

## 前 言

本标准等效采用国际标准 ISO 204:1997《金属轴向拉伸蠕变试验(连续试验)》。

本标准根据国内具体条件,在技术内容上与 ISO 204:1997 稍有差异,主要技术内容相同。

在修订 GB 2039—80 和 GB 6395—86 的同时,将两个标准合并。对以下主要技术内容进行了修改:符号、试样尺寸及公差、温度偏差、温度测量仪器指标、中途停试操作、蠕变及持久强度极限的测定、试验结果修约等。

本标准从 1997 年 9 月 1 日起实施,同时代替 GB 2039—80《金属拉伸蠕变试验方法》和 GB 6395—86《金属高温拉伸持久试验方法》。

本标准由冶金工业部提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准由冶金工业部钢铁研究总院负责起草。

本标准主要起草人:李久林、梁新邦。

本标准 1981 年 8 月首次发布,1995 年 8 月第一次修订。

## ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是世界性国家标准机构(ISO 成员)的联合组织。通常由 ISO 技术委员会制、修订国际标准。对已经成立技术委员会的学科感兴趣的成员有权参加那个委员会。与 ISO 协作的政府和非政府的国际组织也参与工作。ISO 与国际电工委员会(IEC)在电工技术标准化方面密切合作。

技术委员会采纳的国际标准草案,在由 ISO 委员会接受为国际标准之前要分发至各成员审查。按照 ISO 程序要求,至少 75% 的成员赞成才能通过。

国际标准 ISO 204 由 ISO/TC 164 金属力学性能试验技术委员会制订。

本标准代替推荐标准 ISO/R 204 和 ISO/R 206。

# 中华人民共和国国家标准

## 金属拉伸蠕变及持久试验方法

Metallic materials—Creep and stress-rupture test in tension

GB/T 2039—1997  
eqv ISO 204:1997

代替 GB 2039—80  
GB 6395—86

### 1 范围

本标准规定了金属拉伸蠕变及持久试验的适用范围、引用标准、试验原理、符号、术语及定义、试样、试验设备及仪器、试验、试验结果处理及试验报告。

本标准方法适用于测定金属如下力学性能：

- a) 稳态蠕变速率
- b) 蠕变极限
- c) 蠕变伸长率
- d) 持久断裂时间
- e) 持久强度极限
- f) 持久断后伸长率及断面收缩率
- g) 持久缺口敏感系数

### 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。所有标准均可能修订,本标准的使用者应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 8170—87 数值修约规则

GB 10623—89 金属力学性能试验术语

JJG 141—83 工作用铂铑 10-铂热电偶检定规程

JJG 276—88 高温蠕变、持久强度试验机检定规程

JJG 351—84 工作用镍铬-镍硅、镍铬-考铜热电偶检定规程

JJG 368—84 工作用铜-康铜热电偶检定规程

### 3 试验原理

将试样加热至规定温度,沿试样轴线方向施加拉伸力并保持恒定,将试样拉至规定变形量或断裂,测定其蠕变或持久性能。

### 4 符号、术语及定义

4.1 本标准使用的符号见表 1。

表 1 符号

符号	名 称	单位
$d_0$	圆形横截面试样原始直径	mm
$d_u$	圆形光滑试样断后最小直径	
$a$	矩形横截面试样厚度	
$b$	矩形横截面试样宽度	
$L_0$	试样原始计算长度	
$L_c$	试样原始标记长度	
$L_u$	试样断后标记长度	
$L_t$	试样总长度	
$S_0$	试样计算长度内原始横截面积	mm <sup>2</sup>
$S_u$	试样断后最小横截面积	
$F$	试验力	N
$\sigma$	试验应力( $\sigma = F/S_0$ )	MPa
$\sigma^I$	缺口试样试验应力	(N/mm <sup>2</sup> )
$t$	试验温度	℃
$\tau$	试验时间	h
$\tau^I$	缺口试样试验时间	
$\epsilon_i$	蠕变起始伸长率	%
$\epsilon_e$	蠕变弹性伸长率	
$\epsilon_p$	蠕变塑性伸长率	
$\epsilon_t$	蠕变总伸长率	
$\delta$	持久断后伸长率	
$\psi$	持久断面收缩率	
$\dot{v}$	稳态蠕变速率	%/h
$K_s, K_t$	持久试样缺口敏感系数	

## 4.2 本标准使用的术语及定义如下:

### 4.2.1 蠕变极限

在规定温度下使试样在规定时间产生的蠕变伸长率(总伸长率或塑性伸长率)或稳态蠕变速率不超过规定值的最大应力。

当以伸长率测定蠕变极限时,用  $\sigma'_{\epsilon_t/r}$  或  $\sigma'_{\epsilon_p/r}$  表示;

当以稳态蠕变速率测定蠕变极限时,用  $\sigma'_v$  表示。

### 4.2.2 持久强度极限

试样在规定温度下达到规定的试验时间而不产生断裂的最大应力,用  $\sigma'_t$  表示。

### 4.2.3 持久断后伸长率

持久试样断裂后,在室温下计算长度部分的增量与原始计算长度的百分比。用公式  $\delta = \frac{L_U - L_0}{L_0} \times 100$  计算。

当标记标在计算长度之外时,则为原始标记长度的增量与原始计算长度的百分比,用公式  $\delta = \frac{L_U - L_C}{L_0} \times 100$  计算。

注:对圆形横截面试样,  $L_C$  与  $L_0$  之差不应超过  $L_0$  的 10%;对矩形横截面试样,  $L_C$  与  $L_0$  之差不应超过  $L_0$  的 15%。

