

精密减速箱
微型驱动系统



精密减速箱

技术信息

基本技术信息

使用寿命

配有减速箱的电机组件的使用寿命，由以下因素决定：

- 输入转速
- 输出转矩
- 工作条件
- 外部环境和与系统结合情况

由于在实际使用过程中，有许多情况无法确定，所以对于减速箱、或配有减速箱的电机组件而言，几乎不可能预测其使用寿命。对于标准减速箱来说，可以通过选用很多选配件来增长其使用寿命，如采用滚动轴承、全金属齿轮和增强润滑等。

轴承—润滑

为适应各种不同负载，减速箱可以配用：滑动铜基轴承、滚动轴承和陶瓷轴承等多种轴承。如样本所列，滚动轴承通过弹簧垫圈预加载处理，以避免过量电流消耗。

当轴向负载或轴装配压力高于样本标称值时，将会抵消滚动轴承的预加载效果。

38/1-2 系列行星减速箱的各行星齿轮，由烧结轴承支撑；而在 38A 和 44/1 系列中，各行星齿轮则由滚针轴承或滚珠轴承支撑。

所有轴承已充分润滑，无须、也不推荐再次润滑。不适当的润滑，将对电机或减速箱的功能和期望寿命产生负面的影响。

标准润滑的齿轮，在空载条件下，能够使电流消耗达到最低，从而获得最佳使用寿命。为延长运行寿命，可以采用全金属齿轮和重载润滑。若要在极端温度和真空环境下工作，可以选用经特殊润滑处理的减速箱。

技术参数说明

未标注公差：

按照 ISO 2768 标准执行。

≤ 6	= ± 0.1 mm
≤ 30	= ± 0.2 mm
≤ 120	= ± 0.3 mm

输入转速

样本中为连续运行而建议使用的最高输入转速，仅供选型参考。减速箱同样能在更高转速下工作。然而，为在连续工作和需要较长寿命的应用中达到最佳运行寿命，应该考虑建议输入最高转速。

滚珠轴承

如无特殊说明，负载限制和寿命指标，均以轴承制造商给出的数据为准。

工作温度范围

标准产品同样本所列。扩展工作温度范围的产品可按需提供。

减速比

产品样本中所列减速比多为近似值。每款减速箱的精确速比，可以通过其减速级数算出。

承载转矩

持续运行

持续转矩指持续工作时减速箱能承受的最大转矩；若超过此数值，减速箱将会缩短寿命甚至损坏。

间歇工作

峰值转矩指间歇工作时减速箱能承受的最大转矩，它仅能短时承载，且不超过工作时长的 5%。

转向 / 可正反转

所有减速箱都可正反转。标示的转向是当电机顺时针旋转时，从输出轴端观测的减速箱转向。

回差

齿轮传动的回差由主动轮的齿距超过节圆上从动轮齿距的大小决定。回差与系统的弹性或扭转刚度不同，不能混为一谈。回差可以防止主从动轮接触时卡住。同样，对于需要提供润滑空间及容纳各齿轮之间不同的膨胀变形来说，最好也能有小的回差。回差在减速箱最后传动级的输出轴上来测量。

精密减速箱

技术信息

零回差减速箱

带双路传动机构的 08/3、12/5、15/8、16/8 和 22/5 系列直齿减速箱，在与 FAULHABER 直流电机装配后，通过预加载来消除齿轮回差。

由于预加载，减速箱总体效率和带载能力略有降低。

由于生产和装配过程中的误差，预加载减速箱会出现较高和不规则的内部摩擦转矩，从而导致电机电流消耗较高，并出现波动。

尽管如此，设计独特的 FAULHABER 零回差减速箱，在许许多多要求低转矩、高精度定位系统的应用中，当之无愧成为优秀而唯一的选择。

预加载处理，特别是对小速比减速箱而言，须谨慎操作。只有在正反双向经充分磨合后，方能进行。由于这个原因，预加载零回差减速箱，只有在生产厂商将减速箱装配到电机上后才能供货。

只有新的减速箱才能具有真正意义上的零回差特性。根据使用情况的不同，当齿轮磨损后有可能会产生轻微的回差。如果磨损不太严重，可以考虑重新进行预加载处理，以回到初始零回差状态。

装配说明

强烈推荐由生产厂家进行电机和减速箱的装配和测试。这能够保证其完美的配合和最低的电流消耗。

在将直齿和混合结构减速箱装配到电机上时，需要使电机低速运转，以确保齿轮正确啮合，不受损坏。

行星减速箱不能在电机转动时装配，在固定减速箱和电机之前，电机轴上的齿轮一定要与行星减速箱输入级齿轮相匹配，以避免安装错位。

装配任何减速箱时，都必须注意不能使用超出标定长度的螺钉。超长的螺钉会损坏减速箱。金属外壳的减速箱可以使用径向固定螺钉进行安装。

怎样选用减速箱

本节以实例详细说明怎样选择合适的减速箱。

应用数据：

任何应用都需要的基本数据：

所需转矩	M	[mNm]
所需转速	n	[min ⁻¹]
暂载率	δ	[%]
容许减速箱最大外形尺寸	外径/长度	[mm]
输出轴载荷	径向/轴向	[N]

