

团 体 标 准

T/CMES XXXXX—202X

机器人用精密准双曲面齿轮减速器

Precision hypoid gear reducer for robots

(草案)

(完成日期: 2025-6)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理图、产品分类、型号及安装尺寸	3
4.1 原理图	3
4.2 产品	3
4.3 外形及安装尺寸	5
5 要求	6
5.1 主要零部件	7
5.2 装配	7
5.3 减速器的性能参数要求	7
5.4 空载运行	8
5.5 负载运行	8
5.6 超载运行	8
5.7 加、减速转矩负载运行	8
5.8 传动效率	8
5.9 回差和空程	8
5.10 传动误差	8
5.11 润滑与密封	8
5.12 额定寿命	8
5.13 噪声	9
5.14 外观	9
6 试验方法	9
6.1 试验设备	9
6.2 空载试验	10
6.3 负载试验	10
6.4 超载试验	10
6.5 加、减速运行试验	10
6.6 传动效率	10
6.7 回差、空程、扭转刚度	11
6.8 传动误差	11
6.9 额定寿命	12
6.10 润滑与密封	12
6.11 噪声	12

6.12	外观	12
7	检验规则	13
7.1	总则	13
7.2	出厂检验	13
7.3	型式检验	13
8	标志、包装、运输和贮存	13
8.1	标志	13
8.2	包装	13
8.3	运输和贮存	14
附录 A	(资料性) 衍生机械臂产品	15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工程学会提出。

本文件由中国机械工程学会机械传动分会归口。

本文件起草单位：×××××

本文件主要起草人：×××××。

机器人用精密准双曲面齿轮减速器

1 范围

本文件规定了机器人用精密准双曲面齿轮减速器原理图、产品分类、型号及安装尺寸、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于机器人关节用减速器或类似应用场合。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 1173 铸造铝合金

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2828.11 计数抽样检验程序 第11部分：小总体声称质量水平的评定程序

GB/T 3077-2015 合金结构钢

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 37718-2019 机器人用精密行星摆线齿轮减速器

GB/T 6404.1 齿轮装置的验收规范 第1部分：空气传播噪声的试验规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机器人用精密准双曲面齿轮减速器（以下简称“减速器”） Precision hypoid gear reducer for robot
由渐开线圆柱齿轮减速机构和准双曲面齿轮减速机构组成的精密传动装置。

3.2

壳体 Case

减速器外壳，一般为铸件（如铸铁件、铸铝件），将减速机构包裹在其中，同时储存润滑油用于齿轮润滑。

3.3

准双曲面齿轮 hypoid gear

以接近双曲面的准双曲面作为分度曲面的齿轮，其具有小轮轴线可偏置的特点。

3.4

传动比 transmission ratio

输入转速和输出转速之比值。

[来源: GB/T 37718-2019 3.6]

3.5

滞回曲线 hysteresis curve

输入端固定, 给输出端逐渐加载至额定转矩后卸载, 再反向逐渐加载至额定转矩后卸载, 记录输出端对应的转矩、转角值, 绘制完成的封闭的转矩-转角曲线。

[来源: GB/T 37718-2019 3.8]

3.6

回差 backlash

输入端固定, 正反向旋转输出端至额定转矩时, 两个方向上 0 转矩时输出端的转角值之差。

[来源: GB/T 37718-2019 3.9]

3.7

空程 lost motion

输入端固定, 由正向改为反向旋转输出时, 输出端在 3%和-3%额定转矩下的转角值之差。

[来源: GB/T 37718-2019 3.10]

3.8

额定输出转矩 rated output torque

减速器在额定转速下, 输出端可持续输出的转矩。

3.9

加、减速容许转矩 allowable torque during acceleration or deceleration

减速器在加速、减速转动时, 输出端容许的最大转矩。

3.10

瞬时最大转矩 momentary maximum allowable torque

减速器允许承受的瞬时最大转矩。

3.11

额定寿命 rated life

减速器在额定输出转矩和额定输出转速下工作时的寿命, 即疲劳失效时的寿命。

3.12

扭转刚度 torsional rigidity

输入端固定, 在输出端施加一个扭转力矩时, 1/2 倍和 1 倍的额定输出转矩差值和输出端转角差之比。

[来源: GB/T 37718-2019 3.12]

