 000	33	51	2.78				
	10 000	14 000	16 000	29	51	3.06				
	10 000	14 000	16 000	27	51	3.41				
0.155	13 000	18 000	23 000	66	107	3.47	0.72	90	33.5	9
	16 000	25 000	29 000	41	106	3.45				
	16 000	25 000	29 000	37	105	3.89				
	16 000	25 000	29 000	33	105	4.17				
	16 000	25 000	29 000	29	104	4.88				
0.36	25 000	34 000	44 000	120	199	6.32	1.2	110	37	11
	31 000	50 000	57 000	77	196	6.48				
	31 000	50 000	57 000	69	195	7.26				
	31 000	50 000	57 000	63	195	7.96				
	31 000	50 000	57 000	55	194	9.26				
1.34	54 000	78 000	98 000	260	407	13.7	2.53	142	44	14
	67 000	110 000	120 000	160	401	13.5				
	67 000	110 000	120 000	150	400	15.8				
	67 000	110 000	120 000	130	399	16.4				
	67 000	110 000	120 000	120	398	20.2				

# 精密谐波减速器

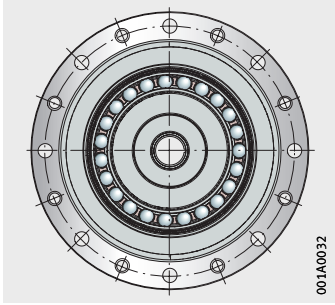
RT2-C...-BMS 系列

## 产品列表

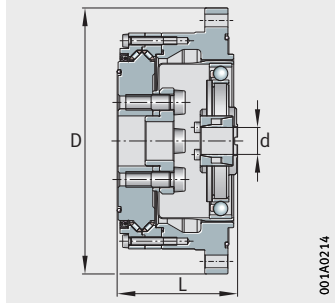
型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT2-C-14-BMS	50	18	6.9	5.4	35	8 500	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	23	11	7.8	47					< 1
	100	28	11	7.8	54					< 1
RT2-C-17-BMS	50	34	26	16	70	7 300	3 500	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	43	27	22	87					< 1
	100	54	39	24	110					< 1
	120	54	39	24	86					< 1
RT2-C-20-BMS	50	56	34	25	98	6 000	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	74	47	34	127					< 1
	100	82	49	40	147					< 1
	120	87	49	40	147					< 1
	160	92	49	40	147					< 1
RT2-C-25-BMS	50	98	55	39	186	5 600	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	137	87	63	255					< 1
	100	157	108	67	284					< 1
	120	167	108	67	304					< 1
	160	176	108	67	314					< 1
RT2-C-32-BMS	50	216	108	76	382	4 800	3 500	< 1	< ±0.1	< 2
	80	304	167	118	568					< 1
	100	333	216	137	647					< 1
	120	353	216	137	686					< 1
	160	372	216	137	686					< 1

CAD 下载：

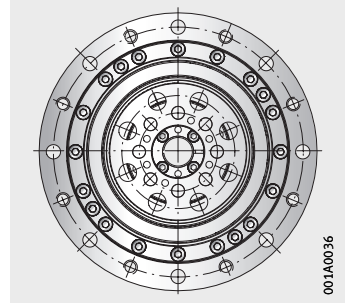
<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT2-C...-BMS.zip>



001A0032



001A0214



001A0036

J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量 ≈ m kg	尺寸		
								D mm	L mm	d mm
0.036	3 400	4 700	5 700	33	36	1.74	0.49	73	41	6
	4 700	6 100	7 100	24	35	2.02				
	4 700	6 100	7 100	21	35	2.21				
0.065	8 100	11 000	13 000	61	53	2.68	0.62	79	45	8
	10 000	14 000	16 000	33	51	2.78				
	10 000	14 000	16 000	29	51	3.06				
	10 000	14 000	16 000	27	51	3.41				
0.155	13 000	18 000	23 000	66	107	3.47	0.89	93	45.5	9
	16 000	25 000	29 000	41	106	3.45				
	16 000	25 000	29 000	37	105	3.89				
	16 000	25 000	29 000	33	105	4.17				
	16 000	25 000	29 000	29	104	4.88				
0.36	25 000	34 000	44 000	120	199	6.32	1.4	107	52	11
	31 000	50 000	57 000	77	196	6.48				
	31 000	50 000	57 000	69	195	7.26				
	31 000	50 000	57 000	63	195	7.96				
	31 000	50 000	57 000	55	194	9.26				
1.34	54 000	78 000	98 000	260	407	13.7	3	138	62	14
	67 000	110 000	120 000	160	401	13.5				
	67 000	110 000	120 000	150	400	15.8				
	67 000	110 000	120 000	130	399	16.4				
	67 000	110 000	120 000	120	398	20.2				

