

试验群：94527577

GB/T 228.1 — 2010

《金属材料 拉伸试验
第1部分：室温试验方法》
实施指南

高怡斐 梁新帮 邓星临 编著

铁20局：二 刚

试验群：94527577



中国质检出版社
中国标准出版社

原始横截面积 S_0 的测量准确度误差的要求(见表 4-23)。

表 4-23 试样原始横截面尺寸和原始横截面积 S_0 的测定准确度要求

试样横截面形状	直径 测量误差	厚度 测量误差	宽度 测量误差	原始(平均) 横截面积 S_0 测定误差
圆形	$\leq \pm 0.5\%$	—	—	—
圆形(不经机加工)	—	—	—	$\leq \pm 1\%$
矩形(薄板)	—	—	当误差主要由厚度 测量所引起时宽 度测量误差要求达 $\leq \pm 0.2\%$	$\leq \pm 2\%$
矩形	—	$\leq \pm 0.5\%$	$\leq \pm 0.5\%$	—
圆管段	—	—	—	$\leq \pm 1\%$
弧形	—	—	—	$\leq \pm 1\%$

为了确保测定的准确度在规定的范围内,选用的量具或尺寸测量仪器、测量方法等应合适,以使测量结果能满足表 4-23 的要求。

二、量具或测量仪器的选择

量具或尺寸测量仪器的选择,应满足原始横截面积测定准确度的需要。量具或尺寸测量仪器的分辨力是影响尺寸测量的准确度的重要因素之一。根据国家计量标准 JJF 1001—1998 对分辨力的定义:分辨力(resolution)为“指示装置对紧密相邻量值有效辨别的能力。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字的一个字码”。

按照此定义,例如,普通游标卡尺的游标分表分度值为 0.02mm,则其分辨力应为 0.01mm;普通千分尺的分度值为 0.01mm,则其分辨力应为 0.005mm。对于原始横截面尺寸的测量,应选用足够高分辨力的量具或尺寸测量仪器。在 GB/T 228.1—2010 中未具体规定测量尺寸时对分辨力的要求,为了能满足测量准确度要求和方便执行,建议采用表 4-24 的分辨力要求(也参见本章第三节的“一、量具的选择”)。

表 4-24 量具或尺寸测量装置的分辨力

试样横截面尺寸/mm	分辨力/mm 不大于
0.1~0.5	0.001
>0.5~1.0	0.005
>1.0	0.01

按照表 4-24 选用量具或尺寸测量装置,虽然仅仅由分辨力所引起的测量误差而导致的原始横截面积测量误差小于规定的要求,但应指出,原始横截面积测定准确度不仅取决于分辨力因素,而且与其他因素有关,例如量具的零点、测量时的压力、量具砧面脏物、量具砧面形状、量具维护和保养、试样表面附着物、测量方法、测量人员的熟练程度、试验室测量重复性、不同试验室之间的差异等。所以正确选择和使用量具和提高人员测量操作技能,掌握测量方法,才能保证原始横截面积测定的准确性。

对于矩形横截面试样,通过协议,可以测量试样断后最小横截面的最小厚度和最大宽度,以两者之积计算最小横截面积 S_0 。用原始横截面积 S_0 和断后最小横截面积 S_0 计算断面收缩率 Z 。

其他类型横截面试样,一般不测定断面收缩率,如要求测定,由双方协议确定。

六、比例试样原始比例标距的计算值与其标记值

对于比例试样,比例标距的计算值往往不是标记工具或标记装置正好能够标记的值。GB/T 228.1—2010 的第 8 章中规定:“对于比例试样,如原始标距的计算值与其标记值之差小于 $10\%L_0$,可将原始标距的计算值按照 GB/T 8170 修约至最接近 5mm 的倍数。”但规定不够明确,可能产生不同的理解,甚至产生异议。为了避免不同理解,建议按照如下约定处理:

对于比例试样,比例标距的计算值应将其修约至最接近 5mm 的倍数进行标记,修约的方法按照国家标准 GB/T 8170。

对于比例试样,其断后伸长率只有在比例标距计算值的基础长度上测定才是严格正确的,如果基础长度偏离了比例标距的计算值,这意味着比例系数 k 被改变。偏离比例标距的计算值越远,比例系数 k 的改变就越大,测定断后伸长率的可比性就越差。严格地讲,应该采用等同于比例标距计算值的基础长度测定断后伸长率。但考虑到比例标距的标记方法,目前技术水平并不能完全满足个性化标记和良好工作效率的完美统一。目前国内外采用的标距标记设备(或装置),其标记的长度一般都是 5mm 的倍数,并不能实现按照比例标距的计算值精准地进行个性化标记。所以要进行规范化,兼顾合理性和可行性。