3.13

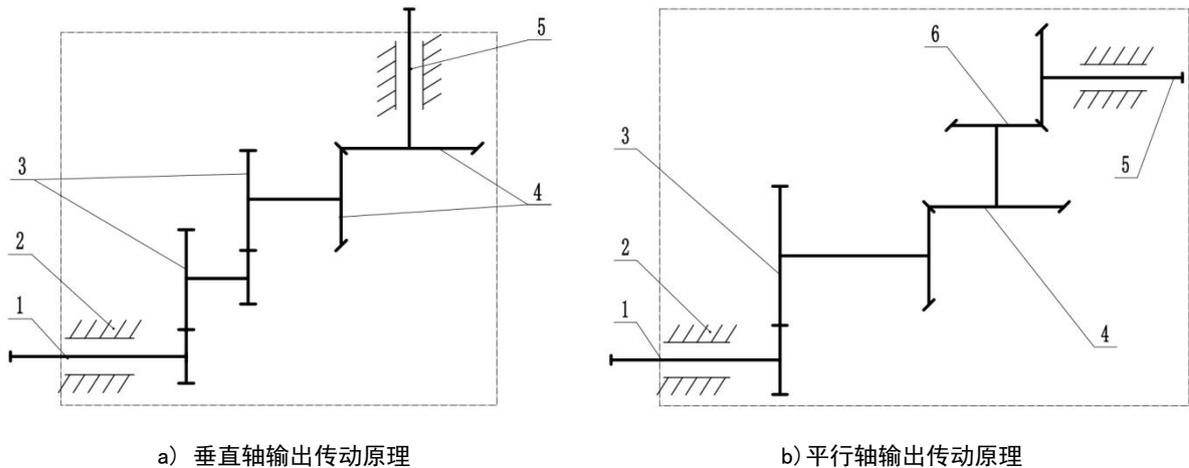
传动误差 transmission error

输入轴单向旋转时，输出轴的实际转角与理论转角之差。

4 原理图、产品分类、型号及安装尺寸

4.1 原理图

减速器分两种传动原理：垂直轴输出传动原理和平行轴输出传动原理，原理示意图见图 1。



标引序号说明：

- 1——输入轴；
- 2——壳体；
- 3——渐开线圆柱齿轮；
- 4——准双曲面齿轮；
- 5——输出轴；
- 6——锥齿轮。

图 1 轴输出传动原理

4.2 产品

4.2.1 减速器型号

减速器型号由识别代号、规格代号、应用代号组成，如图 2 所示。

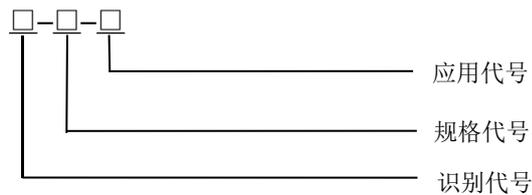


图 2 产品型号组成示意图

示例 1：

HY10-4, HY 表示为：准双曲面齿轮减速器，10 表示为：该减速器主要应用于负载为 10 kg 的机器人关节上，4 表

示为：该减速器主要应用于机器人 4 轴上。

示例 2：

HY25-6, HY 表示为：准双曲面齿轮减速器，25 表示为：该减速器主要应用于负载为 25 kg 的机器人关节上，6 表示为：该减速器主要应用于机器人 6 轴上。

4.2.2 识别代号

减速器生产企业为产品自行设定的识别代号。

4.2.3 规格代号

减速器的规格代号根据应用于机器人负载进行区分，其对应关系见表 1。

表 1 减速器的规格与机器人负载的对应关系

单位为千克

规格代号	8	10	12	16	25	35
机器人负载 (kg)	8	10	12	16	25	35

4.2.4 应用代号

减速器的应用代号根据应用于机器人的轴关节进行区分。

- 1 表示为：该减速器主要应用于机器人 1 轴；
- 2 表示为：该减速器主要应用于机器人 2 轴；
- 3 表示为：该减速器主要应用于机器人 3 轴；
- 4 表示为：该减速器主要应用于机器人 4 轴；
- 5 表示为：该减速器主要应用于机器人 5 轴；
- 6 表示为：该减速器主要应用于机器人 6 轴。

4.2.5 传动比

减速器的传动比宜符合表 2 中的规定，也可和客户协商定制。

表 2 传动比

型号	传动比
HY8/10/12-1	1066/11
HY8/10/12-4	530/7
HY8/10/12-5	11 200/143
HY8/10/12-6	530/11
HY16/25-4	1 500/19
HY16/25-5	6 355/72
HY16/25-6	1 5876/325
HY35-4	1 500/15
HY35-5	102.5
HY35-6	54

