

BALLSCREWS CATALOG

滚珠丝杠副手册

HTPM 凯特精机

广东凯特精密机械有限公司

GUANGDONG HEIGHT PRECISION MACHINERY CO.,Ltd.

总部地址：广东省江门市新会区会城银海大道南11号

总部电话：0750-6822123

传真：0750-6319860

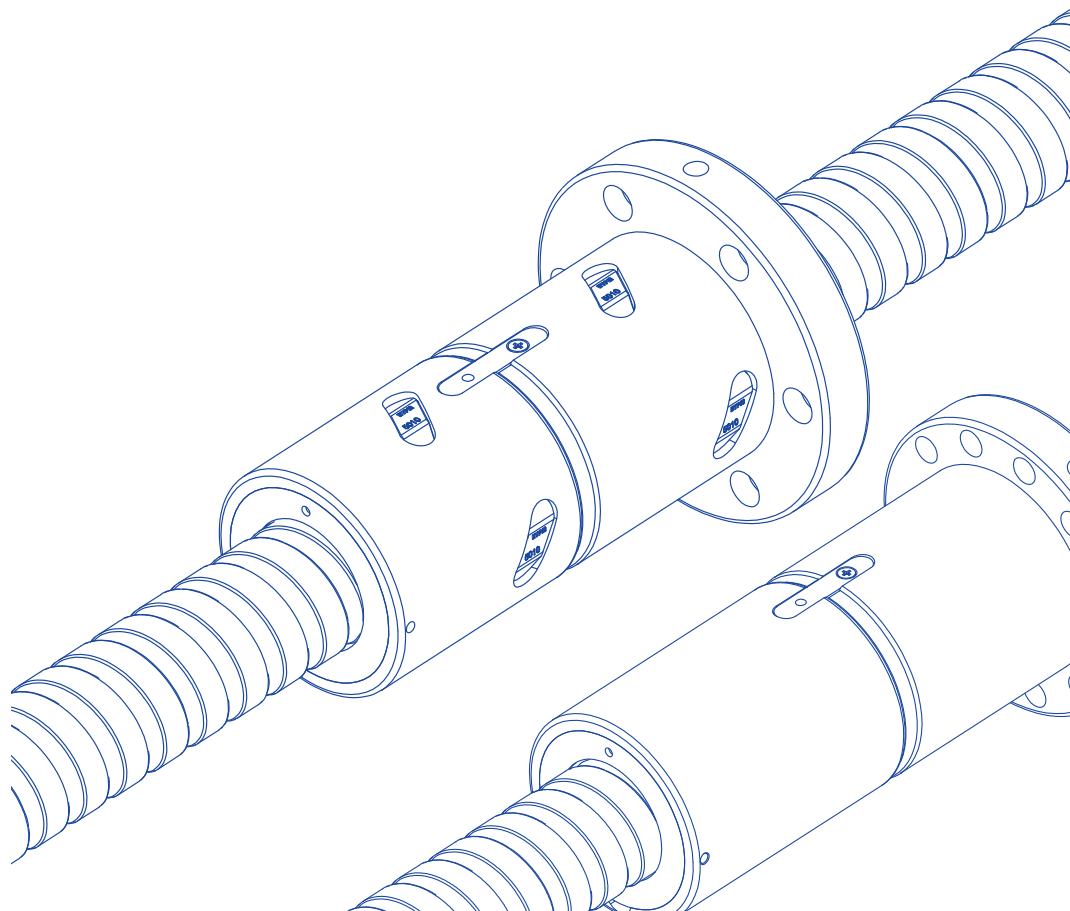
邮箱：info@htpm.com.cn

官网：www.htpm.com.cn



最新资讯,
关注公众号!
Latest news,
follow official account!

*由于技术改良，本产品手册内容可能会变更，恕不另行通知。



凯特精机

HEIGHT PRECISION MACHINERY



凯特精机，成立于1993年，是集滚动功能部件自主研发、生产、服务于一体的国家高新技术企业，现为中国机床工具工业协会常务理事单位、中国机床工具工业协会滚动功能部件分会副理事长单位。

凯特精机已通过ISO9001国际质量管理体系认证*、ISO45001职业健康安全管理体系认证*和ISO14001 环境管理体系认证*, 金属分公司通过ISO13485医疗器械管理体系认证*, 先后荣获“广东省高新技术企业”、“广东省专精特新中小企业”、“精心创品牌十佳企业”、“自主创新十佳企业”、“振兴装备制造业中小企业之星——明星企业”、“专精特新‘小巨人’企业”、国家级重点“小巨人”企业等称号。依托高专业度研发团队、高质量产品及高效能产线, 凯特精机以不断拓展创新的宽度、不竭探索技术的深度, 深耕滚动功能部件行业, 现已获45项专利授权*、主持或参与起草发布22项行业标准*。

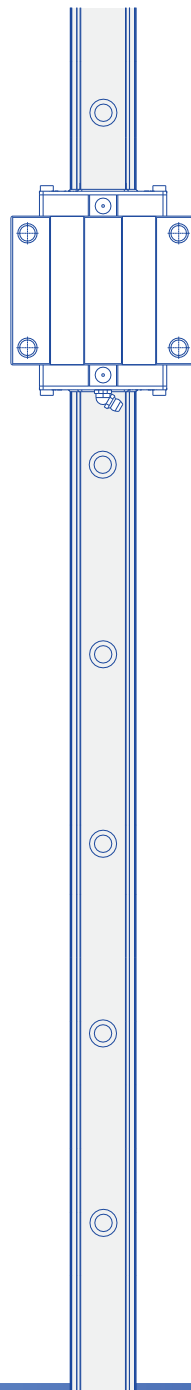
经过多年自主研究，凯特精机目前已成功研发并投产滚动直线导轨副及其关键功能部件、滚珠丝杠副、直线模组等产品，产品广泛应用于数控机床、装备制造、光伏、锂电、半导体、汽车工业、平板显示、工业自动化、电子信息、医疗机械、航天航空等领域。成立以来凯特精机获得众多殊荣：被国家科委列为“国家级火炬计划项目”，入选“国家重点新产品”，荣获“中国机械工业科学技术奖一等奖”，被中国机床工具工业协会评为“用户满意十佳品牌”、“产品质量十佳”、“自主创新十佳”、“春燕奖”等，同时，在国家工信部组织的综合测评中显示，凯特产品的多项性能优于对标企业，备受国家、行业及客户认可。

凯特精机拥有一批长期从事滚动功能部件研究的专家和科技人员，被广东省科学技术厅认证为“广东省精密导轨副工程技术研究中心”、“广东省滚动功能部件工程技术研究中心”。

凯特精机以打造中国滚动功能部件领军企业为发展目标，坚定以振兴民族工业为己任。展望未来，凯特精机将继续敢想敢试、敢为人先，以高端定位创中国知名品牌，推动滚动功能部件行业的发展。

注*：标注的认证、专利、行业标准等资料文件，已于广东凯特精密机械有限公司官方网站（<http://www.htpm.com.cn/>）进行公示。

DEVELOPMENT HISTORY 发展历程



2024年 ■ 认定为广东省制造业单项冠军企业国家机床质量监督检验中心发布滚珠丝杠副产品测评结果,凯特精机滚珠丝杠副产品综合评价为AAAAA

2023年 ■ 国家机床质量监督检验中心发布滚动直线导轨副综合测评榜单：凯特精机质量综合评价为优秀，成为上榜国内品牌代表

2022年 ■ 被认定为国家级重点“小巨人”企业

2021年 ■ 被认定为“专精特新‘小巨人’企业”
■ 首款滚珠丝杠副开发完成

2020年 ■ 凯特工业园正式投产
■ 被认定为“广东省专精特新中小企业”

2018年 ■ 通过ISO9001、OHSAS18001体系认证
■ 在工信部组织的测评中，
凯特精机的导轨综合性能优于对标企业

2016年 ■ 获批“广东省精密导轨副工程技术研究中心”

2014年 ■ 首款滚动直线导轨副用自润滑器开发完成

2012年 ■ 首款滚动直线导轨副用阻尼器开发完成

2011年 ■ 荣获“自主创新十佳企业”
■ 首款滚动直线导轨副用钎制器开发完成

2010年 ■ 首款直线模组开发完成

2008年 ■ 首款LGR滚柱直线导轨副开发完成

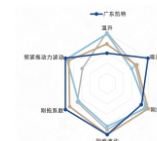
2006年 ■ 首款LGS滚珠直线导轨副开发完成

2002年 ■ 获批“高新技术企业”
■ 首款LGW宽型滚动直线导轨副开发完成

1996年 ■ “精密滚动直线导轨副”获国家级火炬项目证书

1995年 ■ 首款LG型类双圆弧滚动直线导轨副开发完成

1993年 ■ 孙健利教授公派留学归国后，集结国内英才创立“凯特精机HTPM”品牌，实现了中国精密滚动功能部件的自主研发和生产。



滚珠丝杠副 BALL SCREWS

滚珠丝杠副的特点.....01

滚珠丝杠副的结构.....03

滚珠丝杠副的选用流程图.....05

滚珠丝杠副的精度应用场合06

滚珠丝杠副的行程偏差和变动量.....07

滚珠丝杠副安装部位的跳动和位置公差.....10

滚珠丝杠副参数设计与选用.....17

滚珠丝杠副使用注意事项.....34

滚珠丝杠副的订货编号35

滚珠丝杠副系列产品36

滚珠丝杠副尺寸表

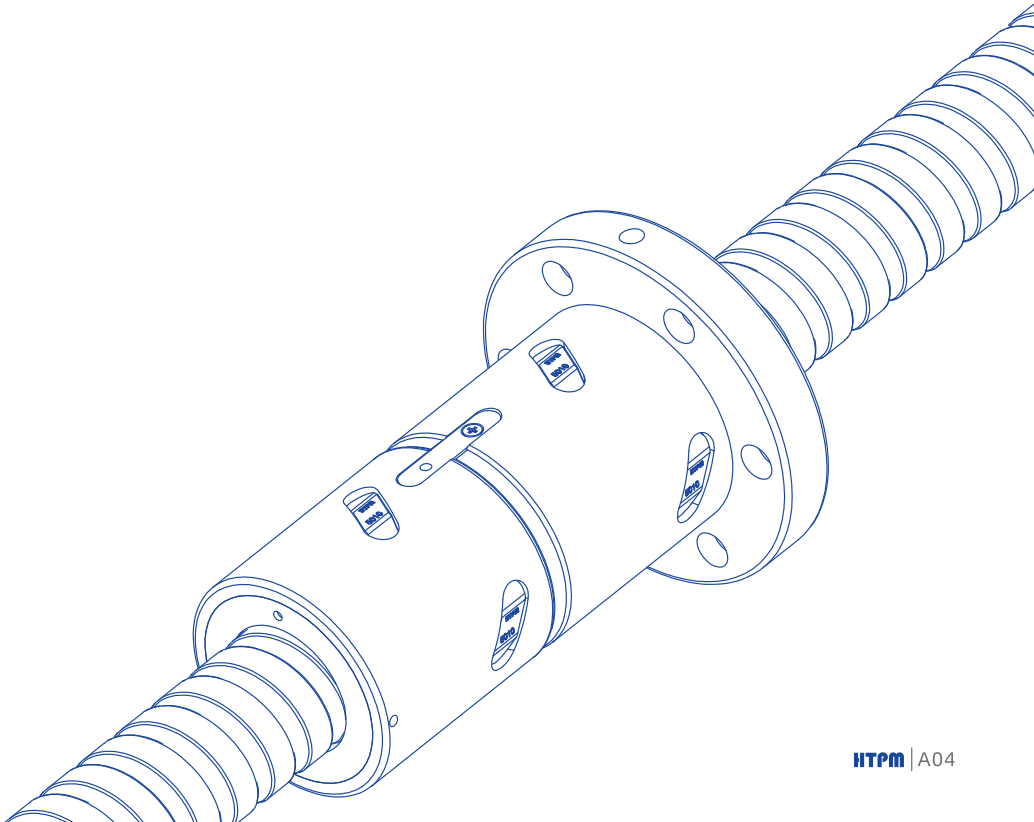
FCZ系列 端返式（无预紧/增大钢球预紧）单螺母滚珠丝杠副.....37

FCD系列 端返式（垫片预紧）双螺母滚珠丝杠副.....43

FYZ系列 腰返式（无预紧/增大钢球预紧）单螺母滚珠丝杠副.....49

FYD系列 腰返式（垫片预紧）双螺母滚珠丝杠副.....55

FYB系列 腰返式（变位预紧）单螺母滚珠丝杠副61



滚珠丝杠副 BALL SCREWS

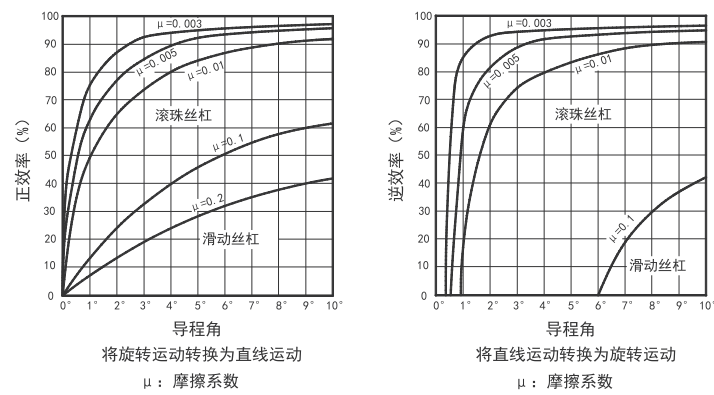
滚珠丝杠副是由滚珠丝杠、滚珠螺母、滚珠等零件组成的机械元件，主要功能是将旋转运动转换成直线运动，或将直线运动转变为旋转运动，同时具有高效率及可逆性、高精度、高耐磨性、零间隙、高刚度传动等特点，广泛应用于精密高速数控机床、精密电子机械、精密磨床等工业设备，HTPM滚珠丝杠副能满足不同领域上特殊的使用要求。