假设各数据如下：

所需转矩	M	=	120 mNm
所需转速	n	=	30 min ⁻¹
暂载率	δ	=	100%
容许减速箱最大外形尺寸	外径	=	18 mm
	长度	=	60 mm
输出轴负载	径向	=	20 N
	轴向	=	4 N

为简化计算，本例假设工况为持续工作。

预选

首先从样本中选择一款减速箱，其持续工作时，所能够承受的转矩，应该高于实际应用中要求的转矩。如果实际运行工况是间歇工作，则以峰值转矩为参考。其它条件，如输出轴载荷、外形尺寸以及与电机装配后的总长度等，都应该满足使用要求。本例中所选择的减速箱为 16/7 系列。

持续工作时能承受的转矩	$M_{max.}$	=	300 mNm
建议的最高输入转速			
- 持续工作时	n	≤	5 000 min ⁻¹
- 输出轴最大负载	径向	≤	30 N
	轴向	≤	5 N

减速比计算

将持续工作时建议的最高输入转速除以实际所需要的转速，可以计算出理论上的减速比。

$$i_N = \frac{\text{持续工作时建议的最高输入转速}}{\text{实际所需要的转速}}$$

从产品样本中，选择一款与之相等或略小的速比。

本例中，所选择的速比为 159:1。

精密减速箱

技术信息

计算输入转速 n_{input}

$n_{input} = n \cdot i$	[min ⁻¹]
$n_{input} = 30 \cdot 159$	= 4 770 min ⁻¹

计算输入转矩 M_{input}

$M_{input} = \frac{M \cdot 100}{i \cdot \eta}$	[mNm]
--	-------

因为此款减速箱效率是 60%，所以：

$M_{input} = \frac{120 \cdot 100}{159 \cdot 60}$	= 1,26 mNm
--	------------

计算结果为：

输入转速	n_{input}	= 4 770 min ⁻¹
和		
输入转矩	M_{input}	= 1,26 mNm

这就是对所配电机的要求。

与以上选择的减速箱相匹配的电机，必须能提供至少两倍以上输入转矩。本例中，型号为 1624 E 024 S 的直流微电机，当电源电压为 14 V 能够满足以上要求。

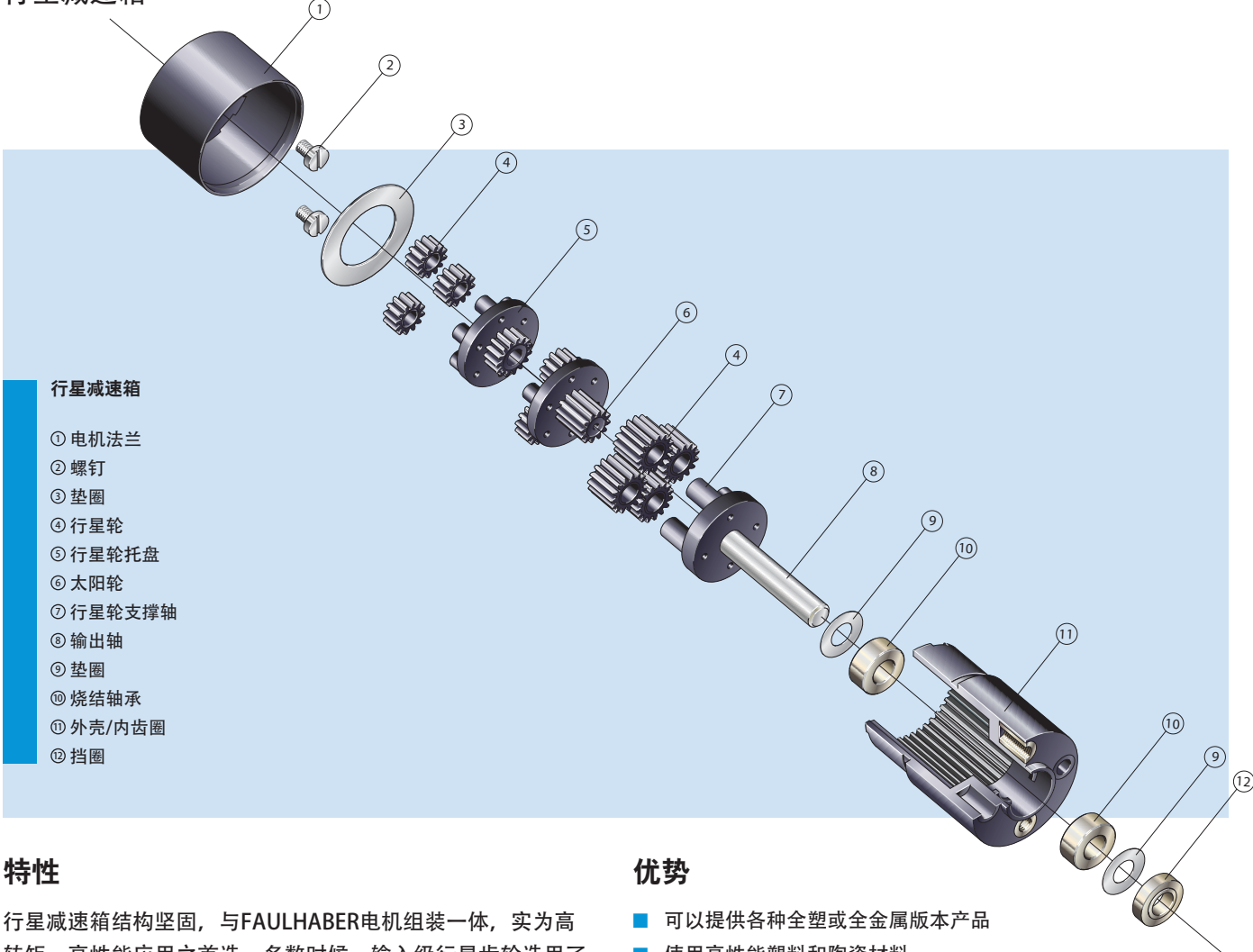
在实际应用中，通常无法准确给出所需的转速转矩，因而并非总能靠计算来选择理想的电机—减速箱组件。

