

中日美 3 国金属材料拉伸试验对比标准

摘要：拉伸试验是材料力学性能测试中最常见试验方法之一。试验中的弹性变形、塑性变形、断裂等各阶段真实反映了材料抵抗外力作用的全过程。它具有简单易行、试样制备方便等特点。拉伸试验所得到的材料强度和塑性性能数据，对于设计和选材、新材料的研制、材料的采购和验收、产品的质量控制以及设备的安全和评估都有很重要的应用价值和参考价值。不同国家的拉伸试验标准对试验机、试样、试验程序和试验结果的处理与修约的规定不尽相同，对日本的 JIS Z2241-1998、美国的 ASTM E 8/E8 M-08 等标准与中国的 GB/T228-2002 进行比较，列举了它们之间的差异并对这些差异对试验结果的影响进行讨论。由于均源自 ISO6982-1998，日本和中国的标准对试验机及其附件、试验程序和试验结果处理与修约方面的规定基本一致，只是 JIS 标准使用非比例试样，因此要求较大的样品尺寸和试验机能力。与日本和中国的标准相比，ASTM 标准在试验机及其附件、试验程序、试样和试验结果处理与修约方面的规定存在较大差异。对引伸计的精度要求，ASTM 标准较高。屈服阶段试验速率，ASTM 标准较低，试验速率降低导致的强度性能指标降低是否足以影响被测产品屈服性能指标合格与否值得关注。不同 ASTM 标准中对取样位置、试样选择的规定不尽相同，产品测试时应注意不同参考标准的适用范围。在拉伸试验结果处理与修约方面，ASTM 标准采用的断面收缩率计算公式与日本和中国的标准不同；对强度性能指标和延性性能指标的修约间隔也不尽相同。

关键词：室温拉伸试验，拉伸试验机，拉伸试样，拉伸试验，拉伸试验结果处理及修约

1. 前言

拉伸试验是材料力学性能测试中最常见试验方法之一。试验中的弹性变形、塑性变形、断裂等各阶段真实反映了材料抵抗外力作用的全过程。它具有简单易行、试样制备方便等特点。拉伸试验所得到的材料强度和塑性性能数据，对于设计和选材、新材料的研制、材料的采购和验收、产品的质量控制以及设备的安全和评估都有很重要的应用价值和参考价值[1]。不同国家的拉伸试验标准对试验机、试样、试验程序和试验结果的处理与修约的规定不尽相同，作者选取日本、美国与中国的金属材料拉伸试验标准进行比较，列举了它们之间的差异并对这些差异对试验结果的影响进行讨论。

中国的 GB/T228-2002《金属材料室温拉伸试验方法》（以下简称为 GB/T228-2002）等效采用 ISO 6892:1998《金属材料室温拉伸试验》，与源自 ISO 6892:1998 的日本的 JIS Z2241-1998《》（以下简称为 JIS Z2241-1998）差异不大。在下文与美国的拉伸试验标准进行比较时，将它们统称为 ISO 系标准。

ASTM E 8/E8 M-08《Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials》和 E 345《Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil》（以下简称为 E 8/E 8M-08）规定了美国的金属材料室温拉伸试验方法通则。对于特定的金属材料，又有专门的试验标准；例如针对钢产品的 ASTM A 370-07《Standard Test Methods Definitions for Mechanical Testing of Steel》

（以下简称为 A 370-07）和针对铝及镁合金产品的 ASTM B 557-06 和 B 557M-07e1 《Test Methods for Tension Testing Wrought Cast Aluminum-Magnesium-Alloy Products》[Metric]。针对不同标准中的规定可能不同的情况，ASTM 标准中规定如果存在异议以专门的产品标准为准。ASTM 标准一般均有英制单位版本和公制单位版本，标准号后的 M 表示公制单位版本。绝大多数标准的英制单位版本和公制单位版本是合二为一，例如 E 8/E 8M-08；部分标准的英制单位版本和公制单位版本是各自独立的，例如 B 557-06 和 B 557M-07e1。少数标准只有一个版本，标准的范围部分中就会表明本标准以英制单位为准（例如 A 370-07）或以公制单位为准（例如 ASTM E 23-06）。任何情况下同一标准中的不同单位制不能混用：例如按照公制单位版本加工试样进行试验，然后将试验结果换算成英制判断试样是否符合英制单位版本的要求。因为 GB 标准和 JIS 标准只使用公制单位，所以本文只涉及 ASTM 标准中的公制单位部分。

