

金属材料室温拉伸试验方法注意事项

1. 引言

国家标准 GB/T228-2002《金属材料 室温拉伸试验方法》已于 2002 年颁布实施。这一新国家标准是合并修订国家标准 GB/T228-1987《金属拉伸试验方法》、GB/T3076-1982《金属薄板（带）拉伸试验方法》和 GB/T6397-1986《金属拉伸试验试样》三个标准为一个标准，它等效采用了国际标准 ISO6892: 1998《金属材料 室温拉伸试验》，也是 GB/T228 第三次修订。GB/T228-2002 包括的技术内容和要求与原三个标准有较大的不同，尤其在性能名称和符号、抗拉强度定义、试验速率、性能结果数值的修约方面变动较大。而且，新标准中增加了引用标准和关于试验方法准确度方面阐述的内容。为了更好地贯彻实施 GB/T228-2002，将该标准的要点和实施中需注意之点说明如下。

2. GB/T228-2002 标准的适用范围

标准适用于金属材料（包括黑色和有色金属材料，但不包括金属构件和零件）室温拉伸性能的测定，试样或产品的横截面尺寸 $\leq 0.1\text{mm}$ 。对于小横截面尺寸的金属产品，例如金属箔、超细丝和毛细管等的拉伸试验需要双方协议。其原因在于：①横截面小的产品，按照标准中建议的量具分辨力要求不能满足附录 A 和附录 C 规定横截面测定准确度在 $\pm 1\%$ 和 $\pm 2\%$ 以内的要求。②试样标距采用常规的划细线、打小冲点等方法进行标记不可行。③常用的引伸计不适用于此类型产品试样的试验。试样的夹持方法需要特殊夹头等。

3. 室温的温度范围

标准中规定室温的温度范围为 10-35℃，超出这一范围不属于室温。对于材料在这一温度范围内性能对温度敏感而采用更严格的温度范围试验时，应采用 23 ± 5 ℃的控制温度。上述 10-35℃的温度范围实质是指容许的试样温度范围，只要试样的温度是在这规定的室温范围内便符合标准要求。

4. 标准中的引用标准

标准中的第二章引用了 6 个国家标准，即：

GB/T2975-1998 钢及钢产品 力学性能试验取样位置和试样制备（eqv ISO377: 1997）

GB/T8170-1987 数值修约规则

GB/T12160-2002 单轴试验用引伸计的标定（idt ISO9513: 1999）

GB/T16825-1997 拉力试验机的实验（idt ISO7500—1: 1986）

GB/T17600.1—1998 钢的伸长率换算 第 1 部分：碳素钢和低合金钢（eqv ISO2566—1: 1984）

GB/T17600.2—1998 钢的伸长率换算 第 2 部分：奥氏体钢（eqv ISO2566—2: 1984）

标准中通过注日期引用的这 6 个国家标准是构成 GB/T228—2002 标准本身不可缺少的部分，应遵照被引用的 6 个标准中的相关规定和要求，其中被引用的 5 个标准分别等同和等效相应的国际标准。目前，GB/T8170—1987《数值修约规则》还没有相对应的国际标准。

5. 性能和术语定义

5. 1 性能定义

为了与国际接轨，性能的定义按照国际标准的规定。与原 GB/T228—1987 相比较，屈服强度与抗拉强度的定义有明显差异，其他性能的定义无实质性差异。

新标准将抗拉强度定义为相应最大力（ F_m ）的应力，而最大力（ F_m ）定义为试样在屈服阶段之后所能抵抗的最大力；对于无明显屈服（连续屈服）的金属材料，为试验期间的最大力。按照这一定义，如图 1 所示的拉伸曲线，最大力应为曲线上的 B 点，而不是旧标准中的取其 A 点的力（上屈服力）计算抗拉强度。新标准中屈服强度这一术语的含义与旧标准中的屈服点有所不同，前者是泛指上、下屈服强度性能；而后者既是泛指屈服点和上、下屈服点性能，也特指单一屈服状态的屈服点性能（ σ_s ）。因为新标准已将旧标准中的屈服点性能 σ_s 归入为下屈服强度 ReL （见标准中的图 2d）。所以，新标准中不再有与旧标准中的屈服点性能（ σ_s ）相对应的性能定义。也就是说新标准定义的下屈服强度 ReL 包含了 σ_s 和 σ_{sL} 两种性能。