● HTPM滚珠丝杠副的特点

1、高效率及可逆性

滚珠丝杠副的传动通过滚珠丝杠和滚珠螺母之间的滚珠传递，机械效率可达90%以上，而且摩擦系数比传统的滑动丝杠低，传动扭矩只有滑动丝杠的1/4~1/2，可轻易将回转运动变为直线运动，又可将直线运动变为回转运动。



滚珠丝杠副的机械效率比较

2、高精度

HTPM 滚珠丝杠副能够根据GB/T 17587.3-2017的精度等级标准制造，亦可提供满足客户需求更佳精度等级的工业母机用滚珠丝杠副。

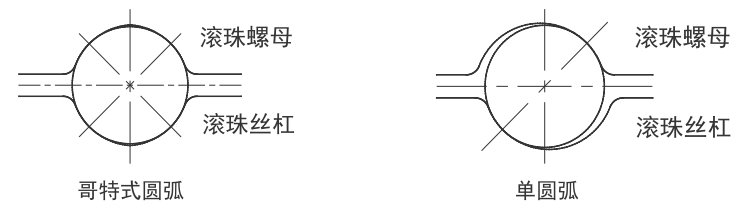
HTPM 滚珠丝杠副的精密加工、研磨、精度测量、装配均在恒温室进行，检测和测量配备激光丝杠（副）行程测量仪、精密轮廓粗糙度测量仪、丝杠行程误差动态测量仪、滚珠丝杠副摩擦力矩测量仪、滚珠丝杠副综合性能测试台、三坐标测量台、刚性加载试验台、雷尼绍激光干涉仪、立卧式投影仪、分贝仪等检测设备，并配套多台滚珠丝杠副跑合专机和寿命试验台，可满足对滚珠丝杠副的精度等级检测和各项性能指标测试。

3、高耐磨性

滚珠丝杠和滚珠螺母采用优质合金钢材料，沿用凯特精机多年的热处理工艺技术，螺纹滚道经过淬硬处理，硬度达HRC58~62，在经过长期使用后仍能保持高精度，因此具备高耐磨性的优异性能。

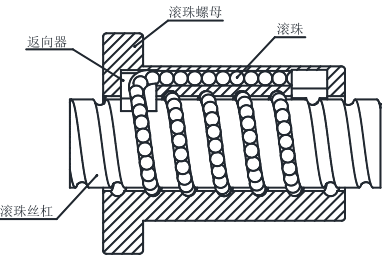
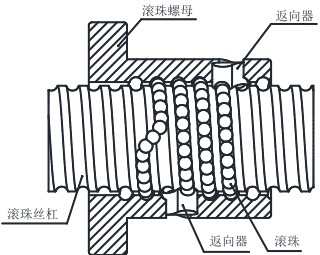
4、零间隙、高刚度传动

滚珠丝杠副螺纹滚道齿型采用哥特式圆弧，滚珠与螺纹滚道接触以最佳的方式接触，传动灵活方便。加入适当的预紧力对滚珠丝杠副进行预紧，可消除轴向间隙，可使滚珠丝杠副更具刚性。

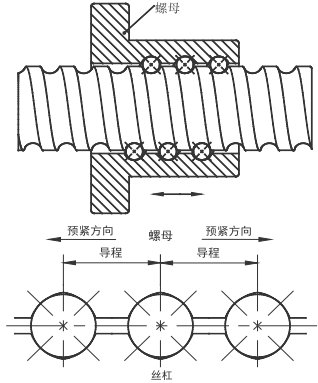
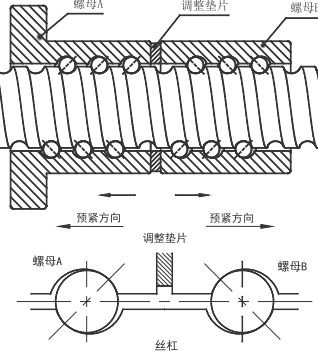
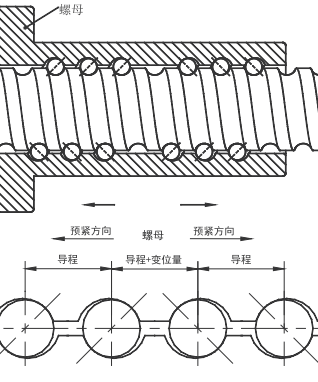


HTPM滚珠丝杠副的结构

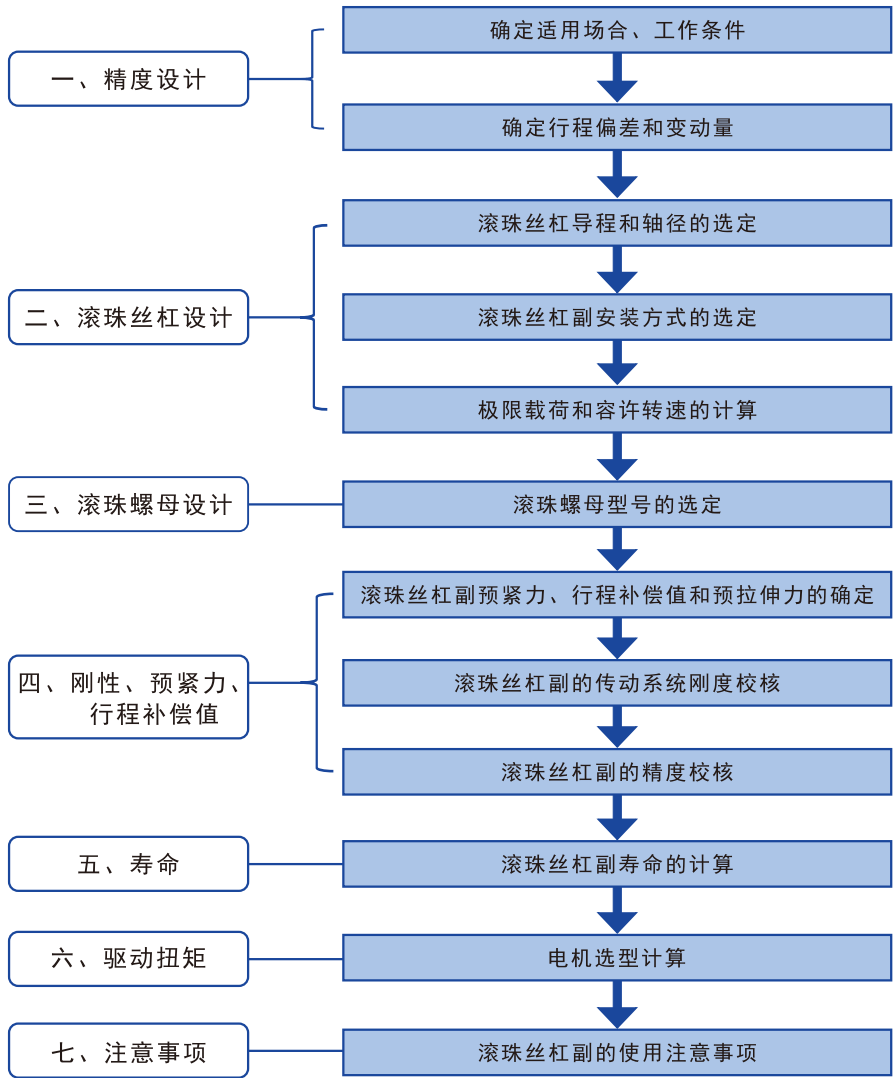
HTPM滚珠丝杠副按循环方式可分为外循环和内循环。

循环方式	外循环(C端返式)	内循环(Y腰返式)
简图		
结构特性	滚珠在循环反向过程中离开了丝杠表面	滚珠在循环过程中始终不脱离丝杠表面
特点	1、高速、低噪音； 2、适合大中导程规格； 3、DN值达120000。	1、螺母安装外圆直径小； 2、适合中小负载，中小导程规格； 3、DN值达80000。
适用行业	1、高速行业，如龙门雕铣机，钻攻机等设备； 2、高速中负载行业，如加工中心、高速车铣复合。	1、中低速行业，如数控车床等设备； 2、微进给、低速机床，如内外螺母磨床，线切割机、电火花机。

HTPM滚珠丝杠副按预紧方式分为增大钢球预紧（Z）、双螺母垫片预紧（D）和变位预紧（B）。

预紧方式	简图	特点
增大钢球预紧（Z）		1、四点接触、结构简单、紧凑，螺母长度短，刚度大； 2、在低转矩情况下转矩性能良好； 3、不适宜预紧力过大的场合。
双螺母垫片预紧（D）		1、两点接触、形式结构简单，轴向性好，预紧可靠、工艺性好； 2、适用于重预紧、高刚度、重载荷传动。
变位预紧（B）		1、两点接触、不使用垫片，螺母长度中等，可进行微型化设计； 2、适用于中预紧，转矩性能良好，刚度更佳。

● HTPM滚珠丝杠副的选用流程图



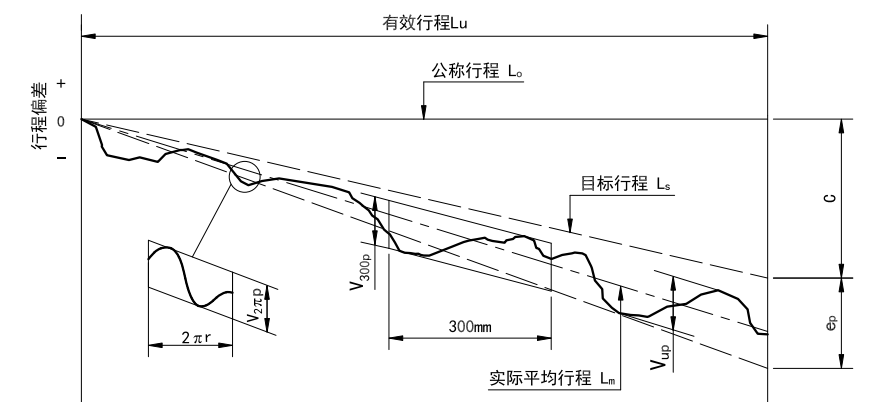
● HTPM滚珠丝杠副的精度应用场合

按照不同的应用场合选择不同精度等级的滚珠丝杠副，通过此表可初步选定滚珠丝杠副的精度等级。

应用场合		轴	精度等级					
			0	1	2	3	4	5
CNC机床	车床	X	○	○	○	○	○	○
		Z			○	○	○	○
	铣床 镗床	X、Y	○	○	○	○	○	○
		Z		○	○	○	○	○
	加工中心	X、Y	○	○	○	○	○	
		Z		○	○	○	○	
	钻床	X、Y			○	○	○	○
		Z					○	○
	磨床	X、Y	○	○	○	○		
		Z	○	○	○	○		
	电火花加工机	X、Y	○	○	○	○		
		Z		○	○	○	○	
	线切割机	X、Y	○	○	○	○		
		Z		○	○	○	○	
	激光加工机	X、Y			○	○		
		Z			○	○		
	冲床	X、Y			○	○		
	木工加工机	—				○	○	○
	一般机械	—			○	○	○	○

● HTPM滚珠丝杠副的行程偏差和变动量

滚珠丝杠副的行程偏差和变动量以GB/T 17587.3-2017标准为基础，以 e_p 、 V_{up} 、 V_{300p} 和 $V_{2\pi p}$ 等4个特性指标规定，其定义及许可值范围如下图：



行程偏差和变动量术语

名称	符号	定义
行程补偿值	C	在有效行程内，目标行程与公称行程之差
目标行程公差	e_p	允许的实际平均行程最大与最小值之差 $2e_p$ 的一半
行程变动量	V_{up}	在有效行程内，平行于实际平均行程 L_m 且包容实际行程偏差曲线的带宽值
	V_{300p}	在300mm的行程内，平行于实际平均行程 L_{300} 且包容实际行程偏差曲线的带宽值
	$V_{2\pi p}$	旋转 $2\pi\text{rad}$ ，平行于实际平均行程 $L_{2\pi}$ 且包容实际行程偏差曲线的带宽值

有效行程 L_u 的目标行程公差 e_p

有效行程 L_u (mm)		目标行程公差 e_p (μm)					
		标准公差等级					
>	$\leq$	0	1	2	3	4	5
0	315	4	6	8	12	16	23
315	400	5	7	9	13	18	25
400	500	6	8	10	15	20	27
500	630	6	9	11	16	22	32
630	800	7	10	13	18	25	36
800	1000	8	11	15	21	29	40
1000	1250	9	13	18	24	34	47
1250	1600	11	15	21	29	40	55
1600	2000	—	18	25	35	48	65
2000	2500	—	22	30	41	57	78
2500	3150	—	26	36	50	69	96
3150	4000	—	32	45	62	86	115
4000	5000	—	—	—	76	110	140
5000	6300	—	—	—	—	—	170

