

Rexroth 滚珠丝杠传动系统 技术说明

根据 DIN 69 051, 第 1 章, 滚珠丝杠传动系统定义如下:

滚珠丝杠传动系统是一个以滚珠作为滚动体的滚动螺旋传动的整体。

它的作用是将回转运动转化成直线运动或者将直线运动转化成回转运动。

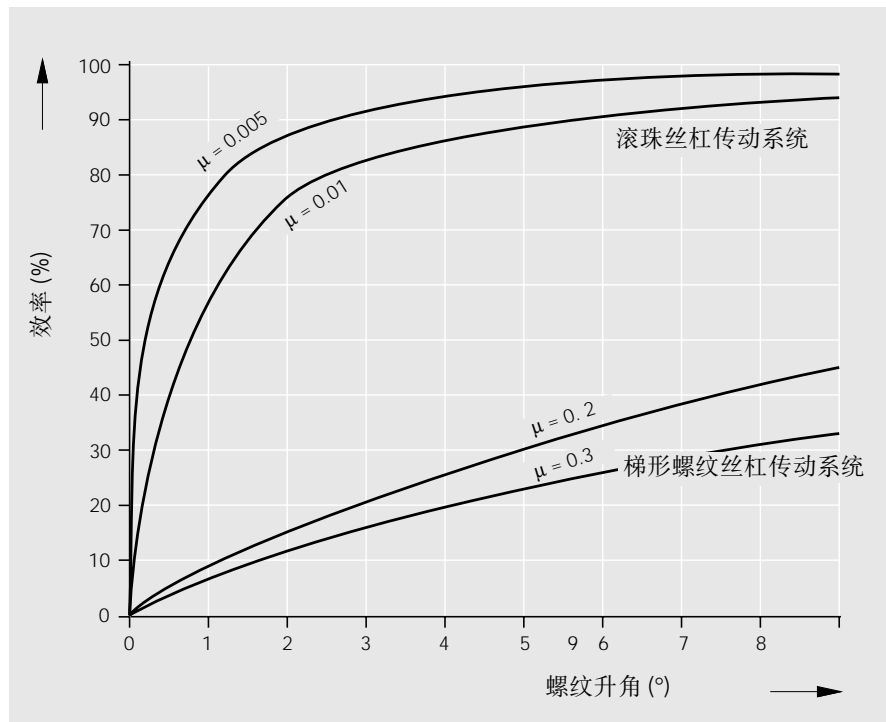
与梯形螺纹丝杠传动相比的优点

- 在梯形螺纹丝杠传动中所能达到的仅有 50% 的机械效率, 在滚珠丝杠传动中则能达到最高 98%。
- 几乎无磨损的运行, 带来了较长的使用寿命。
- 只需很小的驱动功率。
- 无爬行现象。
- 精确定位。
- 高运行速度。
- 发热较少。

由于高效率的原因, 滚珠丝杠传动系统原则上不会自锁。

⚠ 安全提示

在特别紧要的铅垂工作情况下, 我们建议加装安全螺母, 请咨询。



滚珠丝杠传动系统的 选择标准

在确定一套滚珠丝杠传动系统时, 下述参数是非常重要的:

- 精度要求 (螺距误差)
- 负载
- 寿命
- 临界转速
- 弯曲
- 刚度/无间性
- 转速特性值 (最大允许直线速度)

为了在设计和费用方面都取得最佳方案, 应该注意下述几点:

- 螺距是影响承载力 (由最大滚珠直径决定) 和驱动转矩的一个极为重要的因素。
- 在计算时应使用平均载荷和平均转速, 而不是最大值。
- 为使我们能为用户提供一个最佳方案, 请在询问时附加装配图或者螺母周围情况简图。

注意:

必须避免径向和偏心作用的力, 否则它将影响滚珠丝杠传动系统的寿命和功能。

在特殊的应用条件时, 请咨询。

额定载荷和寿命

我们根据 DIN 69 051 第 4 章, 及 ISO 3408 - 4 (P5) 进行寿命计算。

额定静载荷 C_0

额定静载荷的定义是作用于丝杠轴线上的, 能够使滚珠和滚道之间产生 $0.0001 \times$ 滚珠直径的永久变形的轴向载荷。

额定动载荷 C

额定动载荷定义为作用在轴线上, 在其作用下, 足够数量的相同滚珠丝杠传动系统能够有 90% 达到旋转一百万次的额定寿命。

寿命

额定寿命是用回转次数 (或在恒定转速下的小时数) 来表示的, 它定义为, 有 90% 在足够数量的相同滚珠丝杠传动系统出现金属疲劳现象以前能够达到或超过的数值。额定寿命用 L (回转次数) 或 L_h (小时数) 表示。

短行程

在短行程时, 滚珠没有真正的循环。由此而不会形成润滑油膜, 从而可能提前产生磨损破坏。

曲线图所示为额定载荷下降 10% 的最小行程与螺母内滚珠旋转圈数和螺距之间的关系。有效的范围位于各相应的直线之上。作为润滑的辅助, 可以时常运行几次长行程, 作为“润滑行程”来应用。有疑问时, 请咨询。

临界转速和弯曲

临界转速和弯曲可借助于图表进行核查。

准确计算公式:

12 15

见 116 和 117 页“计算”部分

转速特性值 $d_0 \cdot n$

由于滚珠全部内循环的原因, Rexroth 滚珠丝杠传动系统可以用极高的转速运行, 因此, 根据不同的螺母类型, 转速特性值最高可以达到 150000。

$$\begin{aligned} d_0 \cdot n &\leq 150000 \\ d_0 &= \text{公称直径 (mm)} \\ n &= \text{转速 (min}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

可能达到的最大直线速度理论值 v_{\max} (m/min) 列在各相应螺母的样本页内。实际能够达到的速度极大地取决于预紧情况和接通时间。原则上, 它们受到临界转速的限制 (见 116 页)。

材料, 硬度

滚珠丝杠传动系统采用高级调质钢、滚动轴承钢或者渗碳钢制造。丝杠滚道和螺母滚道硬度最小为 HRC 60。

采用不锈钢 (DIN 17230, EN 10088) 制造的滚珠丝杠传动系统请咨询。

在正常情况下, 丝杠端部不淬火。

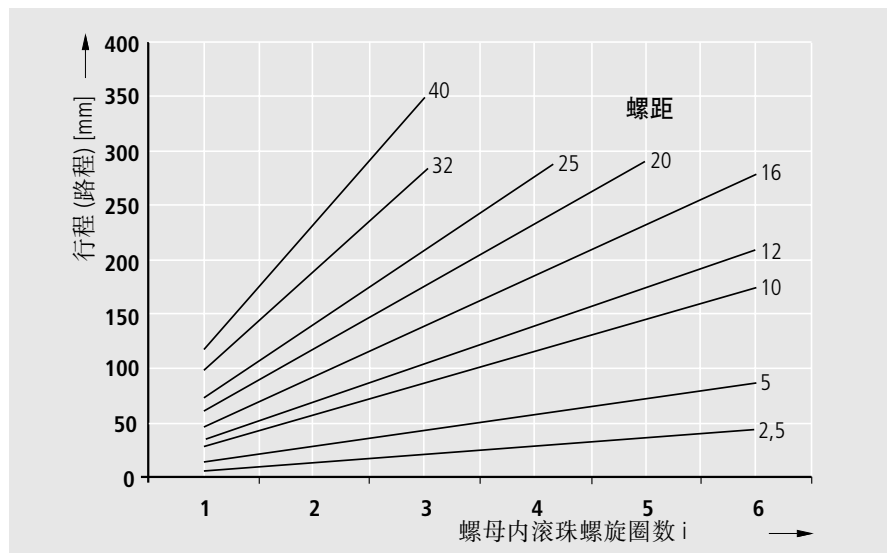
密封

滚珠丝杠传动系统要求防尘设施。特别合适的措施是平面防护罩或波纹罩。由于在很多情况下这些措施都不能达到要求, 我们研制了一种无缝隙唇形密封, 它能保证最佳的密封效果。由于其摩擦极小, 而保持了原来的高效率。因此, 我们的标准滚珠丝杠传动系统均配备密封供货。如果用户有特殊要求, 也可以不带密封或带特殊密封供货。针对那些无法避免丝杠污染的应用场合, 开发了一种加强型密封。通过提高预紧量进一步提高了密封效果。需要注意的是, 与标准密封相比, 会有明显高的磨擦力矩 (见技术数据) 和由此而带来的高热量。加强型密封可以方便地从它的外表深绿色上辨认。

允许工作温度

滚珠丝杠传动系统的允许长期工作温度为 80°C , 短期工作温度为 100°C , 工作温度为在螺母外表面所测得的温度。

短行程限制 (额定载荷下降 $< 10\%$)

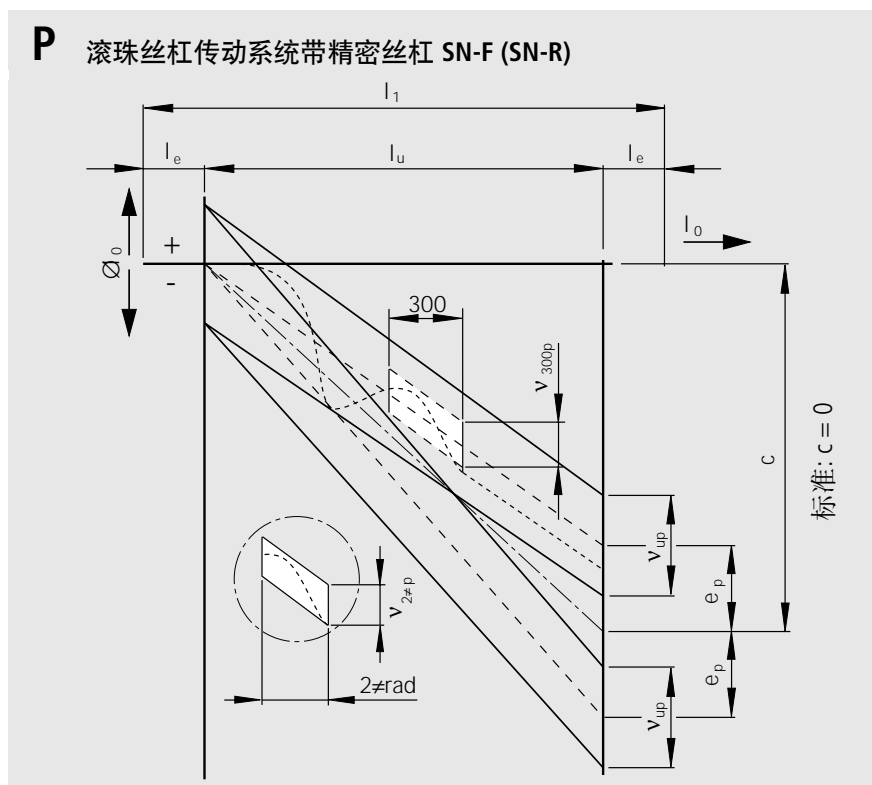


Rexroth 滚珠丝杠传动系统 验收条件和公差等级

允许行程误差

根据 DIN 69 051 第 3 章,
及 ISO 3408-3

实际值远远好于 DIN 69 051 第 3 章
和 ISO 3408-3 规定的值。



l_u		P e_p (μm) 公差等级					P v_{up} (μm) 公差等级		
>	\leq	1	3	5	7	9	1	3	5
0	100	-	8	18	44	110	-	8	18
100	200	-	10	20	48	130	-	10	20
200	315	6	12	23	52	150	6	12	23
315	400	7	13	25	57	170	6	12	25
400	500	8	15	27	63	200	7	13	26
500	630	9	16	30	70	220	7	14	29
630	800	10	18	35	80	260	8	16	31
800	1000	11	21	40			9	17	35
1000	1250	13	24	46			10	19	39
1250	1600	15	29	54			11	22	44
1600	2000	18	35	65			13	25	51
2000	2500	22	41	77			15	29	59
2500	3150	26	50	93			17	34	69
3150	4000	32	62	115			21	41	82
4000	5000	-	76	140			-	49	99
5000	6300	-	-	170			-	-	119

精密丝杠 SN-F 和 SN-R 适用于:

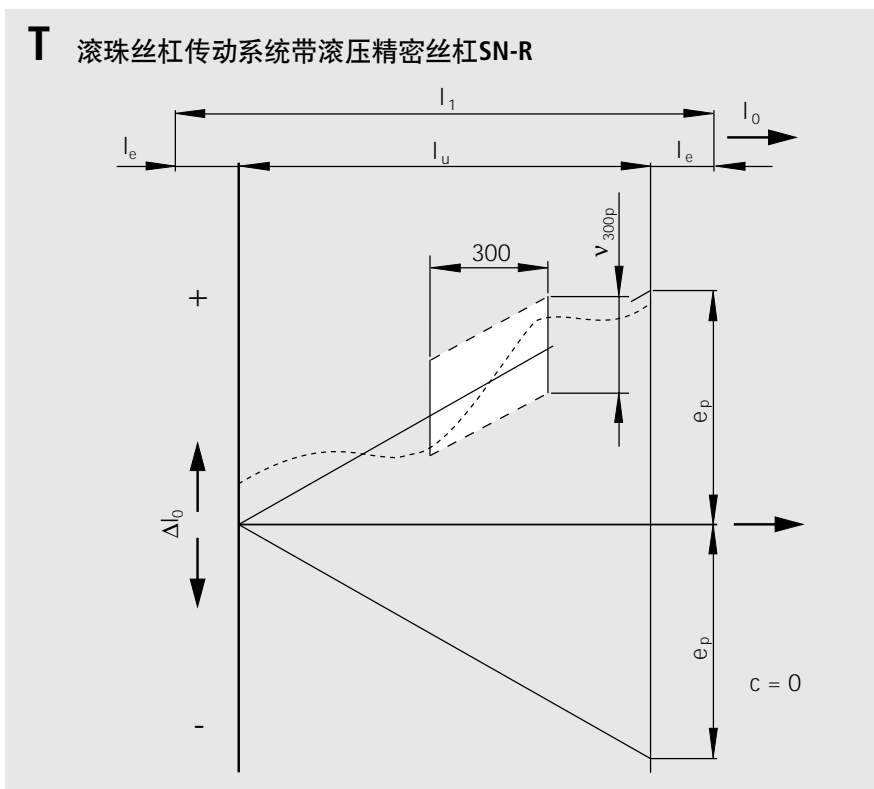
v_{300p} (μm) 公差等级					$v_{2\pi p}$ (μm) 公差等级				
1	3	5	7	9	1	3	5	7	9
6	12	23	52	130	4	6	8	10	10

缩写注释:
(摘录)

- l_0 = 额定行程
- l_1 = 螺纹长度
- Δl_0 = 行程误差
- l_u = 有用行程
- l_e = 超程
- c = 有用行程上的行程补偿, 由用户确定 (标准: $c = 0$)
- e_p = 平均实际行程误差极限值
- v_{up} = 有用行程 l_u 上的行程波动误差
- v_{300p} = 300 毫米行程上的行程误差
- $v_{2\pi p}$ = 每转内的行程波动误差

下标:

- p = 允许 (permissible)
- a = 实际 (actual)



提高的数值

比 DIN 69 051 第 3 章, 及 ISO 3408-3 中规定的公差值减小一半。

T		e_p (μm) 公差等级				
		1	3	5	7	9
$e_p = \frac{l_u}{300} \cdot v_{300p}$						

300 毫米内的最少测量点数 (测量间隔) 和允许的超程量。

螺距 P	最少测量点数 公差等级					超程 l_{emax} (mm)
	1	3	5	7	9	
2.5	30	20	10	5	5	10
5	15	10	6	3	3	20
10	10	5	3	1	1	40
16	8	5	3	1	1	50
20	5	5	3	1	1	60
25	4	4	3	1	1	70
32	3	3	2	1	1	80
40	-	2	1	1	1	100

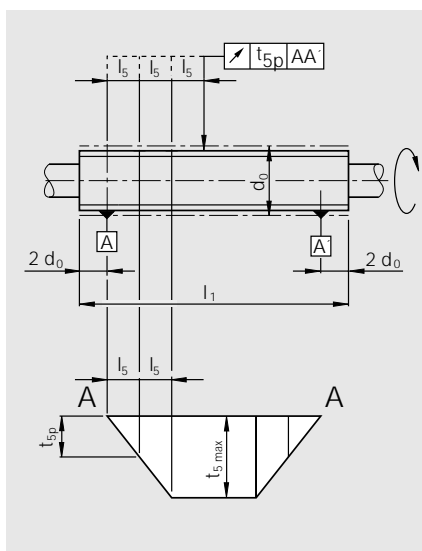
Rexroth 滚珠丝杠传动系统

验收条件和公差等级

跳动误差

符合 DIN 69 051 第 3 章,
及 ISO 3408-3

滚珠丝杠外圆直径在长度 l_5 上
径向圆跳动误差 t_5 , 用以确定以
AA' 为基准的直线度误差。



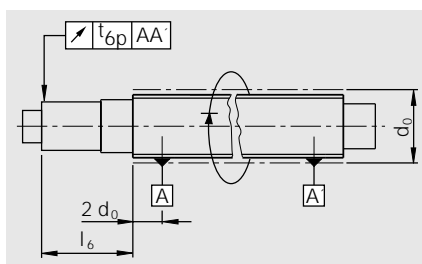
d_0		l_5	t_{5p} (μm) 适于 l_5			
大于	至		公差等级			
			1	3	5	7; 9
= 6	12	80				
12	25	160				
25	50	315	20	25	32	40
50	100	630				
100	200	1250				

l_1/d_0		t_{5max} (μm) 适于 $l_1 \geq 4l_5$			
大于	至	公差等级			
		1	3	5	7; 9
	40	40	50	64	80
40	60	60	75	96	120
60	80	100	125	160	200
80	100	160	200	256	320

适于 $l_6 \leq l$, 以 AA' 为基准的轴
支承轴颈径向圆跳动误差 t_6 。

表中数值 t_{6p} , 适用于 $l_6 \leq$ 基准
长度 l 。

$$\text{当 } l_6 > l \text{ 时 } t_{6a} \leq t_{6p} \cdot \frac{l_{6a}}{l}$$

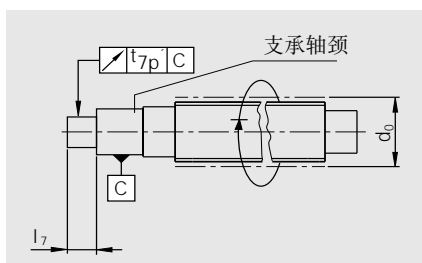


公称直径 d_0		基准 长度 l	t_{6p} (μm) 适于 $l_6 \leq l$		
大于	至		公差等级		
			1	3	5; 7; 9
= 6	20	80	10	12	20
20	50	125	12	16	25
50	125	200	16	20	25
125	200	315	-	25	25

滚珠丝杠端部轴颈的径向圆跳
动误差 t_7' , 适于轴承支承直径 $l_7 \leq$
 l 。

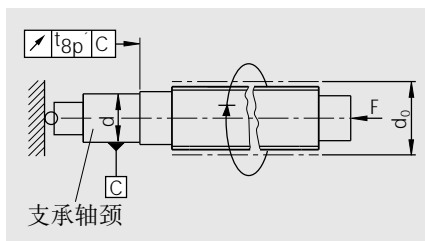
表中数值 t_{7p} , 适用于 $l_7 \leq$ 基准
长度 l 。

$$\text{当 } l_7 > l \text{ 时 } t_{7a} \leq t_{7p} \cdot \frac{l_{7a}}{l}$$



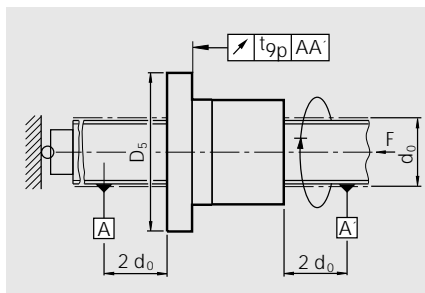
公称直径 d_0		基准 长度 l	t_{7p} (μm) 适于 $l_7 \leq l$		
大于	至		公差等级		
			1	3	5; 7; 9
= 6	20	80	5	5	6
20	50	125	5	5	6
50	125	200	6	6	7
125	200	315	-	8	12

滚珠丝杠轴承支承轴颈轴肩的端面跳动误差 t_8' ，以轴承支承轴颈为基准。



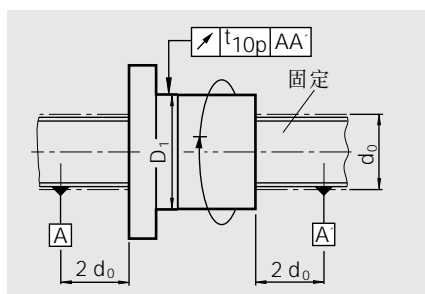
公称直径		t_{8p}' (μm) 适于公差等级		
大于 d_0	至	1	3	5; 7; 9
= 6	63	3	4	5
63	125	4	5	6
125	200	-	6	8

以 AA' 为基准的滚珠螺母定位面的端面跳动误差 t_9 （只适用于预紧的滚珠螺母）。



法兰直径		t_{9p} (μm) 适于公差等级		
大于 D_5	至	1	3	5; 7; 9
16	32	10	12	16
32	63	12	16	20
63	125	16	20	25
125	250	20	25	32
250	500	-	32	40

以 AA' 为基准的滚珠螺母外径 D_1 的径向圆跳动误差 t_{10} （只适用于预紧式，并旋转的滚珠螺母）。在对滚珠丝杠进行测量时，丝杠要防止转动。



外径		t_{10p} (μm) 适于公差等级		
大于 D_1	至	1	3	5; 7; 9
16	32	10	12	16
32	63	12	16	20
63	125	16	20	25
125	250	20	25	32
250	500	-	32	40

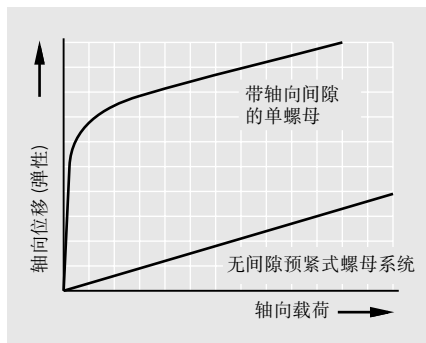
使用驱动螺母时的端面跳动误差和圆跳动误差请咨询。

Rexroth 滚珠丝杠传动系统

预紧和刚度

螺母系统的预紧

力士乐除供货带有微量轴向间隙的单螺母外，还供货预紧式或可调式无间隙螺母系统。



这些不同的 Rexroth 螺母系统的刚度在同样预紧的条件下几乎相同。原因：可调式无间隙单螺母和预紧式单螺母的结构都特别紧凑，举例来说，它们都只有双螺母长度的一半长度。丝杠的刚度远小于螺母单元的刚度（详细资料见“轴向总刚度...”）。

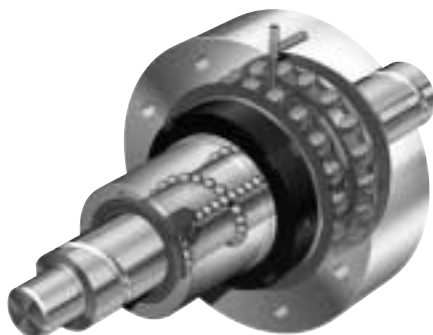
预紧式单螺母

单螺母可以通过筛选滚珠的大小达到 2% 或 5% 额定动载荷的预紧力，从而实现最佳的预紧。



驱动螺母

驱动螺母也可以通过筛选滚珠的大小达到 2% 或 5% 额定动载荷的预紧。



可调式无间隙单螺母

利用可调式无间隙单螺母，在大多数应用场合可实现费用合理的设计。无间隙程度及预紧力通过一个大约 0.1 毫米宽的缝隙在径向上调节，见 108 页“安装”一节。

根据不同的应用，我们以 2% 或 5% 的额定动载荷对螺母系统预紧。最大预紧力为额定动载荷的 5%。



双螺母

通过两个单螺母间的预紧，消除了由于生产加工造成的轴向间隙，由此提高了刚度和定位精度。

为了避免降低使用寿命，预紧力不要超过平均工作负载的 $\frac{1}{3}$ ，根据不同的应用，我们以 7% 或 10% 的额定动载荷值预紧螺母系统。



刚度

滚珠丝杠传动系统的刚度也受到所有与其相连的部件如轴承、支承、螺母座等的影响。

滚珠丝杠传动系统轴向总刚度 R_{tot}

轴向总刚度 R_{tot} 由支承刚度 R_{al} 、丝杠刚度 R_s 和螺母单元刚度 R_{nu} 合成。

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_{al}} + \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_{nu}} \quad 16$$