#### 4.2.4 持久断面收缩率

持久试样断裂后,在室温下横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比,用公式  $\psi = \frac{S_0 - S_U}{S_0} \times 100$  计算。

#### 4.2.5 持久缺口敏感系数

在缺口试样与光滑试样试验应力相同的条件下,持久断裂时间的比值,用  $K_\sigma$  表示,  $K_\sigma = \frac{\tau'}{\tau}$ 。

在缺口试样与光滑试样断裂时间相同的条件下,试验应力的比值,用  $K_\tau$  表示,  $K_\tau = \frac{\sigma'}{\sigma}$ 。

#### 4.2.6 与本标准有关的其他术语及定义见 GB 10623。

### 5 试样

#### 5.1 圆形横截面试样

##### 5.1.1 蠕变试样直径 5 mm~10 mm,原始计算长度 $5d_0$ 或 $10d_0$ (也可以采用 $12.5d_0$ )。

推荐的标准蠕变试样见图 1。

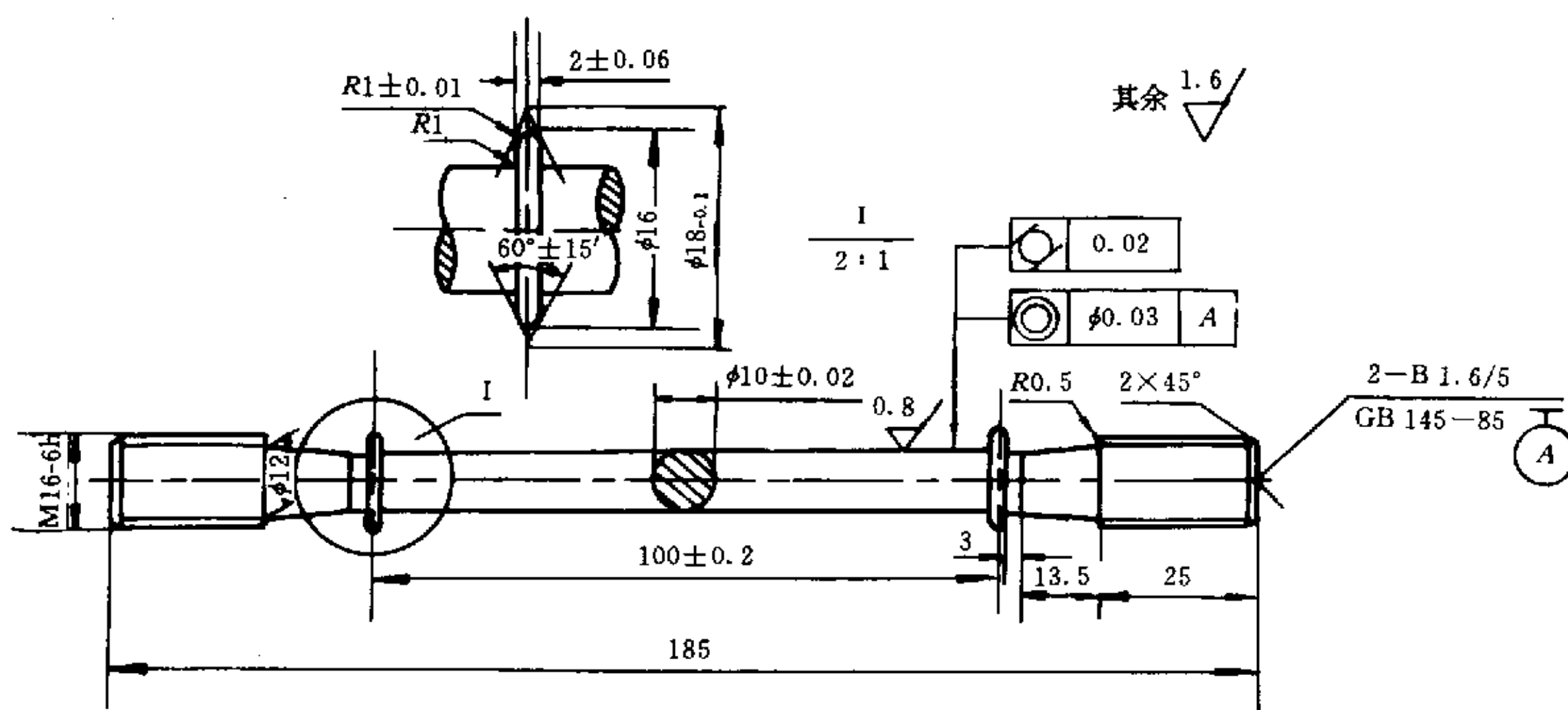


图 1 圆形横截面标准蠕变试样

##### 5.1.2 标准持久试样直径为 5 mm 和 10 mm;原始计算长度分别为 25 mm 和 50 mm,见图 2 和图 3。

注:为了准确地计算持久断后伸长率,可适当减小过渡圆弧半径。

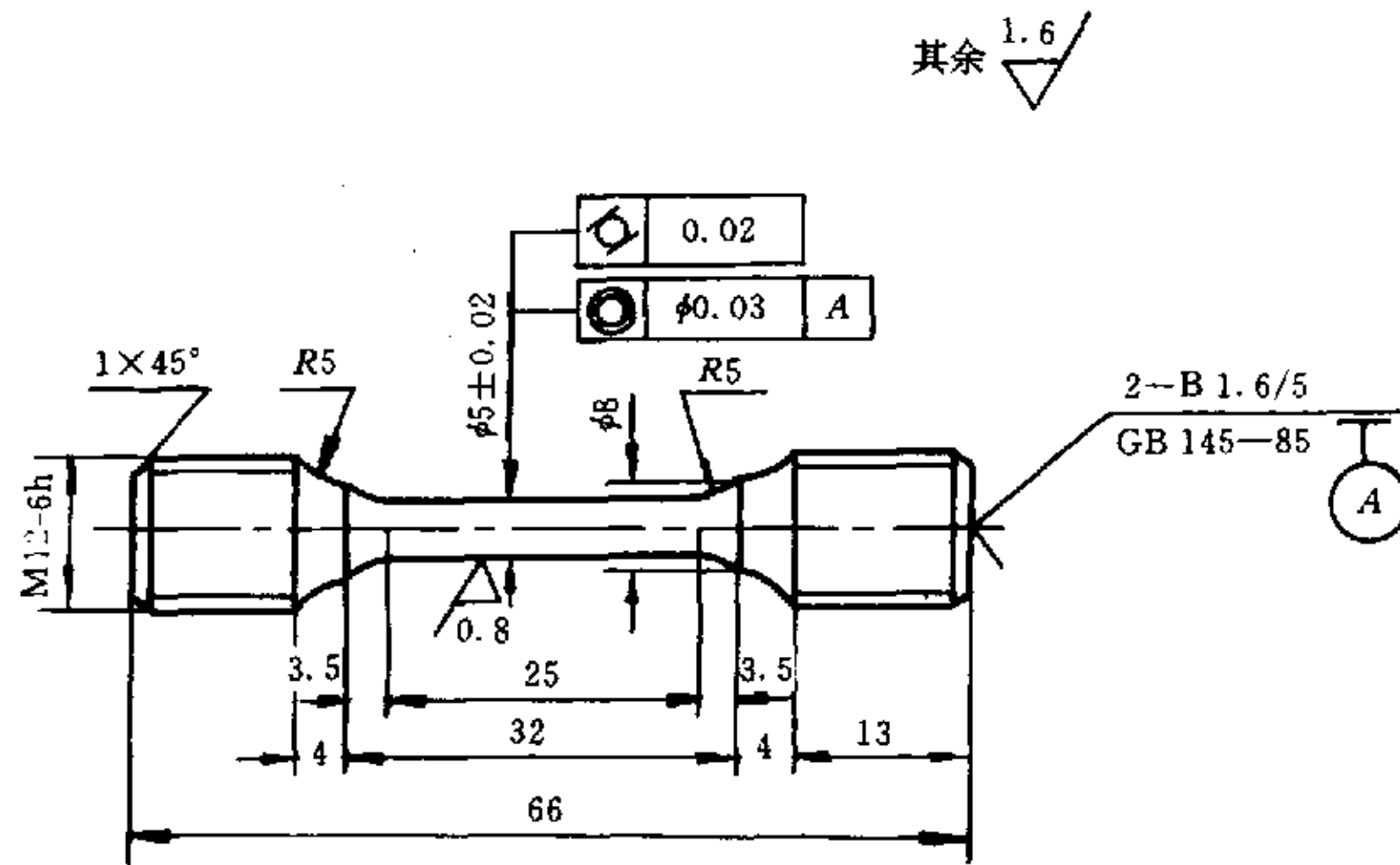


图 2 直径 5 mm 的圆形横截面标准持久试样

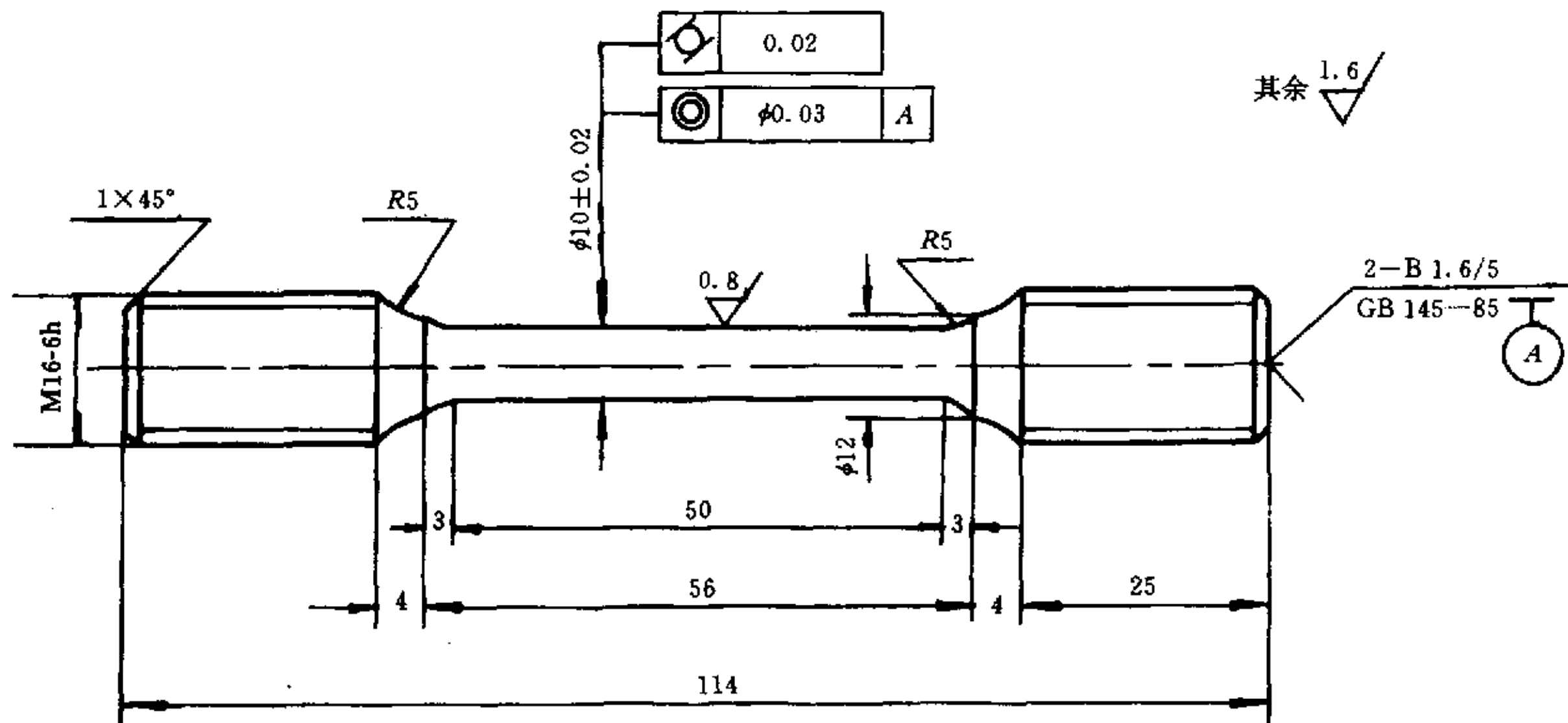


图 3 直径 10 mm 的圆形横截面标准持久试样

5.1.3 缺口持久试样的弹性应力集中系数  $K_t=3.85$ , 试样尺寸见图 4。

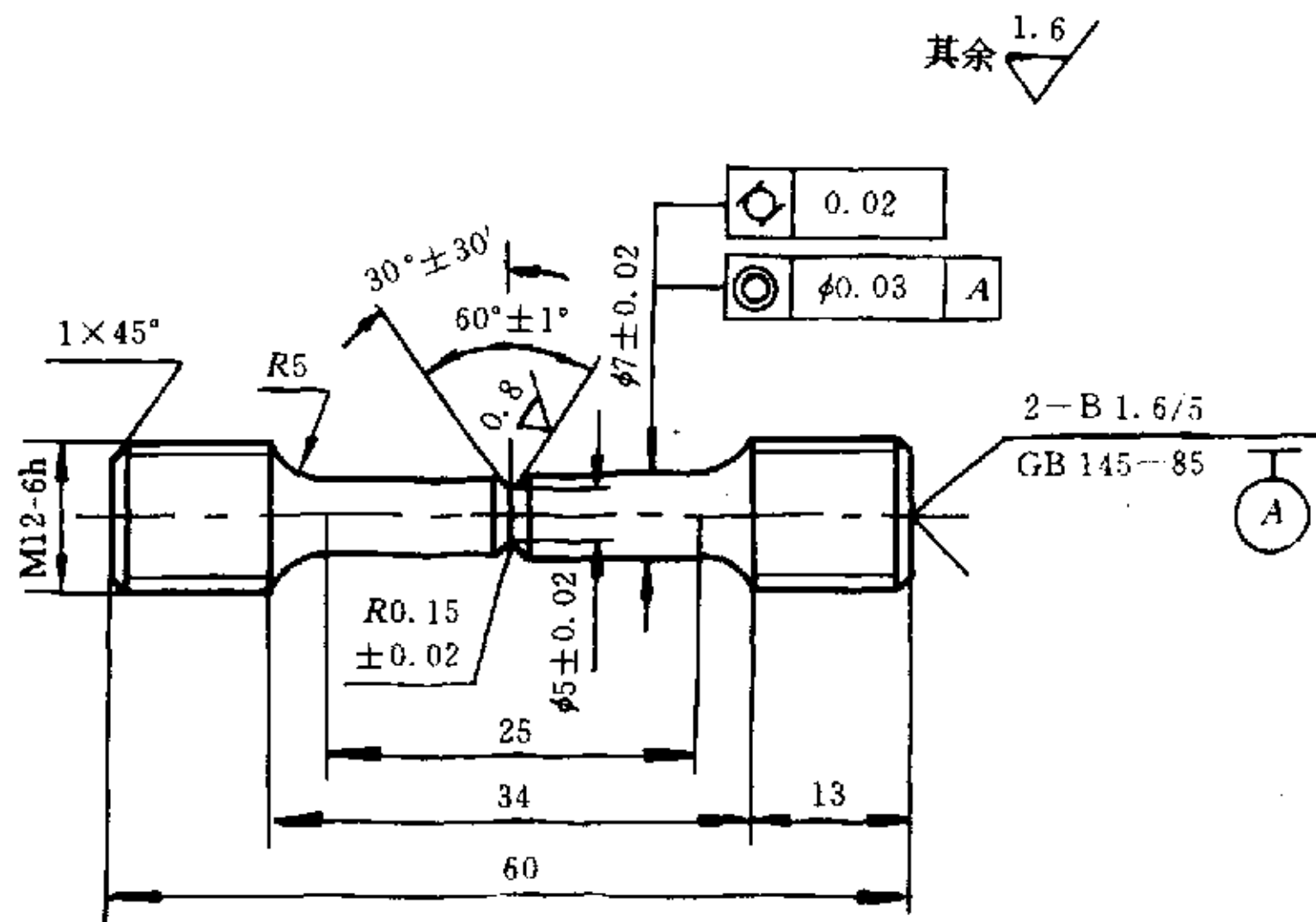


图 4 圆形横截面缺口持久试样

5.2 矩形横截面试样

5.2.1 蠕变试样厚度一般为 1 mm~5 mm, 宽度 6 mm~15 mm, 原始计算长度 50 mm~100 mm。  
推荐的标准试样见图 5。

