



中华人民共和国国家标准

GB/T 17587.3—1998
eqv ISO 3408-3:1992

滚珠丝杠副 第3部分:验收条件和验收检验

Ball screws—
Part 3: Acceptance conditions and acceptance tests

1998-11-18 发布

1999-09-01 实施

国家质量技术监督局 发布

GB/T 17587.3—1998

前 言

本标准根据国际标准 ISO 3408-3:1992《滚珠丝杠副 第3部分:验收条件和验收检验》对 JB/T 3162.2—91《滚珠丝杠副 验收技术条件》进行修订,在技术内容上等效采用国际标准。

本标准与 ISO 3408-3:1992 标准对比主要有以下不同之处:

1. 由于我国机电产品中应用的滚珠丝杠副,其中相当一部分的行程偏差为 ISO 286-2:1988 的标准公差等级 IT2 及 IT4 级,故在 4.1 中增加了 2 级与 4 级两个准公差等级。4.2.1 中相应地增加 2 级与 4 级精度有效行程 l_e 内行程变动量 V_{ap} 的计算公式。

2. 4.2.2 行程偏差的检验,根据我国现有的检测设备和水平,应优先采用符合图 2 基本测量原理的方法进行检测。

3. 将 5.2 中 E5 检验项目中 l_1 长度上的圆跳动中的“公称直径 l_1/d_0 ”改为“长径比 l_1/d_0 ”。检验说明中注 1 改写为“经商定允许将滚珠丝杠顶在中心孔上测量,此时 l_1 应为丝杠总长”。同时 E6、E7、E8 中增加一条注:“经商定允许将丝杠顶在中心孔上测量”。

4. 在 5.2 跳动和位置公差中 E8 项中,简化了测量方法,去掉了直线度引起的偏差值 Δ 。

5. 将 5.3 性能检验中 E12 动态预紧转矩,极限偏差 ΔT_{pp} 栏内 $l_u \leq 4\,000\text{ mm}$ 取消;并将 $l_u > 4\,000\text{ mm}$ 条件下允差值全部取消。增加一条注“ $l_u > 3\,000\text{ mm}$ 的超长滚珠丝杠副由用户和制造厂商商定”。

6. 附录 A 表 A2 内 300 mm 内最少测量数(测量间隔)中“导程”改为“公称导程”,“ P_h ”改为“ P_{h0} ”。其值 2.5、5、10、20、40 改为 ≤ 2.5 , $> 2.5 \sim 5$, $> 5 \sim 10$, $> 10 \sim 20$, $> 20 \sim 40$ 。

7. 附录 A 表 A3 最大余程中“导程”改为“公称导程”,“ P_h ”改为“ P_{h0} ”。表后增加注:其他公称导程的最大余程按下式计算:

$$\text{当 } P_{h0} \leq 12, l_{\max} = 4P_{h0};$$

$$12 < P_{h0} < 40, l_{\max} = 3P_{h0}.$$

GB/T 17587 由以下三部分组成:

GB/T 17587.1—1998《滚珠丝杠副 第1部分:术语和符号》;

GB/T 17587.2—1998《滚珠丝杠副 第2部分:公称直径和公称导程 公制系列》;

GB/T 17587.3—1998《滚珠丝杠副 第3部分:验收条件和验收检验》。

本标准从实施之日起,JB/T 3162.2—91《滚珠丝杠副 验收技术条件》即行废止。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准由国家机械工业局提出。

本标准由北京机床研究所归口。

本标准起草单位:南京工艺装备制造厂、汉江机床厂、北京机床研究所。

本标准主要起草人:赵建东、闫砚文、陈孝富、黄祖尧、肖蔚鸣、李文华。

GB/T 17587.3—1998

ISO 前 言

ISO(国际标准化组织)是世界范围内各国标准化组织(ISO 成员)的联合组织。国际标准的制定工作通常由 ISO 的技术委员会完成。对技术委员会设立的某一专题感兴趣的每个 ISO 成员都有权在该技术委员会表达自己的意见。与 ISO 有联系的国际组织、官方或非官方机构也可参与此项工作。ISO 在电工标准的所有问题上与国际电工委员会(IEC)合作密切。

