

(内部资料)

ASTM A370-2017

## ASTM 标准中英文对照版本

### 钢制品力学性能试验的标准试验方法和定义

Standard Test Methods and Definitions for Mechanical  
Testing of Steel Products

美国材料与试验协会

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

## 目 录

1. 范围.....	1
2. 引用文件.....	2
3. 意义和应用.....	3
4. 一般注意事项.....	3
5. 试样切取方向.....	4
6. 说明.....	5
7. 术语.....	5
8. 试验装置和操作.....	6
9. 试样参数.....	7
10. 板型试样.....	11
11. 薄片试样.....	11
12. 圆试样.....	12
13. 标距标记.....	13
14. 拉伸性能的测定.....	14
15. 说明.....	18
16. 概述.....	18
17. 布氏硬度试验.....	19
18. 洛氏硬度试验.....	20
19. 便携式硬度试验.....	21
20. 摘要说明.....	22
21. 重要性和用途.....	29
22. 设备.....	29
23. 取样和试样数量.....	30
24. 校准.....	31
25. 调温——温度控制.....	31
26. 方法.....	33
27. 试验结果的解释.....	37
28. 记录.....	38
29. 报告.....	39
30. 方法.....	39
31. 精度和偏差.....	39
32. 关键词.....	39
附录.....	39
A1 钢棒材制品.....	39
A2 钢管材制品.....	41
A3 钢制紧固件.....	52
A4 圆形线材制品.....	58
A5 关于缺口试样冲击试验重要性的注释.....	61
A6 将标准圆形拉伸试样的伸长率转换成等量的标准板型试样伸长率的方法.....	66
A7 用于预应力混凝土的多股钢丝绳的试验方法.....	67
A8 试验数据的圆整.....	67
A9 试验钢筋的方法.....	68

A10 热循环模拟试验的使用和控制规程 .....	68
参考文献.....	73
变更一览表.....	74

# 钢制品力学性能试验的标准试验方法和定义<sup>1</sup>

本标准是以固定代号 A370 发布的。其后的数字表示原文本正式通过的年号；在有修订的情况下，为最后一次的修订年号；圆括号中数字为最后一次重新确认的年号。上标符号 (ε) 表示与上次修改或重新确定的版本有编辑上的变化。

本标准已经被美国国防部各下属机构批准使用。

## 1. 范围

1.1 本试验方法<sup>2</sup>包括钢、不锈钢及相关合金的力学性能测试所采用的规程和定义。本标准中所述各种力学性能试验用于测定产品标准中所要求的性能。应避免试验方法的变动，遵循标准的试验方法以获得重复性好且能比较的结果。当某些产品的试验要求特殊或与这些通用的试验规程相矛盾时，应以产品标准的试验要求为准。

1.2 所述力学性能试验如下：

力学性能	条文号
拉伸	6~14 节
弯曲	15 节
硬度	16 节
布氏硬度	17 节
洛氏硬度	18 节
便携式硬度	19 节
冲击	20~29 节
关键词	31 节

1.3 附于这些试验方法的附录是针对某些产品所特有的详细说明，它们是：

条钢产品	附录A1
管状产品	附录A2
紧固件	附录A3
圆钢丝	附录A4
缺口试样冲击试验的意义	附录A5
圆试样百分伸长率与扁试样当量伸长率的换算	附录A6
多股钢丝绳试验	附录A7
试验数据的圆整	附录A8
钢筋的试验方法	附录A9
热循环模拟试验的使用和控制规程	附录A10

1.4 以英寸-英磅制单位表述的数值应视作为标准值。

1.5 当在公制产品标准中引用文件时，可用英寸-磅 (ksi) 单位确定屈服强度和抗拉强度值然后换

<sup>1</sup>本试验方法受ASTM的A01《钢，不锈钢及其合金》委员会的权限管辖，并且，除了另外指定外，由A01.13《钢产品机械，化学试验及加工方法》分委员会直接负责。

现版本于2017年1月1日批准，2017年1月出版。原版本在1953年批准。前一个最新版是2016年批准的A370-16. DOI:10.1520/A0370-17。

<sup>2</sup> ASME 锅炉及压力容器规范的应用见 SA-370 的第二节。

算成 SI (MPa) 单位。用英寸-磅制 2in. 或 8in. 标距长度确定的伸长率可以用 SI 制 50mm 或 200mm 标距长度。按所采用的, 分别报告之。反之, 在英寸-磅制产品标准中引用本文件时, 可用 SI 制确定屈服强度和抗拉强度值, 然后换算成英寸-磅单位。用 SI 制 500mm 或 200mm 标距长度确定的伸长率可以用英寸-磅制 2in. 或 8in. 标距长度, 按所采用的, 分别报告之。

**1.5.1** 为测定原始单位而使用的试样必须满足尺寸表内原始单位体系的相应公差(而不是换算公差尺寸给出的相应公差)。

注1—这是因为当本标准不是一份双重标准时, 试样SI尺寸和公差难于换算。如果试验要求采用SI单位, 用户需遵从试验方法A1058的指导。

**1.6** 当需要评价试验室的准则资料时, 可参考 ISO/IEC 17025 标准。

**1.7** 本标准未论述与使用标准有关的所有安全问题。在使用之前制定适当的安全卫生规程和确定这种管理限制的适用范围, 是本标准使用者的责任。

## 2. 引用文件

### 2.1 ASTM 标准:<sup>3</sup>

- A623 镀锡轧制产品的一般要求
- A623M 镀锡轧制产品的一般要求(公制)
- A703/A703M 承压零件用钢铸件通用要求
- A781/A781M 一般工业用钢和合金铸件通用要求
- A833 用比较硬度试验机试验金属材料压痕硬度的实用规程
- A956 测试钢产品里氏硬度的试验方法
- A1038 采用超声波接触阻抗法测定比较硬度值的规程
- A1058 钢产品机械测试试验方法-公制
- E4 试验机负荷检定的实用规程
- E6 有关力学性能试验方法的术语
- E8/E8M 金属材料拉伸试验的试验方法。
- E10 金属材料的布氏硬度试验方法。
- E18 金属材料的洛氏硬度和洛氏表面硬度试验方法

<sup>3</sup>对于 ASTM 的参考标准, 可登陆 ASTM 网站, [www.astm.org](http://www.astm.org) 或联系 [service@astm.org](mailto:service@astm.org) 的 ASTM 客户服务部。ASTM 标准年报资料, 参见 ASTM 网站的本标准的文件概要页。

- E23 金属材料的开缺口试样冲击试验方法
- E29 为确定与标准的一致性，试验数据中取有效位数的实用规程
- E83 伸长仪的鉴定和分等的实用规程
- E110 用便携式硬度计作金属材料压痕硬度的试验方法
- E190 焊缝塑性的导向弯曲试验方法
- E290 金属材料塑性的不完全导向弯曲试验的试验方法

## 2.2 ASME 标准：<sup>4</sup>

ASME 锅炉及压力容器规范第 VIII 卷第 1 册 UG-8 部分

## 2.3 ISO 标准：<sup>5</sup>

ISO/IEC 17025 检验和校准实验室的能力的通用要求

## 3. 意义和应用

**3.1** 使用这些测试方法的目的是用于测定钢，不锈钢和相关合金产品的规定力学性能，其用于在订购单或合同中购方指定的，在 ASTM A01 委员会及分委会管辖下来评价该产品与材料规范的符合性。

**3.1.1** 这些方法可以且被其它 ASTM 委员会和其它写作主体为符合性测试的标准的使用。

**3.1.2** 检测时的材料条件，取样频率，试样位置及取向，报告要求，和其它测试参数应包含在相关的材料规范中或包含在特殊产品格式的通用要求规范。

**3.1.3** 一些材料规范要求使用补充试验方法，这种情况下，要求的测试方法在材料规范中描述或参考其它合适的测试方法标准。

**3.2** 这些测试方法也适用于测试其它目的用的钢，不锈钢和相关合金材料。例如，购方进行的来料合格测试或服役后部件的评价。

**3.2.1** 对于一些力学测试，因为除了由于在制产品的不足外，还有一些正常理由会导致发生与规定极限或期待的制造性能的偏差。这些理由包含：（但不局限于此）静态或周期运行应力影响，机械导致损坏，材料不均匀性，各向异性组织，所选合金的自然老化，未包含在规范中的后续处理，取样极限，及测量设备校准的不确定性。预期将在所有的力学测试上会有一个统计上的波动和测试结果的变化（与之前相比）。掌握与规定值或预期测试值偏离的可能原因，可将其用于测试结果的解释中。

## 4. 一般注意事项

<sup>4</sup> 详见地址位于纽约市公园大道 3 号 NY10016-5990 的美国机械工程师协会（ASME）国际总部。<http://www.asme.org>。

<sup>5</sup> 详见地址位于纽约市 25W 第 43 街 4 号楼 NY10036 的美国国家标准协会（ANSI）。<http://www.ansi.org>。

**4.1** 某些加工方法诸如弯曲、成形和焊接，或涉及加热的工序，可能会影响试验材料的性能。因此，产品标准要进行的力学性能试验包括制造阶段。加工前做试验所显示的性能不一定能代表产品完成加工后的性能。

**4.2** 机加工不当的试样应报废并用另外的试样代替。

**4.3** 试样内的缺陷也会影响试验结果。如果任一试样显露出缺陷，应执行有关产品标准中的复试条款。

**4.4** 如果任一试样由于机械原因，例如试验设备故障或试样制备不当，造成失败，可以报废并另取试样。

## **5. 试样切取方向**

**5.1** 术语“纵向试验”和“横向试验”仅用于轧锻产品的材料标准而不适用于铸件。当试件或试样作这种附注时，采用如下定义：

**5.1.1** “纵向试验”——除非另有特殊规定，意指试样的纵轴与钢在轧制或锻造过程中的最大延伸方向相平行。施加在纵向拉伸试样上的应力是在最大延伸方向，并且纵向弯曲试样的弯轴则与最大延伸方向相垂直[见图 1，2 (a) 和 2 (b)]。

**5.1.2** “横向试验”——除非另有特殊规定，意指试样的纵轴与钢在轧制或锻造过程中的最大延伸方向相垂直。施加在横向拉伸试样上的应力是与最大延伸方向相垂直，并且横向弯曲试样的弯轴则与最大延伸方向相平行（见图 1）。

**5.2** 术语“径向试验”和“切向试验”用于一些锻制的圆形产品的材料标准而不适用于铸件。当试件或试样作这种附注时，采用如下定义：

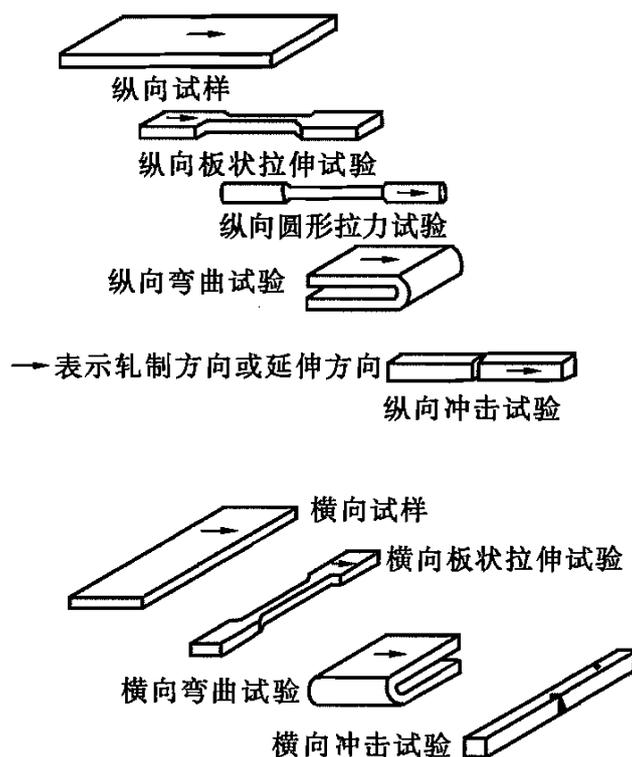


图1 试件和试样与轧制或延伸方向的相互关系（适用于一般轧锻产品）

5.2.1 “径向试验”——除非另有特殊规定，意指试样的纵轴，垂直于产品的轴线，并与以产品轴线上的一点为圆心画的圆的半径相一致 [见图 2 (a)]。

5.2.2 “切向试验”——除非另有特殊规定，意指试样的纵轴垂直于产品轴线所在的平面，并与以产品轴线上的一点为圆心画的圆相切 [见图 2 (a)、2 (b)、2 (c) 和 2 (d)]。

## 拉伸试验

### 6. 说明

6.1 与钢制品力学性能试验有关的拉伸试验，是将材料经机加工的或全截面的试样在试验中承受足以引起断裂的量度负荷。所得性能的定义见《E6 术语》。

6.2 一般，试验设备和方法在《E8/E8M 试验方法》中规定。但《E8/E8M 试验方法》的实验操作在钢的试验中有若干例外情况，在试验方法中包括这些例外情况。

### 7. 术语

7.1 有关拉伸试验包括抗拉强度、屈服点、屈服强度、伸长率和断面收缩率术语的定义，请参见《E6 术语》。

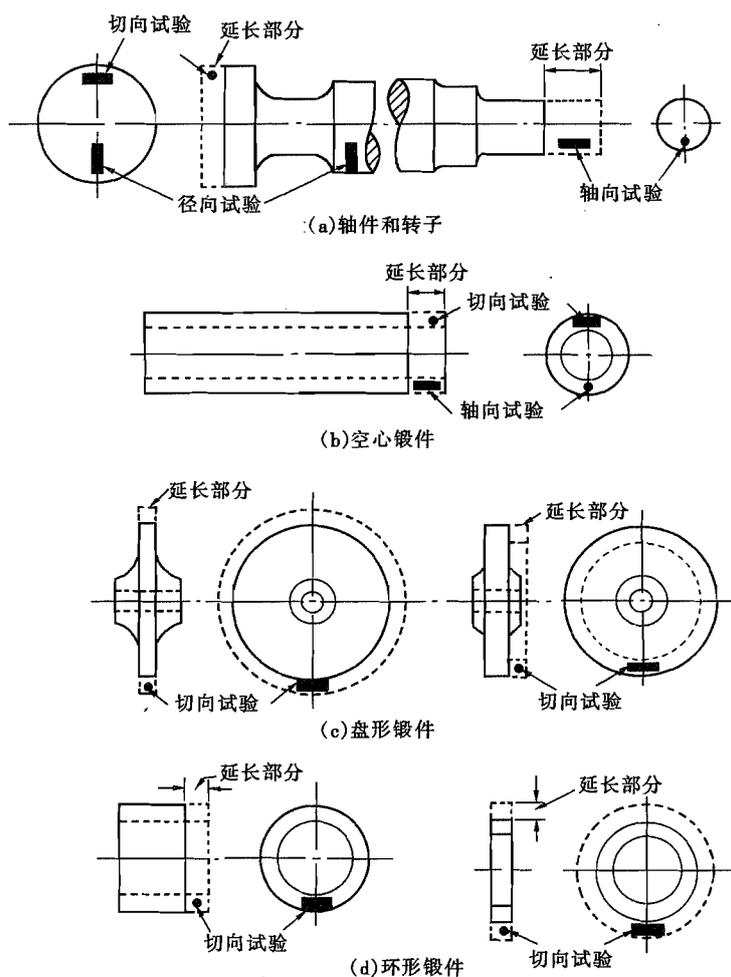


图2 从管状制品切取环形轴向拉伸试样的取样部位

## 8. 试验装置和操作

**8.1 加载系统**——有两种通常形式的加载系统，机械的（螺杆动力）和液压的。两者的主要不同在于加载速度的可变性。老式螺杆动力机器限于少数几个固定的空载横梁速度。几种现代的螺杆动力机器和所有的液压动力机器允许速度在全范围内无级变化。

**8.2 拉力试验机**应保持良好的操作状态，只在适当的加载范围内使用，并按《E4 实用规程》的最新修订版定期进行校准。

**注 1:** 许多机器备有自动绘出应力-应变曲线的应力-应变记录仪。应该注意有些记录仪具有与试验机负荷指示器完全分开的负荷测量部件。这些记录仪要单独校准。

**8.3 加载**——试验机的夹紧或夹持装置的作用是将负荷从试验机头部传递给受试试样。基本要求是负荷应轴向传递。这意味着在试验开始和过程中，夹紧装置的作用中心线应尽可能和试样的轴线成一直线，尽可能使弯曲或扭曲减到最小。对有减缩截面段的试样，试样的夹紧应限制在标距以外的部分。在被试截面是全尺寸的情况下，非轴向加载将不可避免，只有在此情况下才是允许的。

**8.4 试验速度**——试验速度不应大于能准确地指出负荷和应变读数的速度。在生产试验中，试验速度的通常表示方法有：(1) 按照空载横梁速度（空载时，试验机横梁的运动速度）或(2) 按照加载情况下试验机的两个头部分离的速度，或(3)按照试样受力的速度，(4)按照试样应变的速度。对试验速度所推荐的下列一些限制，已足够满足多数钢制品之用。

**注 2：** 闭合回路拉伸试验机（带速度反馈控制）不是用负荷控制进行的，这种试验模式结果用横梁对屈服的加速和所测屈服强度的增加来表示。

**8.4.1** 到规定的屈服点或屈服强度一半之前，可以采用任何方便的试验速度。当到达该点时，横梁分离的空载速度应调到不超过每英寸减缩截面段或无减缩截面段试样两夹头间距离的 1/10in./min。应保持这一速度。直到屈服点或屈服强度。在确定抗拉强度时，试验机头分离的空载速度不应超过每英寸减缩截面段或无减缩截面段试样两夹头间距离的 1/2in./min。无论如何最低的试验速度不应小于测定屈服点或屈服强度和抗拉强度时规定的最大速度的场。

**8.4.2** 允许将横梁的空载速度调节到上述规定值来调定试验机的速度，因为这些试验机上调定时，机头在负荷下的分离速度小于横梁空载速度的规定值。

**8.4.3** 另有个办法，如果试验机备有指示加载速度的装置，试验机的速度从规定屈服点或屈服强度的一半直到屈服点或屈服强度可以这样调节，即使加力速度不超过 100000psi(690MPa) /min。但是，最终的加力速度不应小于 10000psi（70MPa）/min。

## 9. 试样参数

**9.1 取样**——应按照适用的产品标准选取试件。

**9.1.1 轧制钢**——轧制钢制品一般作纵向试验，但在某些情况下，如尺寸许可和使用验证需要，则亦可作横向、径向或切向试验（见图 1 和 2）。

**9.1.2 锻钢**——对开模锻件，拉伸试验用金属一般允许取自锻件的一端或两端的延伸或加长段，按所用产品标准的规定可对所有锻件或取代表性数量锻件进行试验。试样一般在半径中部切取。有些产品标准允许使用代表性试棒或破坏产品的一部分进行试验。对于环状或盘状锻件，试验金属通过增大锻件的直径、厚度或长度取得。通过垂直于锻件轴线方向锻打进行加工或扩展的锻粗盘状或环状锻件它们的主要延伸通常是沿同心圆，对这类锻件从其周边或端部的多余金属切取切向拉伸试样。对有些锻件，例如转子，要作径向拉伸试验。在这些情况下，应从指定部位切取或套钻钻取试样。

**9.2 尺寸和公差**——试样应为：(1) 材料全横截面，或者(2) 机加工至图 3-6 所示形状和尺寸。试样尺寸和型式的选择是由所用产品标准规定的。除非在产品标准中另有规定，全截面试样用 8in.（200mm）标距进行试验。

**9.3 试样的取得**——在评估材料时，可用任何方便的方法准确选择试样，要小心去除所有变形的，冷压的或受热影响的边缘部分。在中等长度的试样上减小其截面，确保在横截面上均匀分配应力和定位摩擦区域。

**9.4 试样的时效**——除非另有规定，允许对拉伸试样作时效处理。所用的时间-温度循环必须对先前工序的效果没有实质上的改变。试样可以在室温下放置 24~48h 完成时效，或者，在水中煮沸、在油中或炉内加热至适度高温以使用较短时间进行时效。

**9.5 试样尺寸的测量：**

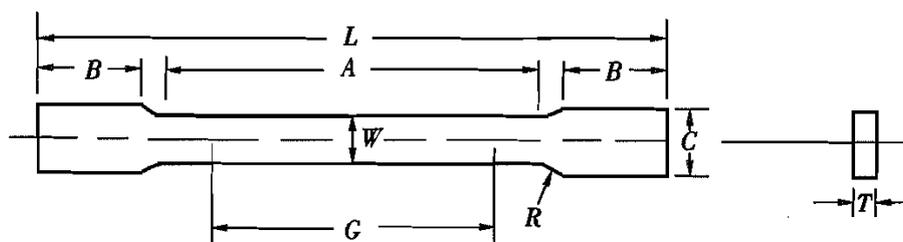
**9.5.1 标准矩形拉伸试样**——此型式试样示于图 3。测定试样横截面积时，对图 3 中标距为 8in. (200mm) 的试样，中心宽度的测量精度应为 0.005 in. (0.13mm)，对标距为 2in.(50mm) 的试样，中心宽度的测量精度为 0.001 in. (0.025mm)。此两种试样中心厚度的测量精度都应为 0.001in. (0.25mm)。

**9.5.2 标准圆形拉伸试样**——此型式试样示于图 4 和图 5。测定试样横截面积时，应在标距的中心测量试样直径，测量精度为 0.001in.(0.025mm)。(见表 1)

**9.6 概述**——按照被试材料产品标准的规定，试样应是大体上全尺寸的，也可以是机加工的。

**9.6.1 要求试样标距中心处的横截面积最小**，以确保在标距范围内断裂。在下面几条中斜述的每一种试样允许将标距部分做成带锥度，就能达到这点。

**9.6.2 对脆性材料要求在标距端部有较大半径的圆角。**



## 尺寸

	标准试样				小尺寸试样			
	板型 1½ in(40 mm)宽				薄板型½ in(12.5 mm)宽		¼ in (6 mm)宽	
	8 in(200 mm)标距		2 in(50 mm)标距					
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
G-标距(注1和注2)	8.00 ± 0.01	200 ± 0.25	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.010	1.000 ± 0.003	25.0 ± 0.08
W-宽度(注3,5和注6)	1½ + ⅛ - ¼	40 + 3 - 6	1½ + ⅛ - ¼	40 + 3 - 6	0.500 ± 0.010 0.010	12.5 ± 0.25	0.250 ± 0.002	6.25 ± 0.05
T-厚度(注7)	材料厚度	材料厚度	材料厚度	材料厚度	材料厚度	材料厚度	材料厚度	材料厚度
R-圆角半径,最小(注4)	½	13	½	13	½	13	¼	6
L-全长,最小(注2和注8)	18	450	8	200	8	200	4	100
A-缩减段长度,最小	9	225	2¼	60	2¼	60	1¼	32
B-夹持段长度,最小(注9)	3	75	2	50	2	50	1¼	32
C-夹持段宽度,近似(注4、10和11)	2	50	2	50	¾	20	⅝	10

1 对宽度为 1½ 英寸 (40mm) 的试样而言, 测量断后伸长率用的打印标记应打在试样收缩断面部分的平面或边部。对于 8-in. (200mm) 标距长度的试样, 可以使用间隔 1 英寸 (25mm) 的 9 孔或多孔打印机打印标记, 或者用一对或多对间隔 8 英寸 (200mm) 的打印机打印标记。对于 2-in. (50mm) 标距长度的试样, 可以使用间隔 1 英寸 (25mm) 的 3 孔或多孔打印机打印标记, 或者用一对或多对间隔 2 英寸 (50mm) 的打印机打印标记。

2 对宽度为 1½英寸 (12.5mm) 的试样而言, 测量断后伸长率用的标距标记应打印在收缩断面部分内的试样的平面或边部, 可以采用间隔为 1 英寸 (25mm) 的 3 孔或多孔打印机或间隔 2 英寸 (50mm) 的一对或对的打印机打印标记。

3 对于四种尺寸的试样, 其减缩段的端部宽度分别不得相差 0.004、0.004、0.002 或 0.001 in. (0.10、0.10、0.05 或 0.025mm) 以上。另外, 其宽度可以由两端向中间逐渐减小, 但是, 两端的宽度不能比中间部位宽度分别大 0.015in., 0.015in., 0.005in. 或 0.003in. (0.040、0.040、0.10 或 0.08mm)。

4 每种类型试样的所有圆角半径应互等, 公差为 0.05 in. (1.25mm), 并且每端的两个圆角曲率中心应与试样中心线互相垂直交叉 (在垂直于中心线的线上), 公差在 0.10in (2.5 mm) 以内。

5 对于三种尺寸中的每一种试样, 必要时可以用较窄的宽度 (W 和 C)。在此情况下, 减缩段的宽度允许与所试验材料的宽度一样大。不过, 除非另有规定, 在产品标准中对伸长率的要求不应用于这些较窄的试样。如果材料的宽度小于 W 值, 则整个长度试样的侧面可做成平行的。

6 试样可以修改成整个长度的侧面相平行, 其宽度及公差与上面规定的一样。需要时可以用较窄的试样, 在此情况下, 其宽度允许与试验材料的宽度一样大。如果宽度为 1½in. (38mm) 或更小一些时, 则整个长度试样的侧面可做成平行的。

7 尺寸 T 为所用材料标准所规定的试样厚度。1½in. (40mm) 宽试样的最小公称厚度应为 3/16in. (5 mm), 除非在产品标准允许。1½in. (12.5 mm) 和 1/4in. (6mm) 宽试样的最大公称厚度应分别为 1in. (25mm) 和 1/4in.(6mm)。

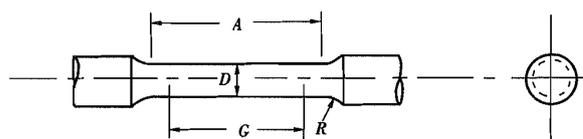
8 为了在试验 1/4in. (6mm) 宽试样时能够轴向加上负荷, 试样的全长允许为材料所允许的长度。

9 如果可能, 最好把夹紧段的长度做得足够大, 使试样伸到夹头内的距离等于夹头长度的三分之二或更多一些。如果 1/2in. (13mm) 宽试样的厚度超过 3/8in. (10mm), 则夹头长度和试样夹紧段长度都要长一些, 以防止在夹紧段断裂。

10 对于标准薄片试样和小尺寸试样, 其两端应与减缩段的中心线相对称, 且分别在 0.01 和 0.005in. (0.25 和 0.13mm) 以内。然而对于钢, 如果 1/2in. (12.5mm) 宽试样两端的对称度在 0.05in. (1.0mm) 内, 则该试样对除仲裁试验外的所有试验都认为是满意的。

11 对于标准板型试样, 其两端应与减缩段中心线相对称, 且在 0.25in.(6.35mm)以内, 但对于仲裁试验两端与减缩段中心的对称度应在 0.10in.(2.5mm)以内。

