

中华人民共和国航空工业标准

HB 5152—96

金属室温旋转弯曲疲劳试验方法

1996—09—13 发布

1996—10—01 实施

1 主题内容与适用范围

本标准规定了测定金属材料旋转弯曲疲劳性能的试验设备、试样及制备、试验程序、数据处理和表达方式。

本标准适用于 $20 \pm 10^\circ\text{C}$ 空气条件下,测定金属材料圆形横截面试样在旋转状态下承受弯曲力矩时的疲劳性能。

2 引用标准

GJB/Z 18	金属材料力学性能数据表达准则
HB/Z 112	材料疲劳试验统计分析方法

3 定义

3.1 疲劳—试样在交变应力作用下,由于损伤的累积而逐渐形成裂纹,直至完全断裂的过程。

3.2 旋转弯曲—试样旋转并承受一弯矩,产生弯矩的力恒定不变且不转动。

3.3 对称循环应力—交变应力的最大值 $\sigma_{\max}$ 和最小值 $\sigma_{\min}$ 绝对值相等、符号相反的循环应力,如图 1 所示。

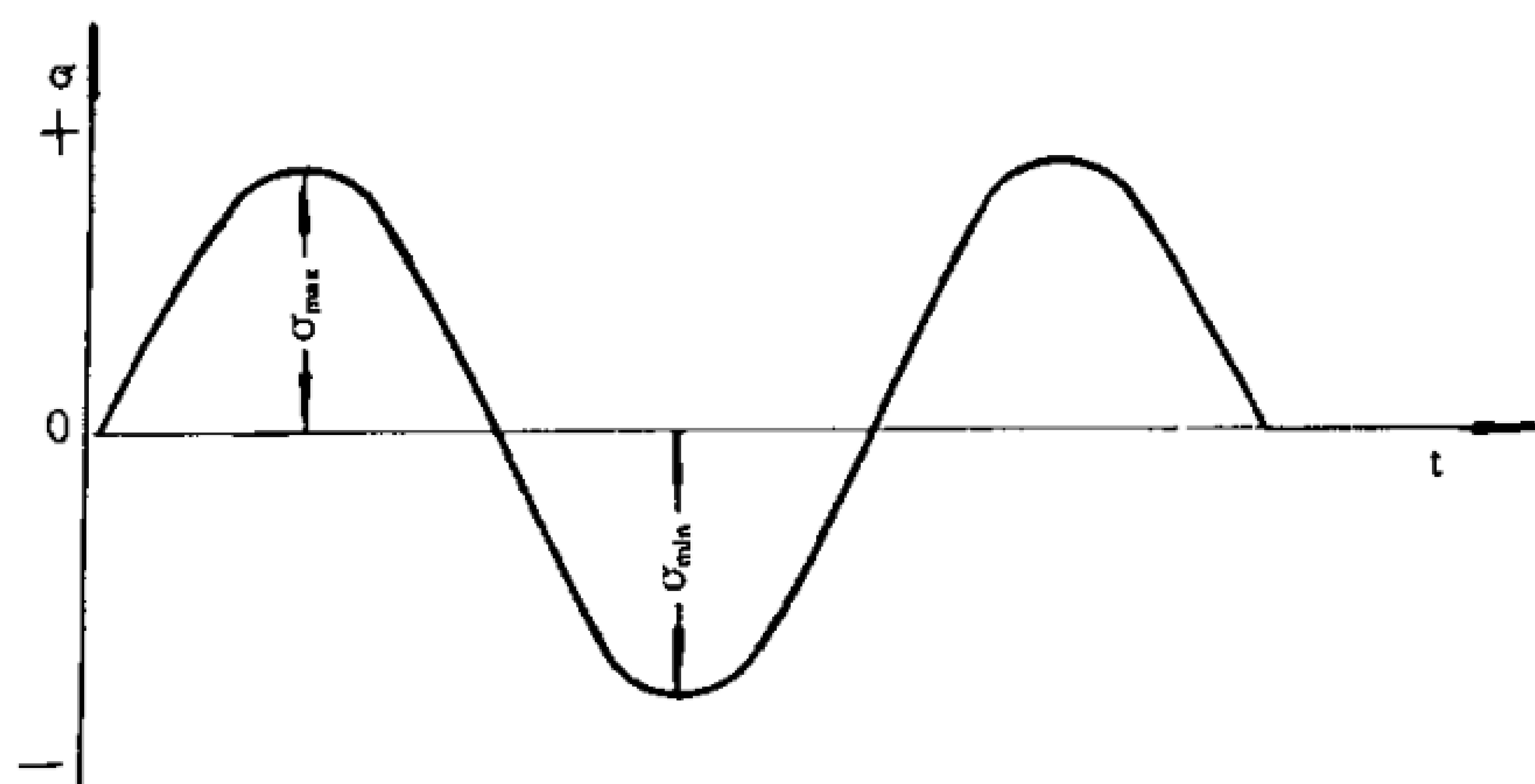


图 1 对称循环应力图

3.4 疲劳寿命, N —在交变应力作用下, 试样至断裂所经受的循环次数。一般用 10^n 表示, 有效数字保留三位。

3.5 S—N 曲线图—交变应力的最大值与疲劳寿命的关系曲线图形。

3.6 疲劳强度, σ_{amx} —对应于某一疲劳寿命的最大应力, 单位为 MPa。

3.7 疲劳极限, σ_0 —指定循环次数下的中值疲劳强度, 单位为 MPa。

对 S—N 曲线具有水平部分的材料, 指定循环次数为 10^7 ;