5. 2 术语

东莞市众志检测仪器有限公司 地址：东莞市沙田镇泗洲工业区

全国统一服务热线：400 678 9899 客服电话：0769-88808278 投诉电话：0769-88805978

Email: zhongzhi@dgzhongzhi.com 网站地址 www.dgzhongzhi.com

因为国际标准采用了延伸（extension）和伸长（elongation）两个近义词，国标中也相应地采用了这两近义词。可以理解为拉伸试验时在引伸计标距（Le）上的伸长称为延伸，在试样标距（Lo）上的伸长称为伸长。它们并无本质区别，而且完全可以通过测定延伸方法来测定伸长。

6. 性能名称和符号

6. 1 名称

新标准中定义了 12 种可测拉伸性能，其中 10 种性能的名称与修订前原标准的名称有差异。

新标准没有定义与旧标准相对应的屈服点（ σ_s ）这一性能，所以不再有相应的性能名称及其符号相对应。

6. 2 符号

对于强度性能的主符号，新标准用英文字母 R 代替旧符号的 σ ；对于延性性能的主符号，新标准用字母 A 代替旧符号的 δ ，用字母 Z 代替旧符号的 ψ ，见表 1。

应特别注意新、旧标准对于断后伸长率符号表示的差异：

GB/T228—2002	GB/T228—1987
A	δ_5
A11.3	δ_{10}
Axmm	δ_{xmm}

符号 A（不标注下脚注）表示用比例系数 $k=5.65$ 的比例标距测定的断后伸长率；用其他比例系数的比例标距或非比例标距测定的断后伸长率时，符号 A 应分别标注下脚注说明所使用的比例系数数值和非比例标距的长度，例如 A11.3 和 A100mm。

标准中对各强度性能所对应的力的符号未全部具体规定，但规定了力的符号用 F 表示和规定了最大力符号 F_m 。因此，建议在试验报告和试验纪录中采用下列的力符号：

FeH（上屈服力）

FeL（下屈服力）

Fp（规定非比延伸力，例如 Fp0.2）

Ft（规定总延伸力，例如 Ft0.5）

Fr（规定残余延伸力，例如 Fr0.2）

GB/T228—2002 采用了国际标准的性能符号，鉴于目前相关的产品标准还不能同步修订的状况，为了避免出现混乱，建议：在过渡期内，试验报告可以在新的性能名称及其符号之后的括号内定出旧符号，例如：上屈服强度 ReH（ σ_U ），下屈服强度 ReL（ σ_L ），抗拉强度 Rm（ σ_b ），规定非比例延伸强度 Rp0.2（ $\sigma_{p0.2}$ ），断后伸长率 A（ δ_5 ），断面收缩率 Z（ Ψ ），等。

7. 单位

标准中规定采用的单位是国际单位制单位（SI 单位）。应力单位 N/mm² 和 Mpa，都是国际单位制的倍数单位，两者都是我国规定的法定计量单位，标准中，应力单位采用了 N/mm²，而 1N/mm²=1Mpa，如果报告中使用了应力单位 Mpa，不认为是错误。但从标准的归一化意义上来说，应力单位应采用 N/mm²。

8. 试样

8. 1 取样的部位、方向和数量

样坯的切取部位、方向和数量应按照相关产品标准或 GB/T2975—1998 或协议的规定。对于钢产品，应在外观及尺寸合格的钢产品上切取样坯，取样时，应对抽样产品、试料、样坯及试样作出标记，以保证始终能识别取样的位置和方向。切取样坯时应防止过热、加工硬化而影响拉伸力学性能，应留有足够的机加工余量。取样方法参见 GB/T2975—1998。