选型过程中，我们建议先根据初步估算预选一款合适的产品。然后在实际应用中，通过不断改变电机电压来测试，直到获得所需的转速转矩。记下此时的工作点电压和电流值，在结合测试所用的产品组合型号，我们能帮助您选择到最理想的产品。

您的产品成功之路，始于我们的最佳选择！请与我们的销售工程师接洽，以获证您的选择是否最佳。

精密减速箱

行星减速箱



特性

行星减速箱结构坚固，与FAULHABER电机组装一体，实为高转矩、高性能应用之首选。多数时候，输入级行星齿轮选用了塑料材质，以尽量降低高转速时的噪音。对于需要高转矩输出，以及真空或宽温范围适用需求时，可选配全钢齿轮与增强润滑。

对于中高转矩的应用，FAULHABER 提供高性能塑料行星减速箱。对于需要重量轻、转矩密度高的应用，这是一种理想的解决方案。减速箱采用螺纹法兰安装在电机上，从而确保安装稳固。

优势

- 可以提供各种全塑或全金属版本产品
- 使用高性能塑料和陶瓷材料
- 配套轴承多种多样，包括烧结、陶瓷以及滚珠轴承
- 提供改进型版本，可扩展工作温度范围及适应其它特殊的环境条件
- 可根据客户的要求改型

