

ISO

国 际 标 准

第二版  
1998年3月1日

---

金属材料 —  
室温拉伸试验方法

Metallic materials —  
Tensile testing at ambient temperature

---

国际标准

## 国 际 标 准

# 金属材料 — 室温拉伸试验方法

Metallic materials —  
Tensile testing at ambient temperature

翻译单位 上海晨辉公司

翻译 潘志刚

校对 王允金

编辑 陈君

2009 年 10 月

## 前言

ISO（国际标准化组织）是由国家标准化机构（ISO 成员团体）组成的世界性联合会。制定国际标准的工作通常由 ISO 技术委员会来执行。各成员团体若对某技术委员会确定的项目感兴趣，均有权参加该委员会的工作。与 ISO 保持联系的国际组织（官方的和非官方的）也可参加有关工作。在电工技术标准化方面，ISO 与国际电工委员会（IEC）保持密切合作关系。

由技术委员会通过的国际标准草案提交各成员团体投票表决。国际标准草案需取得至少 75% 参加表决成员团体的同意，才能作为国际标准正式出版。

国际标准 6892 由 ISO/TC164 金属力学性能技术委员会 SC1 单轴试验分会编制。

经过技术上的修订，第 2 版取代了第 1 版（ISO 6892:1984）。

附录 A 到附录 D 是本国际标准的组成部分。附录 E 到附录 L 仅作为参考用。

## 引言

在本国际标准的编制和试验速率讨论期间，决定建议日后优先进行应变速率的控制。

## 目录

条款	页码
1 范围 .....	7
2 引用标准 .....	7
3 原理 .....	7
4 定义 .....	7
5 符号和说明 .....	9
6 试样 .....	9
6.1 形状和尺寸 .....	10
6.2 类型 .....	12
6.3 试样制备 .....	12
7 原始横截面 (SO) 的测定 .....	12
8 原始标距 (LO) 的标记 .....	12
9 试验装置的精确度 .....	13
10 试验条件 .....	13
10.1 试验速率 .....	13
10.2 夹持方法 .....	14
11 断裂之后的伸长百分率 (A) 的测定 .....	14
12 最大力时总伸长率 (AGT) 的测定 .....	15
13 规定非比例延伸强度 (RP) 的测定 .....	15
14 弹限强度, 总拉伸 (RT) 的测定 .....	16
15 永久变形强度 (RR) 的验证方法 .....	16
16 断面收缩率 (Z) 的测定 .....	16
17 性能测定结果的准确度 .....	16
18 试验报告 .....	16

附录 A (标准性附录) 用于薄型产品的试样类型: 介于 0.1 毫米到 3 毫米厚度之间的薄板、钢带和钢板.....	23
附录 B (标准性附录) 直径或厚度小于 4 毫米的钢丝、棒钢和型钢使用的试样类型.....	25
附录 C (标准性附录) 厚度等于或大于 3 毫米的薄板和扁材以及直径或厚度等于或大于 4 毫米的线材、棒材和型材使用的试样类型 .....	25
附录 D (标准性附录) 管材使用的试样类型 .....	28
附录 E (资料性附录) 断后伸长率规定值小于 5% 的情况下测定应采取的预防措施 .....	29
附录 F (参考性附录) 计算矩形截面试样长度的列线图 .....	29
附录 G (资料性附录) 根据原始标距长度的细分测量断裂后的伸长率 .....	31
附录 H (资料性附录) 人工方法测定棒材、线材、棒材等长型材的最大力时总伸长率 ..	32
附录 J (资料性附录) 误差累计方法估计拉伸试验的测量不确定度 .....	33
附录 K (资料性附录) 拉伸试验的精密度——根据实验室间试验方案的结果.....	36
附录 L (资料性附录) 参考文献.....	40

© ISO 1998

版权所有。未经出版商书面许可，不得对本出版物的任何部分以任何形式（电子或机械）进行复制或使用，包括影印或缩微。

国际标准化组织瑞士

日内瓦

20 • 56 • CH-1211信箱

电子信箱: central @iso.ch

X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

瑞士印制

# 金属材料 — 室温拉伸试验方法

## 1 范围

本国际标准介绍了金属材料拉伸试验的方法并定义了在室温下可测定的机械性能。

## 2 引用标准

通过本标准的引用，以下标准文件所包含的条文构成了此国际标准本部分的条文。本标准出版时，所示版本均有效。所有标准以修订本为准，并且鼓励此国际标准本部分的各协议方探讨尽可能使用下列标准最新版本。ISO 和 IEC 成员持续当前有效国际标准的登记。

ISO 286-2:1988 ISO 极限与配合制 — 第 2 部分：

孔和轴的标准公差等级和极限偏差表。

EN ISO 377,1997 钢和钢制品 机械试验的取样和试样的定位和准备 (ISO 377:1997)

EN ISO 2566-1: 1984, 钢 — 延伸率的变化 — 第 1 部分：碳钢和低合金钢

EN ISO 2566-2: 1984, 钢 — 延伸率的变化 — 第 2 部分：奥氏体钢

EN ISO 7500-1, 1986, 金属材料 - 静态单轴向试验机的验证 第一部分：拉伸试验机。

EN 9513-1) 金属材料 单轴试验用引伸计的检验

## 3 原理

为测定在第 4 条中所定义的一个或更多的机械性能，试验含有通过拉伸作用力使试样发生形变，一般情况下拉伸至断裂。

除非另有说明，在 10°C 到 35°C 的室温中进行试验。在已控制的条件下所进行的试验应该处于 23°C ± 5°C 的温度下。

1) 即将出版。(ISO 9513:1989 的修订版)

## 4 定义

以下定义适用于本国际标准。

### 4.1 gauge length

**标距长度 (L):** 测量伸长用的试样圆柱或者棱柱部分的长度。尤其两者间有区别：

#### 4.1.1 original gauge length

**原始标距长度 (L<sub>0</sub>):** 施力前的试样标距。

#### 4.1.2 final gauge length

**最终标距长度 (L<sub>u</sub>):** 试样断裂之后的标距长度 (参见 11.1)。

## 4.2 parallel length

平行长度 (L<sub>c</sub>): 试样减少部位的平行部分。

备注—未加工试样的夹具间距离的概念取代平行长度的概念。

## 4.3 elongation

伸长: 试验期间任一时刻原始标距长度 (L<sub>0</sub>) 的增量。

## 4.4 percentage elongation

伸长率: 原始标距伸长与原始标距(L<sub>0</sub>) 之比的百分率。

### 4.4.1 percentage permanent elongation

永久伸长百分率: 去除指定应力后试样原始标距长度中的增加值 (参见 4.9), 用原始标距长度 (L<sub>0</sub>) 的百分率来表示。

### 4.4.2 percentage elongation after fracture

断裂之后的伸长百分率 (A): 断裂后标距长度的永久伸长率 (L<sub>u</sub> - L<sub>0</sub>), 用原始标距长度 (L<sub>0</sub>) 的百分比来表示

对于比例试样, 只有当原始标距长度不是  $5, 65 \sqrt{S_0}^2$ , (S<sub>0</sub>为平行长度的原始横截面面积), 符号 A 应附加以下脚注说明采用的比例系数, 例如:

A<sub>11.3</sub> 表示原始标距(L<sub>0</sub>)为  $11.3 \sqrt{S_0}$  的断后伸长率。

对于非比例试样, 符号 A 应附加脚注说明所使用的原始标距, 以毫米 (mm) 表示, 例如: A<sub>80mm</sub> 表示原始标距(L<sub>0</sub>)为 80mm 的断后伸长率。

### 4.4.3 percentage total elongation at fracture

断裂总伸长百分率 (A<sub>t</sub>): 断裂时原始标距长度的总伸长 (弹性伸长加塑性伸长) 与原始标距长度 (L<sub>0</sub>)之比的百分率。

---

注2):  $5, 65 \sqrt{S_0} = 5 \sqrt{\frac{4S_0}{\pi}}$

### 4.4.4 percentage elongation at maximum force

最大力时伸长率: 最大力时原始标距的伸长与原始标距 (L<sub>0</sub>) 之比的百分率, 应区分最大力总伸长率 (A<sub>gt</sub>) 和最大力非比例伸长率(A<sub>g</sub>) (见图 1)。