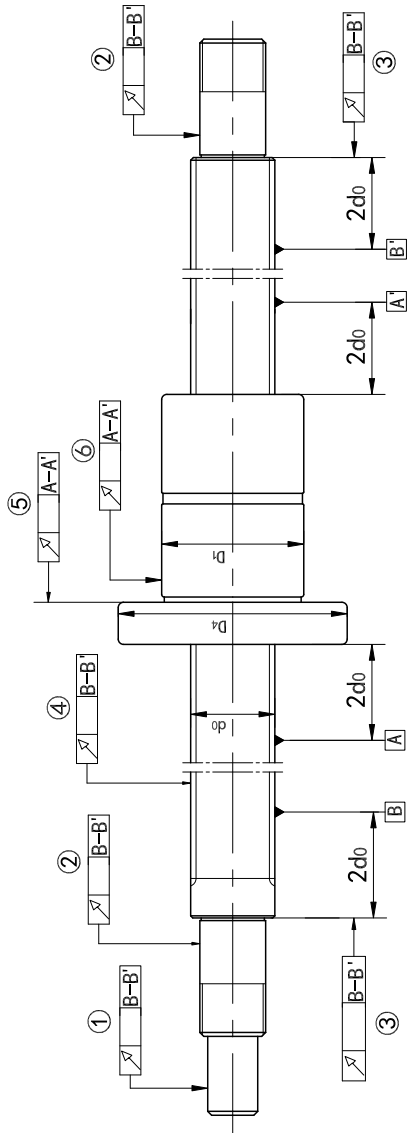
有效行程 L_u 的行程变动量 V_{300p} 和 $V_{2\pi p}$ 单位： μm

行程变动量		标准公差等级							
V_{300p}	GB	P0		P1	P2	P3	P4		P5
		3.5		6	8	12	16		23
	JIS	C0	C1		C3			C5	
		3.5	5		8			18	
$V_{2\pi p}$	GB	P0		P1	P2	P3	P4		P5
		3		4	5	6	7		8
	JIS	C0	C1		C3			C5	
		2.5	4		6			8	

有效行程 L_u 的行程变动量 V_{up}

有效行程 L_u (mm)		在指定行程内的允差 V_{up} (μm)					
		标准公差等级					
$>$	$\leq$	0	1	2	3	4	5
0	315	3.5	6	8	12	16	23
315	400	3.5	6	9	12	18	25
400	500	4	7	9	13	19	26
500	630	4	7	10	14	20	29
630	800	5	8	11	16	22	31
800	1000	6	9	12	17	24	34
1000	1250	6	10	14	19	27	39
1250	1600	7	11	16	22	31	44
1600	2000	—	13	18	25	36	51
2000	2500	—	15	21	29	41	59
2500	3150	—	17	24	34	49	69
3150	4000	—	21	29	41	58	82
4000	5000	—	—	—	49	70	99
5000	6300	—	—	—	—	—	119

● 滚珠丝杠副安装部位的跳动和位置公差



注：

- ① 轴颈相对于滚珠丝杠外径BB'的跳动；
- ② 支承轴颈相对于滚珠丝杠外径BB'的跳动；
- ③ 支承轴颈肩面相对于滚珠丝杠外径BB'的跳动；
- ④ 滚珠丝杠外径的径向跳动；
- ⑤ 滚珠螺母安装端面相对于滚珠丝杠外径AA'的跳动；
- ⑥ 滚珠螺母安装外圆相对于滚珠丝杠外径AA'的跳动。

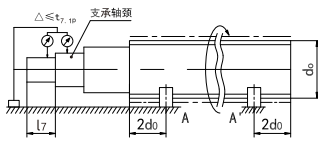
检测项一（Q/HTPM 005—2023 G1项）

检测项目	允差									
滚珠丝杠副在每 l_5 长度处， 滚珠丝杠外径的径向跳动 t_5 ， 用以确定相于AA'的直线度										
检测方法										
置滚珠丝杠副于AA'处两等高 的V型铁上，调整指示器，使 其测头在规定的测量间隔 l_5 处垂直触及圆柱表面，缓缓 转动滚珠丝杠，记下指示器 读数变化，在规定的测量间 隔每个 l_5 处重复检验。										
简图										
注1：可选，经商定允许将滚珠丝杠顶在中心孔上测量，此时 l_1 为滚珠丝杠总长。 注2：如果 $l_1 < 2l_5$ ，可在 $l_1/2$ 处测量。										

检测项二（Q/HTPM 005—2023 G2项）

检测项目	允 差									
滚珠丝杠副的支承轴颈相对于AA'的径向跳动 $t_{6.1}$ 当 $l_6 \leq l$ 时（ l 见表）； 当 $l_6 > l$ 时，实测值 $t_{6.1a} \leq t_{6.1p} \frac{l_6}{l}$										
检测方法										
置滚珠丝杠副于AA'处两等高V型铁上，使指示器测头在距 离 l_6 处垂直触及圆柱表面，缓 缓转动滚珠丝杠，记下指示器 读数变化。										
简 图										

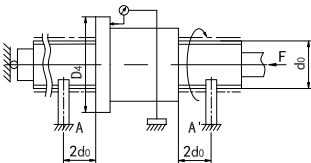
检测项三（Q/HTPM 005—2023 G3项）

检测项目	允差																																																														
滚珠丝杠副的轴颈相对于支承轴颈的径向跳动 $t_{7.1}$ 当 $l_7 \leq l$ 时（ l 见表）； 当 $l_7 > l$ 时，实测值 $t_{7.1a} \leq t_{7.1p} \frac{l_7}{l}$																																																															
检测方法																																																															
置滚珠丝杠副于AA'处两等高V型铁上，在距离 l_7 处将指示器的测头垂直触及圆柱表面，转动滚珠丝杠一圈并记下指示器读数变化。	<table><tr><th rowspan="2">公称直径 d_0 (mm)</th><th rowspan="2">l (mm)</th><th colspan="6">标准公差等级</th></tr><tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th></tr><tr><th colspan="2"></th><th colspan="6">l长度上的$t_{7.1p}(\mu\text{m})$</th></tr><tr><td>></td><td>≤</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>6</td><td>20</td><td>80</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr><tr><td>20</td><td>50</td><td>125</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr><tr><td>50</td><td>125</td><td>200</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>10</td></tr><tr><td>125</td><td>200</td><td>315</td><td>—</td><td>7</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td></tr></table>	公称直径 d_0 (mm)	l (mm)	标准公差等级						0	1	2	3	4	5			l 长度上的 $t_{7.1p}(\mu\text{m})$						>	≤							6	20	80	3	4	5	6	7	20	50	125	4	5	6	7	8	50	125	200	5	6	7	8	10	125	200	315	—	7	8	10	12
公称直径 d_0 (mm)	l (mm)			标准公差等级																																																											
		0	1	2	3	4	5																																																								
		l 长度上的 $t_{7.1p}(\mu\text{m})$																																																													
>	≤																																																														
6	20	80	3	4	5	6	7																																																								
20	50	125	4	5	6	7	8																																																								
50	125	200	5	6	7	8	10																																																								
125	200	315	—	7	8	10	12																																																								
简图																																																															
																																																															
注：经商定允许将滚珠丝杠顶在中心孔上测量。																																																															

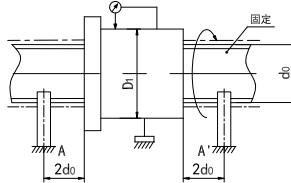
检测项四（Q/HTPM 005—2023 G4项）

检测项目	允 差																																													
滚珠丝杠副的支承轴颈肩面 相对于AA'的端面跳动 $t_{8.1}$	<table><tr><th rowspan="2">公称直径 d_0 (mm)</th><th colspan="6">标准公差等级</th></tr><tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th></tr><tr><th>></th><th>≤</th><th colspan="6">$t_{8.1p}(\mu m)$</th></tr><tr><td>6</td><td>63</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>63</td><td>125</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>125</td><td>200</td><td>—</td><td>5</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>7</td></tr></table>	公称直径 d_0 (mm)	标准公差等级						0	1	2	3	4	5	>	≤	$t_{8.1p}(\mu m)$						6	63	3	3	3	4	4	4	63	125	3	4	4	5	5	6	125	200	—	5	5	6	7	7
公称直径 d_0 (mm)			标准公差等级																																											
		0	1	2	3	4	5																																							
>		≤	$t_{8.1p}(\mu m)$																																											
6	63	3	3	3	4	4	4																																							
63	125	3	4	4	5	5	6																																							
125	200	—	5	5	6	7	7																																							
检测方法																																														
置滚珠丝杠副于AA'处两等高V型铁上，防止滚珠丝杠在轴向移动（可将一粒滚珠置于滚珠丝杠中心孔和固定面间），使指示器测头垂直触及支承轴颈肩面和圆柱面上。转动滚珠丝杠一圈并记下指示器读数变化。																																														
简 图																																														
注：经商定允许将滚珠丝杠顶在中心孔上测量。																																														

检测项五（Q/HTPM 005—2023 G5项）

检测项目	允差							
滚珠丝杠副的滚珠螺母安装端面相对于AA'的端面跳动 t_9 (仅用于有预加载荷的滚珠螺母)								
检测方法								
将有预加载荷的滚珠丝杠副置于AA'处两等高V型铁上，防止滚珠丝杠在轴向方向移动（可将一滚珠置于滚珠丝杠中心孔和固定面间），使指示器的测头垂直触及滚珠螺母直径 D_4 外缘处的安装端面上，防止滚珠螺母相对滚珠丝杠转动，转动滚珠丝杠并记下指示器读数变化。	螺母安装 端面直径 D_4 (mm)		标准公差等级					
			0	1	2	3	4	5
	>	≤	$t_{9p}(\mu m)$					
	16	32	6	8	10	10	12	14
	32	63	8	10	12	14	16	16
	63	125	10	12	14	15	16	18
	125	250	14	15	16	18	20	25
简图								
								

检测项六（Q/HTPM 005—2023 G6项）

检测项目	允差							
滚珠丝杠副的滚珠螺母安装外圆相对于AA'的端面跳动 t_{10} (仅用于有预加载荷及回转体的滚珠螺母)								
检测方法								
将有预加载荷的滚珠丝杠副置于AA'处两等高V型铁上，使指示器的测头垂直触及螺母安装外圆 D_1 的圆柱面上，防止滚珠丝杠轴转动，缓慢转动滚珠螺母并记下指示器读数变化。	螺母安装 端面直径 D_1 (mm)		标准公差等级					
			0	1	2	3	4	5
	>	≤	$t_{10p}(\mu m)$					
	16	32	6	8	10	11	12	14
	32	63	8	10	12	14	15	16
	63	125	10	12	14	15	18	20
	简图							
								

● HTPM滚珠丝杠副参数设计与选用

1、滚珠丝杠导程的选定

P_h : 滚珠螺母相对滚珠丝杠旋转 $2\pi rad$ (一转) 时的行程

由传动关系图, 工作台最高的移动速度 V_{max} 、电机最高转速 n_{max} 和传动比 i 等确定滚珠丝杠副的导程 P_h 。

$$P_h = \frac{V_{max}}{n \times i_{max}}$$

当电机与滚珠丝杠副直联时 $i = 1$

$$P_h = \frac{V_{max}}{n_{max}}$$

计算得出的 P_h 取整。

2、滚珠丝杠轴径的选定

2.1 预期轴向额定动载荷计算

“轴向额定动载荷 C_a ” 在额定寿命为 10^6 转的条件下, 滚珠丝杠副理论上所能承受的恒定轴向载荷。

“预期轴向额定动载荷 C_{am} ” 根据机床的设计要求, 需要先预估一个最小额定动载荷的数值, 这个数值称为预期轴向额定动载荷 C_{am} 数值的确定可通过当量转速 n_m 和当量载荷 F_m 的计算得出。

2.1.1 当量转速 n_m 、当量载荷 F_m

滚珠丝杠副在各种 n_1 、 n_2 、 $\dots$ 、 n_n 转速下, 各种转速的工作时间分别为 $t_1\%$ 、 $t_2\%$ 、 $\dots$ 、 $t_n\%$, 所受载荷分别为 F_1 、 F_2 、 $\dots$ 、 F_n , 其对应的当量转速和当量载荷为:

$$n_m = \frac{n_1 t_1}{100} + \frac{n_2 t_2}{100} + \dots + \frac{n_n t_n}{100}$$
$$F_m = \sqrt[3]{\frac{F_1^3 n_1 t_1}{100} + \frac{F_2^3 n_2 t_2}{100} + \dots + \frac{F_n^3 n_n t_n}{100}}$$

式中: n_m — 当量转速 (r/min)

F_m — 当量载荷 (N)

转速一定时, 负载的变化与时间呈现线性关系, 当量负载可采用以下公式估算:

$$F_m = \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3}$$

式中: F_{min} — 最小轴向负荷 (N)

F_{max} — 最大轴向负荷 (N)

2.1.2 预期轴向额定动载荷 C_{am}

①按照滚珠丝杠副预期工作时间计算:

$$C_{am} = \sqrt[3]{60 n_m L_h \times \frac{F_m f_w}{100 f_a f_c}}$$

式中: C_{am} — 预期轴向额定动载荷 (N)

L_h — 预期工作时间 (h)

f_w — 载荷系数 (见表1)

f_a — 精度系数 (见表2)

f_c — 可靠性系数 (见表3)

②按照滚珠丝杠副预期运行距离计算:

$$C_{am} = \sqrt[3]{\frac{L_s}{P_h} \times \frac{F_m f_w}{f_a f_c}}$$

式中: L_s — 预期运行距离 (km)

③有预加负荷情况下按最大轴向负荷计算:

$$C_{am} = f_e F_{max}$$

式中: f_e — 预加负荷系数 (见表4)