提示:

需要注意的是，在多数情况下，丝杠刚度 R_s 远远小于螺母单元的刚度 R_{nu} ，例如，规格 40 x 10 中，螺母单元的刚度 R_{nu} 是 500 毫米长丝杠刚度 R_s 的 2 至 3 倍。

支承刚度 R_{al}

轴承刚度与轴承生产厂产品样本中的数值一致。

由力士乐提供的支承，其刚度从本样本尺寸表中查取。

螺母单元的刚度 R_{nu}

预紧式螺母单元的刚度以 DIN 69 051 (P5) 为基础进行计算。

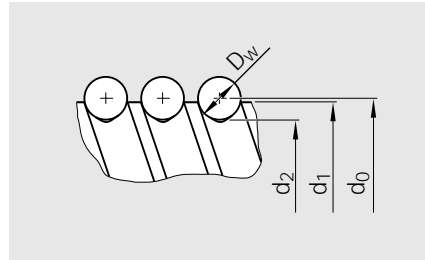
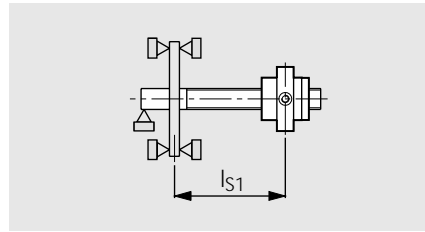
刚度从相应的表中查取。

丝杠刚度 R_s

丝杠刚度 R_{s1} 取决于支承的形式。

刚度从相应的表中查取。

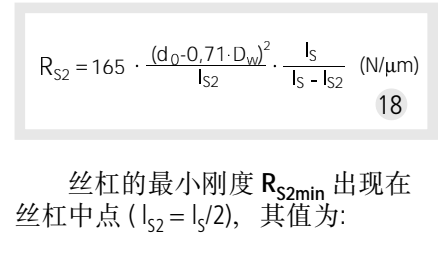
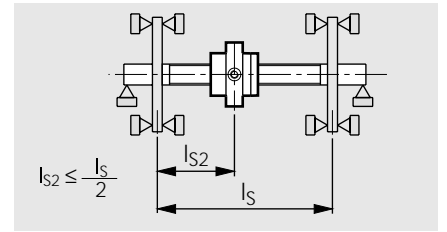
1. 一端固定支承的滚珠丝杠



$$R_{s1} = 165 \cdot \frac{(d_0 - 0,71 \cdot D_w)^2}{l_{s1}} \quad (\text{N}/\mu\text{m}) \quad 17$$

R_{s1} = 丝杠刚度
 d_0 = 公称直径
 D_w = 滚珠直径
 l_{s1} = 轴承与螺母的距离

2. 两端固定支承的滚珠丝杠



$$R_{s2} = 165 \cdot \frac{(d_0 - 0,71 \cdot D_w)^2}{l_{s2}} \cdot \frac{l_s}{l_s - l_{s2}} \quad (\text{N}/\mu\text{m}) \quad 18$$

丝杠的最小刚度 R_{s2min} 出现在丝杠中点 ($l_{s2} = l_s/2$)，其值为：

$$R_{s2min} = 660 \cdot \frac{(d_0 - 0,71 \cdot D_w)^2}{l_s} \quad (\text{N}/\mu\text{m}) \quad 19$$

R_{s2} = 丝杠刚度
 d_0 = 公称直径
 D_w = 滚珠直径
 l_s = 轴承之间的距离
 l_{s2} = 轴承与螺母的距离

Rexroth 滚珠丝杠传动系统

单螺母 预紧和刚度

带单螺母丝杠的空转转矩, 预紧和刚度

从直径 16 mm 起 (小直径只有无间隙)

FSZ-E-S, FEP-E-S (只有 2 % 额定动载荷预紧),

FEM-E-S, FEM-E-C, ZEM-E-S;

SEM-E-S 和 SEM-E-C (请注意要调节的定心直径 D_1)

(ZEV-E-S 只有带间隙!)

T_0 = 总空转转矩

T_0 = $T_{pr0} + T_{RD}$

C = 轴向额定动载荷

C_0 = 轴向额定静载荷

T_{RD} = 两个密封的空转转矩

R_S = 丝杠刚度

R_{nu} = 螺母刚度

T_{pr0} = 不带密封的空转转矩

d_o = 公称直径

P = 螺距

D_w = 滚珠直径

i = 螺母内滚珠螺旋圈数

空转转矩数值是经过实践验证的衡量螺母预紧力的数值。

提示:

空转转矩测量

➡ 见 108 页 “安装” 一节

规格 $d_o \times P \times D_w - i$	额定载荷		单螺母 轴向间隙		丝杠刚度 R_S ($\frac{N \cdot m}{\mu m}$)
	动载 C (N)	静载 C_0 (N)	标准 (mm)	缩减 (mm)	
6 x 1R x 0.8 - 4	900	1290	0.01	0	5
6 x 2R x 0.8 - 4	890	1280	0.01	0	5
8 x 1R x 0.8 - 4	1020	1740	0.01	0	9
8 x 2R x 1.2 - 4	1870	2760	0.01	0	9
8 x 2.5R x 1.588 - 3	2200	2800	0.02	0.010	8
12 x 2R x 1.2 - 4	2240	4160	0.01	0	21
12 x 5R x 2 - 3	3800	5800	0.02	0.010	18
12 x 10R x 2 - 2	2500	3600	0.02	0.010	18
16 x 5R x 3 - 4	12300	16100	0.04	0.020	32
16 x 10R x 3 - 3	9600	12300	0.04	0.020	32
16 x 16R x 3 - 2	6300	7600	0.04	0.020	32
16 x 16R x 3 - 3	9300	12000	0.04	0.020	32
20 x 5R x 3 - 4	14300	21500	0.04	0.020	53
20 x 5R x 3 - 5	17500	27300	0.04	0.020	53
20 x 20R x 3.5 - 2	9100	12100	0.04	0.020	52
20 x 20R x 3.5 - 3	13300	18800	0.04	0.020	52
20 x 40R x 3.5 - 1x4	8000	14900	0.04	0.020	52
25 x 5R x 3 - 4	15900	27200	0.04	0.020	86
25 x 10R x 3 - 4	15700	27000	0.04	0.020	86
25 x 25R x 3.5 - 2	10100	15100	0.04	0.020	84
25 x 25R x 3.5 - 3	14700	23300	0.04	0.020	84
25 x 25R x 3.5 - 1.2x4	19700	39400	0.04	0.020	84
32 x 5R x 3.5 - 4	21600	40000	0.04	0.020	144
32 x 5L x 3.5 - 4	21600	40000	0.04	0.020	144
32 x 10R x 3.969 - 5	31700	58300	0.04	0.020	141
32 x 20R x 3.969 - 2	13500	21800	0.04	0.020	141
32 x 20R x 3.969 - 3	19700	33700	0.04	0.020	141
32 x 32R x 3.969 - 2	13400	22000	0.04	0.020	141
32 x 32R x 3.969 - 3	19500	34000	0.04	0.020	141
32 x 32R x 3.969 - 1.2-4	26300	57600	0.04	0.020	141
40 x 5R x 3.5 - 5	29100	64100	0.04	0.020	232
40 x 5L x 3.5 - 5	29100	64100	0.04	0.020	232
40 x 10R x 6 - 4	50000	86400	0.07	0.035	211
40 x 10L x 6 - 4	50000	86400	0.07	0.035	211
40 x 12R x 6 - 4	49900	86200	0.07	0.035	211
40 x 16R x 6 - 4	49700	85900	0.07	0.035	211
40 x 20R x 6 - 3	37900	62800	0.07	0.035	211
40 x 40R x 6 - 2	25500	40300	0.07	0.035	211
40 x 40R x 6 - 3	37000	62300	0.07	0.035	211
50 x 5R x 3.5 - 5	32000	81300	0.04	0.020	373
50 x 10R x 6 - 6	79700	166500	0.07	0.035	345
50 x 12R x 6 - 6	79600	166400	0.07	0.035	345
50 x 16R x 6 - 6	79400	166000	0.07	0.035	345
50 x 20R x 6.5 - 3	47900	87900	0.07	0.035	340
50 x 20R x 6.5 - 5	75700	149700	0.07	0.035	340
50 x 40R x 6.5 - 2	32100	55800	0.07	0.035	340
50 x 40R x 6.5 - 3	46500	85900	0.07	0.035	340
63 x 10R x 6 - 6	88800	214300	0.07	0.035	569
63 x 20R x 6.5 - 3	53200	112100	0.07	0.035	563
63 x 20R x 6.5 - 5	83900	190300	0.07	0.035	563
63 x 40R x 6.5 - 2	36900	74300	0.07	0.035	563
63 x 40R x 6.5 - 3	53400	114100	0.07	0.035	563
80 x 10R x 6.5 - 6	108400	291700	0.07	0.035	938
80 x 20R x 9 - 6	170900	403900	0.09	0.045	894
80 x 20R x 12.7 - 6	262700	534200	0.11	0.055	832
100 x 10R x 6.5 - 6	119500	371900	0.07	0.035	1501
100 x 20R x 12.7 - 6	295100	686400	0.11	0.055	1366
125 x 10R x 6.5 - 6	130600	468700	0.07	0.035	2391
125 x 20R x 12.7 - 6	326500	870400	0.11	0.055	2220

Rexroth 滚珠丝杠传动系统

双螺母预紧和刚度

带双螺母丝杠的空转转矩, 预紧和刚度

FDM-E-S, FDM-E-C

- T_0 = 总空转转矩
 $T_0 = T_{pr0} + T_{RD}$
 C = 轴向额定动载荷
 C_0 = 轴向额定静载荷
 T_{RD} = 两个密封的空转转矩
 R_S = 丝杠刚度
 R_{nu} = 螺母刚度
 T_{pr0} = 不带密封的空转转矩

 d_0 = 公称直径
 P = 螺距
 D_w = 滚珠直径
 i = 螺母内滚珠螺旋圈数

空转转矩数值是经过实践验证的衡量螺母预紧力的数值。

提示:

空转转矩测量

► 见 108 页“安装”一节

规格 $d_0 \times P \times D_w - i$	额定载荷		丝杠刚度 R_S $\left(\frac{N \cdot m}{\mu m}\right)$
	动载 C (N)	静载 C_0 (N)	
16 x 5R x 3 - 4	12300	16100	32
20 x 5R x 3 - 4	14300	21500	53
25 x 5R x 3 - 4	15900	27200	86
25 x 10R x 3 - 4	15700	27000	86
32 x 5R x 3.5 - 4	21600	40000	144
32 x 10R x 3.969 - 5	31700	58300	141
40 x 5R x 3.5 - 5	29100	64100	232
40 x 10R x 6 - 4	50000	86400	211
40 x 10R x 6 - 6	72100	132200	211
40 x 20R x 6 - 3	37900	62800	211
50 x 5R x 3.5 - 5	32000	81300	373
50 x 10R x 6 - 4	55400	109000	345
50 x 10R x 6 - 6	79700	166500	345
50 x 20R x 6.5 - 5	75700	149700	340
63 x 10R x 6 - 4	61800	140500	569
63 x 10R x 6 - 6	88800	214300	569
63 x 20R x 6.5 - 5	83900	190300	563
80 x 10R x 6.5 - 6	108400	291700	938
80 x 20R x 9 - 6	170900	403900	894
80 x 20R x 12.7 - 6	262700	534200	832
100 x 10R x 6.5 - 6	119500	371900	1501
100 x 20R x 12.7 - 6	295100	686400	1366
125 x 10R x 6.5 - 6	130600	468700	2391
125 x 20R x 12.7 - 6	326500	870400	2220

