

HB

中华人民共和国航空工业标准

HB 5150-96

金属高温拉伸持久试验方法

1996-09-13 发布

1996-10-01 实施

中国航空工业总公司 批准

1 主题内容与适用范围

本标准规定了金属与合金高温拉伸持久试验的符号、名称、定义、试样、试验设备、试验程序、试验结果处理和试验报告。

本标准适用于测定金属试样的持久强度极限、伸长率、断面收缩率和评定缺口敏感性。也适用于测定在规定应力下的持续时间作为材料的检验性判据。

2 引用标准

- GB 8170 数值修约规则
- GB 10623 金属力学性能试验术语
- JJG 141 工业用铂铑 10—铂、铂铑 12—铂热电偶检定规程
- JJG 276 高温蠕变、持久强度试验机检定规程
- JJG 351 工业用镍铬—镍硅、镍铬—考铜热电偶检定规程

3 符号、名称、定义

3.1 按 GB 10623 规定的符号、名称及单位见表 1。

表 1

符 号	名 称	单 位
d_0	圆形试样的原始直径	mm
d_u	圆形光滑试样断裂后最小直径	mm
a	矩形试样的厚度	mm
b	矩形试样的宽度	mm
L_0	试样原始计算长度	mm
L_c	试样两标记间的原始长度	mm
L_t	试样总长度	mm
L_u	试样断裂后两标记间长度	mm
t	试验温度	℃

续表 1

符 号	名 称	单 位
σ	试验应力	MPa
σ'	缺口试样试验应力	MPa
τ	光滑试样试验持续时间	h
τ'	缺口试样试验持续时间	h
σ'_t	在温度 t 、时间 τ 下的持久强度极限	MPa
S_0	试样计算长度内的原始横截面积	mm ²
S_u	试验后试样的最小横截面积	mm ²
δ	伸长率	%
ψ	断面收缩率	%
K_r, K_g	缺口敏感系数	

3.2 定义

3.2.1 持久强度极限

试样在恒定温度和恒定拉伸负荷作用下,达到规定的持续时间而不断裂的最大应力。

3.2.2 试验应力

试样计算长度内,试样所承受的拉伸负荷与原始横截面积之比;对缺口试样,试样所承受的拉伸负荷与缺口根部原始横截面积之比。

$$\sigma = \frac{P}{S_0} \dots\dots\dots (1)$$

3.2.3 断后伸长率

3.2.3.1 试样断裂后,在室温下计算长度部分的增量与原始计算长度之比的百分率。

$$\delta(\%) = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

3.2.3.2 若标记刻在计算长度之外,试样断裂后,在室温下原标记长度的增量与原始计算长度之比的百分率。

$$\delta(\%) = \frac{L_u - L_c}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

3.2.4 断面收缩率

试样断裂后,在室温下其横截面积的最大缩减量与原始横截面积之比的百分率。

$$\psi(\%) = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

注:矩形试样一般不测断面收缩率。

3.2.5 缺口敏感系数

3.2.5.1 缺口与光滑试样在断裂持续时间相同情况下,其持久强度极限之比:

$$K_r = \frac{\sigma'}{\sigma} \dots\dots\dots (5)$$

3.2.5.2 缺口与光滑试样在相同应力作用下, 试验至断裂的持续时间之比:

$$K_{\sigma} = \frac{\tau'}{\tau} \dots\dots\dots (6)$$

3.2.5.3 评定

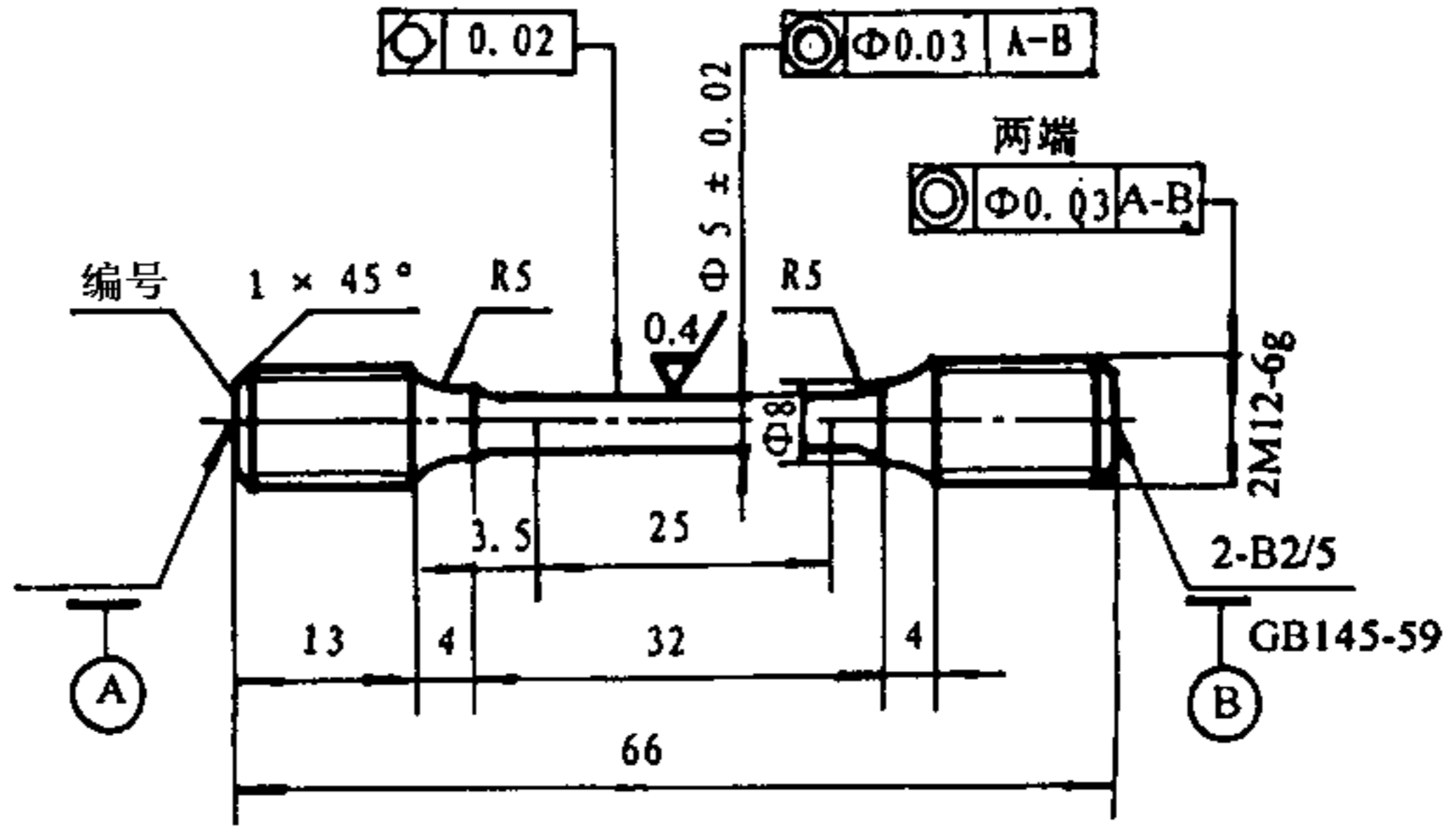
若 $K_{\sigma} \leq 1$ 或 $K_{\tau} \leq 1$ 则说明材料有缺口敏感性。

4 试样

4.1 试样形状和尺寸

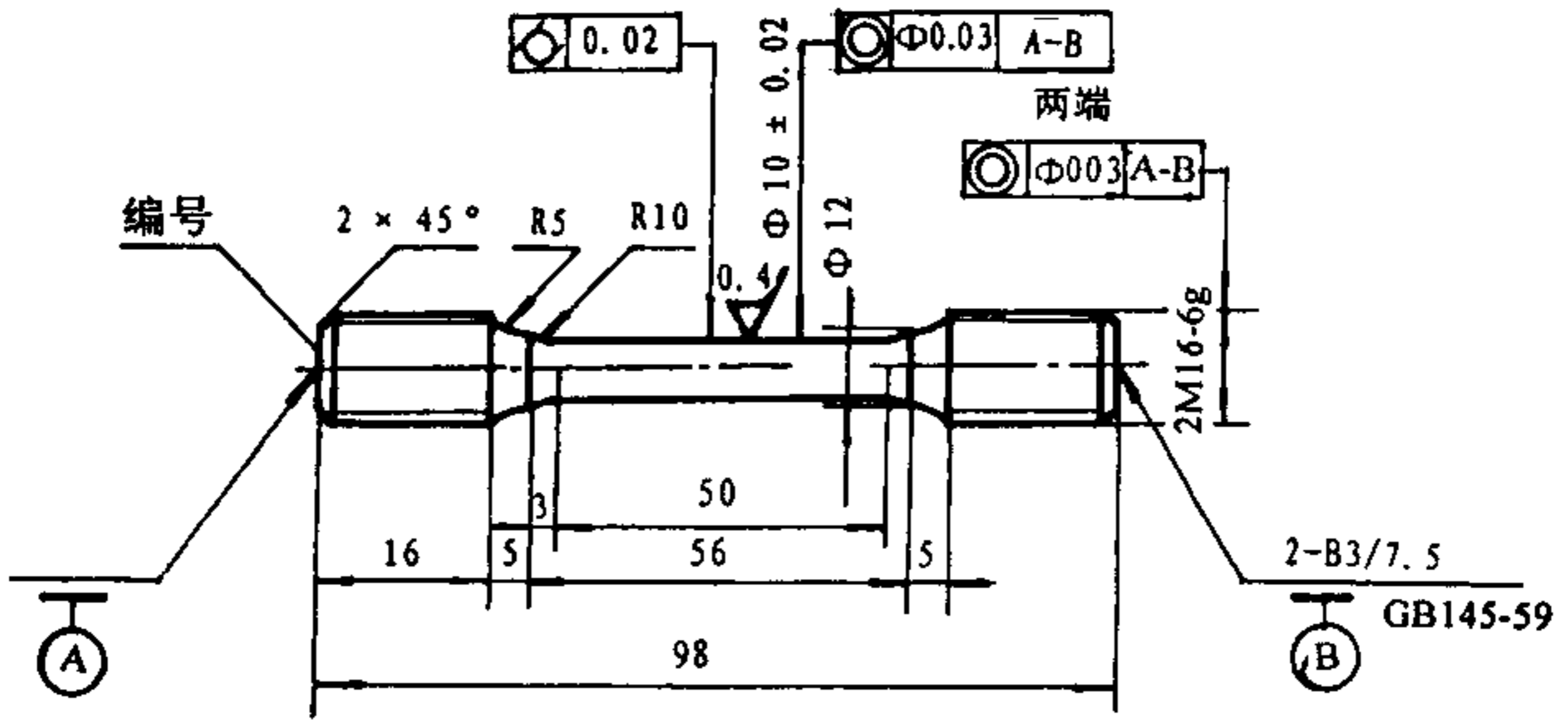
4.1.1 标准圆形横截面试样的直径为 5mm 和 10mm, 其计算长度分别为 25mm 和 50mm, 见图 1(a)、(b)。