8. 2 机加工试样和不经机加工试样

应按照相关产品的协议的规定，采用机加工试样或采用不经机加工的试样。如果未作具体规定，一般在材料尺寸足够时机加工成带头试样。

机加工试样的尺寸公差和形状公差应分别按照标准中附录 A 的表 A3 和附录 B 的表 B4 要求；机加工表面

粗糙度按照标准中图 10、图 11 或图 13 规定的要求。

8. 3 试样的横截面形状和尺寸

相关产品标准或协议根据产品的形状和尺寸，可按标准中附录 A~D 所规定试样的形状和尺寸，特殊产品可以规定其它不同的试样。试样横截面的形状一般可为圆形、矩形、弧形和环形，特殊情况可以为其它形状。标准中的附录 A~D 按照产品的形状规定了主要的试样类型：

附录 A：规定厚度 0.1mm~<3mm 薄板和薄带产品用的矩形横截面试样；

附录 B：规定厚度≥3mm 板材和扁材以及直径或厚度≥4mm 线材、棒材和型材用的圆形和矩形横截面试样；

附录 C：规定直径或厚度<4mm 线材、棒材和型材用的不经机加工试样；

附录 D：规定管材用弧形横截面和环形横截面试样。

试样的横截面形状和试样的尺寸都对性能测定有影响，尤其对断后伸长率和断面收缩率有明显影响。

8. 4 厚度减薄试样及机加工圆形横截面试样

厚度<25mm 的产品，试验机能力不足时，经协议可以机加工成圆形横截面试样，或单边减薄至厚度 25mm 矩形横截面试样。

8. 5 试样原始标距 (Lo)

试样标距分为比例标距和非比例标距两种，因而有比例试样和非比例试样之分。凡试样标距与试样原始横截面积有以下关系的，称为比例标距，试样称为比例试样：

$$L_0 = k (S_0)^{1/2} \quad (1)$$

式中 k——比例系数

S₀——原始横截面积

非比例标距（也称定标距）与试样原始横截面积不存在式（1）的关系。如果采用比例试样，应采用比例系数 k=5.65 的值，因为此值为国际通用，除非采用此比例系数时不满足最小标距 15mm 的要求。在必须采用其他比例系数的情况下，k=11.3 的值为优先采用。

产品标准或协议可以规定采用非比例标距。

不同的标距对试样的断后伸长率的测定影响明显。

8. 6 试样平行长度 (Lc)

试样平行长度应大于试样标距，规定的范围如下：

带头的圆形横截面试样： $L_c \geq L_0 + d/2$ ，仲裁试验， $L_c = L_0 + 2d$ ；

不带头的圆形横截面试样： $L_c \geq L_0 + 3d$ （夹头间的自由长度）；

带头的矩形和弧形横截面试样： $L_c \geq L_0 + 1.5(S_0)^{1/2}$ ，仲裁试验， $L_c = L_0 + 2(S_0)^{1/2}$ 。

不带头的矩形和弧形横截面试样： $L_c \geq L_0 + 3b$ （夹头间的自由长度）；

薄板用带头的矩形横截面试样： $L_c \geq L_0 + b/2$ ，仲裁试验， $L_c = L_0 + 2b$ ；

薄板用不带头的矩形横截面试样： $L_c = L_0 + 3b$ （夹头的自由长度）。

8. 7 试样过渡半径 (r)

试样的过渡半径在附录 A，B 和 D 中规定如下：

薄板用矩形横截面试样： $r \geq 20\text{mm}$ ；

圆形横截面试样： $r \geq 0.75d$ ；

矩形和弧形横截面试样： $r \geq 12\text{mm}$ ；

试样过渡半径对试样的断裂位置有影响，对于延性差，脆性断裂敏感于应力集中的材料，建议过渡半径取较大的值。

8. 8 矩形横截面试样的宽厚比

试样的宽厚比影响性能的测定，尤其影响延性性能的测定。标准中附录 B 推荐的宽厚比范围为不超过 8: 1，但应注意，这一宽厚范围不适用于薄板和薄带（厚度 0.1mm~<3mm）的试样。

