

本公司专业生产销售：电子万能材料试验机、金属材料试验机、冲击试验机等物理性能检测仪器。联系人：田娟，电话：13983614059

中华人民共和国国家标准

UDC 669:620.172

.173

金属拉伸试验方法

GB 228—87

Metallic materials—Tensile testing

代替 GB 228—76

本标准规定金属常温拉伸试验方法，用以测定本标准所规定的一项或几项力学性能。
本标准参照国际标准ISO 6892—84《金属材料—拉伸试验》修订。

1 原理

试验系用拉伸力将试样拉伸，一般拉至断裂以便测定力学性能。

2 定义

2.1 平行长度 (L_c)：试样两头部或两夹持部分（不带头试样）之间的平行长度。

2.2 试样标距：拉伸试验过程中用以测量试样伸长的两标记间的长度。

2.2.1 原始标距 (L_0)：试验前的标距。

2.2.2 断后标距 (L_1)：试样拉断后，断裂部分在断裂处对接在一起，使其轴线位于同一直线上的标距。

2.3 引伸计标距 (L_e)：用引伸计测量试样伸长所使用试样部分的长度（此长度可以不等于 L_0 ，但应大于 b_0 、 d_0 或 D_0 ，小于平行长度 L_c ）。

2.4 应力：试验过程中的力除以试样原始横截面积的商。

2.5 规定非比例伸长应力 (σ_p)：试样标距部分的非比例伸长达到规定的原始标距百分比时的应力。表示此应力的符号应附以角注说明，例如 $\sigma_{p0.01}$ 、 $\sigma_{p0.05}$ 、 $\sigma_{p0.2}$ 等分别表示规定非比例伸长率为 0.01%、0.05% 和 0.2% 时的应力。

2.6 规定总伸长应力 (σ_t)：试样标距部分的总伸长（弹性伸长加塑性伸长）达到规定的原始标距百分比时的应力。表示此应力的符号应附以角注说明，例如 $\sigma_{t0.5}$ 表示规定总伸长率为 0.5% 时的应力。

2.7 规定残余伸长应力 (σ_r)：试样卸除拉伸力后，其标距部分的残余伸长达到规定的原始标距百分比时的应力。表示此应力的符号应附以角注说明，例如， $\sigma_{r0.2}$ 表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

2.8 屈服点 (σ_s)：呈现屈服现象的金属材料，试样在试验过程中力不增加（保持恒定）仍能继续伸长时的应力。如力发生下降，应区分上、下屈服点。

2.8.1 上屈服点 (σ_{su})：试样发生屈服而力首次下降前的最大应力。

2.8.2 下屈服点 (σ_{sL})：当不计初始瞬时效应时屈服阶段中的最小应力。

2.9 抗拉强度 (σ_b)：试样拉断过程中最大力所对应的应力。

2.10 屈服点伸长率 (δ_s)：试样从屈服开始至屈服阶段结束（加工硬化开始）之间标距的伸长与原始标距的百分比。

2.11 最大力下的伸长率：试样拉到最大力时标距的伸长与原始标距的百分比。应区分最大力下的总伸长率 (δ_{gt}) 和非比例伸长率 (δ_g)。

2.12 断后伸长率 (δ)：试样拉断后，标距的伸长与原始标距的百分比。

2.13 断面收缩率 (ψ)：试样拉断后，缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比。

GB 228—87

3 符号、名称和单位

符号、名称和单位列于表 1。

表 1

符 号	名 称	单 位
a_0 a_1 b_0 b_1 d_0 d_1 D_0 L_c L_0 L_1 L_e L	矩形、弧形试样或管壁的原始厚度 矩形试样拉断后缩颈处的最小厚度 矩形或弧形试样平行长度部分的原始宽度 矩形试样拉断后缩颈处的最大宽度 圆形试样平行长度部分的原始直径 圆形试样拉断后缩颈处的最小直径 圆管试样原始外直径 试样平行长度 试样原始标距 试样拉断后的标距 引伸计标距 试样总长度	mm
S_0 S_1	试样平行长度部分的原始横截面积 试样拉断后缩颈处的最小横截面积	mm ²
F_p F_t F_r F_s F_{su} F_{sL} F_b F_l	规定非比例伸长力 (试验记录或报告中应附以所测应力的角注, 例如: $F_{p0.01}$ 、 $F_{p0.05}$ 、 $F_{p0.2}$ 等) 规定总伸长力 (试验记录或报告中应附以所测应力的角注, 例如 $F_{t0.5}$) 规定残余伸长力 (试验记录或报告中应附以所测应力的角注, 例如 $F_{r0.2}$) 屈服力 上屈服力 下屈服力 最大力 线材打结拉伸力	N
σ_p σ_t σ_r σ_s σ_{su} σ_{sL} σ_b	规定非比例伸长应力 规定总伸长应力 规定残余伸长应力 屈服点 上屈服点 下屈服点 抗拉强度	N/mm ²
δ_s δ_{Bt} δ_B	屈服点伸长率 最大力下的总伸长率 最大力下的非比例伸长率	%

GB 228—87

续表 1

符 号	名 称	单 位
δ	断后伸长率	%
ε_p	规定非比例伸长率	
ε_t	规定总伸长率	
ε_r	规定残余伸长率	
ψ	断面收缩率	
m	试样质量	g
ρ	试样密度	g/cm ³
π	圆周率 (至少取三位有效数字)	
n	伸长或位移放大倍数	

注: 1 N/mm² = 1 MPa。

4 试样

按GB 6397—86《金属拉伸试验试样》执行。

5 试样尺寸的测量

5.1 试样原始横截面积的测定

5.1.1 圆形试样横截面直径应在标距的两端及中间处两个相互垂直的方向上各测一次, 取其算术平均值, 选用三处测得横截面积中最小值, 横截面积按公式 (1) 计算:

$$S_0 = \frac{1}{4} \pi d_0^2 \dots \dots \dots (1)$$

5.1.2 矩形试样横截面尺寸 (宽度和厚度) 应在标距的两端及中间处测量, 选用三处测得横截面积中最小值。矩形试样横截面积按公式 (2) 计算:

$$S_0 = a_0 \cdot b_0 \dots \dots \dots (2)$$

5.1.3 圆管纵向弧形试样的横截面尺寸 (壁厚和宽度) 应在标距两端及中间处测量, 选用三处测得横截面积中最小值。有关标准或协议无规定时, 圆管纵向弧形试样横截面积按公式 (3) 计算:

$$S_0 = a_0 \cdot b_0 \left[1 + \frac{b_0^2}{6 D_0 (D_0 - 2 a_0)} \right] \dots \dots \dots (3)$$

注: 生产检验中, 可将式中的 $\left[1 + \frac{b_0^2}{6 D_0 (D_0 - 2 a_0)} \right]$ 用一个固定系数代替, 但此时其计算值与用公式 (3) 计算之值的偏差不应大于 ± 1 %。