图3 矩形拉伸试样

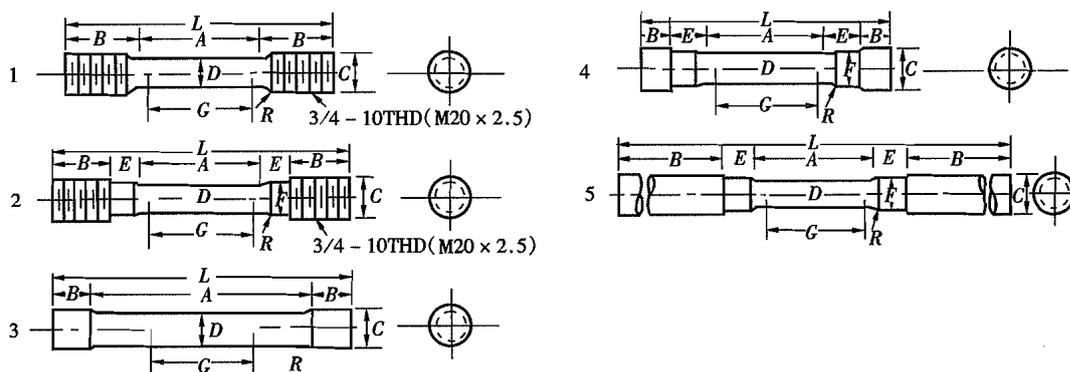


尺寸

公称直径	标准试样		与标准试样成比例的小尺寸试样							
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
	0.500	12.5	0.350	8.75	0.250	6.25	0.160	4.00	0.113	2.50
标距( G )	2.000 ±	50.0 ±	1.400 ±	35.0 ±	1.000 ±	25.0 ±	0.640 ±	16.0 ±	0.450 ±	10.0 ±
	0.005	0.10	0.005	0.10	0.005	0.10	0.005	0.10	0.005	0.10
直径 <sup>①</sup> ( D )	0.500 ±	12.5 ±	0.350 ±	8.75 ±	0.250 ±	6.25 ±	0.160 ±	4.00 ±	0.113 ±	2.50 ±
	0.010	0.25	0.007	0.18	0.005	0.12	0.003	0.08	0.002	0.05
圆角半径( R ),最小	⅜	10	¼	6	⅜	5	5/32	4	3/32	2
减缩段长度( A ),最小 <sup>②</sup>	2¼	60	1¼	45	1½	32	¾	20	⅝	16

- ① 减缩段可以具有从两端向中心逐渐减小的锥度，两端在直径上不能比中心（控制尺寸）部位大 1%。
- ② 如需要，减缩段的长度可增加使之适应任意标距的伸长仪。测量伸长率的标记，无论如何也得打在所指标距范围内。
- ③ 标距和圆角应如所示的那样，但端部都可以是任意形状以适应试验机夹头，并使负荷作用在中心线上（见图 9）。如果试样的端部是用楔形钳口夹住，则在可能条件下使夹紧段的长度长一些以使试样伸进钳口的长度达到钳口长度的三分之二或更工一些。
- ④ 图 5 和图 6 所示图形试样，其标距等于公称直径的四倍。在一些产品标准中，其他试样也可以用，除非能保持 4 与 1 之比（在尺寸公差之内），伸长率数值就不能与从标准试样所获得的值相比。
- ⑤ 直径小于 0.25 in. (6.25 mm) 的试样限于在下述情况使用：即当所试验的材料不足以获得更大的试样，或者各方同意作为验收试验。小尺寸试样要求使用适合的设备和在机加工和试验中都更加熟练的技术。
- ⑥ 五种经常使用的试样直径为 0.505、0.357、0.252、0.160 和 0.113in. 左右，其原因是易于由于负荷计算应力，其相应横截面积分别等于或近似为 0.200、0.100、0.0500、0.0200 和 0.0100in. <sup>2</sup>。当实际直径与这些数值相符，那么应力（或强度）可以分别使用简单的乘法系数 5、10、20、50 和 100 算出（这些固定直径的公制当量并不对应于任何横截面积和乘法系数）。

**图 4 2in. (50mm) 标距的 0.500in. (12.5mm) 标准圆形拉伸试样**
**和与标准试样成比例的小尺寸试样例子**



尺寸

项 目	试样 1		试样 2		试样 3		试样 4		试样 5	
	in.	mm								
标距 (G)	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10
直径 (D) <sup>①</sup>	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25
圆角半径 (R), 最小	⅜	10	⅜	10	⅛	2	⅜	10	⅜	10
减缩段长度 (A)	2¼, 最小	60, 最小	2¼, 最小	60, 最小	4, 大约	100, 大约	2¼, 最小	60, 最小	2¼, 最小	60, 最小
总长 (L) (大约)	5	125	5½	140	5½	140	4¾	120	9½	240
端部长度 (B) <sup>②</sup>	1⅝, 大约	35, 大约	1, 大约	25, 大约	¾, 大约	20, 大约	½, 大约	13, 大约	3, 最小	75, 最小
端部直径 (C)	¾	20	¾	20	23/32	18	⅝	22	¾	20
台肩和圆角段长度 (E) (大约)	...	...	⅝	16	...	...	¾	20	⅝	16
台肩段直径 (F)	...	...	⅝	16	...	...	⅝	16	19/32	15

- ① 减缩段可以具有从两端向中心逐渐减小的锥度，两端在直径上不能比中心部位大 0.005in.(0.10mm)。
- ② 如果有可能，把试样 5 的夹紧段长度做得足够大，使其伸进钳口的长度等于或超过钳口长度的三分之二。
- ③ 所示端部型式适用于 0.500in. 标准圆形拉伸试样，对小尺寸试样可以使用类似型式，对高强度脆性材料，推荐使用 UNF 系列螺纹 (3/4×16、1/2×20、3/8×24 和 1/4×28)，以避免在螺纹部分断裂。

图 5 标准圆形拉伸试样的端部推荐型式

## 10. 板型试样

10.1 标准的板型试样示于图 3。这种试样用于试验公称厚度等于大于 3/16in.(5mm)的板材、结构和棒材大小型钢和扁平材料型式的金属材料。当产品标准许可时，可以使用其他型式的试样。

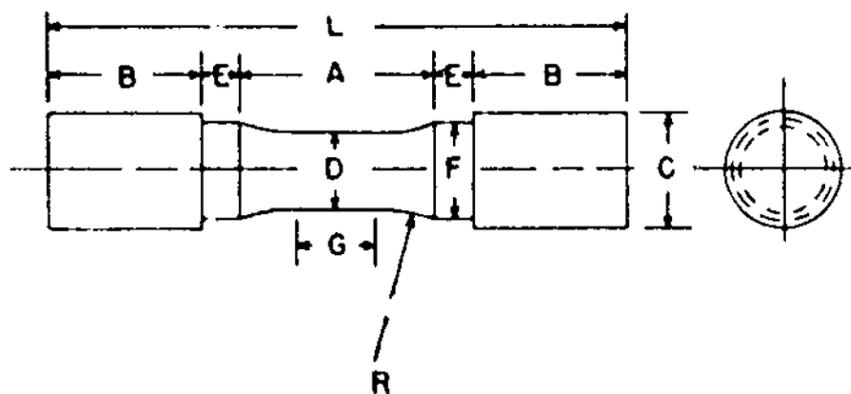
注 3：当产品标准要求时，对薄板和带型材料，可以使用图 3 中标距 8in. (200mm) 的试样。

## 11. 薄片试样

11.1 标准的薄片试样示于图 3。这种试样用于试验公称厚度从 0.005 到 1in. (0.13~25 mm) 的薄板、板材、扁线材、带材、打包带和卷尺带形式的金属材料。当产品标准许可时，可以使用其他型式的试样，见第 10 节 (参见注 3)。

## 12. 圆试样

12.1 直径 0.500in. (12.5 mm) 的标准圆试样示于图 4 中。这种试样十分普遍地用于试验铸造和锻轧的金属材料。



尺寸

	试样 1		试样 2		试样 3	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm
G—平行段长度	应等于或大于直径					
D—直径	0.500±0.010	12.5±0.25	0.750±0.015	20.0±0.40	1.25±0.025	30.0±0.60
R—圆角半径, 最小	1	25	1	25	2	50
A—减缩段长, 最小	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	32	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	38	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	60
L—总长最小	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	95	4	100	6 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	160
B—端部长度, 大约	1	25	1	25	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	45
C—端部直径, 大约	3/4	20	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	30	1 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	48
E—台肩段长度, 最小	1/4	6	1/4	6	5/16	8
F—台肩段直径	5/8±1/64	16.0±0.40	15/16±1/64	24.0±0.40	1 <sup>7</sup> / <sub>16</sub> ±1/64	36.5±0.40

注：减缩段和台肩段（尺寸 A、D、E、F、G 和 R）应如图所示，但两端部可以是任何形状以适应试验机夹头，并使负荷作用在中心线上。通常端部车成螺纹并具有上面规定尺寸 B 和 C。

图 6 铸铁的标准拉伸试样

12.2 图 4 也示出了与本标准试样成比例的小尺寸试样。当试验材料不能制备标准试样或图 3 所示试样时，可以使用这些小尺寸的圆试样。也可以使用其他尺寸的小尺寸圆试样。对任何小尺寸试样很重要的一点是测量伸长率的标距是试样直径的四倍（参见图 4 的注 4）。

12.3 在标距以外试样端部的类型应与测试产品的形状一致，并能较好地与试验机支架或夹头配合，以最小荷载偏心和滑动施加轴向载荷。图 5 给出了得到满意结果的不同端部类型的试样。

表 1 圆形试样各种直径所采用的放大系数

标准试样			与标准试样成比例的小尺寸试样					
0.500 in.圆试样			0.350 in.圆试样			0.250 in.圆试样		
实际直径, in.	面积, in. <sup>2</sup>	放大系数	实际直径, in.	面积, in. <sup>2</sup>	放大系数	实际直径, in.	面积, in. <sup>2</sup>	放大系数
0.490	0.1886	5.30	0.343	0.0924	10.82	0.245	0.0471	21.21
0.491	0.1893	5.28	0.344	0.0929	10.76	0.246	0.0475	21.04
0.492	0.1901	5.26	0.345	0.0935	10.70	0.247	0.0479	20.87
0.493	0.1909	5.24	0.346	0.0940	10.64	0.248	0.0483	20.70
0.494	0.1917	5.22	0.347	0.0946	10.57	0.249	0.0487	20.54
0.495	0.1924	5.20	0.348	0.0951	10.51	0.250	0.0491	20.37
0.496	0.1932	5.18	0.349	0.0957	10.45	0.251	0.0495	20.21
							(0.05) <sup>A</sup>	(20.0) <sup>A</sup>
0.497	0.1940	5.15	0.350	0.0962	10.39	0.252	0.0499	20.05
							(0.05) <sup>A</sup>	(20.0) <sup>A</sup>
0.498	0.1948	5.13	0.351	0.0968	10.33	0.253	0.0503	19.89
							(0.05) <sup>A</sup>	(20.0) <sup>A</sup>
0.499	0.1956	5.11	0.352	0.0973	10.28	0.254	0.0507	19.74
0.500	0.1963	5.09	0.353	0.0979	10.22	0.255	0.0511	19.58
0.501	0.1971	5.07	0.354	0.0984	10.16	...	...	...
0.502	0.1979	5.05	0.355	0.0990	10.10	...	...	...
0.503	0.1987	5.03	0.356	0.0995	10.05	...	...	...
				(0.1) <sup>A</sup>	(10.0) <sup>A</sup>	...	...	...
0.504	0.1995	5.01	0.357	0.1001	9.99	...	...	...
	(0.2) <sup>A</sup>	(5.0) <sup>A</sup>		(0.1) <sup>A</sup>	(10.0) <sup>A</sup>	...	...	...
0.505	0.2003	4.99	...	...	...	...	...	...
	(0.2) <sup>A</sup>	(5.0) <sup>A</sup>						
0.506	0.2011	4.97	...	...	...	...	...	...
	(0.2) <sup>A</sup>	(5.0) <sup>A</sup>						
0.507	0.2019	4.95	...	...	...	...	...	...
0.508	0.2027	4.93	...	...	...	...	...	...
0.509	0.2035	4.91	...	...	...	...	...	...
0.510	0.2043	4.90	...	...	...	...	...	...

<sup>A</sup> 如图 4 的注 5 中所允许的, 为便于应力计算可以使用括号的数值 (lb/in.<sup>2</sup>)。

### 13. 标距标记

**13.1** 图 3 到图 6 所示试样, 可用中心眼冲子、划线、连续标点机或划墨线方法作标距标记。其目的在于计算百分比伸长率。冲眼标记应轻而尖锐、距离准确。在打标记处的应力集中会使试样硬化易于在冲眼标记处开始破坏。断裂后测量试样伸长率用的标距标记应作在扁平拉伸试样的平面或侧面上并在平行段内; 对 8in.标距试样, 图 3, 可以用一组或几组 8in.标距标记, 标距范围内的中间标记是任选的。图 3 的 2in.标距短形试样和图 4 的圆形试样皆用双点中心冲子或划线作标距标记。可以

用一组或几组标距标记，但是必须有一组大致在减缩截面的中央。当试样是全截面试样时也应遵守这些注意事项。

## 14. 拉伸性能的测定

**14.1 屈服点**——屈服点是材料出现应变增加而应力不增加时比所能达到的最大应力小的第一个应力。屈服点只给具有应变增加而应力不增加这种特性的材料。应-应变图的特点是具有尖锐拐点或不连续性。可用下列方法之一测定屈服点：

**14.1.1 杠杆降落或指针停止法**——在这一方法中以均匀的速度对试样增加负荷。如使用杠杆和法码的试验机，可用近似不变的速率增加法码来保持杠杆平衡。当达到材料屈服点时，负荷不再增加，但如稍稍增加法码令超过平衡位置，则试验机的杠杆在一短暂的但感觉得出来的时间间隔内会降落。当使用装有负荷指示盘的试验机时，则对应杠杆降落负荷指针就有一个停止或暂停位置。记下“杠杆降落”或“指针停止”时的负荷，记录对应的应力作为屈服点。

**14.1.2 自动绘图法**——如以自动绘图记录装置取得有尖锐拐点的应力-应变图，则可取与拐点顶点对应的应力（图 7），或取曲线下降点的应力作为屈服点。

**14.1.3 负荷下的总伸长法**——如测定屈服点的材料或试样不能用 14.1.1 和 14.1.2 中所述的，“杠杆降落”，“指针停止”或自动绘图法测出具有变形明显不成比例的屈服点时，则可用以下方法测定实际上等同于屈服点的值作为屈服点并作记录：把 C 级或精度更好的伸长仪（注 4 和 5）连接到试样上。当负荷产生的伸长达规定值时（注 6），记录下对应负荷的应力，作为屈服点（图 8）。

**注 4：** 现已有能测定出规定总伸长下的负荷而不绘出应力-应变曲线的自动化装置。后者的精确度如经验证，则可以使用。亦可使用放大卡尺和其他类似装置，但是其精度经验证相当于 C 级伸长仪。

**注 5：** 应参照《E83 实用规程》。

**注 6：** 对规定屈服点不大于 80000psi (550MPa) 的钢，合适值是 0.005 in./in. 标距。对屈服点大于 80000psi 的钢，除非增加总伸长量的限度，本方法无效。

**注 7：** 有许多因素例如试样在夹紧装置中的放置、矫直由于残余应力弯曲的试样和 8.4.1 中允许的快速加载都可能影响自动绘图法测定的应力-应变（或负荷-伸长量）曲线的开始部分形状。一般，当符合弹性模量线时，曲线这部分的偏差可以忽略不计，这样使用曲线来确定残余变形或屈服负荷下的伸长。在实践中，由于许多原因，应力-应变曲线的直线部分可能不经过应力-应变图形的原点。在这些场合，它不是应力-应变图形的原点，而是应力-应变曲线的直线部分与相关应变轴的相交点，应从应力-应变曲线的直线部分与应变轴的相交点处计算所有残余变形和延伸量，而没有必要从应力-应变图形的原点进行计算。也可见试验方法 E8/E8M，注 32。

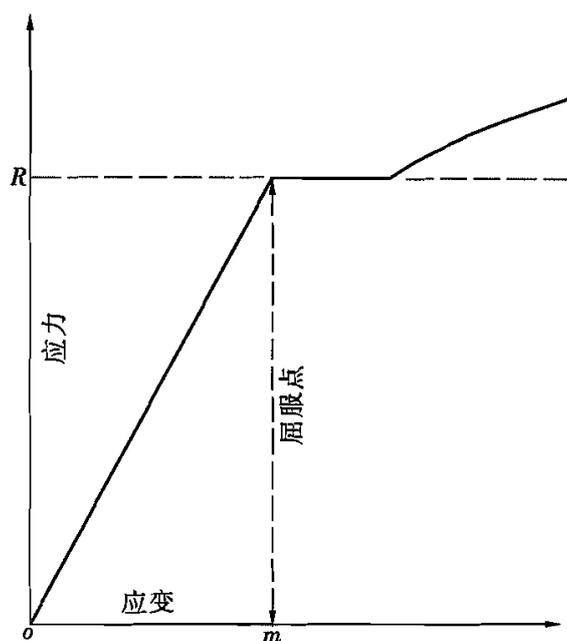


图7 对应于拐点表示屈服点的应力-应变曲线

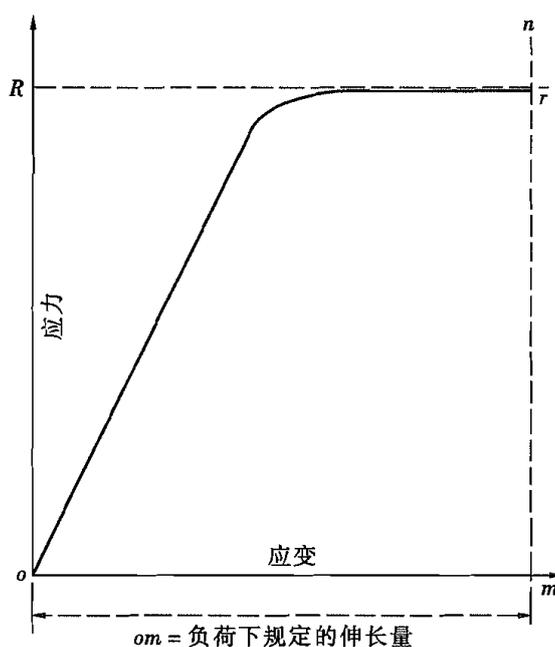


图8 用负荷下伸长法表示屈服点或屈服强度的应力-应变曲线

**14.2 屈服强度**——屈服强度是指材料偏离应力与应变比例时显示的规定极限。这种偏离以术语应变，残余变形百分率、负荷下的总伸长等来表示。用下列方法之一来测定屈服强度。

**14.2.1 残余变形法**——用“残余变形法”测定屈服强度。就需要从对具有明显弹性模量的被测试材料所画出的应力-应变图中得到数据（自动绘制的或数字表示的）。然后在应力-应变图（图9）上画出等于残余变形规定值的  $Om$ ，画  $mn$  平行于  $OA$ ，这样， $mn$  与应力-应变曲线相交，交点为  $r$  其对应

的负荷  $R$  即屈服强度负荷。在报告用这种方法得到的屈服强度值时，将“残余变形”规定值表示在屈服强度术语后面的括号内，即：

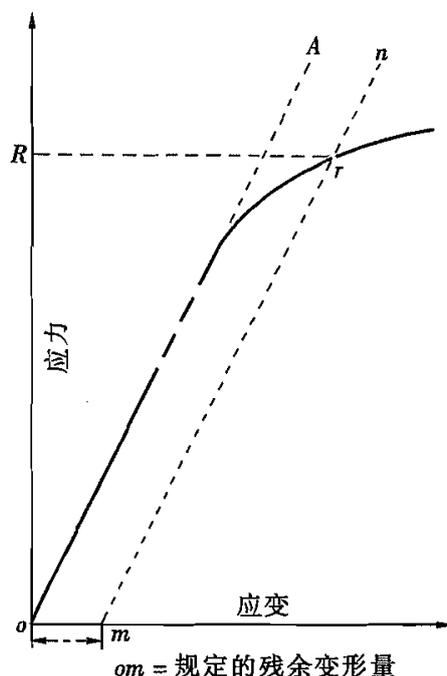


图9 用残余变形法确定屈服强度的应力-应变曲线

$$\text{屈服强度 (0.2\%残余变形)} = 52000\text{psi (360MPa)} \quad (1)$$

当残余变形为 0.2%或更大时，所用的伸长仪应是 B2 质量级，应变范围 0.05%到 1.0%的仪表装置。如果规定了较小的残余变形，则可能需要规定更精确的仪表装置（即 B1 级仪表装置）或减小应变率的下限（例如减为 0.01%）或两者。对自动化装置另见注 9。

**注 8：** 对于如某些冷加工材料那样的、没有明显弹性模量的应力-应变图，建议采用承载下伸长法。如果对无明显弹性模量的材料使用残余变形法的话，则对被测试材料适用的模量值宜取为：对碳钢为 30,000,000psi (207,000MPa)；对铁素体不锈钢为 29,000,000psi (200,000MPa)；对奥氏体不锈钢为 28,000,000psi (193,000MPa)。对于特殊的合金钢，应与生产厂商讨合适的弹性模量值。

**14.2.2 承载时伸长法**——用于确定材料是合格还是报废的试验，其应力-应变特性从类似材料所做的试验中完全知悉，其应力-应变图也已绘出，对应于出现规定残余变形（见注 9 和注 10）应力的总应变已知在满意的范围内。试样中的应力，当达到这一总应变时就是屈服强度值。在用这种方法得到的屈服强度记录值时，应将规定的或采用的，或者两者的“伸长率”数值表示在屈服强度术语后的括号内，例如：

$$\text{屈服强度 (0.5 \% EUL)} = 52000\text{psi (360MPa)} \quad (2)$$

使用 B1 级伸长仪能满意地得到总应变值（注 4，5 和 7）。

**注 9：** 现已有测定残余变形屈服强度而不绘制应力-应变曲线的自动化装置。如果自动化装置的精度经过校验则可以使用。

**注 10：** 承载时伸长的合适量值随所试特定钢材的强度范围有明显变化。一般，适用于任何强度级别钢材承载时的伸长量可以由规定屈服强度下预计的比例应变和塑性应变之和来确定。可采用下列公式：

$$\text{承载伸长量 (in./in.标距)} = (YS/E) + r \quad (3)$$

式中：YS=规定的屈服强度，psi 或 MPa；

E=弹性模数，psi 或 MPa；

R=极限塑性应变 in./in.。

14.3 拉伸强度—通过如下方式来计算拉伸强度，即将试样在某一拉伸试验期间承受的最大载荷除以试样横截面面积得出拉伸强度。如果上屈服强度为记录的最大应力，同时如果应力-应变曲线类似于试验方法 E8/E8M-15a 图 25 中的应力-应变曲线，则在不连续屈服之后的最大应力应报告为拉伸强度，除非买方另有说明。

#### 14.4 伸长率

14.4.1 把拉断的试样两端仔细地拼合在一起，测量标距标记间的距离，对标距小于等于 2 in. 的试样测量精确到 0.01 in. (0.25 mm)，对标距大于 2 in. 的试样应精确到标距的 0.5%。可以使用示值读数为 0.5% 标距的百分尺。伸长率就是以原始标距的百分数表示的标距长度的增加。在报告伸长率值时，既要写明增加的百分率，又要给出原始标距。

14.4.2 如果断裂的任一部分发生在标距中间一半以外或在减缩截面段内冲眼或划线标记的地方，那么所得伸长率值就不能代表该材料。如果所测得的伸长率符合规定的最低要求，就不需再做试验；如果伸长率低于最低要求，则该试验作废，并进行复试。

14.4.3 允许以下述方法使用伸长仪的自动化拉伸试验方法来测定伸长率。可将拉断的两端拼合在一起以下述或上述测量方法之一来测量和报告伸长率。两种方法的结果都有效。

14.4.4 断裂伸长率的定义为伴随着发生断裂拉力突然减小前测量出的伸长率。对于那些不出现拉力突然减小的韧性材料，可取拉力刚减小到在试验中遭遇的最大拉力的 10% 以下时测量出的应变。

14.4.4.1 断裂伸长率应包括弹性和塑性伸长率，可用在感兴趣的整个应变范围内有效的、用伸长仪自动绘图成自动化拉伸试验的方法来测量。对伸长率小于 5% 的材料，可使用 B2 级或更高精度的伸长仪；对伸长率大于等于 5%，但小于 50% 的材料，可使用 C 级或更高精度的伸长仪；对伸长率大于等于 50% 的材料，可使用 D 级或更高精度的伸长仪。在所有情况下，伸长仪的标距长度应为对被测试样要求的公称标距长度。由于把拉断的两端拼合在一起时精度不足，故当使用前一条的手工方

法时、断裂后的伸长率会与用伸长仪测定出的断裂伸长率不同。

**14.4.4.2** 断裂伸长率的百分数可直接从断裂伸长率的数据计算得出，并替代如 14.4.1 计算出的伸长率百分数提交报告。然而，这样的两种参数不能互换。使用断裂伸长率方法通常提供更为再现的结果。

**14.5** 断面收缩率——把拉断的试样两端拼合在一起，以测量原始尺寸的同精度，测量最小截面处的平均直径或宽度和厚度。所测得的横截面积与原始横截面积之差，以原始横截面积的百分率表示，即为该试样的断面收缩率。

## 弯曲试验

### 15. 说明

**15.1** 弯曲试验是评价材料塑性的一种方法，但不能认为它是预测弯曲操作中使用性能的定量方法。弯曲试验的严格程度主要是弯曲角度、试样弯曲内径和试样横截面大小的函数。这些条件随试样取样部位和方向、化学成分、拉伸性能、硬度、型式和指定钢材的质量而变。进行试验的方法可参考《方法 E190》和《试验方法 E290》。

**15.2** 除非另有规定，允许采用时效弯曲试样，时效所用时间-温度循环必须对先前工序的效果没有实质上的改变。试样可以在室温下放置 24~48h 完成时效，或者，在水中煮沸、在油中或炉内加热至适度高温以使用较短时间完成时效。

**15.3** 在室温下将试样对由产品标准规定的内径弯曲到规定的程度。弯曲速度通常不是重要因素。

## 硬度试验

### 16. 概述

**16.1** 硬度试验是测定材料抗压入能力的方法，偶尔用作快速取得近似抗拉强度。表 2、表 3、表 4 和表 5 是不同硬度值之间以及硬度与近似抗拉强度之间的换算值。换算值是从计算机画出的曲线得来的，精确到 0.1 点，故可精确地再现这些曲线。所有的换算硬度值都应看作是近似值，而且所有的洛氏硬度换算值都应圆整到最接近的整数。

#### 16.2 硬度试验

**16.2.1** 如果产品标准允许用替代的硬度试验方法来确定是否符合规定的硬度要求，应使用列于表 2、表 3、表 4 和表 5 的换算表。

**16.2.2** 当记录经换算的硬度值时，测量硬度和试验标尺应标在括弧内，例如：353HBW (38HRC)，这表示 38 硬度值是用洛氏 C 标尺试验所得，换算得到布氏硬度为 353。

## 17. 布氏硬度试验

### 17.1 说明

**17.1.1** 用规定负荷将规定直径的硬球压到试样平面上进行试验。以压痕的平均直径为基础计算布氏硬度值。假定压痕是球形的，所加负荷除以压痕表面积的商称为布氏硬度值（HBW），其计算公式为：

$$HBW = P / [(\pi D/2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})] \quad (4)$$

式中：HBW=布氏硬度值；

P=所加负荷，kgf；

D=钢球直径，mm；

d=压痕的平均直径，mm。

**注 11：**布氏硬度值可从表 6 的标准表中方便地得到，表中布氏硬度值对应于各种压痕直径，增量为 0.05 mm。

**注 12：**在试验方法 E10 中，以 SI 单位表示的值在本条中用 kg/m 单位。

**17.1.2** 对硬性材料用 10mm 的碳化钨球施加 3000kgf 的负荷进行标准布氏硬度试验，对薄截面或软的材料则施加 1500 或 500kgf 负荷（见附录 A2 钢管制品）。当规定时也可采用其他负荷和不同直径的压头。在记录硬度值时，除非用 10 mm 直径的球和 3000kgf 负荷，否则应写明球的直径和负荷的大小。