丝杠带双螺母 FDM-E-S, FDM-E-C

R _{nu} (N/μm)	7% 额定动载荷预紧						10% 额定动载荷预紧						
	T _{pro} (Nm)						T _{pro} (Nm)						
	公差等级						公差等级						
	1		3 ; 5		7 ; 9		1		3 ; 5		7 ; 9		
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	R _{nu} (N/μm)	min.	max.	min.	max.	min.	max.
310	0.03	0.08	0.03	0.08	0.02	0.09	350	0.05	0.11	0.04	0.12	0.03	0.13
390	0.05	0.11	0.04	0.12	0.03	0.13	430	0.07	0.16	0.06	0.17	0.05	0.18
460	0.07	0.16	0.06	0.17	0.04	0.18	510	0.1	0.22	0.08	0.24	0.06	0.25
470	0.07	0.15	0.05	0.16	0.04	0.18	530	0.09	0.22	0.08	0.24	0.06	0.25
550	0.12	0.27	0.10	0.29	0.08	0.31	610	0.21	0.35	0.19	0.36	0.17	0.39
750	0.21	0.36	0.20	0.37	0.17	0.4	830	0.3	0.51	0.28	0.53	0.24	0.57
790	0.24	0.41	0.23	0.42	0.20	0.46	870	0.35	0.58	0.33	0.61	0.28	0.65
740	0.42	0.70	0.39	0.73	0.34	0.78	830	0.64	0.96	0.60	1.00	0.56	1.04
1120	0.65	0.97	0.61	1.01	0.57	1.05	1250	0.92	1.38	0.87	1.44	0.81	1.50
570	0.32	0.53	0.3	0.55	0.25	0.59	630	0.49	0.73	0.45	0.76	0.42	0.79
920	0.34	0.56	0.31	0.58	0.27	0.63	1010	0.51	0.77	0.48	0.80	0.45	0.83
870	0.62	0.93	0.58	0.97	0.54	1.01	960	0.89	1.33	0.83	1.39	0.78	1.44
1300	0.89	1.34	0.84	1.39	0.78	1.45	1450	1.28	1.91	1.20	1.99	1.12	2.07
1170	0.85	1.27	0.79	1.32	0.74	1.38	1310	1.21	1.82	1.14	1.89	1.06	1.97
1020	0.87	1.31	0.82	1.36	0.76	1.42	1120	1.25	1.87	1.17	1.95	1.09	2.02
1520	1.25	1.88	1.17	1.96	1.10	2.04	1690	1.79	2.69	1.68	2.80	1.57	2.91
1390	1.18	1.78	1.11	1.85	1.04	1.92	1560	1.69	2.54	1.59	2.64	1.48	2.75
1770	1.94	2.91	1.82	3.04	1.7	3.16	1950	2.95	3.99	2.78	4.16	2.60	4.34
2090	3.25	4.40	3.06	4.59	2.87	4.79	2330	4.65	6.29	4.38	6.56	4.10	6.84
2070	5.00	6.77	4.71	7.06	4.41	7.36	2320	7.15	9.67	6.73	10.09	6.30	10.51
2000	2.84	3.85	2.68	4.02	2.51	4.18	2190	4.06	5.50	3.82	5.74	3.59	5.98
2460	7.02	9.50	6.61	9.92	6.20	10.33	2740	10.03	13.57	9.44	14.16	8.85	14.76
2200	3.89	5.26	3.66	5.49	3.43	5.71	2390	5.55	7.51	5.22	7.84	4.90	8.16
2860	9.71	13.14	9.14	13.71	8.57	14.28	3170	13.88	18.77	13.06	19.59	12.24	20.41

Rexroth 滚珠丝杠传动系统

密封的磨擦力矩

单螺母和双螺母的密封转矩

(ZEV-E-S 不带密封供货)

T_0 = 总空转转矩

$T_0 = T_{pr0} + T_{RD}$

T_{RD} = 两个密封的空转转矩

T_{pr0} = 不带密封的空转转矩

d_o = 公称直径

P = 螺距

D_w = 滚珠直径

i = 螺母内滚珠螺旋圈数

规格 $d_o \times P \times D_w - i$	两个密封的空转转矩	
	T_{RD} 约 (Nm) 标准密封	T_{RD} 约 (Nm) 加强型密封 仅适用于 滚压精密丝杠 SN-R
6 x 1R x 0.8 - 4	0.010	-
6 x 2R x 0.8 - 4	0.010	-
8 x 1R x 0.8 - 4	0.010	-
8 x 2R x 1.2 - 4	0.020	-
8 x 2.5R x 1.588 - 3	0.015	-
12 x 2R x 1.2 - 4	0.030	-
12 x 5R x 2 - 3	0.030	-
12 x 10R x 2 - 2	0.030	-
16 x 5R x 3 - 4	0.080	-
16 x 10R x 3 - 3	0.080	-
16 x 16R x 3 - 2	0.080	-
16 x 16R x 3 - 3	0.080	-
20 x 5R x 3 - 4	0.100	-
20 x 5R x 3 - 5	0.100	-
20 x 20R x 3.5 - 2	0.120	-
20 x 20R x 3.5 - 3	0.120	-
25 x 5R x 3 - 4	0.120	0.34
25 x 10R x 3 - 4	0.150	0.29
25 x 25R x 3.5 - 2	0.200	-
25 x 25R x 3.5 - 3	0.200	-
32 x 5R x 3.5 - 4	0.250	0.51
32 x 5L x 3.5 - 4	0.250	-
32 x 10R x 3.969 - 5	0.250	0.46
32 x 20R x 3.969 - 2	0.250	0.49
32 x 20R x 3.969 - 3	0.250	0.49
32 x 32R x 3.969 - 2	0.250	0.45
32 x 32R x 3.969 - 3	0.250	-
40 x 5R x 3.5 - 5	0.400	0.85
40 x 5L x 3.5 - 5	0.400	-
40 x 10R x 6 - 4	0.400	0.91
40 x 10L x 6 - 4	0.400	-
40 x 16R x 6 - 4	0.400	-
40 x 20R x 6 - 3	0.400	0.54
40 x 40R x 6 - 2	0.400	-
40 x 40R x 6 - 3	0.400	-
50 x 5R x 3.5 - 5	0.500	-
50 x 10R x 6 - 6	0.600	0.95
50 x 12R x 6 - 6	0.600	-
50 x 16R x 6 - 6	0.600	-
50 x 20R x 6.5 - 3	0.600	-
50 x 20R x 6.5 - 5	0.600	-
50 x 40R x 6.5 - 2	0.600	-
50 x 40R x 6.5 - 3	0.700	-
63 x 20R x 6.5 - 3	1.200	1.0
63 x 20R x 6.5 - 5	1.200	1.0
63 x 40R x 6.5 - 2	1.200	1.4
63 x 40R x 6.5 - 3	1.200	1.4
80 x 10R x 6.5 - 6	1.400	-
80 x 20R x 9 - 6	2.200	-
80 x 20R x 12.7 - 6	2.200	-
100 x 10R x 6.5 - 6	2.200	-
100 x 20R x 12.7 - 6	2.800	-
125 x 10R x 6.5 - 6	3.600	-
125 x 20R x 12.7 - 6	5.000	-

提示:

空转转矩测量

➡ 见 108 页 “安装” 一节

在补配和更改密封时请注意:

所有的精密丝杠 SN-F 和带有小螺距的滚压精密丝杠 SN-R 都为单头螺纹(图 1)。也就是说,在丝杠上只有一条滚珠滚道。

而带有大螺距的滚压精密丝杠 SN-R 则为双头螺纹或四头螺纹(图 2 和图 3)的型式。此处的密封几何形状与精密丝杠 SN-F 的密封几何形状完全不同。通过标在部件上的部件号对它们加以明显的区分。

用于滚压精密丝杠 SN-R 的“加强型密封”可以作为选项订货。这种类型的密封以部件的深绿色和标在部件上的部件号为标志。

图 1
单头螺纹丝杠的密封

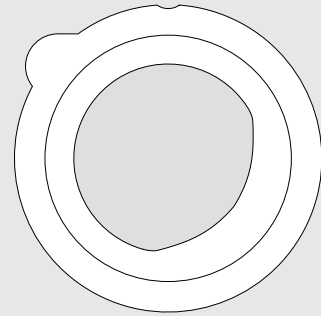


图 2
用于带中等螺距的双头
螺纹滚压精密丝杠 SN-R
的密封

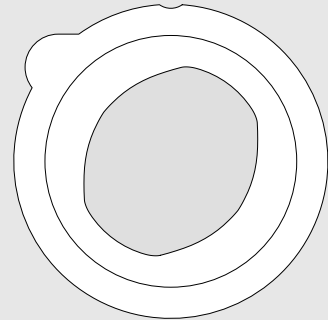
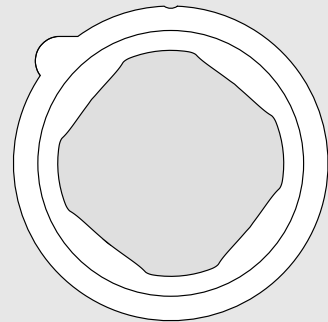
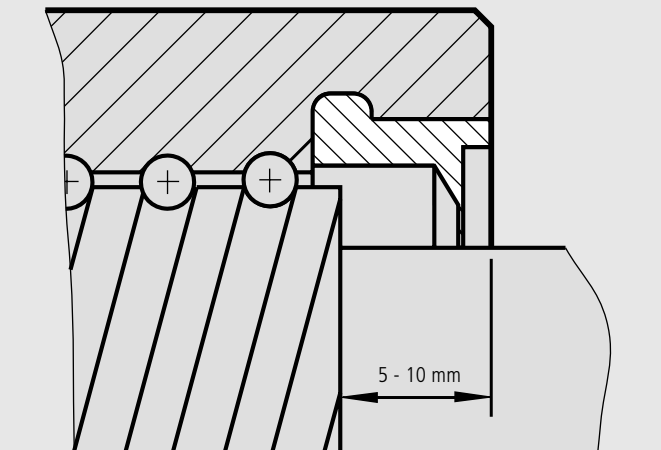


图 3
用于带大螺距的四头螺
纹滚压精密丝杠 SN-R 的
密封



密封的安装

螺母按图示位置在丝杠上定位。将密封圈的轴肩放入内环槽中,并且将其推入,直至密封圈凸肩卡入槽中。在螺母旋上丝杠的过程中注意观察密封唇,可能要借助端面压力进行附加调整。请注意,不要使密封唇受到损坏。



Rexroth 滚珠丝杠传动系统 安装

螺母安装

预紧式单螺母

双螺母

机床螺母系列

这些结构型式原则上带已安装好的螺母单元供货。

螺母单元和丝杠不允许拆卸。如果必须拆卸，请咨询。

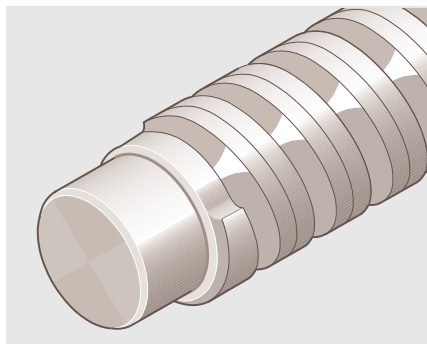
螺母安装

带标准轴向间隙的单螺母

带缩减轴向间隙的单螺母

可调式无间隙单螺母

螺母单元只允许借助于安装套筒安装。安装套筒的外径应小于丝杠螺纹根径大约 0.1 毫米。在大多数情况下，可以使用与螺母单元一起供货的套筒进行安装。丝杠螺纹端头必须磨平，以避免在安装过程中损坏密封和其它螺母单元内的零件。



安装的具体步骤在后面叙述。

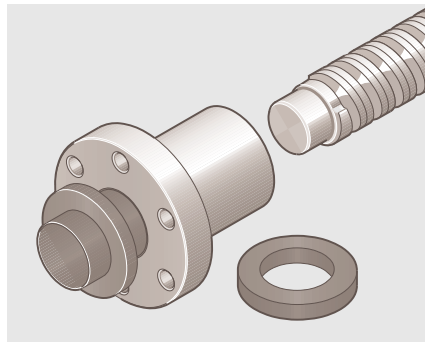
拆卸顺序与安装顺序相反。必须特别小心谨慎的拆卸，否则螺母丝杠或者其它内部零件可能会受损，其结果就是滚珠丝杠传动系统的提前失效。