# 精密谐波减速器

RT2-H...-UHS 系列

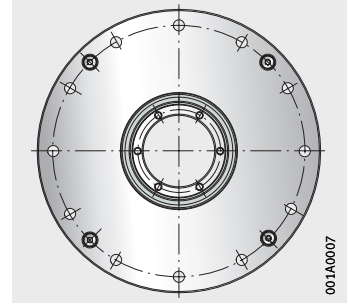
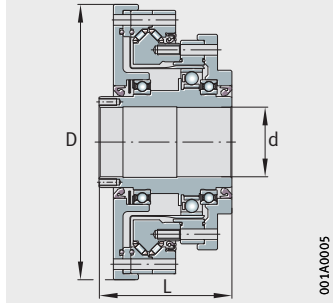
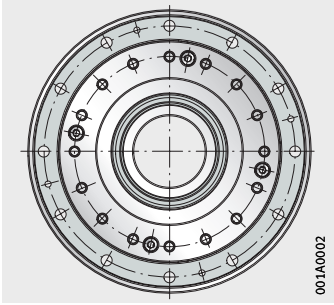
## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT2-H-14-UHS	50	18	6.9	5.4	35	8 500	1 000	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	23	11	7.8	47					< 1
	100	28	11	7.8	54					< 1
RT2-H-17-UHS	50	34	26	16	70	7 300	1 000	< 1.5	< ±0.1	< 2
	80	43	27	22	87					< 1
	100	54	39	24	110					< 1
	120	54	39	24	86					< 1
RT2-H-20-UHS	50	56	34	25	98	6 000	1 000	< 1	< ±0.1	< 2
	80	74	47	34	127					< 1
	100	82	49	40	147					< 1
	120	87	49	40	147					< 1
	160	92	49	40	147					< 1
RT2-H-25-UHS	50	98	55	39	186	5 600	1 000	< 1	< ±0.1	< 2
	80	137	87	63	255					< 1
	100	157	108	67	284					< 1
	120	167	108	67	304					< 1
	160	176	108	67	314					< 1
RT2-H-32-UHS	50	216	108	76	382	4 800	1 000	< 1	< ±0.1	< 2
	80	304	167	118	568					< 1
	100	333	216	137	647					< 1
	120	353	216	137	686					< 1
	160	372	216	137	686					< 1

CAD 下载：

<https://cdn.schaeffler-e-commerce.com/downloads/robotics/RT2-H...-UHS.zip>





J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	K <sub>1</sub> Nm/rad	K <sub>2</sub> Nm/rad	K <sub>3</sub> Nm/rad	T <sub>NLST</sub> mNm	T <sub>NLRT</sub> mNm	T <sub>BT</sub> Nm	质量 ≈ m kg	尺寸		
								D mm	L mm	d mm
0.08	3 400	4 700	5 700	88	101	4.63	0.67	74	52.5	14
	4 700	6 100	7 100	75	100	6.32				
	4 700	6 100	7 100	69	100	7.26				
0.17	8 100	11 000	13 000	270	262	14.2	0.92	84	56.5	19
	10 000	14 000	16 000	250	260	21.1				
	10 000	14 000	16 000	240	260	25.3				
	10 000	14 000	16 000	240	260	30.3				
0.35	13 000	18 000	23 000	360	373	19	1.35	95	51.5	21
	16 000	25 000	29 000	330	371	27.8				
	16 000	25 000	29 000	320	370	33.7				
	16 000	25 000	29 000	310	370	39.2				
	16 000	25 000	29 000	310	369	52.2				
1.01	25 000	34 000	44 000	560	604	29.5	2.05	115	55.5	29
	31 000	50 000	57 000	500	601	42.1				
	31 000	50 000	57 000	490	600	51.6				
	31 000	50 000	57 000	480	599	60.6				
	31 000	50 000	57 000	470	599	79.2				
2.37	54 000	78 000	98 000	850	1 008	44.7	4.14	147	65.5	36
	67 000	110 000	120 000	740	1 002	62.3				
	67 000	110 000	120 000	720	1 000	75.8				
	67 000	110 000	120 000	680	999	85.8				
	67 000	110 000	120 000	670	997	113				