8. 9 带头和不带头试样

虽然机加工不带头试样可以降低成本，但容易在夹头端部附近处发生断裂，影响性能测定，甚至使试验无效。因此建议：

凡从冶金产品上切取样坯机加工的试样，一般机加工成带头试样，除非产品标准明确规定采用不带头试样或材料不足够。

具有恒定横截面的产品，如相关产品标准规定了采用其产品的部分不经机加工的试样，应遵照其规定。如果未具体规定，建议材料尺寸足够时机加工成带头试样。

9. 试样原始横截面积的测量

9.1 测量的准确度要求

要求测量出最小原始横截面积（ S_0 ）。以实测的横截面尺寸计算试样原始横截面积。除非相关产品标准或协议另有规定，不采用标称截面积。测量准确度要求：

薄板和薄带用矩形试样：横截面积准确度 $\leq\pm 2\%$

不经机加工试样：横截面积准确度 $\leq\pm 1\%$

机加工圆形和矩形试样：每个横截面尺寸准确度 $\leq\pm 0.5\%$

机加工弧形试样和环形度样（圆管段试样）：横截面积准确度 $\leq\pm 1\%$

9.2 量具或尺寸测量仪器的选择

试样横截面积测定的准确性受多种因素的影响，而量具的分辨力是主要因素之一。建议按照标准中表3的要求选择量具或尺寸测量仪器的测量分辨力，以使面积测定准确度有保证。

按照国家计量标准 JJG1001-1991 的定义，分辨力（resolution）定义为：“指示装置对紧密相邻量值有效分辨的能力。注：一般认为模拟式指示装置的分辨力为标尺分度值的一半，数字式指示装置的分辨力为末位数的一个字码”例如，卡尺的游标分度值为 0.02mm，则其分辨力为 0.01mm。

9.3 测量部位和方法

(1) 对于圆形横截面积的试样，在其标距的两端及中间三处横截面上相互垂直的两个方向测量直径，取其平均直径计算面积，取三处测量得的最小值为试样的原始横截面积。

(2) 对于矩形和弧形横截面试样，在其标距的两端及中间三处横截面上测量厚度（或壁厚）和宽度，取三处测得的最小横截面积为试样的原始横截面积。

(3) 对于环形横截面试样（圆管段试样），在其一端相互垂直的方向测量外径和四处的壁厚，以平均外径和平均壁厚计算的横截面积为试样的原始横截面积。

9.4 称重方法测定原始横截面积

具有名义上恒定横截面的试样，可以用称重方法测定其横截面积。但这种方法测定的是平均横截面积，因此建议在报告中注明为称重方法测定。

试样长度测量准确度： $\leq\pm 0.5\%$

试样质量测定准确度： $\leq\pm 0.5\%$

试样的材料密度：至少取 3 位有效数字

9.5 原始横截面积的计算值

因为原始横截面积数值是中间数据，不是试验结果数据，所以，如果必须计算出原始横截面积的值时，其值至少保留 4 位有效数字。计算时，常数 π 应至少取 4 位有效数字。

对于圆管的弧形试样， $b/D \geq 0.25\%$ 时用标准中的式（D1）计算； $b/D < 0.25$ 时用标准中的式（D2）计算；式（D1）严格准确，式（D2）为近似准确的公式，但与式（D1）的误差不大，可以忽略。建议， $b/D < 0.17$ 时也可采用式（D2）计算，以保证计算误差在可忽略的范围内。

10. 原始标距的标记

试样比例标距的计算值应修约到最接近 5mm 的倍数，中间数值向较大一方修约。标记原始标距的准确试应在 $\pm 1\%$ 以内，由于标记试样标距装置的检验尚无相应标准，因此，建议试验室应自行检查其准确度，可以用小冲击点、细划线或细墨线做标记，标记应清晰，试验后能分辨，不影响性能的测定。

对于带头试样，原始标距应在平行长度的居中位置上标出。

11. 平行长度的测量

一般不测试试样的平行长度，但如采用力夹头位移方法测定规定非比例延伸强度时，必须在试验前测出平行长度，准确度在±1%以内。不应采用平行长度的标称值，除非实际值能保证准确到±1%。

12. 试验设备准确度级

12. 1 引伸计

引伸计是测延伸用的仪器。应把引伸计看成是一个测量系统（包括位移传感器、记录器和显示器）。引伸计应符合 GB/T12160-2002 规定的准确度级，并按照该标准要求定期进行检验。