产品代码



全金属行星减速箱12/4系列

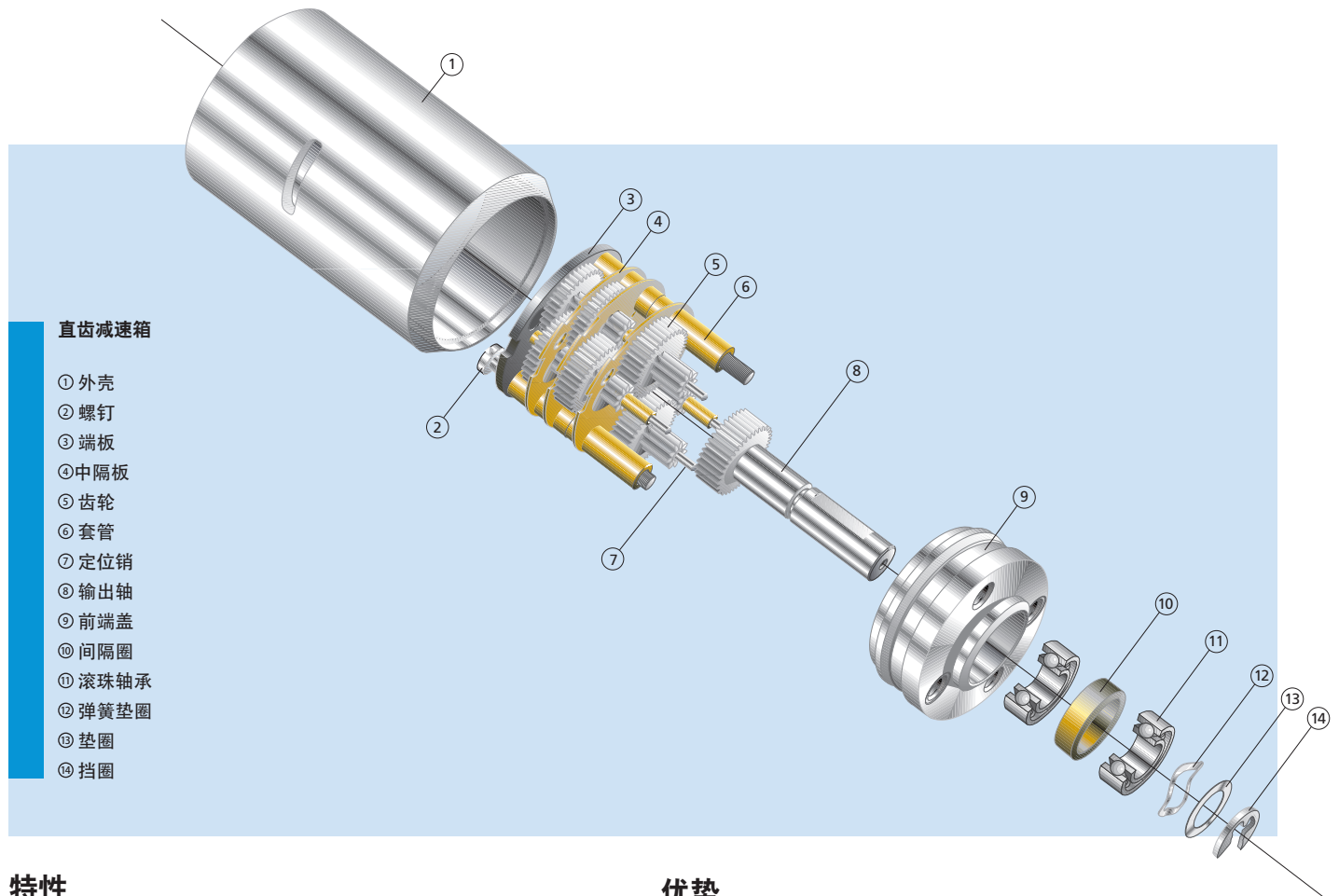


26	外径 [mm]
A	版本
64:1	减速比

26 A 64:1

精密减速箱

直齿减速箱

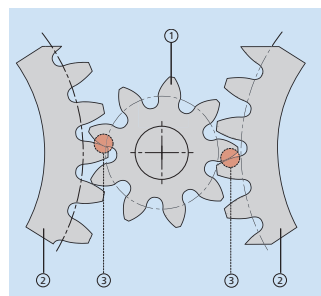


特性

大量的高品质直齿减速箱可适配FAULHABER电机。全金属或塑料输入级齿轮的减速箱工作噪音极低。减速箱结构精密，电机的电流损耗极小，因而效率很高。电机插入减速箱套筒，形成无缝的精确装配。FAULHABER 直齿减速箱十分适合于高精度、低转矩和低噪声的应用场合。

优势

- 减速比非常丰富，包括非常大的减速比
- 提供零回差版本
- 配套轴承多种多样，包括烧结、陶瓷和滚珠轴承



零回差直齿减速箱

- ① 电机出轴小齿轮
- ② 双路齿轮系输入级
- ③ 零背隙预加载啮合

FAULHABER 为直齿减速箱提供了一种特殊的回差隙型号。这种减速箱由双路直齿齿轮系组成，采用全金属齿轮。电机出轴小齿轮上，锁定着两路独立且转向相反的传动齿轮，将回差降至最低。这种减速箱应用于分辨率特别高且要求转矩适中的定位应用场合。零回差减速箱仅能由工厂预加载并与电机装配一体后交货。

产品代码



22 外径 [mm]
/5 版本
377:1 减速比

22/5, 377:1

行星减速箱

GPT行星减速箱尺寸紧凑, 同时提升了输出转矩和输入转速。它们的效率大幅提高, 减速比众多且分布均匀, 有助于提升电机最大功率的利用率。

齿轮系设计坚固, 尤其适合于间歇或瞬时的负载变化。根据外径尺寸的不同, 这些减速箱的最高输入转速可达20000转/分, 输出转矩可高达25 Nm (间歇工作)。GPT系列产品还具有低回差特性, 也适用于精确定位。

这些减速箱可以与众多直流或无刷电机组合, 提供不同规格的出轴以适应各种应用。它们可用于不同类型的机器人——检查、装配、康复、外骨骼等。也适用于生产和实验室自动化、包装机械、测量和检测设备、半导体加工领域。

系列型号

22GPT	32GPT
42GPT	

主要参数

减速箱直径	22 ... 42 mm
材料	不锈钢
持续转矩	0,45 ... 18 Nm
持续输入转速	最高 15.000 min ⁻¹
间歇转矩	0,6 ... 25 Nm
间歇输入转速	最高 20.000 min ⁻¹
径向负载	最大 390 N
减速比	从 3:1 到最高 1294:1



22 GPT 89:1 KS1

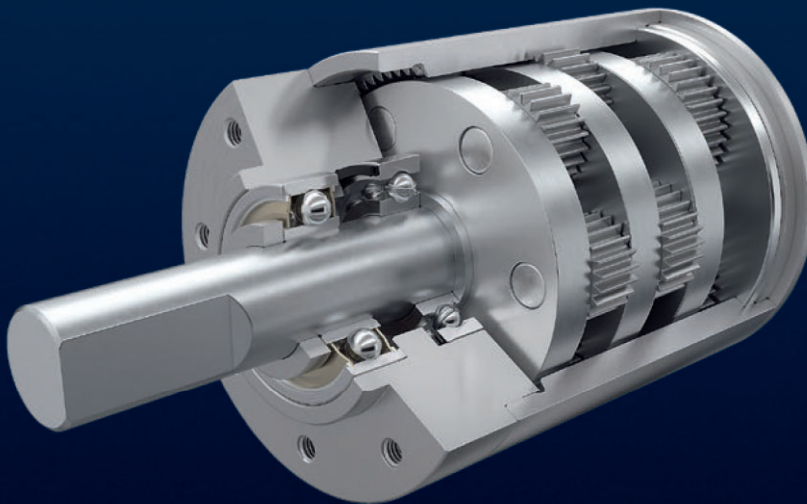
产品代码

22	减速箱直径
GPT	产品系列
89:1	减速比
KS1	标准选配项

FAULHABER GPT

该系列产品优势一览

- 长度紧凑
- 高持续转矩
- 非常坚固, 适合间歇或周期性冲击负载
- 间歇输入转速高达20.000 min⁻¹
- 低回差
- 减速比多
- 电机组合选择范围广
- 标准选配项多