4.3 外形及安装尺寸

4.3.1 HY□-4 外形及安装尺寸见图 3 所示，应符合表 3 的规定，也可和客户协商定制。

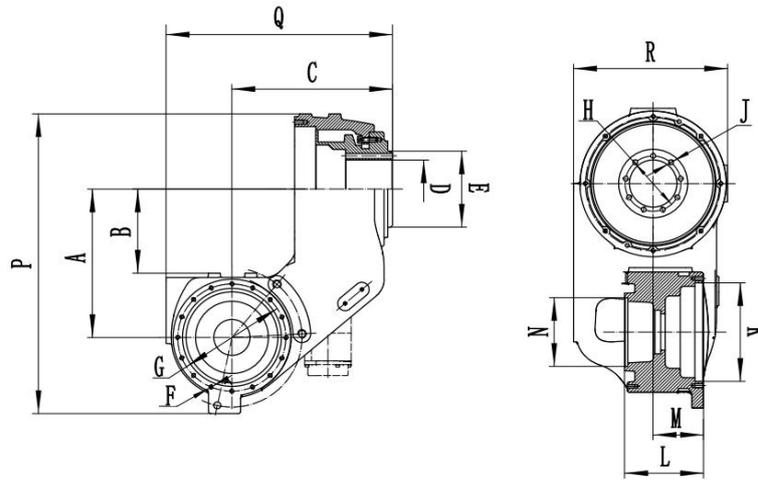


图 3 HY□-4 安装尺寸图

表 3 HY□-4 外形及安装尺寸

单位为毫米

型号	尺寸代号							
	A	B	C	D	E	F	G	H
HY8/10/12-4	205	116	220	Φ80.5	φ105h7	16×M6 深 10	φ148	Φ91.5
HY16/25-4	215	120	280	Φ80.5	φ105h7	16×M6 深 10	φ148	Φ91.5
HY35-4	215	120	280	Φ80.5	φ105h7	16×M6 深 10	φ148	Φ91.5
型号	J	K	L	M	N	P	Q	R
HY8/10/12-4	9×φ7	Φ136H7	108	69	Φ95H7	414	310	211
HY16/25-4	15×φ7	Φ136H7	107	60	Φ110H7	372	444	241
HY35-4	15×φ7	Φ136H7	107	60	Φ110H7	372	444	241