对 S—N 曲线不具有水平部分的材料, 指定循环次数为 10^7 或大于 10^7 。

3.8 名义应力, σ —用弹性理论公式按试样净截面计算的应力, 单位为 MPa。

试样的交变应力按下式计算:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{32PL}{\pi d^3} \dots\dots\dots (1)$$

简支梁试样:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{16PL}{\pi d^3} \dots\dots\dots (2)$$

式中: M —试样危险截面上的弯矩, Nm;

W —试样危险截面上的抗弯截面系数, mm^3 ;

P —施加在试样上的载荷, N;

L —力臂长度, mm, 对悬臂梁式试验机 L 为危险截面至载荷作用点之间的距离; 对简支梁式试验机 L 为载荷 ($P/2$) 作用点到最近支点间的距离;

d —试样危险截面的直径, mm。

3.9 理论应力集中系数, K_t —应力集中区最大应力与该区域的名义应力之比值。

3.10 存活率, P —疲劳寿命高于规定值的概率。

4 试样及其制备

4.1 试样形状及尺寸

试样分为圆柱形和圆弧形两类。本标准确定圆柱形试样为标准试样。

4.1.1 圆柱形试样

4.1.1.1 圆柱形光滑试样的形状和尺寸见图 2 和表 1。

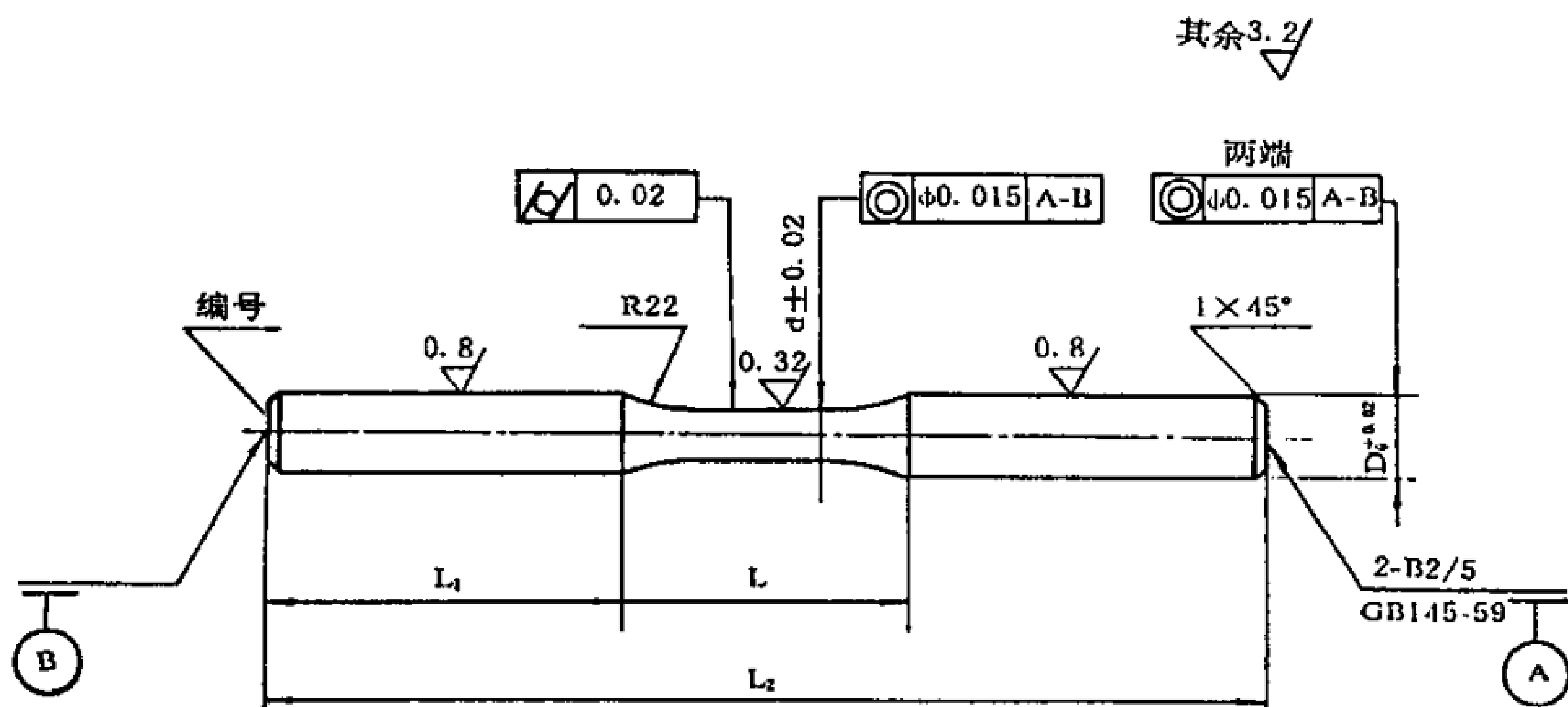


图2 圆柱形光滑试样

表1 圆柱形光滑试样尺寸

mm

种 类	$D_{+0.02/0}$	$d \pm 0.02$	R	长 试 样		短 试 样	
				L	L_1	L	L_1
1	17	9.5	2d 以上	96	65	40	30
2	12	7.5	2d 以上	96	65	40	30

4.1.1.2 圆柱形缺口试样的形状和尺寸见图3和表2。

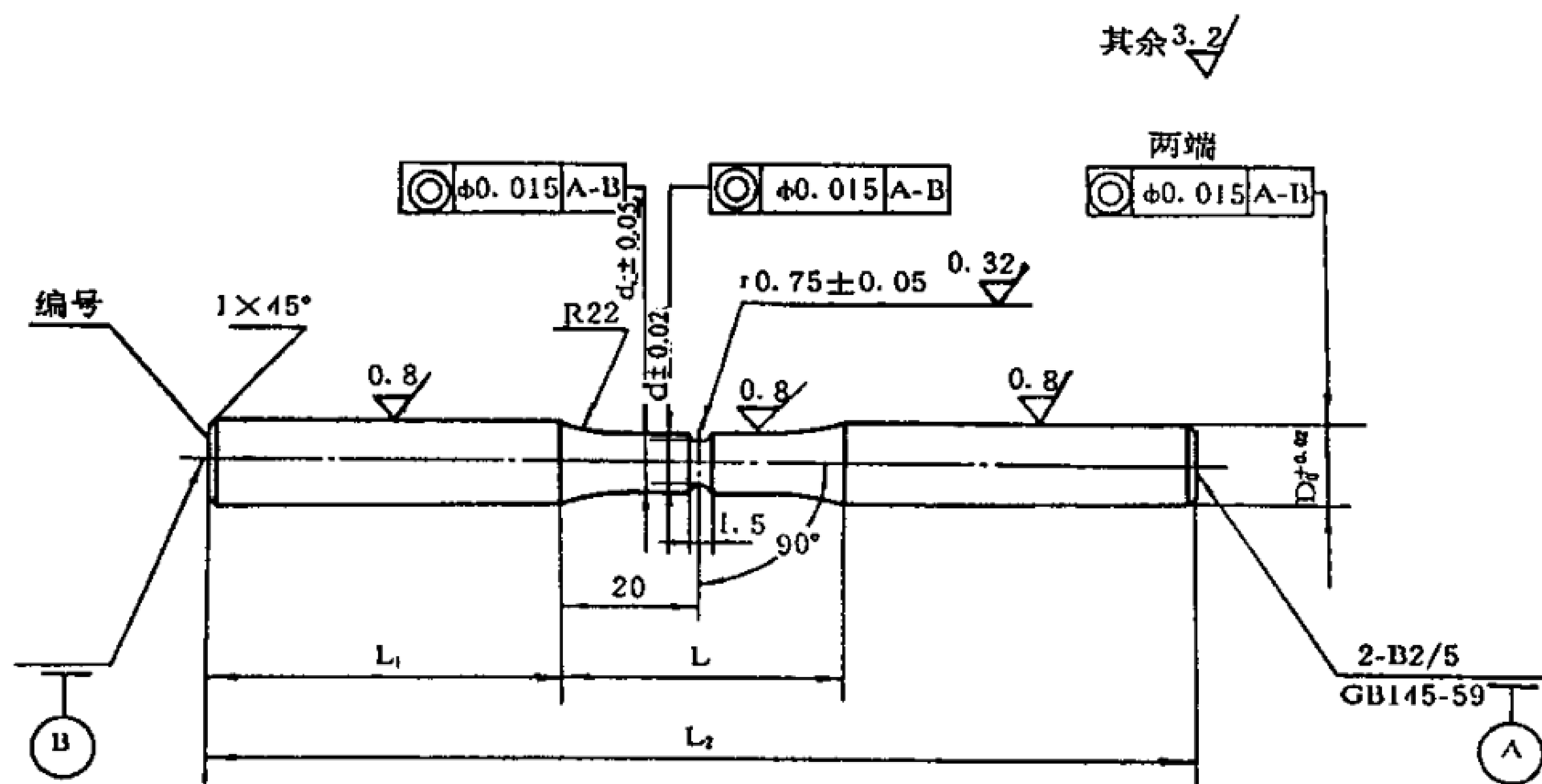


图3 圆柱形缺口试样

表2 圆柱形缺口试样尺寸

							mm			
种类	$D_0^{+0.02}$	$d_1 \pm 0.05$	$d \pm 0.02$	$r \pm 0.02$	Kt	R	长试样		短试样	
							L	L_1	L	L_1
3	17	11	9.5	0.77	2	2d 以上	96	65	40	30
4	12	9	7.5	0.63	2	2d 以上	96	65	40	30