5.1.4 圆管试样横截面尺寸 (外径和壁厚) 应在管的一端两个相互垂直的方向各测一次外径, 取其算术平均值。在同一管端圆周上相互垂直方向测量四处管壁厚度, 取其算术平均值。用平均外径和平均壁厚计算的横截面积作为标距内的原始横截面积。按公式 (4) 计算:

$$S_0 = \pi a_0 (D_0 - a_0) \dots \dots \dots (4)$$

注: 如有关标准或协议允许, 可以用标称尺寸计算全截面圆管试样的原始横截面积。

5.1.5 测量试样原始横截面尺寸的量具应满足表 2 要求。

GB 228—87

表 2

mm

横 截 面 尺 寸	量 具 最 小 刻 度 值
0.1~0.5	0.001
>0.5~2.0	0.005
>2.0~10.0	0.01
>10.0	0.05

5.1.6 等横截面不经机加工的试样，可采用重量法测定其平均原始横截面积，按公式（5）计算：

$$S_0 = \frac{m}{\rho L} \times 1000 \dots\dots\dots (5)$$

试样质量的测量精确度应达±0.5%，密度应由有关标准提供，至少取3位有效数字。试样总长度的测量精确度应达±0.5%。

如有关标准或协议允许，也可采用重量法测定周期截面不经机加工试样的平均原始横截面积，或者采用理论计算原始横截面积。

5.1.7 如有关标准或协议允许，也可采用标称尺寸计算圆线材的原始横截面积。

5.1.8 试样原始横截面积的计算值修约到三位有效数字，修约的方法按GB 1.1—81《标准化工作导则 编写标准的一般规定》附录C“数字修约规则”执行。

5.2 试样原始标距的标记和测量

5.2.1 可以用两个或一系列等分小冲点或细划线标出原始标距，标记不应影响试样断裂，对于脆性试样和小尺寸试样，建议用快干墨水或带色涂料标出原始标距。如平行长度比原始标距长许多（例如不经机加工试样），可以标出相互重叠的几组原始标距。

5.2.2 比例试样原始标距的计算值，对于短比例试样应修约到最接近5mm的倍数；对于长比例试样应修约到最接近10mm的倍数。如为中间数值向较大一方修约。

5.2.3 原始标距应精确到标称标距的±0.5%。

5.2.4 测量试样尺寸的量具应由计量部门定期检定。

6 试验设备

6.1 试验机

6.1.1 各种类型试验机均可使用，试验机误差应符合JJG 139—83《拉力、压力和万能材料试验机检定规程》或JJG 157—83《小负荷材料试验机检定规程》的1级试验机要求。

6.1.2 试验机应有调速指示装置，试验时能在本标准规定的速度范围内灵活调节。

6.1.3 试验机应具有记录或显示装置，能满足本标准测定力学性能的要求。

6.1.4 试验机应由计量部门定期进行检定。试验时所使用力的范围应在检定范围内。

6.2 引伸计

6.2.1 引伸计（包括记录器或指示器）应进行标定，标定时引伸计的工作状态应尽可能与试验时的工作状态相同。引伸计的标定与分级方法见附录A。

6.2.2 经过标定的引伸计，在日常试验前应注意检查，当引伸计经过检修或发现异常，应按附录A进行标定。

6.2.3 根据表3选用相应等级的引伸计。

GB 228—87

表 3

测试项目	规定的伸长率 %	允许使用的最低等级
σ_p, σ_r	<0.05	B
	>0.05 ~ <0.2	C
	>0.2	D
$\sigma_t, \sigma_b, \sigma_{su}$ $\sigma_{sL}, \delta_s, \delta_{gt}, \delta_g$		D

6.2.4 引伸计标距的偏差符合表 4 中的规定时,可直接使用标称标距。

表 4

引伸计等级	最大允许偏差, %
A	±0.5
B	
C	±1.0
D	

7 试验条件

7.1 试验速度:应根据材料性质和试验目的确定。除有关标准或协议另作规定外,拉伸速度应符合下述要求:

7.1.1 测定规定非比例伸长应力、规定残余伸长应力和规定总伸长应力时,弹性范围内的应力速率应符合表 5 规定,并保持试验机控制器固定于这一速率位置上,直至该性能测出为止。

表 5

金属材料的弹性模量 N/mm^2	应力速率, $N/mm^2 \cdot s^{-1}$	
	最 小	最 大
<150000	1	10
>150000	3	30

7.1.2 测定屈服点和上屈服点时,屈服前的应力速率按表 5 规定,并保持试验机控制器固定于这一速率位置上,直至该性能测出为止。

7.1.3 测定下屈服点时,平行长度内的应变速率应在 0.00025 ~ 0.0025/s 之间,并应尽可能保持恒定。如不能直接控制这一速率,则应通过调节在屈服开始前的应力速率将其固定,直至屈服阶段过后。但弹性范围内的应力速率不得超过表 5 所允许的最大速率。

7.1.4 当同一试验要求测定上、下屈服点时,则应符合 7.1.3 的规定。

7.1.5 屈服过后或只需测定抗拉强度时,试验机两夹头在力作用下的分离速率应不超过 0.5L_c/min。

GB 228—87

- 7.1.6 测定屈服点伸长率时，试验速率应符合7.1.1的规定。
- 7.1.7 测定最大力下的伸长率或断后伸长率时，试验速率应符合7.1.5的规定。
- 7.2 试验应在室温（10~35℃）下进行。

7.3 夹持方法

7.3.1 可以采用楔型、带螺纹、套环、销钉夹头等。试验机或夹持装置应能允许试样在拉伸方向自由定位和轴向施力。对于楔型夹头，试样头部被夹持的长度，一般至少为夹头夹持长度的四分之三。夹头的夹持面与试样接触应尽可能对称均匀。圆管试样应在其两端加以塞头或将其被夹持部分压扁（见GB 6397—86的规定）以便夹持。

8 性能测定

8.1 规定非比例伸长应力的测定

8.1.1 图解法：用自动记录方法绘制力-伸长曲线图时，力轴每毫米所代表的应力，一般应不大于10N/mm²，曲线的高度应使F_p处于力轴量程的二分之一以上。伸长放大倍数的选择应使图1中的 \overline{OC} 段的长度不小于5mm。

在曲线图上，自弹性直线段与伸长轴交点O起，截取一相应于规定非比例伸长的 \overline{OC} 段（ $\overline{OC} = n \cdot L_e \cdot \epsilon_p$ ），过C点作弹性直线段的平行线CA交曲线于A点，A点对应的力F_p为所测规定非比例伸长力（见图1），规定非比例伸长应力按公式（6）计算：

$$\sigma_p = \frac{F_p}{S_0} \dots\dots\dots (6)$$

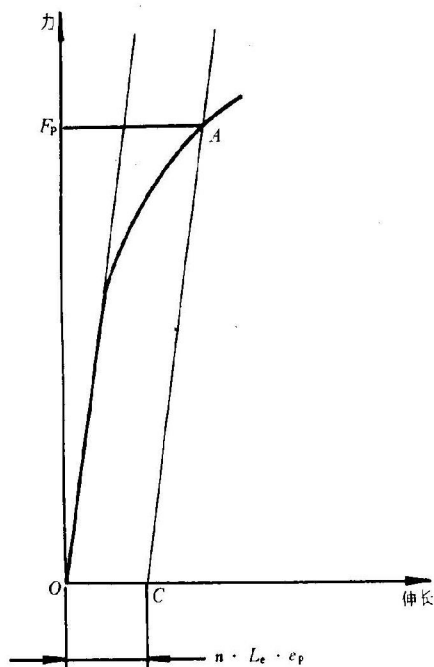


图 1

8.1.2 如曲线无明显弹性直线段，以致难于准确确定相应的规定非比例伸长力，可采用下述方法：

8.1.2.1 滞后环法：对试样连续施力至预期规定非比例伸长应力相应的力后，将其卸至约为前所施加力的10%，接着再施力至少直至包络线范围。正常情况将绘出一个滞后环。通过滞后环两端点划一直线。从曲线的真实原点O起截取 \overline{OC} 段（ $\overline{OC} = n \cdot L_e \cdot \epsilon_p$ ），过C点作直线CA平行于上述所划直线。CA线与曲线的交点A所对应的力F_p为所测规定非比例伸长力（见图2a）。如果CA线位于滞后环的右侧，则以CA线与包络线的交点所对应的力F_p作为规定非比例伸长力（见图2b和2c）。