表1 载荷系数表

载荷性质	无冲击、平稳	轻微冲击	冲击振动
负荷系数 f_w	1.0 ~ 1.2	1.2 ~ 1.5	1.5 ~ 2.0

表2 精度系数表

精度等级	0 ~ 3	4 ~ 5	7	10
精度系数	1.0	0.9	0.8	0.7

表3 可靠性系数表

可靠性 (%)	90	95	96	97	98	99
精度系数 f_c	1.0	0.62	0.53	0.44	0.33	0.21

表4 预加负荷系数

预加负荷类	轻预载	中预载	重预载
负荷系数 f_e	6.7	4.5	3.4

2.2 滚珠丝杠最小底径确定

滚珠丝杠的最小底径直接影响其本身的刚性、轴向额定动静载荷等性能参数，而最小底径的计算需要考虑滚珠丝杠副的最大允许轴向变形量和安装方式。

2.2.1 最大允许轴向变形量

①根据重复定位精度进行计算：

$$\delta_{m1} = K_1 \delta_1$$

式中： δ_{m1} — 最大允许轴向变形量 (μm)

δ_1 — 重复定位精度 (μm)

K_1 — 变形参数 (取值范围1/3~1/4)

②根据定位精度进行计算：

$$\delta_{m2} = K_2 \delta_2$$

式中： δ_{m2} — 最大允许轴向变形量 (μm)

δ_2 — 定位精度 (μm)

K_2 — 变形参数 (取值范围1/4~1/5)

在滚珠丝杠副的选型计算过程中，为了保证可靠性，一般选择两者的较小值作为最大轴向变形量。

2.2.2 滚珠丝杠副的最小底径

①滚珠丝杠副的安装方式为固定-支承或固定-自由时，最小底径的计算公式如下：

$$d_{2min} = 2 \times 10 \sqrt{\frac{10F_f l_s}{\pi \delta_m E}} = 0.078 \times \sqrt{\frac{\mu_0 m g l_s}{\delta_m}}$$

式中： d_{2min} — 最小底径 (mm)

F_f — 静摩擦力 (N)

l_s — 螺母至丝杠固定端支承最大距离 (mm) 建议取值 $l_s = (1.05 \sim 1.1)L_u + (10 \sim 14)P_h$

E — 弹性模量 ($E = 2.1 \times 10^5 N/mm^2$)

μ_0 — 静摩擦系数。(滑动导轨 $\mu_0 = 0.1 \sim 0.2$ ，滚动导轨 $\mu_0 = 0.01 \sim 0.02$)

②滚珠丝杠副安装方式为固定-固定时，最小底径的计算公式如下：

$$d_{2min} = 10 \sqrt{\frac{10F_f l_s}{\pi \delta_m E}} = 0.039 \times \sqrt{\frac{\mu_0 m g l_s}{\delta_m}}$$

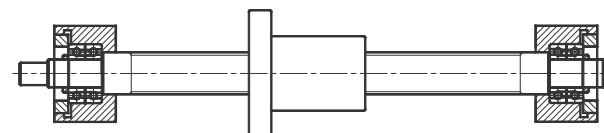
式中： l_s — 两个固定支承之间的距离 (mm)。

3、滚珠丝杠副安装方式的选定

安装方式对滚珠丝杠副的承载能力、刚性和最高转速有较大的影响，列举三种最常用的安装方式：

(1) 固定-固定

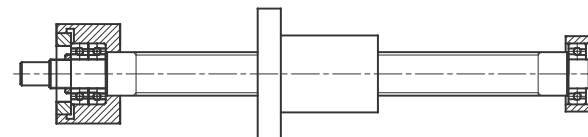
适用于高转速、高精度场合，该安装方式分别由一对轴承约束轴向和径向自由度，负荷由两组轴承共同承担；也可以使两端的轴承承受反向预拉伸力，从而提高传动刚度。在定位要求高的场合，可以根据受力情况和丝杠热变形趋势设定目标行程补偿值，进一步提高定位精度。此形式结构较复杂，调整较难，在定位精度要求很高时采用。



(1) 固定-固定

(2) 固定-支承

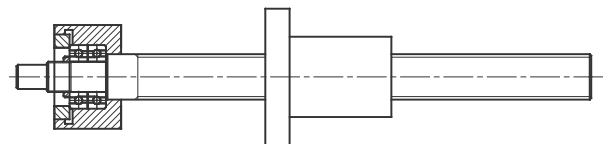
适用于中转速、高精度的场合。该安装方式一端由一对轴承约束轴向和径向自由度，另一端由单个轴承约束径向自由度，负荷由一对轴承副承担，游动的单个轴承能防止悬臂挠度，并消化由热变形产生的应力。此结构简单，效果良好，应用广泛。



(2) 固定-支承

(3) 固定-自由

适用于低转速，中精度，轴向长度短的场所。该安装方式一端由一对角接触球轴承约束其轴向和径向的自由度，另一端悬空呈自由状态。固定端可以承受轴向力和径向力，负荷均由一对轴承承担，并且需克服水平安装时重力造成的弯矩。此结构简单，安装调试方便，承载能力小，轴向刚度低，定位精度不可靠。



(3) 固定-自由

4、极限载荷的计算

由于滚珠丝杠通常为细长形状，滚珠丝杠副根据其功能基本上是仅接收轴向的负载，故需要分析轴向的负载。主要有以下三种情况：

- 滚珠丝杠的压曲强度
- 滚珠丝杠由拉伸及压缩应力引起的屈服应力
- 滚珠接触部位的永久变形

4.1 滚珠丝杠的压曲强度

由于工件自身，工作台等自身的负载对滚珠丝杠的压缩负荷，即轴向许可压缩负载 P ，计算公式如下：

$$P = \alpha \frac{\pi^2 NEI}{L^2} = m \frac{d_2^4}{L^2} \times 10^4$$

式中： P — 轴向许可压缩负载（ N ）

α — 安全系数（取值 $\alpha = 0.5$ ）

E — 弹性模量（ $E = 2.1 \times 10^5 N/mm^2$ ）

I — 丝杠断剖面的最小二次力矩（ $I = \frac{\pi d_2^4}{64} mm^4$ ）

d_2 — 丝杠的最小底径（ mm ）

L — 安装距离（ mm ）

m, N — 根据滚珠丝杠副的安装方式决定的系数

安装方式	m	N
固定-固定	19.9	4
固定-支承	10	2
固定-自由	1.25	1/4

4.2 由拉伸及压缩引起的屈服

滚珠丝杠的拉伸或压缩应力的许可负载 的计算公式如下：

$$P = \sigma \times A = \sigma \times \frac{\pi}{4} d_2^2$$

式中： P — 拉伸或压缩应力的许可负载（ N ）

σ — 许可应力（ $\sigma = 147 N/mm^2$ ）

A — 丝杠断剖面的面积（ $A = \frac{\pi}{4} d_2^2 (mm^2)$ ）

d_2 — 丝杠的最小底径（ mm ）

4.3 滚珠接触部位的永久变形

滚珠接触部位承受的轴向负载过大，则滚珠就会被挤扁，使滚珠滚动面出现凹陷。之后，即使卸除了负载，也不能完全回复原状，而形成了永久的变形。选用时必须使最大轴向负荷远小于轴向额定静载荷。

(1) 轴向额定静载荷（ C_{oa} ）：

使滚珠与滚道之间承受最大的接触应力点处，产生0.0001倍滚珠直径的总的永久变形时，所施加的静态轴向载荷。

(2) 最大轴向负载（ F_{max} ）：

额定静载荷与最大轴向负载的关系如下：

$$F_{max} = \frac{C_{oa}}{f_s}$$

式中： f_s — 安全系数

一般取值	1.2 ~ 2
有冲击振动	1.5 ~ 3

5、容许转速的计算

滚珠丝杠的转速由移动速度与丝杠的导程来决定。容许转速可以从以下两点分析，这两者的容许转速中低的一方为滚珠丝杠的容许转速。

- 滚珠丝杠副产生共振的滚珠螺母或滚珠丝杠的旋转速度
- 滚珠丝杠副的DN值

5.1 临界转速

n_c ：以临界转速的80%以下为容许转速。

n_{cr} ：使滚珠丝杠副产生共振的滚珠螺母或滚珠丝杠的旋转速度。

滚珠丝杠的转数由必要的传送速度与丝杠的导程来决定。当滚珠丝杠副转速过高时会产生共振，影响设备正常运行，为确保设备正常使用，使 $n_{max} \leq n_c$ ，计算公式如下：

$$n_c = \alpha \times \frac{60\lambda^2}{2\pi L^2} \times \sqrt{\frac{EI \times 10^3}{\rho A}} = f \times \frac{d_2}{L^2} \times 10^7$$

式中： n_c — 容许转速 (r/min)

α — 安全系数 (取值 $\alpha=0.8$)

E — 弹性模量 ($E = 2.1 \times 10^5 N/mm^2$)

I — 丝杠断剖面的最小二次力矩 ($I = \frac{\pi d_2^4}{64} (mm^4)$)

d_2 — 丝杠的最小底径 (mm)

L — 安装距离 (mm)

ρ — 材料密度 ($\rho = 7.65 \times 10^{-6} kg/mm^3$)

A — 丝杠断剖面的面积 ($A = \frac{\pi}{4} d_2^2 (mm^2)$)

f, λ ：根据滚珠丝杠副的安装方式而决定的系数、临界转速系数

安装方式	f	λ
固定-固定	21.9	4.730
固定-支承	15.1	3.927
固定-自由	3.4	1.875

5.2 滚珠丝杠副的DN值

当达到最高转速 n_{max} ，滚珠丝杠的节圆直径 $d_m \times n_{max}$ 的值，即DN值，其为影响滚珠丝杠副的噪音、工作温度、寿命和循环系统的最大因素。

$$d_m \times n_{max} \leq DN \text{ (允值)}$$

式中： d_m — 滚珠丝杠的节圆直径 (mm)

n_{max} — 滚珠丝杠副的最高转速 (r/min)

循环方式	允许DN值
内循环 (Y型)	80000
外循环 (C型)	120000

6、滚珠螺母型号的选定

经过滚珠丝杠副的精度、导程、预期轴向动载荷及最小底径的选择，可确定螺母的类型和型号的选择。

循环方式	型号	预紧方式	简图
外循环 (端返式)	FC	无预紧	
	FCZ	增大钢球预紧	
	FCD	垫片预紧	

循环方式	型号	预紧方式	简图
内循环（腰返式）	FY	无预紧	
	FYZ	增大钢球预紧	
	FYD	垫片预紧	
	FYB	变位预紧	

7、滚珠丝杠副预紧力、行程补偿值和预拉伸力的确定

7.1 滚珠丝杠副预紧力的确定

滚珠丝杠副的预紧可增加其自身的轴向刚度和定位精度，而且较大的预紧力可有效降低弹性变形带来的轴向间隙；但过大的预紧力会导致驱动力矩增大，传动效率降低，滚珠丝杠副寿命的降低。

滚珠丝杠副预紧力的计算方法：

$F_p = \epsilon C_a$

式中： F_p — 预紧力（N）
 ϵ — 预加载百分比（见表）
 C_a — 轴向额定动载荷（N）

预加载荷系数表

预加载荷类型	轻预载	中预载	重预载
预加载百分比 ϵ	3~5%	5~7%	7~10%

7.2 滚珠丝杠副行程补偿值的确定

行程补偿值：在有效行程内，目标行程与公称行程之差。
滚珠丝杠副的安装方式为固定-固定时，行程补偿值的计算公式如下：

$C = \rho \Delta t L$

式中： C — 行程补偿值（mm）
 ρ — 线性热膨胀系数（一般取 $\rho = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ）
 Δt — 滚珠丝杠温度上升值（ $^\circ\text{C}$ ）
 L — 滚珠丝杠螺纹长度（mm）

7.3 滚珠丝杠副预拉伸力的确定

滚珠丝杠副在高速条件下运行时，发热量也会随之增加，温度上升而产生的热位移会导致无法满足高精度要求的情况，因此需要对其进行预拉伸。

滚珠丝杠副的安装方式为固定-固定时，预拉伸力的计算公式如下：

$F_t = \rho \Delta t \frac{\pi d_2^2 E}{4} = 1.95 \Delta t d_2^2$

式中： F_t — 预拉伸力（N）
 d_2 — 丝杠的最小底径（mm）
 E — 弹性模量（ $E = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ）

8、滚珠丝杠副的传动系统刚度校核

传动系统刚度是指作用于滚珠丝杠副的轴向载荷与其轴向位移的比值，良好的传动系统刚度可以有效提高滚珠丝杠性能特性。

传动系统刚度校核遵循以下几个步骤：滚珠丝杠的轴向刚度、预估传动系统刚度，确定设计要求轴向静刚度 R_0 ，传动系统刚度校核。

8.1 滚珠丝杠的轴向刚度 R_s

轴向刚度：滚珠丝杠副抵抗轴向变形的能力（单位变形量所需的载荷）。

根据不同安装方式的方式计算方法不一样：

8.1.1 安装方式为固定-固定时

计算公式如下：

$$R_{s1} = \frac{\pi d_2^2 E}{4 l_{s1} 10^3} \times \frac{l_s}{l_s - l_{s1}}$$

式中： R_{s1} — 滚珠丝杠的拉压刚度（ $N/\mu m$ ）

l_s — 支承点间距离（ mm ）

l_{s1} — 螺母至固定端的距离

E — 弹性模量（ $E = 2.1 \times 10^5 N/mm^2$ ）

其中，当滚珠螺母位于行程两端时刚度最大：

$$R_{s1max} = \frac{\pi d_2^2 E}{4 l_{s1min} 10^3} \times \frac{l_s}{l_s - l_{s1min}}$$