2. 试验机及其附属设备

2.1 引伸计

表 1. E 8/E 8M-08、A 370-07 和 ISO 系标准对引伸计的规定

E 8/E 8M-08 A 370-07 ISO 标准

测量参数及范围 级别与精度 min 测量参数及范围 级别与精度 min 测量参数及范围 级别与精度 min

Rp、Rt $\pm 0.5\%$ (B2 级) Rp 和 At $\pm 0.5\%$ (B2 级) Rp、Rt 和 Ae $\pm 1\%$ (1 级)

Ag 或 Agt、A 或 At $< 5\%$ $\pm 0.5\%$ (B2 级) Ag 或 Agt、A 或 At $< 5\%$ $\pm 0.5\%$ (B2 级) Ag 或 Agt、A 或 At $\pm 2\%$ (2 级)

5~50 5~50 $\pm 1\%$ (C 级)

$\geq 50 \pm 2\%$ (D 级) $\geq 50 \pm 2\%$ (D 级)

E 8/E 8M-08 规定：测量非比例延伸强度 Rp、规定总延伸强度 Rt 和屈服点延伸率 Ae，引伸计标距应小于等于试样的标距，如果选用不带肩的试样，引伸计标距应小于试样夹持在试验机上时夹头间距离的 80%。测定断后伸长率 A 或断裂总伸长率 At 时，引伸计标距应等于试样的标距。E 8/E 8M-08 规定对于大多数金属材料测量屈服行为时，推荐的标定应变范围为 0.2~2.0%。

除了下面所列内容，A 370-07 对引伸计精度的规定与 E 8/E 8M-08 基本一致。测定规定 Rp 时，当非比例延伸大于等于 0.2% 时，应选用精度不低于 $\pm 0.5\%$ 的引伸计（B2 级及以上）在 0.05~1.0% 的应变范围进行标定；当非比例延伸小于 0.2% 时，应选用精度不低于 $\pm 0.25\%$ 的引伸计（B1 级及以上）在 0.05~1.0% 的应变范围进行标定或者选用精度不低于 $\pm 0.5\%$ 的引伸计（B2 级及以上）并且降低标定应变范围下限（例如降低至 0.01%）。测定规定总延伸强度 Rt 时，应选用精度不低于 $\pm 0.25\%$ 的引伸计（B1 级及以上）。

ISO 系标准规定：测量屈服行为时，引伸计标距应不小于试样的标距的 1/2，测定断后伸长率 A 或断裂总伸长率 At 时，引伸计标距应等于试样的标距。

表 1 是 E 8/E 8M-08、A 370-07 和 ISO 系标准对引伸计的规定，由表 1 可见：对于引伸计的

要求，ASTM 标准的要求普遍较 ISO 系标准严格，并且给出了进行相应测量时引伸计的标定范围。ISO 系标准给出测量屈服行为时引伸计标距的下限有助于减少测试时的争议。

2.2 试样尺寸测量装置

表 1. E 8/E 8M-08、A 370-07 和 ISO 系标准对试样尺寸测量装置的分辨力规定

E 8/E 8M-08 A 370-07 ISO 标准

范围 (mm)	分辨力 (mm)	范围 (mm)	分辨力 (mm)	范围 (mm)	分辨力 (mm)
<0.5	0.002	板材试样宽度	0.13	0.1~0.5	0.001
0.5~2.5	0.002	板材试样宽度	0.025	0.5~2.0	0.005
2.5~5	0.01	矩形试样厚度	2.0~10	0.01	
≥5	0.02	圆柱形试样直径	≥10	0.05	

表 1 是 E 8/E 8M-08、A 370-07 和 ISO 系标准对试样尺寸测量装置的分辨力规定。由表 1 可见，ASTM 标准和 ISO 系标准对试样尺寸测量装置的分辨力要求相近；对于板材试样宽度，A 370-07 的要求比 E 8/E 8M-08 低（0.13vs0.02mm）。除表 1 的规定外，对于最小尺寸小于 0.5mm 的试样 E 8/E 8M-08 规定：如果可能分辨力不大于试样的最小尺寸的 1%。