**17.1.3** 对淬火加回火，或正火加回火材料，可规定一适当的硬度值范围。对退火材料只规定最大硬度值。对正火材料按协议可规定最大和最小硬度。通常，未经处理的材料无硬度要求。

**17.1.4** 当不规定拉伸性能时，可以要求测布氏硬度。

**17.2 设备**——设备应满意下列要求：

**17.2.1 试验机**——布氏硬度试验机在负荷范围内其负荷测量装置的精度在±1%以内，则可以使用。

**17.2.2 测微显微镜**——测量压痕直径用测微显微镜或其他测量仪器的千分尺刻度应达到可以直接测出 0.1mm 直径和估计出 0.05 mm 直径。

**注 13：**这要求只适用于显微镜结构而不是对测量压痕的要求，见 17.4.3。

**17.2.3 标准钢球**——布氏硬度试验用标准的碳化钨球的直径是 10mm (0.3937 in.)，直径误差在任一方向不得大于 0.005 mm(0.0004in.)。当对试样施加 3000kgf 的力时，适用的球必须表明径向永久变形不大于 0.01 mm (0.0004in.)。根据以上试验方法，钢球试验将不再继续用在布氏硬度试验。

**17.3 试样**——布氏硬度试验是在预先准备好的平面上进行的，为消除脱碳的金属和其他不平整的表

面必须从表面除去足够的金属。试件的厚度必须是在试件压痕的背面没有显出因负荷影响的凸起或其他痕迹。

#### 17.4 试验规程

**17.4.1** 重要的是所用产品标准应清楚地指出测点位置 and 要求的测点数量。由试样边缘或另一压痕边到压痕中心的距离至少是压痕直径的 2 或 1.5 倍。

**17.4.2** 加荷时间为 10~15s。

**17.4.3** 根据试验方法 E10 测定直径的压痕。

**17.4.4** 硬度大于 650HB 的材料不推荐采用布氏硬度试验。

**17.4.4.1** 如果用来试验试样的钢球，其测得的布氏硬度值大于 17.4.4 中列举的球的限值，则该钢球应报废用新钢球代替、或者重新测定以保证符合 E10 试验方法的要求。

#### 17.5 布氏硬度值：

**17.5.1** 布氏硬度值不应只给出一个单独的数字，有必要给出试验的压头和载荷。布氏硬度值后应紧接 HBW，并按下述顺序补充测试的条件：

**17.5.1.1** 压头直径，mm，

**17.5.1.2** 施加的载荷值，kgf，

**17.5.1.3** 载荷的保压时间，s，如果不是 10s 到 15s。

**17.5.1.4** 上述三个要求只针对于 HBW10/3000，保压时间为 10s-15s 的试验除外。只有在该条件下，布氏硬度可简单地用 HBW 表示。

**17.5.1.5** 例子：

220HBW=直径为 10mm 压头，施加 3000kgf 载荷，保压时间 10s-15s 得到的布氏硬度值为 220；350HBW 5/1500=直径为 5mm 的压头，试验载荷为 1500kgf，保压 10s-15s 测得的布氏硬度为 350。

**17.6** 详细的步骤——对于测试的详细要求，应参照试验方法 E10 的最新修订版。

## 18. 洛氏硬度试验

### 18.1 说明

**18.1.1** 本测试方法中硬度值通过在某些任意固定条件下测定金刚石压头或碳化物钢球压入试样的深度来获得。首先施加 10kgf 的初负荷压出一个原始压痕，在材料上调整压头并保持其位置。然后根据所用刻度施加主负荷增加压痕深度。移去主负荷时初负荷仍起作用。与主负荷和初负荷压入深度差成比例的洛氏硬度值即被测定，这通常由机器来做，并在刻度盘，数字显示器、打

印机或其他装置显示出来。这是一个随硬度增加而增加的任意数。最常用的标尺如下：

标尺符号	压头	主负荷, kgf	初负荷, kgf
B	1/16 钢球	100	10
C	金钢石压头	150	10

**18.1.2** 洛用 Rockwell 表面硬度机器进行测试，确认簿钢或簿表面层。在碳化钨球（或一块硬化钢）或金钢石钻头表面施加重 15, 30, 或 45 kg 的重量，涵盖较重负载硬度值的相同范围。只允许在测试 A623 和 A623M 标准中规定的薄板材锡轧制产品时使用硬化钢球，使用钻石点铁钻的 HR15T 和 HR30T 比例。（与使用硬化钢球得到的历史数据相比，使用碳化钨球测试产品得到的结果明显不同）表面硬度比例如下所示：

标尺符号	压头	主负荷, kgf	初负荷, kgf
15T	1/16in.碳化钨或钢球	15	3
30T	1/16in.碳化钨或钢球	30	3
45T	1/16in.碳化钨球	45	3
15N	金钢石压头	15	3
30N	金钢石压头	30	3
45N	金钢石压头	45	3

**18.2** 硬度报告——报告硬度值时，硬度值常置于标尺符号的前面，例如 96HRB、40HRC、75HR15N、56HR30TS 或 77HR30T。在 18.1.2 中后缀“W”表示碳化钨球，后缀“S”表示淬硬钢球。

**18.3** 试块——试验机应以标准洛氏硬度试块进行校准，以确信它们处于良好状态。

**18.4** 规程细节——对本试验的详细信息，见最新版《试验方法 E18》。

## 19 便携式硬度试验

**19.1** 尽管本标准通常偏好使用固定位置的布氏硬度或洛氏硬度试验方法，由于零件尺寸、位置或其它逻辑上的原因，并不总是可以采用这类设备来执行硬度试验。在这种情况下，应采用试验方法 A956, A1038 和 E10 中描述的便携式设备来进行硬度试验，同时严格按照选定标准来报告试验报告（见以下的示例），可以采用标准规程 A833，尽管它可能不总是适合作为接收或拒收的一个判据，因为规程 A833 不包含精度和偏差说明。

**19.1.1** 规程 A833——测量的硬度值应按照标准方法进行报告，同时在对试棒硬度之后给出 HBC 标识，以指明按以下示例所述通过一个便携式对比硬度试验仪来测定硬度：

**19.1.1.1** 232 HBC/240，其中 232 是指采用便携式对比试验方法（HBC）获得的硬度试验硬度，而 240 是指对比试棒的布氏硬度。

**19.1.2** 试验方法 A956：

**19.1.2.1** 测量的硬度值应按照标准方法进行报告，同时在圆括号里附上一个里氏冲击设备，以指明按以下示例所述通过一个便携式硬度试验仪来测定硬度：

(1) 350 HLD，其中350是指采用HLD冲击设备按照便携式洛氏硬度试验方法获得的硬度试验结果。

**19.1.2.2** 当报告由里氏硬度值转换的硬度值时，应在圆括号内报告所用的便携式仪器，例如：

(1) 350 HB (HLD)，其中采用HLD冲击设备按照便携式里氏硬度试验方法执行了原始的硬度试验，然后转换成布氏硬度值（HB）。

**19.1.3** 试验方法A1038—测量硬度值应按照标准方法进行报告，同时在圆括号里附上UCI，以指明按以下示例所述通过一个便携式硬度试验仪来测定硬度：

**19.1.3.1** 446 HV (UCI) 10，其中446是指在10 kgf力下采用便携式HCI试验方法获得的硬度试验结果。

**19.1.4** 试验方法E110—测量硬度值应按照标准方法进行报告，同时在圆括号里附上/P，以指明按以下所述通过一个便携式硬度试验仪来测定硬度：

**19.1.4.1** 洛氏硬度示例：

(1) 40 HRC/P，其中40是指采用洛氏C便携式试验方法获得的硬度试验结果。

(2) 72 HRBW/P，其中72是指采用碳化钨球形压头按照洛氏B便携式试验方法获得的硬度试验结果。

**19.1.4.2** 布氏硬度示例：

(1) 220 HBW/P 10/3000，其中220是指采用一个直径为10mm的球，同时采用一个3000 kgf (29.42 kN) 的试验力作用10 s~ 15 s时间按照布氏便携式试验方法获得的硬度试验结果。

(2) 350 HBW/P 5/750，其中350是指采用一个直径为5mm的球，同时采用一个750 kgf (7.355 kN) 的试验力作用10 s~ 15 s时间按照布氏便携式试验方法获得的硬度试验结果。

## 夏比冲击试验

### 20 摘要说明

**20.1** 夏比 V 形缺口冲击试验是一种动态试验，试验是在专门设计的试验机上用一次冲击将开缺口的试样冲断。所测试验值可以是吸收能量、剪切缺口百分数、缺口背面的侧向膨胀量，或它们的组合。

**20.2** 在产品标准或通用要求标准中（在下文中通称标准）常常规定除室温（环境温度）外的试验温度。尽管试验温度有时与预期的使用温度有关，但两者是不相同的。

表 2 非奥氏体钢的硬度近似换算值（洛氏 C 硬度对其他硬度）<sup>A</sup>

洛氏 C 标尺, 150kgf 负荷, 金刚石压头	维氏硬度	布氏硬度, 3000kgf 负荷, 钢球直径 10mm	努氏硬度, 500kgf 负荷或大于 500 负荷	洛氏 A 标尺, 60kgf 负荷金刚石压头	洛氏表面硬度			近似抗拉强度, ksi(MPa)
					15N 标尺, 15kgf 负荷金刚石压头	30N 标尺, 30kgf 负荷金刚石压头	45N 标尺, 45kgf 负荷金刚石压头	
68	940	...	920	85.6	93.2	84.4	75.4	...
67	900	...	895	85.0	92.9	83.6	74.2	...
66	865	...	870	84.5	92.5	82.8	73.3	...
65	832	739	846	83.9	92.2	81.9	72.0	...
64	800	722	822	83.4	91.8	81.1	71.0	...
63	772	706	799	82.8	91.4	80.1	69.9	...
62	746	688	776	82.3	91.1	79.3	68.8	...
61	720	670	754	81.8	90.7	78.4	67.7	...
60	697	654	732	81.2	90.2	77.5	66.6	...
59	674	634	710	80.7	89.8	76.6	65.5	351 (2420)
58	653	615	690	80.1	89.3	75.7	64.3	338 (2330)
57	633	595	670	79.6	88.9	74.8	63.2	325 (2240)
56	613	577	650	79.0	88.3	73.9	62.0	313 (2160)
55	595	560	630	78.5	87.9	73.0	60.9	301 (2070)
54	577	543	612	78.0	87.4	72.0	59.8	292 (2010)
53	560	525	594	77.4	86.9	71.2	58.6	283 (1950)
52	544	512	576	76.8	86.4	70.2	57.4	273 (1880)
51	528	496	558	76.3	85.9	69.4	56.1	264 (1820)
50	513	482	542	75.9	85.5	68.5	55.0	255 (1760)
49	498	468	526	75.2	85.0	67.6	53.8	246 (1700)
48	484	455	510	74.7	84.5	66.7	52.5	238 (1640)
47	471	442	495	74.1	83.9	65.8	51.4	229 (1580)
46	458	432	480	73.6	83.5	64.8	50.3	221 (1520)
45	446	421	466	73.1	83.0	64.0	49.0	215 (1480)
44	434	409	452	72.5	82.5	63.1	47.8	208 (1430)
43	423	400	438	72.0	82.0	62.2	46.7	201 (1390)
42	412	390	426	71.5	81.5	61.3	45.5	194 (1340)
41	402	381	414	70.9	80.9	60.4	44.3	188 (1300)
40	392	371	402	70.4	80.4	59.5	43.1	182 (1250)
39	382	362	391	69.9	79.9	58.6	41.9	177 (1220)
38	372	353	380	69.4	79.4	57.7	40.8	171 (1180)
37	363	344	370	68.9	78.8	56.8	39.6	166 (1140)
36	354	336	360	68.4	78.3	55.9	38.4	161 (1110)
35	345	327	351	67.9	77.7	55.0	37.2	156 (1080)
34	336	319	342	67.4	77.2	54.2	36.1	152 (1050)
33	327	311	334	66.8	76.6	53.3	34.9	149 (1030)
32	318	301	326	66.3	76.1	52.1	33.7	146 (1010)
31	310	294	318	65.8	75.6	51.3	32.5	141 (970)
30	302	286	311	65.3	75.0	50.4	31.3	138 (950)
29	294	279	304	64.6	74.5	49.5	30.1	135 (930)
28	286	271	297	64.3	73.9	48.6	28.9	131 (900)
27	279	264	290	63.8	73.3	47.7	27.8	128 (880)
26	272	258	284	63.3	72.8	46.8	26.7	125 (860)
25	266	253	278	62.8	72.2	45.9	25.5	123 (850)
24	260	247	272	62.4	71.6	45.0	24.3	119 (820)
23	254	243	266	62.0	71.0	44.0	23.1	117 (810)
22	248	237	261	61.5	70.5	43.2	22.0	115 (790)
21	243	231	256	61.0	69.9	42.3	20.7	112 (770)
20	238	226	251	60.5	69.4	41.5	19.6	110 (760)

A 本表给出了钢的硬度值的近似相互关系和近似抗拉强度，从表中提供的数据得到的硬度-抗拉强度关系，对于不同成分的钢及其加工过程不同造成偏差，将是可能的。本表数据不得用于奥氏体不锈钢，但是正如已指出的，它适用于铁素体和马氏体不锈钢。若需要更精确的换算，针对每种成分的钢、热处理和零件，须专门研究。需注意，此转换表用于接收或拒收产品，其中相互间近似数值可能会影响到接收或拒收。

**表 3 非奥氏体钢的硬度近似换算值（洛氏 B 硬度对其他硬度）<sup>A</sup>**

洛氏 B 标尺,100kgf 负荷 1/16in. (1.588mm) 钢球	维氏硬度	布氏硬度,3000 kgf 负荷 钢球直径 10mm	努氏硬度,500kgf 负荷或大于 500kgf 负荷	洛氏 A 标尺, 60kgf 负荷, 金刚石压头	洛氏 F 标尺,60kgf 负荷, 1/16in. (1.588mm) 钢球	各氏表面硬度			近似抗拉强度, ksi(MPa)
						15T 标尺,15kgf 负荷,1/16in. (1.588mm) 钢球	30T 标尺,30kgf 负荷,1/16in.(1.588mm)钢球	45T 标尺,45kgf 负荷,1/16in. (1.588mm)钢球	
100	240	240	251	61.5	...	93.1	83.1	72.9	116 (800)
99	234	234	246	60.9	...	92.8	82.5	71.9	114 (785)
98	228	228	241	60.2	...	92.5	81.8	70.9	109 (750)
97	222	222	236	59.5	...	92.1	81.1	69.9	104 (715)
96	216	216	231	58.9	...	91.8	80.4	68.9	102 (705)
95	210	210	226	58.3	...	91.5	79.8	67.9	100 (690)
94	205	205	221	57.6	...	91.2	79.1	66.9	98 (675)
93	200	200	216	57.0	...	90.8	78.4	65.9	94 (650)
92	195	195	211	56.4	...	90.5	77.8	64.8	92 (635)
91	190	190	206	55.8	...	90.2	77.1	63.8	90 (620)
90	185	185	201	55.2	...	89.9	76.4	62.8	89 (615)
89	180	180	196	54.6	...	89.5	75.8	61.8	88 (605)
88	176	176	192	54.0	...	89.2	75.1	60.8	86 (590)
87	172	172	188	53.4	...	88.9	74.4	59.8	84 (580)
86	169	169	184	52.8	...	88.6	73.8	58.8	83 (570)
85	165	165	180	52.3	...	88.2	73.1	57.8	82 (565)
84	162	162	176	51.7	...	87.9	72.4	56.8	81 (560)
83	159	159	173	51.1	...	87.6	71.8	55.8	80 (550)
82	156	156	170	50.6	...	87.3	71.1	54.8	77 (530)
81	153	153	167	50.0	...	86.9	70.4	53.8	73 (505)
80	150	150	164	49.5	...	86.6	69.7	52.8	72 (495)
79	147	147	161	48.9	...	86.3	69.1	51.8	70 (485)
78	144	144	158	48.4	...	86.0	68.4	50.8	69 (475)
77	141	141	155	47.9	...	85.6	67.7	49.8	68 (470)
76	139	139	152	47.3	...	85.3	67.1	48.8	67 (460)
75	137	137	150	46.8	99.6	85.0	66.4	47.8	66 (455)
74	135	135	147	46.3	99.1	84.7	65.7	46.8	65 (450)
73	132	132	145	45.8	98.5	84.3	65.1	45.8	64 (440)
72	130	130	143	45.3	98.0	84.0	64.4	44.8	63 (435)
71	127	127	141	44.8	97.4	83.7	63.7	43.8	62 (425)
70	125	125	139	44.3	96.8	83.4	63.1	42.8	61 (420)
69	123	123	137	43.8	96.2	83.0	62.4	41.8	60 (415)
68	121	121	135	43.3	95.6	82.7	61.7	40.8	59 (405)
67	119	119	133	42.8	95.1	82.4	61.0	39.8	58 (400)
66	117	117	131	42.3	94.5	82.1	60.4	38.7	57 (395)
65	116	116	129	41.8	93.9	81.8	59.7	37.7	56 (385)
64	114	114	127	41.4	93.4	81.4	59.0	36.7	...
63	112	112	125	40.9	92.8	81.1	58.4	35.7	...
62	110	110	124	40.4	92.2	80.8	57.7	34.7	...
61	108	108	122	40.0	91.7	80.5	57.0	33.7	...
60	107	107	120	39.5	91.1	80.1	56.4	32.7	...
59	106	106	118	39.0	90.5	79.8	55.7	31.7	...
58	104	104	117	38.6	90.0	79.5	55.0	30.7	...
57	103	103	115	38.1	89.4	79.2	54.4	29.7	...
56	101	101	114	37.7	88.8	78.8	53.7	28.7	...
55	100	100	112	37.2	88.2	78.5	53.0	27.7	...
54	...	...	111	36.8	87.7	78.2	52.4	26.7	...
53	...	...	110	36.3	87.1	77.9	51.7	25.7	...
52	...	...	109	35.9	86.5	77.5	51.0	24.7	...
51	...	...	108	35.5	86.0	77.2	50.3	23.7	...
50	...	...	107	35.0	85.4	76.9	49.7	22.7	...
49	...	...	106	34.6	84.8	76.6	49.0	21.7	...
48	...	...	105	34.1	84.3	76.2	48.3	20.7	...
47	...	...	104	33.7	83.7	75.9	47.7	19.7	...
46	...	...	103	33.3	83.1	75.6	47.0	18.7	...
45	...	...	102	32.9	82.6	75.3	46.3	17.7	...
44	...	...	101	32.4	82.0	74.9	45.7	16.7	...
43	...	...	100	32.0	81.4	74.6	45.0	15.7	...
42	...	...	99	31.6	80.8	74.3	44.3	14.7	...
41	...	...	98	31.2	80.3	74.0	43.7	13.6	...
40	...	...	97	30.7	79.7	73.6	43.0	12.6	...
39	...	...	96	30.3	79.1	73.3	42.3	11.6	...

38	...	...	95	29.9	78.6	73.0	41.6	10.6	...
37	...	...	94	29.5	78.0	72.7	41.0	9.6	...
36	...	...	93	29.1	77.4	72.3	40.3	8.6	...
35	...	...	92	28.7	76.9	72.0	39.6	7.6	...
34	...	...	91	28.2	76.3	71.7	39.0	6.6	...
33	...	...	90	27.8	75.7	71.4	38.3	5.6	...

表 3(续)

洛氏 B 标尺, 100kgf 负荷, 1/16in. (1.588mm) 钢球	维氏硬度	布氏硬度, 3000 kgf 负荷, 钢球直径 10mm	努氏硬度, 500kgf 负荷或大于 500kgf 负荷	洛氏 A 标尺, 60kgf 负荷, 金刚石压头	洛氏 F 标尺, 60kgf 负荷, 1/16in. (1.588mm) 钢球	各氏表面硬度			近似抗拉强度, ksi(MPa)
						15T 标尺, 15kgf 负荷, 1/16in. (1.588mm) 钢球	30T 标尺, 30kgf 负荷, 1/16in. (1.588mm) 钢球	45T 标尺, 45kgf 负荷, 1/16in. (1.588mm) 钢球	
32	...	...	89	27.4	75.2	71.0	37.6	4.6	...
31	...	...	88	27.0	74.6	70.7	37.0	3.6	...
30	...	...	87	26.0	74.0	70.4	36.3	2.6	...

<sup>A</sup> 本表给出了钢的硬度值的近似相互关系和近似抗拉强度, 从表中提供的数据得到的硬度-抗拉强度关系, 对于不同成分的钢及其加工过程不同造成偏差, 将是可能的。本表数据不得用于奥氏体不锈钢, 但是, 正如已指出的, 它适用于铁素体和马氏体不锈钢。若需要更精确的换算, 针对每种成分的钢。热处理和零件, 须专门研究。

表 4 奥氏体钢的硬度近似换算值 (洛氏硬度 C 对其他硬度)

洛氏 C 标尺, 150kgf 负荷, 金刚石压头	洛氏 A 标尺, 60kgf 负荷, 金刚石压头	洛氏表面硬度		
		15N 标尺, 15kgf 负荷, 金刚石压头	30N 标尺, 30kgf 负荷, 金刚石压头	45N 标尺, 45kgf 负荷, 金刚石压头
48	74.4	84.1	66.2	52.1
47	73.9	83.6	65.3	50.9
46	73.4	83.1	64.5	49.8
45	72.9	82.6	63.6	48.7
44	72.4	82.1	62.7	47.5
43	71.9	81.6	61.8	46.4
42	71.4	81.0	61.0	45.2
41	70.9	80.5	60.1	44.1
40	70.4	80.0	59.2	43.0
39	69.9	79.5	58.4	41.8
38	69.3	79.0	57.5	40.7
37	68.8	78.5	56.6	39.6
36	68.3	78.0	55.7	38.4
35	67.8	77.5	54.9	37.3
34	67.3	77.0	54.0	36.1
33	66.8	76.5	53.1	35.0
32	66.3	75.9	52.3	33.9
31	65.8	75.4	51.4	32.7
30	65.3	74.9	50.5	31.6
29	64.8	74.4	49.6	30.4
28	64.3	73.9	48.8	29.3
27	63.8	73.4	47.9	28.2
26	63.3	72.9	47.0	27.0
25	62.8	72.4	46.2	25.9
24	62.3	71.9	45.3	24.8
23	61.8	71.3	44.4	23.6
22	61.3	70.8	43.5	22.5
21	60.8	70.3	42.7	21.3
20	60.3	69.8	41.8	20.2

表 5 奥氏体钢的硬度近似换算值（洛氏硬度 B 对其他硬度）

洛氏 B 标尺, 100kgf 负荷, 1/16in. (1.588mm) 钢球	布氏压痕 直径,mm	布氏硬度 300kgf 负荷,钢球 直径 10mm	洛氏 A 标尺 60kgf 负荷 金刚石压头	洛氏硬度表面		
				15T 标尺 15kgf,负荷 1/16in. (1.588mm) 钢球	30T 标尺 30kgf,负荷 1/16in. (1.588mm) 钢球	45T 标尺 45kgf,负荷 1/16in.(1.588mm) 钢球
100	3.79	256	61.5	91.5	80.4	70.2
99	3.85	248	60.9	91.2	79.7	69.2
98	3.91	240	60.3	90.8	79.0	68.2
97	3.96	233	59.7	90.4	78.3	67.2
96	4.02	226	59.1	90.1	77.7	66.1
95	4.08	219	58.5	89.7	77.0	65.1
94	4.14	213	58.0	89.3	76.3	64.1
93	4.20	207	57.4	88.9	75.6	63.1
92	4.24	202	56.8	88.6	74.9	62.1
91	4.30	197	56.2	88.2	74.2	61.1
90	4.35	192	55.6	87.8	73.5	60.1
89	4.40	187	55.0	87.5	72.8	59.0
88	4.45	183	54.5	87.1	72.1	58.0
87	4.51	178	53.9	86.7	71.4	57.0
86	4.55	174	53.3	86.4	70.7	56.0
85	4.60	170	52.7	86.0	70.0	55.0
84	4.65	167	52.1	85.6	69.3	54.0
83	4.70	163	51.5	85.2	68.6	52.9
82	4.74	160	50.9	84.9	67.9	51.9
81	4.79	156	50.4	84.5	67.2	50.9
80	4.84	153	49.8	84.1	66.5	49.9

表 6 布氏硬度值<sup>A</sup> (钢球直径 10mm, 施加负荷 500, 1500 和 3000kgf)