当滚珠螺母位置支承中点， $l_{s2} = \frac{l_s}{2}$ ，刚度最小：

$$R_{s1min} = \frac{\pi d_2^2 E}{l_s 10^3} = 660 \frac{d_2^2}{l_s}$$

8.1.2 安装方式为固定-支承或固定-自由时

计算公式如下：

$$R_{s2} = \frac{\pi d_2^2 E}{4 l_{s2} 10^3}$$

其中，当滚珠螺母位于固定端有效行程起点处时刚度最大：

$$R_{s2max} = \frac{\pi d_2^2 E}{4 l_{s2min} 10^3}$$

当滚珠螺母与固定支承端距离最大时刚度最小：

$$R_{s2min} = \frac{\pi d_2^2 E}{4 l_s 10^3} = 165 \frac{d_2^2}{l_s}$$

8.2 预估传动系统刚度 R

传动系统刚度是滚珠丝杠副的一个刚度的综合参数，由多个具体刚度值决定，计算公式如下：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_{nu}} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_h}$$

式中： R — 传动系统刚度（ $N/\mu m$ ）；

R_s — 滚珠丝杠的轴向刚度（ $N/\mu m$ ），按安装方式分为 R_{s1} 或者 R_{s2}

R_{nu} — 滚珠螺母的轴向静刚度（ $N/\mu m$ ），计算方式可查询国标 GB/T 17587.4-2008

R_b — 支承轴承的轴向刚度（ $N/\mu m$ ），可查询轴承样本及相关资料

R_h — 螺母座及轴承支承座的刚度（ $N/\mu m$ ），一般忽略不计

在实际计算过程中，只有前三项对传动刚度影响最大，其它可忽略不计，计算公式可简化为：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_{nu}} + \frac{1}{R_b}$$

8.3 确定设计要求轴向静刚度 R_0

数控机床的进给传动系统的综合刚度必须以满足机床的加工精度为设计准则，数控机床反向差值主要取决于摩擦死区误差，摩擦死区误差要小于进给传动系统要求的反向差值和机床的重复定位精度，该情况下，轴向静刚度计算公式为：

$$R_0 = \frac{1.6 F_0}{\delta_1} = \frac{1.6 \mu_0 mg}{\delta_1}$$

式中： R_0 — 设计要求刚度（ $N/\mu m$ ）；

F_0 — 进给系统轴向启动导轨静摩擦力（ N ）；

δ_1 — 机床重复定位精度（ μm ）。

8.4 传动系统刚度校核

预估传动系统刚度 R 与设计要求轴向静刚度 R_0 作比较, 当 $R \geq R_0$ 时, 刚度校核合格, 当 $R < R_0$, 则为刚度校核不合格。

9、滚珠丝杠副的精度校核

滚珠丝杠的安装方式和滚珠螺母的位置不同, 滚珠丝杠的轴向刚度是不同的, 滚珠丝杠副的传动系统刚度也会改变。滚珠丝杠的精度校核, 需先确定滚珠丝杠副传动系统的最大与最小刚度来计算定位误差, 然后再根据其控制系统类型确定所需要的精度参数来进行计算, 最后根据GB/T 17587.3-2017进行精度的确定。

传动刚度变化引起的定位误差计算公式如下:

$$\delta_k = F_0 \left(\frac{1}{R_{min}} - \frac{1}{R_{max}} \right)$$

式中: δ_k — 定位误差 (mm)

9.1 对于开环控制系统控制的滚珠丝杠副

精度参数计算公式如下:

$$e_p + V_{up} \leq 0.8 (\delta_d - \delta_k)$$
$$e_p + V_{300p} \leq 0.8 (\delta_{300} - \delta_k)$$

9.2 对于半闭环控制系统

精度参数计算公式如下:

$$V_{up} \leq 0.8(\delta_d - \delta_k)$$
$$V_{300p} \leq 0.8(\delta_{300} - \delta_k)$$

式中: δ_d — 定位精度 (mm)
 δ_{300} — 300mm定位精度 (mm)

9.3 对于闭环控制系统

具体取决于光栅、数控系统、滚珠丝杠副接触刚度、扭转刚度等参数, 系统补偿后的定位精度可大大提高。

10、滚珠丝杠副寿命的计算

滚珠丝杠副的寿命 L : 在一套滚珠丝杠副中, 滚珠丝杠、滚珠螺母或滚珠的材料出现首次疲劳现象之前, 滚珠螺母相对滚珠丝杠旋转所能达到的转数。

滚珠丝杠副的额定寿命 L_{10} : 一套滚珠丝杠副在相同条件下运转的近似于相同的一组滚珠丝杠副而言, 不发生疲劳现象的概率为90%时所能达到的规定寿命。

寿命 L 与额定寿命 L_{10} 的计算公式分别如下:

$$L = \left(\frac{C_a}{F_a f_w} \right)^3 \times 10^6$$
$$L_t = \frac{L}{60n}$$

式中: C_a — 轴向额定动载荷 (N)
 F_a — 轴向负载 (N)
 L_t — 寿命时间 (h)
 f_w — 负载系数 (见表)
 n — 转数 (r/min)

负载系数 f_w

没有冲击、平滑运转	一般运转	有冲击、振动运转
1.0~1.2	1.2~1.5	1.5~3.0

11、电机的选型计算

11.1 计算动态预紧转矩 (基准扭矩) T_{p0}

动态预紧转矩 T_{p0} : 有预加载荷的滚珠丝杠副, 在无外部载荷作用下, 不计密封件的摩擦力矩, 使滚珠螺母相对滚珠丝杠转动所需的转矩, 其计算公式如下:

$$T_{p0} = k \frac{F_{a0} P_h}{2\pi} \approx 0.014 F_{a0} \sqrt{d_m P_h}$$

式中: T_{p0} — 动态预紧扭矩 (N·m)
 F_{a0} — 预紧力 (kN)
 d_m — 节圆直径 (mm)
 φ — 导程角 (°)
 k — 滚珠丝杠的转矩系数, $k = \frac{0.05}{\sqrt{\tan \varphi}}$

11.2 计算最大动态预紧转矩 T_{pmax}

动态预紧转矩的变动量 ΔT_p ：滚珠丝杠与滚珠螺母相对连续转动时，实际动态预紧转矩会以理论动态预紧转矩上下波动，允许波动的范围称为动态预紧转矩的变动量 ΔT_p ，具体数值可见表，其中 L_u/d_0 指长径比。

滚珠丝杠副的动态预紧转矩的变动量 ΔT_{p0}

滚珠丝杠副							
$T_{p0}(N \cdot m)$		标准公差等级					
		0	1	2	3	4	5
>	≤	$\Delta T_{pp}(T_{p0}\text{的}\% \text{数}) \frac{L_u}{d_0} \leq 40, L_u \leq 4000mm$					
0.2	0.4	30	35	37	40	45	50
0.4	0.6	25	30	32	35	37	40
0.6	1.0	20	25	27	30	32	35
1.0	2.5	15	20	22	25	27	30
2.5	6.3	10	15	17	20	22	25
6.3	10	—	—	—	15	17	20
>	≤	$\Delta T_{pp}(T_{p0}\text{的}\% \text{数}) 40 < \frac{L_u}{d_0} \leq 60, L_u \leq 4000mm$					
0.2	0.4	40	40	45	50	55	60
0.4	0.6	35	35	37	40	42	45
0.6	1.0	30	30	32	35	37	40
1.0	2.5	25	25	27	30	32	35
2.5	6.3	20	20	22	25	27	30
6.3	10	—	—	—	20	22	25

* (GB/T 17587.3-2017 E12项)

最大动态预紧转矩为波动值达到最大的动态预紧转矩，其计算公式如下：

$$T_{pmax} = (1 + \Delta T_{pp})T_{p0}$$

11.3 计算驱动扭矩 T

驱动扭矩 T ：滚珠丝杠克服工作台质量与工件质量及切削阻力产生的轴向载荷和驱动螺母往复运动所需的力矩，计算公式可分为以下两种情况：

11.3.1 匀速的驱动扭矩 T_1

(1) 回转运动变为直线运动为正传动，驱动扭矩 T_1 计算公式如下：

$$T_1 = \frac{F_a P_h}{2\pi \eta_p} \times 10^{-3}$$
$$\eta_p = \frac{\tan \varphi}{\tan(\varphi + \arctan \mu')}$$

式中： F_a — 轴向工作载荷 (kN)； $F_a = F + F_b$

F_b — 工作台轴向力； $F_b = \mu mg$

η_p — 正传动效率；

φ — 导程角；

μ' — 当量摩擦系数， $\mu' = 0.0025 \sim 0.0035$ 。

(2) 直线运动变为回转运动为逆传动，驱动扭矩 T'_1 计算公式如下：

$$T'_1 = \frac{F_a P_h \eta'_p}{2\pi} \times 10^{-3}$$
$$\eta'_p = \frac{\tan(\varphi - \arctan \mu')}{\tan \varphi}$$

11.3.2 加速的驱动扭矩 T_2

加速驱动滚珠丝杠副时所需的最大转矩可由以下公式得出：

1) 水平使用时：

$$T_2 = J_L \cdot \dot{\omega} + \frac{F_b P_h}{2\pi \eta_p} \times 10^{-3}$$

2) 垂直使用时：

$$T_2 = J_L \cdot \dot{\omega} + \frac{(F_b + mg) P_h}{2\pi \eta_p} \times 10^{-3}$$

$$J_L = \frac{\lambda}{\lambda - 1} J_{G1} i^2 \left[J_{G2} + J_s + J_u + m \left(\frac{P_h}{2\pi} \right)^2 \right]$$

式中: $\dot{\omega}$ — 电动机的角加速度 (rad/s^2)

J_L — 对电动机施加的惯性转矩 (kg/m^2)

J_{G1} — 齿轮 1 的惯性转矩 (kg/m^2)

J_{G2} — 齿轮 2 的惯性转矩 (kg/m^2)

J_s — 滚珠丝杠的惯性转矩 (kg/m^2)

J_u — 联轴器的惯性转矩 (kg/m^2)

λ — 惯量比安全系数, 取值 2~8 (精密机床推荐选取 3 以下)

11.3.3 滚珠丝杠、齿轮等圆柱体的惯性转矩

计算公式如下:

$$J_b = \frac{\pi \cdot \rho}{32} D^4 \cdot L$$

式中: J_b — 圆柱体惯性矩 ($\text{kg} \cdot \text{cm}^2$)

ρ — 材料密度 (kg/cm^3)

D — 圆柱体直径 (cm)

L — 圆柱体长度 (cm)

11.4 电机的选型

(1) 电机额定转速大于等于电机最大工作转速, $N_m \geq N$;

(2) 电机额定转矩大于等于匀速的驱动扭矩, $T_N \geq (T_{pmax} + T_1 + T_u)i$;

(3) 电机峰值扭矩大于等于加速的驱动扭矩, $T_{Nmax} \geq (T_{pmax} + T_2 + T_u)i$;

(4) 电机转动惯量 $J_m \geq \frac{J_L}{\lambda}$ 。

注: T_u 为支承轴承的摩擦力矩, 具体数据可咨询相关厂家。

12、滚珠丝杠副的使用注意事项

12.1 润滑

润滑的目的是在相互接触的表面之间施加润滑剂形成润滑膜, 减少摩擦磨损。润滑的效果会直接影响滚珠丝杠副温升。常见的润滑剂可以分为两大类: 润滑油和润滑脂。

(1) 润滑油

滚珠丝杠副在高速轻中载的情况下通常使用 40℃ 时粘度指数范围为 32~68cst 的润滑油, 低速重载时通常使用 40℃ 时粘度指数为 90cst 以上的润滑油。设备在工作时使用集中润滑供油系统定时定量对滚珠丝杠副注入润滑油, 使滚珠丝杠副运行润滑可靠, 摩擦系数小, 具有良好的冷却和清洗作用。

(2) 润滑脂

凯特公司滚珠丝杠副的螺母在出厂前预先注入 2 号锂基脂, 油脂粘附性好, 不易流失。建议设备在工作时使用集中润滑供油系统注入 00, 0 或 1 号锂基脂。特别注意使用的润滑脂不得含有石墨、二硫化钼等固体润滑成分。

12.2 密封

滚珠螺母如果有污物或者异物进入, 会加剧滚珠丝杠副的磨损, 导致滚珠丝杠副的寿命降低。凯特公司滚珠丝杠副在出厂时已标配迷宫式密封圈。建议用户在使用环境中增加丝杠风琴套、盔甲防护罩、气密保护等措施, 防止污物或异物入侵。