其余 $\sqrt{1.6}$



(a)

其余 $\sqrt{1.6}$



(b)

图 1

4.1.2 标准矩形横截面试样($b=10\text{mm}$)见图 2, 其计算长度与厚度的关系应符合表 2 规定。

表 2

mm

a	0.5~1	>1~1.5	>1.5~2.2	>2.2~3
L_0	15	20	25	30
L_1	111	116	121	126

注:厚度小于 0.5mm 和大于 3.0mm 的矩形试样, 允许采用非标准试样, 应符合 $L_0=5.65\sqrt{S_0}$ 关系式。

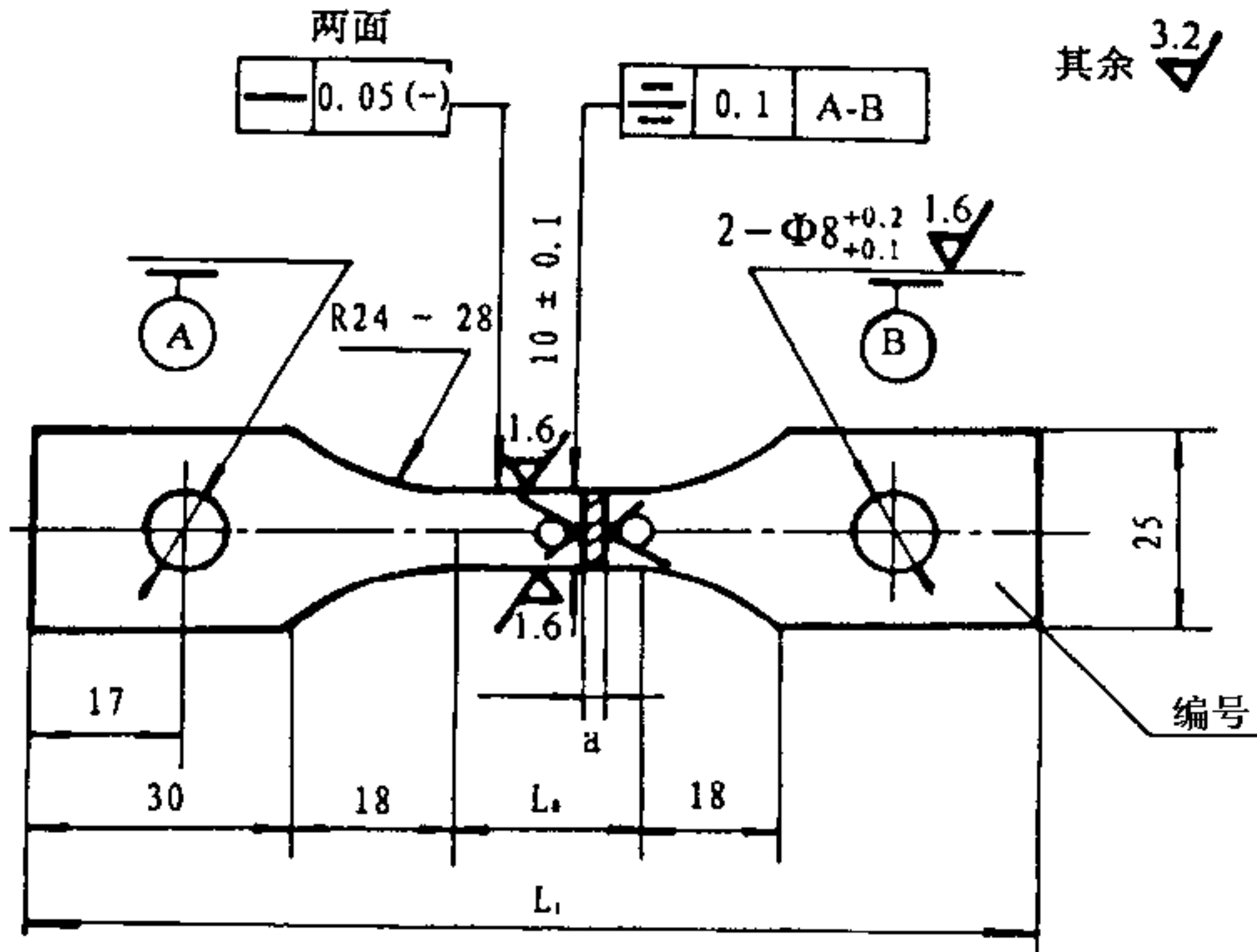


图 2

4.1.3 缺口试样见图 3。

4.1.4 缺口光滑组合试样见图 4。