每份供货都附有一份安装说明。如需更多的安装说明，请向我们索取。

安装步骤

安装过程如下：

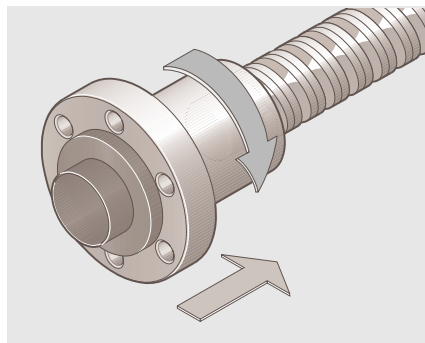
取下安装套筒一侧的橡胶垫圈。



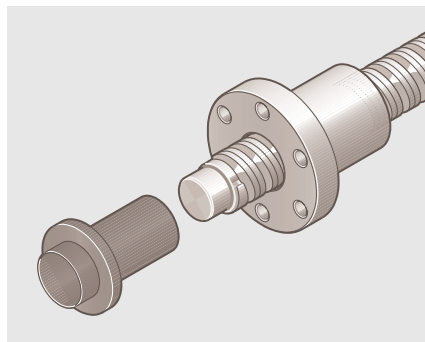
将安装套筒和螺母一起推至螺纹起始点。

套筒必须轴向无间隙放置。

小心地用轻微轴向力将螺母单元旋上丝杠螺纹。



螺母单元全部旋上丝杠螺纹之后，才可取下安装套筒。



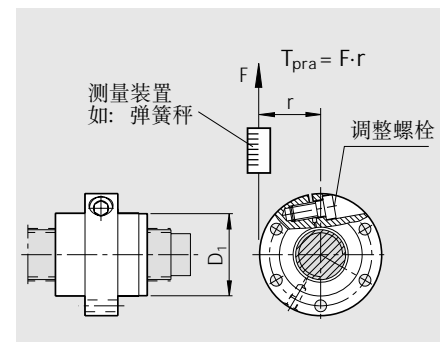
可调式无间隙单螺母的预紧

测量 SEM-E-C 和 SEM-E-S 的空转转矩。

安装在丝杠上的螺母间隙借助于调整螺栓将其间隙缩小，直至空转转矩 T_{pra} 达到 ► 102 页表中给出的相应数值（滚珠丝杠传动系统加微量润滑油）。

必须在全部螺纹长度上进行检查，与表中所给数值有偏差时，要进行修正调整。

调整完成后，定心直径 D_1 必须与 ► 103 页表中所给值相符。螺栓头用防护罩盖好。



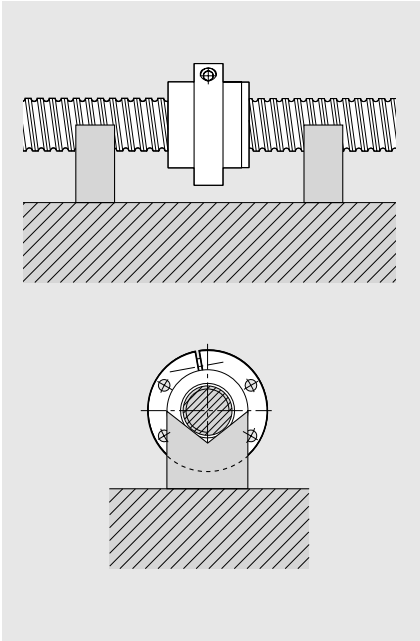
T_{pra} = 当前测得的空转转矩

存放

滚珠丝杠传动系统是高价值部件，必须对其极其小心地处理。

为了避免损坏和污染，在安装之前应将其保留在保护薄膜之内。

无包装时，整个单元必须放置在 V 形支架上。



供货状态

一般情况下，Rexroth 滚珠丝杠传动系统在首次上润滑脂之后供货。首次使用的润滑脂是 Klüber Microlube GB 0 NLGI 0。允许用脂或油进行补充润滑。但是，要注意补充润滑剂的兼容性和混合性。也可以供货仅做防腐处理的滚珠丝杠传动系统。

注意:

在机器首次试运行之前，螺母内必须注入所选的润滑剂。

清洗

可以使用不同的清洗剂去油脂和清洗:

- 水状清洗剂
- 有机物清洗剂

注意:

清洗之后必须立即对所有零件进行干燥处理，涂防锈油或上润滑脂（有生锈危险）。

无论如何要注意有关的法律条文（环保、工作安全等），以及有关清洗剂（例如操作规范）的规定。

装入机器

一般情况下不必在装入机器前去掉防腐剂。

- 在受到污染时，要对滚珠丝杠传动系统进行清洗（见“清洗”）和上油。
- 螺母单元装入安装孔时要避免碰撞和产生偏心
- 可能时，借助于定力矩扳手将固定螺栓拧紧。用于钢/钢 ($R_m \geq 370 \text{ N/mm}^2$) 材料对的最大拧紧力矩见表格。

螺栓直径 (mm)	材料对 钢/钢		
	拧紧力矩 (Nm) 强度等级 根据 DIN ISO 898:		
	8.8	10.9	12.9
M 3	1.3	1.8	2.1
M 4	2.7	3.8	4.6
M 6	9.5	13	16
M 8	23	32	39
M 10	46	64	77
M 12	80	110	135
M 16	195	275	330

- 适用于钢/铝及铝/铝 ($R_m \geq 280 \text{ N/mm}^2$) 材料对的最大拧紧力矩列于下列表格中。
在铝材料中的拧入长度应该最小为 1.5 倍的螺栓直径。

螺栓直径 (mm)	材料对 钢/铝和铝/铝		
	拧紧力矩 (Nm) 强度等级 根据 DIN ISO 898:		
	8.8	10.9	12.9
M 3	1.2	1.2	1.2
M 4	2.4	2.4	2.4
M 6	8.5	8.5	8.5
M 8	20	20	20
M 10	41	41	41
M 12	70	70	70
M 16	175	175	175

Rexroth 滚珠丝杠传动系统

润滑

对于滚珠丝杠传动系统适用于一般滚动轴承的润滑规定。因为丝杠和螺母之间有轴向相对运动，所以润滑剂的消耗要大于一般的滚动轴承。

油润滑

因为温升而轴向伸长会影响滚珠丝杠传动系统的精度，所以温度的影响具有很大的意义。

因此，油润滑比脂润滑较为优胜的就是，特别是在高转速情况下，滚珠丝杠传动系统的温升很小。

原则上所有一般用于滚动轴承的矿物油都适用。所要求的粘度取决于转速、温度和负载(见 DIN 51501, 51517, 51519 和 GfT-表 3)。

在实际中使用的油为 ISO VG 68 至大约 ISO VG 460。总体来说，特别是在慢速运行时，优选高粘度的油(例如 ISO VG 460)。使用侧表中的最少油量可以达到最少 10 个工作小时的补充润滑期。

采用驱动螺母时，请向我们询问!

脂润滑

脂润滑的优点在于，滚珠丝杠传动系统在工作了一段很长时间之后才需补充润滑。这就意味着，在多数情况下，可以省去一套补充润滑设备。加入润滑脂的剂量为，大约填满一半的空间。

可以使用所有高级滚动轴承润滑脂。

请注意润滑脂厂家的提示! 不许使用含固体润滑颗粒(如石墨或 MoS₂)的润滑脂。

油润滑的补充润滑量和间隔

d ₀	首次润滑油量 V _e (ml)	补充润滑油量 V _n (ml)/10h	回转次数 U(百万)	行程 (km) 螺距 P =						
				5	10	16	20	25	32	40
8	0.300	0.030	1.3	7	13	21	26	33	42	52
12	0.300	0.030	1.3	7	13	21	26	33	42	52
16	0.300	0.030	1.3	7	13	21	26	33	42	52
20	0.600	0.060	1.0	5	10	16	20	25	32	40
25	0.600	0.060	1.0	5	10	16	20	25	32	40
32	0.600	0.060	1.0	5	10	16	20	25	32	40
40	2.000	0.400	1.0	5	10	16	20	25	32	40
50	4.000	0.800	1.0	5	10	16	20	25	32	40
63	4.000	0.800	1.0	5	10	16	20	25	32	40

d₀ = 公称直径

NLGI 2 润滑脂补充润滑间隔

d ₀	补充润滑量见 NLGI 2 润滑脂表	回转次数 U(百万)	行程 (km) 螺距 P =						
			5	10	16	20	25	32	40
≤ 40		50	250	500	800	1000	1250	1600	2000
> 40		10	50	100	160	200	250	320	400

d₀ = 公称直径

运作条件:

负载 = ≤ 0.2 C
 n_{min} = 100 min⁻¹
 Temp_{最高螺母} = 80 °C
 Temp_{持续螺母} = 60 °C

安装位置: - 任意
 运行方式: - 丝杠被驱动
 - 无短行程或超临界状态运行
 密封: - 标准

如果想要达到长的补充润滑间隔，则要优选使用 DIN 51825 K2K 润滑脂，在高负载时优选使用 DIN 51818 粘度等级 NLGI 2 的 KP2K 润滑脂。试验表明，NLGI 等级 00 的润滑脂高负载时大约仅有等级 2 润滑脂润滑能力的 50%。

补充润滑间隔取决于多种因素，如污染程度、工作温度、负载等。因此，下述数据仅能作为参考价值使用。

使用 NLGI 2 润滑脂时的 补充润滑: 标准系列

用于 NLGI 2 润滑脂:

在滚珠丝杠传动系统调试之前, 必须经由润滑孔用润滑剂对螺母进行润滑。

在首次上润滑脂时请使用两倍的补充润滑量。

规格 $d_o \times P \times D_w - i$	润滑脂补充润滑量 (g)			
	单螺母 FEM-E-C / FEM-E-S / SEM-E-C SEM-E-S / ZEM-E-A / ZEM-E-S		双螺母 FDM-E-C / FDM-E-S	
	精密丝杠		精密丝杠	
	滚压 R	F	滚压 R	F
8 x 2.5R x 1.588 - 3	0.1	0.1	-	-
12 x 5R x 2 - 3	0.3	0.3	-	-
12 x 10R x 2 - 2	0.3	0.3	-	-
16 x 5R x 3 - 4	0.6	0.6	1.7	1.7
16 x 10R x 3 - 3	0.8	0.7	-	-
16 x 16R x 3 - 2	0.9	0.8	-	-
16 x 16R x 3 - 3	1.1	1.0	-	-
20 x 5R x 3 - 4	0.9	0.9	2.7	2.7
20 x 5R x 3 - 5	1.0	1.0	-	-
20 x 20R x 3.5 - 2	1.7	1.3	-	-
20 x 20R x 3.5 - 3	2.2	1.6	-	-
25 x 5R x 3 - 4	1.4	1.4	3.2	3.2
25 x 10R x 3 - 4	1.7	1.7	3.8	3.8
25 x 25R x 3.5 - 2	2.4	1.9	-	-
25 x 25R x 3.5 - 3	3.1	2.4	-	-
32 x 5L x 3.5 - 4	2.3	2.3	-	-
32 x 5R x 3.5 - 4	2.0	2.0	4.5	4.5
32 x 10R x 3.969 - 5	2.8	2.8	6.0	6.0
32 x 20R x 3.969 - 2	2.5	2.2	-	-
32 x 20R x 3.969 - 3	3.2	2.8	-	-
32 x 32R x 3.969 - 2	3.7	2.8	-	-
32 x 32R x 3.969 - 3	4.9	3.7	-	-
40 x 5L x 3.5 - 5	3.1	3.1	-	-
40 x 5R x 3.5 - 5	2.7	2.7	6.9	6.9
40 x 10L x 6 - 4	6.0	6.0	-	-
40 x 10R x 6 - 4	6.0	6.0	15.1	15.1
40 x 10R x 6 - 6	7.3	7.3	17.7	17.7
40 x 12R x 6 - 4	6.1	6.1	-	-
40 x 16R x 6 - 4	8.3	6.9	19.3	16.5
40 x 20R x 6 - 3	7.8	6.8	18.5	16.4
40 x 40R x 6 - 2	9.4	7.4	-	-
40 x 40R x 6 - 3	12.9	10.1	-	-
50 x 10R x 6 - 4	8.0	8.0	19.7	19.7
50 x 10R x 6 - 6	9.7	9.7	23.0	23.0
50 x 12R x 6 - 6	10.4	10.4	-	-
50 x 16R x 6 - 6	14.6	12.1	-	-
50 x 20R x 6.5 - 3	11.4	9.7	-	-
50 x 20R x 6.5 - 5	15.6	13.1	31.3	26.3
50 x 40R x 6.5 - 2	13.9	10.7	-	-
50 x 40R x 6.5 - 3	18.6	14.1	-	-
63 x 10R x 6 - 4	9.0	9.0	23.0	23.0
63 x 10R x 6 - 6	11.0	11.0	27.0	27.0
63 x 20R x 6.5 - 3	13.9	11.7	-	-
63 x 20R x 6.5 - 5	19.2	16.0	39.4	33.0
63 x 40R x 6.5 - 2	17.0	13.0	-	-
63 x 40R x 6.5 - 3	22.9	17.3	-	-
80 x 10R x 6.5 - 6	16.3	16.3	39.0	39.0
80 x 20R x 9 - 6	38.9	38.9	76.2	76.2
80 x 20R x 12.7 - 6	59.0	59.0	119.5	119.5
100 x 10R x 6.5 - 6	20.8	20.8	43.0	43.0
100 x 20R x 12.7 - 6	72.9	72.9	147.4	147.4
125 x 10R x 6.5 - 6	25.8	25.8	53.5	53.5
125 x 20R x 12.7 - 6	90.3	90.3	183.1	183.1