根据需要,可用具有如下 K_1 值的 V 形缺口试样进行试验,试样的形状和尺寸见图 4 和表 3。

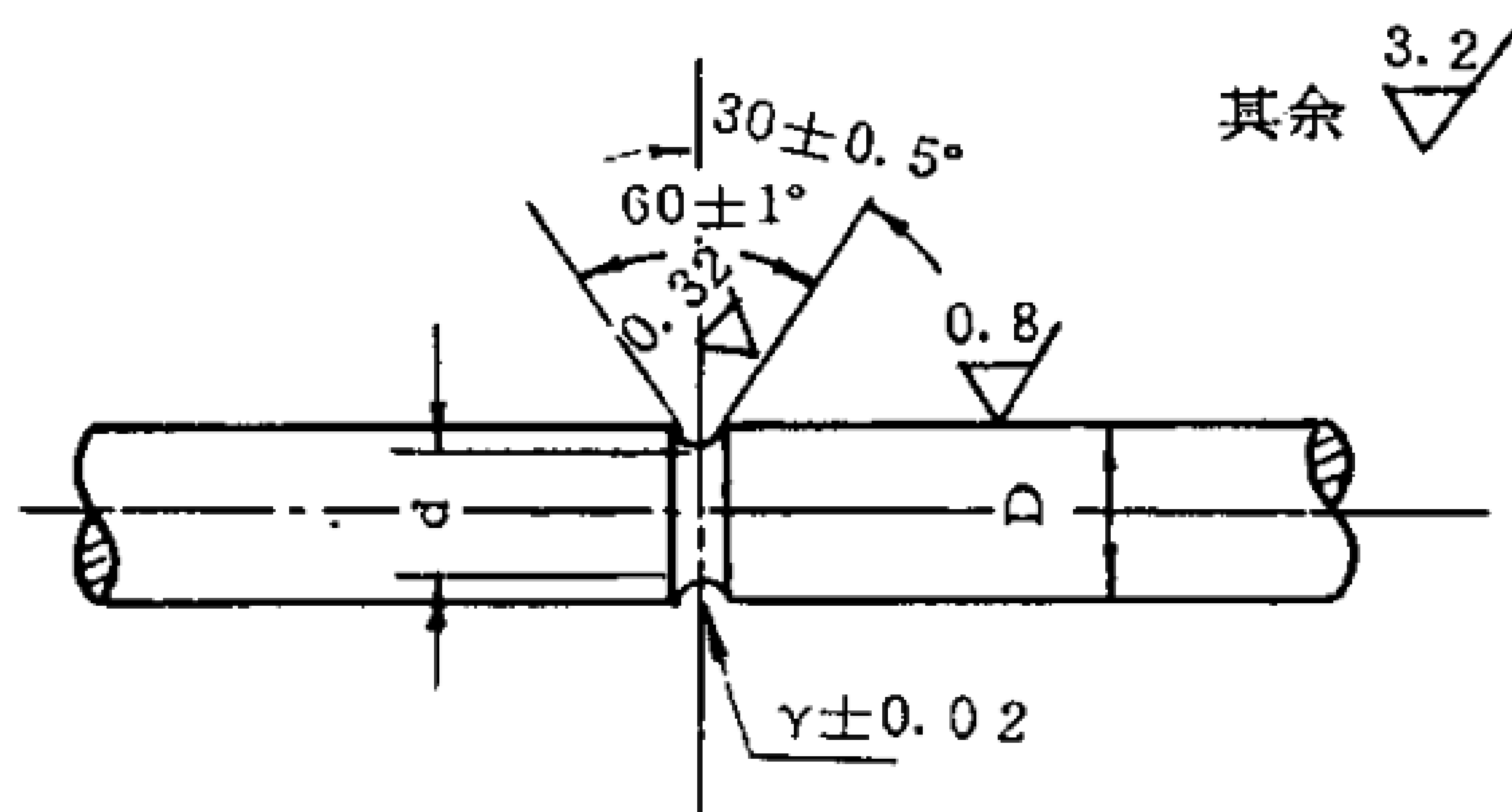


图4 圆柱V形缺口试样

表3 K_t 值与几何参数

mm

K_t	$D \pm 0.05$	$d \pm 0.02$	$r \pm 0.02$
2	11	9.5	0.77
	9	7.5	0.63
3	11	9.5	0.25
	9	7.5	0.21
4	11	9.5	0.12
	9	7.5	0.11