4.3.2 HY□-5/6 外形及安装尺寸见图 4 所示，应符合表 4 的规定，也可和客户协商定制。

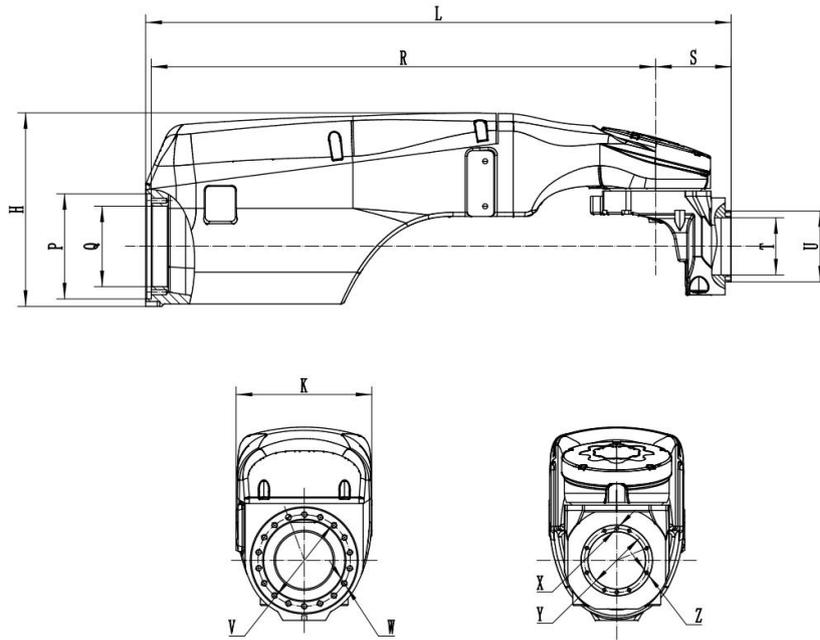


图 4 HY□-5/6 外形及安装尺寸

表 4 HY□-5/6 外形及安装尺寸

单位为毫米

型号	尺寸代号						
	P	Q	R	S	T	U	V
HY8/10/12-5/6	105H6	φ80.5	500	75	Ø57	Ø71 h7	φ91.5
HY16/25-5/6	105H6	φ80.5	590	90	Ø57	Ø71 h7	φ91.5
HY35-5/6	105H6	φ80.5	590	90	Ø57	Ø71 h7	φ91.5
型号	W	X	Y	Z	L	H	K
HY8/10/12-5/6	9×M6 深 12	2×Ø4 H7	φ64	8×M4 均布 深 7	580.5	194	134.5
HY16/25-5/6	15×M6 深 12	2×Ø4 H7	φ64	(14×M4 深 7+2×Ø4 H7) 均布	685	384	147
HY35-5/6	15×M6 深 12	2×Ø4 H7	φ64	(14×M4 深 7+2×Ø4 H7) 均布	685	384	147

5 要求

5.1 主要零部件

减速器的主要零部件包括壳体、准双齿轮、渐开线圆柱齿轮，其材料及性能、热处理质量应符合表 5 的规定，也可以采用力学性能相当或较高的其他材料。

表 5 主要零部件要求

零部件	材料	热处理、表面硬度
壳体	GB/T 1173 中 ZL101A	T6 处理, HB80
准双曲面齿轮	GB/T 3077 中 20CrNiMo	渗碳淬火, HRC58~62
渐开线圆柱齿轮	GB/T 3077 中 20CrNiMo	渗碳淬火, HRC58~62

5.2 装配

减速器的装配应符合以下规定：

- a) 装配前清理各零部件，不得有毛刺、卷边、锈蚀异物、油污等；
- b) 装配过程中零件不得磕碰、划伤和锈蚀；
- c) 各连接件、紧固件不得有松动现象；
- d) 各接合面密封处不得有渗漏现象；
- e) 运转平衡，不得有异常的冲击、振动和声响。

5.3 减速器的性能参数要求

减速器的性能参数见表 6。

表 6 减速器的性能参数

规格型号	额定输出转速 r/min	额定输出扭矩 N.m	加、减速容许转矩 N.m	瞬时最大容许转矩 N.m	回差 (') ≤	空程 (') ≤	传动误差 (") ≤	传动效率 ≥	噪声 (dB) ≤
HY8/10/12-4	15	68	137	315	1	1	60	65%	75
HY8/10/12-5	15	34	72	160	2	1	90	60%	75
HY8/10/12-6	15	16	35	72	4	1.5	90	60%	75
HY16/25-4	15	121	227	484	1.5	1	60	70%	75
HY16/25-5	15	121	227	484	1.5	1	90	70%	75
HY16/25-6	15	41	84	158	4	1.5	90	60%	75
HY35-4	15	121	227	484	1.5	1	60	70%	75
HY35-5	15	121	227	484	1.5	1	90	70%	75
HY35-6	15	41	84	158	4	1.5	90	60%	75