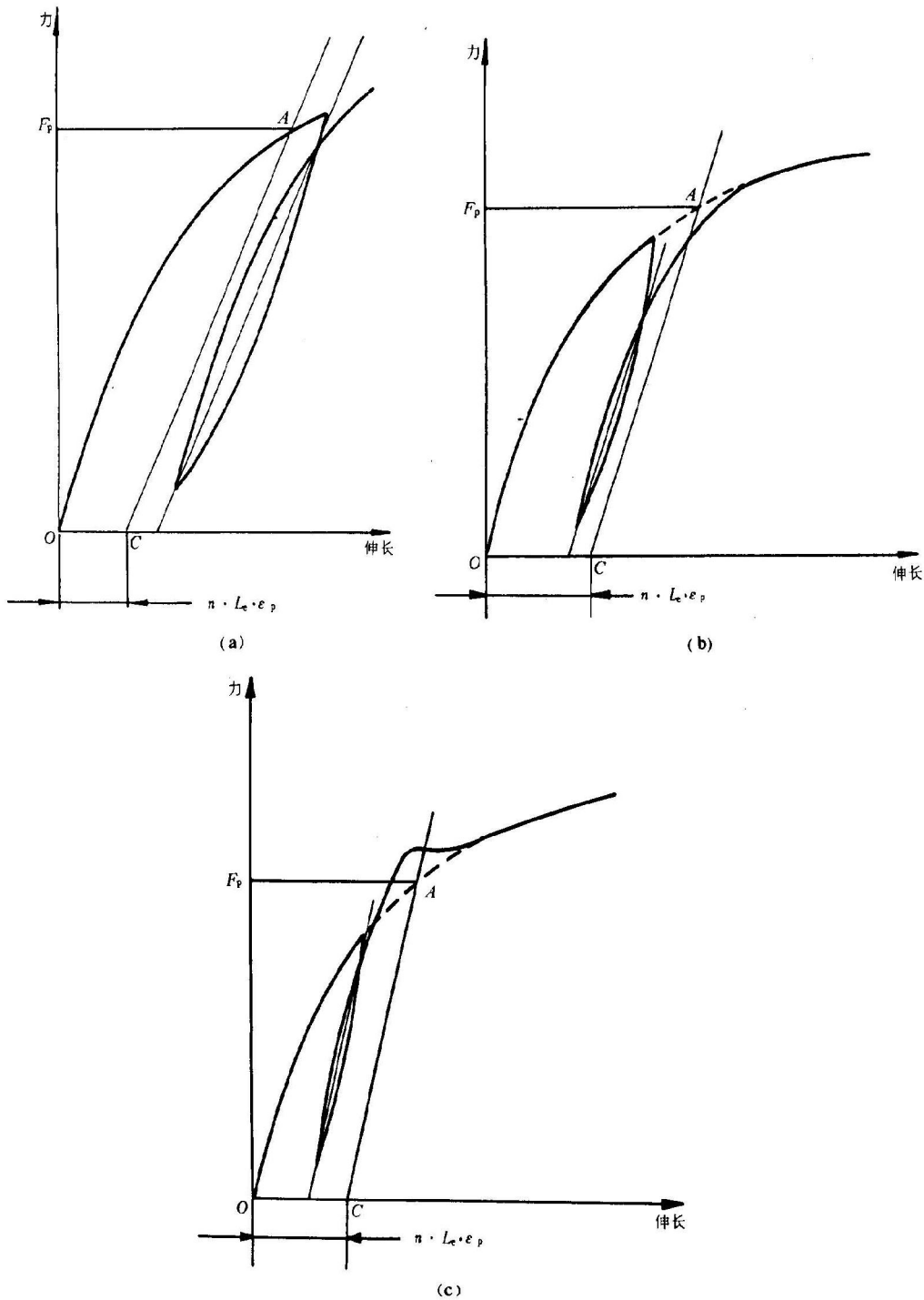


图 2

8.1.2.2 逐步逼近法：从曲线上估取一点 A_0 为规定非比例伸长率等于 0.2% 时的力 $F_{p0.2}^0$ ，在曲线上分别确定力为 $0.1 F_{p0.2}^0$ 和 $0.5 F_{p0.2}^0$ 的 B_1 和 D_1 两点，过这两点划直线 $B_1 D_1$ 。从曲线的真实原点 O 起截取 \overline{OC} 段 ($\overline{OC} = n \cdot L_e \cdot 0.2\%$)，过 C 点作平行于 $B_1 D_1$ 的直线 $C A_1$ 交曲线于 A_1 点。如 A_1 与 A_0 重合，则 $F_{p0.2}^0$ 为规定非比例伸长率为 0.2% 时的力。而且 $B_1 D_1$ 直线的斜率一般也可以作为确定其他规定非比例伸长应力的基准。

GB 228-87

如 A_1 点未与 A_0 点重合, 则需采取与上述相同的步骤进行进一步逼近。此时取 A_1 点的力 $F_{p0.2}^1$, 分别确定力为 $0.1 F_{p0.2}^1$ 和 $0.5 F_{p0.2}^1$ 的 B_2 和 D_2 两点。然后过 C 点作 $B_2 D_2$ 的平行线确定交点 A_2 。如此重复, 直至最后一次得到的交点与前一次重合 (见图 3)。

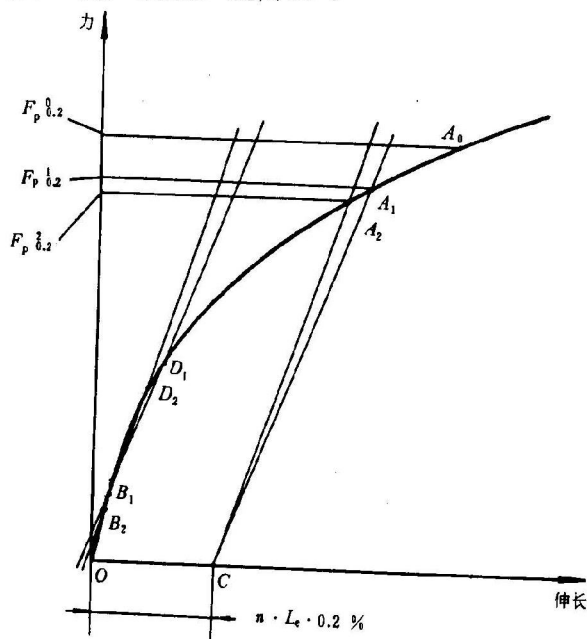


图 3

8.1.2.3 曲线无明显弹性直线段情况, 仲裁试验采用 8.1.2.1 规定的滞后环方法, 但必须使 CA 线位于滞后环的左侧。

8.1.3 生产检验允许使用绘制力-夹头位移曲线图测定非比例伸长率等于和大于 0.2% 的规定非比例伸长应力 (见图 4)。位移放大倍数的选择应使图 4 中 OC 段的长度不小于 5 mm。