缺口根部直径和光滑部分直径原则上应一致, 不准缺口根部直径大于光滑部分直径, 允许光滑部分直径比缺口根部直径大, 最大不超过 0.01mm。

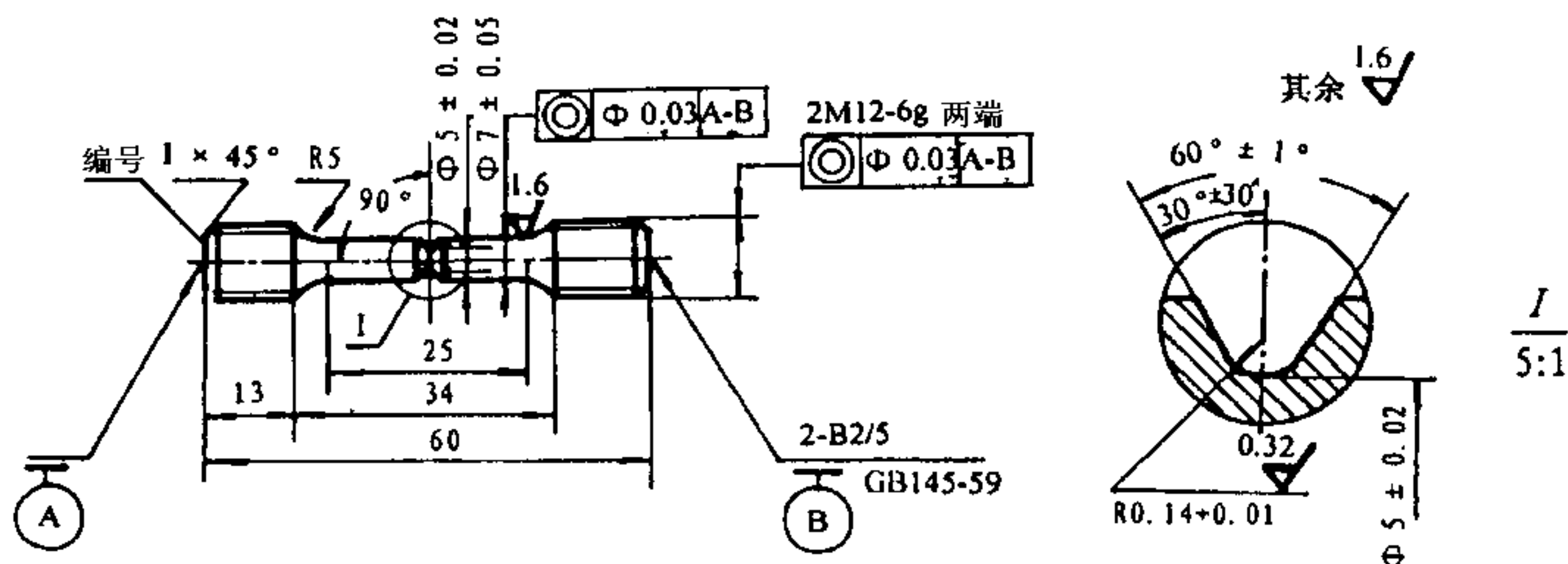


图 3

4.1.5 圆形缺口试样应力集中系数 K_t 值为 3.86。

4.1.6 试样夹持部分与计算长度之间应圆弧相切, 夹持部分可为任意形状, 以适应试验机的夹头。

4.1.7 若受试验材料所限, 不能满足 4.1.1 要求, 允许采用计算长度 $L_0 = 5d_0$ 的比例试样进行试验, 并在试验报告中注明尺寸。

4.1.8 由板材取矩形试样一般应保留板材原表面, 并无任何损伤和弯曲。如技术条件中另有规定时, 可将表面进行加工, 其表面粗糙度 R_a 应为不大于 $0.8\mu\text{m}$ 。