七、断后伸长的测定

GB/T 228.1—2010 的 20.1 条中规定:“应使用分辨力足够的量具或测量装置测定断后伸长量($L_u - L_0$),并准确到 $\pm 0.25\text{mm}$ ”。对这一规定需要说明如下:

试样断后伸长 ΔL 定义式为:

$$\Delta L = L_u - L_0 \quad (4-40)$$

式中: L_u 为断后标距(计算时使用测量的数据值); L_0 为原始标距(计算时使用名义值,即原始标距的标记值)。

应注意,断后伸长 ΔL 的测定与断后标距 L_u 的测量,是两个概念。后者仅仅是对断后标距长度的测量,而前者是通过计算(或比较)断后标距与原始标距的差值确定。

当采用引伸计系统自动测定伸长时,引伸计系统能自动测定试样在断裂点的总伸长,扣除弹性部分而给出断后伸长 ΔL 。

当采用人工测定方法时,必须通过测量断后标距 L_u 和用式(4-40)计算得到断后伸长。测量断后标距 L_u 时,应将两断裂部分紧密对接在一起(必要时使用螺丝施加适当压力),使其轴线同在一直线上,测量两标距标记厚度中心之间的距离为 L_u (见图 4-14),断口对接处的残留缝隙(无法消除的缝隙)包括在断后标距内。所用量具或测量装置,其分辨力(在 GB/T 228.1—2010 的 20.1 条中没有具体规定)应至少足够能读出到 0.01mm,以便与规定伸长测定误差($\pm 0.25\text{mm}$)的最后数位精准度相符。断后标距 L_u 的测量数据应读出到量具分辨力所能达到的精准度,测量的数据如实记录,不应进行修约。

断后伸长 ΔL ($\Delta L = L_u - L_0$) 的测定数值,应记录到量具(或测量装置)分辨力所能达到的精准度,不应用规定的“伸长测量误差($\pm 0.25\text{mm}$)”的绝对值作为修约间隔,将其修约到最接近 0.25mm 的倍数。

例如,钢试样 $L_0 = 50\text{mm}$ 。断后标距用分辨力为 0.01mm 的数字卡尺测量,测得 $L_u = 57.73\text{mm}$ 。断后伸长 $\Delta L = 57.73 - 50 = 7.73\text{mm}$ 。

为什么不对断后伸长 ΔL 的测定数值进行这样的修约? 因为:

1) 断后伸长 ΔL 仅仅是断后伸长率这一性能测定的中间数据,并非为最终性能测定结果数值。中间数据应保留足够的数位,修约只能在最终性能测定结果的数值上进行一次修约。若在中间过程进行了不合理的修约,而对最终性能测定结果的数值又进行了修约,这就进行了两次修约,会给性能结果数值增加不合理的误差。

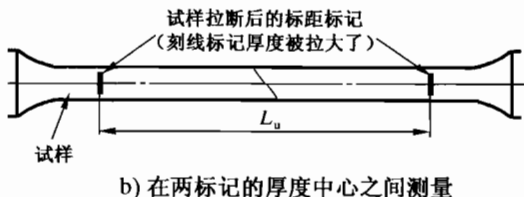
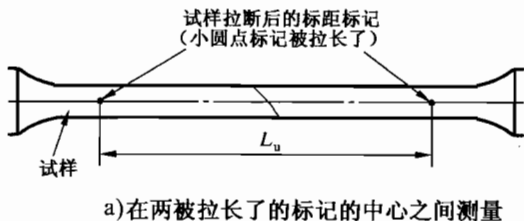


图 4-14 在两标距标记的厚度中心之间测量 L_u

2) 断后伸长 ΔL 允许的最大测定误差规定为 $\pm 0.25\text{mm}$ 。这一误差要求,是对断后伸长测定预期效果的一种要求,仅在评定断后伸长、进而评定断后伸长率(A)的测量不确定度时使用,不应将其视作为断后标距 L_u 的测量数据和断后伸长 ΔL 的测定数据的修约间隔,而进行数据修约。在断后伸长率的计算过程中不必考虑这一规定的误差量。

八、原始横截面积 S_0 的名义值使用

GB/T 228.1—2010 关于原始横截面积 S_0 名义值的使用,分别在附录 B 和附录 D 中规定如下:

附录 B 表 B.3 的脚注 a 中规定:“如果试样的宽度公差满足表 B.3,原始横截面积可以用名义值,而不必通过实际测量再计算。”

附录 D 表 D.4 的脚注 a 中规定:“如果试样的公差满足表 D.4,原始横截面积可以用名义值,而不必通过实际测量再计算。如果试样的公差满足表 D.4,就很有必要对每个试样的尺寸进行实际测量。”

上述两个脚注 a 的规定,指的是试样机加工的尺寸公差满足表中规定时,可以用名义值作为原始横截面 S_0 。注意,是“可以用”或者说“允许用”,而不是“必须用”,并不是强制性要求。