5.4 空载运行

空载运行时减速器不得出现联结件松动、接合处漏油和产生异常声响等现象。

5.5 负载运行

在额定输出转速下，逐级加载至额定转矩下运行时，减速器不得出现联结件松动、接合处漏油和产生异常声响等现象。

5.6 超载运行

超载试验后，减速器各级齿轮无损坏失效，且运行时，无异常的振动和噪声。

5.7 加、减速转矩负载运行

在加、减速容许转矩下，并保持壳体温度低于 60℃运行时，减速器不得出现联结件松动、接合处漏油和产生异常声响等现象。减速器的加、减速容许转矩应符合表 6 的规定。

5.8 传动效率

额定转速、额定转矩下，减速机传动效率应符合表 6 的规定。

5.9 回差和空程

通过减速器滞回曲线按图 5 检验，测量 0 转矩时的回差，及±3%额定转矩时的空程值。减速器的回差和空程应符合表 6 的规定。

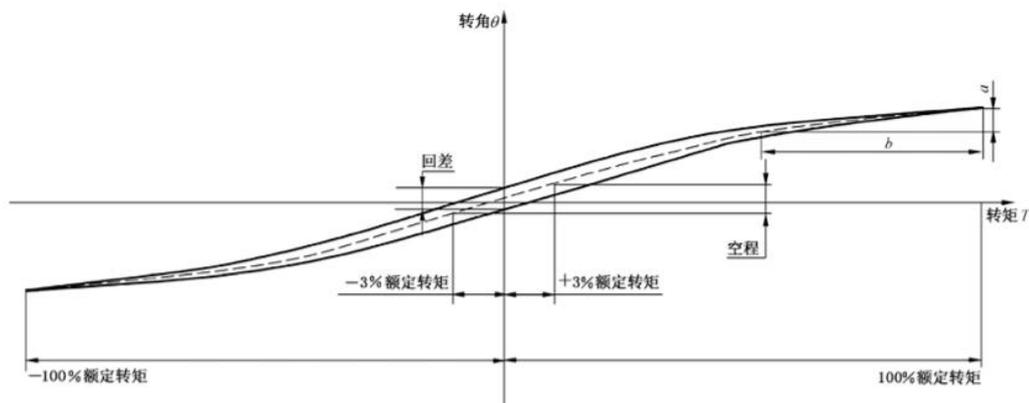


图 5 滞回曲线特性图

5.10 传动误差

传动误差应符合表 6 的规定。

5.11 润滑与密封

工作前应该按产品说明书的要求密封并加注符合要求的润滑油，运转过程中不得出现润滑油泄漏的现象。

5.12 额定寿命

额定寿命应不低于 6 000 h。

5.13 噪声

噪声在额定转速和额定转矩运行时，应符合表 6 中的规定。

5.14 外观

外观应无毛刺、划伤、锈蚀和铸造工艺缺陷等，壳体与其他部位的接合处应平整。

6 试验方法

6.1 试验设备

试验装置分为性能和精度试验设备和寿命试验设备。

6.1.1 性能和精度试验设备

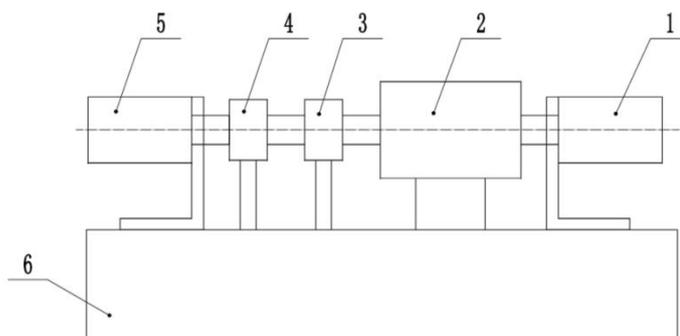
用于测试减速器扭转刚度、回差、传动误差、机械传动效率等试验项目，基本组成见图 6，在试验件的输入和输出端装配有伺服电机，输出端安装有转速转矩传感器，可测量试验件的输入和输出转矩、转速。

试验装置的驱动与加载方式不受限制，应能保持运转稳定。

应可以正、反转及加载测试，位置可调部件应能锁死。

试验前应对试验装置作整体测量不确定度的评定，且试验过程中应能自动记录和处理数据。

被测减速器测试前，应检查安装和润滑等情况是否满足试验要求，安装好的试验系统应运转灵活，安全可靠。



标引序号说明：

1——驱动单元；

2——试验件；

3——角度传感器；

4——转矩转速传感器；

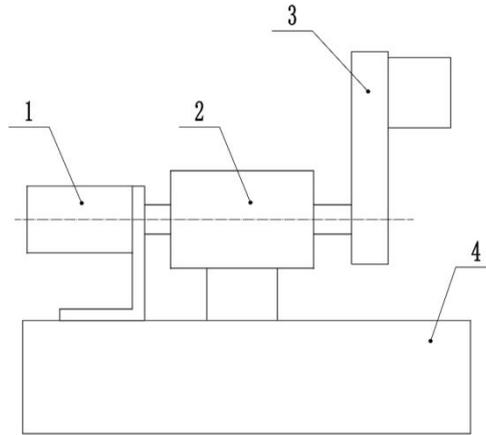
5——加载单元；

6——工作平台。

图 6 性能精度试验设备示意图

6.1.2 寿命试验设备

用于空载、负载、寿命试验项目。应采用模拟机器人实际工况的摆动试验方法，包括但不限于摆动 $n \times 360^\circ$ 、 180° 、 90° 、 45° 。基本组成见图 7。