**SCHAEFFLER**

## **感应式精密谐波减速器 RT1-T**

High Torque

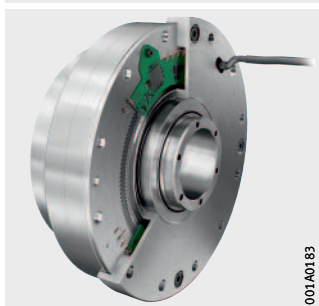
# 感应式精密谐波减速器 RT1-T

	页
<b>产品概览</b>	
感应式精密谐波减速器 RT1-T .....	86
<b>特性</b>	
Unit Hollow Shaft 带集成转矩传感器 (UHS-T) .....	87
传感器规格.....	88
<b>订货举例、订货号</b>	
订货示例 .....	89
订货号.....	89
<b>符号说明</b>	..... 90
<b>尺寸表</b>	
精密谐波减速器	
RT1-H-...-UHS-T 系列 .....	92

## 产品概览 感应式精密谐波减速器 RT1-T

### Unit Hollow Shaft 带集成转矩传感器

H...-UHS-T



001.A0183

# 感应式精密谐波减速器 RT1-T

## 特性 Unit Hollow Shaft 带集成转矩传感器 (UHS-T)

UHS-T 版本由 Component Set、HAT 型号以及作为输出轴承的带有集成扭矩传感器和抗倾覆 XZU 双列角接触滚针轴承组成。全密封 UHS-T 版本适用于轴向电机连接设备，并且可以通过最少的设计和装配工作量集成到应用中。

该版本的一个独特特征是中央空心轴，例如，其允许必要的供电电缆通过。

High Torque RT1 系列的精密谐波减速器的技术参数不受集成转矩传感器的影响。

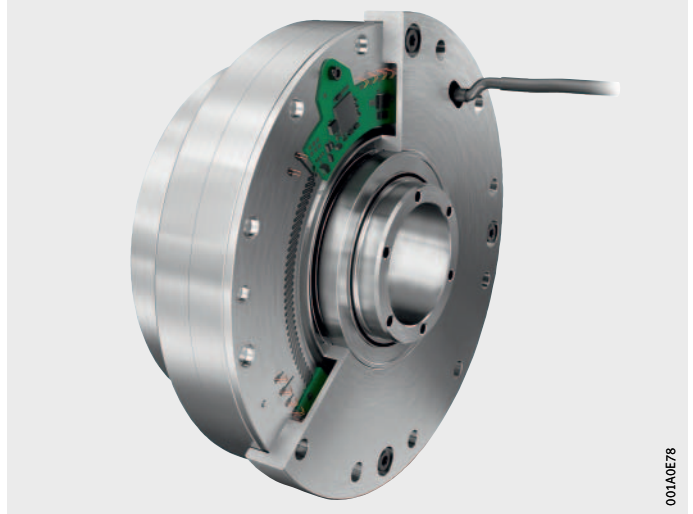


图 1  
RT1-H...-UHS-T

# 感应式精密谐波减速器 RT1-T

## 传感器规格 技术参数

常规					
货号	RT1-H...UHS-T				
尺寸	14	17	25	32	
传感器特性					
主测量范围 (= RPT)	± Nm	36	70	204	484
精度 (含主测量范围) <sup>1)</sup>	± % FS	1.5			
最大测量范围 (= MPT)	± Nm	70	143	369	892
分辨率	bit	16			
输出分辨率					
通信	SPI				
	明线端				
	连接器可定制				
电缆长度	mm	438 ± 8.1 mm			
工作条件					
电源	VDC	5 ± 0.5 V			
电流消耗	mA	500			
工作温度范围	°C	+0 - +80			
标准					
特定于环境的性能	EN 61000-6-2, EN 61326-1				
	EN 61000-6-3 (CISPR 11, EN 55011)				
	符合 IEC 68000 标准				
	UL94 V-0				
适用于机器人辅助用途	欧盟指令 CE 2011/65/EU				
	符合 DIN EN ISO 10218-1、 DIN EN ISO 10218-2 标准				