经技术委员会接受的国际标准草案,在发往各成员征求意见后表决。国际标准的发布要求至少 75% 的成员投票通过。

国际标准 ISO 3408-3 是由 ISO/TC 39 机床技术委员会制订的。

编号为 ISO 3408 的滚珠丝杠副标准由以下五个部分组成:

第 1 部分:术语和符号;

第 2 部分:公称直径和公称导程 公制系列;

第 3 部分:验收条件和验收检验;

第 4 部分:轴向静刚度;

第 5 部分:轴向额定静载荷、动载荷及寿命。

附录 A 是 ISO 3408-3 第 3 部分的组成部分。

中华人民共和国国家标准

滚珠丝杠副

第3部分:验收条件和验收检验

GB/T 17587.3—1998
eqv ISO 3408-3:1992

Ball screws—

Part 3: Acceptance conditions and acceptance tests

1 范围

本标准规定了滚珠丝杠副(见图1)的验收条件,特别是规定了各验收检验项目的名称及相应允差值。

注:实际结构不必与图1所示结构一致。

所需检验项目由制造厂与用户协商确定。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 17587.1—1998 滚珠丝杠副 第1部分:术语和符号

GB/T 10931.1—1998 机床检验通则 第1部分:在无负荷或精加工条件下机床的几何精度

ISO 286-2:1988 ISO 制公差与配合 第1部分:孔和轴的标准公差等级和极限偏差表

3 定义

本标准使用 GB/T 17587.1 中给出的定义。

4 验收条件和允差值

4.1 分级

滚珠丝杠副根据使用范围及要求分为7个标准公差等级(见表1)

表1 标准公差等级

标准公差等级 1	
标准公差等级 2*	
标准公差等级 3	
标准公差等级 4*	
标准公差等级 5	
标准公差等级 7	
标准公差等级 10	



精度和性能增高方向

注:表中带*号的标准公差等级为不优先采用的标准公差等级。

4.2 几何精度检验

4.2.1 公差

检验有效行程 l_0 时(检验项目 E1.1 和 E1.2),目标行程公差 e_p 直接取自 ISO 286-2:1988 的表 1。

有效行程 l_0 大于 3 150 mm 时,目标行程公差 e_p 可用直线外插入法计算得到(见附录 A(标准的附录)表 A1)。

有效行程 l_0 内行程变动量 V_{up} 的公差(μm)用下列公式计算:

$$1 \text{ 级: } V_{up} = 0.0045 \bar{l}_0 + 4.6$$

$$2 \text{ 级: } V_{up} = 0.0064 \bar{l}_0 + 6.5$$

$$3 \text{ 级: } V_{up} = 0.009 \bar{l}_0 + 9.2$$

$$4 \text{ 级: } V_{up} = 0.0127 \bar{l}_0 + 13$$

$$5 \text{ 级: } V_{up} = 0.0180 \bar{l}_0 + 18.4$$

式中: $\bar{l}_0$ ——是表 A1 中所给定的测量行程的起(大于)止(至)长度的几何平均值。单位是 mm。

$$\bar{l}_0 = \sqrt{l_{\text{umax}} \times l_{\text{umin}}}$$

跳动公差和位置公差由经验确定。

4.2.2 行程偏差

根据滚珠丝杠副类型[定位(P型)或传动(T型)]应进行表 2 中规定的检验。

基本测量原理图见图 2 所示。

表 2 行程偏差的检验项目

每一基准长度的行程偏差	滚珠丝杠副类型	
	P	T
	检验序号	
有效行程 l_0 内行程补偿值 c	用户规定	$c=0$
目标行程公差 e_p	E1.1	E1.2
有效行程内允许的行程变动量 V_{up}	E2	—
300 mm 行程内允许的行程变动量 V_{300P}	E3	E3
2 π 弧度内允许的行程变动量 $V_{2\pi P}$	E4	—