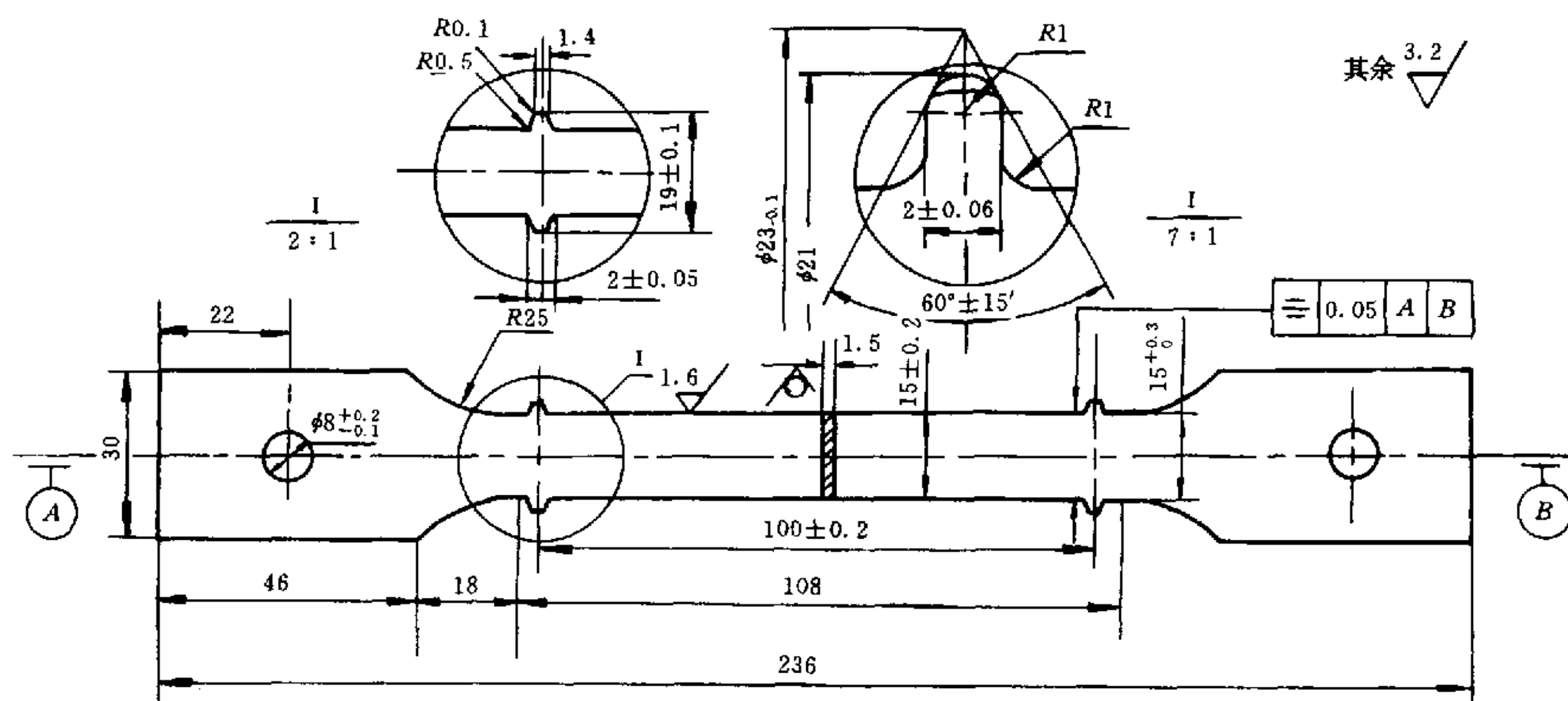


图 5 矩形横截面标准蠕变试样

5.2.2 矩形横截面持久试样宽度一般为 10 mm, 推荐的标准试样见图 6。原始计算长度与厚度的关系见表 2。

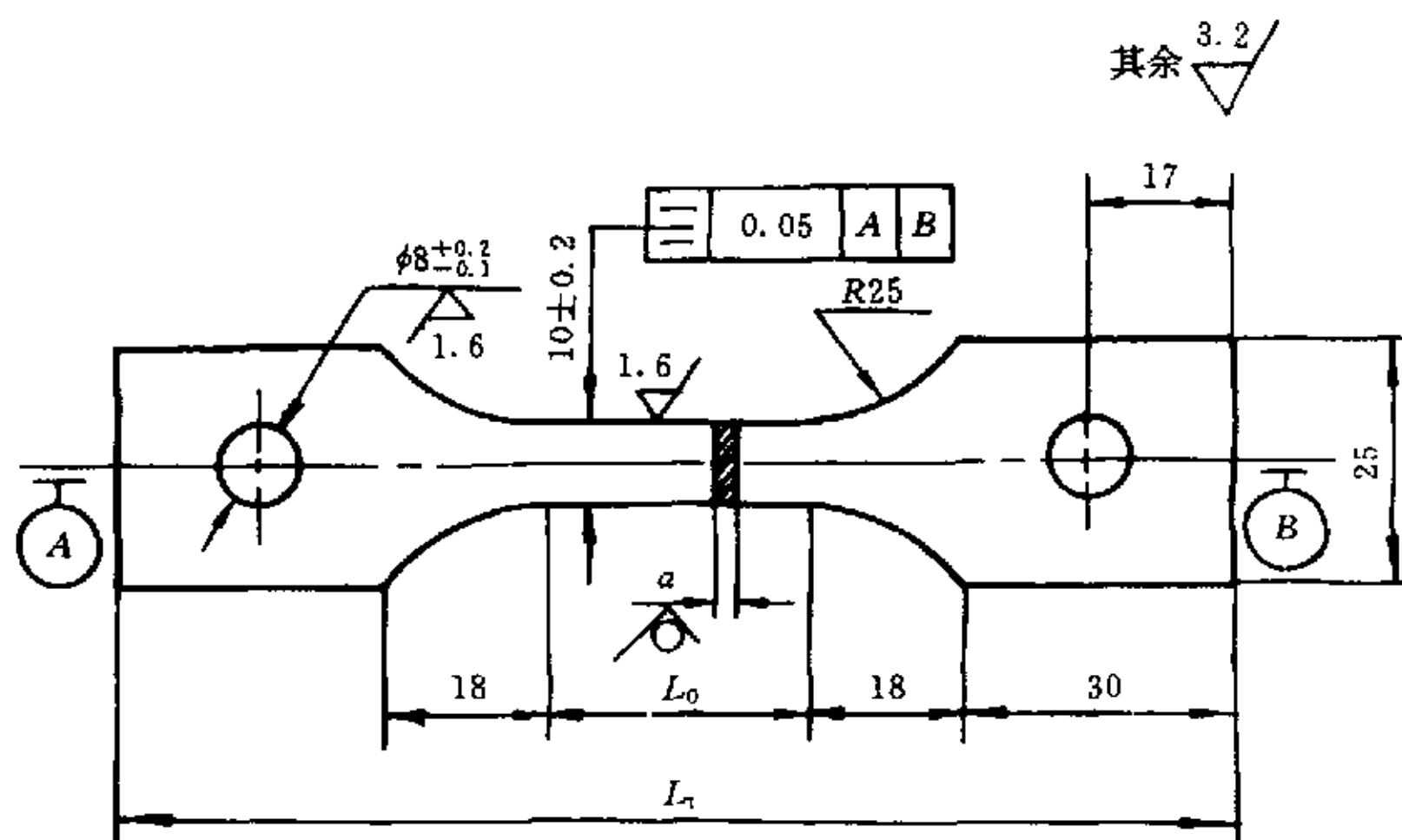


图 6 矩形横截面标准持久试样

表 2 原始计算长度与厚度的关系

mm

$a$	$\geq 0.8 \sim 1.0$	$> 1.0 \sim 1.5$	$> 1.5 \sim 2.4$	$> 2.4 \sim 3.0$
$L_0$	15	20	25	30
$L_1$	111	116	121	126

5.2.3 如有关标准或双方协议对试样另有要求时, 应按相应规定执行。

### 5.3 试样的制备

5.3.1 切取的试样毛坯应代表试验材料的冶金组织和力学性能, 取样部位及方向应按产品标准规定或经双方协议。

5.3.2 试样在加工过程中不应因发热或加工硬化而改变材料的性能。

5.3.3 试样凸肩及头部的形状及尺寸可根据引伸计结构和拉杆型式确定。试样头部与计算长度之间应有过渡圆弧,对于圆形横截面试样,过渡圆弧半径应不小于直径的四分之一;对于矩形横截面试样,过渡圆弧半径应不小于宽度的四分之一。