<sup>1)</sup> FS = ± MPT。

## 订货举例、订货号

带有集成转矩传感器的 High Torque RT1 系列精密谐波减速器的订货号结构。

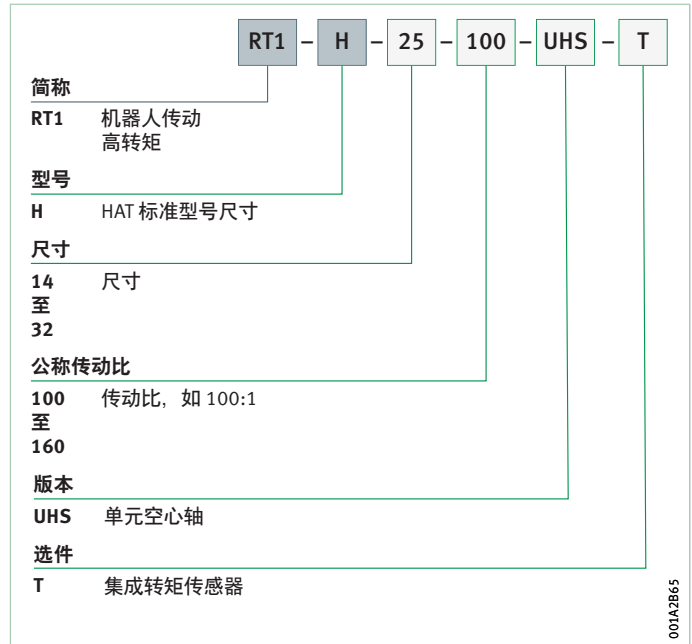


图2  
订货号结构

### 订购示例

High Torque RT1 系列  
HAT 型号  
尺寸  
传动比, 例如 100 : 1  
Basic Unit Hollow Shaft  
集成转矩传感器

RT1  
H  
25  
100  
UHS  
T

### 订购型号

**RT1-H-25-100-UHS-T**

# 感应式精密谐波减速器 RT1-T

**符号说明** 具体解释请参见以下产品尺寸表中的数据。

$i$	—
减速比	
$T_R$	Nm
最大转矩	
$T_A$	Nm
平均转矩	
$T_N$	Nm
额定转矩	
$T_M$	Nm
冲击转矩	
$n_{max}$	$\text{min}^{-1}$
最大输入驱动转速	
$n_{av\ max}$	$\text{min}^{-1}$
平均输入驱动转速	
$\varphi_{TA}$	arcmin
传递精度	
$\varphi_R$	arcmin
重复精度	
$\varphi_H$	arcmin
滞后损失	
$J$	$10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
质量惯性矩	
$K_1$	Nm/rad
扭转刚度	
$K_2$	Nm/rad
扭转刚度	
$K_3$	Nm/rad
扭转刚度	
$T_{NLST}$	mNm
在 +20 °C 下的无负载启动转矩	
$T_{NLRT}$	mNm
在 +20 °C 和 $2000 \text{ min}^{-1}$ 下的无负载运行转矩	
$T_{BT}$	Nm
在 +20 °C 下反向驱动转矩	
$m$	kg
重量	
$D$	nm
直径	
$L$	mm
长度	
$d$	nm
轴直径	



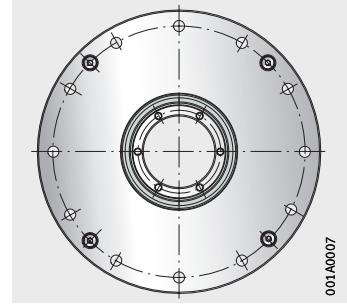
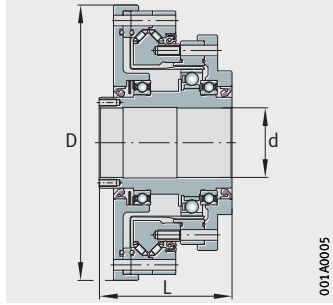
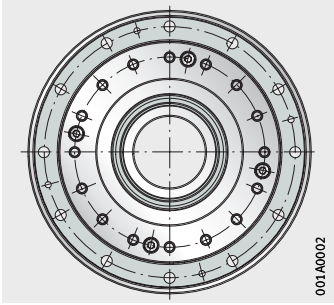