检验值和公差是指滚珠螺母相对滚珠丝杠的位移。

由有关这项检验的专门协议规定,可采用下列方法进行检验。

用一测量球与不旋转的滚珠丝杠滚道接触,逐牙进行测量。测量间隔见附录 A 表 A2。

2 π 弧度内的行程变动量 $V_{2\pi}$ 是通过每转内测量 9 次(8 $\times$ 45°)的值确定,或者是通过在在一牙内连续的测量值来确定(在有效行程的起点、中部和终点取测量区)。

4.2.3 测量图计算

为了确定有效行程内实际平均行程偏差,可以使用数学法或图解法。就实质而言数学法是精确的,而图解法简便,速度快,日常计算建议用这种近似方法。

注:由数学法计算得到的行程变动量可能不是最小的行程变动量。

图解法能得出最小的行程变动量。

4.2.3.1 数学(最小二乘法)法

实际平均行程偏差 e_s 由下式得出:

$$e_s = a + bY$$

$$a = \frac{\sum Y_i^2 \sum e_i - \sum Y_i \sum Y_i e_i}{n \sum Y_i^2 - \sum Y_i \sum Y_i}$$

$$b = \frac{n \sum Y_i e_i - \sum Y_i \sum e_i}{n \sum Y_i^2 - \sum Y_i \sum Y_i}$$

式中: e_s ——相对于目标或公称行程的实际平均行程偏差;

- γ ——旋转角(分别对目标或公称行程);
 γ_i ——第 i 个测量点的旋转角(分别对目标或公称行程);
 e_i ——相对于第 i 个旋转角的目标行程或公称行程的行程偏差;
 n ——测量点个数。

4.2.3.2 图解法(见图 3a 和图 3b)

根据实际行程偏差图确定实际平均行程偏差的方法如下:

- 作出通过实际行程偏差曲线的两个或两个以上的上峰点的切线($l_1, l_2, \dots$), 同样作出通过下峰点的切线($l_3, \dots$);
- 确定平行于纵坐标的各个最大偏差值($e_1, e_2, e_3, \dots$), 并从这些值中选出最小值(例中的 e_2);
- 通过最小偏差点画一条平行于相应峰点切线的直线(例中的 l_2' 平行于 l_2)。

实际平均行程偏差 e_a 通过两条斜线(l_2' 和 l_2)的中线即可确定。有效行程内的实际行程变动量 V_a 则是这两条平行线(l_2' 和 l_2)间平行于纵坐标方向测得的距离值 e_2 。

5 验收检验

- 行程偏差和变动量见表 3。
- 跳动和位置公差见表 4。
- 性能检验见表 5。

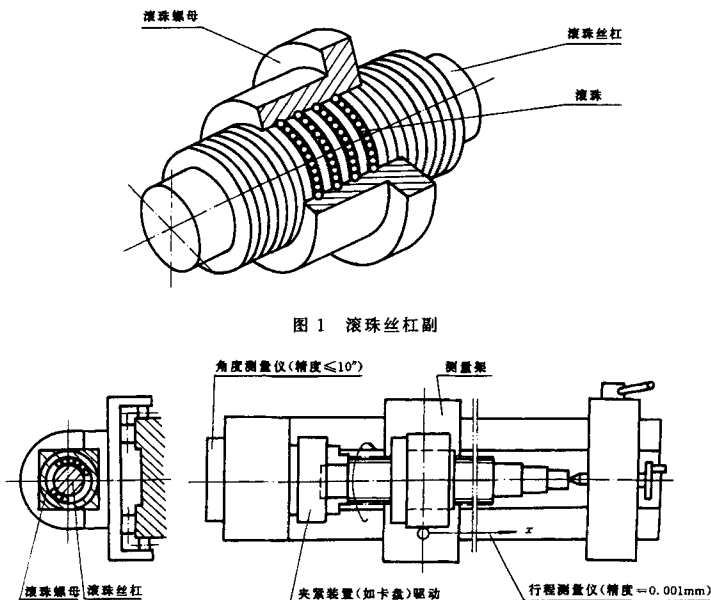
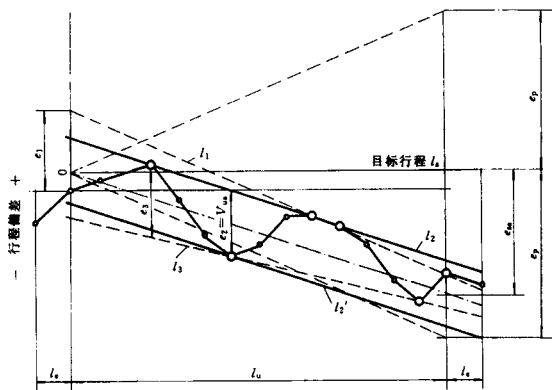
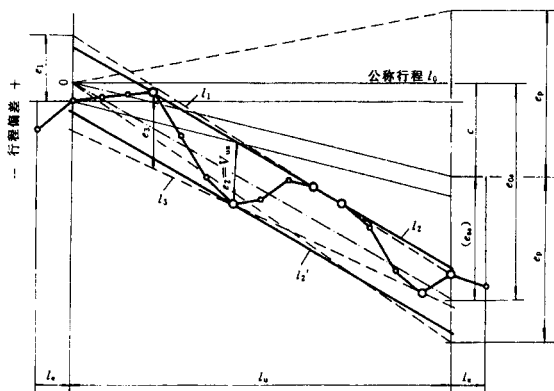