每一引伸计级别包含 3 项内容，即标距误差、系统误差和分辨力。引伸计的检验应包括这 3 项内容。

标准中规定，测定不同性能时，使用不同级别的引伸计，测定上屈服强度、下屈服强度、屈服点延伸率、规定总延伸强度、规定非比例延伸强度、规定残余延伸强度和规定残余延伸强度的验证试验使用不劣于 1 级准确度的引伸计；测定其它具有较大延伸率的性能，例如抗拉强度、最大力总伸长率、最大力非比例伸长率、断裂总伸长率和断后伸长率等，应使用不劣于 2 级准确度的引伸计。

在这里顺便说明，在使用引伸计系统测定性能时。标准中没有规定放大倍数的下限，是因为引伸计级别里规定了分辨力的要求，这就间接地起到了对最小数放大倍数的限定。

12. 2 试验机

试验机应符合 GB/T16823—1997 规定的准确度级，并按照该标准要求检验。测定各强度性能均应采用 1 级或优于 1 级准确度的试验机。

试验机的每一准确度级都包含 5 项内容，应按照 GB/T16825-1997 的要求进行检验。其中示值回程相对误差在有要求时才进行检验，其他 4 项应进行定期检验，经检验合格后的试验机方能使用应以拉力方式检验。对于大吨位试验机，若采用压力方式检验，应在检验报告中注明。

13. 试验速率

试验速率对性能的测定有明显影响。新、旧标准对试验速率的规定主要不同之处有两个方面，新标准规定的弹性应力速率允许范围比旧标准的宽和高，见表 5。对测定强度（ R_p, R_t, R_r ），增加了在塑性范围的应变速率不超过 0.025/s 的要求。对于抗拉强度的试验速率，规定应变速率不超过 0.008/s（相关夹头分离速率 0.48Lc/min）。与旧标准规定夹分离速率不超过 0.5Lc/min 要求有所不同。

13. 1 测定 R_{eH} 的试验速率

在弹性范围和直至上屈服强度，弹性应力速率应符合表 5（即标准中的表 4）规定的要求，并尽可能保持恒定。

13. 2 测定 R_{eL} 的试验速率

试样平行长度的变速率应在 0.00025/s~0.0025/s 之间。平行长度内的应变速率应尽可能保持恒定。如不能直接调节这一应变速率，应通过调节屈服即将开始前的应力速率来调整，在屈服完成之前不再调节试验机控制。任何情况下，弹性范围内的应力速率不得超过表 5 规定的最大速率。

13. 3 测定规定强度 R_p, R_t 和 R_r 的试验速率

屈服前的弹性应力速率应符合表 5 规定的要求，并尽可能保持恒定，进入塑性范围和直至规定强度应变速率不应超过 0.0025/s。如果不能调节这一应变速率，应调节屈服前弹性应力速率不超过表 5 规定的最大速率，直至规定强度测定，不再调节试验机的控制。

13. 4 测定 R_m 的试验速率

在塑性范围，平行长度的应变速率应不超过 0.008/s（相对于夹头分离速率 0.48Lc/min）。如果在同一试验中不测定屈服性能，允许在弹性范围达到塑性范围的最大应变速率（虽然，此种情况下弹性阶段的应力速率可能超过表 5 规定的最大值）

13. 5 测定 A_e 的试验速率

按照测定 R_{eL} 的试验速率。

13. 6 测定 Agt, Ag, At, A 和 Z 的试验速率

按照测定 Rm 的速率要求。

13. 7 弹性范围内应力速率与应变速率的等效换算

在假定金属材料的弹性阶段应力与应变符合虎克定律的前提下, 可以利用虎克定律关系进行应力速率与应变速率的等效换算, 以使用位移速率控制型的试验机做应力速率控制试验, 用加力速率控制型的试验机做应力速率控制试验, 用加力速率控制型的试验机做应变速率控制试验。