压痕直径, mm	布氏硬度值														
	500-kgf 负荷	1500-kgf 负荷	3000-kgf 负荷		500-kgf 负荷	1500-kgf 负荷	3000-kgf 负荷		500-kgf 负荷	1500-kgf 负荷	3000-kgf 负荷		500-kgf 负荷	1500-kgf 负荷	3000-kgf 负荷
2.00	158	473	945	3.25	58.6	176	352	4.50	29.8	89.3	179	5.75	17.5	52.5	105
2.01	156	468	936	3.26	58.3	175	350	4.51	29.6	88.8	178	5.76	17.4	52.3	105
2.02	154	463	926	3.27	57.9	174	347	4.52	29.5	88.4	177	5.77	17.4	52.1	104
2.03	153	459	917	3.28	57.5	173	345	4.53	29.3	88.0	176	5.78	17.3	51.9	104
2.04	151	454	908	3.29	57.2	172	343	4.54	29.2	87.6	175	5.79	17.2	51.7	103
2.05	150	450	899	3.30	56.8	170	341	4.55	29.1	87.2	174	5.80	17.2	51.5	103
2.06	148	445	890	3.31	56.5	169	339	4.56	28.9	86.8	174	5.81	17.1	51.3	103
2.07	147	441	882	3.32	56.1	168	337	4.57	28.8	86.4	173	5.82	17.0	51.1	102
2.08	146	437	873	3.33	55.8	167	335	4.58	28.7	86.0	172	5.83	17.0	50.9	102
2.09	144	432	865	3.34	55.4	166	333	4.59	28.5	85.6	171	5.84	16.9	50.7	101
2.10	143	428	856	3.35	55.1	165	331	4.60	28.4	85.4	170	5.85	16.8	50.5	101
2.11	141	424	848	3.36	54.8	164	329	4.61	28.3	84.8	170	5.86	16.8	50.3	101
2.12	140	420	840	3.37	54.4	163	326	4.62	28.1	84.4	169	5.87	16.7	50.2	100
2.13	139	416	832	3.38	54.1	162	325	4.63	28.0	84.0	168	5.88	16.7	50.0	99.9
2.14	137	412	824	3.39	53.8	161	323	4.64	27.9	83.6	167	5.89	16.6	49.8	99.5
2.15	136	408	817	3.40	53.4	160	321	4.65	27.8	83.3	167	5.90	16.5	49.6	99.2
2.16	135	404	809	3.41	53.1	159	319	4.66	27.6	82.9	166	5.91	16.5	49.4	98.8
2.17	134	401	802	3.42	52.8	158	317	4.67	27.5	82.5	165	5.92	16.4	49.2	98.4
2.18	132	397	794	3.43	52.5	157	315	4.68	27.4	82.1	164	5.93	16.3	49.0	98.0
2.19	131	393	787	3.44	52.2	156	313	4.69	27.3	81.8	164	5.94	16.3	48.8	97.7
2.20	130	390	780	3.45	51.8	156	311	4.70	27.1	81.4	163	5.95	16.2	48.7	97.3
2.21	129	386	772	3.46	51.5	155	309	4.71	27.0	81.0	162	5.96	16.2	48.5	96.9
2.22	128	383	765	3.47	51.2	154	307	4.72	26.9	80.7	161	5.97	16.1	48.3	96.6
2.23	126	379	758	3.48	50.9	153	306	4.73	26.8	80.3	161	5.98	16.0	48.1	96.2
2.24	125	376	752	3.49	50.6	152	304	4.74	26.6	79.9	160	5.99	16.0	47.9	95.9
2.25	124	372	745	3.50	50.3	151	302	4.75	26.5	79.6	159	6.00	15.9	47.7	95.5
2.26	123	369	738	3.51	50.0	150	300	4.76	26.4	79.2	158	6.01	15.9	47.6	95.1
2.27	122	366	732	3.52	49.7	149	298	4.77	26.3	78.9	158	6.02	15.8	47.4	94.8
2.28	121	363	725	3.53	49.4	148	297	4.78	26.2	78.5	157	6.03	15.7	47.2	94.4
2.29	120	359	719	3.54	49.2	147	295	4.79	26.1	78.2	156	6.04	15.7	47.0	94.1
2.30	119	356	712	3.55	48.9	147	293	4.80	25.9	77.8	156	6.05	15.6	46.8	93.7
2.31	118	353	706	3.56	48.6	146	292	4.81	25.8	77.5	155	6.06	15.6	46.7	93.4
2.32	117	350	700	3.57	48.3	145	290	4.82	25.7	77.1	154	6.07	15.5	46.5	93.0
2.33	116	347	694	3.58	48.0	144	288	4.83	25.6	76.8	154	6.08	15.4	46.3	92.7
2.34	115	344	688	3.59	47.7	143	286	4.84	25.5	76.4	153	6.09	15.4	46.2	92.3
2.35	114	341	682	3.60	47.5	142	285	4.85	25.4	76.1	152	6.10	15.3	46.0	92.0
2.36	113	338	676	3.61	47.2	142	283	4.86	25.3	75.8	152	6.11	15.3	45.8	91.7
2.37	112	335	670	3.62	46.9	141	282	4.87	25.1	75.4	151	6.12	15.2	45.7	91.3
2.38	111	332	665	3.63	46.7	140	280	4.88	25.0	75.1	150	6.13	15.2	45.5	91.0
2.39	110	330	659	3.64	46.4	139	278	4.89	24.9	74.8	150	6.14	15.1	45.3	90.6
2.40	109	327	653	3.65	46.1	138	277	4.90	24.8	74.4	149	6.15	15.1	45.2	90.3
2.41	108	324	648	3.66	45.9	138	275	4.91	24.7	74.1	148	6.16	15.0	45.0	90.0
2.42	107	322	643	3.67	45.6	137	274	4.92	24.6	73.8	148	6.17	14.9	44.8	89.6
2.43	106	319	637	3.68	45.4	136	272	4.93	24.5	73.5	147	6.18	14.9	44.7	89.3
2.44	105	316	632	3.69	45.1	135	271	4.94	24.4	73.2	146	6.19	14.8	44.5	89.0
2.45	104	313	627	3.70	44.9	135	269	4.95	24.3	72.8	146	6.20	14.7	44.3	88.7
2.46	104	311	621	3.71	44.6	134	268	4.96	24.2	72.5	145	6.21	14.7	44.2	88.3
2.47	103	308	616	3.72	44.4	133	266	4.97	24.1	72.2	144	6.22	14.7	44.0	88.0
2.48	102	306	611	3.73	44.1	132	265	4.98	24.0	71.9	144	6.23	14.6	43.8	87.7
2.49	101	303	606	3.74	43.9	132	263	4.99	23.9	71.6	143	6.24	14.6	43.7	87.4
2.50	100	301	601	3.75	43.6	131	262	5.00	23.8	71.3	143	6.25	14.5	43.5	87.1
2.51	99.4	298	597	3.76	43.4	130	260	5.01	23.7	71.0	142	6.26	14.5	43.4	86.7
2.52	98.6	296	592	3.77	43.1	129	259	5.02	23.6	70.7	141	6.27	14.4	43.2	86.4
2.53	97.8	294	587	3.78	42.9	129	257	5.03	23.5	70.4	141	6.28	14.4	43.1	86.1
2.54	97.1	291	582	3.79	42.7	128	256	5.04	23.4	70.1	140	6.29	14.3	42.9	85.8
2.55	96.3	289	578	3.80	42.4	127	255	5.05	23.3	69.8	140	6.30	14.2	42.7	85.5
2.56	95.5	287	573	3.81	42.2	127	253	5.06	23.2	69.5	139	6.31	14.2	42.6	85.2
2.57	94.8	284	569	3.82	42.0	126	252	5.07	23.1	69.2	138	6.32	14.1	42.4	84.9
2.58	94.0	282	564	3.83	41.7	125	250	5.08	23.0	68.9	138	6.33	14.1	42.3	84.6
2.59	93.3	280	560	3.84	41.5	125	249	5.09	22.9	68.6	137	6.34	14.0	42.1	84.3
2.60	92.6	278	555	3.85	41.3	124	248	5.10	22.8	68.3	137	6.35	14.0	42.0	84.0
2.61	91.8	276	551	3.86	41.1	123	246	5.11	22.7	68.0	136	6.36	13.9	41.8	83.7
2.62	91.1	273	547	3.87	40.9	123	245	5.12	22.6	67.7	135	6.37	13.9	41.7	83.4
2.63	90.4	271	543	3.88	40.6	122	244	5.13	22.5	67.4	135	6.38	13.8	41.5	83.1

2.64	89.7	269	538	3.89	40.4	121	242	5.14	22.4	67.1	134	6.39	13.8	41.4	82.8
2.65	89.0	267	534	3.90	40.2	121	241	5.15	22.3	66.9	134	6.40	13.7	41.2	82.5
2.66	88.4	265	530	3.91	40.0	120	240	5.16	22.2	66.6	133	6.41	13.7	41.1	82.2
2.67	87.7	263	526	3.92	39.8	119	239	5.17	22.1	66.3	133	6.42	13.6	40.9	81.9
2.68	87.0	261	522	3.93	39.6	119	237	5.18	22.0	66.0	132	6.43	13.6	40.8	81.6

表 6 (续)

压痕直径, mm	布氏硬度值														
	500-kgf 负荷	1500-kgf 负荷	3000-kgf 负荷		500-kgf 负荷	1500-kgf 负荷	3000-kgf 负荷		500-kgf 负荷	1500-kgf 负荷	3000-kgf 负荷		500-kgf 负荷	1500-kgf 负荷	3000-kgf 负荷
2.69	86.4	259	518	3.94	39.4	118	236	5.19	21.9	65.8	132	6.44	13.5	40.6	81.3
2.70	85.7	257	514	3.95	39.1	117	235	5.20	21.8	65.5	131	6.45	13.5	40.5	81.0
2.71	85.1	255	510	3.96	38.9	117	234	5.21	21.7	65.2	130	6.46	13.4	40.4	80.7
2.72	84.4	253	507	3.97	38.7	116	232	5.22	21.6	64.9	130	6.47	13.4	40.2	80.4
2.73	83.8	251	503	3.98	38.5	116	231	5.23	21.6	64.7	129	6.48	13.4	40.1	80.1
2.74	83.2	250	499	3.99	38.3	115	230	5.24	21.5	64.4	129	6.49	13.3	39.9	79.8
2.75	82.6	248	495	4.00	38.1	114	229	5.25	21.4	64.1	128	6.50	13.3	39.8	79.6
2.76	81.9	246	492	4.01	37.9	114	228	5.26	21.3	63.9	128	6.51	13.2	39.6	79.3
2.77	81.3	244	488	4.02	37.7	113	226	5.27	21.2	63.6	127	6.52	13.2	39.5	79.0
2.78	80.8	242	485	4.03	37.5	113	225	5.28	21.1	63.3	127	6.53	13.1	39.4	78.7
2.79	80.2	240	481	4.04	37.3	112	224	5.29	21.0	63.1	126	6.54	13.1	39.2	78.4
2.80	79.6	239	477	4.05	37.1	111	223	5.30	20.9	62.8	126	6.55	13.0	39.1	78.2
2.81	79.0	237	474	4.06	37.0	111	222	5.31	20.9	62.6	125	6.56	13.0	38.9	78.0
2.82	78.4	235	471	4.07	36.8	110	221	5.32	20.8	62.3	125	6.57	12.9	38.8	77.6
2.83	77.9	234	467	4.08	36.6	110	219	5.33	20.7	62.1	124	6.58	12.9	38.7	77.3
2.84	77.3	232	464	4.09	36.4	109	218	5.34	20.6	61.8	124	6.59	12.8	38.5	77.1
2.85	76.8	230	461	4.10	36.2	109	217	5.35	20.5	61.5	123	6.60	12.8	38.4	76.8
2.86	76.2	229	457	4.11	36.0	108	216	5.36	20.4	61.3	123	6.61	12.8	38.3	76.5
2.87	75.7	227	454	4.12	35.8	108	215	5.37	20.3	61.0	122	6.62	12.7	38.1	76.2
2.88	75.1	225	451	4.13	35.7	107	214	5.38	20.3	60.8	122	6.63	12.7	38.0	76.0
2.89	74.6	224	448	4.14	35.5	106	213	5.39	20.2	60.6	121	6.64	12.6	37.9	75.7
2.90	74.1	222	444	4.15	35.3	106	212	5.40	20.1	60.3	121	6.65	12.6	37.7	75.4
2.91	73.6	221	441	4.16	35.1	105	211	5.41	20.0	60.1	120	6.66	12.5	37.6	75.2
2.92	73.0	219	438	4.17	34.9	105	210	5.42	19.9	59.8	120	6.67	12.5	37.5	74.9
2.93	72.5	218	435	4.18	34.8	104	209	5.43	19.9	59.6	119	6.68	12.4	37.3	74.7
2.94	72.0	216	432	4.19	34.6	104	208	5.44	19.8	59.3	119	6.69	12.4	37.2	74.4
2.95	71.5	215	429	4.20	34.4	103	207	5.45	19.7	59.1	118	6.70	12.4	37.1	74.1
2.96	71.0	213	426	4.21	34.2	103	205	5.46	19.6	58.9	118	6.71	12.3	36.9	73.9
2.97	70.5	212	423	4.22	34.1	102	204	5.47	19.5	58.6	117	6.72	12.3	36.8	73.6
2.98	70.1	210	420	4.23	33.9	102	203	5.48	19.5	58.4	117	6.73	12.2	36.7	73.4
2.99	69.6	209	417	4.24	33.7	101	202	5.49	19.4	58.2	116	6.74	12.2	36.6	73.1
3.00	69.1	207	415	4.25	33.6	101	201	5.50	19.3	57.9	116	6.75	12.1	36.4	72.8
3.01	68.6	206	412	4.26	33.4	100	200	5.51	19.2	57.7	115	6.76	12.1	36.3	72.6
3.02	68.2	205	409	4.27	33.2	99.7	199	5.52	19.2	57.5	115	6.77	12.1	36.2	72.3
3.03	67.7	203	406	4.28	33.1	99.2	198	5.53	19.1	57.2	114	6.78	12.0	36.0	72.1
3.04	67.3	202	404	4.29	32.9	98.8	198	5.54	19.0	57.0	114	6.79	12.0	35.9	71.8
3.05	66.8	200	401	4.30	32.8	98.3	197	5.55	18.9	56.8	114	6.80	11.9	35.8	71.6
3.06	66.4	199	398	4.31	32.6	97.8	196	5.56	18.9	56.6	113	6.81	11.9	35.7	71.3
3.07	65.9	198	395	4.32	32.4	97.3	195	5.57	18.8	56.3	113	6.82	11.8	35.5	71.1
3.08	65.5	196	393	4.33	32.3	96.8	194	5.58	18.7	56.1	112	6.83	11.8	35.4	70.8
3.09	65.0	195	390	4.34	32.1	96.4	193	5.59	18.6	55.9	112	6.84	11.8	35.3	70.6
3.10	64.6	194	388	4.35	32.0	95.9	192	5.60	18.6	55.7	111	6.85	11.7	35.2	70.4
3.11	64.2	193	385	4.36	31.8	95.5	191	5.61	18.5	55.5	111	6.86	11.7	35.1	70.1
3.12	63.8	191	383	4.37	31.7	95.0	190	5.62	18.4	55.2	110	6.87	11.6	34.9	69.9
3.13	63.3	190	380	4.38	31.5	94.5	189	5.63	18.3	55.0	110	6.88	11.6	34.8	69.6
3.14	62.9	189	378	4.39	31.4	94.1	188	5.64	18.3	54.8	110	6.89	11.6	34.7	69.4
3.15	62.5	188	375	4.40	31.2	93.6	187	5.65	18.2	54.6	109	6.90	11.5	34.6	69.2
3.16	62.1	186	373	4.41	31.1	93.2	186	5.66	18.1	54.4	109	6.91	11.5	34.5	68.9
3.17	61.7	185	370	4.42	30.9	92.7	185	5.67	18.1	54.2	108	6.92	11.4	34.3	68.7
3.18	61.3	184	368	4.43	30.8	92.3	185	5.68	18.0	54.0	108	6.93	11.4	34.2	68.4
3.19	60.9	183	366	4.44	30.6	91.8	184	5.69	17.9	53.7	107	6.94	11.4	34.1	68.2
3.20	60.5	182	363	4.45	30.5	91.4	183	5.70	17.8	53.5	107	6.95	11.3	34.0	68.0
3.21	60.1	180	361	4.46	30.3	91.0	182	5.71	17.8	53.3	107	6.96	11.3	33.9	67.7

3.22	59.8	179	359	4.47	30.2	90.5	181	5.72	17.7	53.1	106	6.97	11.3	33.8	67.5
3.23	59.4	178	356	4.48	30.0	90.1	180	5.73	17.6	52.9	106	6.98	11.2	33.6	67.3
3.24	59.0	177	354	4.49	29.9	89.7	179	5.74	17.6	52.7	105	6.99	11.2	33.5	67.0

<sup>A</sup> 由标准技术学会机械工程部制定。

## 21. 重要性和用途

**21.1 塑性行为与脆性行为**——体心立方或铁素体合金在某一温度范围内作冲击试验时存在明显的行为转变。在高于转变温度时，冲击试样为塑性机制（一般为晶内延性断裂）断裂吸收比较大的能量。在低于转变温度时，冲击试样以吸收能量较少的脆断（一般为劈裂）方式断裂。在转变温度范围内，断裂通常是一种塑性断裂和脆性断裂的混合断面。

**21.2** 从一种行为到另一种行为转变的温度范围根据所试材料是变化的。这种行为转变可以用各种方式确定，供制定标准用。

**21.2.1** 标准可以要求在规定试验温度下，对吸收能量、断口形貌、侧向膨胀量或它们的组合的最低试验结果。

**21.2.2** 标准可以要求在某一温度范围内进行试验时，确定吸收能量或断口形貌达到一规定值的转变温度。代替规范可要求断裂形貌的过渡温度（FATT<sub>n</sub>）为得到最小剪断裂最小百分比（n）的温度。

**21.3** 冲击试验重要性的更详细资料见附录 A5。

## 22. 设备

### 22.1 试验机

**22.1.1** 夏比冲击试验机是一种用自由摆动摆锤的一次冲击打断开缺口试样的设备。摆锤从固定高度落下。因此在摆锤摆动前要将它提升到这高度，且摆锤的质量是已知的，故冲击能量是预先确定好的。提供一种方法指示出试样断裂时所吸收的能量。

**22.1.2** 机器的另一重要特点是为一准确位置象简支梁那样支撑试样所设计的固定装置（见图 10）。固定装置安排成使试样的缺口面呈垂直位置。摆锤打击正对缺口的另一垂直面。试样支撑座和打击刃口的尺寸应符合图 10。

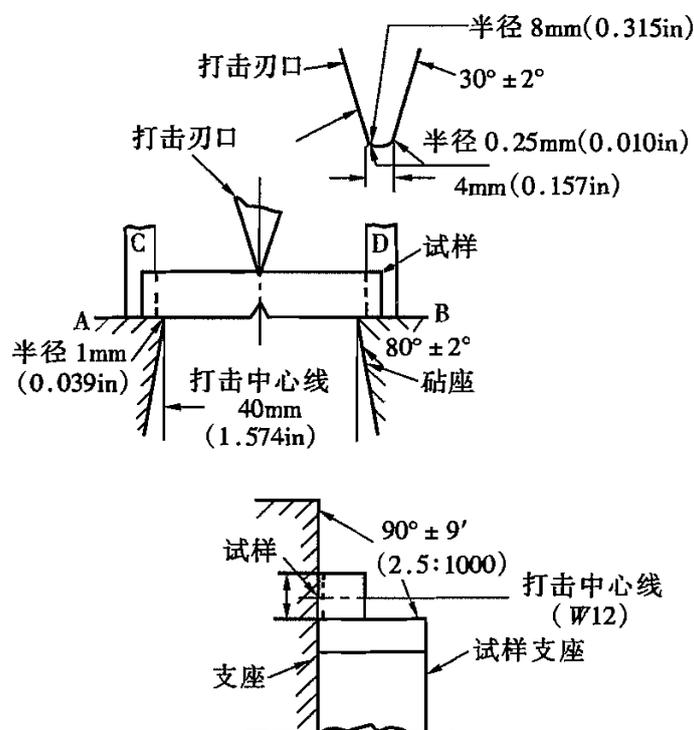
**22.1.3** 用于试验钢材的夏比冲击试验机一般有 220~300ft·lbf（300~400J）能量范围的能力。有时也用能量较小的试验机；但是，试验机的能量实质上应超过试样的吸收能量（见《试验方法 E23》）。打击点摆锤的线速度应在 16~19 ft/s（4.9~5.8 m/s）范围内。

**注14：**有效的摆锤曲率半径。<sup>6</sup>

<sup>6</sup> 支持数据已提交 ASTM 国际总部，并可以通过要求研究报告 RR: A01-1001。

## 22.2 温度介质:

22.2.1 在室温以外温度下试验时, 夏比冲击试样必须在调控温度的介质中调整温度。



全部尺寸公差为 $\pm 0.05$  mm (0.002 in.), 除非另有规定。

注:

- (1) A 与 B 的平行度应在 2:1000 以内并与 B 共面在 0.05mm (0.002 in.) 以内。
- (2) C 与 D 的平行度应在 2:1000 以内并与 D 共面在 0.125 mm (0.005in.) 以内。
- (3) 未标记部分的表面粗糙度应为  $4\mu\text{m}$  ( $125\mu\text{in.}$ )。
- (4) 摆锤半径公差应为  $-0.05$  mm (.002 in.)/ $+0.50$  mm (0.020 in.)。

图 10 夏比(简支梁)冲击试验

22.2.2 低温介质一般用冷冻液体(如水, 冰加水, 干冰加有机溶剂或液氮)或冷冻气体。

22.2.3 高温介质一般用加热的液体如矿物油或硅油。也可用循环热风炉。

22.3 搬运工具——夹钳, 特别适用于与冲击试样上的缺口相配合, 通常用来从介质中取试样和将试样放在砧座上(参见《试验方法 E23》)。在试验机的固定装置不提供试样自动对中的情况下, 夹钳可机加工到能对中的精度。

## 23. 取样和试样数量

### 23.1 取样

23.1.1 试验部位和方向应由材料标准提出。如果没有, 对轧锻产品, 试验部位与拉伸试验相同, 且方向为纵向, 缺口垂直于所试产品的主表面。

### 23.1.2 试样数量

23.1.2.1 一次夏比冲击试验所用的所有试样应从单个试块或试验位置处抽取。

23.1.2.2 当材料标准要求最低平均试验结果时，应试验三个试样。

23.1.2.3 当材料标准要求确定转变温度时，通常需要试验 8 到 12 个试样。

### 23.2 型式和尺寸

23.2.1 除 23.2.2 中允许的外，采用图 11 所示标准尺寸的夏比 V 形缺口试样。

#### 23.2.2 小尺寸试样

23.2.2.1 对厚度小于 7/16in. (11 mm) 的平直材料，或当吸取能量预计超过满刻度的 80% 时，用标准小尺寸试样。

23.2.2.2 对在横向作试验的管状材料，当直径与壁厚之比不允许用标准全尺寸的试样时，用标准小尺寸试样，或者是如下的含外圆（即外径）弧面的标准尺寸试样：

（1）标准尺寸试样或小尺寸试样可以带有如图 12 中所示的管状制品的原始外表面；而所有其他的尺寸应符合图 11 的要求。

**注 15：**对于韧性指标值超过约 50ft·lbs 的材料，含有原始外圆表面的试样可能会得出超出用常规夏比冲击试样的结果值。

23.2.2.3 如果不能制备全尺寸的试样，应制备最大能制得的标准小尺寸试样。试样应加工到试样不包括靠近到表面 0.020in. (0.5 mm) 以内的材料。

23.2.2.4 标准小尺寸试样的偏差示于图 11。标准小尺寸试样的尺寸为：10mm×7.5 mm, 10mm×6.7mm, 10mm×5mm, 10mm×3.3mm 和 10mm×2.5mm。

23.2.2.5 标准小尺寸试样开缺口的试样窄面应使缺口垂直于 10mm 的宽面。

23.3 缺口制备——缺口的加工过程（例如，磨削，钻孔或打磨）很关键，任何刻槽半径和外形上的微小变化或缺口底部的刀痕都可能导致测试数据的变化《参见试验方法 E23》。特别对于具有低吸收功的材料而言（见附录 A5）。

## 24. 校准

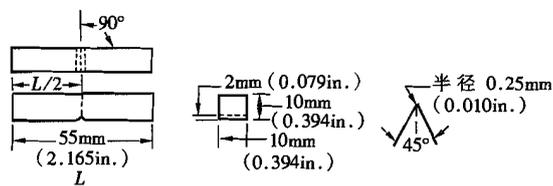
24.1 精确度和灵敏度——按照《试验方法 E23》的要求校准和调整夏比冲击试验机。

## 25. 调温——温度控制

25.1 当材料标准或采购方要求特定的试验温度时，控制加热或冷却介质的温度偏差在±2°F (1°C) 之内。

注 16: 对一些钢可能不需这样严格的温度, 例如, 奥氏体钢。

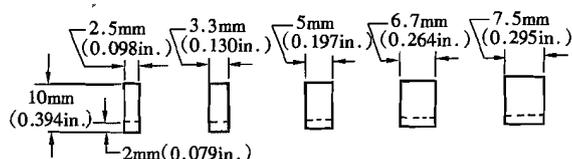
注 17: 因为试验室的温度常常在 60~90°F (15~32°C) 内变化, 因此在“室温”下进行试验可以是在这温度范围内的任何温度下进行。



(a) 标准全尺寸试样

注: (a) 允许偏差如下:

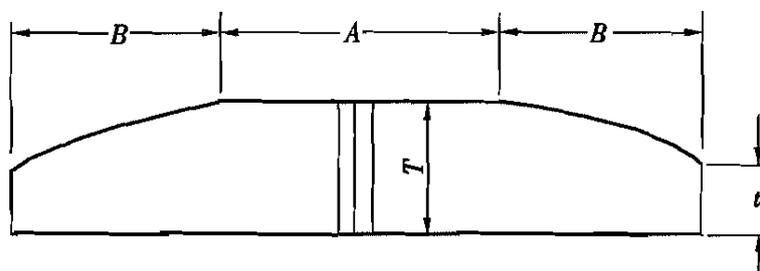
缺口长对边缘	$90^\circ \pm 2^\circ$
相邻侧面应成	$90^\circ \pm 10'$
横截面尺寸	$\pm 0.075\text{mm}$ (0.003in.)
试样长度 $L$	$+0, -2.5\text{mm}$ (0.100in.)
缺口中心线 $L/2$	$\pm 1\text{mm}$ ( $\pm 0.039\text{in.}$ )
缺口角度	$\pm 1^\circ$
缺口半径	$\pm 0.025\mu\text{m}$ ( $\pm 0.001\text{in.}$ )
缺口深度	$\pm 0.025\mu\text{m}$ ( $\pm 0.001\text{in.}$ )
粗糙度	在缺口表面和背面 $2\mu\text{m}$ ( $63\mu\text{in.}$ )。在其他两个表面 $4\mu\text{m}$ ( $125\mu\text{in.}$ )



(b) 标准小尺寸试样

(b) 对小尺寸试样, 除上面所示宽度改变外公差是 1%, 标准试样的所有尺寸和公差保持不变。

图 11 含有原始外表面的管状冲击试样



尺寸	说明	要求
A	机加工的表面	28mm.最小
B	原始外表面	13.5mm.最大
T	试样厚度	图 11
t	端头厚度	$1/2 T$ .最小

图 12 含有原始外表面的管状冲击试样

## 26. 方法

### 26.1 温度

26.1.1 将试样保持在试验温度的介质中，液体介质至少 5min，气体介质至少 30min 来调整将要冲断试样的温度。

26.1.2 每次试验前，将拿试样的夹钳保持在与试样相同温度下，为的是不影响缺口处的温度。

### 26.2 就位和打击试样

26.2.1 小心对中砧座上的试样和放下摆锤打击试样。

26.2.2 如果试样从调温介质中取出后摆锤在 5s 内没有放下，不要打击试样。将试样放回到调温介质中保持 26.1.1 中所要求的时间。

26.3 复原试样——如若必须测定断口形貌和侧向膨胀量时，在冲击下一个试样之前，将每个断裂试样的两半截配对复原。

### 26.4 单个试验值

26.4.1 冲击能量——记录冲击吸收能量精确到 ft·lbf(J)。

#### 26.4.2 断口形貌

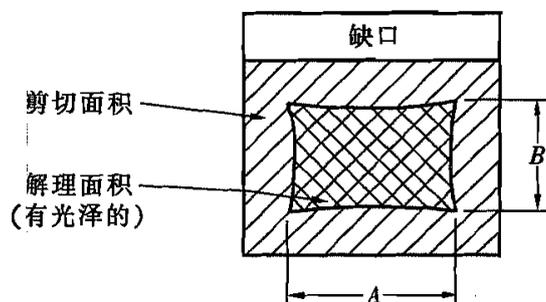
26.4.2.1 用下述任一方法确定剪切断口面积的百分率。

(1) 测量断裂表面的脆断部分的长度和宽度，如图 13 所示，并根据测量单位从表 7 或表 8 之一确定剪切面积百分率。

(2) 将试样的断口形貌与图 14 所示断口形貌图相对比。

(3) 放大断口表面并将它与预先标定的透明盖面图板或用面积仪测量剪切断口面积的百分率相比较。

(4) 以适当放大倍数对断口表面照相和用面积仪测量剪切断口面积的百分率。



注 (a) 测量 A 和 B 的平均值，精确度为 0.02in. (或 0.5mm)。

(b) 用表 7 或表 8 来确定剪切断口的百分数。

图 13 确定剪切断口的百分数

表 7 以英寸测量的剪切百分率

尺寸 B(in.)	尺寸 A, in.																
	0.05	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40
0.05	98	96	95	94	94	93	92	91	90	90	89	88	87	86	85	85	84
0.10	96	92	90	89	87	85	84	82	81	79	77	76	74	73	71	69	68
0.12	95	90	88	86	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61
0.14	94	89	86	84	82	80	77	75	73	71	68	66	64	62	59	57	55
0.16	94	87	85	82	79	77	74	72	69	67	64	61	59	56	53	51	48
0.18	93	85	83	80	77	74	72	68	65	62	59	56	54	51	48	45	42
0.20	92	84	81	77	74	72	68	65	61	58	55	52	48	45	42	39	36
0.22	91	82	79	75	72	68	65	61	57	54	50	47	43	40	36	33	29
0.24	90	81	77	73	69	65	61	57	54	50	46	42	38	34	30	27	23
0.26	90	79	75	71	67	62	58	54	50	46	41	37	33	29	25	20	16
0.28	89	77	73	68	64	59	55	50	46	41	37	32	28	23	18	14	10
0.30	88	76	71	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	3
0.31	88	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	18	10	5	0