# 精密谐波减速器

RT1-H...-UHS-T 系列

## 产品列表

型号	性能数据									
	i	T <sub>R</sub> Nm	T <sub>A</sub> Nm	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>M</sub> Nm	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	n <sub>av max</sub> min <sup>-1</sup>	φ <sub>TA</sub> arcmin	φ <sub>R</sub> arcmin	φ <sub>H</sub> arcmin
RT1-H-14-UHS-T	100	36	14	10	70	8 500	1 000	< 1.5	< ±0.1	< 1
RT1-H-17-UHS-T	100	70	51	31	143	7 300	1 000	< 1.5	< ±0.1	< 1
RT1-H-25-UHS-T	100	204	140	87	369	5 600	1 000	< 1	< ±0.1	< 1
RT1-H-32-UHS-T	160	484	281	178	892	4 800	1 000	< 1	< ±0.1	< 1



J $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$	$K_1$ Nm/rad	$K_2$ Nm/rad	$K_3$ Nm/rad	$T_{NLST}$ mNm	$T_{NLRT}$ mNm	$T_{BT}$ Nm	质量	尺寸		
							$\approx \text{m}$ kg	D mm	L mm	d mm
0.08	4 700	6 100	7 100	69	100	7.26	0.67	74	52.5	14
0.17	10 000	14 000	16 000	240	260	25.3	0.92	84	56.5	19
1.01	31 000	50 000	57 000	490	600	51.6	2.05	115	55.5	29
2.37	67 000	110 000	120 000	670	997	113	4.14	147	65.5	36

# 术语表

## C

尺寸

由 Flexspline 的节圆直径（英寸）乘以 10 得出。

齿轮啮合偏移

齿轮啮合偏移装配是指 Flexspline 在一侧跳过一齿的现象。

重复精度

谐波减速器的重要特性。在确定重复精度时，请从同一方向反复接近规定的位置。测量目标值与实际达到的位置之间的偏差。

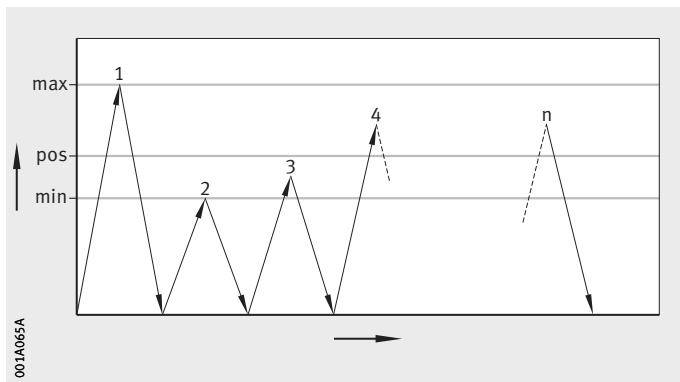


图 1  
重复精度

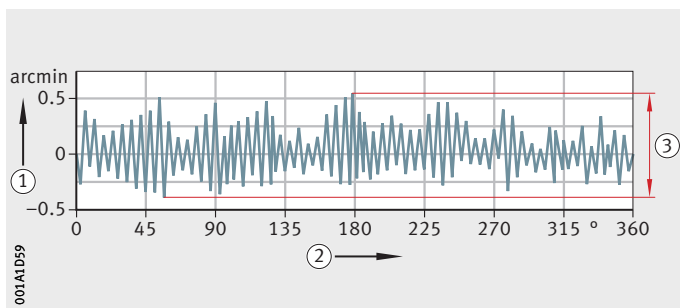
$$\text{重复精度} = \pm \frac{\varphi_{\max} - \varphi_{\min}}{2}$$

冲击转矩  $T_M$

如果在运行期间需要紧急停车，谐波减速器可能会承受短暂的冲击转矩。然而，在这种情况下，不能排除对谐波减速器造成损坏，从而降低使用寿命的可能性。在运行期间出现的紧急停车的幅度和次数应保持在最低限度，并保持在精密谐波减速器的规定冲击转矩以下。

传递精度

测量的输入位置与测量的输出位置之间的位置偏差。传递精度是针对一个旋转方向和减速器输出的一整圈进行测量的。其结果为两个方差之间的最大差值。



- ① 传递精度
- ① 输出传动角
- ① 最大旋转误差

图 2  
传递精度

Circular Spline

带有内齿的谐波减速器的圆柱形组件。

## E

额定转矩  $T_N$

用于计算 Wave Generator 的使用寿命和确定效率的参考转矩。当以额定转矩加载并以额定转速（ $2000 \text{ min}^{-1}$ ）运行时，Wave Generator 轴承将达到名义使用寿命， $L_{10}$  值的失效概率为 10%。