4.1.2 圆弧形试样

4.1.2.1 圆弧形光滑试样的形状及尺寸见图5和表4。

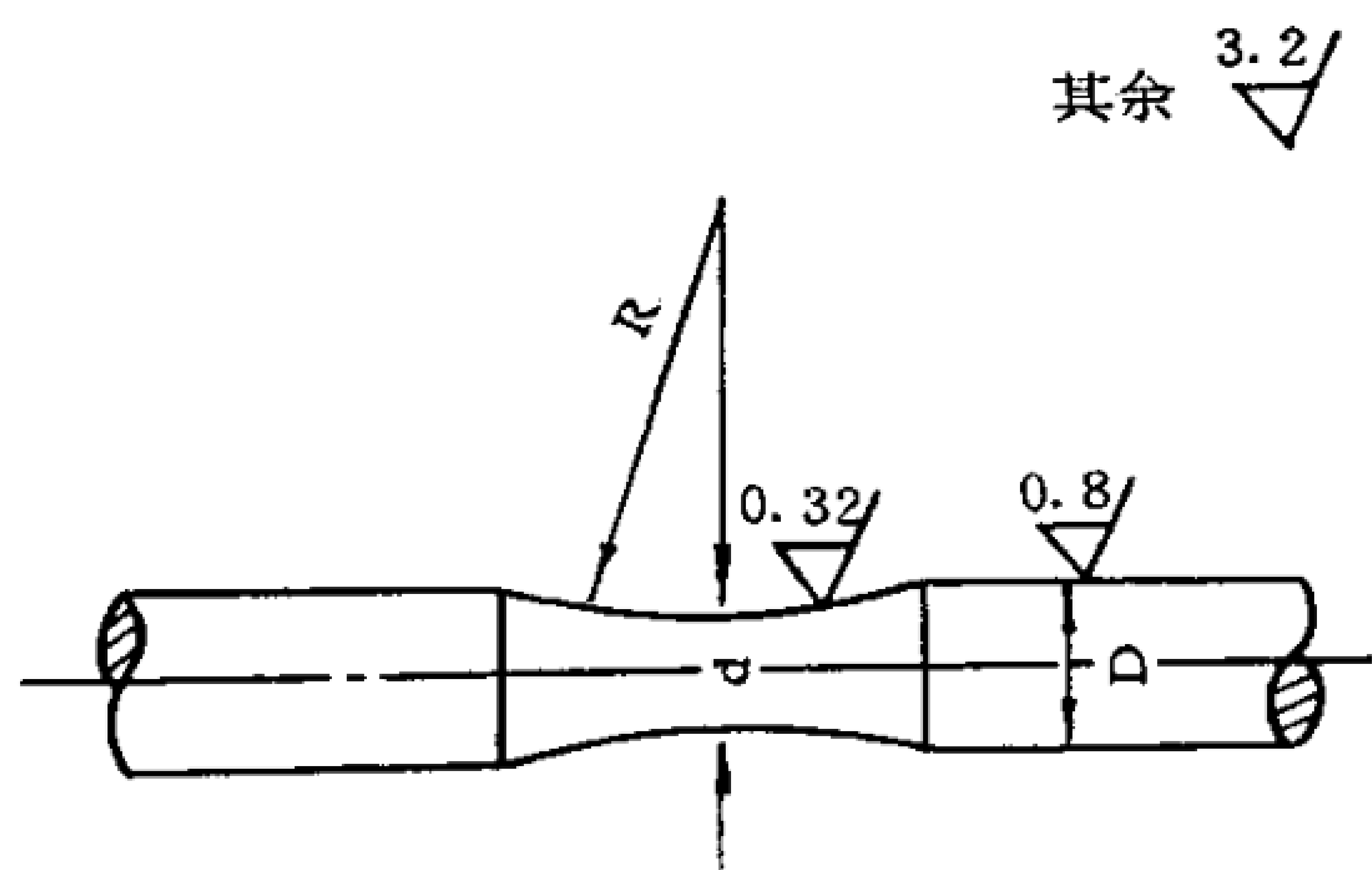


图 5 圆弧形光滑试样

表 4 圆弧形光滑试样尺寸 mm

种 类	$d^{\pm 0.02}$	R
5	9.5	2d 以上
6	7.5	5d 以上

4.1.2.2 圆弧形缺口试样的形状和尺寸见图 6 和表 5。