精密减速箱

技术信息

基本技术信息

FAULHABER GPT金属行星减速箱系列设计为紧凑尺寸条件下提供高转矩，可支持较高的输入转速，并在机器人、工业机械和实验室设备等诸多领域均有应用。GPT系列产品旨在最大限度利用FAULHABER直流微电机和无刷直流伺服电机的最大功率。GPT系列不仅转矩高，而且回差小，因而特别适用于定位。

GPT系列不仅在持续工况下性能优异，更能应对间歇工况下的冲击性负载和转速急剧变化。众多且分布均匀的减速比，可充分贴近所需的转矩或转速工作点。

提供众多选配项以适应不同的应用环境。机加能力的整合，可快速交付并灵活定制各种不同规格的出轴。

GPT系列的主要优势：

- 结构紧凑长度短
- 高输出转矩；高输入转速
- 非常坚固，适合间歇或周期性冲击负载
- 减速比多
- 最小回差
- 功效高
- 多种轴配置
- 电机组组合选择范围广

工作寿命

配有减速箱的电机组件的使用寿命，由以下因素决定：

- 输入转速和输出转矩，反映为输出功率
- 电机工作温度
- 工作模式（持续、间歇或周期性）和占空比
- 输出轴负载（径向或轴向负载）
- 工作条件，如温度、灰尘和其它环境条件
- 外部环境和与系统结合情况

由于实际应用中多种参数难以具体确定，所以很难预测一款具体的减速箱或电机+减速箱组合的使用寿命。有多种基于标准减速箱的选配项可用于增长其使用寿命，例如选用滚动轴承或不同的润滑剂等。

轴承润滑

减速箱可配备不同的轴承以满足不同需求。例如，使用限定受力的弹垫对滚动轴承进行预加载，可避免过大的耗电流。

轴向受力大于参数表上的指标时，滚动轴承上的预加载效果将会被抵消。

所有轴承已充分润滑，无须、也不推荐再次润滑。不适当的润滑，将对电机或减速箱的功能和期望寿命产生负面的影响。

标准润滑的齿轮已将空载电流降至最低，从而获得最佳使用寿命。若要在极端温度和真空环境下工作，可以选用经特殊润滑处理的减速箱。

工作限制

为避免使用寿命过短或早期损坏，对减速箱设有以下限制：

- 最大输出转矩
- 最大输入转速
- 最大输出功率

在22℃的值				
齿轮级数		1	2	2
减速比(近似值) ¹⁾		3:1 3,6:1 4,5:1 6,6:1	9:1	11:1 14:1 16:1 20:1 24:1 30:1 44:1
最大持续转矩	Nm	0,45	0,8	0,8
最大间歇转矩	Nm	0,6	1,1	1,1
峰值扭矩	Nm	1	2,5	2,5
最大持续输入转速	min ⁻¹	9 000	10 000	12 000
最大间歇输入转速	min ⁻¹	11 000	12 000	15 000
最大持续输出功率	W	21	12	12
最大间歇输出功率	W	30	18	18
最大功效	%	92	84	80

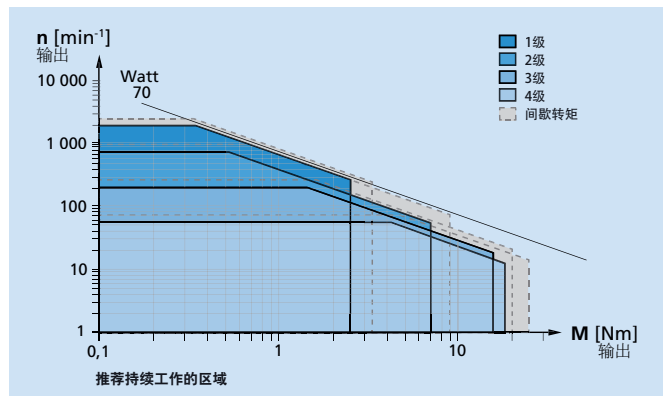
需要重点注意减速箱在工作时，输出转矩和输入转速不能同时达到最大值，否则会导致功率超标而过热，大大缩短使用寿命。参数表中也因此限制了相对最大输出功率。

转速、转矩和功率限制值视工况（持续或间歇）不同而异，间歇工况下的工作时间占比为20%。

相关限制在持续与间歇工况推荐工作区的图表中有所体现。图表以对数坐标形式显示了输出转速和转矩的关系。

精密减速箱

技术信息



这些限制还取决于减速级数与减速比，这从参数表中，不同的减速比需要分列标定各自的参数就可看出。

限制值仅适用于大约22°C的环境温度且只限于减速箱本身，未考虑任何外部影响因素。在定义工作参数极限值时，也未考虑环境条件、应用系统中集成的其它影响，以及电机的状态（如电机温度）。