对于非对称全截面试样，使用称重法时，E 8/E 8M-08 规定试样长度大于横截面上最大尺寸的 20 倍，试样质量测量精度应不小于 0.5%。

3. 试样

3.1 试样尺寸

图 1 和图 2 分别是矩形拉伸试样和圆柱形拉伸试样的示意图，图上标注的 G 就是下文中的 L₀。除了 E 8/E 8M-08 中的变体薄板试样的厚度 T 是机加工至 10±0.5mm 的，在三个国家的拉伸试验标准中，矩形试样应为全厚度试样。

虽然均源自 ISO 6892: 1998，IS Z 2241-1998 与 GB/T228-2002 在试样方面的规定存在较大的差异。由于同一种材料测定的断后伸长率 A 值与与 的比值有关，所以 K 值相同的试样称为比例试样。GB/T228-2002 一般使用 K=5.65 的短比例试样或者 K=11.3 的长比例试样；而 JIS Z 2241-1998 和 E 8/E 8M-08 类似，主要使用非比例试样（定标距试样）。标距同样是 50mm，JIS 的产品标准对圆柱形的 4 号试样和矩形的 5 号试样规定了不同的延伸率要求；而 ASTM 的产品标准对于薄板试样和圆柱形试样的延伸率要求一致。准确的说，JIS Z 2241-1998 应该是 ISO 6892: 1998 和 E 8/E 8M-08 的综合，因为它对试验机、试验程序和试验结果处理与修约等方面的规定源自 ISO 6892: 1998，而对试样方面的要求类似 E8/E8M-08。GB/T228-2002 规定：对于矩形试样，应优先选用 K=5.65 的短比例试样，如果 L₀ 小于 15mm，则选应选用 K=11.3 的长比例试样或标距为 50mm 或 80mm 的定标距试样。对于薄板矩形试样，R≥20mm，试样宽度 W 为 10、12.5、15 或 20mm；对于板材矩形试样，R≥12mm，试样宽度 W 为 12.5、15、20、25 或 30mm。对于圆柱形试样，应优先选用 L₀=5D 的短比例试样，如果 L₀ 小于 15mm，则选应选用 L₀=10D 的长比例试样或定标距试样。R≥0.75D，

D 为 3、5、6、8、10、15、20 或 25mm。

表 3. E 8/E 8M、A370-07 和 JIS Z 2241-1998 的矩形和圆柱形拉伸试样尺寸与适用产品厚度
标准名称 试样形式 L0 (mm) W/D (mm) Rmin (mm) 平行部分宽度差 (mm) 适用
产品厚度 T (mm)