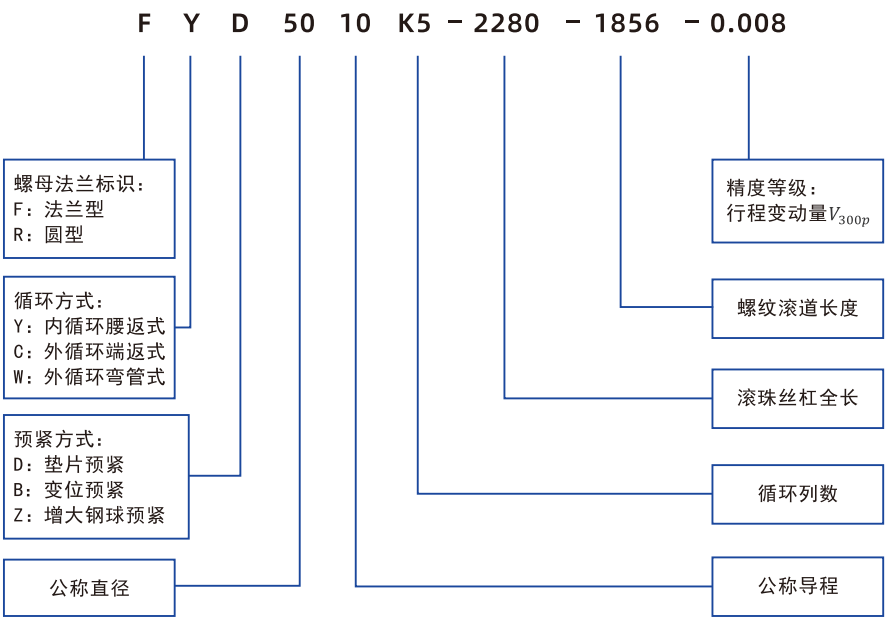
12.3 安装使用注意事项

(1) 滚珠丝杠副在安装时需保证两端轴承支承座孔与螺母座孔同心, 不允许在不同心情况下强行安装, 自然同心状态可保证滚珠丝杠副受力均匀, 防止产生倾覆力。

(2) 滚珠螺母在安装过程中尽量靠近支承轴承处;

(3) 滚珠螺母在有效行程内运行时, 需在行程两端配置限位, 以避免螺母越程脱离滚珠丝杠而使滚珠脱落。如发生滚珠螺母脱离滚珠丝杠或滚珠脱落, 请与本公司联络。

● HTPM滚珠丝杠副的订货编号



注：1、可批量供应P2级及以上滚珠丝杠副；
2、默认提供右旋丝杠；
3、如有特殊定制化需求，请与本公司联系。

● HTPM滚珠丝杠副系列产品

1、外循环（端返式）滚珠丝杠副

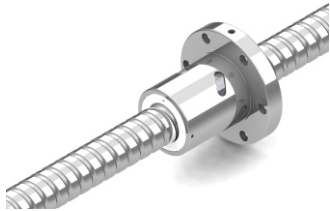


FCZ

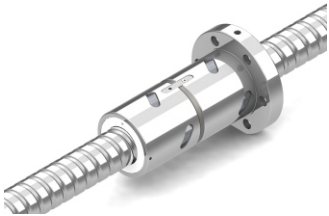


FCD

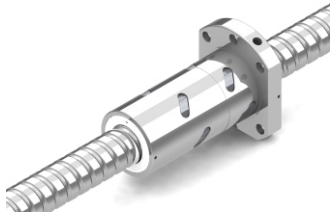
2、内循环（腰返式）滚珠丝杠副



FYZ

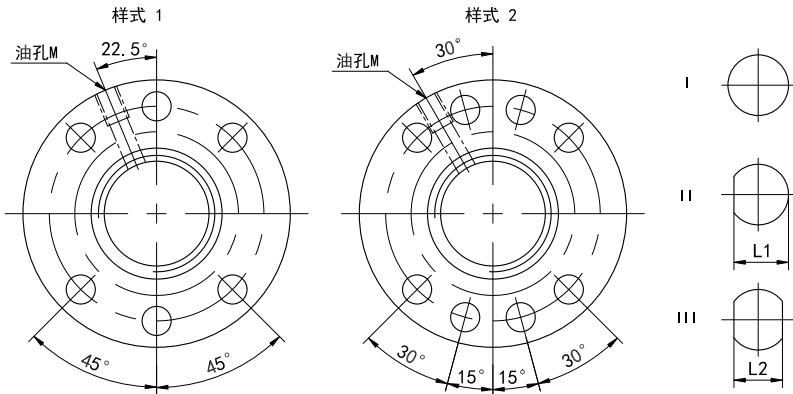
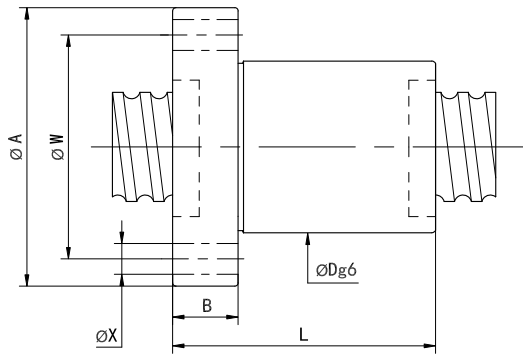


FYD



FYB

FCZ系列 端返式单螺母滚珠丝杠副

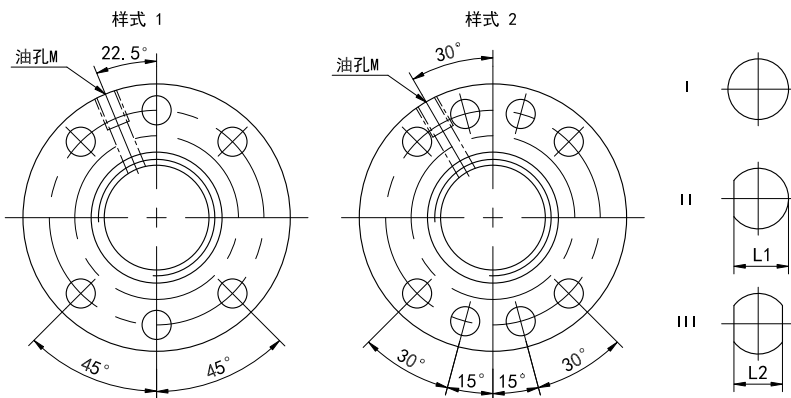
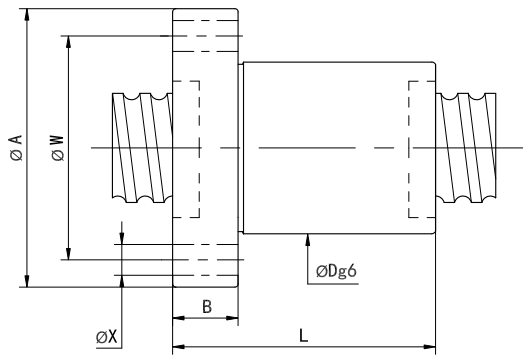


单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸										动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)		
							D	L		样式	I (A)	II (L1)	III (L2)	B	W	X				M	
2505 K4	25	5	3.175	25.75	22.26	4	40	41	1		62	55	48	12	51	6.6	M6X1	1560	4380	46	
2505 K5				5	46	1940		5465										57			
2510 K3		10		25.6	22.11	3		50										1186	3200	36	
2510 K4						4		60										1484	3983	44	
2812 K4	28	12	4.763	29	23.76	4	50	72			80	71	62	12	65	9		M6X1	2910	7600	61
2812 K5						5		84											3635	9490	76
2816 K4		16				4		90								6.6			2820	7370	60
2816 K5						5		106											3520	9215	74
3210 K3	32	10	3.969	32.8	28.43	3	50	55			80	71	62	16	65	9	M8X1		1935	5700	50
3210 K4						4		65											2420	7125	63
3210 K5						5		75											2925	8975	79
3210 K3			4.763	33	27.76	3	54	55			87	75.5	65		71				2320	6574	51
3210 K4						4		65	2914	8244								64			
3210 K5						5		75	3648	10316								82			
3210 K3		16	6.35	33.4	26.42	3	57	58	78	69	77	9	M8X1	3395	8752	54					
3210 K4						4		68						4258	10061	68					
3210 K5						5		78						5329	13684	84					
3216 K3						60	3	75	92	83				74	77	3452		8636	54		
3216 K4							4	91								4320		10796	68		
3216 K5							5	107								5415		13500	85		

注：表列刚性值，在预压力为30%动载荷之条件下计算。

FCZ系列 端返式单螺母滚珠丝杠副

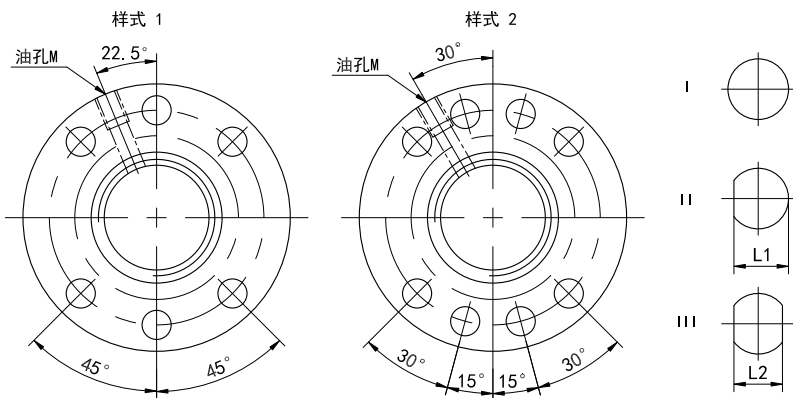
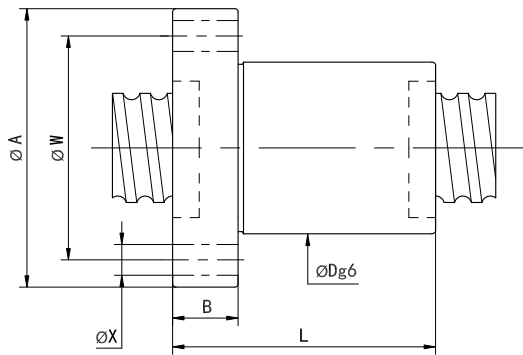


单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸										动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)	
							D	L		样式	I (A)	II (L1)	III (L2)	B	W	X				M
3616 K3	36	16	6.35	37.4	30.42	3	66	77		2	96	84.5	73	16	81	9	M8X1	3602	9915	60
3616 K4						4		93										4520	12416	75
3616 K5						5		109										5642	15513	94
3816 K5	38	16	6.35	39	32.02	5	63	93			93	81.5	70		78			5830	16470	99
4010 K3	40	10	6.35	41.4	34.42	3	70	58		2	100	87.5	75	18	85	9	M8X1	3840	11165	63
4010 K4						4		68										4815	13954	80
4010 K5						5		78										5994	17460	100
4010 K6						6		88										7520	21830	125
4012 K3						3		64										3820	11162	65
4012 K4		4				76		4791										13940	80	
4012 K5		5				88		5983										17430	98	
4016 K3		16				3		77										3816	11126	65
4016 K4						4		93										4748	13893	82
4016 K5						5		109										5965	17385	104
4020 K3						3		91										3885	10950	64
4020 K4						4		111										4860	13710	81

注：表列刚性值，在预压力为30%动载荷之条件下计算。

FCZ系列 端返式单螺母滚珠丝杠副

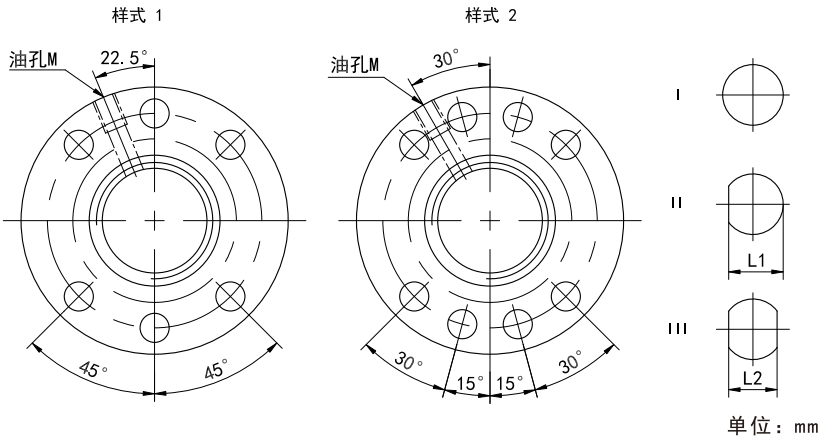
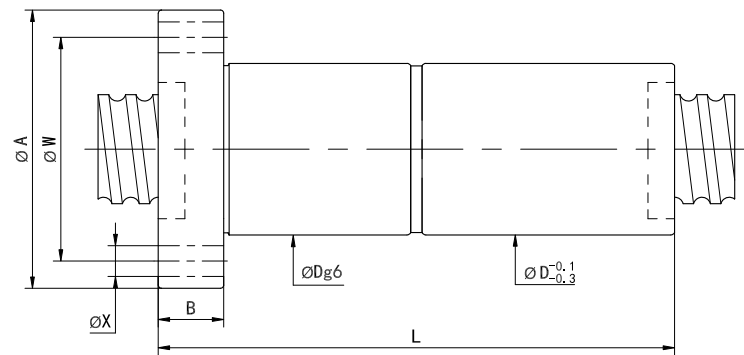


单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸										动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)	
							D	L		样式	I (A)	II (L1)	III (L2)	B	W	X				M
5010 K3	50	10	6.35	51.4	44.42	3	82	60		2	118	105	92	18	100	11	M8X1	4266	14162	75
5010 K4						4		70										5348	17480	94
5010 K5						5		80										6674	22110	118
5010 K6						6		90										8351	27626	146
5012 K4		12				4		70										5345	17690	97
5012 K5						5		82										6685	22110	123
5016 K3		16				3		79										4244	14110	76
5016 K4						4		95										5325	17638	96
5016 K5						5		111										6666	22044	122
5020 K3						20		3										87	4320	13926
5020 K4		4						107										5414	17420	99
8010 K4		80				10		6.35										81.4	74.42	4
8010 K5	5		80	8278	36462		157													
8010 K6	6		90	9932	43754		188													