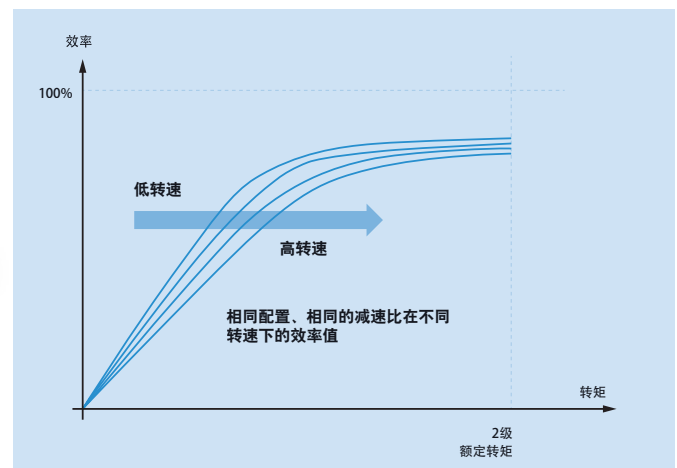
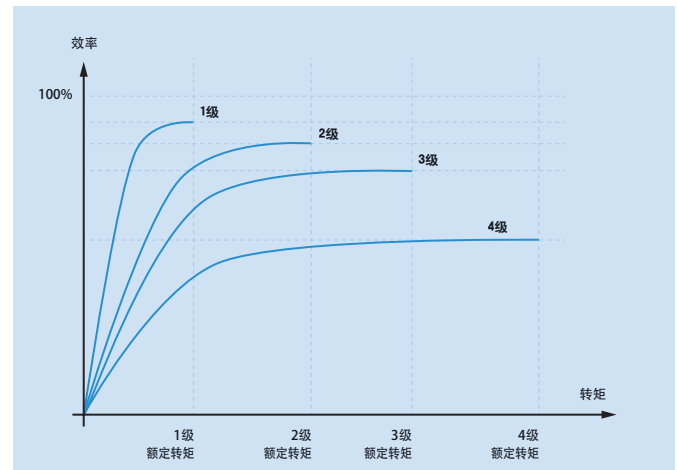
效率

参数表所标的最大效率，是基于不同减速级数和减速比等配置。效率值仅供持续工况下参考。

最大同轴输出功率	W	30	18	18
最大功效	%	92	84	82
最小齿轮输入扭矩	Nm	75	30	50

最大效率仅在某一特定工作点能达到。这个工作点有特定的转速和转矩指标，指标又和减速比等配置有关。

具体到特定配置下的减速箱，其效率随转速和转矩的变化而不同。下图显示了减速箱效率的典型表现。



为使效率良好，减速箱在工作时的转矩理想值应高于额定值的30%。影响效率的主要参数为转矩，转速虽然也有影响但程度较小。为使效率良好，不应让减速箱工作在低转矩和高转速状态。

减速箱效率受散热影响。热源为电机的耗电和减速箱自身内部。后者又取决于电机输入到减速箱的功率。散热产生的温升，日积月累地催化着减速箱内润滑剂的降解，从而影响使用寿命。

精密减速箱

技术信息

电机组合

GPT系列减速箱可与各种有刷电机、四磁极和两磁极无刷电机组合，直径较小的还可适配步进电机。该系列减速箱已针对FAULHABER不同系列电机的转矩和转速范围，进行了最大程度的优化。

GPT减速箱与电机的组合在工厂装配，离开产线后无法进行。

组合时应选择性能足够的电机以避免稳态工作下的电机温度过高。高温传递至减速箱会过早使润滑剂降解，从而影响组件的使用寿命。

为延长使用寿命，一般应确保电机在稳态工作过程中的温度不超过60~70° C，以避免减速箱内润滑剂的过早降解。

改型与标准选配项

GPT系列减速箱有多种改型与标准选配项可选。其中部分选项用于匹配特定应用要求与特殊环境条件，另有部分用于便于实现产品与应用系统的内部集成，还有部分用于增强所需特定性能参数。

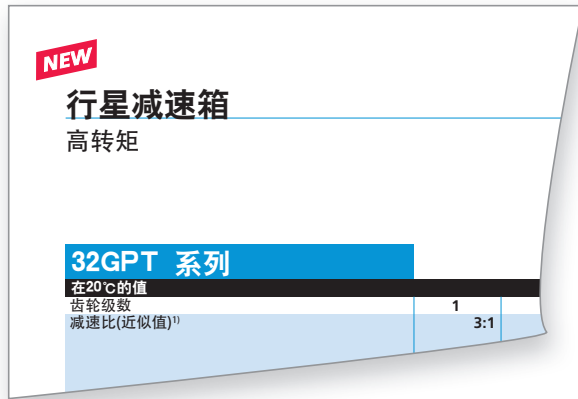
此类产品选项涉及：

- 输出轴形状和尺寸
- 环境条件，如特定温度范围或诸如真空等特殊环境条件。
- 组件需嵌入系统内部时，不同的电机电缆或接线端的对齐方向
- 在输出轴上安装和固定负载所需的其它要求

大多数选项均为基于标准品的修改，这可能导致产品特性的变化而与标准品不同。这在选择选配项时需要考虑到，最终选择应提交给当地销售代表。

精密减速箱

技术信息



技术数据说明

未标注公差：

按照 ISO 2768 标准执行。

≤ 6	= ± 0.1 mm
≤ 30	= ± 0.2 mm
≤ 120	= ± 0.3 mm

减速比

产品样本中所列减速比多为近似值。每款减速箱的精确速比，可以通过其减速级数算出。

承载转矩

持续工作：持续转矩指持续工作时减速箱能承受的最大转矩；若超过此数值，将缩短减速箱的使用寿命。

间歇工作：间歇转矩指间歇工作时减速箱能承受的最大转矩，它仅能短时承载，负载时长的占比不超过 20%。

峰值转矩：此转矩限值表示在输出轴负载上发生随机意外状况时，减速箱能承载的转矩极限值。它不适用于周期或间歇工况。该参数并非用于限定所驱动的负载。减速箱输出端能在其工作期间，承受数百到数千次这种非重复性的冲击而不影响使用寿命。