注：因本表是按有限的测量或尺寸 A 和 B 制定的，当 A 或 B 为 0 时，剪切百分率为 100%。

**表 8 以毫米测量的剪切百分率**

尺寸 B, mm	尺寸 A, mm																		
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
1.0	99	98	98	97	96	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	89	89	88	88
1.5	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
2.0	98	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75
2.5	97	95	94	92	91	89	88	86	84	83	81	80	78	77	75	73	72	70	69
3.0	96	94	92	91	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	70	68	66	64	62
3.5	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	58	56
4.0	95	92	90	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55	52	50
4.5	94	92	89	86	83	80	77	75	72	69	66	63	61	58	55	52	49	46	44
5.0	94	91	88	85	81	78	75	72	69	66	62	59	56	53	50	47	44	41	37
5.5	93	90	86	83	79	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	38	35	31
6.0	92	89	85	81	77	74	70	66	62	59	55	51	47	44	40	36	33	29	25
6.5	92	88	84	80	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19
7.0	91	87	82	78	74	69	65	61	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	12
7.5	91	86	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	16	11	6
8.0	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

注：因本表是按有限的测量或尺寸 A 和 B 制定的，当 A 或 B 为 0 时，A 与 B 的剪切百分率为 100。

**26.4.2.2** 确定每个断口形貌值，精确到 5%剪切断口并记录其值。

**26.4.3 侧向膨胀量**

**26.4.3.1** 侧向膨胀量是试样宽度的增加，以千分之一英寸（密耳），在断裂的夏比 V 形缺口试样的缺口背面受压缩侧测量，如图 15 所示。

**26.4.3.2** 检查每个半截试样，弄清楚凸出部分没有因接触砧座、机器放置表面等等而损坏。这样损坏的试样要报废因为它们会造成的错误的读数。

**26.4.3.3** 检查各试样的侧面是否垂直于缺口，以确保在冲击试验过程中在两侧面没有形成毛刺。如果有毛刺，用在砂布或类似研磨表面上擦试小心地去掉它们，要注意在去毛刺过程中不要将用于测量的凸出部分磨掉。

**26.4.3.4** 相对于试样侧面未变形部分确定的平面测量每个半截试样的每个侧面的膨胀量，膨胀量可

用类似于图 16 和图 17 中所示的测量仪测量。

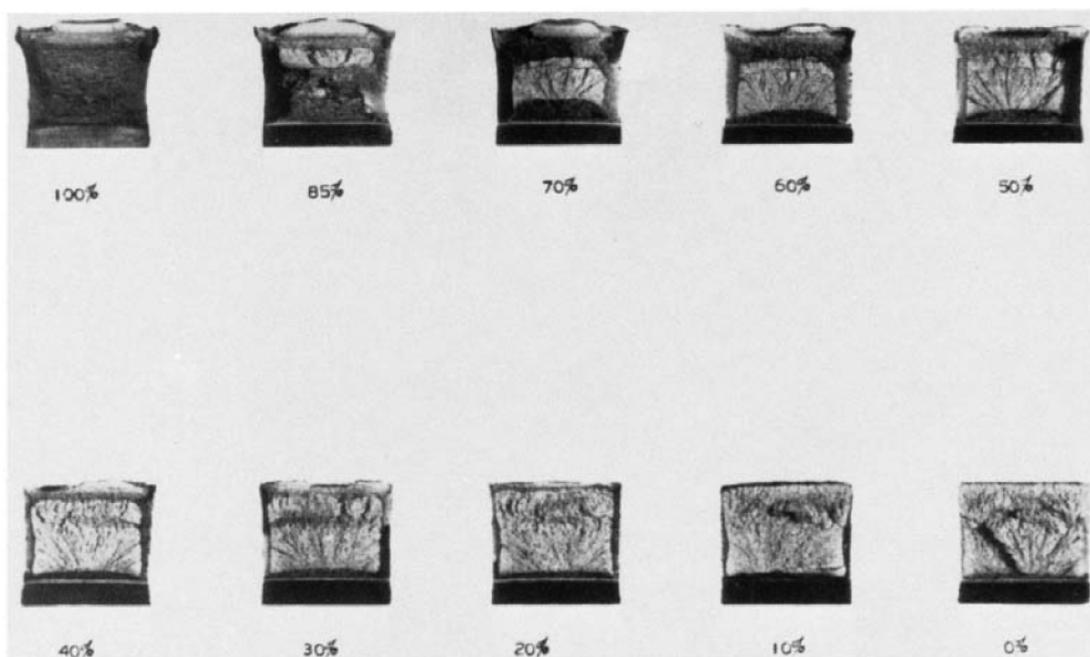


图 14 断口形貌图和剪切断口百分数值的比较

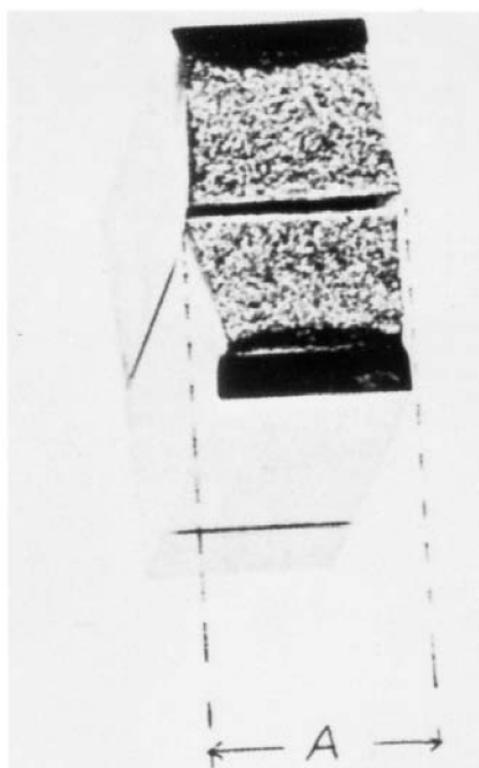


图 15 V—形缺口夏比冲击试样（折断为两截的）拼合在一起用于测量侧向膨胀量，尺寸 A

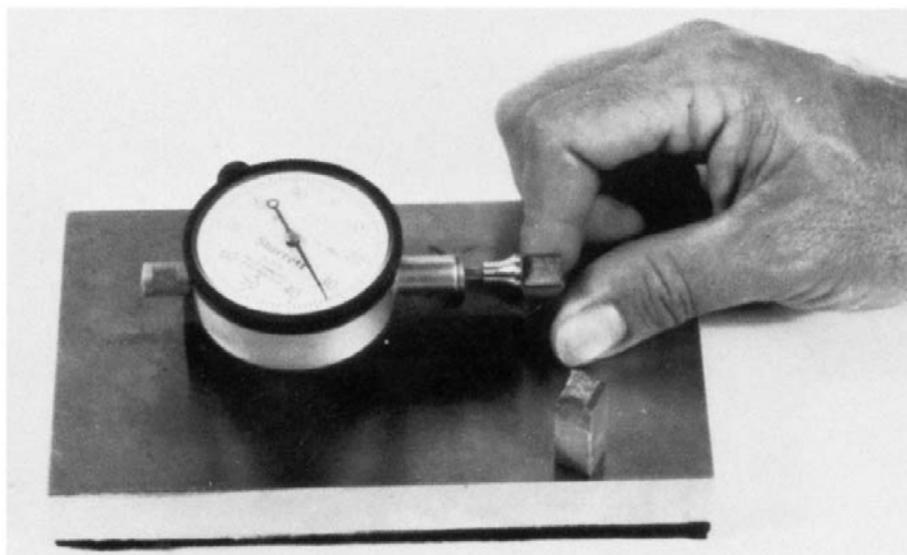
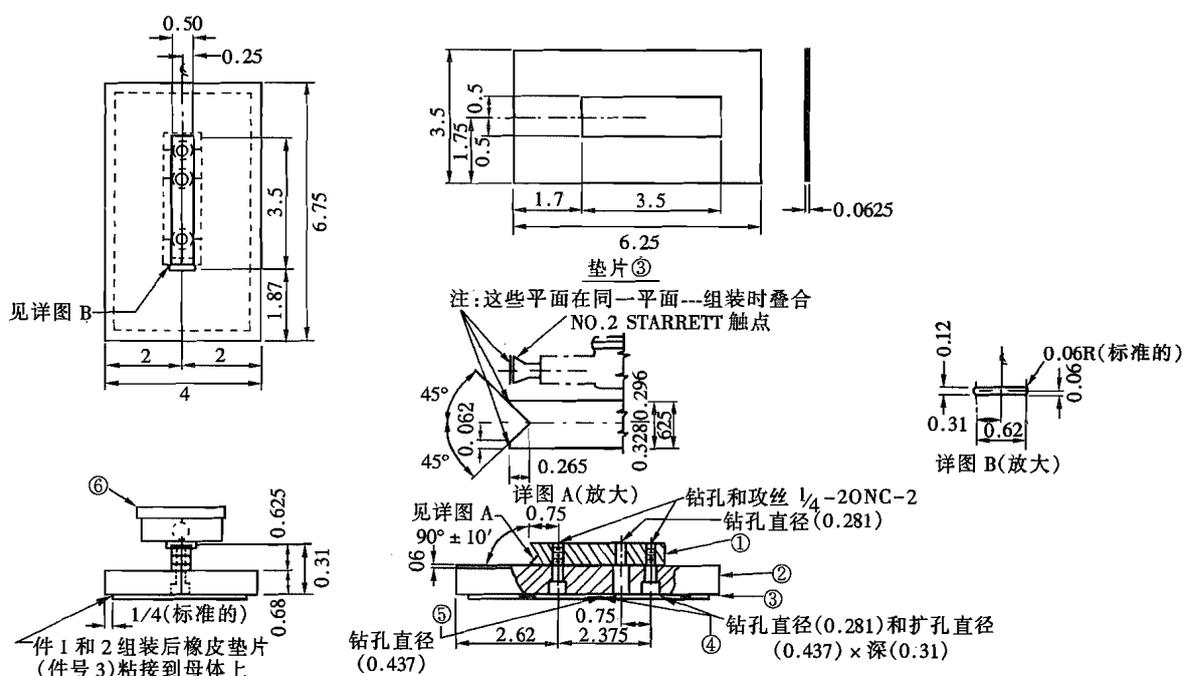


图 16 夏比冲击试样用侧向膨胀量测量仪



侧向膨胀量测量仪材料明细表

件号	数量	名称	材料和尺寸
1	1	刻度盘安装和制动 $4 \times 5/8 \times 1/2$	钢 SAE1015—1020
2	1	基板 $7 \times 4 \times 3/4$	钢 SAE1015—1020
3	1	垫片 $6 \times 3 \times 1/8$	橡胶
4	2	螺口插座杯帽	钢 $1/4-20 \times 1$ in. 长
5	1	螺口插座杯帽	钢 $1/4-20 \times 3/4$ in. 长
6	1	刻度盘指示器	(见注②)

注：① 闪光镀铬板，件号 1 和 2；

② 刻度盘指示器-STARRETT No25-241，范围 0.001~0.250，反向调节托架接触点 No2。

图 17 侧向膨胀量测量仪的装配图和详图

**26.4.3.5** 由于断裂路线很少是均分在试样两侧面上的最大膨胀点，每一侧面测得的较大值的总和就是试验值。将每个试样的两半截拼合在一起，并使两受压面互相面对面。用测量仪测量每半截试样上的凸出部分，要保证测量的是试样的同一侧面。分别测量两个断了的半截试样。重复这一步骤测量半截试样另一侧面的凸出部分。每一侧面两数值中的较大值就是试样那一侧面的膨胀量。

**26.4.3.6** 测量单个侧向膨胀量值要精确到 1 密耳（0.025 mm）并记录该值。

**26.4.3.7** 下列所述为例外。当经过摆锤单击时，任何没有断裂成两半的试样都应按未冲断报告。当通过将铰接两半推挤在一起，然后拉动它们分离，而没有进一步让样本发生疲劳，同时从未断裂样本（弯曲之前）上测量的横向膨胀等于或大于分离两半的测量值，则某一未断裂样本的横向膨胀可以报告为断裂。如果某一试样不能分成两半，只要可以评估剪切刃口，而不会干扰在试验期间已经变形的铰接韧带，则可以测量横向膨胀。

## 27. 试验结果的解释

**27.1** 当任何冲击试验的验收准则被规定为在某一给定温度时的一个最小平均值时，试验结果（算术平均值圆整到最接近的 ft·lbf (J)）应为从某一试验位置获得的三个试样所得试验值的平均值。

**27.1.1** 当最小的平均试验结果规定为：

**27.1.1.1** 当满足下面所有三条时，试验结果为合格：

- (1) 试验结果等于或超过规定的最小平均值（材料标准中给的）。
- (2) 单个试验值小于规定平均的试样不多于一个试样。
- (3) 任一试样的单个试验值不小于规定最小平均值的三分之二。

**27.1.1.2** 如果 27.1.1.1 中的合格要求达不到时，从同一试验部位另取三个试样进行复试。复试试样的每个单个试验值应等于或大于规定的最小平均值。

**27.2** 确定最低转变温度的试验：

**27.2.1** 转变温度的定义——对材料标准来说，转变温度是指指定材料的试验值等于或超过规定的最小试验值的温度。

**27.2.2** 转变温度的确定：

**27.2.2.1** 用第 26 节中的方法在高于和低于预计的转变温度的一系列温度中的每一个温度下，冲断一个试样。记录每一试验温度精确到 10°F（0.5°C）。

**27.2.2.2** 将单个试验结果（ft·lbf 或剪切断面百分数）作为纵坐标，相对应的试验温度为横坐标标出。将标出的数据点描绘出最吻合的曲线。

**27.2.2.3** 如果转变温度规定为达到试验值的温度，用图解内插法确定所绘出线与规定试验值相交的

温度（不允许用外插法）。记录这一转变温度精确到 5°F（3°C），如果列成表的试验结果清楚地表明转变温度低于规定值，则不必标出数据。报告试验值超过规定值的最低试验温度。

**27.2.2.4** 如果所确定的转变温度等于或低于规定值，则试验结果合格。

**27.2.2.5** 如果所确定的转变温度高于规定值，但比规定值高不超过 20°F（12°C），按照第 26 节试验足够数量的试样绘制两条附加曲线。如果由两个附加试验确定的温度等于或低于规定值，则试验结果合格。

**27.3** 当许可或必须，或两者兼有之，用小尺寸试样时，按表 9 修改规定的试验要求或按照 ASME 锅炉及压力容器规范的表 UG-84.2 修改试验温度，或两者。只要采购方和供应方同意可以用较大的能量或较低的试验温度。

**表 9 各种小尺寸试样夏比 V 形缺口冲击试验合格标准**

全尺寸， 10mm×10mm		3/4 尺寸， 10mm×7.5mm		2/3 尺寸， 10mm×6.7mm		1/2 尺寸， 10mm×5mm		1/3 尺寸， 10mm×3.3mm		1/4 尺寸， 10mm×2.5mm	
ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]
40 <sup>A</sup>	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

<sup>A</sup>为制定 ASTM A370 内的表格而使用的原始数据不适用。然而，在引用文件内报告的调查和试验通常支持该表格。该表格限制为 40 ft·lbf，因为对较高值已经报告试样尺寸和试验结果之间的关系为非线性的。

## 28. 记录

**28.1** 试验记录应恰当地包括以下资料：

**28.1.1** 试验材料的全面说明（即材料标准号、级别、类别或型号、尺寸、熔炼炉号）。

**28.1.2** 相对材料轴线的试样方向。

**28.1.3** 试样尺寸。

**28.1.4** 每个断裂试样的试验温度和单个试验值，包括初试和复试的。

28.1.5 试验结果。

28.1.6 转变温度和它的确定标准，包括初试和复试的。

## 29. 报告

29.1 材料标准应指定需要报告的资料。

## 悬臂梁式冲击试验

### 30. 方法

30.1 试验设备和方法按 E23 中的规定。

### 31. 精度和偏差

31.1 这些机械性能测量试验方法的精度和偏差在本质上符合试验方法E8/E8M, E10, E18, 和E23的规定。

### 32. 关键词

32.1 弯曲试验；布氏硬度；夏比冲击试验；伸长率；FATT（断口形貌转变温度）；硬度试验；悬臂梁式冲击试验；便携式硬度计硬度；断面收缩率；洛氏硬度；抗拉强度；拉伸试验；屈服强度。

## 附录 (强制性资料)

### A1 钢棒材制品

#### A1.1 适用范围

A1.1.1 该附录包括了特殊的钢棒材产品的试验要求。该附录中包含的要求是规范中通用部分的补充。如果规范中通用部分与附录中的要求有冲突，应执行该附录要求。如果该附录中的要求与产品标准有冲突，应执行产品规范中的要求。

#### A1.2 试样的取向

A1.2.1 碳钢和合金钢棒材和棒材大小的型材，由于它们的横截面尺寸比较小，习惯上做纵向试样试验。在尺寸允许和零件的生产或使用认为在切向做试验有必要的特殊情况下，选取一个或多个试验和切取部位是制造厂和采购者间商议的事。

#### A1.3 拉伸试验

**A1.3.1 碳素钢棒材**——对下列尺寸轧制状态的碳钢棒材一般不规定拉伸性能要求：直径或两平行面间距离小于 1/2in. (13 mm) 的圆钢、方钢、六角钢和八角钢，以及除扁钢外，横截面积小于 1 in.<sup>2</sup> (645 mm<sup>2</sup>) 的其他棒材大小截面的型材。

**A1.3.2 合金钢棒材**——合金钢棒材通常不在轧制状态下做试验。

**A1.3.3** 当规定做拉伸试验时，除非产品标准中另有规定，选取各种尺寸热轧和冷精整钢棒材试样的推荐做法应按照表 A1.1。

**A1.4 弯曲试验**

**A1.4.1** 当规定做弯曲试验时，热轧和冷精整钢棒材的推荐做法应按照表 A1.2。

**A1.5 硬度试验**

**A1.5.1 棒材产品上的硬度试验**——扁钢、圆钢、方钢、六角钢和八角钢——为保证准确的硬度压入，在最少去掉 0.015 in 厚的表面上进行。

**表 A1.1 钢棒材制品选择拉伸试验样的推荐做法**

厚度, in. (mm)	宽度, in. (mm)	热轧棒材	冷精整棒材
扁 平 材 料			
< 5/8 (16)	≥ 1 1/2 (38)	整个截面 × 8in. (200mm) 标距, (图 3)	铣出减缩截面至 2in. (50mm) 标距和小于约 25% 试样宽度铣出减缩截面至 2in. (50mm) 标距和 1 1/2in. 宽度
	> 1 1/2 (38)	整个截面或铣至 1 1/2in. (38mm) 宽 × 8in. (200mm) 标距, (图 3)	
5/8 ~ < 1 1/2 (16 ~ 38)	≤ 1 1/2 (38)	整个截面 × 8in. 标距或从截面中心加工出标准的 1/2 in. × 2in. (13mm × 50mm) 标距的试样 (图 4)	铣出减缩截面至 2in. (50mm) 标距和小于约 25% 试样宽度, 或从截面的中心加工出标准的 1/2 in. × 2in. (13mm × 50mm) 标距的试样 (图 4)
	> 1 1/2 (38)	整个截面或铣至 1 1/2 in. (38mm) 宽 × 8in. (203mm) 标距, (图 3) 或者从截面中心与边缘之间的中部加工出标准的 1/2 in. × 2in. (13mm × 50mm) 标距的试样 (图 4)	铣出减缩截面至 2in. 标距和 1 1/2in. 宽, 或者从截面中心与边缘之间的中部加工出标准的 1/2 in. × 2in. 标距的试样 (图 4)
≥ 1 1/2 (38)		整个截面 × 8in. (200 mm) 标距, 或者从截面中心与表面之间的中部加工出标准的 1/2 in. (13mm × 50mm) 标距的试样 (图 4)	从截面中心与表面之间的中部加工出标准的 1/2 in. × 2in. (13mm × 50mm) 标距的试样 (图 4)
圆 形、方 形、六 角 形、八 角 形 材 料			
直径或平行面之间的距离 in.		热轧棒材	冷精整棒材
< 5/8 (16)		整个截面 × 8in. (200mm) 标距或加工成小尺寸的试样 (图 4)	加工成小尺寸的试样 (图 4)
5/8 ~ < 1 1/2 (16 ~ 38)		整个截面 × 8in. (200mm) 标距或从截面中心加工出标准的 1/2 in. × 2in. (13mm × 50mm) 标距试样 (图 4)	从截面中心加工出标准的 1/2 in. × 2in. 标距的试样 (图 4)
≥ 1 1/2 (38)		整个截面 × 8in. (200mm) 标距或从截面中心与表面之间的中部加工出标准的 1/2 in. × 2in. (13mm × 50mm) 标距的试样 (图 4)	从截面中心与表面之间的中部加工出标准的 1/2 in. × 2in. (13mm × 50mm) 标距的试样 (图 4)
其 他 棒 材 大 小 截 面 材 料			
各种尺寸		整个截面 × 8in. (200mm) 标距或 1 1/2 in. (38mm) 宽 (如果可能的话) × 8in. (200mm) 标距的试样	铣出减缩面至 2in. (50mm) 标距和小于约 25% 试样宽度

注 1: 对于棒材截面用简单的测量方法来确定其横截面积是困难的, 以 in.<sup>2</sup> 表示的面积可这样计算: 试样 1in. 长度的重量 (lb), 被 0.2833(1in.<sup>3</sup> 钢的重量) 除, 或者试样 1ft 长度的重量被 3.4 (面积 1in.<sup>2</sup>, 1ft 长钢的重量) 除。

## A2 钢管材制品

### A2.1 范围

**A2.1.1** 该附录包括了特殊的钢管产品的试验要求。该附录中包含的要求是规范中通用部分的补充。如果规范中通用部分与附录中的要求有冲突，应执行该附录要求。如果该附录中的要求与产品标准有冲突，应执行产品规范中的要求。

**A2.1.2** 本标准包的管材形状含圆形、方形、矩形和特殊形状。

### A2.2 拉伸试验

**A2.2.1** 全尺寸纵向试样：

**表 A1.2 钢棒材制品选择弯曲试样的推荐做法**

扁 平 材 料		
厚度, in. (mm)	宽度, in. (mm)	推荐尺寸
$\leq \frac{1}{2}$ (13)	$\leq \frac{3}{4}$ (19)	整个截面
	$> \frac{3}{4}$ (19)	整个截面或加工成小于 $\frac{3}{4}$ in. (19mm) 的宽度 $\times$ 试样厚度
$> \frac{1}{2}$ (13)	各种尺寸	整个截面或在中心与表面中间加工出 1 in. $\times$ $\frac{1}{2}$ in. (25mm $\times$ 13mm) 试样
圆 形、方 形、六 角 形、八 角 形 材 料		
直径或平行面间的距离, in. (mm)		推荐尺寸
$\leq 1\frac{1}{2}$ (38)		整个截面
$> 1\frac{1}{2}$ (38)		在中心与表面中间加工出 1 in. $\times$ $\frac{1}{2}$ in. (25mm $\times$ 13mm) 试样

注 1: 所有试样长度不小于 6in. (150mm)。

注 2: 试样的边缘可例圆, 半径不超过 1/16in. (1.6mm)。

**A2.2.1.1** 在试验设备的能力范围内, 采用全尺寸管子截面的拉伸试样是标准做法。用紧密配合的金属塞子插入管子试样端头足够深处, 使得试验机夹头合适地夹紧试样不致碎裂。图 A2.1 中示出了这

种塞子可使用的一种设计。塞子不应插到测定试样伸长率的部位（图 A2.1），要尽可能地注意施加的负荷加在中轴线上。全截面试样的长度取决于测定伸长率所规定的标距。

**A2.2.1.2** 除非产品标准另有要求，标距长度一般为 2in. 或 50 mm，但是外径小于等于 3/8in. (9.5 mm) 的管材伸长率值当要与较大试样的伸长率相比较时，通常采用等于 4 倍外径的标距。

**A2.2.1.3** 为确定全截面试样的横截面积，应记录外径最大和最小测量值间的平均值或中间值和壁厚的平均值或中间值，要精确到 0.001 in. (0.025 mm)，并用下列公式确定横截面积：

$$A = 3.1416t(D - t) \quad (\text{A2.1})$$

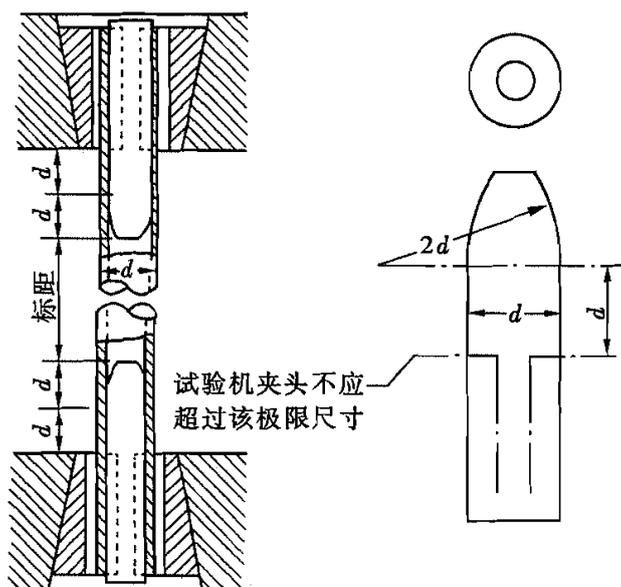
式中：A=横截面积，in.<sup>2</sup>；

D=外径，in.；

t=管壁厚度，in.。

**注 A2.1：** 还有其他确定横截面积的方法，例如称试件的重量，这同样精确或符合需要。

**A2.2.2 纵向条状试样：**

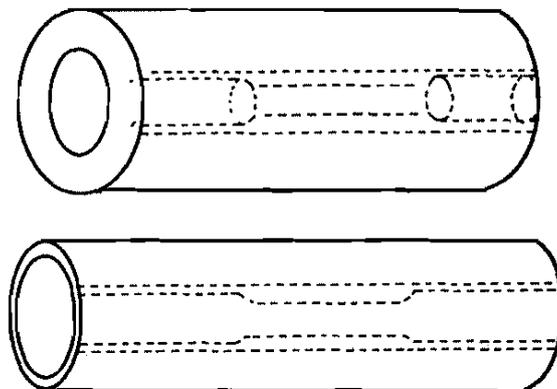


**图 A2.1 管状试样试验用金属芯棒以及芯棒在试样内和试样在试验机夹头内的正确位置**

**A2.2.2.1** 作为一种采用全截面纵向试样或纵向圆形试样的替代方法，可采用如图 A2.2 所示从管状产品切取纵向条状试样，并加工到图 A2.3 中所示尺寸。对焊接结构管子制品，这样的试样应位于焊缝至少 90 度的部位；对其他焊接管子制品，这样的试样应位于焊缝大约 90 度的部位。除非产品标准另有要求，标距长度应满足图 A.2.3 的尺寸 C。试验用试样应采用平的或与管状产品曲率对应表面外形的夹头做试验，在使用平夹头对试样做试验之前，试验用试样的端头可不作加热弄平。除非试验装置的能力或所要试验的管状制品的尺寸和性质原因而需要使用图 A2.3 中的 1, 2 或 3 号试样以外，

应采用 4 号试样。

注 A2.2: 一个计算取自圆形管子图 A2.3 中所示形式试样横截面积的精确公式在《试验方法 E8》或《E8/E8M》中给出。



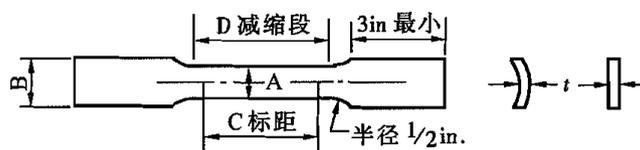
注：试样坯料的两侧面割成相互平行

图 A2.2 大直径管子上切取条状拉伸试样的部位

A2.2.2.2 必须测量标距每一端的宽度来确定平行度，中间部位也要测量。测量中间部位的厚度并用中间部位量得的宽度来确定横截面积。中间部位宽度尺寸要精确到 0.005 in. (0.127 mm)，厚度测量值要精确到 0.001 in. (0.025 mm)，并作记录。