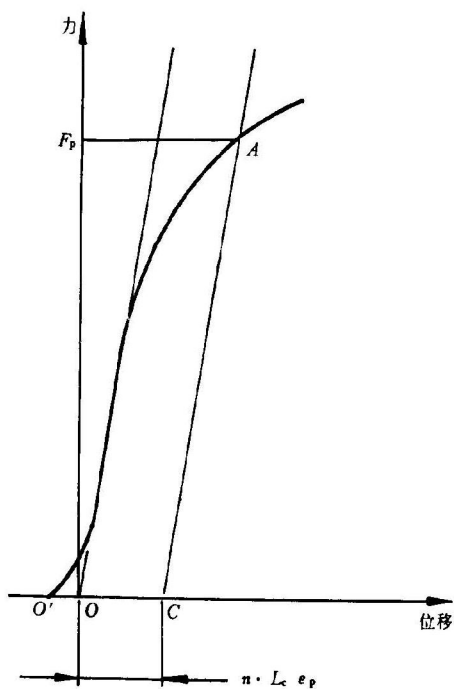


图 4

8.1.4 逐级施力法：一般对试样施力至约为预期规定非比例伸长应力的10%，然后装上引伸计。在相当于预期规定非比例伸长应力的70~80%以内施加等级力，以后施加小等级力（一般为20N/mm²）。施力时应保证准确读取各级力值和伸长值。

从各级力下的总伸长读数中减去计算得的弹性伸长，即为非比例伸长。施力直至得到的非比例伸长等于或稍大于所规定的数值为止。用内插法求出精确的力值。规定非比例伸长应力按公式(6)计算。测定举例见附录B。

对无明显弹性直线段的金属材料，不采用逐级施力法，应采用8.1.2测定。

8.1.5 用自动装置（例如微处理机等）测定规定非比例伸长应力时，无需绘出拉伸曲线图。

注：① 当有关标准或协议要求测定规定非比例伸长应力时，应说明非比例伸长率。

② 如有关标准或协议仍规定用拉伸曲线斜率偏离法测定“规定比例极限”时，可按其执行。建议有关标准进行修订时，将“规定比例极限”改为相应的规定非比例伸长应力。

8.2 规定总伸长应力的测定

8.2.1 图解法：用自动记录方法绘制力-伸长曲线图时，力轴的比例应符合8.1.1规定，伸长放大倍数一般不应小于50倍。

在曲线图上，自曲线的真实原点O起，截取相应于规定总伸长的 \overline{OE} 段（ $\overline{OE} = n \cdot L_e \cdot \varepsilon_1$ ），过E点作力轴的平行线EA交曲线于A点，A点对应的力 F_1 为所测定总伸长应力的力（见图5）。规定总伸长应力按公式(7)计算：

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{S_0} \dots\dots\dots (7)$$

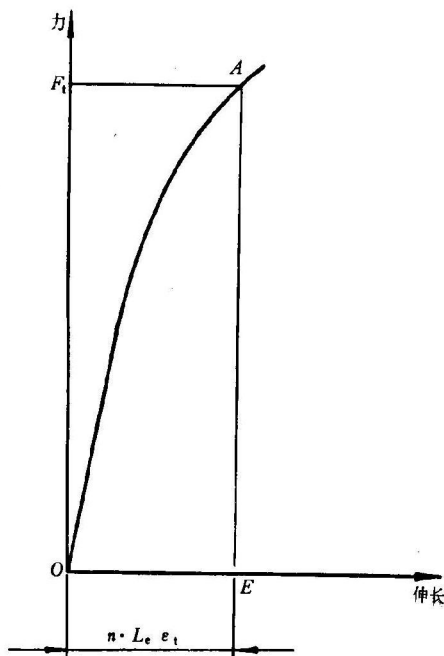


图 5

8.2.2 允许使用直接读出或显示达到规定总伸长时的力或应力，而无需绘出曲线图的方法。

注：当有关标准或协议要求测定规定总伸长应力时，应说明总伸长率。

8.2.3 当规定非比例伸长应力下的总伸长率已知时，生产检验可以用测定达到已知总伸长率时的应力等效于相应的规定非比例伸长应力。

8.3 规定残余伸长应力的测定

8.3.1 卸力法：对试样施加约相当于预期规定残余伸长应力10%的力 F_0 ，装上引伸计。继续施力

至 $2F_0$ 后再卸至 F_0 ，记下引伸计读数作为条件零点。从 F_0 起第一次施力至使试样在引伸计标距内产生的总伸长为 $n \cdot L_0 \cdot \epsilon_r + (1 \sim 2)$ 分格。式中第一项为规定残余伸长，第二项为弹性伸长，在引伸计上读出首次卸至 F_0 的残余伸长。以后每次施力应使试样产生的总伸长为：前一次总伸长加上规定残余伸长与该次残余伸长（卸至 F_0 ）之差，再加上 $1 \sim 2$ 分格的弹性伸长增量。试验直至实测的残余伸长等于或稍大于规定残余伸长值为止，测定举例见附录 C。如果掌握被试验金属材料所测规定残余伸长应力所对应的总伸长的大致范围，则可使第一次施力的总伸长接近预计值，以便迅速求得 F_r 。

用内插法算出相应于规定残余伸长力 F_r 的精确值。规定残余伸长应力按公式 (8) 计算：

$$\sigma_r = \frac{F_r}{S_0} \dots\dots\dots (8)$$

注：① 当有关标准或协议要求测定规定残余伸长应力时，应说明残余伸长率。

② 如有关标准或协议无区分应力 σ_p 和 σ_r 时，则其测定任选。

8.4 规定残余伸长应力的验证试验

试样装上引伸计，调整引伸计的零点读数，对试样施力至规定残余伸长应力，保持力 $10 \sim 12s$ ，然后卸除力，验证残余伸长，如果不超过规定值则为合乎要求（见图 6）。

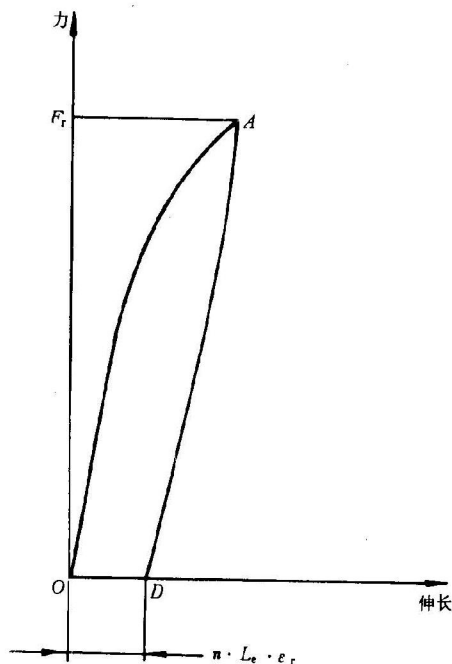


图 6

8.5 屈服点、上屈服点、下屈服点的测定

8.5.1 有明显屈服现象的金属材料，应测定其屈服点、上屈服点或下屈服点，但有关标准或协议无规定时，一般只测定屈服点或下屈服点。无明显屈服现象的金属材料，应测定其规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 或规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ 。

8.5.2 图示法：试验时，用自动记录装置绘制力-伸长曲线图或力-夹头位移曲线图时，力轴的比例应符合 8.1.1 规定，伸长（夹头位移）放大倍数应根据材质进行适当选择，曲线应至少绘制到屈服阶段结束点。在曲线上确定屈服平台恒定的力 F_s ，或屈服阶段中力首次下降前的最大力 F_{su} 或不计初始瞬时效应时的最小力 F_{sl} （见图 7）。屈服点、上屈服点或下屈服点分别按公式 (9)、(10) 和 (11) 计算：