- 标引序号说明：
- 1——驱动单元；
 - 2——试验件；
 - 3——惯性负载；
 - 4——工作平台。

图 7 寿命试验设备示意图

6.2 空载试验

额定输出转速下，正、反向各运转不少于 30 min。

6.3 负载试验

在额定转速下，壳体温度不超过 60°C 的运转条件下，额定负载正、反向运行不少于 2 h。

6.4 超载试验

输出端在 5 s 内逐渐将负载加载至瞬时最大扭矩，持续 5 s 内逐渐卸载，正、反向各运行一次。

6.5 加、减速运行试验

在额定负载下，按加、减速容许转矩下的最大加速度，先加速运行至最高转速，匀速，再减速至停止，正、反向运行时间不少于 2 h。

6.6 传动效率

试验环境温度 $23 \pm 5^\circ\text{C}$ ，减速器在额定输出转速和额定输出转矩下运行，30 min 内壳体表面温度变化值小于 1°C ，且壳体温度 $\leq 60^\circ\text{C}$ 时，采集试验数据，记录各传感器测量的输入端/输出端转矩。

在输出端旋转一周内，均匀地采集不少于 5 组数据。

根据记录数据，按式 (1) 计算传动效率：

$$\eta = \frac{T_2 n_2}{T_1 \times n_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η ——传动效率；

T_2 ——输出转矩的平均值，单位为牛米（N.m）；

T_1 ——输入转矩的平均值，单位为牛米（N.m）；

n_2 ——输出端转速值，单位为转每分(r/min)；

n_1 ——输入端转速值，单位为转每分(r/min)。

6.7 回差、空程、扭转刚度

6.7.1 滞回曲线试验

减速器输入端固定，输出端从零逐渐加载至额定转矩后卸载，再反向从零逐渐加载至额定转矩后卸载，根据角位移的正增加与负增加记录输出端对应的转矩、转角值，输出转矩及转角的采样数量分别不少于 100 点，绘制出以转矩载荷为横坐标、扭转角度为纵坐标的滞回曲线。

6.7.2 回差

按 GB/T 37718-2019 中 6.6.2 进行。

6.7.3 空程

按 GB/T 37718-2019 中 6.6.3 进行。

6.7.4 扭转刚度

按 GB/T 37718-2019 中 6.6.4 进行。

6.8 传动误差

从输入端驱动减速器，输出端施加空载，待输入端转速平稳后（转速波动 ≤ 1 r/min），在输出端运行一周范围内记录输入、输出的实时转角值。

测试过程中，转角值采样数量不低于 1 000 点，输出转速不大于 5 r/min。连续测量每次采样位置应相同，以避免不同位置的测量结果相叠加引入的测量误差。

根据实时采样结果，以输出端角度为横坐标，以该角度对应的传动误差值为纵坐标，绘制传动误差曲线。

对于同一测试件，应在相同工况下连续测量至少 5 次，测量结果取平均值。

在输出端转动一周的范围内，最大轮廓峰高与最大轮廓谷深之差的绝对值，即为传动误差。

按式（2）计算传动误差：

$$\theta_a = 3600 \left(\frac{\theta_{in} n_2}{n_1} - \theta_{out} \right) \dots\dots\dots (2)$$