Rexroth 滚珠丝杠传动系统

使用 NGLI 2 润滑脂时的补充润滑: 微型系列, ECO 经济型系列

用于 NLGI 2 润滑脂:

在滚珠丝杠传动系统调试之前, 必须经由润滑孔用润滑剂对螺母进行润滑。

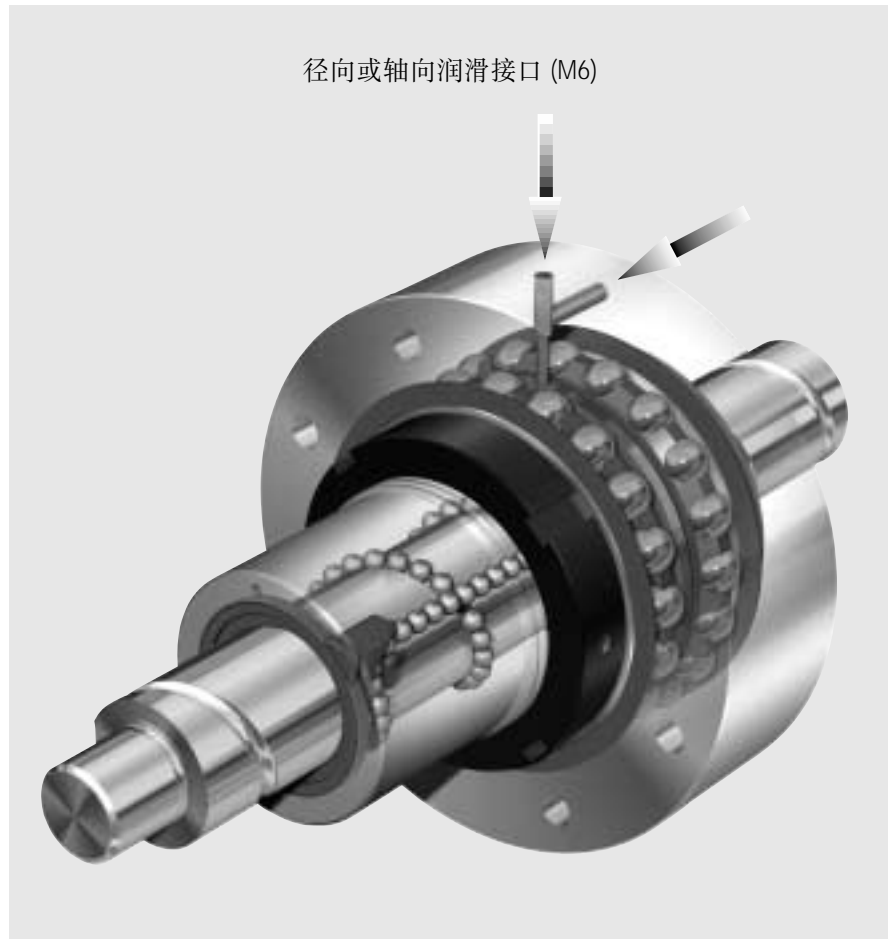
规格 $d_0 \times P \times D_w - i$	润滑脂补充润滑量 (g) 单螺母, 滚压精密丝杠 R			
	FEM-E-B 微型	FSZ-E-S	FEP-E-S	ZEV-E-S
6 x 1R x 0.8 - 4	0.06	-	-	-
6 x 2R x 0.8 - 4	0.12	-	-	-
8 x 1R x 0.8 - 4	0.12	-	-	-
8 x 2R x 1.2 - 4	0.24	-	-	-
8 x 2.5R x 1.588 - 3	0.10	-	-	-
12 x 2R x 1.2 - 4	0.15	-	-	-
12 x 5R x 2 - 3	0.30	-	-	0.3
12 x 10R x 2 - 2	0.30	-	-	0.3
16 x 5L x 3 - 3	-	-	-	0.85
16 x 5R x 3 - 3	-	-	-	0.85
16 x 10R x 3 - 3	-	-	-	1.0
20 x 5R x 3 - 4	-	0.7	-	1.2
20 x 5R x 3 - 5	-	-	-	-
20 x 40R x 3.5 - 1 x 4	-	-	1.6	-
25 x 5R x 3 - 4	-	1.1	-	-
25 x 10R x 3 - 4	-	1.3	-	-
25 x 25R x 3.5 - 1.2 x 4	-	-	1.5	-
32 x 5R x 3.5 - 4	-	1.6	-	-
32 x 10R x 3.969 - 5	-	2.3	-	-
32 x 20R x 3.969 - 2	-	2.0	-	-
32 x 32R x 3.969 - 1.2 x 4	-	-	2.6	-
40 x 5R x 3.5 - 5	-	2.2	-	-
40 x 10R x 6 - 4	-	5.2	-	-
40 x 20R x 6 - 3	-	6.7	-	-

驱动螺母 FAR-B-S 的补充润滑

可以通过轴向角接触球轴承的外环用润滑脂对驱动螺母进行润滑。必须注意的一点是，在润滑过程中，驱动螺母必须保持不动。在此过程中，螺母可以停在丝杠上任何位置。

采用这种简单的办法而解决了在螺母本身设计回转的润滑接口的问题。

设计有两个润滑接口（M6）带有径向或轴向接口。供货时两个接口都用螺纹销堵塞。取下所需接口的螺纹销即可打开所需的润滑接口。



规格 $d_o \times P \times D_w - i$	润滑脂补充润滑量 (g) 驱动螺母 FAR-B-S 精密丝杠	
	滚压 R	F
32 x 10R x 3.969 - 5	3.2	3.2
32 x 20R x 3.969 - 3	3.7	3.2
32 x 32R x 3.969 - 3	5.6	4.3
40 x 10R x 6 - 5	7.7	7.7
40 x 20R x 6 - 3	9.0	7.8
40 x 40R x 6 - 3	14.8	11.6
50 x 10R x 6 - 6	11.2	11.2
50 x 20R x 6.5 - 5	17.9	15.1
50 x 40R x 6.5 - 3	21.4	16.2
63 x 10R x 6 - 6	12.7	12.7
63 x 20R x 6.5 - 5	22.1	18.4
63 x 40R x 6.5 - 3	26.4	19.9

Rexroth 滚珠丝杠传动系统 计算

根据您的愿望可以提供完整的计算。

➡ 见 122 页“计算服务”一节。

平均转速和平均载荷

在变化的工作条件下（变化的转速和载荷），进行寿命计算时，必须

采用平均值 F_m 和 n_m 。

- 变转速时的平均转速 n_m

$$n_m = \frac{q_1}{100} \cdot n_1 + \frac{q_2}{100} \cdot n_2 + \dots + \frac{q_n}{100} \cdot n_n \quad 1$$

n_m = 平均转速 (min⁻¹)
 q = 作用时间 (%)

- 变载荷和定转速时的平均载荷 F_m

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{q_1}{100} + F_2^3 \cdot \frac{q_2}{100} + \dots + F_n^3 \cdot \frac{q_n}{100}} \quad 2$$

F_m = 平均载荷 (N)
 q = 作用时间 (%)

- 变载荷和变转速时的平均载荷 F_m

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{n_1}{n_m} \cdot \frac{q_1}{100} + F_2^3 \cdot \frac{n_2}{n_m} \cdot \frac{q_2}{100} + \dots + F_n^3 \cdot \frac{n_n}{n_m} \cdot \frac{q_n}{100}} \quad 3$$

F_m = 平均载荷 (N)
 q = 作用时间 (%)
 n_m = 平均转速 (min⁻¹)

以回转次数为单位的寿命 L

$$L = \left[\frac{C}{F_m} \right]^3 \cdot 10^6 \quad 4$$

$$\Rightarrow C = F_m \cdot \sqrt[3]{\frac{L}{10^6}} \quad 5$$

$$\Rightarrow F_m = \frac{C}{\sqrt[3]{\frac{L}{10^6}}} \quad 6$$

L = 寿命 (回转次数)
 F_m = 平均载荷 (N)
 C = 额定动载荷 (N)

额定寿命

以小时为单位的寿命 L_h

$$L_h = \frac{L}{n_m \cdot 60} \quad 7$$

L_h = 寿命 (h)
 L = 寿命 (回转次数)
 n_m = 平均转速 (min⁻¹)

$$\text{机器工作时间} = L_h \cdot \frac{\text{机器开启时间}}{\text{滚珠丝杠传动系统开启时间}} \quad 8$$

驱动转矩和驱动功率

驱动转矩 M_{ta}

回转运动转变成直线运动:

$$M_{ta} = \frac{F \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta} \quad 9$$

M_{ta} = 驱动转矩 (Nm)
 M_{te} = 输出转矩 (Nm)
 F = 工作负载 (N)
 P = 螺距 (mm)
 η = 效率 (约 0.9)
 η' = 效率 (约 0.8)

输出转矩 M_{te}

直线运动转变成回转运动:

$$M_{te} = \frac{F \cdot P \cdot \eta'}{2000 \cdot \pi} \quad 10$$

在使用预紧螺母单元时要注意空转转矩。

驱动功率 P_a

$$P_a = \frac{M_{ta} \cdot n}{9550} \quad 11$$

P_a = 驱动功率 (kW)
 M_{ta} = 驱动转矩 (Nm)
 n = 转速 (min⁻¹)

计算举例

寿命

工作条件

在滚珠丝杠传动系统的开启时间占 60% 的条件下，机器的寿命定为 40000 工作小时。

试选的滚珠丝杠转动系统为: 63 x 10

$F_1 = 50\,000\text{ N}$	当	$n_1 = 10\text{ min}^{-1}$	用于	$q_1 = 6\%$	的工作时间
$F_2 = 25\,000\text{ N}$	当	$n_2 = 30\text{ min}^{-1}$	用于	$q_2 = 22\%$	的工作时间
$F_3 = 8\,000\text{ N}$	当	$n_3 = 100\text{ min}^{-1}$	用于	$q_3 = 47\%$	的工作时间
$F_4 = 2\,000\text{ N}$	当	$n_4 = 1\,000\text{ min}^{-1}$	用于	$q_4 = 25\%$	的工作时间
					100 %

计算

平均转速 n_m

$$n_m = \frac{6}{100} \cdot 10 + \frac{22}{100} \cdot 30 + \frac{47}{100} \cdot 100 + \frac{25}{100} \cdot 1000 \quad ①$$
$$n_m = 304\text{ min}^{-1}$$

变载荷和变转速时的平均载荷 F_m

$$F_m = \sqrt[3]{50000^3 \cdot \frac{10}{304} \cdot \frac{6}{100} + 25000^3 \cdot \frac{30}{304} \cdot \frac{22}{100} + 8000^3 \cdot \frac{100}{304} \cdot \frac{47}{100} + 2000^3 \cdot \frac{1000}{304} \cdot \frac{25}{100}} \quad ③$$
$$F_m = 8757\text{ N}$$

要求的寿命 L

(回转次数)

寿命 L 可以利用公式 ⑦ 和 ⑧ 的变换算得:

$$L = L_h \cdot n_m \cdot 60$$
$$L_h = \text{机器工作时间} \cdot \frac{\text{滚珠丝杠传动系统开启时间}}{\text{机器开启时间}}$$
$$L_h = 40000 \cdot \frac{60}{100} = 24000\text{ h}$$
$$L = 24000 \cdot 304 \cdot 60 \quad L = 437\,760\,000\text{ 回转次数}$$

额定动载荷 C

$$C = 8757 \cdot \sqrt[3]{\frac{437\,760\,000}{10^6}} \quad ⑤ \quad C \approx 66492\text{ N}$$

计算结果和选取

可从尺寸表中选取:

例如: 滚珠丝杠传动系统, 规格 63 x 10 R x 6-6, 带预紧式法兰单螺母 FEM-E-S, 额定动载荷 $C = 88\,800\text{ N}$, 部件号 1512-6-4013。

注意:

请注意所使用的丝杠轴承的额定动载荷!