E 8/E 8M-08 矩形试样 板材试样 200 ± 0.2 40 ± 2.0 25 0.10 $T \geq 5$

薄板试样 50 ± 0.1 12.5 ± 0.2 12.5 0.05 $0.13 \leq T \leq 19$

小尺寸薄板试样 25 ± 0.1 6 ± 0.1 6 0.025 $0.13 \leq T \leq 6$

圆柱形试样 标准圆柱形试样 50 ± 0.1 12.5 ± 0.2 10 0.0125 $T \geq 12.5$

小尺寸圆柱形试样 36 ± 0.1 9 ± 0.1 8 0.009

25 ± 0.1 6 ± 0.1 6 0.006

16 ± 0.1 4 ± 0.1 4 0.004

11 ± 0.1 2.5 ± 0.1 2 0.0025

A 370-07 矩形试样 板材试样 200 ± 0.25 40 ± 3 -6 13 0.10 $T \geq 5$

薄板试样 50 ± 0.10 12.5 ± 0.25 13 0.05 $0.13 \leq T \leq 19$

小尺寸薄板试样 25 ± 0.08 6.25 ± 0.05 6 0.025 $0.13 \leq T \leq 6$

圆柱形试样 标准圆柱形试样 50.0 ± 0.10 12.5 ± 0.25 10 0.0125 无相应规定

小尺寸圆柱形试样 35.0 ± 0.10 8.75 ± 0.18 6 0.009

25.0 ± 0.10 6.25 ± 0.12 5 0.006

16.0 ± 0.10 4.00 ± 0.08 4 0.004

10.0 ± 0.10 2.50 ± 0.05 2 0.0025

JIS Z 2241-1998 5 号试样 (矩形) 50 25 $T \leq 5$

1A 号试样 (矩形) 200 40 $5 < T \leq 50$

4 号试样 (圆柱形) 50 14 $T > 40$

表 3. E 8/E 8M、A370-07 和 JIS Z 2241-1998 的矩形和圆柱形拉伸试样尺寸与适用产品厚度，JIS Z 2241-1998 主要使用的三种试样的尺寸以及对于多数钢铁产品适用的产品厚度范围见表 3。对于某些高强度材料（例如 JIS G3106 中的 SM570），无论厚度 T 为何值，均可选用 5 号试样；厚度 $T > 20\text{mm}$ 时，可以选用 4 号试样。

E 8/E 8M-08 和 A370-07 主要使用 3 种矩形试样和 5 种圆柱形试样，试样的尺寸以及适用的产品厚度范围见表 3，圆柱形试样的标距只列出 $L_0=4D$ 的英制版本。对于矩形试样的尺寸规定，公制单位版本和英制单位版本是一致的；但是对于圆柱形试样，公制版本的 $L_0=5D$ 而英制版本的 $L_0=4D$ 。但是即使按照公制单位版本选择圆柱形试样进行测试，也只能使用英制版本的 $L_0=4D$ 试样，因为所有的 ASTM 产品标准中，无论是公制单位版本还是英制单位版本对圆柱形试样延伸率的要求是针对 $L_0=4D$ 试样。小尺寸薄板试样和小尺寸圆柱形试样是非标准试样，只是在受样品尺寸限制无法制备标准试样时才能使用。厚度 $T \geq 19\text{mm}$ ，如果产品标准允许，还可用选用变体薄板试样。E 8/E 8 M-08 和 A370-07 没有规定板材试样适用产品厚度的上限，对于轧制钢产品，ASTM A 6/A 6M-07 规定型钢为 125mm 钢板为 100mm

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

并且产品厚度小于等于 20mm 应加工全厚度试样。

对于全截面试样，如果产品标准没有另行规定，A370-07 规定标距长度为 200mm。

由表 3 可见，ASTM 不同的标准中，相同拉伸试样的尺寸和公差范围不尽相同，拉伸试验时不仅要满足 E 8/E 8M-08 这个通用标准的要求，更不能违背专门的材料标准的规定。同一项目不同标准中的规定不尽相同以及同一测试的各项规定分别出自不同的标准是 ASTM 标准的特点，产品测试时应注意不同参考标准的适用范围。

3.2 试样取样位置及方向

E 8/E 8M-08 关于取样位置的规定如下：产品厚度 $T \leq 40\text{mm}$ ，试样中心线位于产品厚度方向的中心；产品厚度 $T > 40\text{mm}$ ，试样中心线位于产品厚度方向的 1/4 处。关于试样的方向，E 8/E 8M-08 并没有相应的规定，只有 A 370-07 规定了钢产品试样方向的定义：试样长轴方向和产品轧制或锻造时的最大变形方向平行的称为纵向试样，试样长轴方向和产品轧制或锻造时的最大变形方向垂直的称为横向试样。拉伸试样在产品上的位置，E 8/E 8M-08 也没有相应的规定，A 6/A 6M-07 给出了针对轧制钢产品的规定：宽度大于 600mm 的钢板，取横向拉伸试样；对于其它轧制钢产品，取纵向拉伸试样。对于钢板产品，拉伸试样应位于钢板的一个角上。对于型钢，翼板宽度大于 150mm 的 H 型钢，试样中心线应位于翼板端部或腿部边缘到型材中心线距离的 1/3 处；对于其它型钢，拉伸试样可以在翼板/腿部以及腹板切取。ISO 系标准关于试样方向的定义与 ASTM 标准的规定相同。