$$\sigma = (E/L_c) V_1 \quad (2)$$

$$\varepsilon = (1/ES_0) V_2 \quad (3)$$

式中 σ ——应力速率

ε ——应变速率

E——弹性模量

L_c——试样平行长度

S₀——试样原始横面积

V₁——位移速率 (等于 εL_c) .mm/s

V₂——加力速率 (等于 F) .N/s

应注意, 由于试验机的柔度和间隙存在, 致使按理论计算得到的应力速率和应变速率比试验机上的实测值低。

14. 性能的测定

标准中共定义了 12 种可测的拉伸性能, 即六种延性能 A, Ae, Agt, Ag, At 和 Z 六种强度性能

ReH, ReL, Rp, Rt, Rr 和 Rm。

14. 1 断后伸长率 A 的测定

(1) 人工方法, 试验前在试样平行长度上标记出原始标距 (误差 $\leq\pm 1\%$) 和标距内等分格标记 (一般标记 10 个等分格)。试验拉断后, 将试样的断裂处对接在一起, 使用轴线处于同一直线上, 通过施加适当的压力以使对接严密。

用分辨力不劣于 0.1mm 的量具测量断后标距, 准确到 $\pm 0.25\text{mm}$ 以内。建议: 断后标距的测量应读到所用量具的分辨力, 数据不进行修约, 然后计算断后伸长率。

如果试样断在标距中间 1/3L₀ 范围内, 则直接测量两标点间的长度; 如果断在标距内, 但超出中间 1/3L₀ 范围, 可以采用移位方法 (见标准中附录 F) 测定断后标距。

如果试样在标距中间 1/3L₀ 范围以外, 而其断后伸长率符合规定量小值要求, 则可以直接测量两标点间的距离, 测量数据有效而不鉴定断裂位置处于何处。如果断在标距外, 而且断后伸长率未达到规定最小值, 则结果无效, 需用同样的试样重新试验。

(2) 图解方法 (包括自动方法) 用引伸计系统记录力-延伸曲线, 或采集力-延伸数据, 直至试样断裂。读取或判读断裂点的总延伸, 扣除弹性延伸部分后得到的非比例延伸作为断后伸长。扣除的方法是, 过断裂点作平行于曲线的弹性直线段的平行线交于延伸轴, 交点即确定了非比例延伸, 见标准中的图 1。

引伸计的标距应等于试样的原始标距, 可以不在试样上标出原始标距 (但建议标出)。建议, 当断后伸长率 $< 5\%$ 时, 使用不劣于 1 级引伸计; $\geq 5\%$ 时, 使用不劣于 2 级引伸计。原则上断裂在引伸计标距范围内测量方为有效, 但断后伸长率达到规定最小值要求时, 无论断于何处测量均为有效。

仲裁试验协议选定其中一种方法。目前, 自动方法还不能采用移位方法。

(3) 对于不经机加工的等横截面试样, 如平行长度比其标距长许多, 可以标记多组相互套叠的原始标距, 部分可以伸入夹持范围。拉断后, 在断裂所在这组标距上测定断后伸长率。

(4) 材料的断后伸长率 $< 5\%$ 时, 建议采用标准中的附录 E 方法或采用图解方法测定。

14. 2 断裂总伸长率 At 的测定

仅采用图解方法 (包括自动方法)。引伸计标距应等于试样标距。建议, 若断裂总延伸率 $< 5\%$ 时, 使用

东莞市众志检测仪器有限公司 地址: 东莞市沙田镇泗洲工业区

全国统一服务热线: 400 678 9899 客服电话: 0769-88808278 投诉电话: 0769-88805978

Email: zhongzhi@dgzhongzhi.com 网站地址 www.dgzhongzhi.com

不劣于 1 级引伸计； $\geq 5\%$ 时，使用不劣于 2 级引伸计。试验时记录力-延伸曲线或采集-延伸数据，直至断裂。以断裂点的总延伸计算 A_t 。

14.3 最大力总伸长率 A_{gt} 最大力非比例伸长率 A_g 的测定

(1) 图解方法（包括自动方法）引伸计标距应等于或近似于试样标距。建议，当最大力总延伸率 $< 5\%$ 时，使用不劣于 1 级引伸计； $\geq 5\%$ 时，使用不劣于 2 级引伸计。试验时记录力-延伸曲线或采集力-延伸数据，直至超过最大力点。

取最大力点总延伸计算 A_{gt} 。从最大力总延伸中扣除弹性延伸部分得到非比例延伸，扣除的方法见标准中的图 1 所示。用得到的非比例延伸计算 A_g 。当曲线在最大力呈现一平台时，应以平台的中点作为最大力点，见标准中的图 1。