## 4.5 extensometer gauge length

引伸计标距长度 (L<sub>e</sub>): 用引伸计测量试样延伸时所使用试样平行部分的长度。

测定屈服强度和弹限强度时, 推荐L<sub>e</sub>≥L<sub>0</sub>。

在测量最大力“时”或“之后”的参数, 推荐 L<sub>e</sub> 等于 L<sub>0</sub> 或近似等于 L<sub>0</sub>。

## 4.6 extension

延伸: 试验期间任一给定时刻引伸计标距长度 (L<sub>e</sub>)中的增量。

### 4.6.1 percentage permanent extension

永久拉伸率: 去除施加并卸除应力后的试样, 在引伸计标距长度中的增加值与引伸计标距长度 (L<sub>e</sub>)之比的百分率。

#### 4.6.2 percentage yield point extension

**屈服点延伸率 (Ae):** 呈现不连续屈服现象的金属材料, 屈服开始至均匀加工硬化开始之间引伸计标距的延伸与引伸计标距 (Le) 之比的百分率。

#### 4.7 percentage reduction of area

**断面收缩率 (Z):** 断裂后试样横截面积的最大缩减量 (So - Su), 与原始横截面 (So) 之比的百分率。

#### 4.8 maximum force

**最大力 (Fm):** 试样在屈服阶段之后所能抵抗的最大力。

对于无明显屈服 (连续屈服) 的金属材料, 为试验期间的最大力。

#### 4.9 stress

**应力:** 试验期间任一时刻的力除以试样的原始横截面 (So) 之商。

##### 4.9.1 tensile strength

**拉伸强度 (Rm):** 相应最大力的应力 (Fm)。

##### 4.9.2 yield strength

**屈服强度:** 当金属材料呈现屈服现象时, 在试验期间达到塑性变形发生而力却不增加的应力点。应区分上屈服强度和下屈服强度:

###### 4.9.2.1 upper yield strength

**上屈服强度 (ReH):** 试样发生屈服而力首次下降前的最高应力 (参见图 2)。

###### 4.9.2.2 lower yield strength

**下屈服强度 (ReL):** 在塑性拉伸期间, 不计初始瞬值效应时的最低应力 (参见图 2)。

#### 4.9.3 proof strength, non-proportional extension

**弹限强度, 非比例拉伸强度 (Rp):** 非比例延伸率与引伸计标距长度 (Le) 规定的百分率相等时的应力 (参见图 3)。所用符号应附以下脚注说明所规定的百分率, 例如:  $R_{p0.2}$ .

#### 4.9.4 proof strength, total extension

**弹限强度, 总延伸强度 (Rt):** 总延伸率 (弹性拉伸和塑性拉伸) 等于规定的引伸计标距 (Le) 百分率时的应力 (参见图 4)。所用符号应附以下脚注说明所规定的百分率, 例如:  $R_{t0.5}$ .

#### 4.9.5 permanent strength

**永久变形强度 (Rr):** 卸除应力之后, 尚未超出指定的永久伸长率或拉伸率时所对应的应力。上述伸长率和拉伸率分别以原始标距长度 (Lo) 或引伸计标距长度 (Le) 的百分率表示 (参见图 5)。

所用符号所附的下标提供了原始标距长度 (Lo) 或引伸计标距长度所规定的百分率 (Le), 例如:  $R_{r0.2}$ .

## 5 符号和说明

表 1 中介绍了符号及其相应的说明。

## 6 试样

## 6.1 形状和尺寸

### 6.1.1 概述

试样的形状和尺寸取决于金属制品的形状和尺寸，从该金属制品中获取试样。

一般情况下，通过对制品、压制毛坯或铸件进行加工可获取试样。而恒定横截面（型钢、棒钢和钢丝等）和试样铸件（即用于铸铁和非铁合金）无须加工便可进行试验。

试样的横截面可以为圆形、正方形、矩形和环形等，在特殊情况下也可以为其他形状。

试样的原始标距长度通过等式  $L_0 = K \sqrt{S_0}$  与原始横截面成比例关系，该试样被称为比例试样。国际上所使用的  $K$  值为 5,65。原始标距长度至少为 20 毫米。如果试样的横截面过小而在要求范围内与系数  $K$  的值 5,65 不符，那么可以使用一个较大值（最好为 11,3）或使用非比例试样。

对于非比例试样而言，原始标距长度 ( $L_0$ ) 单独从原始横截面 ( $S_0$ ) 上获取。

试样的尺寸公差须符合相应的附录（参见 6.2）。

表 1 符号及名称

参考号 <sup>1</sup>	符号	单位	说明
1	$a^2$	mm	试样 平试样厚度或管壁厚度
2	$B$	mm	平行长度的平试样的宽度、或者是管的纵向剖条宽度、或者扁丝宽度
3	$D$	mm	圆形横截面试样平行长度、或者是圆线直径、或者是管内径
4	$D$	mm	管外径
5	$L_0$	mm	原始标距长度
—	$L_0'$	mm	测定 $A_g$ 的原始标距
6	$H$	mm	平行长度
—	$L_e$	mm	引伸计标距
7	$K$	mm	试样总长度
8	$L_u$	mm	断后标距
—	$L'u$	mm	用于 $A_g$ 的断裂后的最终标距长度（参见附录 H）
9	$S_0$	mm <sup>2</sup>	平行长度的横截面积
10	$S_u$	mm <sup>2</sup>	断裂后的最小横截面积
—	$k$	—	比例系数
11	$z$	%	面积收缩率: $\frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100$

12 — — 夹持端

表 1 (续)

参考号1	符号	单位	说明
13	—	mm	伸长率 断裂后的伸长率:
14	$A^*)$	%	断裂后的伸长率: $\frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$
15	<b>K</b>	%	屈服点延伸率
—	$\Delta L_M$	mm	最大力时总拉伸
16	$A_g$	%	最大力 ( $F_m$ ) 非比例伸长率
17	$A_{gt}$	%	最大力 ( $F_m$ ) 总伸长率
18	$A_t$	o/o	断裂时的总伸长率
19		o/o	特定百分率非比例拉伸
20		%	总拉伸百分率 (参见 $R_t$ )
21		%	特定永久变形拉伸或伸长百分率 力
22	$F_m$	N	最大力 屈服强度-弹限强度-抗拉强度
23	$R_{eH}$	$N/mm^2$	上屈服强度
24	$R_{eL}$	$N/mm^2$	下屈服强度
25	$R_m$	$N/mm^2$	抗拉强度
26	$R_p$	$N/mm^2$	弹限强度, 非比例拉伸
27	$R_r$	$N/mm^2$	永久变形强度
28	$R_t$	$N/mm^2$	弹限强度, 总拉伸
—	$E$	$N/mm^2$	弹性系数

1) 参照图 1 至 13  
 2) 符号 **T** 也在钢管产品标准中使用。  
 3) 参照 4.4.2  
 4)  $1 N/mm^2 = 1 MPa$

### 6.1.2 已加工试样

如已加工的试样尺寸不同, 已加工试样须要在夹持端和平行长度之间建立过渡曲线。过

过渡半径的尺寸可能很关键, 如在相关附录中未提供该尺寸则建议在材料规格中加以详细说明(参见 6.2)。

试样夹持端的形状应适合试验机的夹头。试样轴线应与力的作用线重合。

一般情况下, 试样平行长度 ( $L_c$ ) 大于原始标距长度 ( $L_o$ ), 或者在试样没有过渡曲线的情况下, 夹具之间的自由长度一般也要大于原始标距长度 ( $L_o$ )。

### 6.1.3 未加工试样

如试样由制品的未加工长度或未加工的试验钢棒组成, 夹具之间的自由长度对刻度标记而言够长可与夹具形成合理的间距(参见附录 A 和 D)。

试样铸件将在夹持端和平行长度之间建立一个过渡半径。此过渡半径的尺寸相当关键, 建议在制品标准中详细说明。试样夹持端的形状应适合试验机的夹头。平行长度 ( $L_c$ ) 一般大于原始标距长度 ( $L_o$ )。

### 6.2 类型

根据产品形状和类型在附录 A 到 D 中详细说明试样的主要类型, 如表 2 所示。试样的其他类型在产品标准中详细说明。

表2 试样的主要类型

产品类型		相应的附录
薄板—板材	线材——棒材——型材	
	  	
厚度(以 mm 表示)	直径或边长(单位为 mm)	
$0.1 \leqslant$ 厚度 $< 3$	—	A
—	$< 4$	B
$\geq 3$	$\geq 4$	C
管材		D.