复核

选取的滚珠丝杠传动系统的以回转次数为单位的寿命

$$L = \left[\frac{88\,800}{8757} \right]^3 \cdot 10^6 \quad ④ \quad L \approx 1042 \cdot 10^6\text{ 回转次数}$$

以小时为单位的寿命 L_h

$$L_h = \frac{1042 \cdot 10^6}{304 \cdot 60} \quad ⑦$$

$$L_h \approx 57\,167\text{ 小时}$$

所选取的滚珠丝杠传动系统的寿命大于所要求的寿命 24 000 小时 (按开启时间算)。

因此, 也可以选择一套较小的滚珠丝杠传动系统。

Rexroth 滚珠丝杠传动系统 计算

临界转速 n_k

临界转速 n_k 取决于丝杠直径、安装形式和长度 l_n 。具有轴向间隙的螺母导向部件不予考虑。

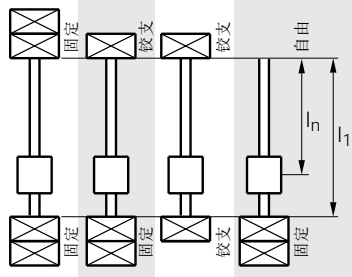
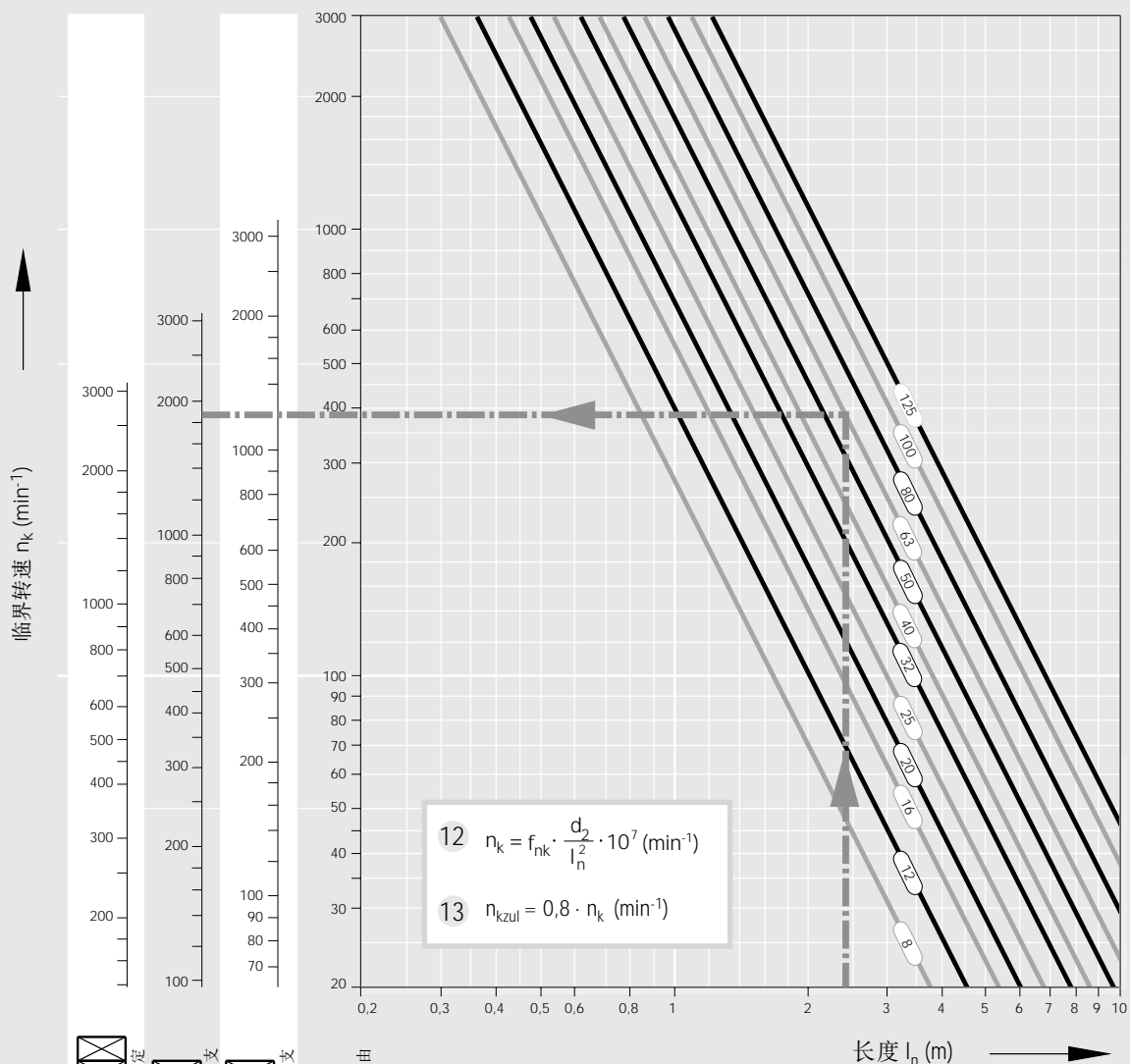
工作转速最大可取临界转速的 80%。要注意转速特性值及最大允许直线速度，见 95 页“技术说明”。

举例

丝杠直径 = 63 mm
长度 l_n = 2.4 m
安装形式 II (固定 - 铰支)

图示的临界转速为: 1850 min^{-1} 。
允许工作转速为:
1850 $\text{min}^{-1} \times 0.8 = 1480 \text{min}^{-1}$ 。

举例中的最大工作转速 $n_4 = 1000 \text{min}^{-1}$ 小于允许工作转速。



安装形式	I	II	III	IV
f_{nk} - 值	27.4	18.9	12.1	4.3

- n_k = 临界转速 (min^{-1})
- n_{kzul} = 允许工作转速 (min^{-1})
- f_{nk} = 长度系数，由安装形式确定
- d_2 = 螺纹根径 (mm)，见尺寸表
- l_n = 预紧螺母系统的临界长度 (mm)
- l_1 = 螺纹长度 (mm)

对不预紧的螺母系统适用于: $l_n = l_1$

对丝杠端部 31 型 (62 页) 可取安装形式“固定”。

丝杠许用轴向负载 F_k (弯曲)

丝杠许用轴向负载 F_k 取决于丝杠直径, 安装形式和未受支承的长

度 l_k 。在计算轴向负载时要考虑安全系数 $g \geq 2$ 。

举例

丝杠直径 = 63 mm,
螺距 = 10 mm,
长度 l_k = 2.4 m
安装形式 II (固定 - 铰支)

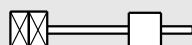
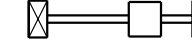


图中所给出的理论许用轴向负载为 360 kN。

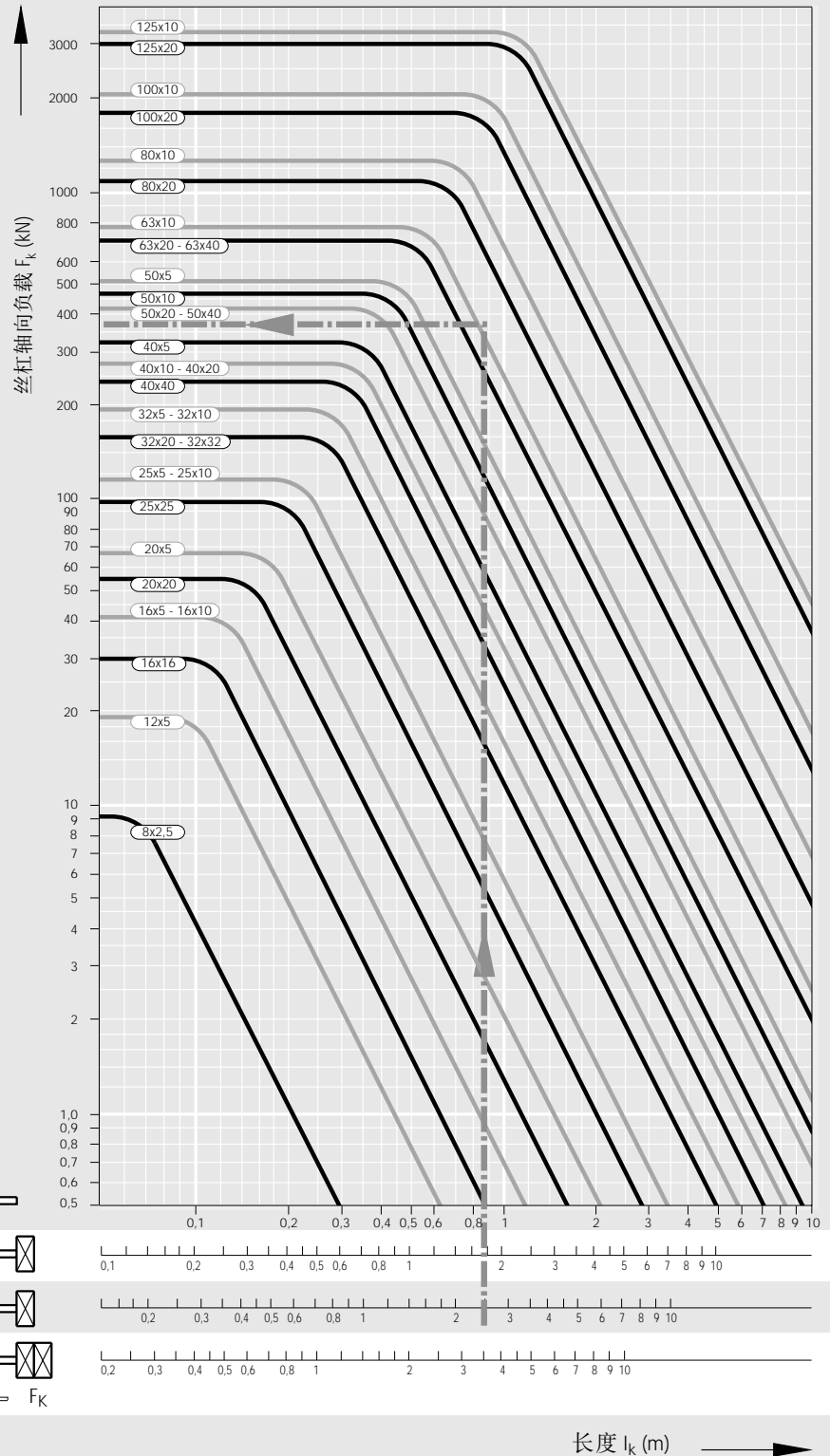
采用安全系数 2 得到丝杠许用工作轴向负载 $360 \text{ kN} : 2 = 180 \text{ kN}$ 。此值大于举例中的最大工作负载 $F_1 = 50 \text{ kN}$ 。

$$14 \quad F_k = f_{Fk} \cdot \frac{d_2^4}{l_k^2} \cdot 10^4 \text{ (N)}$$

$$15 \quad F_{kzul} = \frac{F_k}{2} \text{ (N)}$$

F_k = 丝杠理论许用轴向负载
 F_{kzul} = 丝杠工作许用轴向负载
 f_{Fk} = 长度系数, 由安装形式确定
 d_2 = 螺纹根径 (mm), 见尺寸表
 l_k = 未受支承的螺纹长度 (mm)

f_{Fk} -值	安装形式
2.6	IV 
10.2	III 
20.4	II 
40.6	I 



Rexroth 滚珠丝杠传动系统

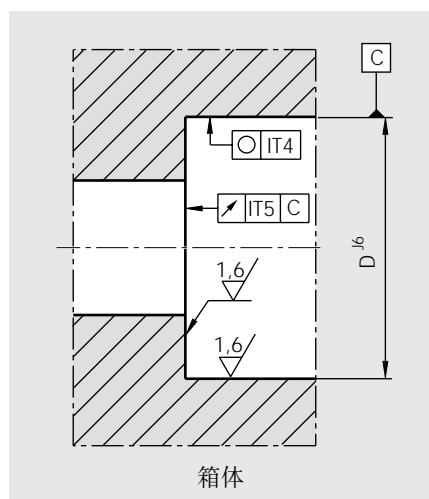
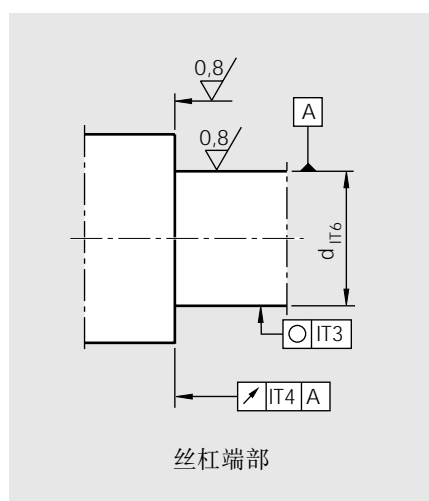
端部支承, 设计说明, 安装

支承设计

在用户自己加工时请注意丝杠端部和箱体的设计说明。

Rexroth 丝杠端部的设计 ➡ 见“丝杠端部”章节, 从 54 页起。

力士乐供货包括端部支承在内的成套传动系统。计算公式取自滚动轴承工业常用的公式。



轴承精度

系列	孔径 d (mm)	端面跳动	径向 轴承间隙 (μm)	公差 (μm)		
				孔径	外径	宽度
LGF-B... LGN-B...	≤ 10	P5 根据 DIN 620	预紧	+3 -5	-10	-250
	> 10	P5 根据 DIN 620	预紧	-10	-11 -13	-250
LGF-C... LGN-C...	≤ 25	2	预紧	-5	-10	-500
	> 25	2.5				

安装

轴向角接触球轴承和深沟球轴承

在安装轴向角接触球轴承 LGF 和 LGN 时, 只允许将安装力作用于用于安装的轴承圈上。安装力绝对不要经由滚动体或密封传递! 轴承内圈的两部分在装入和拆卸时不许分离!