A2.2.3 横向条状试样：

A2.2.3.1 通常，横向拉伸试验对尺寸小于 8 in. 公称直径的管材制品是不推荐的。如需要，可如图 A2.4 所示，在从管子或公称管的端头切取的圆环上取横向拉伸试样。压平试样可以在从管子上切取之后进行，如图 A2.4(A) 中所示，或在切取之前进行如图 A2.4 (B)，可以在热态或冷态下进行；但是如果在冷态下压平，试样可以随后进行正火。对于从规定需做热处理的管子或公称管上切取的试样，无论热态或冷态下压平后，应进行与管子或公称管相同的热处理。对壁厚小于 3/4in. (19 mm) 的管子或公称管，其横向试样的型式和尺寸应如图 A2.5 所示，可机加工一个表面或两个表面以保证均匀的厚度。为确定焊缝强度，焊接的管子或公称管的横向拉伸试样应垂直于焊缝，焊缝在试样长度的中间。



尺寸

试样	尺寸, in.			
	A	B	C	D
1	1/2±0.015	约 11/16	2±0.005	2 1/4 最小
			2±0.005	2 1/4 最小
2	3/4±0.031	约 1	4±0.005	4 1/2 最小

			2±0.005	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> 最小
3	1±0.062	约 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4±0.005 2±0.010	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 最小 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> 最小
4	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ±0.125	约 2	4±0.015 8±0.020	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 最小 9 最小
5	1/4±0.002	约 3/8	1±0.003	1/4 最小

注：1. 横截面积可按 A 和 t 的乘积计算；

2. 尺寸 t 为试样的厚度，正如其在适当的材料标准中所规定的那样；

3. 减缩段的平行度应在 0.010in. 以内，而且在宽度上由两个端部向中心逐渐成锥度，两端比中间的宽度差不大于 0.010in.；

4. 试样的两端应与减缩段中心线对称并在 0.10in. 以内；

5. 公制当量为 1 in.=25.4mm；

6. 除仲裁试验外，若：(a) 采用上述公差；(b) 为测定伸长率作上足够数量的标记；(c) 当测定屈服强度时，采用合适的引伸仪外，允许采用两侧面全长平行的试样。如果断在距夹紧装置边缘的距离小于 2W，测得的拉伸性能不能代表材料。如果性能满足规定的最低要求，不需进一步试验，如果小于最低要求，则试验作废并进行复试。

7. 样本 5 拟用于测试从在服役产品上切除的样本。样本 5 应不能用于新产品的符合性试验。从 1in 标距的样本上获得的伸长率数值的验收指标应由各责任方之间协商确定。

图 A2.3 大直径管子用条状拉伸试样的尺寸和公差

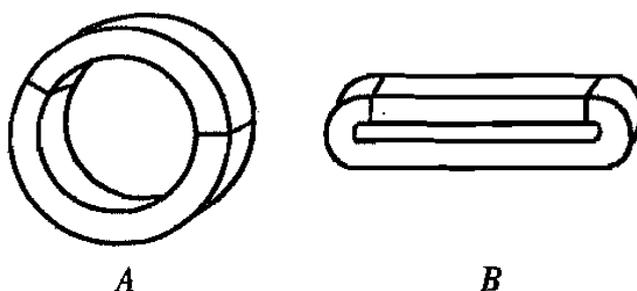


图 A2.4 从管材产品上切取的圆环上取横向拉伸试样的取样部位

**A2.2.3.2** 必须测量标距每一端的宽度来确定平行度，中间部位也要测量。测量中间部位的厚度并用中间部位量得的宽度来确定横截面积。中间部位宽度尺寸要精确到 0.005in.(0.127mm)，厚度测量值要精确到 0.001in.(0.025mm)。并作记录。

#### A2.2.4 圆形试样

**A2.2.4.1** 当产品标准中规定时，可用图 4 中所示的圆形试样。

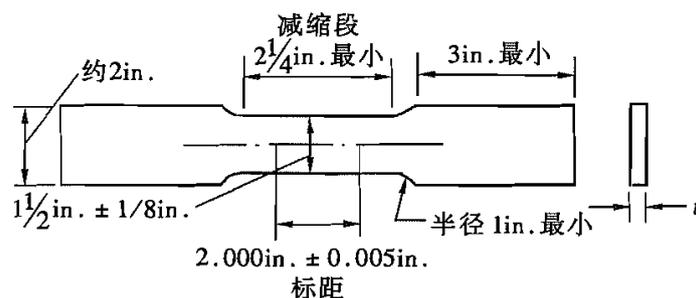
**A2.2.4.2** 在试样的中部测量圆形试样的直径要精确到 0.001in.(0.25mm)。

**A2.2.4.3** 当必须试验不能制作成标准试样的材料时，可以采用如图 4 所示的与标准试样成比例的小尺寸试样，还可以采用其他尺寸的小尺寸试样。用任何这类小尺寸试样时，重要的是测量伸长率的标距是试样直径的 4 倍（见图 4 的注 4）。产品标准中对 2in. 标距圆形试样的伸长率要求适用于小尺寸试样。

**A2.2.4.4** 对横向试样，取试样的截面不能压平或有其他变形。

**A2.2.4.5** 从管状制品切下的纵向条状试样如图 A2.2 所示。

### A2.3 横向屈服强度的确定，圆环液压膨胀法



通注：

1. 尺寸  $t$  为试样的厚度，正如其在适当材料标准中所规定的那样；
2. 减缩段的平行度应在 0.010in. 以内，而且在宽度上由端部向中心逐渐成锥度，两端比中间的宽度差不大于 0.010in.；
3. 试样的两端应与减缩段中心线对称并在 0.01in. 以内；
4. 公制当量为 1in.=25.4mm。

图 A2.5 从管子产品上切取的圆环加工出的横向拉伸试样

**A2.3.1** 根据产品标准的限定，在外表面，内表面或壁厚横截面上作硬度试验。为取得准确的硬度值，必须作表面加工。

**A2.3.2** 由圆环试样测定横向屈服强度的试验机和已经研制出来，并在 A2.3.3 到 A8.1.2 中说明。

**A2.3.3** 试验机的垂直横截面示意图见图 A2.6。

**A2.3.4** 在该机器上测定横向屈服强度是用短的圆环试样[一般是 3in.(76mm 长)]。当将大圆螺母从试验机上卸下后，测量圆环试样的壁厚并将试样嵌入耐油橡胶密封圆内。然后重新拧上螺母，但不转到压紧试样。在螺母和试样之前留有微量间隙，使试样在试验时能够沿径向自动移动。然后在适宜的阀门控制下，压力油经压力管道压入橡胶密封圆内。一个准确校准的压力计用来测量油压。系统中的任何空气经过旁路管道排掉。当油压增高时，橡胶密封圈就膨胀，依次使试样四周受压。压力一旦产生，橡胶密封圈的唇状边如一密封垫，会防止漏油。压力继续增高，圆环试样受到拉应力逐渐伸长。圆环试样的整个外周长被认作标距，并用一合适的伸长仪测量这应变，这将在后面说明。当在伸长仪上达到负荷下所要求的总应变或伸长后，读出以磅/平方英寸为单位的油压，并用巴洛氏公式计算出单位屈服强度。这样确定的屈服强度是一个真实结果，因为试样没有用冷作压平，和非常接近从其切取的管材截面同样的条件。此外，这种试验非常接近管线的使用条件。只要采用合适的橡胶密封圈和匹配器，一台试验机可用于几种不同尺寸的公称管。

**注 A2.3:** 巴洛氏公式 (barlow's formula) 可用两种方式表示：

$$(1) \quad P=2St/D \quad (A2.2)$$

$$(2) \quad S=PD/2t \quad (A2.3)$$

式中：P=内部静压，psi；

$S$ =由内部静压产生的管壁四周的单位应力, psi;

$t$ =管壁厚度, in.;

$D$ =管子外径, in.。

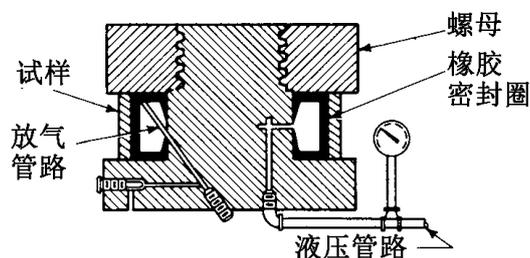


图 A2.6 用于确定环状试样的横向屈服强度试验装置

**A2.3.5** 图 A2.7 和 A2.8 所示为适用于测量圆环试样伸长率的辊链式伸长仪。图 A2.7 所示是伸长仪已就位，但尚未在圆环试样上夹紧。通过一个小销子传递并用刻度表测量试样的应变，小销子穿过空心螺栓。如图 A2.8 所示，当伸长仪夹紧时，由弹簧作用在辊链上的所要求的拉力必须使该测量仪保持在原位置或不产生任何松弛。弹簧的拉力可以通过一个蝶形螺母来调节。通过去掉或增加辊链上的辊子数，辊链可适合于不同尺寸的管子截面。

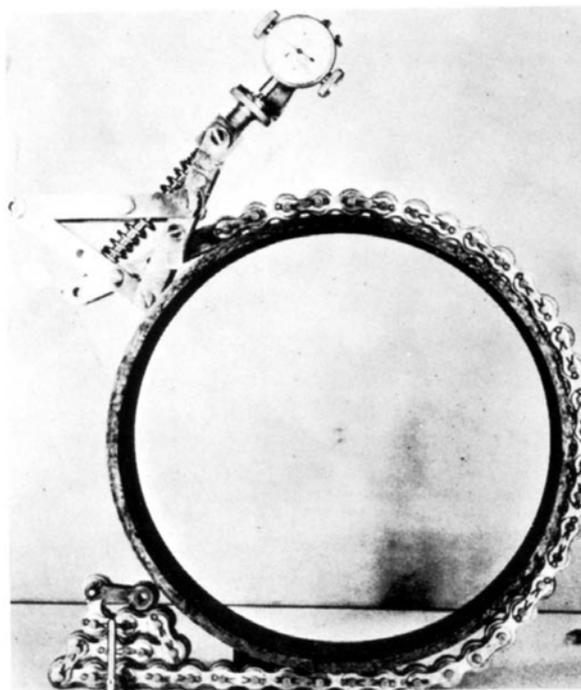


图 A2.7 辊链式伸长仪（松开状态）

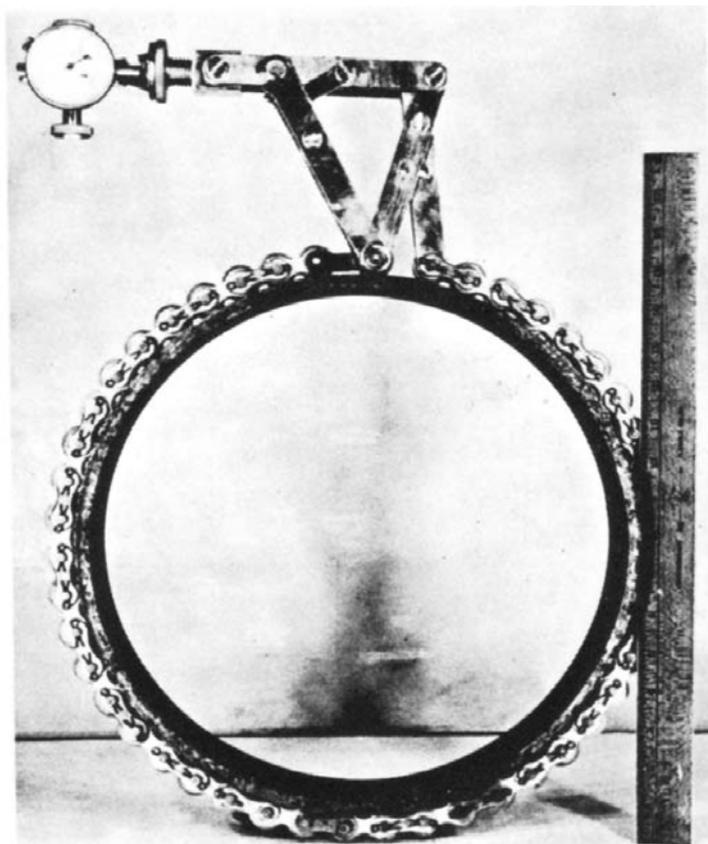


图 A2.8 辊链式伸长仪（夹紧状态）

## A2.4 硬度试验

**A2.4.1** 根据情况，硬度试验可以在管子端部的外表面或内表面上进行。

**A2.4.2** 标准的 3000kgf 布氏硬度试验负荷可能在薄壁管材试样上引起过大的变形。这时，应使用 500kgf 的负荷，或借助内砧座在内部支撑着。布氏硬度不适用外径小于 2in.(51mm)或壁厚小于 0.200in.(5.1mm)的管材制品。

**A2.4.3** 洛氏硬度试验根据产品的不同，通常是在内表面上、在外表面的一个平面上或在管壁横截面上进行。洛氏硬度试验不能用于外径小于 5/16in.(7.9MM)的管子，也不能用于内径小于 1/4in.(6.4mm)管子的内表面上。洛氏硬度试验不能在壁厚小于 0.065in.(1.65mm)的退火管子或壁厚小于 0.049in.(1.24mm)的冷拔或热处理的管子上进行。对于壁厚小于这些允许作正规洛氏硬度试验的管子，有时用表面洛氏硬度试验代替。对壁厚等于大于 0.187in.(4.75mm)的管子可作横截面洛氏硬度试验。试样的曲率和壁厚使洛氏硬度试验有局限性。当对外表面上做的洛氏硬度测定和内表上做的测定作比较时，需要调整读数以补偿曲率的影响。洛氏 B 标尺用于预计硬度范围为 B0 到 B100 的所有材料。洛氏 C 标尺用于预计硬度范围为 C20 到 C68 的材料。

**A2.4.4** 只要有可能和不发生过量回弹，则表面洛氏硬度试验通常在外表面上进行。否则，试验可在内表面上进行。表面洛氏硬度试验不能用于内径小于 1/4in.(6.4mm)的管子。对表面洛氏硬度试验的

壁厚限制见表 A2.1 和表 A2.2。

**A2.4.5** 当外径、内径或壁厚妨碍取得准确的硬度值时，对管材制品应规定拉伸性能，并做试验。

**表 A2.1 钢管制品退火材料或塑性材料表面硬度试验的壁厚限制<sup>A</sup>**

["T"标尺 (1/16in.钢球) ]

壁厚, in.(mm)	负荷, kgf
>0.050(1.27)	45
>0.035(0.89)	30
0.020(0.51)及以上	15

<sup>A</sup> 对于某一给定的壁厚通常使用推荐的最大负荷。

**表 A.2 钢管制品冷加工或热处理材料表面硬度试验的壁厚限制<sup>A</sup>**

["N"标尺 (金刚石压头) ]

壁厚, in.(mm)	负荷, kgf
>0.035(0.89)	45
>0.025(0.51)	30
0.015(0.38)及以上	15

## A2.5 工艺试验

**A2.5.1** 下列试验用来检验某些管材制品的塑性：

**A2.5.1.1** 压扁试验——从管材制品切取的试样通常作的压扁试验，是将管子或公称管所供的圆环试样在两块平行板间压扁到一个规定程度（图 A2.4）。压扁试验的严格程度用两平行板间的距离来度量，并随管子和公称管的尺寸而变化。压扁试验试样的长度不得小于  $2\frac{1}{2}$  in.(63.5mm)，并且应根据所用材料标准冷压到所要求的程度。

**A2.5.1.2** 反向压扁试验——反向压扁试验主要是为电阻焊管子设计的，用来测定未焊透或焊缝去掉毛刺后形成的焊瘤。试样应是一段约 4in. (102mm) 长的管子，从焊缝两侧 90 度处纵向切开。然后打开试样，并使焊缝位于弯头的最高点处压平（图 A2.9）。

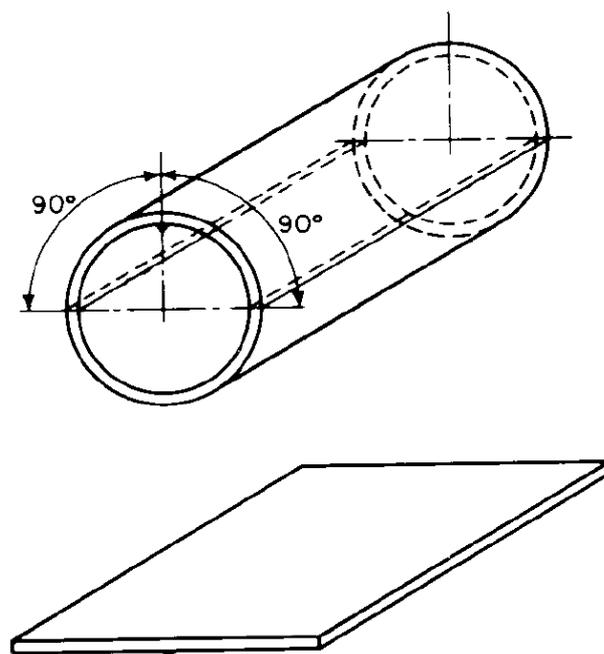


图 A2.9 反向压扁试验

**A2.5.1.3 镦压试验**——镦压试验有时称作镦粗试验，通常用于锅炉和其他受压管子以评定其塑性（图 A2.10）。试样是从管子上切取的一个圆环，通常约  $2\frac{1}{2}$ in.（63.5 mm）长。试样立着放置，用锻锤或压力机纵向镦压至所用材料标准规定的距离。

**A2.5.1.4 卷边试验**——卷边试验用来确定锅炉管子的塑性和将其弯曲到管板上这工序的承受能力，试验是在从管子上切取的圆环上进行的，其长度一般不小于 4in.（100mm），卷出与管子本体成直角（ $90^\circ$ ）的法兰平面，其宽度符合所用材料标准的要求。建议使用图 A2.11 中所示卷边工具和模具进行这一试验。

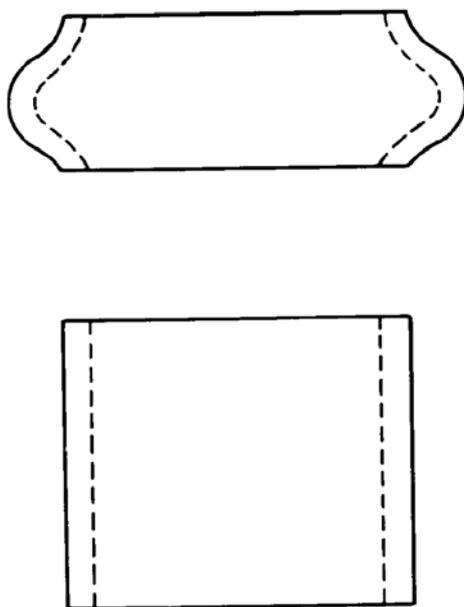
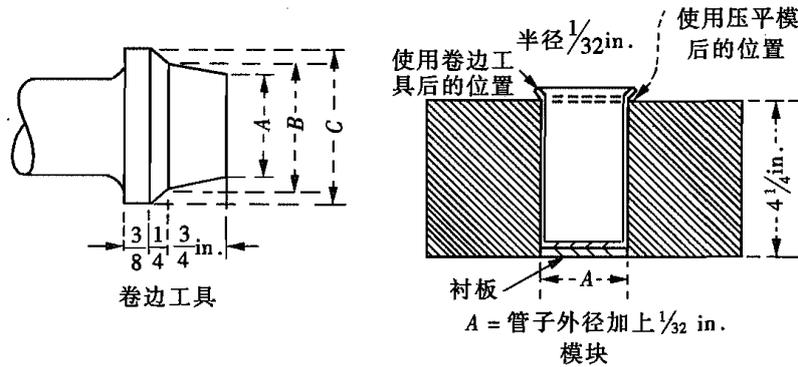


图 A2.10 铆压试验用试样

**A2.5.1.5 扩口试验**——对某些类型的受压管 (T)，作为替代卷边试验的试验。这种试验是将一个如图 A2.12 (a)所示的具有 1:10 斜度的锥形芯棒，或如图 A2.12(b)所示具有 60 度夹角的芯棒压入从管子上切取的长约 4 in. (100mm) 的管段中，使试样内径扩大到所用材料标准要求的程度。

**A2.5.1.6 弯曲试验**——对尺寸等于和小于 2in.用作盘管的公称管，应进行弯曲试验以测定它的塑性和焊缝的致密完好性。试验时，取一段足够长的全尺寸公称管围绕一直径等于 12 倍管子公称直径的圆柱芯棒冷弯到 90 度。对紧绕的盘管，公称管围绕一个直径等于 8 倍公称管公称直径的芯棒冷弯到 180 度。



A—管子外径减去 5/8in.; B—管子外径减去 3/8in.; C—管子外径加上 3/16in.。

注 1: 米制换算值为 1in.=25.4mm

图 A2.11 卷边试验用卷边工具和模具

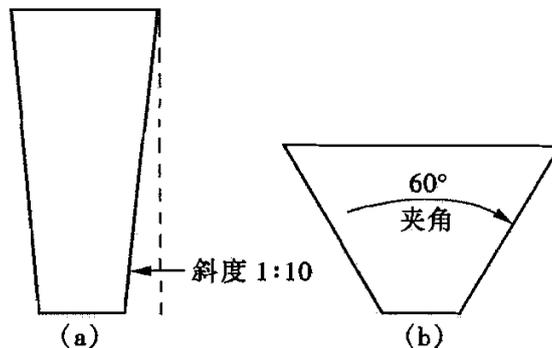
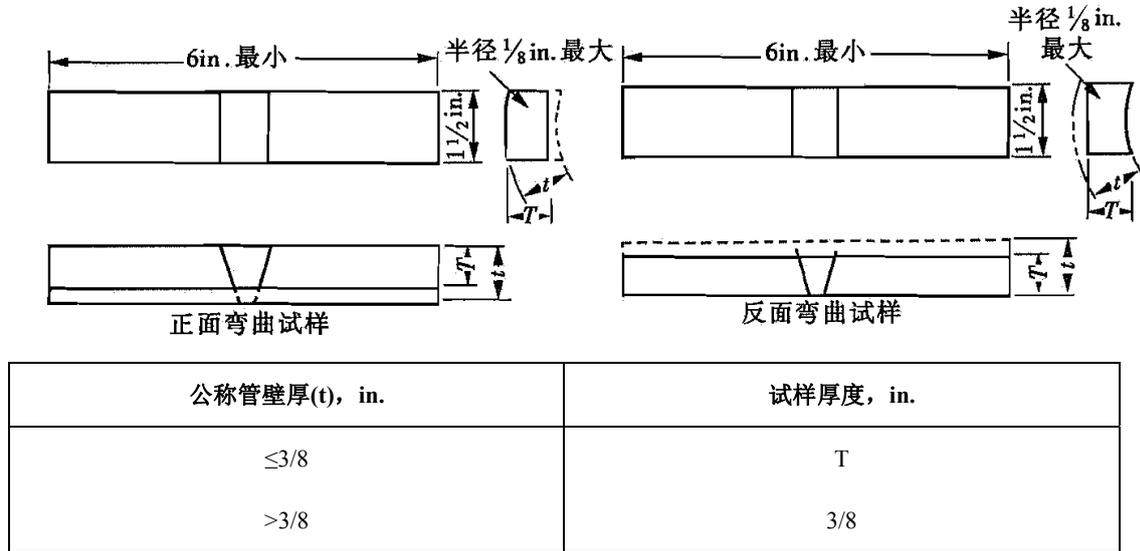


图 A2.12 扩口试验用锥芯

**A2.5.1.7 焊缝的横向导向弯曲试验**——此弯曲试验是用来测定熔焊焊缝的塑性。所用试样宽约 1 1/2 in.(38mm)，长至少 6in.(152mm)，焊缝在中间，对正面和反面弯曲试验，试样按图 A2.3 机加工，对侧面弯曲试验，试样按图 A2.14 机加工。压头尺寸如图 A2.15 所示，弯曲试验装置的其他尺寸亦

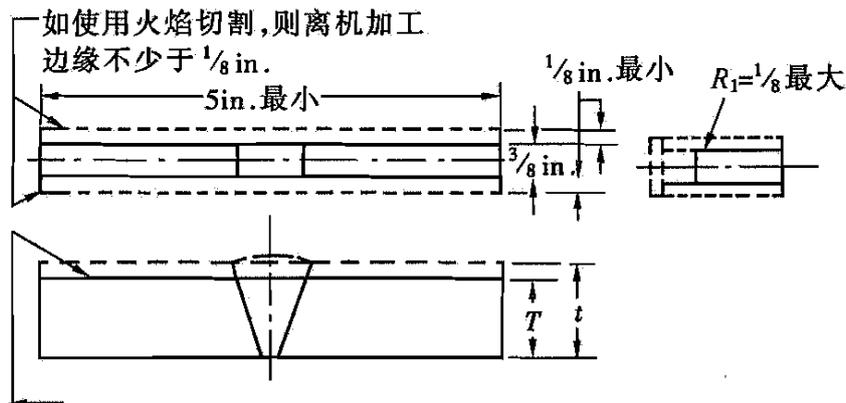
在此图中给出。一组试验应包括一个正面和一个反面弯曲试样或二个侧面弯曲试样。正面弯曲试验要求公称管的内表面对着压头；反面弯曲试验要求公称管的外表面对着压头；反面弯曲试验要求公称管的外表面对着压头；侧面弯曲试验要求将两则面之一弯成试样的凸面。

(a) 弯曲试验失败取决于弯曲部位出现裂纹和产品标准中规定的裂纹性质和程度。



注：米制换算值为 1in.=25.40mm。

图 A2.13 横向正面和反面弯曲试样



当 t 超过 1 1/2 in.，可以用下列情况之一：

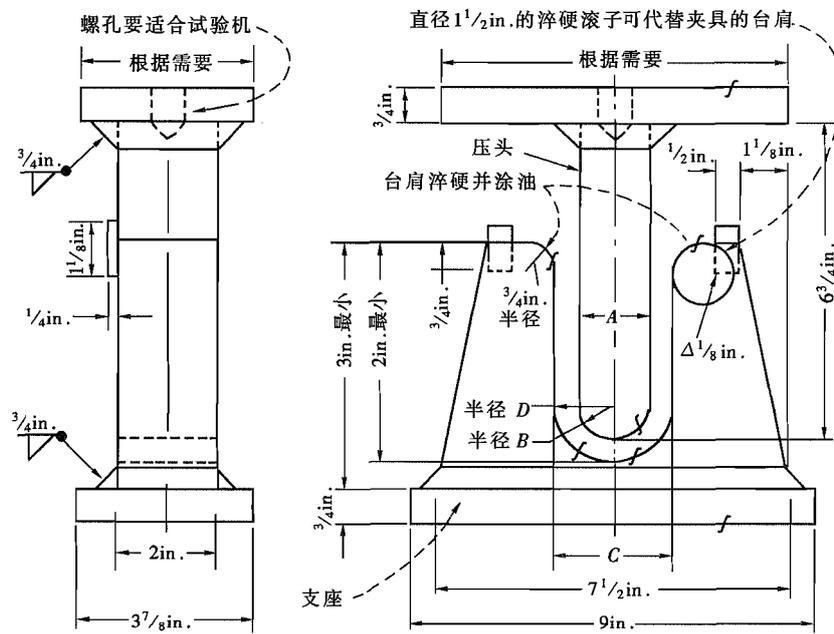
1. 按箭头所指的线可以用火焰切割，火焰切割的边缘可以机加工也可以不机加工。
2. 试样可切割成在 3/4 in. 和 1 1/2 in. 宽度的等宽条状试样进行试验，或者试样在全宽情况下进行弯曲试验（见图 A3.2 中横具宽度的要求）。

注：公制换算量：1in.=25.4mm。

t, in.	T, in.
t ≤ 3/8	T
t > 3/8	3/8

3/4~1 1/2	t
>1 1/2	见注

图 A2.14 铁基材料用侧面弯曲试样



试样厚度, in.	A	B	C	D	...
3/8	1 1/2	3/4	2 3/8	1 3/16	...
t	4t	2t	6t + 1/8	3t + 1/16	...