(2) 人工方法 标准中的附录 G 提供了人工测定 A_{gt} 和 A_g 的方法，但仅适用于棒材、线材和条材等长产品，而且要提供（或通过测定）材料的弹性模量 E 方能进行结果的计算，测定方法见标准中的附录 G。

14.4 屈服点延伸率 A_e 测定

仅采用图解方法（包括自动方法）。引伸计标距应等于或接近试样标距（报告中应注明引伸计标距），使用不劣于 1 级准确度的引伸计。试验时，记录力延伸曲线或采集力-延伸数据，直至超过屈服阶段结束点结束点（即加于硬化开始点）。经过屈服阶段结束点作平行于曲线的弹性直线段的平行线，交于延伸轴，读取交点的非比例延伸计算 A_e ，见标准中的图 6。

如屈服阶段结束点不易于判别，可以经过屈服阶段最后一个谷点作切线（即水平线），然后延长加工硬化初始段的斜率线，此两线的交点作为屈服阶段结束点。

15 上屈服强度 ReH 下屈服强度 ReL 的测定

(1) 图解方法（包括自动方法）引伸计标距应 $\geq 1/2L_0$ 。引伸计和试验同应不劣于 1 级准确度。试验速率按 13.1 和 13.2 的要求。记录力-延伸曲线或力-位移曲线，或采集力=延伸（位移）数据，直至超过屈服阶段。

按照定义在曲线上判定上屈服力和下屈服力的位置点，判定下屈服力时要排除初始瞬时效应的影响。上、下屈服力判定的基本原则如下：

- ① 屈服前 第一人峰值力（第一个极大力）判为上屈服力，不管其后的峰值力比它大或小。
- ② 屈服阶段中如呈现两个或两个以上的谷值力，舍去第一个谷值力（第一个极小值力），取其余谷值中力中之最小者判为下屈服力。如只呈现一个下降谷值力，此谷值力判为下屈服力。
- ③ 屈服阶段中呈现屈服平台，平台力判为下屈服力。如呈现多个而且后者高于前者的屈服平台，判第一个平台力为下屈服力。
- ④ 正确的判定结果应是下屈服力必定低于上屈服力。

上述 4 条基本原则应该说是十分重要的，不仅对人工判定方法，而且对自动化测定方法中测定程序的编制有帮助。以测得的上和下屈服力分别计算 ReH 和 ReL 。

(2) 指针方法 试验时试验人员要注视试验机测力表盘指针的指示，按照定义判读上屈服力和下屈服力。当指针首次停止转动，指不保持恒定的力判为下屈服力；指针首次回转前指示的最大力判为上屈服力；当批针出现多次回转，则不考虑第一次回转，而读取其余这些回转指示的最小力判为下屈服力；当仅呈现 1 次回转，则判读回转的最小力为下屈服力。以测得的上、下屈服力分别计算 ReH 和 ReL 。

(3) 注意几点 ①材料呈现明显屈服状态（不连续屈服状态）时，相关产品标准应规定或说明测定上屈服强度，或下屈服强度，或两者。当相关产品标准未明确规定和说明时，测定上屈服强度和下屈服强度并报告；只呈现单一屈服状态（呈现单一屈服平台）的情况测定为下屈服强度并报告；若无异议，可仅测定下屈服强度报告。

② 当规定了要求测定屈服强度性能，但材料在实际试验时并不呈现出明显屈服状态，而呈现出连续的屈服状态，此种情况材料不具有可测的上屈服强度和（或）下屈服强度性能。建议测定非比例延伸强度（ $R_{p0.2}$ ），并注明无明显屈服。

有可能出现上述情况的材料，建议相关产品标准规定要求测定屈服强度时，应进一步说明“当出现无明显屈

服时测定规定非比例延伸强度（ $R_{p0.2}$ ）”。

③ 当材料屈服力并无呈现下降或保持恒定，而是呈缓慢上升状态，只要能够分辨出力始终处在增加，尽管增加的量不大，这种状态判为无明显屈服状态，如图 2 所示。建议测定 $R_{p0.2}$ 并报告。