5.3.4 矩形横截面试样一般应保留原表面,如技术条件或双方协议另有要求,可磨光表面。

## 6 试验设备及仪器

6.1 试验机在使用范围内(5%~100%)力值相对误差应不大于±1.0%;示值相对变动度应不大于1.0%,试验机上下夹头拉杆之间的试验力同轴度应不超过15%。

6.2 蠕变变形测量仪器的最小分度值应不大于1 μm,误差一般应不大于总蠕变伸长的±1%。

6.3 测温热电偶应符合 JJG 141、JJG 351 或 JJG 368 中Ⅰ级热电偶要求。

6.4 温度补偿系统应使热电偶冷端温度保持恒定,允许偏差在0.5℃之内。

6.5 温度测量仪器的分辨率应在0.5℃之内,误差应不大于±1℃。

6.6 温度控制及加热装置应保证在试验期间温度符合表3要求。

表3 试验温度的偏差和梯度

℃

试验温度	温度偏差	温度梯度
<900	±3	3
900~1100	±4	4
注 1 温度梯度:试验中任一瞬间试样所有被测点温度的最高值与最低值之差。 2 试验温度应包括对热电偶及测量仪器误差的修正。 3 对于温度超过1100℃的试验,温度偏差及温度梯度应由有关双方协商确定。		

6.7 加热炉均温区一般应不小于试样计算长度的1.5倍。

## 7 试验

7.1 试验室温度一般应保持在10℃~35℃之内;试验室应远离或隔离震源,室内严防震动。

7.2 试验前应对试样表面及尺寸进行检查,试样表面不应有划伤或缺陷。试样的横截面尺寸应在计算长度内的两端及中部测量,在每处相互垂直方向上各测一次,以计算的最小横截面积为准。测量试样截面尺寸的量具最小分度值应不大于0.01 mm。

7.3 计算长度等于或小于50 mm的试样,一般应在两端各固定一支热电偶,计算长度大于50 mm的试样,应在两端及中部各固定一支热电偶。对于缺口试样,应有一支热电偶固定于缺口处。热电偶工作端应紧贴试样表面,并应防止炉壁热辐射。

7.4 对于蠕变试验,推荐使用双面变形测量装置,引伸计的结构和装卡应能真实地反映试样轴线方向的伸长,并应避免变形读数受室温变化和气流的影响。试验前用适当增量的力检查引伸计装卡质量,必要时对引伸计进行调整,使两侧变形读数的平均值与任一侧读数之差除以平均值的百分比不大于15%。