图 1 滚珠丝杠副

图 2 基本测量原理

a) 相对于目标行程 l_0 的偏差 e_a b) 相对于公称行程 l_0 的偏差 e_a

注：余程的长度见附录 A 表 A3

图 3 实际平均行程偏差 e_a 或 e_{0a} 的确定

表 3 行程偏差和变动量

序号	简 图	检验项目	允 差											检验工具	检验说明											
a)		有效行程 L_0 内的平均行程 偏差 e ; a) 对目标行程; b) 对公称行程	定位液珠丝杠副		标准公差等级										见图 2	见图 2										
			有效行程 L_0 mm		1	2	3	4	5	7	10															
					$e_p, \mu\text{m}$																					
					6	8	12	16	23																	
					7	9	13	18	25																	
E1.1				8	10	15	20	27																		
				9	11	16	22	32																		
				10	13	18	25	36																		
				11	15	21	29	40																		
				13	18	24	34	47																		
				15	21	29	40	55																		
				18	25	35	48	65																		
				22	30	41	57	78																		
				26	36	50	69	96																		
				32	45	62	86	115																		
E1.2		有效行程 L_0 内平均行程 偏差 e	传动液珠丝杠副		标准公差等级										见图 2	见图 2										
					1	2	3	4	5	6	7	10														
					$e_p = 2 \frac{L_0}{300} V_{\text{max}} \cdot V_{\text{300}} \text{ 见 E3}$																					
					$c = 0$																					

表 3(续)