### 6.3 试样制备

应按照相关产品国际标准(如 ISO 377)的要求切取样坯和制备试样。

## 7 原始横截面 ( $S_o$ ) 的测定

通过测量适当尺寸计算原始横截面积。此计算的精确度取决于试样的性质和类型。不同类型试样的原始横截面积测定的方法和准确度应符合附录 A 到 D 规定的要求。

## 8 原始标距 ( $L_o$ ) 的标记

应用小记号或者细划线在原始标距长度的每端作标记, 但不得用引起过早断裂的缺口作标记。

对于比例试样来说, 如已计算出的和所作记号的标距长度之间的偏差值小于  $L_o$  的 10

%, 那么原始标距长度的计算值可以四舍五入近似到 5 毫米的倍数。附录 F 给出了确定原始标距长度对应的矩形试件尺寸的列线图。原始标距的标记应该精确到为  $\pm 1\%$ 。

如果平行长度 (Lc) 比原始标距长许多, 例如不经机加工的试样, 可以标记一系列套叠的原始标距。

在某些情况下, 一个有用的方法就是在试样表面划一条平行于纵轴的线, 并在此线上标记原始标距。

## 9 试验装置的精确度

试验机应按照 ISO 7500-1 进行检验, 并应为 1 级或优于 1 级准确度。

引伸计的准确度级别应符合 ISO9513 的要求。测定上屈服强度、下屈服强度及非比例延伸强度的验证试验, 应使用不劣于 1 级准确度的引伸计; 测定其他较大延伸率的性能, 应使用不劣于 2 级准确度的引伸计 (参考 ISO 9513)。

## 10. 试验条件

### 10.1 试验速率

除非在产品标准中另有规定, 试验速率取决于材料特性并应符合下列要求。

#### 10.1.1 测定屈服强度和规定强度的试验速率

##### 10.1.1.1 上屈服强度 (ReH)

在弹性范围内和直至上屈服强度, 试验机夹头的分离速率应尽可能保持恒定并在表 3 规定的应力速率的范围内。

表3 应力速率

材料的弹性模量 (E) N/mm <sup>2</sup>	应力速率 N/mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	
	最小值	最大值
< 150 000	2	20
≥ 150 000	6	60

##### 10.1.1.2 下屈服强度 (ReL)

若仅测下屈服强度, 在试样平行长度的屈服期间应变速率应在 0.00025 / s 和 0.0025 / s 之间。平行长度内的应变速率应尽可能保持恒定。如不能直接调节这一应变速率, 应通过调节屈服即将开始前的应力速率来调整, 在屈服完成之前不再调节试验机的控制。

在任何情况下, 弹性范围内的应力速率不得超过表 3 规定的最大速率。

##### 10.1.1.3 上屈服强度和下屈服强度 (ReH 和 ReL)

如在同一试验中测定上屈服强度和下屈服强度, 测定下屈服强度的条件应符合 10.2.2.2 的要求。

#### 10.1.1.4 测定非比例延伸强度和总拉伸弹性强度 (Rp 和 Rt)

应力速率在表3 所给出的范围内。

在弹性范围内达到弹限强度（非比例拉伸或者总拉伸）时，应变速率不应超过 0,0025 / s。

#### 10.1.1.5 夹头分离速率

如果试验机不能够测量或控制变形速率，应采用等效于表 3 中所规定的应力速率的试验机夹头分离速率，直至屈服完成为止。

### 10.1.2 测定抗拉强度 (Rm) 的试验速率

#### 10.1.2.1 塑性范围内

平行长度的应变速率不应超过 0.008/s。

#### 10.1.2.2 弹性范围内

如试验不包括屈服强度或规定强度的测定，试验机的速率可以达到塑性范围内允许的最大速率。

## 10.2 夹持方法

应使用如楔形夹头、螺纹夹头、套环夹头等合适的夹具夹持试样。

应尽量确保夹持的试样受轴向拉力的作用。当试验脆性材料或测定规定非比例延伸强度、规定总延伸强度或屈服强度时上述操作尤为重要。

## 11 断裂之后的伸长百分率 (A) 的测定

### 11.1 按照 4.4.2 中所给出的定义测定断裂之后的伸长率

为测定断后伸长率，应将试样断裂的部分仔细地配接在一起使其轴线位于一条直线上，

并采取特别措施确保试样断裂部分适当接触后测量试样断后标距。对于小型横截面试样和低伸长率试样，上述措施尤为重要。

利用具备 0.1 毫米分辨率的测量仪器将断裂之后的伸长率 ( $Lu - Lo$ )，精确到  $\pm 0.25$  毫米，断裂之后的伸长百分率值将四舍五入为接近 0.5 %。如规定的断后伸长率小于 5 %，那么当测定伸长率时建议采取特殊的预防措施（参见附录 E）。

原则上，只有当断裂处和最近的标距记号之间的间距不小于原始标距 ( $Lo$ ) 的三分之一时，该测量才为有效值。但若断裂后伸长率等于或大于所规定的值，不管断裂位置处于何处测量均为有效。

**11.2** 能用引伸计测定断裂延伸的试验机，无需标出试样原始标距的标记。以断裂时的总延伸作为伸长测量时，断后伸长率应从总延伸中扣除弹性延伸部分。

原则上，只有在引伸计标距长度 ( $Le$ ) 的范围内发生断裂，该测量才有效。若断后伸长率等于或大于规定值，不管断裂处于何处测量均为有效。

备注—如果产品标准规定用一固定标距测定断后伸长率，引伸计标距应等于这一标距。

**11.3** 如果试验前通过协议, 可以在一固定标距上测定断后伸长率, 然后使用转换公式或表格将它转换为比例标距的断后伸长率 (例如 可使用 ISO 2566-1 和 ISO 2566-2 的换算方法)。

备注—只有当标距、引伸计标距以及横截面形状和面积都相等时或者比例系数 (K) 都相等时, 断后伸长率才具有可比性。

**11.4** 为了避免因发生在 11.1 中所规定的范围以外的断裂而造成试样报废, 可以使用按照 N 相等部分中的细分  $l_0$  的方法, 如附录 G 所示。

## 12 最大力时总伸长率 (Agt) 的测定

方法包括用引伸计得到的力—延伸曲线图, 测定最大力 ( $\Delta L_m$ ) 时的总延伸。

有些材料在最大力时呈现一平台。当出现这种情况, 取平台中点的最大力对应的总伸长率(见图1)。

试验报告中应报告引伸计标距。

最大力时的总伸长率可通过下列公式计算得出:

$$Agt = \frac{\Delta L_m}{L_e} \times 100$$

如试验室在计算机控制的具有数据采集系统的试验机上进行, 直接在最大力点测定总伸长率。

参考附录 H, 其中介绍人工测定方法。

## 13 规定非比例延伸强度 (Rp) 的测定

**13.1** 根据力—延伸曲线图测定规定非比例延伸强度。在曲线图上, 划一条与曲线的弹性直线部分平行, 且在相对于所规定的非比例率 (例如 0,2 %) 的位置画一根平行于曲线直线段的线。此直线与曲线相交的点提供了相对于预期弹限强度 (非比例拉伸) 的力。后者通过用试样的原始横截面 ( $S_0$ ) 除以此力而获得 (参见图 6)。

准确绘制力-拉伸图十分重要。

如力-延伸曲线图的弹性直线部分不能明确地确定, 以至于不能以足够的准确度划出这一平行线, 建议采用以下步骤 (参见图 6)。

试验时, 当已超出所预期的弹限强度时, 将力减小到约为已达到的力的 10 %。然后在施加力直至超过原已达到的力。为了测定规定非比例延伸强度, 过滞后环划一直线。然后经过横轴上与曲线远点的距离等效于所规定的非比例延伸率的点, 做平行于此直线的平行线。平行线与曲线的交接点给出相应于规定非比例延伸强度的力。此力除以试样原始横截面积 ( $S_0$ ) 得到规定非比例延伸强度 (见图6)。