螺栓固定式以及法兰固定式轴承的固定螺栓要交叉拧紧, 在此, 允许将紧固螺栓使用到其屈服极限的 70%。螺栓固定式轴承 (LGF) 外圈表面上设有一个用于拆卸的环槽。轴承系列 LGF-C... 和 LGN-C... 成对轴承中的各单个轴承外圈表面上刻有如图所示的标记。标记指示了轴承的排列顺序。正确排列时, 密封圈向外。

轴端螺母 NMA, NMZ

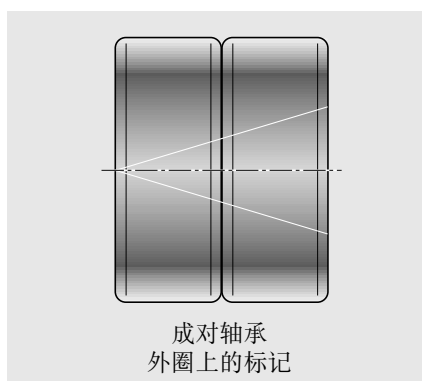
通过拧紧轴端螺母而使轴承预紧。

为了减少接触面凹陷的出现, 首先用二倍的拧紧力矩 M_A 将轴端螺母拧紧, 然后再放松。之后, 再用所给的拧紧力矩 M_A 重新将其拧紧。最后再将防松螺纹销用内六角扳手交替拧紧。

拆卸过程与上述相反, 首先拆下防松螺纹销, 再拧下轴端螺母。

专业化安装和拆卸可使轴端螺母重复使用。

轴承内圈的尺寸是这样确定的, 即将轴端螺母以拧紧力矩 (表中的 M_A) 拧紧后, 能使轴承产生一个确定的、在多数情况下足够的预紧力。



润滑、轴承座固定

轴承座固定 SEB

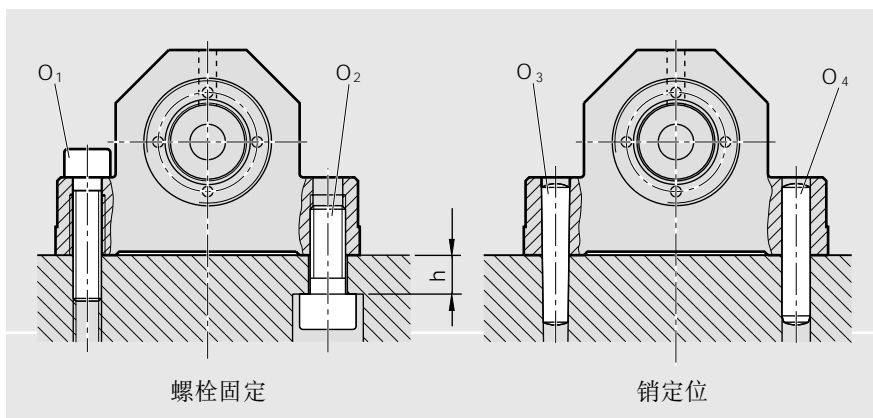
轴承座的紧定螺栓要交叉拧紧。最大拧紧力矩见表。

用螺纹环将整个轴承固定在轴承座内。

安装螺纹环时，要采取螺栓防松措施。

注意:

带螺母丝杠，支承和导向相互之间要轴线对准。



规格	h	O ₁ DIN 912	O ₂ DIN 912	O ₃ 锥销 (淬火) O ₄ 圆柱销 (DIN 6325)
d ₀ x P	(mm)			
8 x 2.5	8	M5 x 20	M6 x 16	4 x 20
12 x 5	8	M5 x 20	M6 x 16	4 x 20
16 x 5	11	M8 x 35	M10 x 25	8 x 40
16 x 10	11	M8 x 35	M10 x 25	8 x 40
16 x 16	11	M8 x 35	M10 x 25	8 x 40
20 x 5	11	M8 x 35	M10 x 25	8 x 40
20 x 20	11	M8 x 35	M10 x 25	8 x 40
25 x 5	14	M10 x 40	M12 x 30	10 x 50
25 x 10	14	M10 x 40	M12 x 30	10 x 50
25 x 25	14	M10 x 40	M12 x 30	10 x 50
32 x 5	14	M10 x 40	M12 x 30	10 x 50
32 x 10	14	M10 x 40	M12 x 30	10 x 50
32 x 20	14	M10 x 40	M12 x 30	10 x 50
32 x 32	14	M10 x 40	M12 x 30	10 x 50
40 x 5	16	M12 x 50	M14 x 35	10 x 50
40 x 10	16	M12 x 50	M14 x 35	10 x 50
40 x 20	16	M12 x 50	M14 x 35	10 x 50
40 x 40	16	M12 x 50	M14 x 35	10 x 50

端部支承的润滑

用于滚珠丝杠传动系统的轴承已经采用脂润滑，保证可靠工作。但是要注意的是，采用脂润滑时，不能散发出轴承内的热量。机床中轴承温度不宜超过 50 °C。

系列 LGF, LGN 的轴向角接触球轴承，采用 DIN 51825 的润滑脂 KPE2K 永久润滑。

强度等级, 用于 O ₁ ; O ₂	M5	M6	M8	M10	M12	M14
Nm	8.8	5.5	9.5	23	46	80
	12.9	9.5	16	39	77	135

Rexroth 滚珠丝杠传动系统

端部支承、计算

合成轴承载荷和当量轴承载荷

轴向角接触球轴承为预紧式。曲线图给出了取决于预紧力和轴向工作载荷 F_{aB} 的合成轴向载荷 F_a 。

如果轴向工作载荷占绝对优势，则 $F = F_a$ 。

$$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad 20$$

F_r = 径向轴承载荷 (N)
 F_a = 合成轴向轴承载荷 (N)
 F = 当量轴承载荷 (N)

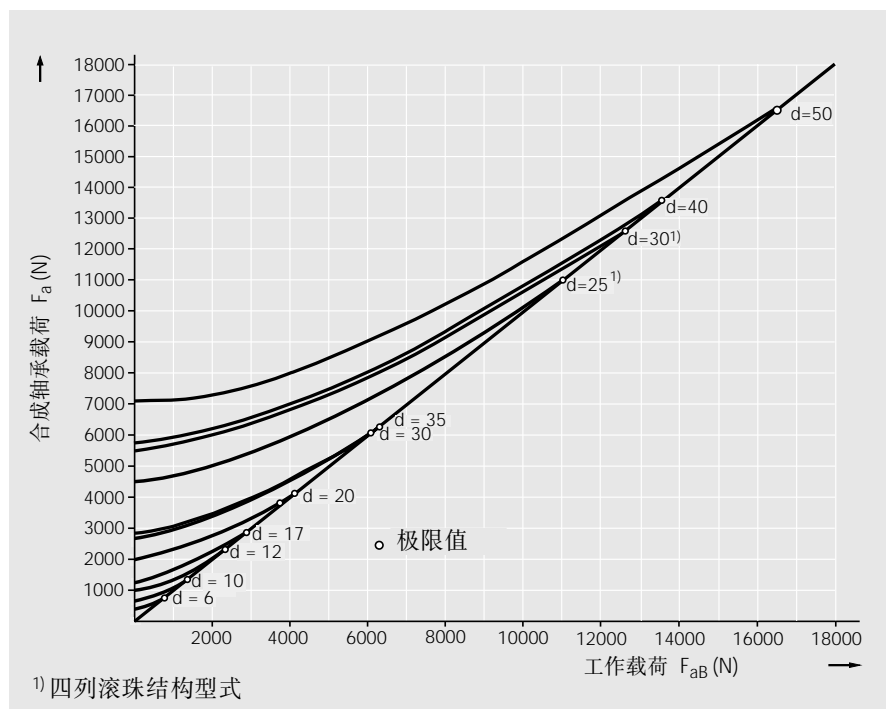
$\alpha = 60^\circ$	X	Y
$\frac{F_a}{F_r} \leq 2.17$	1.9	0.55
$\frac{F_a}{F_r} > 2.17$	0.92	1

α = 压力角度
 X, Y = 无量纲系数
 F_a = 合成轴承载荷
 F_{aB} = 工作载荷

当径向载荷不能忽略时，则轴承的当量载荷用公式 20 计算。

滚珠丝杠传动系统的轴承亦可承受倾覆力矩。一般情况下，由丝杠自重和驱动装置引起的力矩负载，在计算当量载荷时可以忽略不计。

内预紧力与合成轴承载荷的极限值



平均转速和平均轴承载荷

当轴向轴承载荷在一定的时间内逐级变化时，用公式 21 计算平均轴向轴承载荷。在变化的转速时，应用公式 22。此处 q_i 为以 % 表示的各单个载荷作用的时间部分。

在有变化的径向载荷 F_{rm} 作用时，进行类似的计算。

$$F_{am} = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{n_1}{n_m} \cdot \frac{q_1}{100} + F_2^3 \cdot \frac{n_2}{n_m} \cdot \frac{q_2}{100} + \dots + F_n^3 \cdot \frac{n_n}{n_m} \cdot \frac{q_n}{100}} \quad 21$$

$$n_m = \frac{q_1}{100} \cdot n_1 + \frac{q_2}{100} \cdot n_2 + \dots + \frac{q_n}{100} \cdot n_n \quad 22$$

F_{am} = 合成平均轴向载荷 (N)
 q = 作用时间 (%)
 n_m = 平均转速 (min^{-1})

寿命和承载安全系数

额定寿命

额定寿命计算如下：

注意：

请注意螺母的额定动载荷！

$$L = \left(\frac{C}{F} \right)^3 \quad 23$$

$$L_h = \frac{166666}{n} \left(\frac{C}{F} \right)^3 \quad 24$$

L = 以旋转百万次表示的 (10⁶ 转) 额定寿命
 L_h = 以小时表示的 额定寿命 (h)
 C = 轴承额定动载荷 (N)
 n = 平均转速 (min^{-1})
 F = 当量轴承载荷 (N)

静强度安全系数

静强度承载安全系数在机床制造业中不得小于 4。

$$S_0 = \frac{C_0}{F_0} \quad 25$$

S_0 = 静强度承载安全系数 (-)
 C_0 = 额定静载荷 (N)
 F_0 = 最大静载荷 (N)

摩擦

轴承摩擦力矩 M_{RL} 主要取决于预紧力。工作载荷 F_{ab} 不超过极限值时，对轴承摩擦力矩的影响可以忽略不计，在此极限值下，轴承还是无间隙工作的。

尺寸表中给出的轴承摩擦力矩 M_{RL} 适用于由所属的轴端螺母以拧紧力矩 M_A 产生的预紧力。预紧的轴承具有刚度 R_{al} 。轴承预紧力应如此选择，即使在较高的工作载荷作用下也能保持预紧力，并且保持轴承无间隙工作。

轴承的摩擦力矩 M_{RL} 在转速 $n = 5 \text{ min}^{-1}$ 时测得。

轴承摩擦功率 N_{RL} 用公式 26 计算。

在热平衡计算时，要考虑不同的工作转速 n_i 和与其相对应的作用时间 q_i 。

$$N_{RL} = \frac{M_{RL} \cdot n}{9.55} \quad 26$$

N_{RL} = 摩擦功率 (W)
 n = 转速 (min^{-1})
 M_{RL} = 轴承摩擦力矩 (Nm)