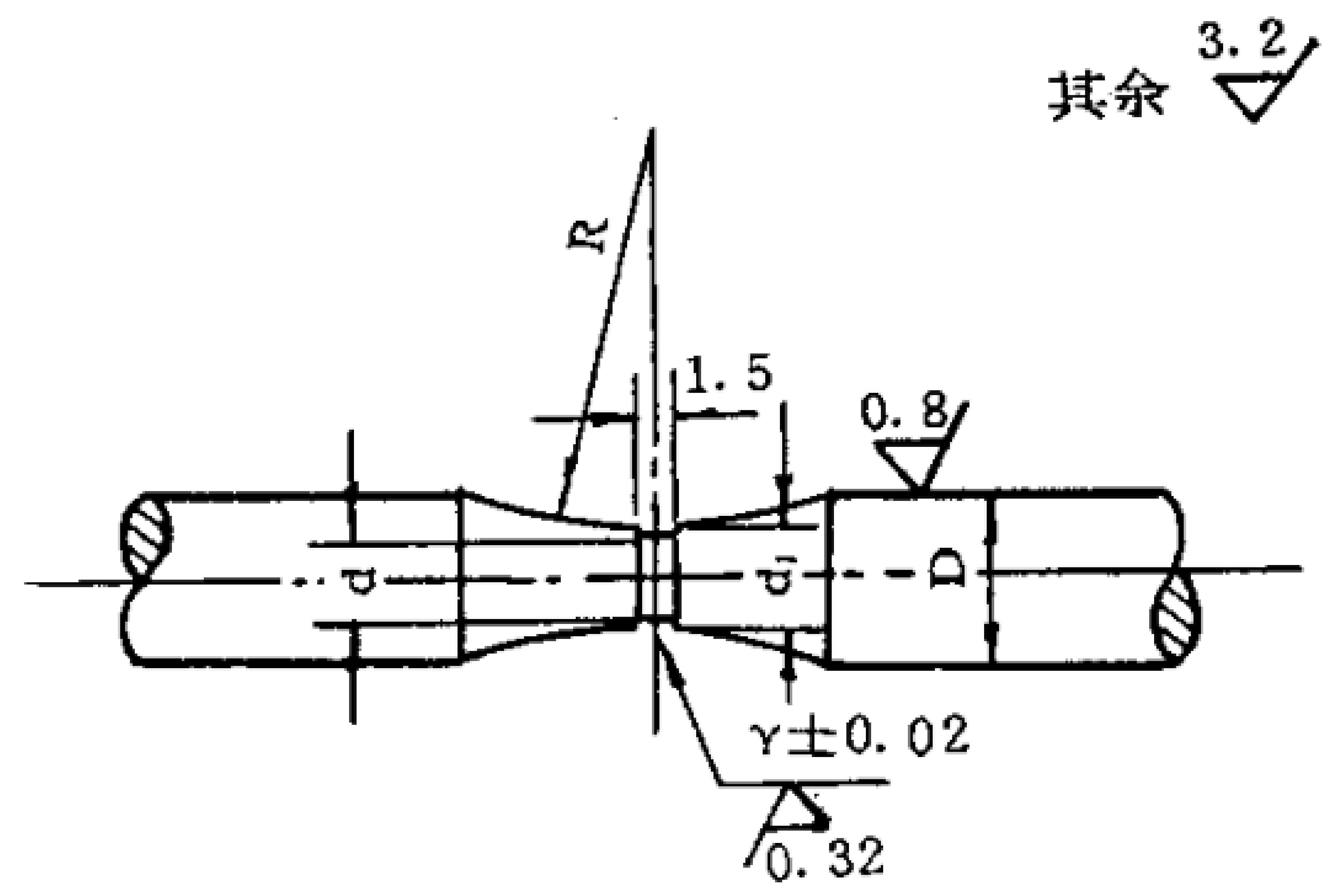


图 6 圆弧形缺口试样

表 5 圆弧形缺口试样尺寸

mm

种 类	$d_1^{\pm 0.05}$	$d^{\pm 0.02}$	$r^{\pm 0.02}$	K_t	R
7	11	9.5	0.77	2	5d 以上
8	9	7.5	0.63	2	5d 以上