GB/T228-2002 没有取样位置的规定，GB/T2975-1998《钢及钢产品力学性能试样取样位置及试样制备》规定钢产品拉伸试样取样位置。对于型钢，应在腿长的 1/3 处取样，但是对于腿部有斜度的型钢，应在腰部的 1/4 处取样。型钢中切取拉伸试样时，应尽可能取全厚度试样。如果试验机能力不够时，则在厚度 1/4 处或者距底部 12.5mm 处取样，取两者数字较大者。对于条钢，应尽可能取全截面试样。如果试验机能力不够，厚度不大于 25mm 的条钢，拉伸试样应位于条钢中心；厚度大于 25mm 的条钢，拉伸试样应位于条钢厚度的 1/4 处或者距底部 12.5mm 处，取两者数字较大者。对于钢板，应在宽度的 1/4 处取样，尽可能取全截面试样。如果试验机能力不够时，则在厚度 1/4 处或者距底部 12.5mm 处取样，取两者数字较大者。

JIS 标准中，强调尽可能取全厚度试样。对于型钢，应在腿长的 1/3 处取样，但是对于腿部有斜度的型钢，应在腰部的 1/4 处取样。对于大多数钢铁产品而言，由于厚度不大于 40mm 的产品只能选用 5 号和 1A 号全厚度试样，4 号试样只适用于厚度大于 40mm 的产品，所以规定拉伸试样应在厚度 1/4 处切取。

4. 试验程序

4.1 室温拉伸试验的温度范围

E 8/E 8M-08 对于室温的定义：除非另有规定，室温范围 10~38℃。A 370-07 没有另行规定室温的定义，所以应沿用 E 8/E 8M-08 的规定。

4.2 试验速率

E 8/E 8M-08 规定 5 种表示试验速率的方法：1. 试样的应变速率，单位 mm/mm/S；2. 试样

的应力速率，单位 MPa/S；3. 拉伸试验时试验机夹头分离速率，对于带肩试样单位为试样平行部分长度的 m/m/S，对于不带肩试样单位为试验机夹头间距离的 m/m/S；4. 完成部分或者全部拉伸试验所需时间，单位 S 或 min；5. 试验机空载时夹头分离速率，对于带肩试样单位为试样平行部分长度的 m/m/S，对于不带肩试样单位为试验机夹头间距离的 m/m/S。A 370-07 规定了 4 种表示试验速率的方法，没有 E 8/E 8M-08 规定的第 4 种方法。对于应力速率法，A 370-07 规定不适用于闭环控制的试验机（速率反馈控制）。因为在这类试验机选用应力速率法控制拉伸速率，在试样屈服阶段试验机夹头运动速率加大导致测得的屈服指标偏高。

表 4. E 8/E 8M-08、A 370-07 和 ISO 系标准对试验速率的规定

试验阶段 E 8/E 8M-08 A 370-07 ISO 系标准

强度大于规定的屈服强度的 1/2 前 或规定抗拉强度的 1/4（取两值间较小者）前除非另有规定，可以选用任何合适的速率 除非另有规定，可以选用任何合适的速率 没有相应的规定

测定屈服性能指标 如果产品标准没有规定，1.15~11.5MPa/S 0.000104~0.00104S-1

0.00025~0.0025S-1

70~690MPa/min E<150GPa，2~20MPa/SE≥150GPa，6~60MPa/S

测定 Rm 延伸率大于 5%的材料，试验机速率 0.0008~0.008S-1 或者应变速率 0.0008~

0.008S-1 0.0008~0.008S-1 ≤0.008S-1

表 4 是 E 8/E 8M-08、A 370-07 和 ISO 系标准对试验速率的规定，由表 3 可以看出，测定屈服性能指标时，无论是应力速率还是应变速率/夹头位移速率，ASTM 标准规定的要比 ISO 系标准的低；测定 Rm 时，ASTM 标准规定的和 ISO 系标准的速率上限一致。对于不同的材料，试验速率对性能测定的影响不同。试验速度增加，强度性能指标升高，延性性能指标降低；反之，强度性能指标降低，延性性能指标升高。测定屈服性能指标时，ASTM 标准规定试验速率是 ISO 系标准的 2.5 倍，试验速率的差别是否足以影响被测产品强度性能指标合格与否值得关注。