平行度不应大于 0.02mm , 边缘应无毛刺。

4.2 试样的制备

4.2.1 选取试样毛坯时, 应使试样毛坯冶金组织和机械性能足以代表所试验材料。

4.2.2 除非另有规定, 轧制材料应按轧制方向切取试样。

4.2.3 切取试样毛坯时应留有足够的机械加工余量, 制备试样时, 不应引起被试金属的组织与性能的变化(例如: 过热或冷作硬化)。

4.2.4 金属如热处理后进行试验, 则先将毛坯热处理后再进行切削加工。如热处理后金属不易切削加工, 则可预先制成试样样坯, 该样坯尺寸包括终加工尺寸余量及消除可能挠曲的加工余量。

4.2.5 缺口试样及缺口光滑组合试样的缺口根部直径、缺口角度和缺口底部半径应在光学磨床或螺纹磨床上加工。

4.3 试样的检验

4.3.1 试样按 4.1.1、4.1.2、4.1.3、4.1.4、4.1.5 要求进行检验。

4.3.2 测量试样的长度和宽度应使用精度不低于 0.02mm 的量具, 测量试样的直径和厚度应使用精度不低于 0.01mm 的量具。

4.3.3 缺口试样及缺口光滑组合试样的缺口根部直径、缺口角度和缺口底部半径应在光学投影仪上测量。

其余 $\frac{1.6}{\nabla}$

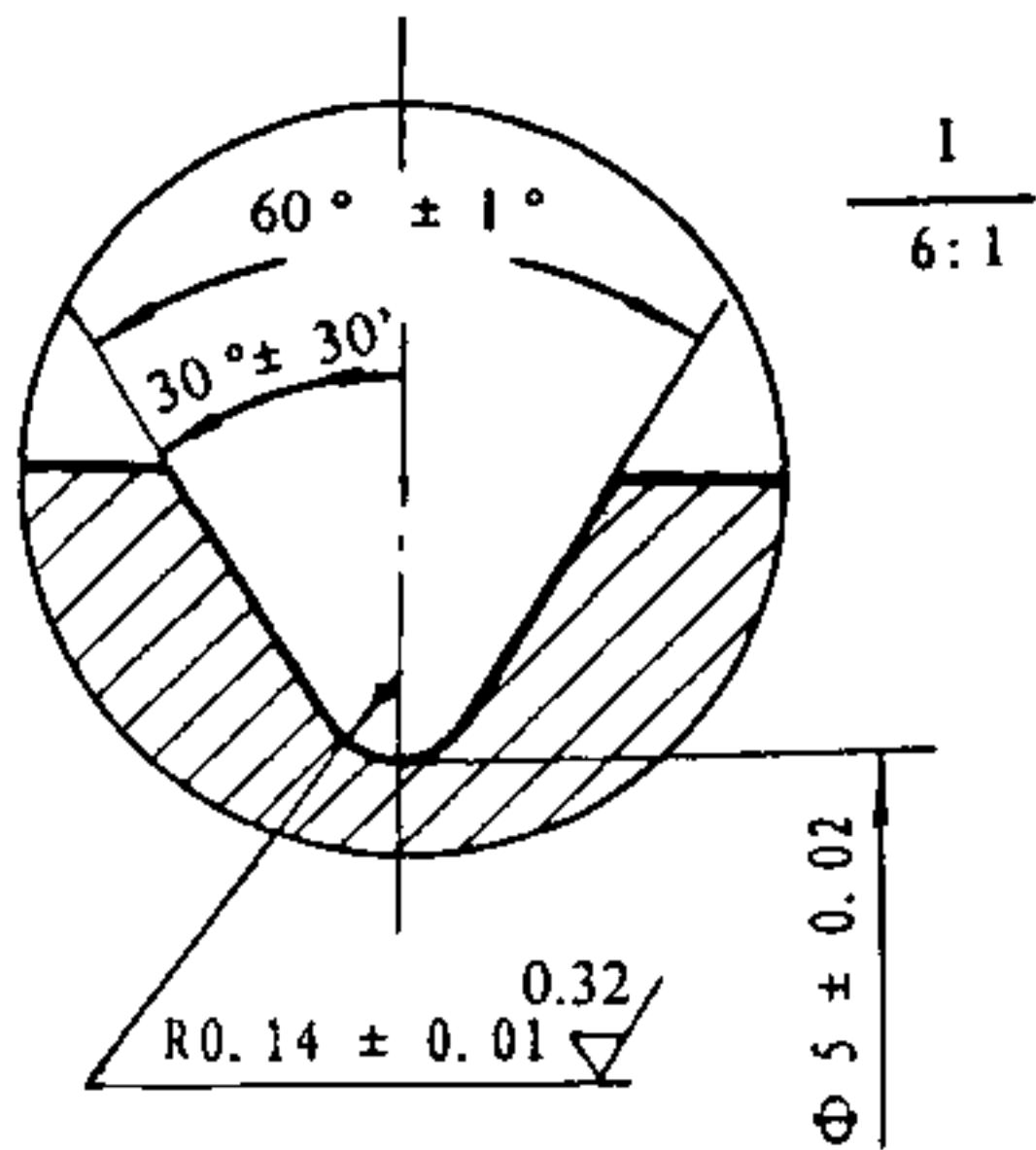
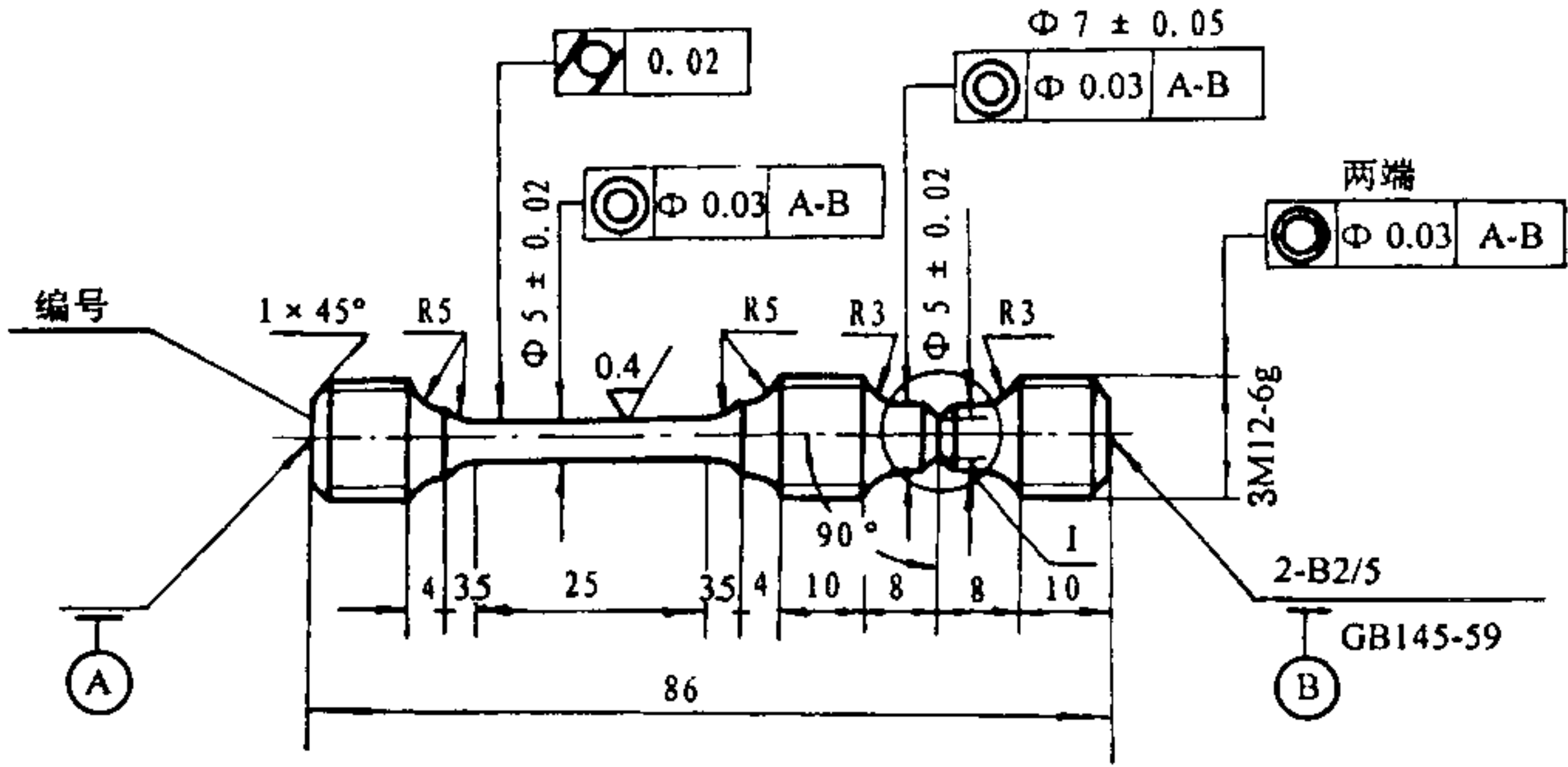