输入转速

持续工作：持续工作时用于选型参考的最高输入转速建议值。减速箱同样能在更高转速下工作。但是，为了在持续工作的应用下获得最佳性能与寿命指标，应该考虑该建议值。

间歇工作：可在一个短周期内使用的间歇输入转速值。它应仅用于短时间间隔，时长占比不超过20%。不推荐以高于间歇最大值的转速运转减速箱，因为这将显著缩短使用寿命，并且在某些情况下可能会因骤停而过早损坏。

输出功率

持续工作：以持续工作时的最大输出功率建议值为准。短期内减速箱能输出更高的功率。但是，为了在持续工作的应用下获得最佳性能与寿命指标，应该考虑该建议值。

间歇工作：可在一个短周期内使用的间歇输出功率值。它应仅用于短时间间隔，时长占比不超过20%。不建议在高于间歇性最大值的功率下运转减速箱，因为这将极大地缩短使用寿命。

效率

最大效率值仅供持续工况下参考。效率值并不固定，它和减速级数和减速比有关，减速箱效率还取决于工作点转速和转矩。当负载转矩低于减速箱额定转矩的30%时效率会显著降低。效率受速度变化的影响较小，在最高速度时效率略有降低。

输入惯量

最大输入惯量可用于确定齿轮系在特定加速度下所需的转矩。这常用于高动态的定位控制。该惯量值所指为减速箱输入端，也就是电机输出轴（含齿轮）端。它取决于齿轮系的配置（例如行星齿轮的个数）、减速级数以及减速比。标称值取各种配置下的最大值。

扭转刚度

扭转刚度表示包括输出轴在内的整个齿轮系的角刚度。该参数是指在减速箱输入固定的情况下，将输出轴扭转一度所需的输出转矩。这是在若干样品上测得的典型值。

回差

精密减速箱

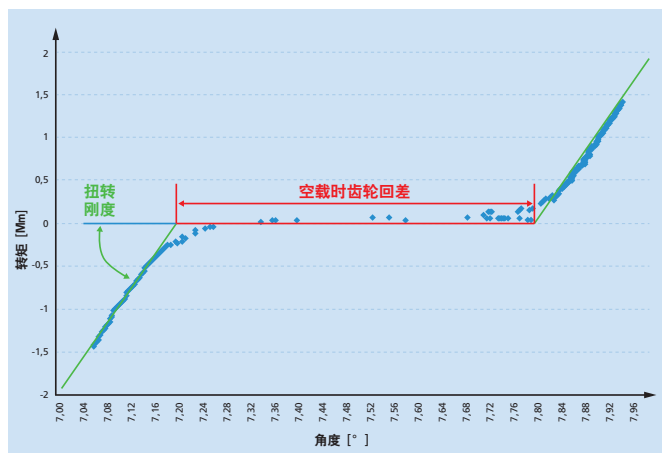
技术信息

回差：齿轮传动的回差由主动轮的齿距超过节圆上从动轮齿距的大小决定。回差与系统的弹性或扭转刚度不同，不能混为一谈。

回差可以防止主从动轮接触时卡住。同样，对于需要提供润滑空间及容纳各齿轮之间不同的膨胀变形来说，最好也能有小的回差。回差在减速箱最后传动级的输出轴上来测量。

回差是指在减速箱输入固定的情况下，空载旋转减速箱输出轴时整个齿轮系的角隙。此角隙考虑在不施加转矩的情况下，输出轴的顺时针和逆时针端位置之间的角度。该标称值是在若干样品上测得的典型值。

负载回差：两个角位置之间的负载回差取决于相应位置在顺时针和逆时针方向上的转矩负载。此回差是空载回差和扭转刚度之和，取决于这两个负载位置的转矩值，如下图所示：



轴负载

径向负载：最大输出轴负载是指可在距输出法兰特定距离处径向施加的最大动态负载（输出轴旋转时），并且减速箱滚珠轴承系统可在不影响使用寿命的情况下支持该最大动态负载。如果径向负载距安装面的距离改变，则该值也将适当调整。

轴向负载：最大轴向负载是指在不过早损坏轴承系统和不影响使用寿命的情况下，将轴压向减速箱内侧时的最大动态负载（输出轴旋转时）。

轴压配合力

压配合力是指可轴向施加到减速箱输出轴上的最大静力，以便安装负载，例如皮带轮或小齿轮。这是一个静力，因为齿轮系静止不旋转。所以请注意它与减速箱工况无关。

轴间隙

径向跳动：径向跳动是指在距离前法兰一定距离处测量输出轴能够径向移动的最大间隙。它的测量取决于轴上距离安装面的位置和用于测量的力。参数表上标定的径向跳动值，满足条件为径向受力不高于最大值。

轴向窜动：减速箱输出轴上的轴向窜动是指将轴推向减速箱内侧时输出轴沿轴向移动的最大距离。此类轴向窜动值取决于滚珠轴承系统和相对预加载设计。参数表上标定的轴向窜动值，满足条件为轴向受力不高于最大值。当从减速箱中向外拉出轴时，需要有一个小的窜动量值以避免滚珠轴承卡住，这种在拉出方向上的窜动取决于轴承预加载设计。