试样厚度, in.	A	B	C	D	材 料
3/8	2 1/2	1 1/4	3 3/8	1 11/16	具有规定的最小抗拉强度等于或大于 95klb/in. <sup>2</sup> 的材料
t	6 3/8t	3 3/8t	8 3/8t + 1/8	4 1/2t + 1/16	

注：公制换算量：1in.=25.4mm。

图 A2.15 导向弯曲试验装置

### A3 钢制紧固件

#### A3.1 适用范围

**A3.1.1** 该附录包括了某些特殊产品的钢制紧固件的试验要求。该附录中包含的要求是规范中通用部分的补充。如果规范中通用部分与附录中的要求有冲突，应执行该附录要求。如果该附录中的要求与产品标准有冲突，应执行产品规范中的要求。

**A3.2.1.2** 保证载荷试验长螺栓—当紧固件太长而不能在可用设备上试验时，可将它们切成  $8 \pm 0.125$ in，然后使用方法1来测试。如果当相同零件或零件批次进行全尺寸和切成8in测试时对结果存在争议，应使用8in试验结果来确定合格性。

#### A3.2 拉伸试验

**A3.2.1** 螺栓试验最好用全尺寸螺栓，试验时，习惯以磅为单位规定最小极限载荷，而不以磅/平方英寸为单位规定最小极限强度。为进行本条其余部分中所述试验，取 3 倍螺栓公称直径作为最小螺栓长度。全尺寸螺栓试验按 A3.2.1.1 到 A3.2.1.6 的规定。如单项产品标准允许采用机加工试样时，应按 A3.2.1.4 的规定。

**A3.2.1.1** 验证负荷——由于某些级别螺栓的特殊用途，最理想的是能在使用时向螺栓加力达到规定值而不出现任何永久变形。规定验证负荷的目的是考验能否达到这个质量等级。验证负荷试验是对螺栓施加规定的负荷时，螺栓能承受而不出现永久变形。亦可用全尺寸螺栓作屈服强度试验。可采用以下二种方法之一，但方法 1 是验收螺栓时发生争议时采用的仲裁方法。

**A3.2.1.2** 长螺栓验证负荷试验——当要求作全尺寸试验时，方法 1 只用于长度不超过 8 in. (203 mm) 或 8 倍公称直径的螺栓，取其大者。对长度大于 8 in. 或 8 倍公称直径的螺栓，取其大者，使用方法 2。

(a) 方法 1，长度测量——在螺栓实际中心线上，用一个可以测量 0.0001 in. (0.0025 mm) 长度变化，并在任意 0.001 in. (0.025 mm) 范围内具有 0.0001 in. 精度的仪器来测量普通螺栓的总长。测量长度的最好方法是在螺栓中心线上加工出的两个锥心之间测量，并与测量平台上的中心相重合。应在螺栓的头部或杆体上打上标记，以便所有的测量都能在同一位置上进行。把螺栓安装在 A3.2.1.4 所述的试验设备上，并施加产品标准中规定的验证负荷，卸荷后，应重新测量螺栓长度并应表明没有永久伸长，施加负荷前和施加负荷后进行的测量，允许有  $\pm 0.0005$  in. (0.0127 mm) 的偏差。当刚开始施加验证负荷时，某些变量例如螺栓直线度和螺纹的同轴度（加上测量误差）可以导致紧固件的明显伸长。此时，可用大于验证负荷 3% 的负荷再次试验紧固件，如果加荷后的长度与加荷前相同，就认为满意（测量误差的公差在 0.0005 in. 之内）。

**A3.2.1.3** 验证负荷加荷时间——使用方法 1 时，验证负荷在卸荷前应保持 10 秒种。

(a) 方法 2，屈服强度——将螺栓安装到如 A3.2.1.4 中所述的试验设备上。当施加负荷时，应测量并记录整个螺栓或包括外露 6 扣螺纹的螺栓任何部分的总伸长，以便画出负荷-应变或应力-应变图。在残余变形量等于 0.2% 的 6 扣螺纹所占螺栓长度时的负荷或应力应采用《试验方法 A370》中 14.2.1 所述方法测定。该负荷或应力不得小于产品标准中所规定的负荷或应力。

**A3.2.1.4** 全尺寸螺栓的轴向拉伸试验——把螺栓放入在螺栓头和螺母或合适夹具间轴向施加负荷的卡盘内进行试验（图 A3.1），螺母或夹具二者之一要有足够的螺纹啮合以发挥螺栓的整个强度。螺母或夹具应装配在螺栓上，除了大型六角形结构螺栓在夹紧装置间有 4 扣不啮合的完整螺纹外，应在夹紧装置间保留 6 扣完整螺纹不啮合。为满足这个试验的要求，在杆体与螺栓头连接处没有损坏的情况下，应在杆体或螺纹部分拉断。当测试奥氏体不锈钢的外螺纹紧固件时，当最小的拉伸强度

达到时，应将测试紧固件从内螺纹测试装夹具中取出。该紧固件被认为是符合拉伸强度要求，除了强度值外紧固件失效模式也应报告给购方。如果需要记录或报告螺栓的拉伸强度值（psi），要按 3 级外螺纹的根径和中径的平均值来计算受力面积，公式如下：

$$A_a = 0.7854 [D - (0.9743/n)]^2 \quad (A3.1)$$

式中： $A_a$ =受力面积，in.<sup>2</sup>；

$D$ =公称直径，in.；

$n$ =每英寸螺纹扣数。

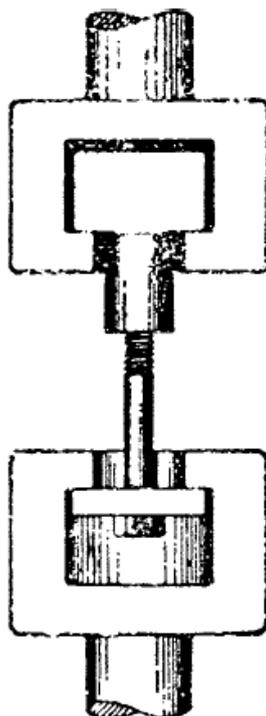
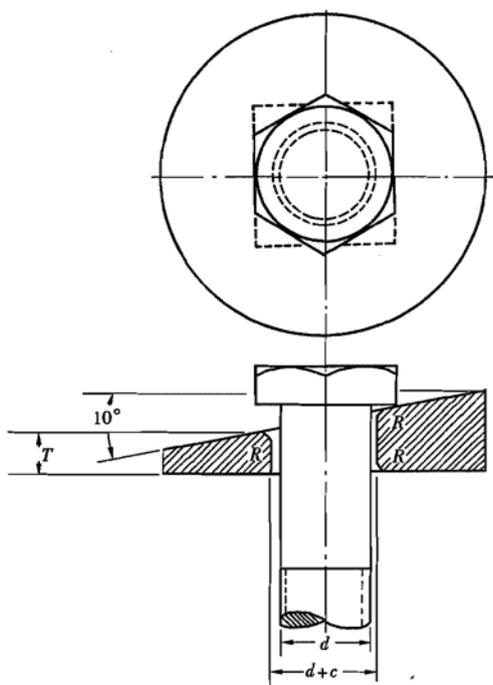


图 A3.1 螺栓全尺寸拉伸试验



C—楔块圆孔间隙；

d—螺栓直径；

R—倒圆半径；

T—圆孔较薄一侧楔块，厚度等于一半螺纹栓直径

图 A3.2 楔块试验样图

**A3.2.1.5 带楔面全尺寸螺栓的拉伸试验**——试验目的是取得抗拉强度和证明“头部质量”，和承受偏心负荷时标准头螺栓的塑性。螺栓的极限负荷按 A3.2.1.4 中所述确定，但为预先进行验证负荷试验在同一螺栓下放一个 10 度楔块的除外（见 A3.2.1.1）。螺栓头部应位于使六角或正方形的角不承受负荷，亦即螺栓头的平面应与楔块的平均厚度方向相一致（图 A3.2）。楔块两表面间应有夹角，如表 A3.1 和其孔的短侧的厚度应为螺栓公称直径的一半。楔块上的孔对螺栓的公称尺寸应有下列间隙，而且孔的顶部和底部棱边要磨圆到下列半径：

公称螺栓规格， in.	孔的间隙， in (mm)	孔的棱边圆角半径， in. (mm)
1/4~1/2	0.030 (0.76)	0.030 (0.76)
9/16~3/4	0.050 (1.3)	0.060 (1.5)
7/8~1	0.063 (1.5)	0.060 (1.5)
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ~1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.063 (1.5)	0.125 (3.2)
1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ~1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.094 (2.4)	0.125 (3.2)

**A3.2.1.6 高温螺栓螺纹到头部的楔形试验**——对于热处理螺栓，螺纹加工到接近头部内面的1 倍公

称直径，1/4~3/4in（6.35~19.0mm）尺寸的螺栓楔角应为6度，3/4in 尺寸以上的楔角为4度。

**表 A3.1 拉伸试验楔形角度**

公称尺寸, in.	度	
	螺栓	螺栓和法兰螺栓
1/4-1	10	6
>1	6	4

**A.3.2.1.7 加工成圆形试样的螺栓拉伸试验:**

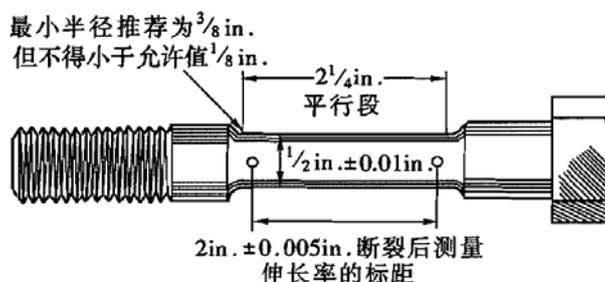
(1) 需机加工后做试验的直径小于 1 1/2in.(38mm)的螺栓最好使用标准 1/2in.(13mm)直径, 2in.(50mm) 标距的圆形试样 (图 4), 但是, 小截面螺栓不可能取这种标准试样, 应使用一种与标准试样成比例的小尺寸试样 (图 4) 且试样应有尽可能大的减缩截面。在所有情况下, 试样的纵轴应与螺栓轴线同心, 螺栓的头部和螺纹部分可原封不动, 如图 A3.3 和 A3.4, 或加工成适合试验机的卡头或夹紧装置的形状, 以便能轴向施加负荷。测量伸长率的标距应 4 倍于试样直径。

(2) 对直径等于大于 1 1/2in.的螺栓, 应从螺栓车出标准的 1/2in.直径, 2in.标距的圆形试样, 其中心线在螺栓杆体中心和外表面之间的中间, 如图 A3.5 所示。

(3) 用机加工的试样作拉伸试验, 以确定产品标准中所规定的性能。试验方法和性能的确定应按照这些试验方法的第 14 节。

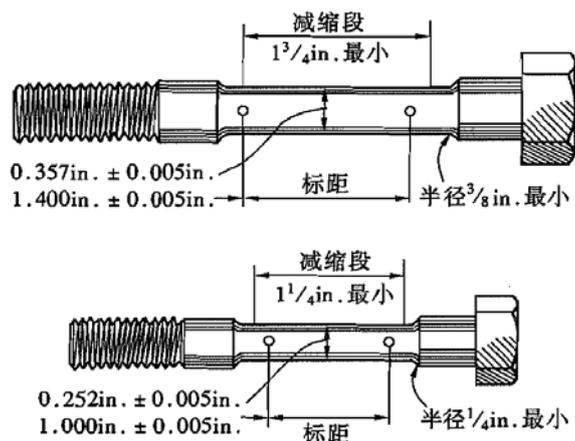
**A3.3 外螺纹紧固件的硬度试验**

**A3.3.1** 当规定时, 外螺纹紧固件应进行硬度试验。带六角形或方形头部的紧固件应进行布氏硬度或洛氏硬度试验。对于六角形和方形头螺栓, 应在扳拧凸台, 头部顶部, 无螺纹杆部, 螺栓末端或在仲裁位置处进行试验。对于螺柱, 没有平行扳拧凸台的产品, 以及除了六角形和方形之外的头部样式, 应在无螺纹杆部, 螺栓或螺柱的末端, 或在仲裁位置处进行试验。由于布氏载荷可能导致变形, 应小心操作以使得本试验满足这些试验方法第 17 章的要求, 此时布氏硬度试验是不切实际的, 应采用洛氏硬度试验来替代。洛氏硬度试验程序应满足这些试验方法第 18 章的要求。



注: 米制换算值为 1 in. = 25.40mm。

**图 A3.3 螺栓体车削小的螺栓拉伸试样**



注：米制换算值为 1 in. = 25.40mm。

图 A3.4 与标准的 2 英寸标距试样成比例的小尺寸试样例子

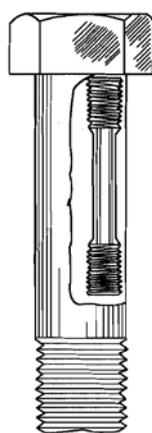


图 A3.5 由大规格螺栓车成标准的 2 英寸标距圆形拉伸试样的部位

**A3.3.2** 在卖方和买方之间存在分歧时，就仲裁而言外表车螺纹紧固件满足或超越产品标准的硬度范围时，通过任意选取的有代表性的紧固件试样在两个横截面上作硬度试验。应在图 A3.6 所示位置测定硬度值。所有硬度值都必须符合产品标准的硬度范围，以便试样所代表的紧固件认为是符合的。对这种分歧的仲裁规定不得用于验收已明确拒收的紧固件。

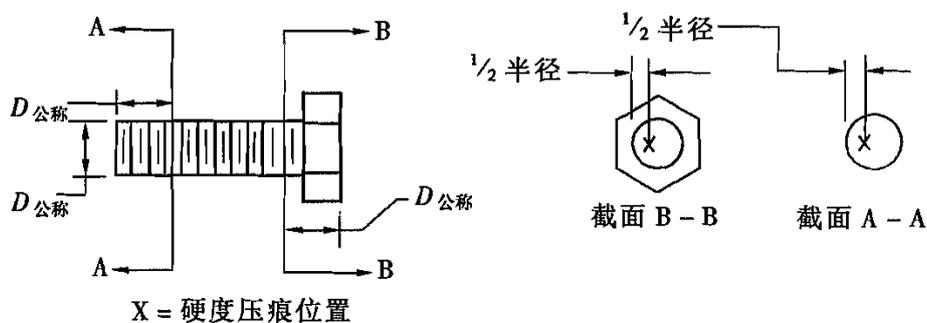


图 A3.6 有争议时螺栓硬度试验位置

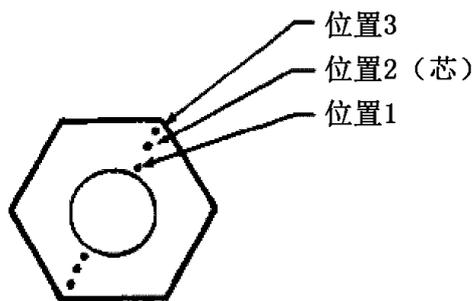


图 A3.7 硬度测试位置

### A3.4 螺母试验

**A3.4.1 硬度试验**——螺母的洛氏硬度应在螺母的顶面或底面上测定。布氏硬度应在螺母的侧面上测定。考虑到试验螺母的尺寸和级别，制造厂可以选择两种方法中的一种。当标准的布氏硬度试验导致螺母变形时，必需使用较小的负荷或用洛氏硬度代替。

**A3.4.2 横截面硬度试验**：除非采购定单，合同或产品规格书中另有规定，则认为要求的负载超过 160 000 lb 耐应力螺丝尺寸过大，并经过截面硬度测试。以螺母一半的高度，分割试样螺母。不需要对此试样钻螺纹，但是应作为生产批次的一部分，包括热处理。利用 Rockwell 硬度试验比例开展所有试验。以 180 度角度分别取三个读数（请见图 A3.7）。需要认证时，必须报告所有读数，并符合产品规格书中列出的要求。在以下位置，取螺母截面读数：

位置1：与主要直径或孔侧壁相近（如果有螺纹的话），但是不能近于压头直径的 2-1/2 倍。

位置2：在螺母芯或孔侧壁处和螺母拐角处（主要直径一半处）。

位置 3：与螺母拐角相近，但不能近于压头直径的 2-1/2 倍。

## A4 圆形线材制品

### A4.1 范围

**A4.1.1** 该附录包括了某些特殊产品的圆形线材制品的试验要求。该附录中包含的要求是规范中通用部分的补充。如果规范中通用部分与附录中的要求有冲突，应执行该附录要求。如果该附录中的要求与产品标准有冲突，应执行产品规范中的要求

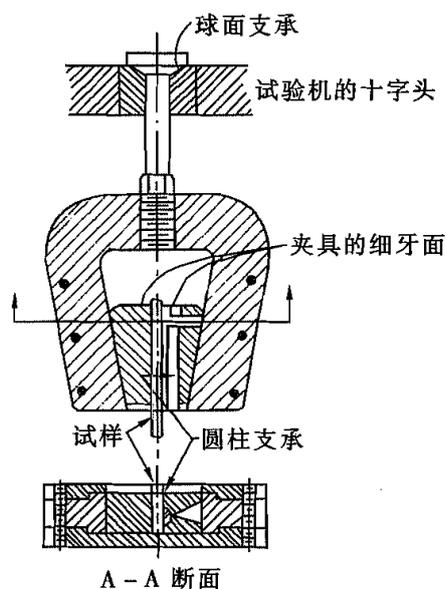
### A4.2 试验设备

**A4.2.1 夹紧装置**——应使用如图 A4.1 和图 A4.2 中所示楔块型或缓冲型的夹紧装置（注 A4.1）。当使用其中之一的夹紧装置时，应注意使试样的中心线大致位于试验机头部的中线上（注 A4.2）。当使用楔块型夹紧装置时，夹紧装置和试样间用的衬垫要有合适的厚度。

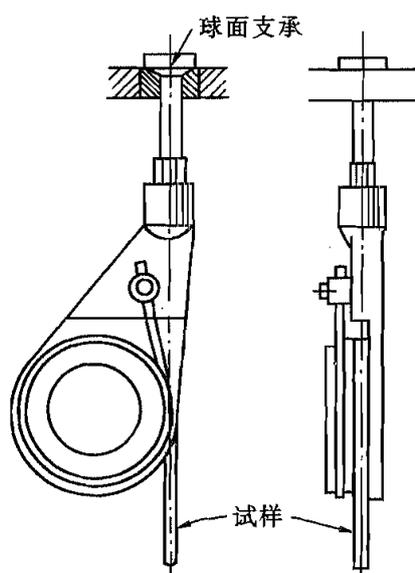
**注 A4.1**：试验机通常配备楔块型夹紧装置，不考虑试验机的型号，这些楔块型夹紧装置归类于楔块型夹紧装置

的“普通型”。在“普通型”楔块型夹紧装置中使用细的（180 或 240）金刚石砂布，使砂布与线材试样接触，在拉伸负荷加到约 1000 磅时有助于减少试样滑动和在夹紧装置边缘断裂。对“普通型”楔块型夹紧装置容易割伤线材试样边部的试验，使用缓冲型夹紧装置证明是令人满意的，在试验圆形线材时，在楔块型夹紧装置中使用圆筒形支座是可选的。

**注 A4.2:** 试验机任何引起负荷不沿中心线施加的缺点应予纠正。



**图 A4.1 楔块型夹紧装置**



**图 A4.2 缓冲型夹紧装置**

**A4.2.2 带顶尖千分尺**——试样在试验机中断裂后，为读出线材试样在断裂端的尺寸精确到 0.001in.(0.025mm)，应使用带顶尖主轴和合适底座的千分尺。

### A4.3 试样

**A4.3.1** 应采用它们所代表的具有线材全部横截面的试样。试样的标准标距为 10in. (254mm)。但是，如果不需要测定伸长率，可以使用任何合适的标距。试样的总长至少应等于标距 (10in.) 加上两倍所用夹紧装置满用长度。例如，根据所用试验机和夹紧装置的形式，对 10in. 标距试样，其最小总长度可从 14~24in. (360~610mm) 范围内变化。

**A4.3.2** 任何断在夹紧装置中的试样应报废并试验新的试样。

### A4.4 伸长率

**A4.4.1** 在确定永久伸长率时，应将断裂试样的两端仔细地拼合在一起，然后用分规和直尺或其他合适的装置，以 0.01in. (0.25mm) 的精度测量标距标记间的距离。伸长率是标距长度的增加，以原始标距的百分率表示。记录伸长率值时同时给出增加的百分率和原始标距。

**A4.4.2** 在测量总伸长率 (弹性伸长加上塑性伸长) 可使用自动记录仪和伸长仪。

**A4.4.3** 如果断裂发生在标距中间三分之一以外的地方，所得的伸长率值不能代表该材料。

### A4.5 断面收缩率

**A4.5.1** 将断裂试样的两端仔细地拼合在一起，并用带顶尖千分尺测量最小横截面的尺寸精确到 0.001in. (0.025mm)。

**A4.5.2** 由于测一缩小了的横截面很困难，线材直径小于 0.092in. (2.34mm) 的，不推荐做断面收缩率试验。

### A4.6 洛氏硬度试验

**A4.6.1** 直径等于或大于 0.100in. (2.54mm) 的热处理线材。试样在试验前打磨成两个平行的侧面。任何直径的冷拔线材或直径小于 0.100in. (2.54mm) 的热处理线材不推荐作硬度试验。对圆形线材，抗拉强度试验大大优先于洛氏硬度试验。

### A4.7 缠绕试验

**A4.7.1** 这个试验用作试验某些种类线材塑性的一种方法。

**A4.7.2** 试验是以密节距的螺旋线紧紧地围绕规定直径的芯棒缠绕线材到所要求的圈数。(除非另有规定，所要求圈数应是 5 圈)。缠绕可以用手动或机动装置来做。缠绕速度不超过每分钟 15 圈。芯棒直径应在有关线材产品标准中规定。

**A4.7.3** 被试线材应考虑到如果线材断裂或如果在第一圈完后用肉眼能看到出现任何纵向或横向裂纹而失败。第一圈就损坏的线材应再试，如果断裂是在开始试验时将线材弯曲到小于规定半径时发生的。

### A4.8 盘绕试验

**A4.8.1** 这个试验用来测定缺陷出现的程度在绕弹簧和弹簧拉伸过程中是否会引起裂纹或开裂。规定长度的线圈在规定直径的芯棒上紧密缠绕。然后，紧绕的线圈展开到规定的永久长度增加值，并检验节距的均匀性而无开裂或断裂。要求的芯棒直径、紧绕线圈的长度和永久的线圈延伸长度增加随线材直径，性能和类型而变。

## **A5 关于缺口试样冲击试验重要性的注释**

### **A5.1 缺口行为**

**A5.1.1** 通过施加简单的超负荷应力，夏比（摆锤单梁式）和 IZOD 型（悬臂梁式）缺口试样冲击试验能够显示出缺口行为（脆性对塑性）。确定的能量值要与所选试样成定量的对比，但不能转换成用于工程设计计算中的能量值。单个试验所表明的缺口行为仅适用于所研究的试样尺寸，缺口几何形状和试验条件，而不能引伸到其他尺寸的试样和试验条件。

**A5.1.2** 面心立方金属和合金，一大批非铁基材料和奥氏体钢的缺口行为可以从它们的普通拉伸性能来判别。如果在拉伸试验时它们是脆性的，则在缺口冲击试验时也是脆性的。如果拉伸试验时是塑性的，则在缺口冲击试验时也是塑性的；除非是特别尖或深的缺口（比标准的摆锤单梁式或悬臂梁式缺口试样严格得多）。甚至低温这些材料的这一特性也不改变。相反，铁素体钢在缺口条件下的行为，不能从拉伸试验显示的它们的性能来预测。对这些材料的研究，摆锤单梁式和悬臂梁式缺口冲击试验是很有用的。在拉伸试验时显示出正常塑性的一些金属，在缺口条件下试验和使用，可能还是以脆性形式破裂。缺口条件包括对在垂直于主应力或多向应力和应力集中方向上变形的限制。在这方面，摆锤单梁和悬臂梁式缺口冲击试验证明对确定钢的缺口脆性行为的敏感性是有用的，尽管它们不能直接用于评价结构的使用性能。

**A5.1.3** 试验机本身必须有足够的刚性，否则在高强度低能量材料试验时（或者由于摆锤轴升高，或者由于机器的基座下降）而导致过度的弹性损失。如果支座支架，摆锤打击刃口，或机器的基础螺栓固定不牢，对 80ft·lbf(108J) 范围内韧性材料的试验，实际上可能指示的数值会超过 90~100ft·lbf(122~136J)。

### **A5.2 缺口效应**

**A5.2.1** 缺口造成了在垂直于主应力方向上制约变形有关的多轴应力和缺口根部处的应力集中的叠加，一个严厉的缺口条件通常是不符合需要的，在这种情况下它真的变得很担心，因为它会触发一个突然而又彻底的脆性破坏。有些金属甚至在低于液态空气的低温下亦呈塑性变形，而另一些金属可能会脆断。这种性能上的不同通过研究材料的内聚强度（保持材料在一起的性能）和它与屈服点的关系将能更好地了解它。在脆性断裂的情况下，内聚强度在出现明显的塑性变形前就被超过，并

且断口呈结晶状。在塑性或剪切型断裂情况下，在最终断裂前产生大量变形，并且断裂表面呈纤维状而不是结晶状。在中间情况下，断裂发生在中等变形之后，并且其断口部分呈结晶状，部分呈纤维状。

**A5.2.2** 当对缺口试样施加负荷时，横对缺口根部有一个正应力，能引发断裂。使材料不发生解理断裂或保持其在一起的性质，就是“内聚强度”。当正应力超过内聚强度时试样就断裂。当试样没有变形就断裂，这就是脆性断裂情况。

**A5.2.3** 试验中，因为边界效应尽管不象实际使用时，在断裂之前常常发生塑性变形。除正应力外，所施加的负荷还会产生一个与正应力大约成 45 度的剪应力，剪应力一旦超过材料的剪切强度，弹性行为立即停止，而开始发生变形或塑性屈服。这就是塑性断裂情况。

**A5.2.4** 这种行为不论是脆性还是塑性，取决于正应力超过内聚强度是否在剪切应力超过剪切强度之前。缺口行为的一些重要事实是从这点得出的。如果缺口做得更尖锐或更深，缺口根部的正应力相对于剪切应力将会增大，试样将更趋向脆性断裂（见表 A5.1）。此外，当变形速度增加时，剪切强度也增大和脆性断裂的迹象也增加。反之，如提高温度，保持缺口形状和变形速度不变，则剪切强度下降，塑性行为提高，导致剪切断裂。

**A5.2.5** 缺口尺寸的变化严重影响试验结果。E4340 钢试样<sup>7</sup>的试验表明尺寸变化对夏比冲击试验结果的影响（见表 A5.1）。

**表 A5.1 标准试样上改变缺口尺寸的影响**

项目	高能量试样, ft·lb(J)	中能量试样, ft·lb(J)	低能量试样, ft·lb(J)
标准尺寸试样	76.0±3.8(103.0±5.2)	44.5±2.2(60.3±3.0)	12.5±1.0(6.9±1.4)
缺口深 0.084in.(2.13mm) <sup>A</sup>	72.2(97.9)	41.3(56.0)	11.4(15.5)
缺口深 0.0805in.(2.04mm) <sup>A</sup>	75.1(101.8)	42.2(57.2)	12.4(16.8)
缺口深 0.775in.(1.77mm) <sup>A</sup>	76.8(104.1)	45.3(61.4)	12.7(17.2)
缺口深 0.074in.(1.57mm) <sup>A</sup>	79.6(107.9)	46.0(62.4)	12.8(17.3)
缺口底面半径 0.005in.(0.127mm) <sup>B</sup>	72.3(98.0)	41.7(56.5)	10.8(14.6)
缺口底部半径 0.015in.(0.381mm) <sup>B</sup>	80.0(108.5)	47.4(64.3)	15.8(21.4)

<sup>A</sup> 标准 0.079±0.002in.(2.00±0.05mm)。

<sup>B</sup> 标准 0.010±0.001in.(0.25±0.025mm)。

### A5.3 尺寸效应

**A5.3.1** 增加试样的宽度或厚度导致承受变形的金属体积的增加，这将导致试样断裂时吸收能的增加。但是，尺寸的任何增大，特别是宽度，还会导致阻尼程度的增加并导致诱发脆性断裂，而可能降低吸收能量值。在标准尺寸试样接近于脆性断裂时，就更是这样，而两倍宽度的试样实际上所需

<sup>7</sup> Fahey, N. H., "Effects of Variables in Charpy Impact Testing," *Materials Research & Standards*, Vol 1, No. 11, November, 1961, p. 872.