注：表列刚性值，在预压力为30%动载荷之条件下计算。

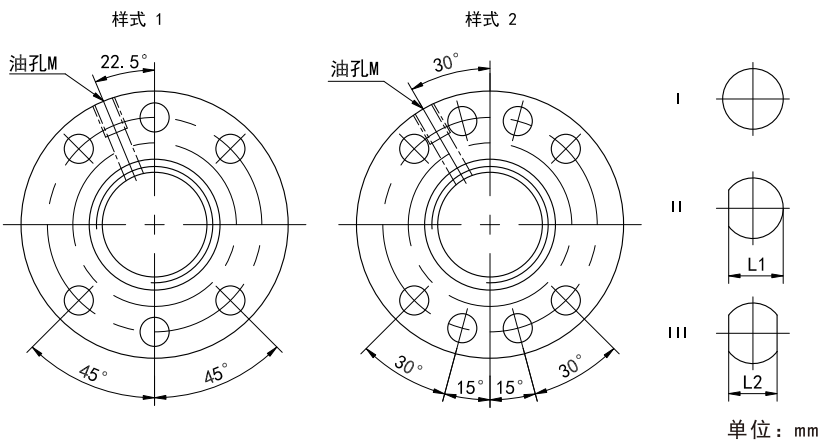
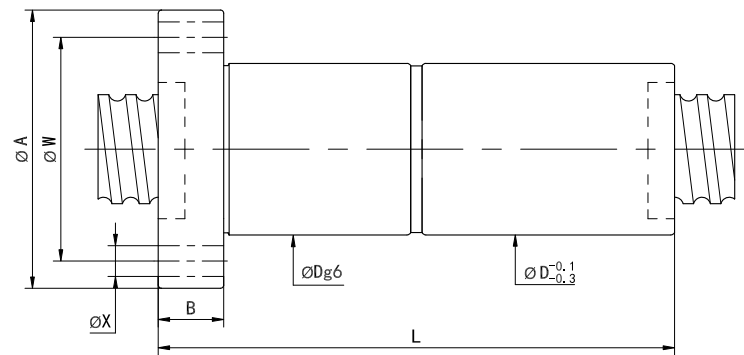
FCD系列 端返式双螺母滚珠丝杠副



型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸										动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)		
							D	L		样式	I (A)	II (L1)	III (L2)	B	W	X				M	
2505 K4	25	5	3.175	25.75	22.26	4	40	76	1		62	55	48	12	51	6.6	M6X1	1560	4380	61	
2505 K5				5	86	1940		5465										76			
2510 K3		10		25.6	22.11	3		103										1186	3200	47	
2510 K4						4		123										1484	3983	58	
2812 K4	28	12	4.763	29	23.76	4	50	144			80	71	62	16	65	9		M6X1	2910	7600	80
2812 K5						5		168											3635	9490	100
2816 K4		16				4		146						12	65	6.6			2820	7370	78
2816 K5						5		178											3520	9215	98
3210 K3	32	10	3.969	32.8	28.43	3	50	105			80	71	62	16	65	9	M6X1		1935	5700	72
3210 K4						4		125											2420	7125	90
3210 K5						5		145											2925	8975	106
3210 K3			4.763	33	27.76	3	54	105			87	75.5	65						71	2320	6574
3210 K4						4		125	2914	8244								85			
3210 K5						5		145	3648	10316								106			
3210 K3		16	6.35	33.4	26.42	3	57	118	87	78	69	16	72	9	M8X1	3395		8752	71		
3210 K4						4		138								4258		10061	90		
3210 K5						5		158								5329	13684	111			
3216 K3						3	60	147		92	83					74	77	3452	8636	72	
3216 K4						4		179										4320	10796	90	
3216 K5						5		211										5415	13500	112	

注：表列刚性值，在预压力为10%动载荷之条件下计算。

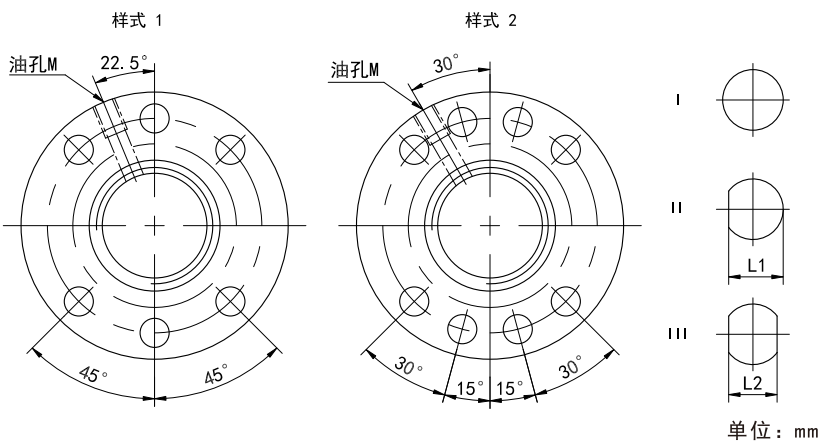
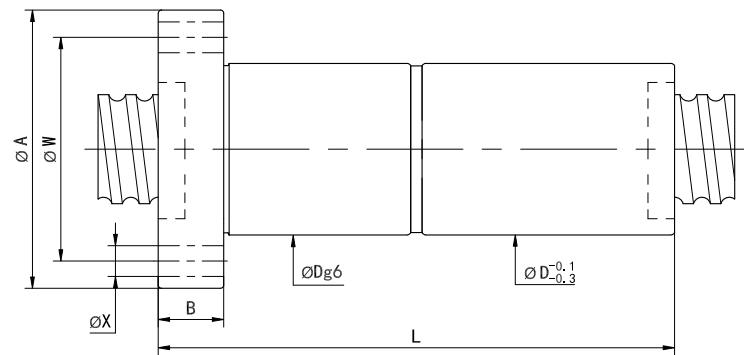
FCD系列 端返式双螺母滚珠丝杠副



型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸										动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 <i>(kgf/μm)</i>	
							D	L		样式	I (A)	II (L1)	III (L2)	B	W	X				M
3616 K4	36	16	6.35	37.4	30.42	4	66	189			96	84.5	73	16	81			4520	12416	100
3616 K5						5		221										5642	15513	123
3816 K5	38	16	6.35	39	32.02	5	63	189			93	81.5	70		78			5830	16470	127
4010 K3	40	10	6.35	41.4	34.42	3	70	118		2	100	87.5	75	18	85	9	M8X1	3840	11165	85
4010 K4						4		138										4815	13954	106
4010 K5						5		158										5994	17460	135
4010 K6						6		178										7520	21830	166
4012 K3						3		124										3820	11162	84
4012 K4						4		148										4791	13940	104
4012 K5		5				172		5983										17430	133	
4016 K3		16				3		157										3816	11126	83
4016 K4						4		189										4748	13893	103
4016 K5						5		221										5965	17385	134
4020 K3						3		181										3885	10950	85
4020 K4						20		4										221	4860	13710

注：表列刚性值，在预压力为10%动载荷之条件下计算。

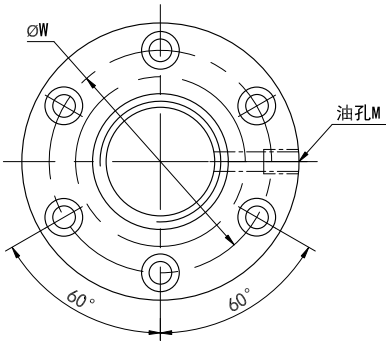
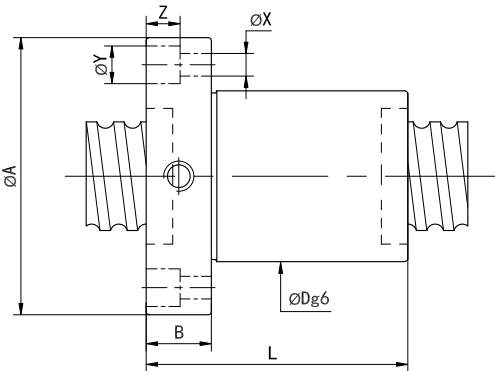
FCD系列 端返式双螺母滚珠丝杠副



型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸										动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)	
							D	L		样式	I (A)	II (L1)	III (L2)	B	W	X				M
5010 K3	50	10	6.35	51.4	44.42	3	82	120		2	118	105	92	18	100	11	M8X1	4266	14162	99
5010 K4						4		140										5348	17480	124
5010 K5						5		160										6674	22110	156
5010 K6						6		180										8351	27626	195
5012 K4		12				4		148										5345	17690	129
5012 K5						5		172										6685	22110	162
5016 K3		16				3		159										4244	14110	103
5016 K4						4		191										5325	17638	128
5016 K5						5		223										6666	22044	161
5020 K3		20				3		177										4320	13926	104
5020 K4						4		217										5414	17420	130
8010 K4		80				10		6.35										81.4	74.42	4
8010 K5	5		160	8278	36462		211													
8010 K6	6		180	9932	43754		264													

注：表列刚性值，在预压力为10%动载荷之条件下计算。

FYZ系列 腰返式单螺母滚珠丝杠副

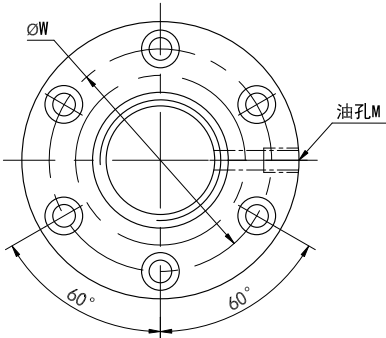
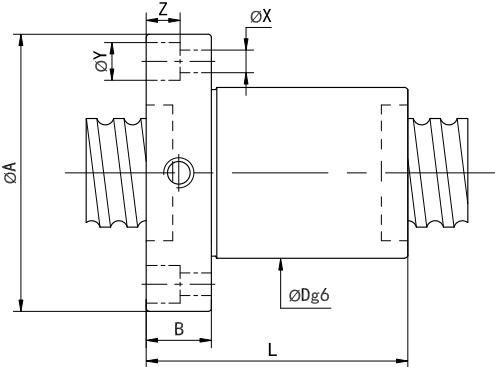


单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸										动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)
							D	L		A	B	W	X	Y	Z	M			
2004 K3	20	4	2.381	20.5	17.88	3	36	40		60	11	48	5.5	9.5	6	M6X1	480	1075	15
2004 K4						44		601									1344	18	
2005 K3		5	3.175	20.75	17.26	3		46			800						1660	17	
2005 K4						4		53			1030						2150	26	
2505 K3	25	5	3.175	25.75	22.26	3	40	46	66	12	53	5.5	9.5	6	915		2188	26	
2505 K4						4		50							1160		2913	34	
2505 K5						5		57							1390		3627	37	
3205 K3	32	5	3.175	32.75	29.28	3	50	47		82	13	67	6.6	11	6.5		1032	2863	31
3205 K4						4		53									1326	3878	38
3205 K5						5		57									1624	4847	46
3205 K6						6		63									1921	5816	59
3206 K3		6	3.969	33	28.93	3		51									1372	3431	30
3206 K4						4		60									1736	4568	40
3206 K5						5		66									2149	5631	50
3206 K6						6		72									2486	6852	61
3208 K3		8	4.763	33.25	28.01	3	53	65		90	16	71	9	14	8.5	M8X1	1715	4060	33
3208 K4						4		74									2195	5345	45
3208 K5						5		82									2745	6687	56
3210 K3		10	6.35	33.75	26.77	3		76									2396	5024	32
3210 K4						4		83									3060	6729	45
3210 K5						5		97									3742	8816	56

注：表列刚性值，在预压力为30%动载荷之条件下计算。

FYZ系列 腰返式单螺母滚珠丝杠副

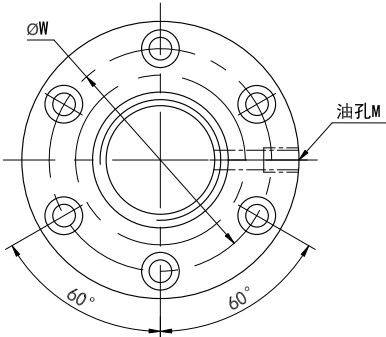
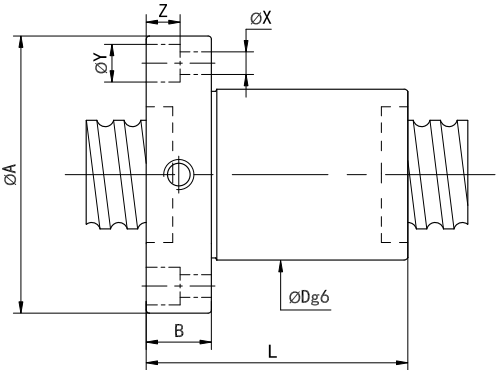