工作温度范围

标准产品同样本所列。使用寿命也受工作温度的影响，特别是温度高于70°C时。

扩展工作温度范围的产品可按需提供。

转向 / 可正反转

所有减速箱都可正反转。标示的转向是当电机顺时针旋转时，从输出轴端观测的减速箱转向。

滚珠轴承

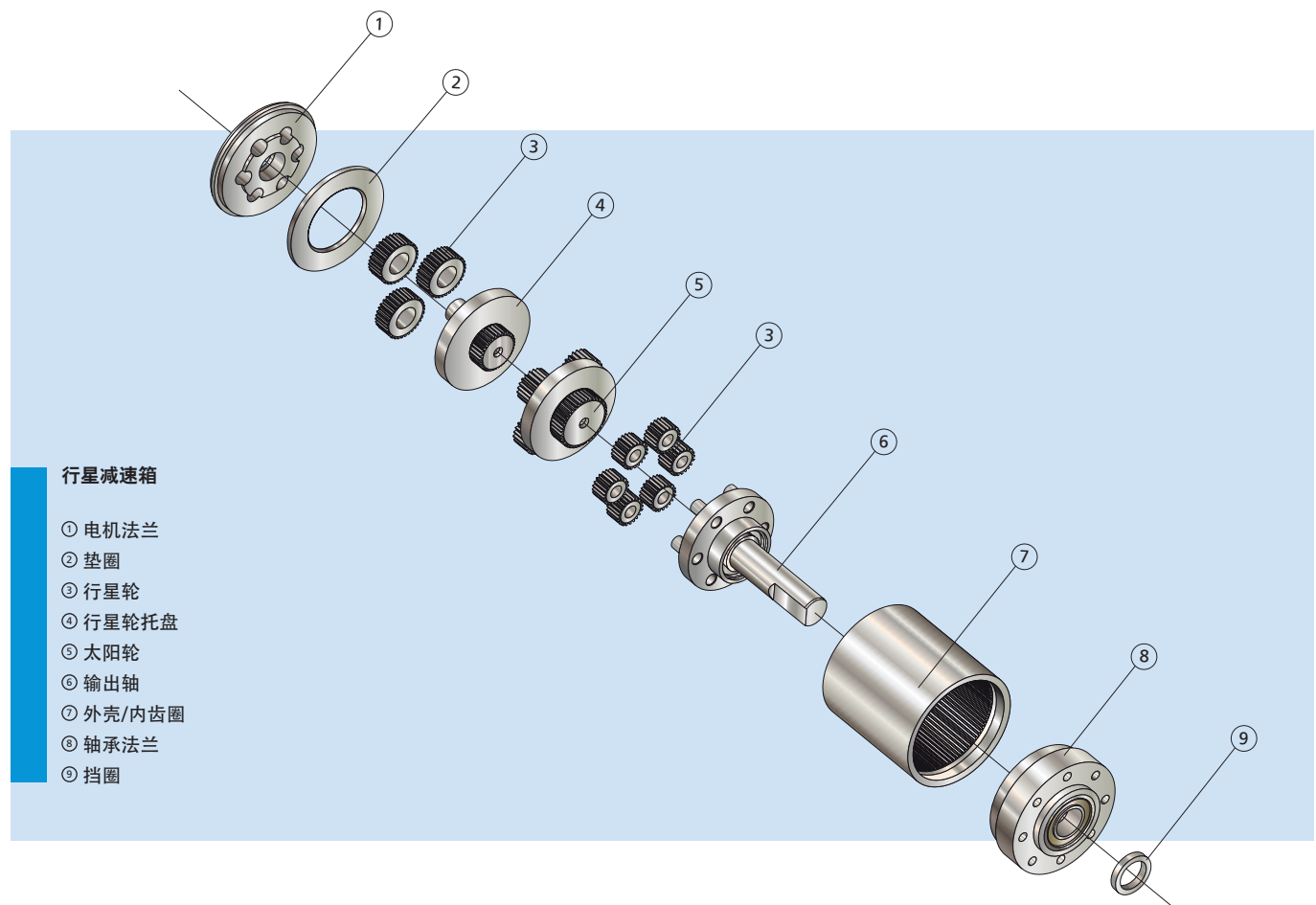
如无特殊说明，负载限制和寿命指标，均以轴承制造商给出的数据为准。

长度

技术参数中标称的长度 L2（不带电机）是独立减速箱的长度，不含法兰。长度 L1（带电机）是电机、连接法兰和减速箱组合的总长度。

精密减速箱

技术信息



更多信息

福尔哈贝传动技术(太仓)有限公司

江苏省太仓市北京西路

6号孵化楼东楼 215400

电话: +86(0)512 5337 2626

info@faulhaber.cn

www.faulhaber.cn

As at:

17th edition, 2022

Copyright

by Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG

Daimlerstr. 23 / 25 · 71101 Schönaich

All rights reserved, including translation rights. No part of this description may be duplicated, reproduced, stored in an information system or processed or transferred in any other form without prior express written permission of Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG.

This document has been prepared with care.

Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG cannot accept any liability for any errors in this document or for the consequences of such errors. Equally, no liability can be accepted for direct or consequential damages resulting from improper use of the products.

Subject to modifications.

The respective current version of this document is available on FAULHABER's website: www.faulhaber.com