备注— 可以采用各种方法修正曲线的原点。一般使用如下方法: 在曲线图上穿过其斜线率最接近于滞后环斜率的弹性上升部分, 划一条平行于滞后环所确定的直线的平行线, 此平

行线与延伸轴的交接点即为曲线的修正原点。

**13.2** 可通过使用自动装置（如微处理机等）测定非比例延伸强度，可以不绘制力延伸曲线图。

## 14 弹限强度，总拉伸 (R<sub>t</sub>) 的测定

**14.1** 在力-延伸曲线图上，划一条平行于力轴并与该轴的距离等效于规定总延伸率的平行线，此线与曲线相交的点给出相应于预期弹限强度相应的力，此力除以试样的原始横截面积 (S<sub>0</sub>) 得到规定总延伸强度(参见图 4)。

**14.2** 可使用自动仪器（微处理器等）测定规定总延伸强度，而不用绘制力-延伸曲线图。

## 15 永久变形强度 (R<sub>r</sub>) 的验证方法

试样施加相应于规定残余延伸强度的力，保持 10 到 12 秒，卸除力后，验证永久变形拉伸或者伸长率不超过规定的原始标距长度百分率。

## 16 断面收缩率 (Z) 的测定

面积收缩百分率的测定将遵照 4.7 中的定义。

须仔细地将试样的两块破碎物重新装配在一起以使它们的轴位于一条直线上。测量断裂后的最小横截面 (S<sub>u</sub>)，精确度为  $\pm 2\%$  (参见附录 A 到 D)。面积 (S<sub>u</sub>) 与原始横截面 (S<sub>0</sub>) 之差除以原始面积的百分率，从而得出断面收缩率。

## 17 性能测定结果的准确度

结果的准确度与很多参数有关，可以分为如下两类：

- 计量参数：例如试验机和引伸计的准确度级别，试样尺寸的测量准确度等。
- 材料和试验参数：例如材料的特性，试样的几何形状和制备，试验速率，温度，数据采集和分析技术等。