单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸										动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)
							D	L		A	B	W	X	Y	Z	M			
4005 K3	40	5	3.175	40.75	37.26	3	60	50		94	16	75	9	14	8.5	M8X1	1289	4166	40
4005 K4						4		55									1510	4982	48
4005 K5						5		61									1864	6243	58
4005 K6						6		66									2142	7486	70
4006 K3		6	3.969	41	36.63	3		56									1250	4860	37
4006 K4						4		63									2015	6080	47
4006 K5						5		69									2290	7300	55
4006 K6						6		75									2860	9130	69
4010 K3		10	6.35	41.75	34.77	3	63	79		108	18	85	11	17.5	11		2780	6726	37
4010 K4						4		90									3586	8942	47
4010 K5						5		100									4324	11190	58
4010 K6						6		110									5096	13425	70
5005 K3	50	5	3.175	50.75	47.26	3	71	55		110	16	90	9	14	8.5	1323	5058	48	
5005 K4						4		60								1686	6745	59	
5005 K5						5		65								1997	7831	69	
5005 K6						6		70								2325	9713	87	
5010 K3		10	6.35	51.75	44.77	3	75	78		118	18	95	11	17.5	11	3203	8780	47	
5010 K4						4		88								4124	11710	58	
5010 K5						5		98								5246	15415	71	
5010 K6						6		114								5837	17824	86	

注：表列刚性值，在预压力为30%动载荷之条件下计算。

FYZ系列 腰返式单螺母滚珠丝杠副

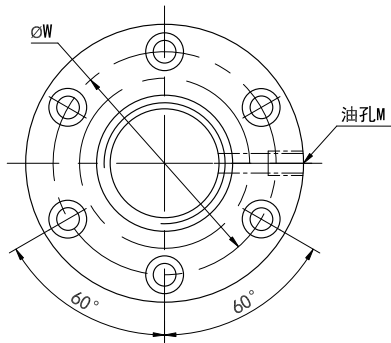
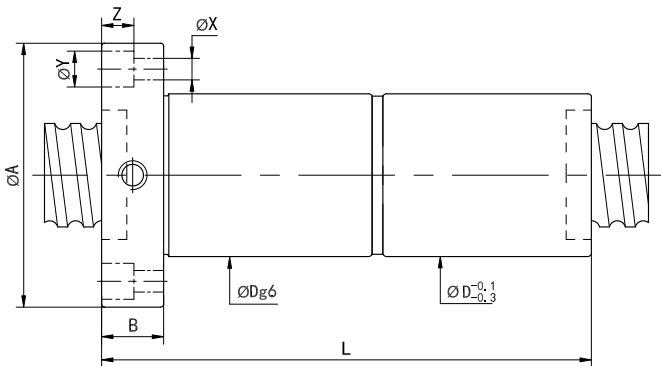


单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸									动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)	
							D	L		A	B	W	X	Y	Z				M
6310 K3	63	10	6.35	64.75	57.77	3	90	85		138	22	112	14	20	13	M10X1	3690	10145	59
6310 K4						4		98									4615	12680	74
6310 K5						5		108									5320	18075	86
6310 K6						6		114									6540	22595	108
6312 K3		12	7.938	65.25	56.52	3		93									4920	14650	57
6312 K4						4		111									6150	18320	72
6312 K5						5		117									7277	22910	91
6312 K6						6		130									9100	28857	105
6320 K3		20	9.525	65.75	55.27	3	95	135		153	28	123	18	26	17.5		8060	22410	73
6320 K4						4		155									10300	29880	83
6320 K5						5		175									12370	35857	99
6320 K6						6		195									14850	43044	120
8012 K4	80	12	7.938	82.25	73.52	4	110	111	158	22	132	14	20	13	7190	24665	90		
8012 K5						5		123							8690	30820	110		
8012 K6						6		136							10190	36995	131		

注：表列刚性值，在预压力为30%动载荷之条件下计算。

FYD系列 腰返式双螺母滚珠丝杠副

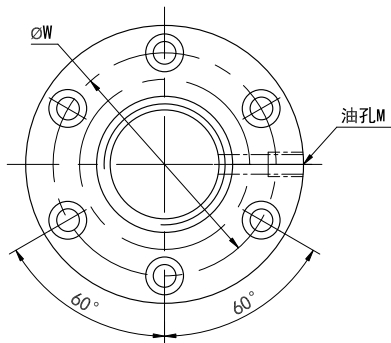
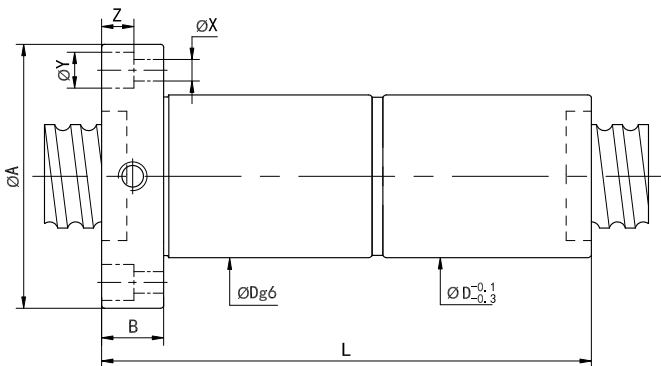


单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸									动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)		
							D	L		A	B	W	X	Y	Z				M	
2004 K3	20	4	2.381	20.5	17.88	3	36	72		60	11	48	5.5	9.5	6	M6X1	480	1075	28	
2004 K4						80		601									1344	36		
2005 K3		5	3.175	20.75	17.26	3		81			800						1660	34		
2005 K4						4		92			1030						2150	66		
2505 K3	25	5	3.175	25.75	22.26	3	40	80	66	12	53	5.5	9.5	6	915		2188	50		
2505 K4						4		92							1160		2913	66		
2505 K5						5		102							1390		3627	89		
3205 K3	32	5	3.175	32.75	29.26	3	50	83	82	13	67	6.6	11	6.5	1032		2863	59		
3205 K4						4		92							1326		3878	76		
3205 K5						5		108							1624		4847	92		
3205 K6						6		118							1921		5816	113		
3206 K3		6	3.969	33	28.93	3		93							1372		3431	61		
3206 K4						4		108							1736		4568	78		
3206 K5						5		120							2149		5631	98		
3206 K6						6		132							2486		6852	117		
3208 K3		8	4.763	33.25	28.01	3	53	116			90	16	71	9	14	8.5	M8X1	1715	4060	63
3208 K4						4		133										2195	5345	75
3208 K5						5		153										2745	6687	95
3210 K3		10	6.35	33.75	26.77	3		136										2396	5024	62
3210 K4						4		156										3060	6729	75
3210 K5						5		176										3742	8816	92

注：表列刚性值，在预压力为10%动载荷之条件下计算。

FYD系列 腰返式双螺母滚珠丝杠副

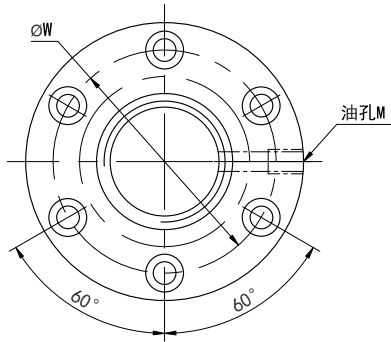
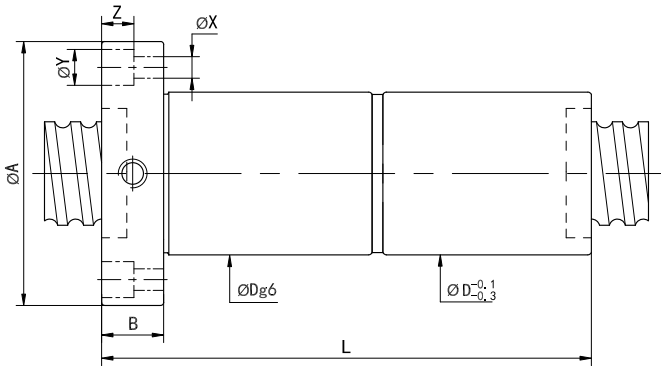


单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸										动载荷 $c_d(kgf)$	静载荷 $c_{0d}(kgf)$	刚度 $(kgf/\mu m)$
							D	L		A	B	W	X	Y	Z	M			
4005 K3	40	5	3.175	40.75	37.26	3	60	85		94	16	75	9	14	8.5	M8X1	1289	4166	77
4005 K4						4		96									1510	4982	93
4005 K5						5		111									1864	6243	114
4005 K6						6		116									2142	7486	138
4006 K3		6	3.969	41	36.63	3		99									1250	4860	75
4006 K4						4		113									2015	6080	94
4006 K5						5		122									2290	7300	114
4006 K6						6		137									2860	9130	140
4010 K3		10	6.35	41.75	34.77	3	63	135		108	18	85	11	17.5	11		2780	6726	70
4010 K4						4		158									3586	8942	93
4010 K5						5		189									4324	11190	110
4010 K6						6		205									5096	13425	128
5005 K3	50	5	3.175	50.75	47.26	3	71	92	110	16	90	9	14	8.5	1323	5058	80		
5005 K4						4		102							1686	6745	102		
5005 K5						5		111							1997	7831	124		
5005 K6						6		122							2325	9713	139		
5010 K3	50	10	6.35	51.75	44.77	3	75	135	118	18	95	11	17.5	11	3203	8780	87		
5010 K4						4		158							4124	11710	115		
5010 K5						5		189							5246	15415	138		
5010 K6						6		205							5837	17824	172		

注：表列刚性值，在预压力为10%动载荷之条件下计算。

FYD系列 腰返式双螺母滚珠丝杠副

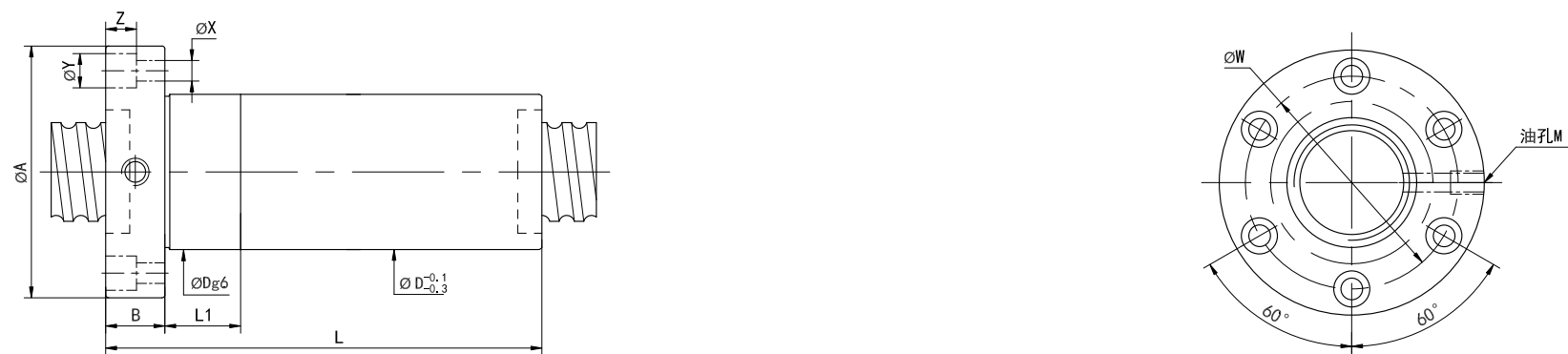


单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸									动载荷 <i>c_a</i> (<i>kgf</i>)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (<i>kgf</i>)	刚度 (<i>kgf</i> /μ <i>m</i>)	
							D	L		A	B	W	X	Y	Z				M
6310 K3	63	10	6.35	64.75	57.77	3	90	139		138	22	112	14	20	13	M10X1	3690	10145	86
6310 K4						4		163									4615	12680	108
6310 K5						5		192									5320	18075	172
6310 K6						6		211									6540	22595	215
6312 K3		12	7.938	65.25	56.52	3	176	4920									14650	114	
6312 K4						4	189	6150									18320	142	
6312 K5						5	218	7277									22910	179	
6312 K6						6	248	9100									28857	211	
6320 K3		20	9.525	65.75	55.27	3	95	253		153	28	123	18	26	17.5		8060	22410	147
6320 K4						4		295									10300	29880	195
6320 K5						5		335									12370	35857	234
6320 K6						6		376									14850	43044	281
8012 K4	80	12	7.938	82.25	73.52	4	110	195	158	22	132	14	20	13	7190	24665	186		
8012 K5						5		230							8690	30820	230		
8012 K6						6		248							10190	36995	274		

注：表列刚性值，在预压力为10%动载荷之条件下计算。

FYB系列 腰返式单螺母滚珠丝杠副



单位：mm

型号	公称直径	导程	钢球直径	节圆直径	丝杠底径	负载列数	螺母安装尺寸											动载荷 <i>c_a</i> (kgf)	静载荷 <i>c_{0a}</i> (kgf)	刚度 (kgf/μm)
							D	L		L1	A	B	W	X	Y	Z	M			
2505 K3	25	5	3.175	25.75	22.28	3	40	66		15	66	12	53	5.5	9.5	6	M6X1	915	2188	50
3205 K3	32	5	3.175	32.75	29.28	3	50	66	82		13	67	6.6	11	6.5	1032		2863	59	
3205 K4						4		76							1326	3878		76		
3210 K3						10		6.35	33.75		26.9	3	53	116	90					
4005 K3	40	5	3.175	40.75	37.28	3	60	72	25	94	16	75	9	14	8.5	M8X1	1289	4166	77	
4005 K4						4		82									1510	4982	93	
4005 K5						5		92									1864	6243	114	
4010 K3						10		6.35									41.75	34.9	3	63
4010 K4		4	140	3586	8942		93													
5010 K3	50	10	6.35	51.75	44.9	3	75	120	40	118	18	95	11	17.5	11		3203	8780	87	
5010 K4						4		140								4124	11710	115		
5010 K5						5		160								5246	15415	138		

注：表列刚性值，在预压力为10%动载荷之条件下计算。