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \dots\dots\dots (9)$$

GB 228—87

$$\sigma_{su} = \frac{F_{su}}{S_0} \dots\dots\dots (10)$$

$$\sigma_{sL} = \frac{F_{sL}}{S_0} \dots\dots\dots (11)$$

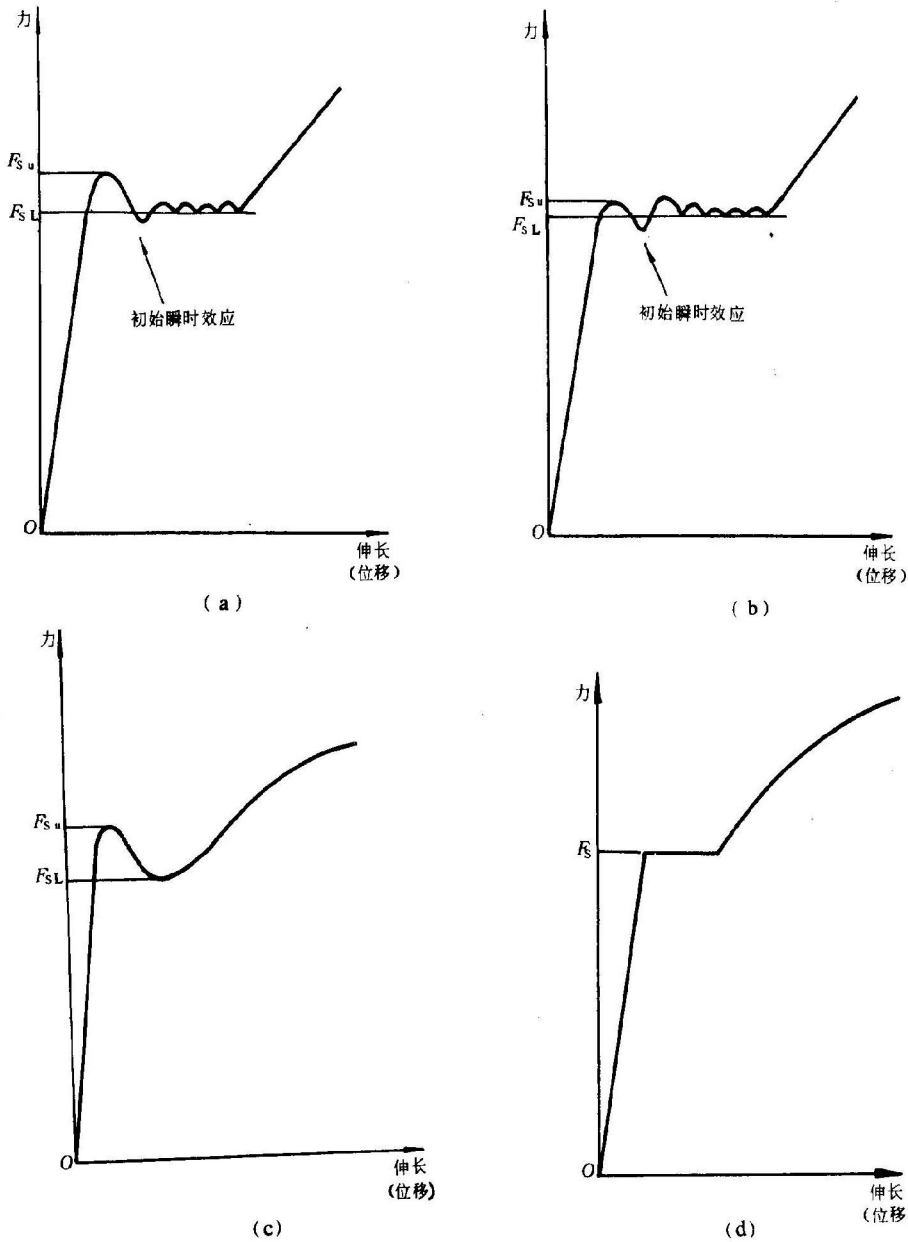


图 7

8.5.3 指针法：生产检验允许用指针法测定屈服点、上屈服点和下屈服点。即试验时，当测力度盘的指针首次停止转动的恒定力，或指针首次回转前的最大力或不计初始瞬时效应时的最小力，分别对应的应力为屈服点和上、下屈服点，仲裁试验采用图示法测定。

8.6 屈服点伸长率的测定

8.6.1 用自动记录装置绘制力-伸长曲线图时，选择适当的力轴比例，伸长放大倍数应根据达到屈

GB 228-87

屈服阶段结束（加工硬化开始）之前的伸长量进行选择。所使用的引伸计标距尽可能等于试样原始标距。在曲线上过屈服阶段结束点G作弹性直线段的平行线GF交伸长轴于F点。延长弹性直线段交伸长轴于O点。然后测量图上 \overline{OF} 的长度（见图8）。屈服点伸长率按公式（12）计算：

$$\delta_s = \frac{\overline{OF}}{n \cdot L_e} \times 100 \dots\dots\dots(12)$$

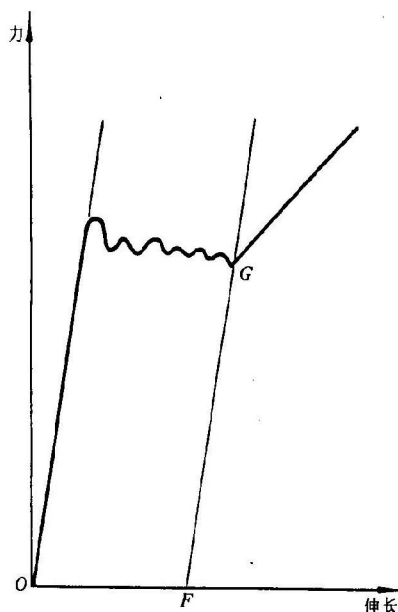


图 8

8.7 最大力下的总伸长率和非比例伸长率的测定

用自动记录装置绘制力-伸长曲线图时，选择适当的力轴比例。应根据达到最大力时的总伸长量选择适当的伸长放大倍数。所使用的引伸计标距应尽可能等于试样原始标距。在曲线上过最大力点K，分别作力轴和弹性直线段的平行线KI和KJ，交伸长轴于I点和J点。延长弹性直线段交伸长轴于O点。然后测量图中 \overline{OI} 和 \overline{OJ} 的长度（见图9）。最大力下的总伸长率和非比例伸长率分别按公式（13）和（14）计算：

$$\delta_{gt} = \frac{\overline{OI}}{n \cdot L_e} \times 100 \dots\dots\dots(13)$$

$$\delta_g = \frac{\overline{OJ}}{n \cdot L_e} \times 100 \dots\dots\dots(14)$$

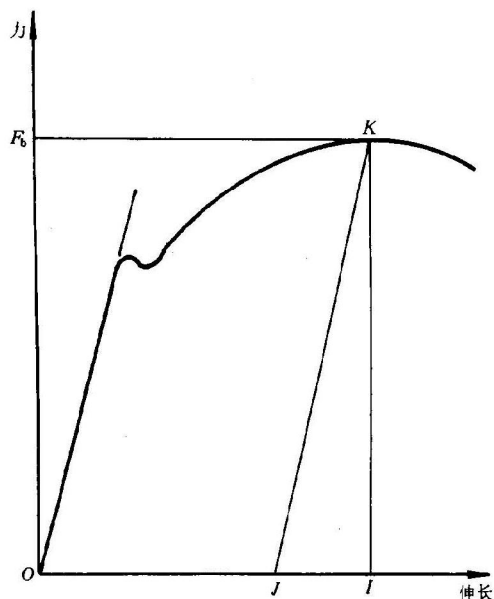


图 9

8.8 抗拉强度的测定

试样拉至断裂，从拉伸曲线图上确定试验过程中的最大力（见图 9），或从测力度盘上读取最大力。抗拉强度按公式（15）计算：

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \dots\dots\dots (15)$$

8.9 线材打结拉伸力的测定

试验前将试样打一简单死结（勿拉紧），然后使其固定在试验机夹具内，对试样连续施力直至拉断。由测力度盘或力-夹头位移曲线上读出的最大力即为该线材的打结拉伸力 F_j 。