的断裂能量比标准宽度试样要小。

**A5.3.2** 在研究不能使用标准试样的材料的尺寸效应时，例如材料为 1/4in. 板材，必需使用小尺寸试样。这种试样见（试验方法 E23 中图 6）是根据试验方法 E23 中的图 4 的 A 型试样制备的。

**A5.3.3** 用不同尺寸或形状的试样所得能量值间的一般关系是得不到的，但是，在对特定材料和特定试样进行的专门研究基础上可以建立有限的关系作标准用还是可以的。另一方面，在试验方法改变的相对效果的研究中，使用一些带某一选定缺口的任选试样进行评价将在多数情况下使这些方法用于其适用的订货单中。

#### **A5.4 试验条件效应**

**A5.4.1** 试验条件同样影响缺口行为。温度对钢材开缺口时的行为的影响是非常显著的，常常用检查试样断口和用在一系列温度下对缺口试样进行试验时能量值和断口形貌对应温度画成的曲线进行比较。当试验温度已经低到足以出现解理断裂时，冲击值会急剧下降，或会出现朝更低温度比较缓慢下降。这种能量值的下降是当试样开始出现一些结晶形貌断口时开始的。发生脆断效果的转变温度随零件或试样的尺寸和缺口几何形状有很大的变化。

**A5.4.2** 目前使用的转变温度的许多定义中的一些是：(1) 试样呈现 100% 的纤维状断口的最低温度；(2) 试样呈现 50% 结晶状和 50% 纤维状形貌断口的温度；(3) 对应获得 100% 和 0% 纤维状断口能量之差的 50% 能量值的温度，和 (4) 对应于某一规定能量值的温度。

**A5.4.3** 当高强度、低能量试样在低温下试验时，夏比冲击试验有一个特殊问题。这些试样不是在摆锤摆动方向离开试验机，而是从侧面方向脱离。为确保断成两半截的试样不回弹到机器的某些部件上和摆锤完成摆动之前碰到摆锤上，可能需要对一些老式的机器进行改造。这些改造随机器的设计而有所不同。不过，基本问题是一样的，那就是必须采取措施防止断裂了的试样回弹到摆动着的摆锤的任何部分上。若设计允许，断裂了的试样可以从机器的侧面弹出，在另一些设计中，可能需要将断裂了的试样保持在某一区域内，直到摆锤摆过支座。一些低能量高强度钢试样以超过 50ft (15.3m) /s 速度离开冲击试验机，尽管它们是用速度约 17ft (5.2m)/s 速度的摆动摆锤冲击的。如果断裂了的试样作用在摆锤上的力足够大，摆锤将会减速并且将会记录下不正确的偏大的能量值。这个问题说明由各种研究人员所报告的夏比冲击试验结果在 10~25ft·lf (14~34J) 范围内的许多自相矛盾之处。《试验方法 E23》的设备条文《关于试样间隙的条文》讨论了两种基本试验机的设计和减少干扰方面取得了令人满意的改进。

#### **A5.5 应变速度**

**A5.5.1** 应变速度同样是影响钢的缺口行为的一个变量。在转变温度以上冲击试验比静态试验呈现稍许高一些的能量吸收值，然而，在转变温度以下，在一些情况下，情况又反过来了。

**表 A6.1 碳钢与合金钢——材料常数  $a=0.4$ ，从直径  $1/2\text{in.}\times 2\text{in.}$  标距的标准拉伸试验试样  
改为标准的  $1/2\text{in.}\times 2\text{in.}$  和  $1\frac{1}{2}\text{in.}\times 8\text{in.}$  板型试样，折算百分数伸长率的乘法系数**

厚度, in.	$1/2\text{in.}\times 2\text{in.}$ 试样	$1\frac{1}{2}\text{in.}\times 8\text{in.}$ 试样	厚度, in.	$1\frac{1}{2}\text{in.}\times 8\text{in.}$ 试样
0.025	0.574	...	0.800	0.822
0.030	0.596	...	0.850	0.832
0.035	0.614	...	0.900	0.841
0.040	0.631	...	0.950	0.850
0.045	0.646	...	1.000	0.859
0.050	0.660	...	1.125	0.880
0.055	0.672	...	1.250	0.898
0.060	0.684	...	1.375	0.916
0.065	0.695	...	1.500	0.932
0.070	0.706	...	1.625	0.947
0.075	0.715	...	1.750	0.961
0.080	0.725	...	1.875	0.974
0.085	0.733	...	2.000	0.987
0.090	0.742	0.531	2.125	0.999
0.100	0.758	0.542	2.250	1.010
0.110	0.772	0.553	2.375	1.021
0.120	0.786	0.562	2.500	1.032
0.130	0.799	0.571	2.625	1.042
0.140	0.810	0.580	2.750	1.052
0.150	0.821	0.588	2.875	1.061
0.160	0.832	0.596	3.000	1.070
0.170	0.843	0.603	3.125	1.079
0.180	0.852	0.610	3.250	1.088
0.190	0.862	0.616	3.375	1.096
0.200	0.870	0.623	3.500	1.104
0.225	0.891	0.638	3.625	1.112
0.250	0.910	0.651	3.750	1.119
0.275	0.928	0.664	3.875	1.127
0.300	0.944	0.675	4.000	1.134
0.325	0.959	0.686	...	...
0.350	0.973	0.696	...	...
0.375	0.987	0.706	...	...
0.400	1.000	0.715	...	...
0.425	1.012	0.724	...	...
0.450	1.024	0.732	...	...
0.475	1.035	0.740	...	...
0.500	1.045	0.748	...	...
0.525	1.056	0.755	...	...
0.550	1.066	0.762	...	...
0.575	1.075	0.770	...	...
0.600	1.084	0.776	...	...
0.625	1.093	0.782	...	...
0.650	1.101	0.788	...	...
0.675	1.110	...	...	...
0.700	1.118	0.800	...	...
0.725	1.126	...	...	...
0.750	1.134	0.811	...	...

**表 A6.2 退火的奥氏体不锈钢——材料常数  $a=0.127$ ，从直径  $1/2\text{in.} \times 2\text{in.}$  标距的标准拉伸试验试样改为标准的  $1/2\text{in.} \times 2\text{in.}$  和  $1\frac{1}{2}\text{in.} \times 8\text{in.}$  板型试样，折算百分数伸长率的乘法系数**

厚度, in.	$1/2\text{in.} \times 2\text{in.}$ 试样	$1\frac{1}{2}\text{in.} \times 8\text{in.}$ 试样	厚度, in.	$1\frac{1}{2}\text{in.} \times 8\text{in.}$ 试样
0.025	0.839	...	0.800	0.940
0.030	0.848	...	0.850	0.943
0.035	0.857	...	0.900	0.947
0.040	0.864	...	0.950	0.950
0.045	0.870	...	1.000	0.953
0.050	0.876	...	1.125	0.960
0.055	0.882	...	1.250	0.966
0.060	0.886	...	1.375	0.972
0.065	0.891	...	1.500	0.978
0.070	0.895	...	1.625	0.983
0.075	0.899	...	1.750	0.987
0.080	0.903	...	1.875	0.992
0.085	0.906	...	2.000	0.996
0.090	0.909	0.818	2.125	1.000
0.095	0.913	0.821	2.250	1.003
0.100	0.916	0.823	2.375	1.007
0.110	0.921	0.828	2.500	1.010
0.120	0.926	0.833	2.625	1.013
0.130	0.931	0.837	2.750	1.016
0.140	0.935	0.841	2.875	1.019
0.150	0.940	0.845	3.000	1.022
0.160	0.943	0.848	3.125	1.024
0.170	0.947	0.852	3.250	1.027
0.180	0.950	0.855	3.375	1.029
0.190	0.954	0.858	3.500	1.032
0.200	0.957	0.860	3.625	1.034
0.225	0.964	0.867	3.750	1.036
0.250	0.970	0.873	3.875	1.038
0.275	0.976	0.878	4.000	1.041
0.300	0.982	0.883	...	...
0.325	0.987	0.887	...	...
0.350	0.991	0.892	...	...
0.375	0.996	0.895	...	...
0.400	1.000	0.899	...	...
0.425	1.004	0.903	...	...
0.450	1.007	0.906	...	...
0.475	1.011	0.909	...	...
0.500	1.014	0.912	...	...
0.525	1.017	0.915	...	...
0.550	1.020	0.917	...	...
0.575	1.023	0.920	...	...
0.600	1.026	0.922	...	...
0.625	1.029	0.925	...	...
0.650	1.031	0.927	...	...
0.675	1.034	...	...	...
0.700	1.036	0.932	...	...
0.725	1.038	...	...	...
0.750	1.041	0.936	...	...

## A5.6 与使用的关系

**A5.6.1** 尽管摆锤单梁式或悬臂梁式冲击试验不能直接预测钢的塑性或脆性行为，如通常以大重量使用的或如大型结构的部件就是这样，当已经建立了与可靠的使用行为的关系时，这些试验就能用作识别同一钢材的不同批次的验收试验或不同钢材间选择用。必须在室温以外正确选择的温度下进行试验。这时，全尺寸试样的使用温度或转变温度，因为试样尺寸和缺口几何形状不大一样，就不会得到所希望的摆锤单梁式或悬臂梁式冲击试验转变温度。化学分析，拉伸和硬度试验不可能指出影响脆性断裂敏感性的一些重要加工因素的影响，还有，它们也不包括低温诱发脆性行为的影响。

## A6 将标准圆形拉伸试样的伸长率转换成等量的标准板型试样伸长率的方法

### A6.1 适用范围

**A6.1.1** 本方法规定了将直径 0.500in. (12.7mm) 标距 2in. (51 mm) 的标准试样断裂后的百分数伸长率转换成 1/2in. 乘 2 in. 和 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>in. 乘 8in. (38.1 mm×203 mm) 标准板型试样伸长率的方法。

### A6.2 基本公式

**A6.2.1** 本方法中的转换数据是以 Bertella<sup>8</sup> 公式为基础，还使用了 Oliver<sup>9</sup> 和其他数据，直径 0.500in. 标距 2in. 标准试样和其他标准试样的伸长率间的相互关系可由下列公式计算：

$$e = e_o [4.47 (\sqrt{A})/L]^a \quad (\text{A6.1})$$

式中：e<sub>0</sub>=直径 0.500in. 标距 2in. 标准试样断裂后的百分数伸长率；

e=横截面积为 A，标距 L 的标准试样断裂后的百分数伸长率；

a=试验材料的特性常数。

### A6.3 应用

**A6.3.1** 使用上述公式时，常数 a 表示试验材料的特性。对热轧，热轧加正火，或退火状态，进行或未进行回火的，抗拉强度在 40000~85000psi(275~585MPa) 范围内的碳素钢、碳锰钢、钼钢和铬相钢，用 a=0.4 这一值均可得到满意的转换结果。请注意冷减缩的和淬火加回火状态的除外。对退火的奥氏体不锈钢，用 a=0.127 这一值能得到满意的转换结果。

**A6.3.2** 表 A6.1 就是取 a=0.4，用直径 0.500in. (12.7 mm) 标距 2in. (51mm) 的标准试样作为参照试样计算出来的。在直径 0.350in.(8.89mm) 标距 1.4in. (35.6mm) 和直径 0.250in. (6.35mm) 标距 1.0in. (25.4mm) 的小尺寸试样情况下，公式中的系数是 4.51 而不是 4.470 使用表 A6.1 产生的小小误差，对小尺寸试样可以忽略不计。退火奥氏体钢用的表 A6.2 是取 a =0.127，用直径 0.500in. 标距 2in. 的试

<sup>8</sup> Bertella, C. A., *Giornale del Genio Civile*, Vol 60, 1922, p. 343.

<sup>9</sup> Oliver, D. A., *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 1928, p. 827.

样作为参照试样计算出来的。

**A6.3.3** 用直径 0.500in.标距 2in.的标准试样给的伸长率,乘以表 A6.1 和表 A6.2 所列的系数,就可换算成 1/2in.×2in.或 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>in.×8in.(38.1mm×203mm)板型试样的伸长率。

**A6.3.4** 这些伸长率的换算不用于宽度比大于 20 的麻样,如厚度小于 0.025in.(0.635mm)的薄片试样。

**A6.3.5** 在规定的范围内这种换算认为是可靠的,并且通常可以用在本标准文件中,以表示《试验方法 A370》中包括的几种 ASTM 标准拉伸试样的等值伸长率要求,但必需考虑取决于所生产材料厚度的冶金产应。

## **A7 用于预应力混凝土的多股钢丝绳的试验方法**

**该附件被 a1061 / a1061m 替代试验方法,并且对于张力测试多绞线预应力的程序已被集成到相关产品规格。**

## **A8 试验数据的圆整**

### **A8.1 圆整**

**A8.1.1** 测定值或计算值应根据所用产品标准进行圆整。当没有规定的圆整方法时,应采用实用规程 E29 的圆整方法进行圆整。

**A8.1.1.1** 当按照实用规程 E29 的规则确定时,数值可向上圆整或向下圆整。

**A8.1.1.2** 在圆整数字“5”这一特殊情况时,当“5”后面除了 0 外没有另外的数字时,如果遵照实用规程 E29 将导致材料拒收,应向标准极限值方向进行圆整。

**A8.1.2** 圆整试验数据的报告值的推荐值在表 A8.1 中列出。这些数值设计成报告时和数据保存时保持一致,并应用于所有情况,除非它们同产品标准的特殊要求相矛盾。

表 A8.1 试验数据圆整的推荐值

试验项目	试验数据范围	圆整值 <sup>A</sup>
屈服点	<50000lb/in. <sup>2</sup> (<50ksi)	100psi(0.1ksi)
	50000~<100000lb/in. <sup>2</sup> (50~100ksi)	500psi(0.5ksi)
屈服强度	100000lb/in. <sup>2</sup> 及以上 (100ksi及以上)	1000psi(1.0ksi)
抗拉强度	<500MPa	1MPa
	500~<1000MPa	5MPa
	>1000MPa	10MPa
伸长率	0~10%	0.5%
	10%及以上	1%
断面收缩率	0~<10%	0.5%
	10%及以上	1%
冲击功	0~240ft·lbf(或 0~325J)	1in.·lb(或 1J) <sup>B</sup>
布氏硬度	各种数值	表值 <sup>C</sup>
洛氏硬度	各种数值	1个洛氏硬度

<sup>A</sup> 将试验数据圆整到该行数值中最接近的整倍数。如果数值正好介于两上圆整值之间，则应按照 8.1.1.2 圆整。

<sup>B</sup> 这些单位不是当量值，因而对每个单位来说，在同内都有圆整值问题（1 ft·lbf=1.356J）。

<sup>C</sup> 将布氏硬度压痕的平均直径圆整到最接近的 0.05 毫米，并报告从表中数字确定对应的布氏硬度数值，不需再进一步圆整。

**注 A8.1:** 每当有可能时，为使累计误差减少到最低程度，数值应至少进位到中间计算过程中（例如从负荷和面积的量值计算应力）最终（圆整）数值外的一位数字，在最后一道工序时进行圆整。精确度可能小于由有效数字的数目所蕴涵的。

## A9 试验钢筋的方法

包含在本附件的钢筋的试验要求已经整合到相关的产品规格。

## A10 热循环模拟试验的使用和控制规程

### A10.1 目的

**A10.1.1** 当采用热循环模拟试验做法时，保证生产锻件和代表锻件的试样得到同样的和能再现的热处理。

### A10.2 适用范围

**A10.2.1** 实际的生产时间——温度曲线（原始控制图表）的形成和编成文件。

**A10.2.2** 在生产锻件的热处理过程中对再现原始控制图表进行控制。（在 A1.2.1 过程中确定的重要参数内的热处理）。

**A10.2.3** 热模拟装置程序图表的准备。

**A10.2.4** 在由 ASME 规范确立的范围内，监督和检验热模拟循环。

**A10.2.5** 所有控制、检验、图表和曲线要编成文件并保存。

### **A10.3 引用文件**

#### **A10.3.1 ASME 标准**

ASME 锅炉及压力容器规范第 III 卷的最新版本。

ASME 锅炉及压力容器规范第 VIII 卷第 2 册的最新版本。

### **A10.4 术语**

#### **A10.4.1 定义:**

**A10.4.1.1** 原始控制图表——基本上与其所代表的生产锻件相一致的锻件所受热处理的记录。它是一张时间和热电偶输出所指时间和温度的图表，热电偶在指定的试验浸没（immersion）和试验部位埋入锻件。

**A10.4.1.2** 程序图——给模拟装置拟定程序用的金属化薄片，将原始控制图表的时间-温度数据人工移植到程序图上。

**A10.4.1.3** 模拟装置图——试样在模拟装置中经受的热处理记录，它是时间-温度图表，并可直接与原始控制图表对再现的精确性进行比较。

**A10.4.1.4** 模拟装置的热循环——组试样在模拟装置中的一次连续热处理过程。这个循环包括从环境温度开始加热、在热处理温度下保温和冷却。例如，一组试样模拟奥氏体化和淬火是一次热循环；同一组试样模拟回火是另一次热循环。

### **A10.5 方法**

#### **A10.5.1 原始控制图表的产生。**

**A10.5.1.1** 热电偶应埋入取得原始控制图表的每一个锻件。用足够清楚地确定加热、保温和冷却过程各个方面的高分辨能力的记录仪监督温度。所有图表记录永久保存所要求的所有相应的资料和识别标记清楚地识别。

**A10.5.1.2** 如果材料标准要求测试部位相互 180 度分开，则热电偶应相互 180 度分开埋入试样。

**A10.5.1.3** 应绘制一张原始控制图表（或两张如果根据 A10.5.3.1 的要求）代表基本上相同的锻件（同一尺寸和形状）。锻件的尺寸和几何形状（超过粗加工公差）的任何改变必须绘制新的原始控制冷却曲线。

**A10.5.1.4** 如果每一控制锻件（180 度分开）和所达到的冷却速率不同需要一条以上的曲线，那么保守的那条曲线用作控制曲线。

**A10.5.2** 生产锻件热处理参数的再现性。

**A10.5.2.1** 属于原始控制锻件淬火和回火的所有资料应记录在类似于表 A10.1 所示的适当的永久记录表上。

**A10.5.2.2** 属于生产锻件淬火和回火的所有资料应作适当记录，最好记在类似于 A10.5.2.1 所用的表格纸上。生产锻件的淬火记录应保存以便将来参考。原始控制锻件的淬火和回火记录应作为永久记录保存。

**A10.5.2.3** 原始控制锻件记录的复印件应与生产锻件的热处理记录一起保存。

**A10.5.2.4** 热处理记录中列出的重要参数应控制在生产锻件所给参数之内。

**A10.5.2.5** 每一生产锻件淬火前淬火介质的温度应等于或低于原始控制锻件淬火前的淬火介质的温度。

**A10.5.2.6** 生产锻件从打开炉门到淬火所用的时间不应超过原始控制锻件所用的时间。

**A10.5.2.7** 如果时间参数超过从打开炉门到开始淬火的时间，将锻件放回炉中并加热到同等的温度。

**A10.5.2.8** 由同一原始控制锻件代表的所有锻件应以朝淬火槽表面一致的位向淬火。

**A10.5.2.9** 所有生产锻件应在同一淬火槽中淬火，并用与原始控制锻件同样的搅动动作。

**A10.5.2.10** 热处理参数的一致性——(1) 生产锻件和用于确立生产锻件模拟循环的原始控制锻件间实际热处理温度的差对淬火循环不应超过 $\pm 25^{\circ}\text{F}$  ( $\pm 14^{\circ}\text{C}$ )。 (2) 生产锻件的回火温度不应下降到低于原始控制锻件的实际回火温度。 (3) 在一个生产装炉中在每一锻件上至少放一个表面接触热电偶。在一个时间温度记录仪上对所有表面热电偶记录温度，并且这种记录应作为永久性文件保存。

**A10.5.3** 热循环的模拟

**A10.5.3.1** 从原始控制图表记录的数据制作程序图表。所有试样应给予与生产锻件相同的高一地 AC1 时的加热速度、相同的保温时间和相同的冷却速度。

**A10.5.3.2** 应重复原始控制图表的高于 AC1 的加热过程，保温过程部分和冷却部分，为充分核实模拟热处理应确立 (a) ~ (c) 中规定的温度和时间的许用范围。

(a) 对淬火和回火锻件和棒材试件热处理的热循环模拟——如果锻件和棒材的冷却速度数据和试样的冷却速度控制装置都是现有的，试样可以在装置中热处理。

(b) 试件应基本上加热到锻件或棒材相同的最高温度。试件应以相似于且不比代表试验部位的冷却速度快的速度冷却并应是在冷却开始后的所有温度下在  $25^{\circ}\text{F}$  ( $14^{\circ}\text{C}$ ) 和 20s 内。试件随后应与低于临界温度的热加工，包括回火和模拟焊后热处理相一致的热处理。

(c) 试样的模拟焊后热处理(对铁素体钢锻件和棒材)——除公称厚度或直径不大于 2in.(51 mm) 的碳钢(规范第 IX 卷的 P-No.1)锻件和棒材外，试样应模拟锻件和棒材在加工过程中受到的任何低

于临界温度的热加工的热处理。模拟热处理应使用订货单中规定的温度、保温时间和冷却速度。试验材料的总保温时间至少应是锻件和棒材在焊后热处理过程中所经受的总保温时间的 80%。试样的总保温时间可以在一个热处理循环中完成。

**表 A10.1 热处理记录——重要参数**

项目	原始控制 锻件	生产锻件 1	生产锻件 2	生产锻件 3	生产锻件 4	生产锻件 5
程序图编号						
热处理的实际温度和在该温度下的时间						
冷却方法						
锻件厚度						
热电偶浸没						
是否在缓冲垫下（是/不是）						
锻件号						
产品						
材料						
热电偶——0 度位置						
热电偶——180 度位置						
淬火槽号						
热处理日期						
炉子号						
一个操作过程号						
热处理操作者						
开始淬火介质温度						
从炉子到淬火槽时间						
1000°F（538°C）以上加热速度						
淬火 5min 后取出时温度						
锻件淬火时位向						

**A10.5.3.3** 在模拟装置中进行热处理前，试样应机加工到标准尺寸，该尺寸足够随后去掉脱碳层和氧化层。

**A10.5.3.4** 每一个试样至少用一个热电偶来连续记录独立的外部温度监督源上的温度。由于一些设备的加热室的灵敏度和设计特性，强制性控制和监督热电偶的测温连接点相对于热源（一般是红外灯泡）常常处于同一相应位置。

**A10.5.3.5** 应对每一单独试样进行识别，并且这种识别应清楚地表示在模拟装置图表上和模拟循环记录上。

**A10.5.3.6** 按照 A10.5.3.2（a）应将模拟装置的图表与原始控制图表就模拟淬火再现的精确性进行比较。如果任一试样没有在温度和时间的合格范围内进行热处理，这个试样报废并重新加工一个试样

代替。这种偏离原始控制图表的情况和原因的文件应在模拟装置图表和对应的不一致性报告上指出。

#### **A10.5.4 重新热处理和复试：**

**A10.5.4.1** 在试验失败的情况下，应按照材料标准提出的规则进行复试。

**A10.5.4.2** 如果允许复试，新的试样应进行与原先处理相同的热处理。它代表受到相同热处理的生产锻件。如果试验合格，则锻件可验收。如果试验不合格，则锻件报废或许可进行重新热处理。

**A10.5.4.3** 如果允许重新热处理，按下列方法进行（1）重新热处理与原先的热处理相同（保温时间、温度、冷却速度）：用从尽可能靠近原先试样部位取的新试样，重复奥氏体化和淬火循环二次，随后进行回火循环（二次淬火加一次回火）。生产锻件与它的试样一样进行二次淬火和一次回火。（2）用新的热处理操作进行重新热处理。保温时间、温度或冷却速度的任何改变构成新的热处理操作。产生新的原始控制曲线和如原先规定的那样进行模拟和试验。

**A10.5.4.4** 总之，每一试样和它对应的锻件应作同样的热处理或热处理；否则试验无效。

**A10.5.5** 热循环模拟资料的保存、撤销和编成文件——有关热循环模拟试验的所有记录应保存和保管 10 年或由用户指定。资料应编成所有的做法都能用足够的文件记录来证实。

## 参考文献

- (1) Griffin, J.A., “ASTM A370表9内所示小尺寸试样的换算因子可靠性评估的文献评论,”  
([https://www.sfsa.org/sfsa/pubs/misc/Report to ASTM Table 9 TG Table 9 only version 2.pdf](https://www.sfsa.org/sfsa/pubs/misc/Report%20to%20ASTM%20Table%209%20TG%20Table%209%20only%20version%202.pdf)).
- (2) Lucon E., McCowan C.N., 和Santoyo R.L. “标准试样, 小尺寸试样和微型夏比试样方式表征4340和T200钢的冲击性,” *NIST技术通知1858*.
- (3) Lucon E., McCowan C.N., Santoyo R.L. “标准试样, 小尺寸试样和微型夏比试样方式表征管线0钢的冲击性,” *NIST 技术通知1865*.



## 变更一览表

A01 委员会标示出本规范上一版本（A370-16）中可能会影响本规范使用的部分，并作出更改（2017年1月1日批准）。

(1) 增加了第30节。

(2) 修订了第32节

A01 委员会标示出本规范上一版本（A370-15）中可能会影响本规范使用的部分，并作出更改（2016年5月1日批准）。

(1) 删除了以前的附录7和9。

(2) 增加精度和偏差声明（第30节）。

(3) 修订附件 A3 允许测试部分大于 8 英寸长使用方法 1。

A01 委员会标示出本规范上一版本（A370-14）中可能会影响本规范使用的部分，并作出更改（2015年11月1日批准）。

(1) 修订了 27.1, 14.3。

(2) 修订了表9的脚注A。

(3) 增加了参考文献章节。

(4) 第2章增加了A1058。

(5) 增加了 1.5.1.

A01 委员会标示出本规范上一版本（A370-13）中可能会影响本规范使用的部分，并作出更改（2014年5月15日批准）。

(1) 修订19.1节。

(2) 注8中额外增加一段。

(3) 修订A3.3.1中硬度试验位置。

(4) 表A5.1第二列中将“高能量试样”改为“中能量试样”。