在缺少各种材料类型的充分数据的情况下，目前无法准确确定拉伸试验各种性能的测定准确度值。

附录 J 提供了与计量参数相关的不确定度指南。

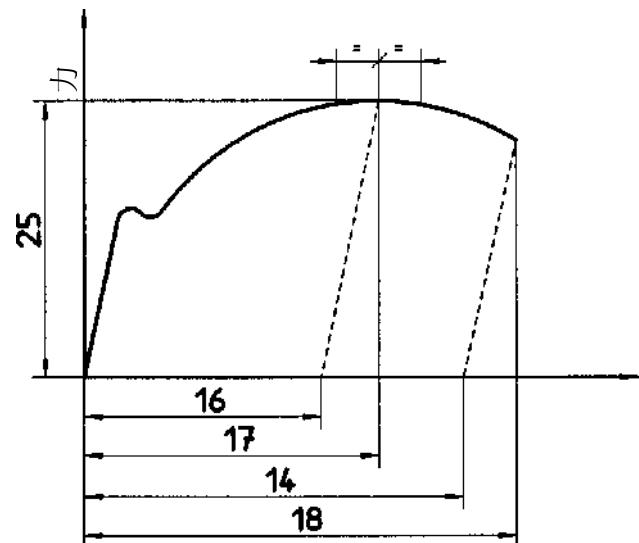
附录 K 提供了一组钢、铝合金通过实验室间试验得到的拉伸试验不确定度值。

## 18 试验报告

试验报告应至少包括以下信息：

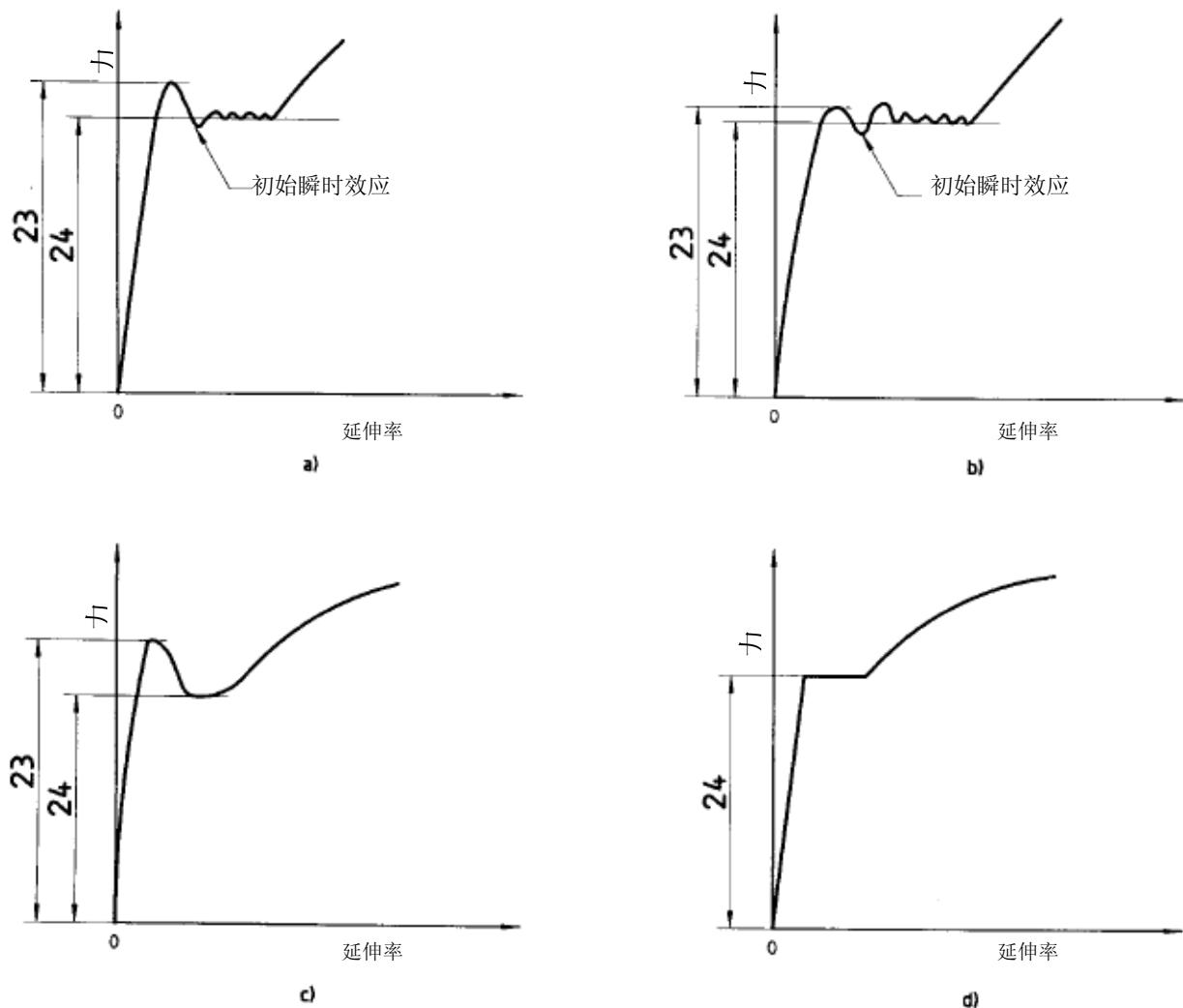
- a) 本国际标准的标准号（如：ISO 6892）；
- b) 试样标识；

- c) 材料名称 (如已知);
- d) 试样类型;
- e) 试样取样的位置和方向
- f) 所测性能结果。



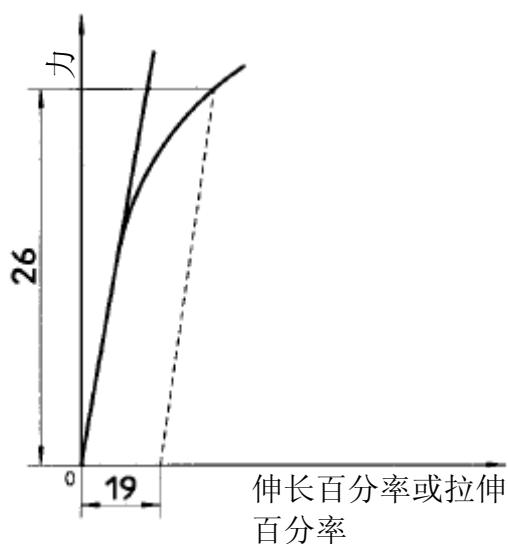
备注—有关参考号说明, 参见表 1。

图 1 — 伸长的定义

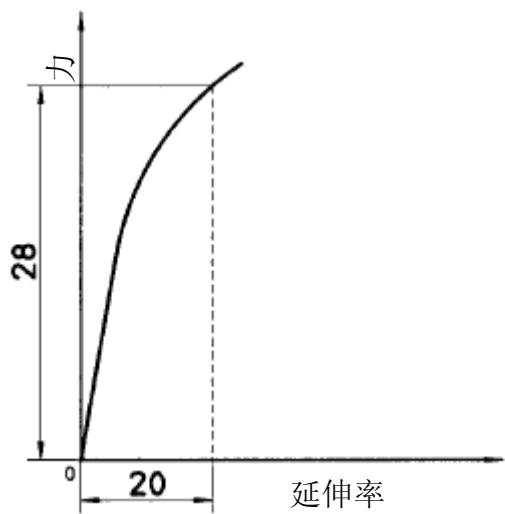


备注—有关参考号说明，参见表 1。

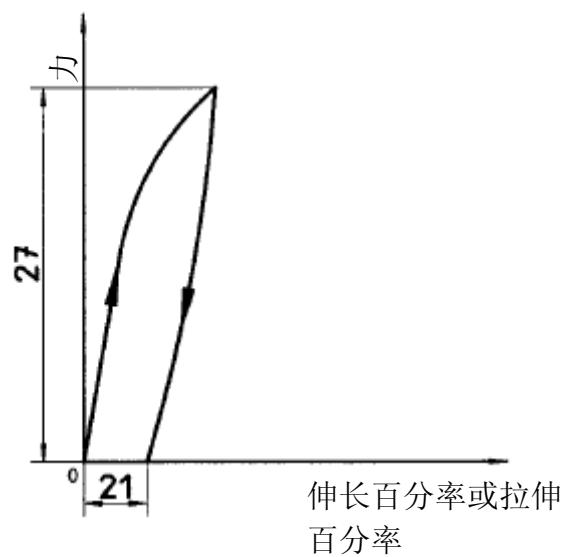
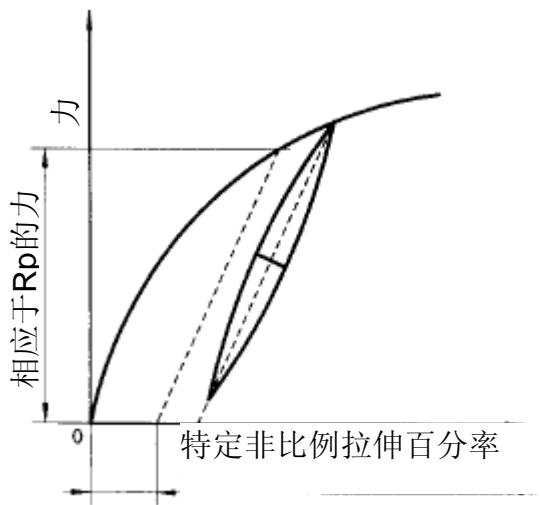
图 2 — 不同类型曲线图的上屈服强度和下屈服强度的定义



备注—有关参考号说明，参见表 1。

图 3 - 弹限强度, 非比例拉伸 ( $R_p$ )

注 有关参考号说明, 参见表 1。

图 4 — 弹限强度, 总拉伸 ( $R_t$ )图 5 — 永久变形强度 ( $R_r$ )

备注—有关参考号说明, 参见表 1。

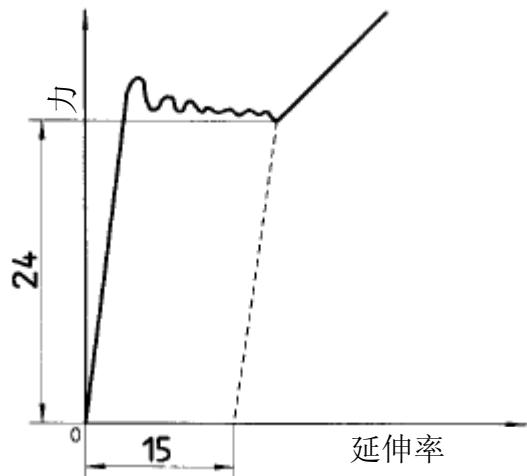
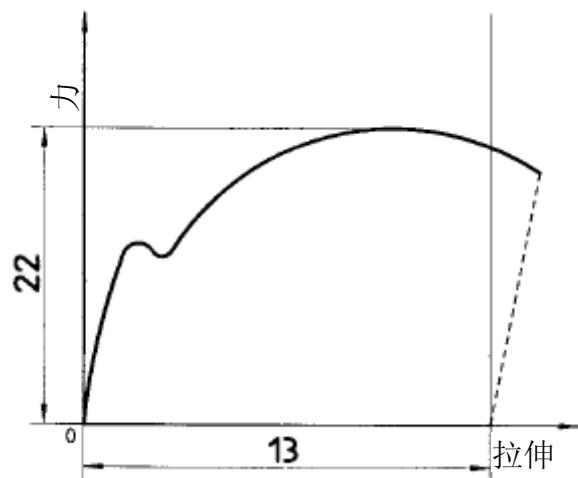
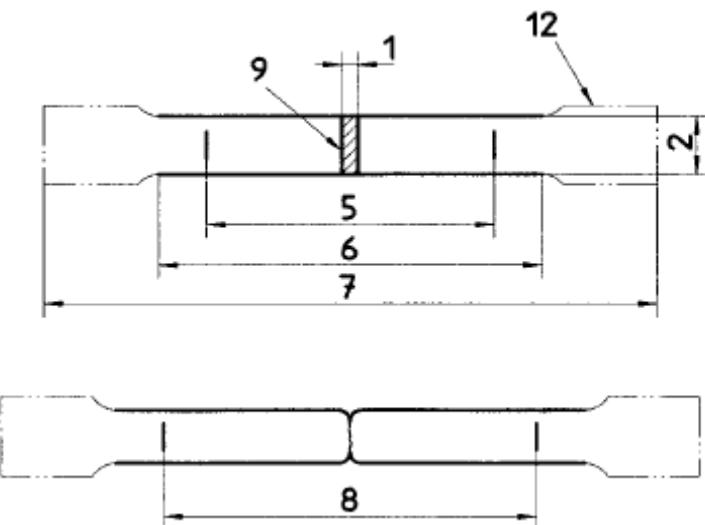
图 6 — 弹限强度, 非比例拉伸 ( $R_p$ ) (参见 13.1)

图 7 — 屈服点拉伸率



备注—有关参考号说明，参见表 1。

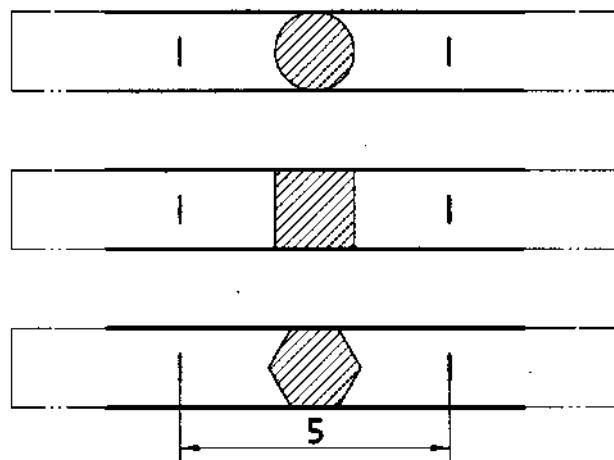
图 8—最大力 ( $F_m$ )