8.10 断后伸长率的测定

8.10.1 试样拉断后，将其断裂部分在断裂处紧密对接在一起，尽量使其轴线位于一直线上。如拉断处形成缝隙，则此缝隙应计入该试样拉断后的标距内。

8.10.1.1 断后标距 L_1 的测量

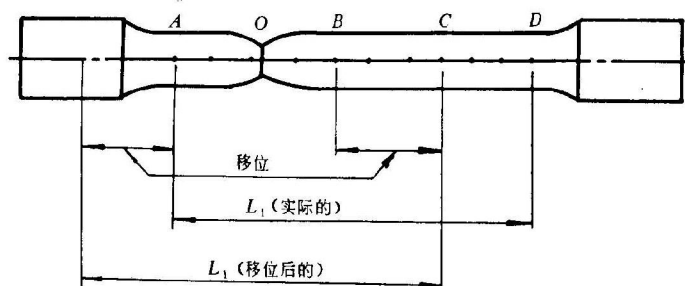
- a. 直测法：如拉断处到最邻近标距端点的距离大于 $1/3 L_0$ 时，直接测量标距两 endpoint 间的距离。
- b. 移位法：如拉断处到最邻近标距端点的距离小于或等于 $1/3 L_0$ 时，则按下述方法测定 L_1 ：
 在长段上从拉断处 O 取基本等于短段格数，得 B 点，接着取等于长段所余格数（偶数，图 10 (a)）的一半，得 C 点；或者取所余格数（奇数，图 10 (b)）分别减 1 与加 1 的一半，得 C 和 C_1 点。移位后的 L_1 分别为： $AB + 2BC$ 和 $AB + BC + BC_1$ 。

测量断后标距的量具其最小刻度值应不大于 0.1 mm。

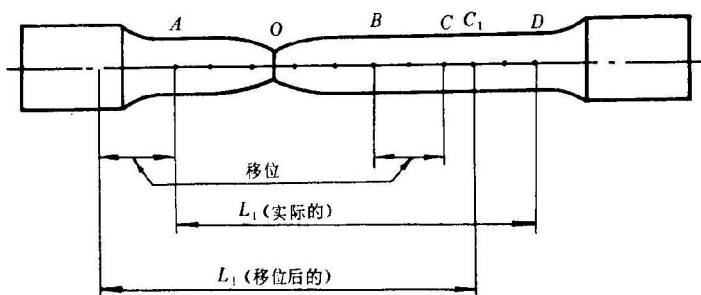
8.10.1.2 断后伸长率按公式（16）计算：

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \dots\dots\dots (16)$$

短、长比例试样的断后伸长率分别以符号 δ_s 、 δ_{l_0} 表示。定标距试样的断后伸长率应附以该标距数值的角注，例如： $L_0 = 100 \text{ mm}$ 或 200 mm ，则分别以符号 $\delta_{100 \text{ mm}}$ 或 $\delta_{200 \text{ mm}}$ 表示。



(a)



(b)

图 10

8.10.1.3 试样拉断于移位法所述位置，但如用直测法求得的断后伸长率达到有关标准或协议规定的最小值，则可不采用移位法。但仲裁试验时，用移位法测得的断后伸长率未达到有关标准或协议规定的最小值，则为无效，此时应执行 10.2 规定。

8.10.2 如有关标准或协议允许并说明，定标距与比例标距试样的断后伸长率可以互相换算，但仲裁时不采用换算方法。

8.11 断面收缩率的测定

8.11.1 试样拉断后缩颈处最小横截面积 S_1 的测定：圆形试样在缩颈最小处两个相互垂直的方向上测量其直径（需要时，应将试样断裂部分在断裂处对接在一起），用两者的算术平均值计算。矩形试样用缩颈处的最大宽度 b_1 乘以最小厚度 a_1 求得（见图 11）。

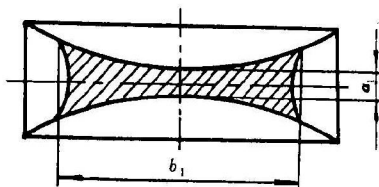


图 11

8.11.2 断面收缩率按公式 (17) 计算：

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(17)$$

8.11.3 断后缩颈处最小横截面尺寸的测量应符合表 2 要求，对于横截面尺寸大于 0.5 ~ 10.0 mm，允许用最小刻度值不大于 0.02 mm 的量具进行测量。面积计算的修约按 5.1.8 的规定。

8.11.4 薄板、带材试样，圆管材全截面试样，圆管材纵向弧形式样或其他复杂横截面试样以及直

GB 228—87

径小于 3 mm 的圆形试样，一般不测定断面收缩率。如果要求，则应由双方商定测定方法。

9 测定性能数值的修约

9.1 测得性能数值按表 6 规定进行修约，修约的方法按照 GB 1.1—81 附录 C “数字修约规则” 执行。

表 6

测试项目	范 围	修 约 到
$\sigma_p, \sigma_t, \sigma_r$	$< 200 \text{ N/mm}^2$	1 N/mm ²
$\sigma_s, \sigma_{su}, \sigma_{sL}$	$> 200 \sim 1000 \text{ N/mm}^2$	5 N/mm ²
σ_b	$> 1000 \text{ N/mm}^2$	10 N/mm ²
$\delta_s, \delta_g, \delta_{gt}$		0.1 %
δ	$< 10\%$	0.5 %
	$> 10\%$	1 %
ψ	$< 25\%$	0.5 %
	$> 25\%$	1 %

10 试验结果处理

10.1 试验出现下列情况之一者，试验结果无效。

- a. 试样断在机械刻划的标记上或标距外，造成性能不合格。
- b. 操作不当。
- c. 试验记录有误或设备发生故障影响试验结果。

10.2 遇有试验结果作废时，应补做同样数量试样的试验。

10.3 试验后试样出现两个或两个以上的缩颈以及显示出肉眼可见的冶金缺陷（例如分层、气泡、夹渣、缩孔等），应在试验记录和报告中注明。

附录 A
引伸计的标定与分级方法
(补充件)

本方法适用于自动记录或指示长度变化的引伸计。

A.1 定义

A.1.1 引伸计：测定试样伸长的装置，它包括变形传感器记录器或指示装置。

A.1.2 引伸计标距：引伸计测量试样伸长所使用的试样部分的长度，mm。

A.1.3 伸长示值：引伸计标距变化的指示值，mm。

A.1.4 应变：标距内单位长度的伸长，mm/mm。

A.1.5 标定：测定引伸计伸长示值与标定器给定真实位移的关系。

A.1.6 伸长放大倍数：引伸计伸长示值与标定器给定位移量关系曲线的斜率。

A.1.7 标定系数：标定器给定的位移量与引伸计标距和引伸计伸长示值乘积之比。标定系数乘以引伸计伸长示值即可得到相应的应变，用公式A.1表示：

$$f = \frac{\Delta l}{L_e \cdot \Delta l_e} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：f——标定系数；