试样原始横截面积使用名义值时,会包含有面积误差。对于表 B.3 的规定,名义横截面积其误差最高可达 $\pm 0.5\%$;对于表 D.4 的规定,圆形横截面和四面机加工矩形横截面试样,名义横截面积其误差最高可达 $\pm 1.3\%$ 。因此,建议不采用名义值而采用实测尺寸计算原始横截面积,以便统一和避免争议。

应该指出,对于螺纹钢试样,其相关产品标准几乎都明确规定采用横截面积名义值作为

三、断裂总延伸率(A_t)的测定

测定一般采用图解方法,包括自动方法。引伸计准确度应不劣于 2 级,当断裂总延伸率小于 5% 时,建议采用 1 级准确度的引伸计。引伸计标距应等于试样原始标距($L_e = L_0$)。试验时,建议绘制应力-延伸率($R-e$)曲线,直至试样完全断裂(见图 7-19)。按式(7-15)计算断裂点的总延伸率 A_t :

$$A_t = \frac{\Delta L_t}{L_e} \times 100 \quad (7-15)$$

式中: ΔL_t 为断裂点总延伸; L_e 为引伸计标距(等于试样原始标距 L_0)。

原则上,在测定断裂总延伸率(A_t)时,断裂发生在引伸计标距范围内时测量方为有效。但断裂总延伸率等于或大于规定的最小值,不管断裂位置在何处测量均为有效。

如果测定断裂总延伸率的目的是为了测定断后伸长率(A),断裂发生在引伸计标距范围内时测量方为有效。但测得的断后伸长率等于或大于规定的最小值,不管断裂位置在何处测量均为有效。

应注意,采用引伸计测定断裂总延伸时,如试样不是采用气压或液压夹头夹持的,试样断裂时可能对装卡在试样上的引伸计造成损害(采用无接触式的引伸计可以避免),除非引伸计有自动保护功能。

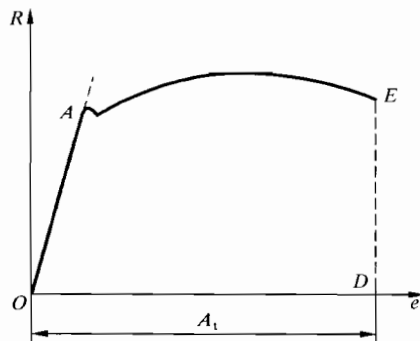


图 7-19 图解方法测定断裂总延伸率

四、断后伸长率(A)的测定

1. 一般测定方法

试验前,在试样平行长度上居中位置标出试样原始标距 L_0 ,准确到 $\pm 1\%$ 。为了避免因断裂发生在规定的中间 $1/3 L_0$ 以外而造成试样报废,可以在标距内标出 N 个等分格(N 一般为 10)。拉断后将断裂部分在断裂处紧密配接在一起,使其轴线同处于一条直线上,并采取适当措施(例如通过螺丝施加压力)确保试样断裂部分适当接触,用足够分辨力的量具或测量装置(分辨力不劣于 0.01mm)测定断后伸长($L_u - L_0$),准确到 $\pm 0.25\text{mm}$,在断裂处无法消除的缝隙包括在断后伸长中。测定的断后伸长($L_u - L_0$)数值应记录到测量分辨力所达到的精准数位,不应将其修约成最接近 0.25mm 的倍数(见第四章第三节“七、断后伸长的测定”)。

断后伸长率按式(7-16)计算:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100 \quad (7-16)$$

若试样断裂处距离最近标距标记的距离等于或大于 $1/3 L_0$ 时,或者断后伸长率大于或等于规定最小值时,直接测量标距两标记间的长度为 L_u 。测量断后标距 L_u 时,量具或测量装置其分辨力应不劣于 0.01mm,应在两标距标记厚度中心之间测量,见图 4-14。

若试样拉断后断裂处是在标距的两标记间范围内,但与最近标距标记的距离小于 $1/3 L_0$,可以采用“移位方法”(见本标准附录 H)测定断后伸长率。如断裂处与最近标距标记的

在室温拉伸性能不确定度评定中推荐 $k=2$ 。

六、测量不确定度的表示

测量不确定度的表示形式有绝对不确定度和相对不确定度两种。

测量结果及其绝对不确定度的表示形式为:

$$Y=y\pm U \quad (8-25)$$

扩展不确定度也可以相对不确定度的形式表示:

$$Y=y\pm U_{\text{rel}} \quad (8-26)$$

七、测量不确定度结果的数值表示

测量不确定度的结果一般保留两位有效数字,在连续运算中为避免修约误差必须保留多余的位数。报告测量结果时,不确定度的末位数(用量值表示)应与测得值的末位数的数量级相同。