#### 注意事项

- 1 试样顶部的形状仅为示意性。
- 2 有关参考号的说明，参见表 1。

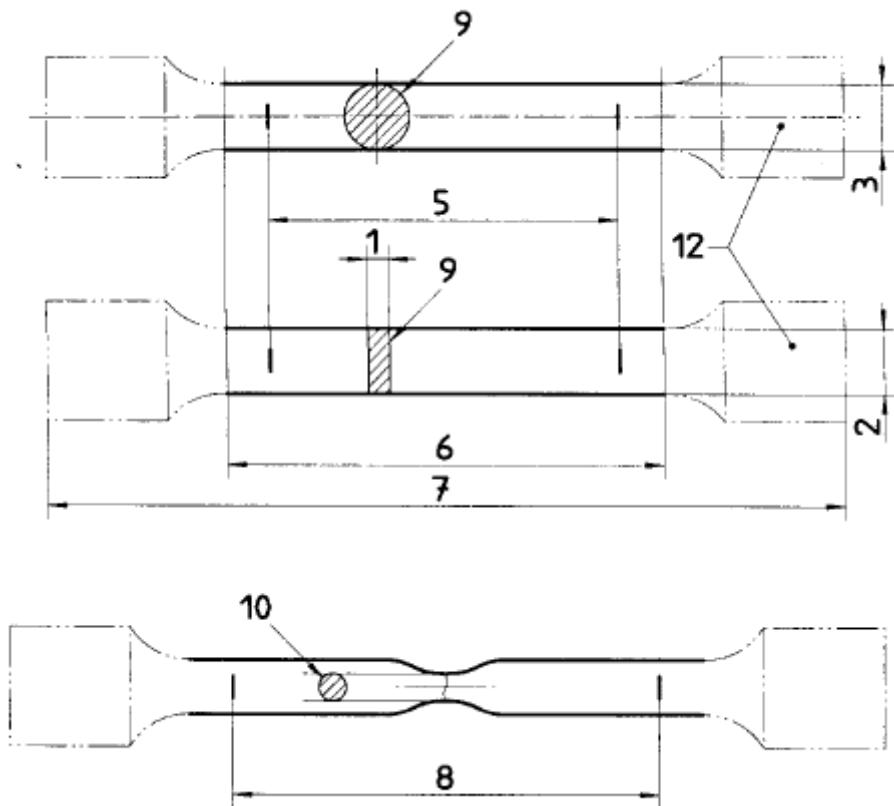
图 9 — 已加工试样的矩形横截面  
(参见附录 A)



注意事项

- 1 试样顶部的形状仅为示意性。
- 2 有关参考号的说明, 参见表 1。

图 10. — 产品一部分的不经机加工试样  
参见附录 B。

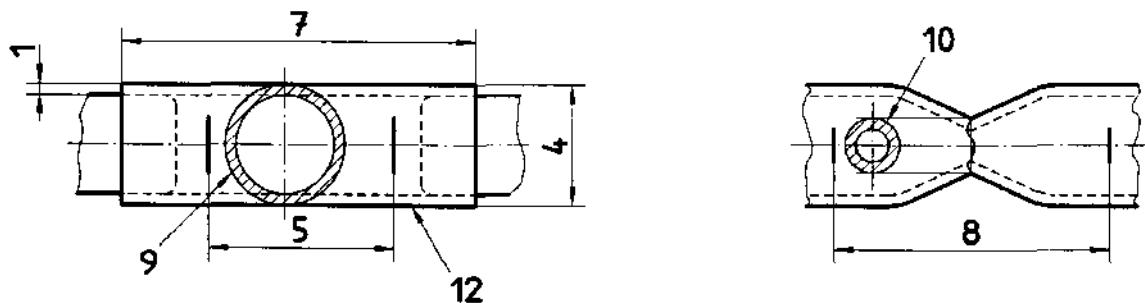


注意事项

- 1 试样顶部的形状仅为示意性。
- 2 有关参考号的说明, 参见表 1。

图 11 — 比例试样

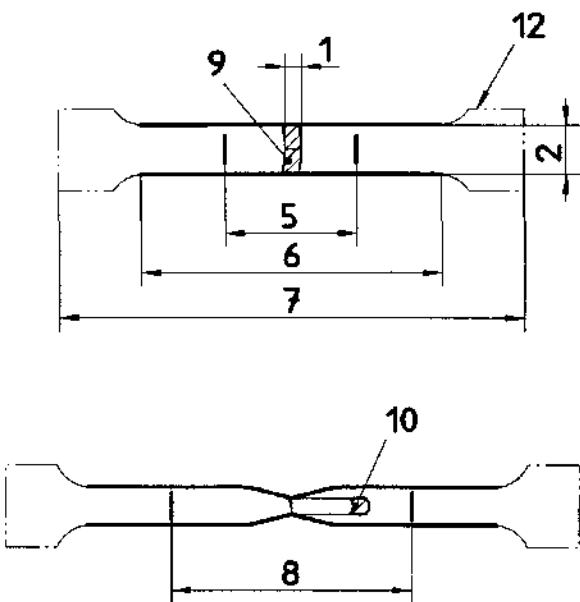
(参见附录 C)



注 — 有关参考号说明, 参见表 1。

图 12. — 管段试样

(参见附录 D)



## 注意事项

- 1 试样顶部的形状仅为示意性。
- 2 有关参考号的说明, 参见表 1。

## 图 13 – 管的纵向弧形试样

(参见附录 D)

## 附录 A

(标准性附录)

用于薄型产品的试样类型：介于 0.1 毫米到 3 毫米厚度之间的薄板、钢带和钢板

对小于 0.5 毫米厚度的产品来说，应采取特别的预防措施。

## A.1 试样的形状

在一般情况下，试样的夹持端比其平行长度宽一点。将平行长度 ( $L_c$ ) 用半径至少为 20 毫米的过渡曲线连接到夹持端。这些夹持端的宽度至少为 20 毫米但不大于 40 毫米。

经协商，试样也可以由一个带平行端的钢带组成。对于不超过 20 毫米的产品来说，试样的宽度可以与产品的宽度相等。

## A.2 试样的尺寸

平行长度不能小于  $L_0 + \frac{b}{2}$ 。

万一出现分歧，则通常使用  $L_0 + 2b$  的长度直到材料不够为止。

在平行端试样宽度小于 20 毫米的情况下（除非在产品标准中另有说明），原始标距长度 ( $L_0$ ) 应等于 50 毫米。对于此类型试样来说，夹持器之间的自由长度为  $L_0 + 3b$ 。

共有两种非比例试样，尺寸如表 A1 所示。

当测量每个试样的尺寸时，应使用表 A.2 中的形状公差。

在试样宽度与产品宽度相等的情况下，应根据试样已测得的尺寸来计算原始横截面 ( $S_0$ )。

如果遵照了表 A.2 中的加工公差和形状公差，那么可使用试样的标称宽度以避免在试验期间测量试样宽度。

表 A.1 – 试样的尺寸

尺寸（单位：毫米）

试样类型	宽度 $b$	原始标距长度 $L_0$	平行长度 $L_c$	平行端试样的夹持器之间的自由 长度
1	12,5 ±1	50	75	87,5
2	20 ±1	80	120	140

表 A.2 — 试样宽度的公差

尺寸和公差 (单位: 毫米)

标称 试样宽度	尺寸公差 <sup>1)</sup>	形状公差 <sup>2)</sup>
12,5	±0,09	0,043
20	±0,105	0,052

1) a 公差 js 12 (按照 ISO 286-2)。如原始横截面 (So) 的标称值包含于计算之内而无须进行测量, 则可使用上述公差。  
 2) b 公差 IT 9 (按照 ISO 286-2) 沿着试样整个平行长度 (L.c) 的宽度测量之间的最大误差。

### A.3 试样的制备

试样的制备应不影响其力学性能, 用通过机加工方法去除由于剪切或冲压面产生的加工硬化部分材料。

对于非常薄的材料, 建议将其切割成等宽薄片并叠成一叠, 薄片之间用抗切削油纸隔开。每叠两侧夹以较厚薄片, 然后将整叠机加工至试样尺寸。

表 A.2 中的值, 例如标称宽度 12.5 毫米的试样, 尺寸公差为 ± 0.09 毫米, 表示试样的宽度不应超出下面两个值之间的范围  $12.5 + 0.09 = 12.59 \text{ mm}$   $12.5 - 0.09 = 12.41 \text{ mm}$  如果原始横截面 (So) 的标称值包含于计算之内而无须进行测量。