L_e ——引伸计标距，mm；

Δl ——标定器给定位移量，mm；

Δl_e ——引伸计伸长示值，mm。

A.1.8 应变示值误差：引伸计的应变示值减去标定器给定的应变值之差，mm/mm。

A.1.9 引伸计等级：规定的误差级别。

A.2 标定器

A.2.1 标定器是用以对被标定的引伸计施加精确位移量的仪器。它由刚性支架，两个严格同轴的心轴或装卡引伸计的夹具，精确测量沿心轴轴向位移变化的测微计（或千分表，下同）组成。引伸计装卡于上、下心轴上，一个心轴固定，另一个心轴与测微计结合，并可由测微计上下带动而变化与固定心轴的相对距离。

A.2.2 标定器的精确度可用干涉仪或块规标定，标定器允许误差应不大于引伸计允许误差的1/3。

A.2.3 标定器测微计的最小分度值应不大于0.001 mm。

A.2.4 标定器应具有标定不同结构型式引伸计的能力。

A.3 标定

A.3.1 标定是在室温下进行，室温应尽可能保持恒定。标定前，引伸计与标定器应置于标定地点足够长的时间，确信与周围环境温度达到平衡后才能开始标定。

A.3.2 标定时引伸计的工作状态（例如引伸计标距、放大倍数、增应变或减应变、装卡方法、室温等）应尽可能与使用时正常的工作状态相一致。

A.3.3 引伸计要被标定的量程应根据待测量的伸长范围确定。标定的引伸计量程应包括测量的伸长范围。具有多个量程的引伸计应分别对每个量程进行标定。

A.3.4 引伸计标距与其标称值偏差应符合表A.1规定。在符合表A.1规定范围内，用其标称值进行计算。

GB 228—87

表 A1

引伸计等级	最大允许偏差, %
A	± 0.25
B	± 0.5
C	± 1.0
D	± 1.5
E	± 1.5

A.3.5 应小心地把引伸计的变形传感器装卡于标定器上。建议在正式开始标定之前, 调节引伸计的全量程范围, 卸下变形传感器, 再装卡, 旋动标定器使从零点进程到全量程的10%左右, 然后退回零点, 重复两次, 最后一次退过零点然后进到零点, 此时作为引伸计的零点。将标定器的全量程分成8~10级(建议分成10级), 旋动测微计逐级施加位移量, 引伸计指示或自动记录相应的长度变化, 直到全量程为止, 然后将标定器退回零点, 卸下引伸计的变形传感器并重新装卡, 按上述程序重复进行标定, 重复装卡和标定两次, 并得到三组完整的引伸计指示或自动记录数据。

A.4 引伸计应变示值误差分级

A.4.1 在每级位移量下计算引伸计的应变示值误差(计算时取零点到每级的位移量)。

A.4.2 从三组完整的标定数据中计算出引伸计应变示值误差, 其最大值即为引伸计的最大应变示值误差。

A.4.3 引伸计以最大应变示值误差分级规定如表A.2。

表 A2

引伸计等级	最大允许应变示值误差, mm/mm
A	± 0.00001
B	± 0.00005
C	± 0.0001
D	± 0.0002
E	± 0.001

A.5 引伸计伸长回程示值相对误差

A.5.1 按照A.3.5进行进程和回程标定, 得到三组引伸计的伸长回程示值数据。计算出各级进程与回程之差与全进程的百分比。其最大值应不超过表A.3规定。

表 A3

引伸计等级	最大允许回程示值相对误差, %
A	± 0.3
B	± 0.5
C	± 1.0
D	± 1.5
E	± 1.5

A.5.2 如果引伸计仅仅用于进程测量，不要求进行回程标定。

A.6 引伸计标定系数和应变示值误差的计算

A.6.1 标定数据

引伸计按照A.3的方法标定三组完整的数据。设引伸计全量程内分成 m 级（ m 规定8~10级），从第1级起依次各级由标定器给定的位移量为： $\Delta l_1, \Delta l_2, \Delta l_3, \dots, \Delta l_j, \dots, \Delta l_m$ 。

对于标定器所给定的位移量，引伸计对应的三组伸长示值为：

$$\begin{aligned} &\Delta l_{e11}, \Delta l_{e12}, \Delta l_{e13}, \dots, \Delta l_{e1j}, \dots, \Delta l_{e1m} \\ &\Delta l_{e21}, \Delta l_{e22}, \Delta l_{e23}, \dots, \\ &\Delta l_{e2j}, \dots, \Delta l_{e2m}, \\ &\Delta l_{e31}, \Delta l_{e32}, \Delta l_{e33}, \dots, \Delta l_{e3j}, \dots, \Delta l_{e3m} \end{aligned}$$

A.6.2 标定系数的计算

将引伸计的三组伸长示值数据取平均值，即：

$$\begin{aligned} \overline{\Delta l_{e1}} &= \frac{1}{3} (\Delta l_{e11} + \Delta l_{e21} + \Delta l_{e31}) \\ \overline{\Delta l_{e2}} &= \frac{1}{3} (\Delta l_{e12} + \Delta l_{e22} + \Delta l_{e32}) \\ \overline{\Delta l_{e3}} &= \frac{1}{3} (\Delta l_{e13} + \Delta l_{e23} + \Delta l_{e33}) \\ &\vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\ \overline{\Delta l_{ej}} &= \frac{1}{3} (\Delta l_{e1j} + \Delta l_{e2j} + \Delta l_{e3j}) \\ &\vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\ \overline{\Delta l_{em}} &= \frac{1}{3} (\Delta l_{e1m} + \Delta l_{e2m} + \Delta l_{e3m}) \end{aligned}$$

从而得到一组引伸计伸长示值的平均值与标定器给定位移量相对应的数据。

即：

$$\begin{aligned} &\Delta l_1, \Delta l_2, \Delta l_3, \dots, \Delta l_j, \dots, \Delta l_m \\ &\overline{\Delta l_{e1}}, \overline{\Delta l_{e2}}, \overline{\Delta l_{e3}}, \dots, \overline{\Delta l_{ej}}, \dots, \overline{\Delta l_{em}} \end{aligned}$$

用最小二乘法建立引伸计伸长示值平均值与标定器给定位移量之间的线性关系。而所求得的线性方程的斜率“ n ”为引伸计的伸长放大倍数。斜率 n 按公式A.2计算：

$$n = \frac{\sum_{j=1}^m (\Delta l_j) \sum_{j=1}^m (\overline{\Delta l_{e_j}}) - m \sum_{j=1}^m (\Delta l_j) (\overline{\Delta l_{e_j}})}{[\sum_{j=1}^m (\Delta l_j)]^2 - m \sum_{j=1}^m (\Delta l_j)^2} \dots \dots \dots (A2)$$

式中： m ——全量程内所分的级数。

标定系数按公式A.3计算：

$$f = \frac{1}{L_e \cdot n} \dots \dots \dots (A3)$$

式中： f ——标定系数；

L_e ——引伸计标距；

n ——引伸计放大倍数。

标定系数所取位数，一般比规定最大应变示值误差（见表A.2）的位数多保留一位。

GB 228—87

A.7 引伸计的应变示值误差

引伸计的应变示值误差按公式A 4计算:

$$\Delta e_{ij} = f \cdot \Delta l_{eij} - e_j \dots\dots\dots (A 4)$$

$i = 1, 2, 3。$

$j = 1, 2, 3, \dots\dots m。$

式中: Δe_{ij} ——第*i*组第*j*级伸长示值对应的应变示值误差;

f ——标定系数;