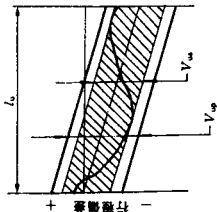
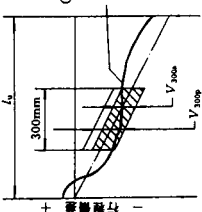
序号	简 图	检验项目	允 差	检验工具	检验说明		
E2		有效行程 l_s 内行程变 动量 V_0	定位滚珠丝杠副	见图 2	见图 2 V_0 是有效行程 l_s 上包络实 际偏差且平行于平均行程偏 差的两直线间在平行于纵坐 标方向所测得的最小距离		
			标准公差等级				
			有效行程 l_s mm				
			1 2 3 4 5 7 10				
			$V_0, \mu\text{m}$				
			≤ 315			6 8 12 16 23	—
			$> 315 \sim 400$			6 9 12 18 25	—
			$> 400 \sim 500$			7 9 13 19 26	—
			$> 500 \sim 630$			7 10 14 20 29	—
			$> 630 \sim 800$			8 11 16 22 31	—
			$> 800 \sim 1\,000$			9 12 17 24 34	—
			$> 1\,000 \sim 1\,250$			10 14 19 27 39	—
			$> 1\,250 \sim 1\,600$			11 16 22 31 44	—
			$> 1\,600 \sim 2\,000$			13 18 25 36 51	—
			$> 2\,000 \sim 2\,500$			15 21 29 41 59	—
$> 2\,500 \sim 3\,150$	17 24 34 49 69	—					
$> 3\,150 \sim 4\,000$	21 29 41 58 82	—					
$> 4\,000 \sim 5\,000$	— 49 70 99	—					
$> 5\,000 \sim 6\,300$	— — 119	—					
注: 传动滚珠丝杠副的有效行程 l_s 内行程变动量 V_0 未规定							
E3		任意 300mm 轴向行程内 行程变动量 V_{300}	定位或传动滚珠丝杠副	见图 2	见图 2 V_{300} 是当一样板沿实际行程 偏差曲线且平行于其平均行 程偏差线移动时,沿有效行程 任意 300 mm 长度内平行于纵 坐标方向所测得的最小距离		
			标准公差等级				
			有效行程 l_s mm				
			1 2 3 4 5 7 10				
			$V_{300}, \mu\text{m}$				
			6 8 12 16 23 52 210				
			—				
			—				

表 3(完)

序号	简 图	检验项目	允 差	检验工具	检验说明
E4		2π 弧度内 行程变动量 V_m	定位螺旋丝杠副	见图 2	见图 2 V_m 是当一样板沿实际行程 偏转曲线且平行于其平均行 程偏转线移动时,沿有效行程 任意 2π 距离上平行于纵坐标 方向所测得的最小距离
			标准公差等级		
			$V_m, \mu m$		
			1 2 3 4 5 7 10		
			4 5 6 7 8 — —	见图 2	

表 4 跳动和位置公差

序号	简 图	检 验 项 目	允 差		检 验 工 具	检 验 说 明		
E5		每 l_1 长度处螺旋丝杠外径的径向跳动 t_s , 用以确定相对于 AA' 的直线度	定位或传动螺旋丝杠副		指示器、等高双 V 形铁	参照 GB/T 10931.1 的有关条文 5.612.2 重测螺旋丝杠于 AA' 处两相同的 V 型铁上。调整指示器,使其测头在距离 l_1 处垂直触及圆柱表面。缓慢转动丝杠,记下指示器读数变化。在规定的测量间隔重复检验。 注 1 经指定允许将螺旋丝杠顶在中心孔上测量。此时 l_1 应为丝杠总长。 2 如果 $l_1 < 2d_1$ 可在 $l_1/2$ 处测量		
			公称直径 d_0 mm	l_1 mm				
			$\geq 6 \sim 12$	80				
			$> 12 \sim 25$	160				
			$> 25 \sim 50$	315				
			$> 50 \sim 100$	630				
			$> 100 \sim 200$	1 250				
			长径比 l_1/d_0				$l_1 \geq 4d_0$ 长度上的 t_{max} μm	
			≤ 40	40 45 50 57 64 80 160				
			$> 40 \sim 60$	60 67 75 85 96 120 240				
$> 60 \sim 80$	100 112 125 142 160 200 400							
$> 80 \sim 100$	160 180 200 225 256 320 640							

表 4(续)