八、拉伸性能试验不确定度分量的量化

测量中可能导致不确定度的来源之一是“复现被测量的测量方法不理想”。在与拉伸性能有关的尺寸 B 类不确定度分量的量化过程中,由于测量方法和条件的限制,测量的结果往往不是由量具的误差决定的。也就是说合乎要求的量具仅仅是达到技术文件规定的保证。JJF 1059—1999 中 8.2 条指出:“在工业、商业等日常的大量测量中,有时虽然没有任何明确的不确定度报告,但所用的测量仪器是经过检定处于合格状态,并且测量程序有技术文件明确规定,则其不确定度可以由技术指标或规定的文件评定。”这里面特别强调“技术指标或规定”,在力学性能测量不确定度评定中,这种情况很多。

下面举几个力学性能 B 类不确定度评定中的例子:

(1) 拉伸试样原始横截面积

在测量原始横截面积时,其不确定度不主要取决于量具,而是由多种因素共同决定的。本标准规定,按预期效果直接进行评定。例如,本标准附录 D.4 中规定,“对于圆形横截面和四面机加工的矩形横截面试样……应根据测量的原始试样尺寸计算原始横截面积 S_0 ,测量每个尺寸应准确到 $\pm 0.5\%$ ”。

(2) 拉伸试样断后横截面积

试样断后横截面积的测量误差同样也不主要取决于量具。断后缩径处最小直径的测量是使用卡尺,由于断口配接存在一定困难,实际的测量误差要远大于量具的误差。在 GB/T 228.1—2010 第 21 章中规定,断裂后最小横截面积的测定应准确到 $\pm 2\%$ 。也就是说,按照标准去执行面积的测量能准确到 $\pm 2\%$ 。

(3) 拉伸试样的标距

试样的原始标距是由划线操作和测量来决定,因此量化该项不确定度分量时仅仅考虑量具是远远不够的。按标准中的规定,原始标距的标记 L_0 应准确到 $\pm 1\%$ 。

(4) 拉伸试验断后伸长率不确定度的评定

在 GB/T 228.1—2010 中 20.1 条规定,应使用分辨力足够的量具或测量装置测定断后

伸长量($L_u - L_0$),并准确到 $\pm 0.25\text{mm}$ 。这里的 0.25mm 主要是由于断口配接不理想所造成的,绝对不能理解为对测量值修约要求。

九、合成不确定度的评定

拉伸性能试验不确定度评定中,抗拉强度、下屈服强度、规定塑性延伸强度和断后伸长率都只涉及积或商的数学模型。测量重复性和拉伸速率以及修约的影响都属于不确定度分量与整个程序有关,通常表示为对最终结果的影响。所以,采用相对不确定度进行合成可以回避偏导数运算,即公式(8-13)中的灵敏系数为1。

(1) 抗拉强度

数学模型

$$R_m = \frac{F_m}{S_o} \quad (8-27)$$

合成不确定度

$$u_{\text{crel}}(R_m) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(F_m) + u_{\text{rel}}^2(S_o) + u_{\text{rel}}^2(\text{rep}) + u_{\text{rel}}^2(R_{mv})} \quad (8-28)$$

(2) 下屈服强度

数学模型

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_o} \quad (8-29)$$

合成不确定度

$$u_{\text{crel}}(R_{eL}) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(F_{eL}) + u_{\text{rel}}^2(S_o) + u_{\text{rel}}^2(\text{rep}) + u_{\text{rel}}^2(R_{eLv})} \quad (8-30)$$

(3) 规定塑性延伸强度

数学模型

$$R_p = \frac{F_p}{S_o} \quad (8-31)$$

合成不确定度

$$u_{\text{crel}}(R_p) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(F_p) + u_{\text{rel}}^2(S_o) + u_{\text{rel}}^2(\text{rep}) + u_{\text{rel}}^2(R_{pv})} \quad (8-32)$$

(4) 断后伸长率

数学模型

$$A = \frac{L_u - L_o}{L_o} = \frac{\Delta L}{L_o} \quad (8-33)$$

合成不确定度

$$u_{\text{crel}}(A) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(L_o) + u_{\text{rel}}^2(\Delta L) + u_{\text{rel}}^2(\text{rep}) + u_{\text{rel}}^2(\text{off})} \quad (8-34)$$

第二节 金属材料室温拉伸试验测量结果不确定度评定

一、拉伸试验测量结果不确定度的评定示例

拉伸性能的重复性试验结果测量果见表 8-2。



责任编辑：孟 博

装帧设计：李冬梅

责任校对：王 红

责任印制：程 刚

ISBN 978-7-5066-6727-2



9 787506 667272 >

销售分类建议：工业技术 | 冶金

定价：38.00元