### A.4 原始横截面 (So) 的测定

通过测量试样的尺寸可计算出原始横截面积。

测定原始横截面的误差不超过 ± 2 %。由于对试样厚度的测量一般会导致最大的此类误差, 则宽度测量误差不得超过 ± 0.2 %。

**附录 B**  
(标准性附录)  
直径或厚度小于 4 毫米的钢丝、棒钢和型钢使用的试样类型

### **B.1 试样的形状**

试样通常为产品的一部分，不经机加工（参见图 10）。

### **B.2 试样的尺寸**

原始标距长度 ( $Lo$ ) 为 200 毫米  $\pm 2$  毫米或者为 100 毫米  $\pm 1$  毫米。机器夹持器之间的距离应等于至少  $Lo + 50$  毫米，即分别为 250 毫米和 150 毫米，除了在该距离等于  $Lo$  的小型直径钢丝的情况下另作说明。

备注—若不测量断裂后的伸长率，两夹头间的最小自由长度可为 50 毫米。

### **B.3 试样的制备**

如果产品为盘卷交货的产品，则应仔细进行矫直。

### **B.4 原始横截面 ( $So$ ) 的测定**

测量原始横截面 ( $So$ )，精确度应准确到  $\pm 1\%$ 。

对于圆形横截面的产品，应在两个垂直方向测量试样的直径，取其算术平均值计算原始横截面积。

可通过已知长度及其密度的质量测得原始横截面积。

**附录 C**  
(标准性附录)

**厚度等于或大于 3 毫米的薄板和扁材以及直径或厚度等于或大于 4 毫米的线材、棒材和型材使用的试样类型**

### **C.1 试样的形状**

一般来说，试样已经过机加工。平行长度和夹持头部之间应以过渡弧连接，试样头部形状应适合于试验机夹头的夹持（参见图 11）。夹持端和平行长度之间的过渡弧半径应为：

- 圆形横截面试样： $\geq 0.75 d$  ( $d$  为平行长度的直径)；
- 对于棱柱试样： $\geq 12\text{mm}$ 。

如有规定，型材、棒材等可采用未经机加工的试样进行试验。

试样的横截面可以为圆形、正方形、矩形等，在特殊情况下也可以为其他形状。

对矩形横截面的试样来说，建议宽度与厚度的比例不应超过 8: 1。

一般来说，经加工的圆柱试样平行长度的直径不超过 4 毫米。

### **C.2 试样的尺寸**

#### **C.2.1 机加工试样的平行长度**

机加工试样的平行长度 ( $L_c$ ) 至少等于:

- a) 对于圆形横截面的试样:  $L_c \geq L_0 + d/2$
- b) 对于棱柱横截面的试样:  $L_0 + 1.5 \sqrt{S_0}$

按照试样的类型, 若存在分歧则可使用长度为  $L_0 + 2d$  或  $L_0 + 2\sqrt{S_0}$ , 除非材料不够。

### C.2.2 不经机加工试样的长度

机器机两夹头间的自由长度应足够, 可在这些夹头的适当位置进行标距标记。

### C.2.3 原始标距 ( $L_0$ )

#### C.2.3.1 比例试样

一般来说, 使用比例试样时原始标距 ( $L_0$ ) 与原始横截面 ( $S_0$ ) 应有以下关系:

$$L_0 = k \sqrt{S_0}$$

其中  $K$  等于 5.65。

圆形横截面的试样应具备表 C.1 中的尺寸。

附件 F 中给出的标尺可以更容易地确定原始标距 ( $L_0$ ) 对应的矩形试件尺寸的部分。

#### C.2.3.2 非比例试样

如产品标准规定, 则可使用非比例试样。

表 C.1 – 圆形横截面试样

$k$	直径 $d$ mm	原横截面区域 $S_0$ mm <sup>2</sup>	原标距 $L_0 = k \sqrt{S_0}$ mm	最小平行 长度 $L_c$ mm	总长 $U$
5,65	$20 \pm 0,15$ $10 \pm 0,075$ $5 \pm 0,040$	314 78,5 19,6	$100 \pm 1$ $50 \pm 0,5$ $25 \pm 0,25$	110 55 28	取决于在机夹中安装试样的方法 原则上: $L_x > L_c + 2d$ 或 $Ad$

### C.3 试样的制备

机加工试样横向尺寸的公差如应符合 C.2 的规定。

这些公差的应用示例如下所示:

#### a) 尺寸公差

表 C.2 中的值, 例如标称直径为 10 毫米的加工公差  $\pm 0,075$  毫米, 表示试样的直径不应超出下面两个值之间的范围  $10 + 0,075 = 10,075 \text{ mm}$ ,  $10 - 0,075 = 9,925 \text{ mm}$ ; 如果原始横截面 ( $S_0$ ) 的标称值包含于计算之内而无须进行测量。

## b) 形状公差

表 C.3 中的值表示在上述所介绍的符合加工条件的标称直径为 10 毫米的试样中，最小与最大直径的测量误差不能超过 0, 04 毫米。

因此，如该试样的最小直径为 9,99 毫米，其最大直径将不能超过 9,99 毫米 + 0,04 毫米 = 10,03 毫米。

## C.4 横截面积 (So) 的测定

只要满足表C.2所规定的误差范围，公称直径可用于计算圆形试样的原始横截面面积。对于其他形状的试样，可测量适当的尺寸用于计算原始横截面面积，测量误差准确率应保证在±0.5%以内。

表 C.2 – 有关试样横向尺寸的公差

尺寸和公差 (单位: 毫米)

说明	标称横向尺寸	公称直径尺寸公差 <sup>1)</sup>	形状公差
圆形横截面加工试样的直径	3	±0,05	0,025 <sup>2)</sup>
	> 3 ≤ 6	±0,06	0,032)
	> 6 ≤ 10	± 0,075	0,036 <sup>2)</sup>
	> 10 ≤ 18	±0,09	0,043 <sup>2)</sup>
	> 18 ≤ 30	±0,105	0,052 <sup>2)</sup>
四端加工的矩形横截面试样的横向尺寸		与圆形横截面直径相同的公差	
仅加工于两个对应端的矩形横截面试样的横向尺寸	3		0,14 <sup>3)</sup>
	> 3 ≤ 6		0,18 <sup>3)</sup>
	> 6 ≤ 10		0,22 <sup>3)</sup>
	> 10 ≤ 18		0,27 <sup>3)</sup>
	> 18 ≤ 30		0,33 <sup>3)</sup>
	> 30 ≤ 50		0,39 <sup>3)</sup>

1) 公差 js 12 (按照 ISO 286-2)。若原始横截面 (So) 的标称值包含于计算之内而无须进行测量，则可使用这些公差。  
 2) 公差 IT 9 沿着试样整个平行长度(L.c)的宽度测量之间的最大误差。  
 3) 公差 IT 13 沿着试样整个平行长度 (L.c) 的宽度测量之间的最大误差。

**附录 D**  
 (标准性附录)  
**管材使用的试样类型**

**D.1 试样的形状**

试样由管长或从管上切割的纵向带或横向带组成，并具备管壁的总厚度（参见图 12 和 13），或由加工于管壁的圆形横截面试样组成。

在附录 A 中介绍了管壁厚度小于 3 毫米的已加工的横向、纵向和圆形横截面的试样，在附录 C 中则介绍了管壁厚度不小于 3 毫米的同类型试样。纵向带一般用于管壁厚度超过 0,5 毫米的管子。