4.3 屈服指标

E 8/E 8M-08 规定 4 种测量屈服指标的方法：1. 规定非比例延伸法，2. 规定总延伸法，3. 自动记录做图法（针对有屈服现象的材料），可以获得上屈服强度 ReH 和下屈服强度 ReL；

4. 载荷停顿法（针对有屈服现象的材料），只能获得上屈服强度 ReH。对屈服强度存在争议时，推荐规定非比例延伸法作为仲裁试验方法。

A 370-07 将屈服指标分为屈服点强度和屈服强度。屈服点强度是指应力不增加而应变增加现象发生时的第 1 个应力值，并且这个值应小于抗拉强度；对应 ISO 系标准中的上屈服强度 ReH。屈服点强度可以使用 E 8/E 8M-08 规定的 2、3 和 4 方法获得。按照方法 2 测定屈服现象不明显的材料时，使用精度不低于±1%的引伸计（C 级及以上），当载荷产生的标距部分延伸达到规定值时记录与载荷相对应的应力值作为屈服点强度；对于规定屈服点强度不大于 550MPa 的材料，合适的规定总延伸为 0.5%，对于屈服点强度大于 550MPa 的材料，除非增加规定总延伸否则不能使用这个方法。屈服强度是指材料偏离应力应变比例关系达到

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

规定值时的应力值，这种偏离可以用应变、非比例延伸或总延伸来表示。屈服强度可以使用 E 8/E 8M-08 规定的 1 和 2 方法获得。对于轧制钢产品，ASTM A 6/A 6M-07 规定如果产品标准没有特别规定，屈服指标应是非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 或规定总延伸强度 $R_{t0.5}$ 。

ISO 系标准规定：材料有屈服现象时报告屈服强度，如果产品标准没有特别说明，屈服强度一般认为是下屈服强度 ReL 。关于上屈服强度 ReH 、下屈服强度 ReL 、非比例延伸强度 R_p 和规定总延伸强度 R_t 的定义，ISO 系和 ASTM 标准一致。

5. 试验结果处理与修约

表 5. E8/E8M-08、A370-07 和 ISO 系标准对试验结果修约的规定

项目 E8/E8M-08 A370-07 ISO 系标准

强度指标 (MPa) 范围 修约间隔 范围 修约间隔 范围 修约间隔

方法 1 <500 1 <500 1 <200 1

500~1000 5 500~1000 5 200~1000 5

≥1000 10 ≥1000 10 ≥1000 10

方法 2 所有值 1

方法 3 所有值 5

延性指标 (%) 延伸率 ≤3 0.2 <10 0.5 所有值 0.5

>3 无规定 ≥10 1

断面收缩率 <10 0.5 <10 0.5 所有值 0.5

≥10 1 ≥10 1

表 5 是 E8/E8M-08、A370-07 和 ISO 系标准对试验结果修约的规定，由表 3 可以看出，对于强度指标，除 200~500MPa 范围以外，E8/E8M-08 和 A370-07 与 ISO 系标准的修约间隔规定并无二致。200~500MPa 范围内，ASTM 标准的修约间隔较小。对于塑性指标，不大于 10% 时，E8/E8M-08 和 A370-07 与 ISO 系标准一致；大于 10% 时，ISO 系标准的修约间隔较小。关于修约规则，ASTM E 29、GB8170-1987《数值修约规则》和 JIS Z 8401-1999 并没有区别。只是 ASTM A 370-07 有一项特别规定：“5”后面除了“0”以外没有其它数时，如果按照 E 29 的修约规则进行修约将导致产品的拒收时，修约应向产品标准规定的极限值的方向进行。

断后标距的测量，E8/E8M-08 和 A370-07 的规定基本一致：标距长度不大于 50mm 的，测量精度不大于 0.25mm；标距长度大于 50mm 的，测量精度不大于 0.5%。但是 E8/E8M-08 的上述规定只对延伸率大于 3% 时适用而 A370-07 没有限制。对于延伸率不大于 3% 的试样，E8/E8M-08 规定标距长度和断后标距的测量精度不大于 0.05mm。ISO 系标准规定使用分辨率优于 0.1mm 的量具，测量精度不大于 0.25mm；如规定的最小断后伸长率小于 5%，用特殊方法进行测定（详见 GB/T228-2002 附录 E）。