图 4

4.3.4 具有机械损伤、表面夹杂、分层、气孔、气泡、裂纹等缺陷的试样,不允许进行试验。不允许对试样进行矫直或其他形式矫正。

5 试验设备

5.1 试验机

5.1.1 试验机加荷系统必须保证在整个试验过程中负荷恒定。

5.1.2 试验机加、卸负荷应平稳,没有冲击和颤动现象,杠杆系统应灵敏。

5.1.3 试验机在使用范围内,负荷示值误差不应超过 $\pm 1\%$,示值变动不应超过 1% 。

5.1.4 试验机和夹具应保证负荷尽可能沿着轴线施加于试样,在室温下测量标准试样任意两相对方向弹性变形检查其偏心率。即任意两相对方向弹性变形的最大值与平均值之差除以平均值不大于 15% 。

5.1.5 试验机的力值、偏心率每年由计量部门按 JJG 276 的规定检定一次,正在连续试验的试验机,可延长检定至试验结束后。

5.1.6 试验机应配有杠杆自动调水平装置,以保证负荷满足 5.1.1、5.1.2、5.1.3 规定的要求。该装置不能对试样产生震动负荷、过载和扭力。

5.1.7 试验机应安装在环境清洁、远离震源、无腐蚀性气体的试验室中,也应保证当一个试样断裂时,不使邻近试验机或试样受到冲击力。

5.2 夹具

5.2.1 夹具的螺纹应按 6g 级精度制造,螺纹中心线与夹具的轴线不同轴度不大于 0.015mm ,新加工的拉杆和夹具应在试验机上进行偏心率的综合鉴定,其值不大于 15% 。

5.2.2 矩形试样用销孔夹具时,夹具的尺寸偏差应满足下列要求。

5.2.2.1 矩形试样夹具槽的对称平面应与其纵轴中心线重合,位移度不大于 0.05mm 。

5.2.2.2 夹具槽的两平面对其纵轴中心的平行度在全长范围内不大于 0.1mm 。

5.2.2.3 销孔轴线与夹具的纵轴中心线应垂直相交,位移度和垂直度均不大于 0.05mm ,销孔轴线对槽的两平面垂直度不大于 0.05mm 。

5.2.2.4 处于槽里的试样与其两侧面的总间隙不大于 0.2mm ,试验时允许垫片填充。

5.3 加热装置

加热炉的均热带应不小于试样计算长度的 2 倍,应保证在整个试验期间温度恒定。

5.4 温度测量装置

5.4.1 温度测量的方法必须足够灵敏和可靠,以保证试样计算长度内温度波动和温度梯度满足 6.3.3 规定。

5.4.2 用热电偶测量温度时,热电偶应保证长期使用的稳定性,试验周期内变动值应符合表 3 规定,当超过表 4 规定的允许偏差,此热电偶报废。

表 3

热电偶名称	测量端温度 ℃	检 定 周 期, h			试验周期内 允许变动值 ℃
		热 电 偶 直 径, mm			
		≤0.5	>0.5~1.0	>1.0~1.5	
铂铑 10—铂 (S)	≤900	2 000	—	—	2
	>900~1 100	1 000	—	—	
镍铬—镍硅 (K)	≤600	—	1 500	2 000	3
	>600~900	—	500	800	
	>900	—	—	300	

表 4

热电偶名称	测量端温度(t), ℃	允许偏差, ℃
铂铑 10—铂 (S)	≤600	±1.5
	>600~1 600	±0.25%t
镍铬—镍硅 (K)	≤400	±3
	>400	±0.75%t
镍铬—考铜 (E)	≤300	±4
	>300	±1%t

5.4.3 热电偶应按 JJG 141 和 JJG 351 进行检定。

5.4.4 热电偶冷端温度应保持恒定,波动不大于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,温度补偿系统至少每半年检查一次。检查仪器的灵敏度应不低于 0.2°C 。