4.1.3 因被试材料尺寸所限或有关技术条件要求的情况下,可采用如下非标准小试样进行试验,试样的形状和尺寸见图 7。

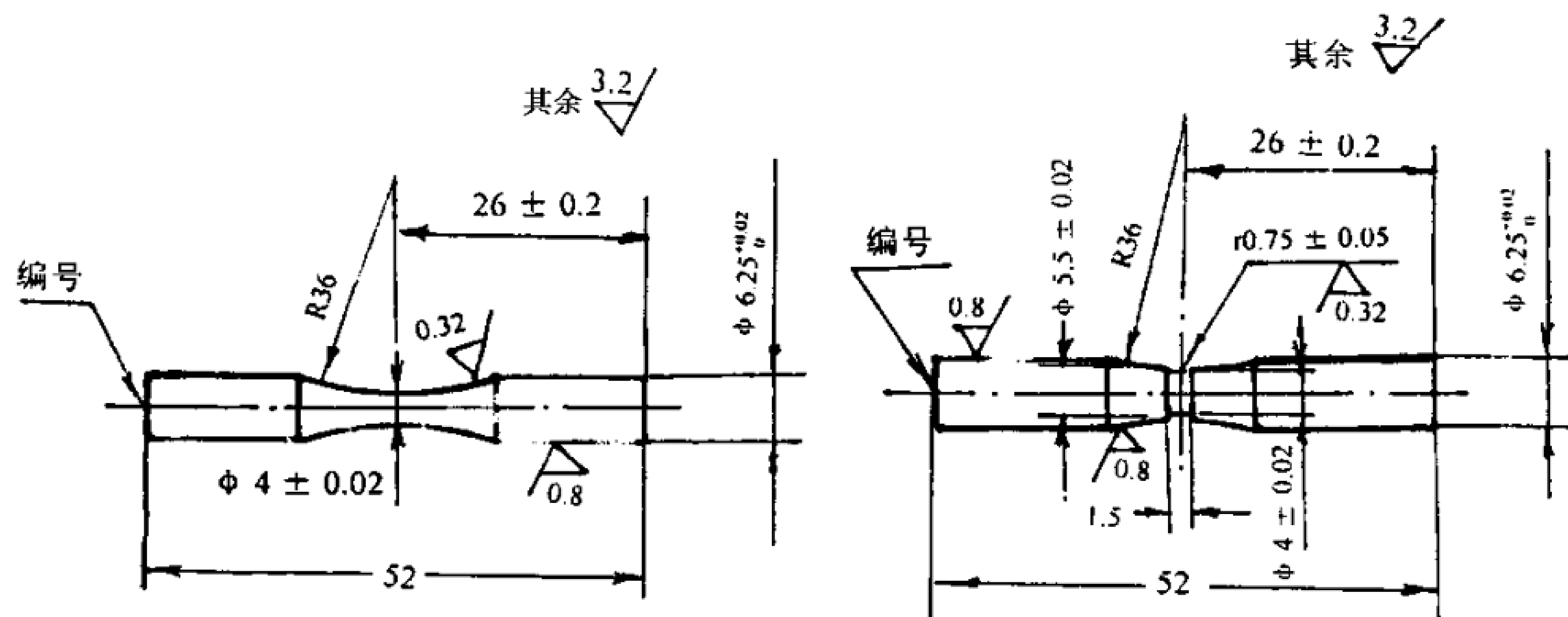


图 7 圆弧形小试样

4.2 试样制备

4.2.1 试样毛坯切取部位、方向和方法应按有关技术条件进行。

4.2.2 试样需要热处理后进行试验时,则热处理后加工成试样,如热处理会使材料加工性能变坏,可将材料预先粗加工成试样毛坯,热处理后再精加工成试样,但试样毛坯尺寸包括最后加工余量及可能产生挠曲和产生表面氧化脱炭、裂纹的尺寸。试样应磨光。缺口试样的缺口在热处理后加工。

4.2.3 试样在整个加工过程中,不应受冷作硬化和过热作用。

4.2.4 试样加工工艺,可参考附录 A(参考件)推荐的工艺进行。

4.3 试样检验

4.3.1 测量试样工作部分最终尺寸,应采用非接触方法进行,其测量精度不低于 0.01mm。

4.3.2 测量试样直径要在同一截面两个互相垂直方向上进行,取平均值。

4.3.3 对缺口试样的形状尺寸应用不低于 50 倍的光学仪器检查。

4.3.4 用放大 20 倍的光学仪器检查试样表面,不允许有缺陷。

4.4 试样贮存

试样加工完成到进行试验这段贮存期间内,应保证试样表面不受锈蚀、划伤等损伤。

5 试验机

5.1 允许用不同类型的旋转弯曲疲劳试验机进行试验。

5.2 推荐试验机转速范围为 1000~10000rpm。

5.3 用静力方法检验试验机加力系统时,其弯矩误差不大于 $\pm 1\%$ 。

5.4 将检验棒夹在试验机上,用手慢慢转动试验机主动轴,在检验棒工作部位上,用百分表检验其径向跳动量应不大于 0.01mm。装上标准试样空载正常运转时,其径向跳动量应不大于 0.06mm。

5.5 疲劳试验机应按校正规程规定至少每年检定一次。

6 试验程序及试验结果处理

6.1 将试样牢固装夹在夹头内,用手慢慢转动试验机主轴,在主轴筒加力部位上,用百分表检查其径向跳动量应不大于 0.03mm,然后启动试验机,待试验机运转正常时,检查主轴筒加力部分动态跳动量不大于 0.06mm,待少许时间再将载荷无冲击地加上。停止试验时先去掉载荷再停车。试验全过程原则上不得中途停试。

6.2 试样断在危险截面之外,试验结果无效。

6.3 S—N 曲线的测试

对 S—N 曲线中等寿命区采用成组法,假定对数疲劳寿命遵循正态分布,给定应力水平测定疲劳寿命。对长寿命区采用升降法,假定应力遵循正态分布。给定循环次数测定疲劳强度。按本标准所测定的 S—N 曲线具有 50% 存活率,即中值 S—N 曲线。

按照本标准,如能提供充足数量的试样,则可以给出任意存活率(例如 99.9%)的 P—S—N 曲线。

6.3.1 成组试验法

应力水平不少于三级各级应力水平的试样个数的分配,一般随应力水平的降低(分散度变大)逐渐增加。每组试样不得少于三件,也可以根据所需要满足的置信度来确定最少试样个数。对数中值疲劳寿命 $\lg N_{50}$ 为每组试样的对数疲劳寿命 $\lg N_i$ 的平均值:

$$\lg N_{50} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg N_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