7.5 试样在加热炉内不应受到非轴向力的作用。

7.6 升温前,可对试样施加初始力,此力值应不大于总试验力的10%,且应力不超过10 N/mm<sup>2</sup>。

7.7 将试样加热至规定温度的时间一般为2 h~8 h,温度保持时间在1 h~24 h。在升温及保温期间,不应超过规定温度上限。对于升温及保温时间应做记录。

7.8 达到保温时间后,平稳地施加试验力。对于蠕变试验,应将砝码分成适当级数,记录施加每级力的变形值,在力—伸长曲线上求得弹性变形及起始塑性变形值,见图7。



7.9 建议对试验温度自动记录,温度测量间隔应保证在整个试验期间温度符合 6.6 条要求。

7.10 蠕变变形的记录应保证明确地绘出蠕变曲线。

7.11 试验中因故中途停试时,建议在试样上保持试验力。但应避免由于低温收缩而导致试样上的力超过规定值。当重新试验时,达到规定温度并保温后开始记录。

7.12 建议试验累积时间用误差不大于 $\pm 0.2\%$ 的计时器自动记录。

7.13 达到规定时间时,对于不能采用分级加力记录变形的蠕变试验,卸除主试验力后要继续测量滞弹变形,直至基本回复为止,见图 8。

7.14 试验机应定期按 JJG 276 进行检定,检定周期一般为一年,对于超过一年的长时间试验,应在试验结束时检定试验机。

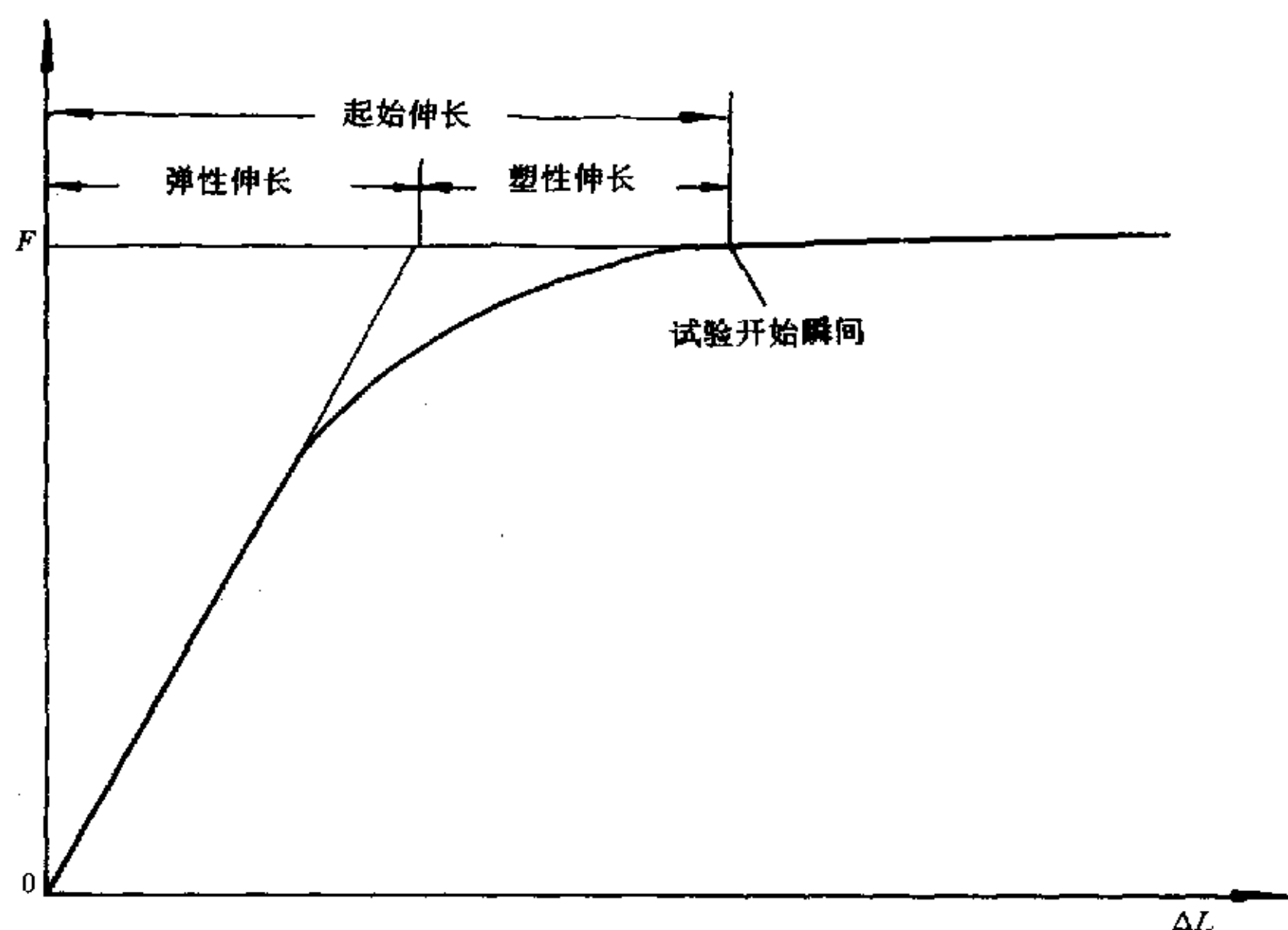


图 7 蠕变试验加力过程中的力-变形曲线

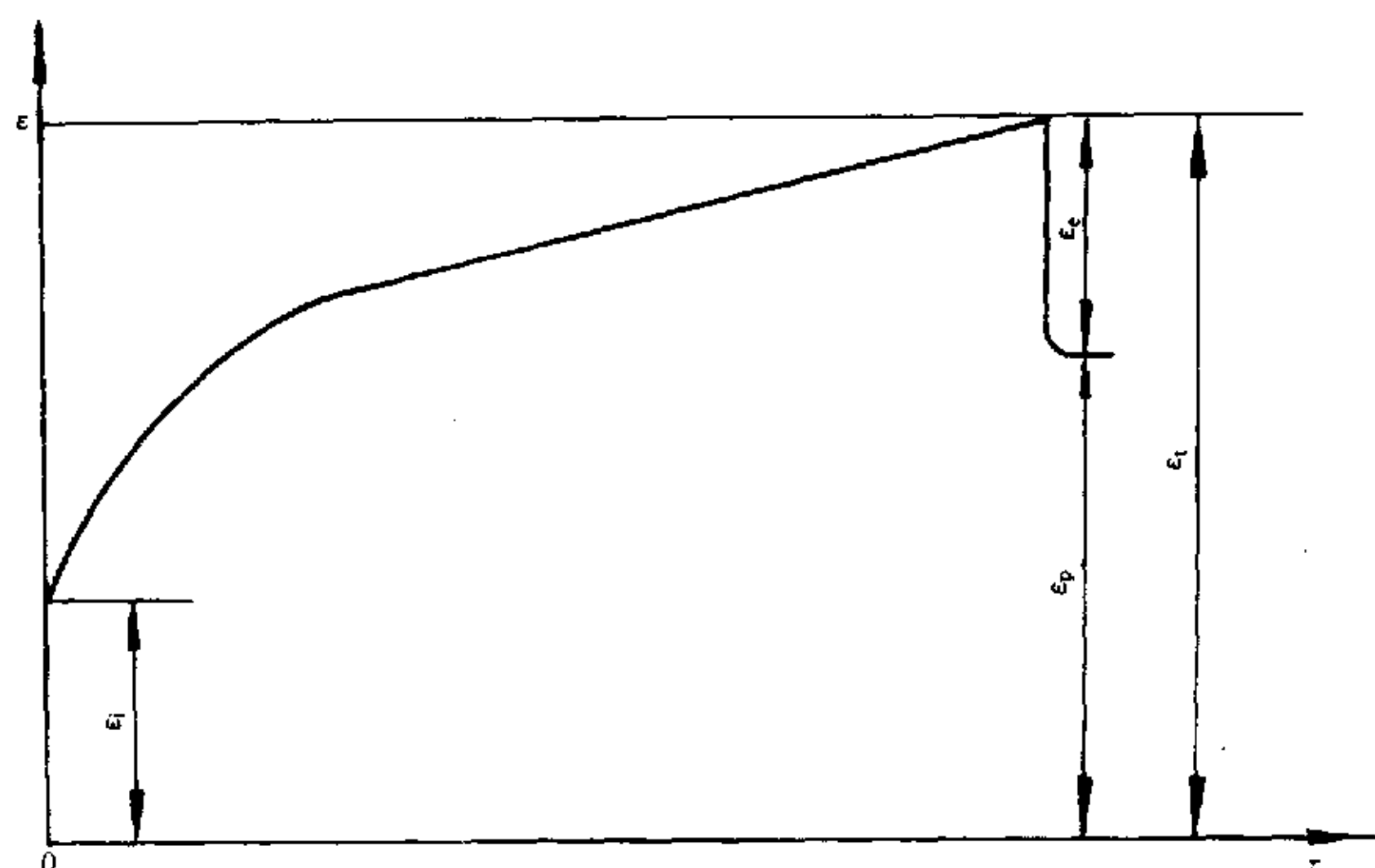


图 8 采用 7.13 条时的蠕变曲线

7.15 蠕变极限的测定