θ_{cr} ——传动误差，单位为秒（"）；

θ_{in} ——输入端转角，单位为度（°）；

θ_{out} ——输出端转角，单位为度（°）；

n_2 ——输出端的转速值，单位为转每分(r/min)；

n_1 ——输入端的转速值，单位为转每分(r/min)。

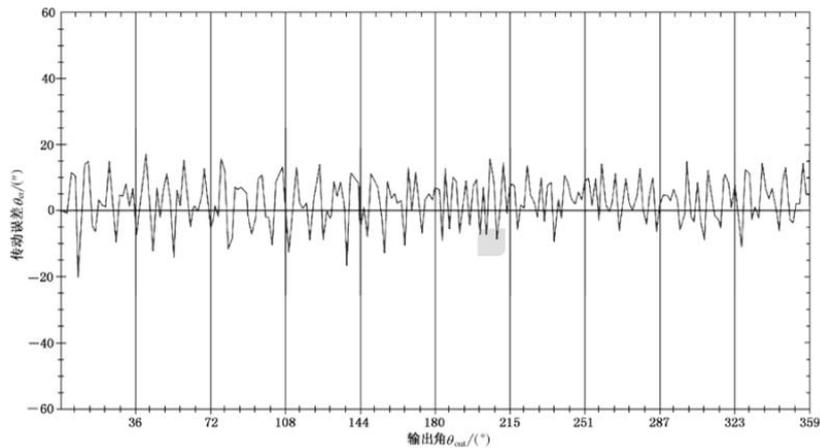


图 8 传动误差曲线示意图

6.9 额定寿命

寿命试验设备如 6.1.2，其试验步骤如下：

- a) 加载运行前，需确认减速器各连接是否紧固、是否已加注润滑油；并试运行减速器，要求运行平稳，无异响、渗漏油等现象；
- b) 模拟减速器在机器人中的工作状况，在输出端上固定不大于额定负载 2.5 倍的刚性负载，从输入端驱动减速器，使输出端做正反旋转运行。
- c) 根据加速寿命等效公式见式（3）计算寿命跑合时间。

$$L = L_0 \frac{N_0}{N_a} \left(\frac{T_0}{T_a} \right)^{9.8} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- L_r ——等效寿命，单位为小时（h）；
- L_{0r} ——额定寿命，单位为小时（h），减速器的 L_{0r} 值设定为 6 000 h；
- N_{0r} ——额定转速，单位为转每分（r/min）；
- N_{ar} ——加速转速，单位为转每分（r/min）；
- T_{0r} ——额定转矩，单位为牛米（N.m）；
- T_{ar} ——加速转矩，单位为牛米（N.m）。

6.10 润滑与密封

目测，在寿命检测完成时，在油封处、密封面处不得出现明显的润滑油斑。

6.11 噪声

按 GB/T 6404.1 进行。

6.12 外观

目测。

7 检验规则

7.1 总则

减速器应进行出厂检验和型式试验。

7.2 出厂检验

减速器出厂检验项目包括：

- a) 外观；
- b) 回差；
- c) 空程；
- d) 扭转刚度；
- e) 传动误差；
- f) 噪声；
- g) 温升。

7.3 型式检验

7.3.1 检验范围

凡属下列情况之一时，均应进行型式检验：

- 新产品试制定型鉴定；
- 产品在设计、工艺、材料等方面有较大改变，足以影响产品性能时；
- 有关部门提出检验要求时，抽样方法依据 GB/T 2828.1 或 GB/T 2828.11 进行。

7.3.2 检验项目

试验项目除出厂检验项目外，还包括：

- 空载、负载和超载能力；
- 加速、减速许用转矩；
- 传动效率；
- 寿命；
- 许用弯矩载荷。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

减速器应在易识别的位置固定产品标识，其要求应符合 GB/T 13306 的要求，标识的内容应包括：

- a) 产品名称或代号；
- b) 出厂编号；
- c) 出厂日期或批号。

8.2 包装

包装前减速器的轴伸及外露加工表面应做防锈和防物理破坏处理。应在输出法兰和机体之间增加固定装置，防止输出机构遭受冲击。

减速器的包装运输应符合 GB/T 191 及 GB/T 13384 的规定和客户要求。减速器出厂时应随产品（减速器）附带下列资料：

- a) 产品合格证；
- b) 装箱单；
- c) 产品使用说明书；
- d) 客户要求的其他文件。

8.3 运输和贮存

8.3.1 运输

- a) 不应让减速器受到强烈冲击、振动。
- b) 应有防雨雪侵害措施。

8.3.2 贮存

贮存场所应满足以下条件：

- a) 环境温度在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 湿度在 85%以下无结露、结霜；
- c) 无雨、雪侵害；
- d) 无易燃性、挥发性、腐蚀性气体或尘埃；
- e) 振动较少。

附录 A
(资料性)
衍生机械臂产品

A.1 HYP-10 系列 机械臂产品 HY10-4、HY10-5、HY10-6 通过连接的方式，组成机械臂 HYP-10 产品。拓展出不同臂展的机械臂产品见图 A.1 和表 A.1。