关于延伸率，ASTM 标准规定：当试样拉断处到标距端点的距离小于 1/4 标距长度时，得到的延伸率较低并且不能代表材料的真实性能，如果得到的延伸率满足材料的延伸率要求，结果有效；如果不能满足，重新取样试验。ASTM 标准规定延伸率只能直接测量，谗有引

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

入移位法。ISO 系标准规定：当试样拉断处到标距端点的距离小于 1/3 标距长度时，可以使用移位法测量，但是如果直接测量的结果满足材料的延伸率要求，结果有效。

断面收缩率的测量，ASTM 标准规定在颈缩最小处以原尺寸相同的精度测量其直径或宽度和厚度，而 ISO 系标准规定断裂后最小横截面积的测定应精确到 $\pm 2\%$ 。

关于断面收缩率，ASTM 标准与 ISO 系标准采用不同的断后最小横截面积 S_u 计算公式。对于圆柱形试样，ASTM 标准的， d_1 和 d_2 为试样颈缩最小处的最大直径和最小直径；ISO 系标准的， d_1 和 d_2 为试样颈缩最小处相互垂直的方向上的直径。由上述两个公式可以看出，当 $d_1 = d_2$ 时，根据 ASTM 标准和 ISO 系标准得到的 S_u 一致；当 $d_1 \neq d_2$ 时，根据 ISO 系标准得到的 S_u 比实际面积要大，并且随 d_1 与 d_2 差的增加而增加。由于各向异性，圆柱形试样颈缩最小处很少保持圆形，多半是椭圆形，所以 ASTM 标准的 S_u 计算公式更准确。对于矩形试样，ASTM 标准的， a_e 为颈缩处有效厚度， a_1 和 a_3 是颈缩最小处两侧厚度， a_2 是颈缩最小处宽度 1/2 位置的厚度； b_e 为颈缩处有效宽度， b_1 和 b_3 是颈缩最小处两侧宽度， b_2 是颈缩最小处厚度 1/2 位置的宽度。ISO 系标准的， a_u 为颈缩处最小厚度， b_u 为颈缩处最大宽度。拉伸试验时，由于矩形试样角部变形受限，颈缩最小处的四条边不再是直线而呈抛物线形，所以根据 ASTM 标准得到的结果比 ISO 系标准的更准确。但是，除非使用光学测量装置，对于 a_1 、 a_2 和 a_3 以及 b_1 、 b_2 和 b_3 的测量能否满足 ASTM 标准的要求值得思考。

6. 总结

以上是中国、日本和美国拉伸试验标准的比较，并对标准中的一些规定进行讨论。从上面的比较可知，由于均源自 ISO 6982-1998，JIS Z2241-1998 和 GB/T228-2002 对拉伸试验机及其附件、拉伸试验程序和拉伸试验结果处理与修约方面的规定基本一致，只是 JIS 标准使用的拉伸试样与 GB 标准不同，为非比例试样。对于多数钢铁产品， $5\text{mm} < \text{厚度 } T \leq 40\text{mm}$ 时，JIS 标准要求使用 1A 号试样，因此要求较大的样品尺寸和试验机能力。

与 ISO 系标准相比，ASTM 标准在拉伸试验机及其附件、拉伸试验程序、拉伸试样和拉伸试验结果处理与修约方面的规定存在较大差异。对引伸计的精度要求，ASTM 标准较 ISO 系标准高。屈服阶段试验速率，ASTM 标准较 ISO 系标准低，试验速率降低导致的强度性能指标降低是否足以影响被测产品屈服性能指标合格与否值得关注。关于拉伸试样，ASTM 标准使用非比例试样，并且不同的标准中对取样位置、试样选择的规定不尽相同，产品测试时应注意不同参考标准的适用范围。在拉伸试验结果处理与修约方面，ASTM 标准采用的断面收缩率计算公式与 ISO 系标准不同；对强度性能指标和延性性能指标的修约间隔也不尽相同。所以，按照 ASTM 标进行拉伸试验，不但需要熟悉标准的检测人员，还需要符合 ASTM 标准的试验机以及相应设备。