6.3.2 升降法

升降法用于测定疲劳极限或用于测定任一规定循环次数(如 10^6 循环)下的中值疲劳强度。试样个数一般在 10 根以上,亦可以根据要求的置信度来确定最少试样个数。试验时,预先规定某一循环次数。试样在规定的应力循环次数下未发生断裂,称作“越出”。第一根试样的试验应力水平,应略高于预计的疲劳强度值。随后试样的试验应力取决于前一根试样的试验结果。凡前一根试样未达到指定次数时发生断裂,则随后一次试验应在低一级的应力水平下进行;凡前一根试样越出,则随后一次的试验应在高级应力水平进行。直至完成全部试验为止。处理数据时,从第一次出现相反结果的两个数据点开始。对第一次出现相反结果以前的数据如在升降图的范围,内,则可以作为有效数据加以利用。

相邻两个应力级的差值叫做“应力增量” $\Delta\sigma$ 。应力增量的大小最好选择能使试验在 3~5 级应力水平下进行。应力增量估计在预计疲劳极限的 3~5%。疲劳极限按下式计算：

$$\sigma_D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m V_i \sigma_i \dots\dots\dots (4)$$

式中： n —有效试验总次数；

m —应力水平级数；

σ_i —第 i 级应力水平；

V_i —在第 i 级应力水平下的试验次数；

6.3.3 单点试验法

当试样个数受到限制或试验条件有困难时，可采用“单点试验法”近似地测定 S—N 曲线。试样数量至少 8 根。在中等寿命区，应力水平不应少于 5 级。测定疲劳极限时，如果试样在第 i 级应力 σ_i 作用下未达到循环基数断裂，而在较低的 $i+1$ 级应力 σ_{i+1} 作用下越出，并且两个应力差值 $(\sigma_i - \sigma_{i+1})$ 不超过 σ_{i+1} 的 5%，则 σ_i 与 σ_{i+1} 的平均值即为疲劳极限：

$$\sigma_D = \frac{1}{2}(\sigma_i + \sigma_{i+1}) \dots\dots\dots (5)$$

利用单点试验法所测定的 S—N 曲线，只能供作参考。粗略估计材料的疲劳性能。

6.3.4 S—N 曲线的表达方式

以纵坐标表示交变应力的最大值 $\sigma_{\max}$ (可简单写为 σ)，一般使用线性尺度，也可用对数尺度，以横坐标表示疲劳寿命 N ，采用对数尺度，用直线或曲线拟合各数据点，即得 S—N 曲线图。在图中至少要注明：材料牌号及工艺条件、试样形状、尺寸(缺口试样应注明应力集中系数)、疲劳试验机型号及加载频率。

6.3.5 试验结果的处理可按 HB/Z 112。

6.4 检验性试验

通常取 3~5 根试样，在规定的疲劳应力下进行试验，如在规定的循环次数内不断裂，则认为该材料检验合格，反之则不合格。若材料技术条件另有规定，可按有关规定进行检验。

6.5 试验记录及试验报告

在试验记录和试验报告中，应包括下列各项：

- a. 试验委托单位；
- b. 材料规格、牌号、生产厂、炉批号、制造工艺；
- c. 材料的化学成分；
- d. 材料的常规力学性能；
- e. 制取试样的条件和方法；
- f. 材料的热处理工艺；
- g. 试样的形状、尺寸及试验温度；
- h. 试验机名称、型号及转速；
- i. 试验日期及试验、校对者签名；
- j. 试验结果一览表；

- k. S—N 曲线及应力升降图；
- l. 其它。

附 录 A
疲劳试样加工工艺
(参考件)

A1 车削粗加工

试样从 $d+5\text{mm}$ (d 指标称直径加上表面抛光余量) 的直径车到 $d+0.5\text{mm}$, 车削过程应分别按 1.25mm 、 0.75mm 、 0.25mm 逐次减少其车削深度。

A2 精加工

A2.1 车削精加工: 试样从 $d+0.5\text{mm}$ 精车到 d 时, 应该进一步减少的切削深度分别为 0.125mm 、 0.075mm 、 0.05mm 。进行这些车削精加工时, 应采取每转不超过 0.06mm 的进刀量。

A2.2 磨削精加工: 对于不易车削的材料, 采用磨削进行精加工。试样从 $d+0.5\text{mm}$ 加工到 d 时的工序如下:

加工到 $d+0.1\text{mm}$ 之前, 磨削深度为 0.025mm ;

由 $d+0.1\text{mm}$ 磨到 $d+0.025\text{mm}$ 之前, 磨削深度为 0.005mm ; 然后以 0.0025mm 的磨削深度磨到 d 。

A3 表面抛光

用人工或机械方法, 对已加工到 d 尺寸的试样进行抛光到标称直径时, 要求抛光的砂布(砂纸)逐渐变细, 最后用 600 号碳化硅砂布(或砂纸)。最后抛光方向应该按沿试样纵向进行, 以保证除去砂粒造成的磨痕。抛光后的试样表面粗糙度 R_a 为 $0.32\mu\text{m}$ 。

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第六二一研究所负责起草, 黎明发动机公司参加起草。

本标准主要起草人: 张学铎、刘志静、马书盛。

本标准首次发布日期为 1980 年。

www.bzxz.net

免费标准下载网