表 A.1 HYP-10 系列产品参数

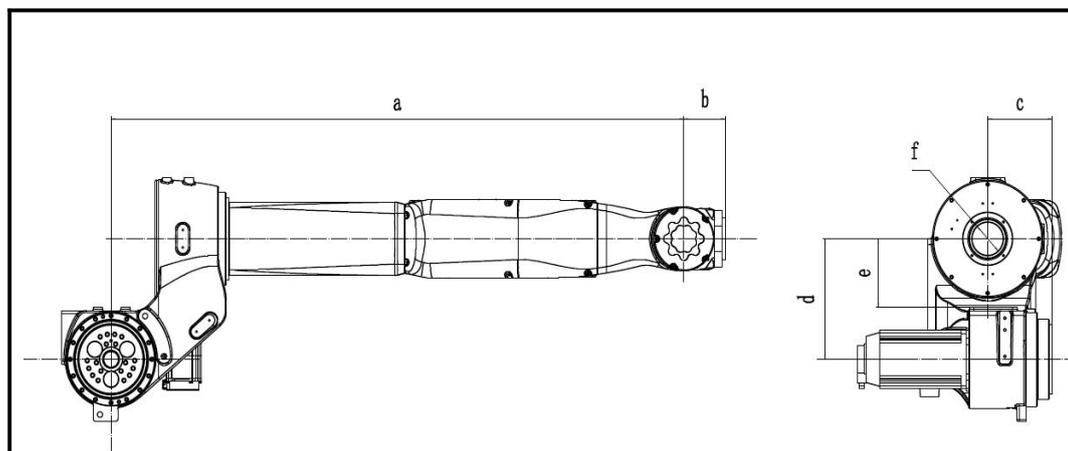


图 A.1 外形尺寸

序号	项目		参数 (单位: mm)
1	a	HYP-10S	720
		HYP-10P	900
		HYP-10M	1037.5
2	b		75
3	c		116.5
4	d		205
5	e		116
6	f		Φ57

A.2 HYP-25 系列和 HYP-35 系列 机械臂产品

HY25-4、HY25-5、HY25-6 可组成机械臂 HYP-25，组成机械臂 HYP-25 产品。

HY35-4、HY35-5、HY35-6 可组成机械臂 HYP-35，组成机械臂 HYP-35 产品。

又可通过改变配置，拓展出不同臂展的机械臂产品，比如表中 HYP-25L 采用了 HY25-4 和 HY10-5/6 的组合形成了新的机械臂产品。

具体规格和尺寸详见图 A.2 和表 A.2。

表 A.2 HYP-25 系列和 HYP-35 系列产品尺寸图

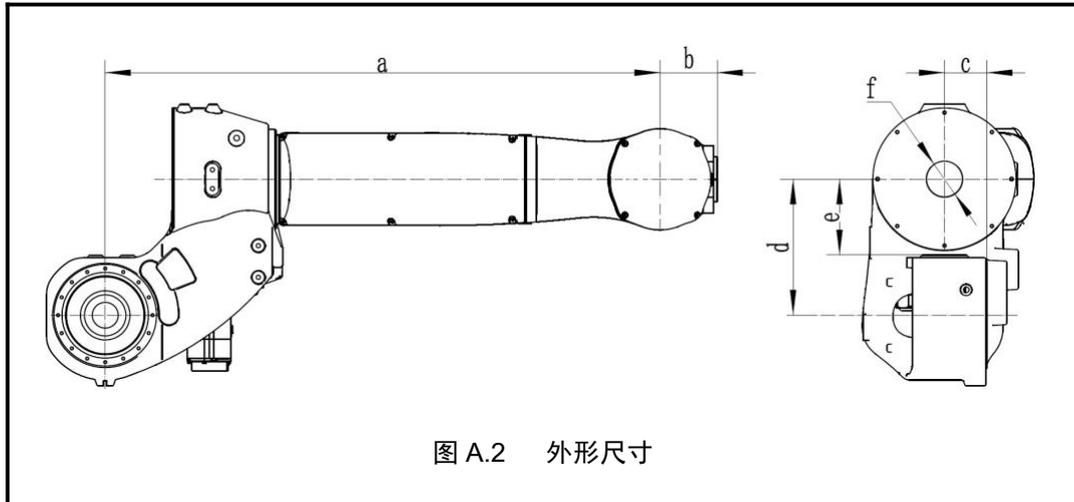


图 A.2 外形尺寸

序号	项目		参数 (单位: mm)
1	a	HYP-25S	870
		HYP-35S	
		HYP-25L	1097.5
2	b	HYP-25S	90
		HYP-35S	
		HYP-25L	75
3	c		60
4	d		215
5	e		120
6	f		Ø57