额定转速  $n_N$

用于计算 Wave Generator 的使用寿命和确定效率的额定输入转速。

**F**  
Flexspline 带有外齿的谐波减速器的柔性、扭转刚性组件。

**G**  
功能安全 依赖于安全系统的正常运行和其他风险缓解措施的系统的  
一部分。

工作范围 下图显示了谐波减速器的不同工作范围。减速器输出端的载荷从工作范围增加到冲击范围，直至达到临界工作范围。

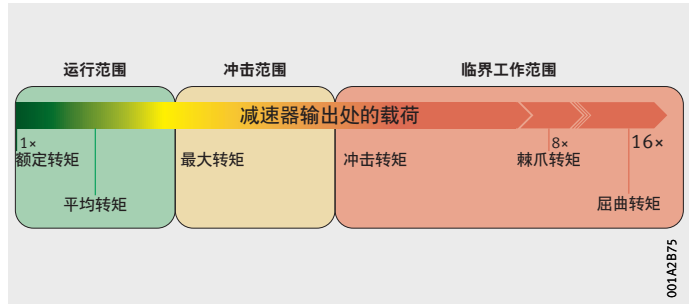


图 3  
工作范围

**J**  
基本径向额定动负载  $C$  在动态运行中，输出轴承上容许的动负载。

棘爪扭矩 从谐波减速器的设计中得出的理论计算值。在动态减速器传动状态下，棘爪扭矩发生在大约  $T_{\text{Ratcheting}} \cong 8 \times T_N$  的施加扭矩下。齿面接触消失，齿之间相互滑动。

减速比  $i$  输入传动转速与输出传动转速的比值。

**M**  
名义使用寿命  $L_N$  在额定转矩和额定转速下的名义使用寿命。  
对于 RT1 和 RT1-T 系列的精密谐波减速器，该值为 10 000 小时，  
对于 RT2 系列的精密谐波减速器，该值为 7 000 小时。

**N**  
扭转刚度 描述了谐波减速器在施加转矩时对弹性变形的抵抗力。当谐波减速器的输入受阻时，测量其输出端在加载状态下的扭转角。扭转刚度是由施加的转矩与测得的扭转角得出的比值。由于扭转刚度在整个转矩范围内不呈线性关系，传动函数  $\varphi = f(T)$  被分为三个载荷范围。给定的扭转刚度值是在多次试验中测定的平均值。