在四个以上适当的应力水平进行等温蠕变试验,建议每个应力水平做出三个数据,在单对数或双对数坐标上用作图法或最小二乘法绘制出应力-蠕变伸长率或应力-稳态蠕变速率关系曲线。用内插法或外推法求出蠕变极限。

7.16 持久强度极限的测定

在五个以上适当的应力水平进行等温持久试验,建议至少有三个应力水平每组做出三个数据,在单对数或双对数坐标上用作图法或最小二乘法绘制出应力-断裂时间曲线。用内插法或外推法求出持久强度极限。

7.17 蠕变或持久强度极限与温度的关系至少用三个温度确定。

7.18 对只要求蠕变塑性伸长率的试验,可用“标记法”测定,但应保证测量误差在 6.2 条规定范围内。

## 8 试验结果处理

8.1 当出现下列情况之一时,试验结果无效,应补做试验。试验结果满足材料技术条件要求时除外。

8.1.1 试样断在标记上或计算长度之外。

8.1.2 试样断口处有明显缺陷。

8.1.3 温度超过规定范围上限或试样受力异常。

8.2 持久断后伸长率及断面收缩率修约间隔为 1%,修约方法按 GB 8170 执行。

8.3 对所采用的外推方法应详细地说明,外推出的稳态蠕变速率应不小于最低蠕变速率的十分之一;外推出的时间应不大于最长试验时间的十倍。外推时,对于材料在温度、应力及时间作用下的组织变化应予充分考虑。

## 9 试验报告

试验报告应包括如下内容:

- a) 本国家标准号;
  - b) 试验材料牌号、炉批号及规格;
  - c) 试样尺寸、形状及编号;
  - d) 试验温度;
  - e) 试验应力;
  - f) 试验结果;
  - g) 外推方法;
  - h) 试验日期;
  - i) 试验中异常情况。
-