序号	简 图	检测项目	允 差		检测工具	说明
			定位或传动滚珠丝副	标准公差等级		
E6		每 1 长度 处 支 承 轴 颈 相 对 于 AA' 的 径 向 跳 动 当 l_1 $\leq l$ 时 为 l_1 当 $l_1 > l$ 时 其 有 效 值 为 $l_0 \leq l_1$ l_1	公称直径 d_0 mm	1 2 3 4 5 7 10 I 长度上 $t_{10}, \mu m$	指示器、 等高双 V 形铁	说明 参照 GB/T 10931.1 的有关条文 5.612.2 置 滚 珠 丝 杠 于 AA' 处 V 型垫 块上, 在距离 l_1 处使指示器测头 垂 直 触 及 滚 柱 表 面, 读 数 转 动 丝 杠, 记 下 指 示 器 读 数 变 化 注: 经 商 定 允 许 将 丝 杠 顶 在 中 心 孔 上 测 量 (此 时 l_1 应 为 测 量 点 至 轴 端 的 距 离,)
		$\geq 6 \sim 20$	80	10 11 12 16 20 40 63		
		$> 20 \sim 50$	125	12 14 16 20 25 50 80		
		$> 50 \sim 125$	200	16 18 20 26 32 63 100		
		$> 125 \sim 200$	315	25 32 40 80 125		
E7		轴 颈 相 对 于 支 承 轴 颈 的 径 向 跳 动 当 $l_1 \leq l$ 时 为 l_1 当 l_1 $> l$ 时 其 有 效 值 为 $l_0 \leq l_1$ l_1	公称直径 d_0 mm	1 2 3 4 5 7 10 I 长度上 $t_{10}, \mu m$	指示器、 等高双 V 形铁	说明 5.612.2 置 滚 珠 丝 杠 于 AA' 处 V 型垫 块上, 在距离 l_1 处使指示器测头 垂 直 触 及 滚 柱 表 面, 读 数 转 动 丝 杠, 记 下 指 示 器 读 数 变 化 注: 经 商 定 允 许 将 丝 杠 顶 在 中 心 孔 上 测 量。
		$\geq 6 \sim 20$	80	5 6 6 7 8 12 16		
		$> 20 \sim 50$	125	6 7 8 9 10 16 20		
		$> 50 \sim 125$	200	8 9 10 11 12 20 25		
		$> 125 \sim 200$	315	12 14 16 25 32		
E8		支 承 轴 肩 面 对 AA' 的 端 面 跳 动 l_1	公称直径 d_0 mm	1 2 3 4 5 7 10 I 长度上 $t_{10}, \mu m$	指示器、 等高双 V 形铁	说明 5.632 置 滚 珠 丝 杠 于 AA' 处 V 型垫 块上, 防止丝杠轴向移动 (可 将 钢 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 轴 颈 端 面 和 滚 柱 表 面 相 应 的 直 径 处, 转 动 滚 珠 丝 杠 并 记 下 指 示 器 读 数 注: 经 商 定 允 许 将 丝 杠 顶 在 中 心 孔 上 测 量。
		$\geq 6 \sim 63$	3	4 4 5 5 6 10		
		$> 63 \sim 125$	4	5 5 6 6 8 12		
		$> 125 \sim 200$	—	6 6 7 8 10 16		

表 4(完)

序号	简图	检验项目	允 差										检验工具	检验说明
E9		滚珠螺母安装端面 AA' 的端面跳动 t_s (仅用于有预加载荷的滚珠螺母)	定位或传动滚珠丝杠副		标准公差等级								指示器、等高双 V 形块	5.632 将有预加载荷的滚珠丝杠副置于 AA' 处 V 型垫块上,防止丝杠轴向移动(可将钢珠置于丝杠轴中心孔和固定面之间)。使指示器测头垂直触及螺母检验直径 D_1 外侧处的安装端面,螺母不转动,缓慢地转动丝杠并记下指示器读数
			螺母安装端面直径 D_1 , mm	标准公差等级										
				1	2	3	4	5	7	10	$t_s, \mu m$			
				$\geq 16 \sim 32$ $> 32 \sim 63$ $> 63 \sim 125$ $> 125 \sim 250$ $> 250 \sim 500$	—	10	11	12	14	16		20		
E10		滚珠螺母安装直径 AA' 的轴向跳动 t_{so} (仅用于有预加载荷和旋转的滚珠螺母)	定位或传动滚珠丝杠副		标准公差等级								指示器、等高双 V 形块	5.612.2 将有预加载荷的滚珠丝杠副置于 AA' 处 V 型垫块上,使指示器测头垂直触及滚珠螺母安装直径 D_1 的圆柱表面。固定滚珠丝杠螺母转动滚珠螺母,记下指示器读数
			滚珠螺母外径 D_1 , mm	标准公差等级										
				1	2	3	4	5	7	10	$t_{so}, \mu m$			
				$\geq 16 \sim 32$ $> 32 \sim 63$ $> 63 \sim 125$ $> 125 \sim 250$ $> 250 \sim 500$	—	10	11	12	14	16		20		
E11		滚珠螺母对 AA' 的平行度 t_{11} (仅用于有预加载荷的滚珠螺母)	定位或传动滚珠丝杠副		标准公差等级								指示器、等高双 V 形块	5.412.2 将有预加载荷的滚珠丝杠副置于 AA' 处 V 型垫块上,使指示器测头垂直触及被测表面,将规定的检查长度 l 上检测。记下指示器读数
			100 mm 长度上 $t_{ss}, \mu m$	标准公差等级										
				1	2	3	4	5	7	10	$t_{ss}, \mu m$			
				16 18 20 22 25 32	—	10	11	12	14	16		20		