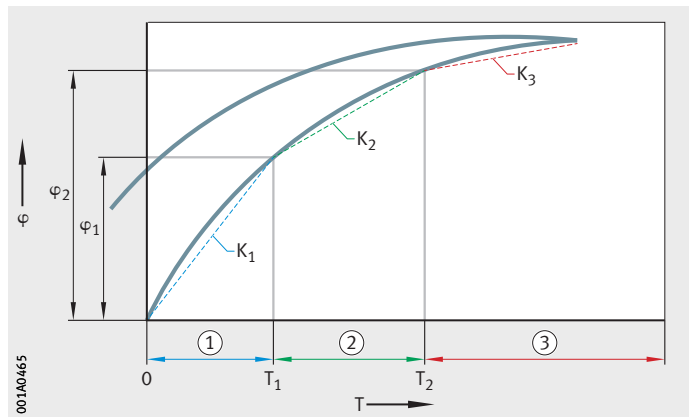


图 4  
扭转刚度

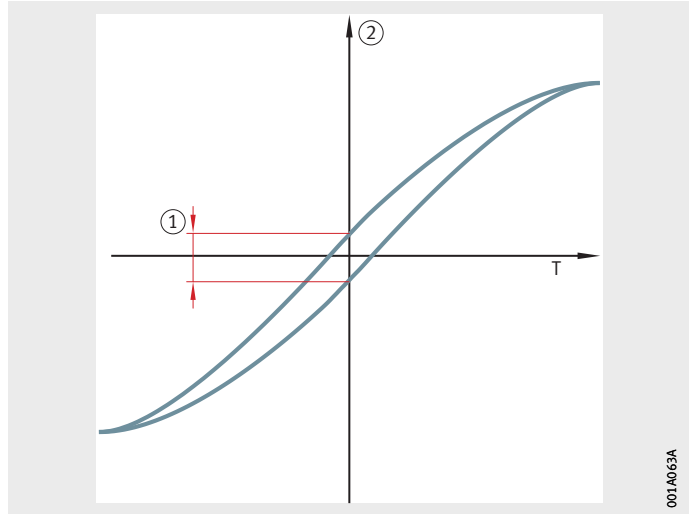
# 术语表

<b>P</b>	
平均输入转速 $n_{in\ av}$	可变载荷周期下的平均输入转速。
平均转矩 $T_A$	谐波减速器的平均转矩的极限值。在应用中不得超过该目录值。
<b>Q</b>	
倾覆刚度 $K_B$	输出轴承处施加的倾覆力矩与倾覆角的比值。
倾覆角 $\gamma$	在倾覆力矩下输出轴承处的倾覆角。
倾覆力矩 $M$	输出轴承处的倾覆力矩。
屈曲转矩	从谐波减速器的设计中得出的理论计算值。在减速器静态和外部施加的转矩下，屈曲发生在 $T_{Buckling} \cong 16 \times T_N$ 左右。
<b>R</b>	
容许动态倾覆力矩 $M_{dyn\ max}$	动态状态下容许的最大倾覆力矩。这不仅考虑了输出轴承的使用寿命，还考虑了谐波减速器的必要安装要求。
容许静态倾覆力矩 $M_0$	静态状态下容许的最大倾覆力矩。
容许径向载荷 $F_R$	旋转输出轴承的容许径向载荷，无倾覆力矩和轴向载荷。
容许平均输入转速最大值 $n_{av\ max}$	谐波减速器的容许平均输入转速最大值。在应用中不得超过该目录值。
容许轴向载荷 $F_A$	旋转输出轴承的容许轴向载荷，无倾覆力矩和径向载荷。
<b>S</b>	
使用寿命 $L_{10}$	值 $L_{10}$ 表示加载谐波减速器的预期使用寿命。
输出侧的平均负载转矩 $T_{out\ av}$	计算可变载荷周期下的输出侧平均负载转矩。
输出轴承中心间距 $R$	荷载施加点与输出轴承中心之间的距离。
<b>W</b>	
Wave Generator	带有薄壁球轴承（波发生器）的谐波减速器的椭圆传动元件。
无负载反转扭矩	反向驱动谐波减速器所需的最小扭矩，从具有可自由旋转的 Wave Generator 的减速器输出端开始，减速器温度为 +20 °C。
无负载起动转矩	无载运行时的起动转矩，在减速器温度为 +20 °C 下确定。
无负载运行转矩	无载运行时的运行转矩，在减速器温度为 +20 °C 和输入转速为 2 000 min <sup>-1</sup> 下确定。

## Z

### 滞后曲线

谐波减速器的转矩图具有滞后曲线的典型特征。滞后曲线通常不会通过坐标原点。零转矩时的角度偏差被定义为滞后损失。



T = 转矩

- ① 滞后损失
- ② 扭转角

图 5  
滞后曲线

**质量惯性矩 J** 减速器输入处的质量惯性矩。

**重量 m** 无包装标准谐波减速器的重量。

**轴承平均直径  $d_M$**  输出轴承的滚动体滚道的平均直径。

**最大输入转速  $n_{max}$**  可用于高动态应用的最大输入传动转速。为避免不容许的温度上升，仅允许在短时间内采用最大输入传动转速。在应用中不得超过该目录值。

**最大转矩  $T_R$**  在高动态应用中可短暂采用的最大加速和减速转矩。在应用中不得超过该值。

舍弗勒贸易（上海）有限公司  
上海市嘉定区安亭镇安拓路 1 号  
邮编 201804  
中国  
www.schaeffler.cn  
info\_china@schaeffler.com  
电话： +86 21 3957 6666

我们已对所有信息进行了仔细的汇编和检查，但我们无法保证完全准确。我们保留进行更改的权利。因此，请始终检查是否有更新或修订的信息。本出版物在旧出版物的基础上进行了更新。只有在我们许可的情况下，才允许打印本出版物（包括摘录）。

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG  
TPI 275 / zh-CN / CN / 2023-01