Δl_{eij} ——第*i*组第*j*级伸长示值;

e_j ——标定器给定的第*j*级位移量对应的应变值 (等于 $\Delta l_j / L_e$)。

A.8 标定报告

标定报告应包括下列内容:

- a. 引伸计名称、型号;
- b. 引伸计标距;
- c. 标定器和引伸计的标定数据;
- d. 伸长放大倍数;
- e. 标定系数与标定范围;
- f. 引伸计最大应变示值误差;
- g. 引伸计伸长进回程示值相对误差;
- h. 引伸计等级;
- i. 标定时室的室温;
- j. 标定者与标定日期。

GB 228—87

附录 B

规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.01}$ 逐级施力法测定举例
 (参考件)

试验材料——钢。

试样尺寸——直径 $d_0 = 10\text{ mm}$ 。

原始横截面积 $S_0 = 78.5\text{ mm}^2$ 。

引伸计——表盘式机械引伸计，引伸计表盘分格值为 0.002 mm ，标距为 50 mm 。

试验机——最大量程 600 kN ，选用表盘量程为 120 kN 。

材料预期规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.01} \approx 600\text{ N/mm}^2$ 。相应于此应力值 10% 的预拉力为：

$F_0 = 10\% \cdot S_0 \cdot \sigma_{p0.01} = 0.1 \times 78.5 \times 600 = 4710\text{ N}$ 化整后取用 5000 N 。此时引伸计的条件零点在 10 分格上。相当于预期规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.01}$ 的 80% 的力为：

$F = 80\% \cdot \sigma_{p0.01} \cdot S_0 = 0.8 \times 600 \times 78.5 = 37680\text{ N}$ ，化整后取用 37000 N 。

从 F_0 到 F 分四大等级施力，大等级力值为：

$$\Delta F = \frac{37000 - 5000}{4} = 8000\text{ N}$$

以后的力以小等级 ($\Delta\sigma = 25\text{ N/mm}^2$) 增加，小等级力值为：

$\Delta F_1 = \Delta\sigma \cdot S_0 = 25 \times 78.5 = 1960\text{ N}$ ，化整后取 2000 N 。

按照所使用引伸计标距 50 mm ，则测定规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.01}$ 所要求的伸长为：

$50 \times 0.01\% = 0.005\text{ mm}$ ，折合引伸计的分格数为 $0.005 \div 0.002 = 2.5$ 分格。试验直至求得非比例伸长部分达到或稍为超过 2.5 分格为止。

试验结果见下表。

在力值与伸长读数间成直线比例关系阶段上。计算出相应以小等级力 ΔF_1 的平均弹性伸长：

$$\Delta L_{2000} = \frac{(64.0 - 10) \times 2000}{41000 - 5000} = 3.0\text{ 分格}$$

然后，从弹性直线段最末一级力 (41000 N) 的伸长读数的基础上，按每增加一小等级力 ΔF_1 (2000 N) 平均增加 3.0 分格这样计算各级力的弹性伸长。从各级力的总伸长读数减去计算所得的弹性伸长可得非比例伸长。

力 N	引伸计读数	引伸计读数增量	计算弹性伸长	计算非比例伸长
	分 格			
5000	10.0	—	$\Delta L_{2000} = 3.0$	
13000	22.5	12.5		
21000	34.5	12.0		
29000	46.0	11.5		
37000	58.0	12.0		
39000	61.0	3.0		
41000	64.0	3.0		
43000	67.5	3.5		67.0
45000	71.5	4.0	70.0	1.5
47000	77.5	6.0	73.0	4.5
49000	86.0	8.5	76.0	10.0

GB 228—87

从表中找出计算的非比例伸长最接近2.5分格时的力值读数 $F'_{p0.01}$ 为45000N，用内插法求出其精确的力值 $F_{p0.01}$ 为：

$$\begin{aligned} F_{p0.01} &= F'_{p0.01} + \Delta F_2 \\ &= 45000 + \frac{(47000 - 45000) \times (2.5 - 1.5)}{4.5 - 1.5} \\ &= 45667 \text{ N} \end{aligned}$$

相应的规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.01}$ 为：

$$\sigma_{p0.01} = \frac{45667}{78.5} = 581.7 \text{ N/mm}^2$$

修约后为 $\sigma_{p0.01} = 580 \text{ N/mm}^2$

GB 228—87

附录 C

规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ 卸力法测定举例

(参考件)

试验材料——钢。

试样尺寸—— $d_0 = 10\text{mm}$, $S_0 = 78.5\text{mm}^2$ 。

引伸计——引伸计标距为 50mm , 每一分格值为 0.01mm 。

试验机——最大量程 600kN , 选用度盘为 120kN 。

预期规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2} \approx 800\text{N/mm}^2$ 。相应于此应力值10%的预拉力为:

$F_0 = 10\% \cdot \sigma_{r0.2} \cdot S_0 = 0.1 \times 800 \times 78.5 = 6280\text{N}$ 化整后取用 6000N 。此时引伸计的条件零点为1分格。

按照所使用引伸计标距 50mm , 则测定规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ 所要求的伸长为:

$$50 \times 0.2\% = 0.1\text{mm}$$

折合引伸计分格数为:

$$0.1 + 0.01 = 10\text{分格}$$

从 F_0 起第1次施力至使试样处于引伸计标距内产生的总伸长(相当于引伸计上的分格数)为:
 $10 + (1 \sim 2) = 11 \sim 12$ 分格。由于条件零点为1分格, 故总计为13分格。第1次卸力至 F_0 , 引伸计上的读数为2.3分格, 即残余伸长为1.3分格。

第二次施力至使引伸计达到读数为: 在上次读数13分格的基础上, 加上规定残余伸长10分格与已得残余伸长1.3分格之差, 再加上1~2分格即 $13 + (10 - 1.3) + 2 = 23.7$ 分格。

第二次卸力至 F_0 得到7.3分格的残余伸长, 所以第3次施力使引伸计达到的读数为:

$$23.7 + (10 - 7.3) + 1 = 27.4\text{分格}$$

试验直至试样的残余伸长达到或稍为超过10分格为止。试验结果见下表。

规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ 计算如下:

由下表查出残余伸长读数最接近10分格的力值读数为: 61000N 。用内插法可求得精确的 $F_{r0.2}$ 值为:

$$F_{r0.2} = 61000 + \Delta F = 61000 + \frac{1000 \times 0.3}{0.8} = 61375\text{N}$$

得到:

$$\sigma_{r0.2} = \frac{61375}{78.5} = 781.8\text{N/mm}^2$$

修约后为: $\sigma_{r0.2} = 780\text{N/mm}^2$

力 N	施力读数	卸力读数	残余伸长
	分 格		
6000	1.0	—	—
41000	13.0	2.3	1.3
57000	23.7	8.3	7.3
61000	27.4	10.7	9.7
62000	28.7	11.5	10.5

GB 228—87

附加说明：

本标准由中华人民共和国冶金工业部提出。

本标准由冶金工业部钢铁研究总院，哈尔滨东北轻合金加工厂，洛阳铜加工厂起草。

本标准主要起草人梁新邦、张辉。