表 5 性能检验

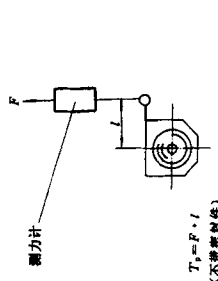
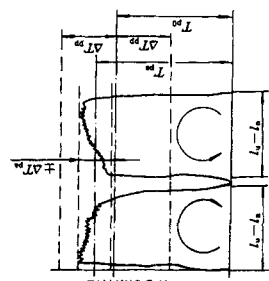
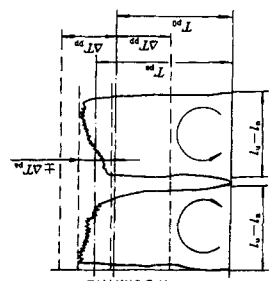
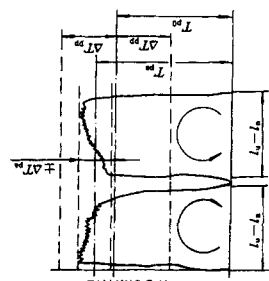
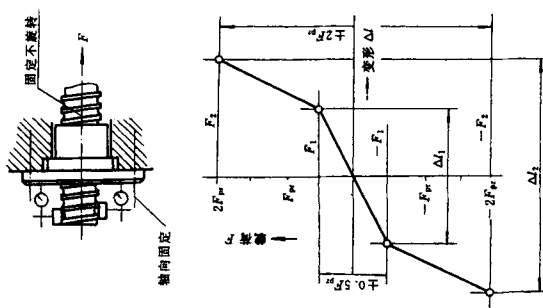
序号	简图	检验项目	允差	检验工具	检验说明
E12	 测力计 $T_p = F \cdot l$ (不带密封件)	动态预紧 转矩公差 ΔT_p	定位或传动滚珠丝杠副	装有 力值测 量仪的 检验台	将有预加载荷的滚珠丝杠副(两端无密封件)装在测量仪上,检验时丝杠转动,螺母移动,测力传感器与螺母联接。 测量时丝杠的旋转速度正、反两个方向均为 100 r/min。 润滑油采用滚动轴承润滑油。 注:如果采用其他转速、润滑油和测试仪器,应由用户和制造厂商定。
			T_p Nm	标准公差等级	
				1 2 3 4 5 7 10	
				$l_s/d_s \leq 40$	
				$\Delta T_p / (T_p \text{ 的 } \%)$	
E12	 力 行程	动态预紧 转矩公差 ΔT_p	T_p Nm	$40 < l_s/d_s \leq 60$	
				$\Delta T_p / (T_p \text{ 的 } \%)$	
				1 2 3 4 5 7 10	
				$l_s/d_s \leq 40$	
				$\Delta T_p / (T_p \text{ 的 } \%)$	
E12	 力 行程	动态预紧 转矩公差 ΔT_p	T_p Nm	$40 < l_s/d_s \leq 60$	
				$\Delta T_p / (T_p \text{ 的 } \%)$	
				1 2 3 4 5 7 10	
				$l_s/d_s \leq 40$	
				$\Delta T_p / (T_p \text{ 的 } \%)$	
E12	 力 行程	动态预紧 转矩公差 ΔT_p	T_p Nm	$40 < l_s/d_s \leq 60$	
				$\Delta T_p / (T_p \text{ 的 } \%)$	
				1 2 3 4 5 7 10	
				$l_s/d_s \leq 40$	
				$\Delta T_p / (T_p \text{ 的 } \%)$	