5.4.5 热电偶应保持清洁,防止污染。

5.4.6 对超过检定周期长期连续使用的热电偶,试验前后应进行检定,若温度偏差超过表 4 规定,应在试验报告中注明。

5.4.7 试验温度应自动记录,测量温度仪器的灵敏度应在 1°C 以内,误差不大于 $\pm 0.1\%$,温度记录仪器精度不低于 0.5% 。

5.4.8 温度测量、控制和记录仪表应每年至少检定一次。

5.4.9 试验温度应包括对热电偶、补偿系统和测温仪器误差的修正。

5.4.10 室温应保持基本恒定($25 \pm 5^{\circ}\text{C}$),室温突变不应大于 5°C 。

5.5 计时装置

试验机应配有计时装置,该装置应定期进行校正,使之准确至总时间的 $\pm 0.2\%$ 以内。

6 试验程序

6.1 横截面积测量

在原计算长度上测量的试样尺寸不少于 3 处(两端和中间),对于圆形试样应在每处相互

垂直方向上测量,用测得的最小平均尺寸计算其横截面积。对于矩形试样,用测得的横截面积最小值作为横截面积。

6.2 原始长度测量

6.2 伸长率应根据标距计算,标距应打点或划线在试样的原始计算长度上。

6.2.2 脆性材料允许在凸台上打标记,伸长率按 3.2.3.2 公式计算。

6.3 温度控制

6.3.1 为了测量试样温度,在其计算长度的两端或缺口试样的缺口处各绑一支热电偶,对于计算长度等于 100mm 的试样或“串连”试验,至少应绑三支热电偶,热电偶的工作端应与试样表面紧密接触,防止炉壁的热辐射,同时还要避免热电偶的短路。对矩形试样,热电偶应绑在试样宽度的中心线上。

6.3.2 根据不同试验温度,试样加热到试验温度的时间一般为 2~5h。升温时的温度过冲不应超过表 5 规定。待温度稳定后,开始保温,此保温时间不应少于 1h。

6.3.3 在整个试验过程中,温度波动和温度梯度应符合表 5 规定。

表 5

试 验 温 度	温 度 波 动	温 度 梯 度
≤600	±2	2
>600~900	±3	3
>900~1 200	±4	4

℃

注:①温度波动—实测温度与试验温度之差。

②温度梯度—在任意瞬间试样所有被测点实测温度的最高与最低值之差。

6.3.4 温度记录至少每 1h 进行一次或自动连续监视、记录。升温、保温、加卸荷的时间和温度应作记录。

7 试验结果处理

7.1 测定某温度下应力与断裂时间的关系曲线,至少在 4~6 个应力水平下进行,每组有效试样不少于 3 支,根据所获试验数据,用最小二乘法处理后(等温线外推法),在对数坐标上绘出曲线图。

7.2 测定持久强度极限,是在应力与断裂时间的关系曲线上,用内插法求出。

7.3 测量温度和持久强度极限的关系,至少在 3 个温度下进行。

7.4 持久强度极限的表示方法如下:

$$\sigma'_t = \times \times \text{MPa}$$

例: $\sigma'_{100}{}^{900} = 245\text{MPa}$ 表示试验温度为 900℃ 时,持续时间 100h 的持久强度极限为 245MPa。

7.5 光滑和缺口组合试样可用于生产检验,以确定材料所试温度下,有否缺口敏感性。

7.6 在试验过程中因发生意外故障停试时,应将试样上的负荷卸除,当排除故障达到试验温

度后保温 30~60min,再重新施加原负荷。但试验未受力的时间应从总的持续时间中减去。

7.7 如试验总有效持续时间和伸长率低于技术条件规定,而且出现下列情况之一者,其试验结果作废,并应补作试验。

7.7.1 试样断在冲点(或刻线)上或计算长度之外;

7.7.2 试样断口处有明显缺陷;

7.7.3 试样过热,安装偏斜或受力不正常。

7.8 外推

在进行持久外推时,应对所采用的外推方法详细说明。外推的时间一般不大于最长试验时间的 10 倍,同时,对材料在温度、应力和时间作用下的组织变化予以充分考虑。

8 数据修约

8.1 持久数据修约方法按 GB 8170 执行。

8.2 持久数据修约有效位数按表 6 规定执行。

表 6

名 称	数 值 范 围	修 约 到
持久强度极限, MPa	≤ 200	1
	$> 200 \sim 1\ 000$	5
	$> 1\ 000$	10
持久持续时间, h		小数点后二位
伸 长 率, %	≤ 5	0.1
	$> 5 \sim 10$	0.5
	> 10	1
断面收缩率, %	≤ 20	0.5
	> 20	1

8.3 界限数值不能修约。

9 试验报告

试验报告应包括下列内容:

- 试验方法标准号和所试材料技术条件代号;
- 试验材料及生产厂;
- 冶炼方法、炉号、规格;
- 热处理制度;
- 委托试验单位;
- 试样编号、试验编号;
- 试样形状、尺寸;

- h. 试验温度、试验应力、试验时间；
- i. 试验机型号及机号；
- i. 外推方法；
- k. 试验过程中出现的异常情况；
- l. 试验人员、审核及负责人的签名或盖章；
- m. 试验日期。

附加说明：

本标准由中国航空工业总公司航空材料热工艺标准化技术归口单位提出并归口。

本标准由中国航空工业总公司六二一所、一七〇厂负责起草。

本标准主要起草人：朱炳章、张行安。

本标准首次发布日期：1980年。