表 5(完)

序号	简 图	试验项目	试验工具	试验说明
E13		轴向刚度 R_{ax} (参考项目, 由用户和制造厂商定)	指示器 和测力传感 器	将有预加载荷的滚珠丝杠副的螺母在轴向和圆周方向固定, 并使丝杠右端和轴向加载系统固定在一起, 防止丝杠转动。通过丝杠轴心给丝杠均匀加载(拉伸和压缩载荷)在丝杠左端的自由端平行于丝杠轴线对称固定两个指示器在丝杠上使表架尽量靠近螺母的端面, 并与丝杠轴平行。 $F_1 = 0.5 F_p$ $F_2 = 2 F_p$ 注: F_p 是预加载荷。 Δ_1 和 Δ_2 分别是 $\pm F_1$ 和 $\pm F_2$ 轴向载荷引起的拉、压弹性变形量, $\pm F_1$ 范围内的刚度: $R_{ax1} = \frac{2 F_1}{\Delta_1} = \frac{F_p}{\Delta_1}$ 从 $+F_1$ 到 $+F_2$ 和从 $-F_1$ 到 $-F_2$ 范围的刚度: $R_{ax2} = \frac{2(F_2 - F_1)}{\Delta_2 - \Delta_1} = \frac{3 F_p}{\Delta_2 - \Delta_1}$ 如果用其他试验载荷 F, 由用户和制造厂商定

附录 A
(标准的附录)
补充的表格

表 A1 根据 ISO 286-2:1988 标准公差等级和平均行程偏差 e
以及 300 mm 的行程变动量 (V_{300}) 的目标行程公差 e_p 。

测量行程 mm		标准公差等级						
		1	2	3	4	5	7	10
大于	至	目标行程公差 $e_p, \mu\text{m}$						
	315	6	8	12	16	23	52	210
315	400	7	9	13	18	25	57	230
400	500	8	10	15	20	27	63	250
500	630	9	11	16	22	32	70	280
630	800	10	13	18	25	36	80	320
800	1 000	11	15	21	29	40	90	360
1 000	1 250	13	18	24	34	47	105	420
1 250	1 600	15	21	29	40	55	125	500
1 600	2 000	18	25	35	48	65	150	600
2 000	2 500	22	30	41	57	78	175	700
2 500	3 150	26	36	50	69	96	210	860
3 150	4 000	32*	45*	62*	86*	115*	260*	1 050*
4 000	5 000	39*	58*	76*	110*	140*	320*	1 300*
5 000	6 300	48*	72*	92*	138*	170*	390*	1 550*
* 这些数值是用直线插入法从大于 500 mm 小于 3 150 mm 的 IT 值计算而得。								

GB/T 17587.3—1998

表 A2 300 mm 上的最少测量数(测量间隔)

公称导程 P_{h0} mm	标准公差等级						
	1	2	3	4	5	7	10
	最少测量数						
≤ 2.5	15	12	10	8	6	3	1
$> 2.5 \sim 5$	15	12	10	8	6	3	1
$> 5 \sim 10$	10	8	5	4	3	1	1
$> 10 \sim 20$	5	4	4	3	3	1	1
$> 20 \sim 40$	—	—	2	1	1	1	1

表 A3 最大余程

mm

公称导程 P_{h0}	2.5	5	10	20	40
最大余程 l_{max}	10	20	40	60	100

注：其他公称导程的最大余程按下式计算：

当 $P_{h0} \leq 12$ $l_{max} = 4P_{h0}$ ； $12 < P_{h0} \leq 40$ $l_{max} = 3P_{h0}$ 。