**D.2 试样的尺寸**

**D.2.1 管子长度**

可以在管子两端塞住的长度。每个塞子和最近标距标记之间的自由长度超过  $D/4$ 。如有异议，只要具备足够材料即可使用  $D$  值。

相对于机器夹持器的位置在标距标记的方向上伸出的塞子长度不可以超过  $D$ ，且其形状不可妨碍标距长度的变形。

**D.2.2 纵向或横向带**

纵向带的平行长度 ( $L_c$ ) 无须压平，但为了在试验机中夹紧可以使夹持端变平。

未在附录 A 和 C 中介绍的横向或纵向试样的尺寸可在产品标准中规定。

当调直横向试样时应采取特殊预防措施。

**D.2.3 在管壁中已加工的圆形横截面试样**

在产品标准中规定了试样的取样。

**D.3 原始横截面积 ( $S_0$ ) 的测定**

测定试样的原始横截面，以最接近  $\pm 1\%$  的形式表示出来。

可通过试样质量、已测的试样长度及其密度测量管长、纵向带或横向带的原始横截面积。

由纵向或横向带组成的试样原始横截面 ( $S_0$ ) 须按照以下等式计算：

$$S_0 = \frac{b}{4} (D^2 - b^2)^{1/2} + \frac{D^2}{4} \arcsin \frac{b}{D} - \frac{b}{4} [(D - 2a)^2 - b^2]^{1/2} - \left( \frac{D - 2a}{2} \right)^2 \arcsin \frac{b}{D - 2a}$$

式中

a 表示管壁厚度；

b 表示钢带的平均宽度；

D 为外径 下列简化的等式可用于纵向或横向试样：

$$S_0 = ab \left[ 1 + \frac{b^2}{6D(D-2a)} \right] \text{ 当 } \frac{b}{D} < 0,25;$$

$$S_0 = ab \text{ 当 } \frac{b}{D} < 0,17.$$

在已知管长的情况下, 原始横截面 ( $S_0$ ) 将按照下列计算:

$$S_0 = \pi a (D - a).$$

## 附录 E

(资料性附录)

### 断后伸长率规定值小于 5% 的情况下测定应采取的预防措施

建议方法之一如下:

在试验前应在平行长度的一端附近作一个小记号。在标距长度处应用一副针尖式圆规, 以标记为圆心画弧。断裂后应将断开的试样放于固定装置上, 并且最好借助螺钉施加轴向压力, 以使其在测量过程中充分紧密地固定在一起。以原圆心为圆心, 以相同的半径画第二个圆弧。用工具显微镜或者其他合适的仪器测量两个圆弧之间的距离即为断后伸长。为了使细小的划痕清晰可见, 可以在试验前将试样涂上一层染料。

## 附录 F

(参考性附录)

### 计算矩形截面试样长度的列线图

本列线图是通过对准方法构建的。

#### F.1 使用的方法

执行以下步骤:

- 在外部标尺处, 选择点 **a** 和点 **b** 代表矩形试样的厚度和宽度。
- 用一条线连接两点 (螺纹长度或者尺子边缘)。
- 读出这条线与中间标尺交接点到左手余下的刻度, 即相应的标距。

举例说明:

$$b = 21\text{mm} \quad a = 15,5\text{ mm} \quad L_0 = 102\text{mm}$$

注意事项

1  $L_0$  的精确度在  $\pm 1\%$  即表明这个列线表可以在任何情况下使用, 无需计算。

2 如  $L_0$  的精确度大于  $1\%$ , 表明在某些情况下未到预期的精确度, 因此需要直接计算 **a** 点和 **b** 点的距离。

#### F.2 列表的构成

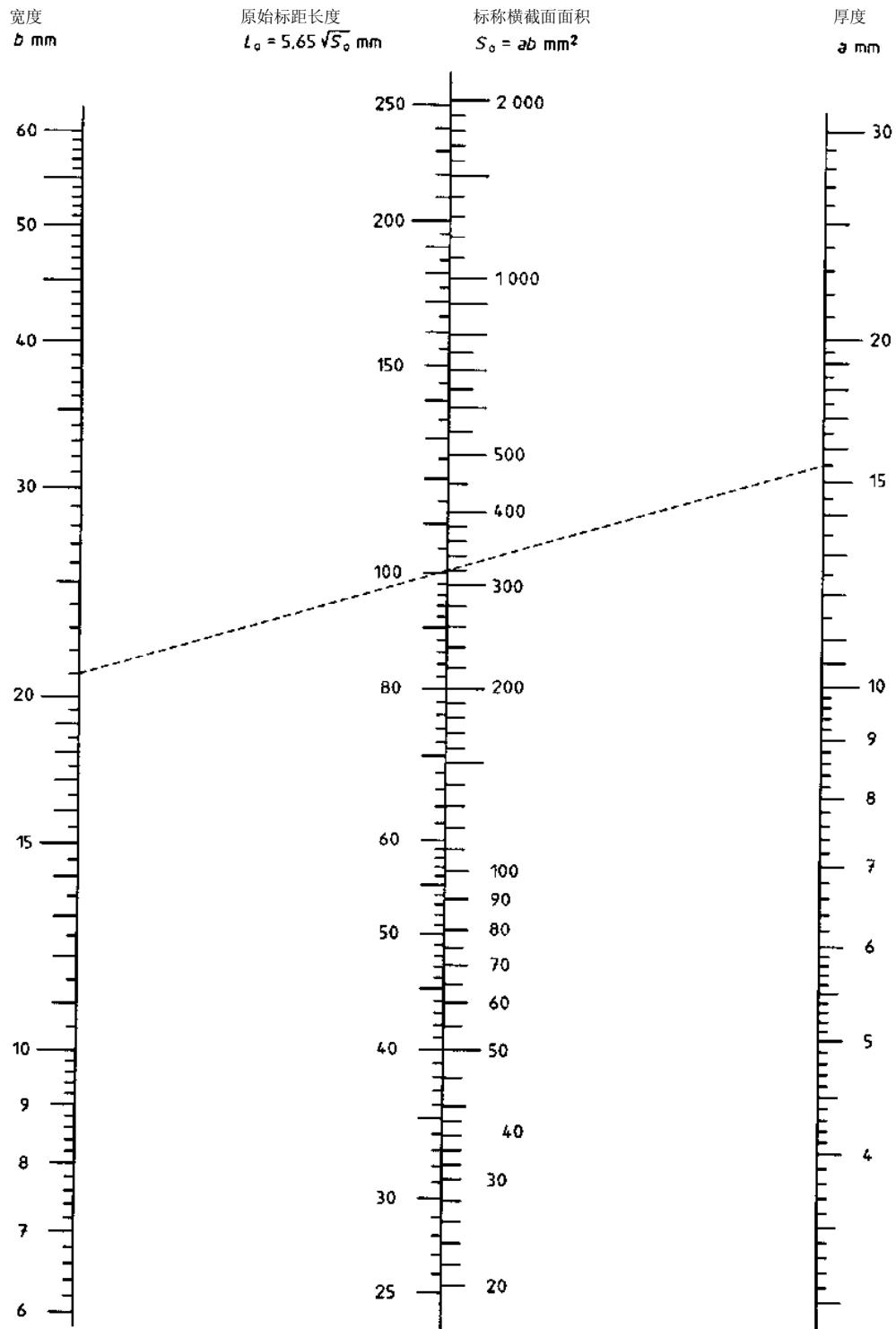
绘制三个平行等距离线, 用作对数刻度的坐标。用对数表示,  $\lg 10$  由  $250\text{mm}$  代表, 三个标尺值向页面顶部升高。点 (10) 和点 (20) 应在标尺上位于页面中间位置, 用后面的

标尺连接两个点 (10)。

此线和中间标尺的交接点所示为左手中心刻度  $L_0$  的点 56.5。

面积刻度  $S_0$  处于右手边中间线上。同一点 56.5 即为面积刻度的点 100 处，对应刻度应标记在前一标尺的一半处。

$\lg 10 = 125 \text{ mm.}$



**附录 G**  
 (资料性附录)  
**根据原始标距长度的细分测量断裂后的伸长率**

为了避免排除断裂位置与 11.1 中条件不符的试样, 经协商可以使用下列方法:

- a) 试验前, 将原始标距长度 ( $L_0$ ) 细分为  $N$  相等部分;
- b) 试验后, 利用符号  $X$  表示在较短试样上的标距标记, 用符号  $Y$  表示在较长试样上的细分, 该细分到断裂处的距离与符号  $X$  相等。

如果  $n$  是  $X$  和  $Y$  之间的间隔数, 则如下测定断裂后的伸长值:

- 1) 如果  $N-n$  是偶数(参见图 G.1 a)), 则测量  $X$  和  $Y$  之间的距离以及  $Y$  到刻度线  $Z$  的距离, 该刻度线位于:

$\frac{N-n}{2}$  超过  $Y$  的间隔;

利用等式计算断裂后的伸长率:

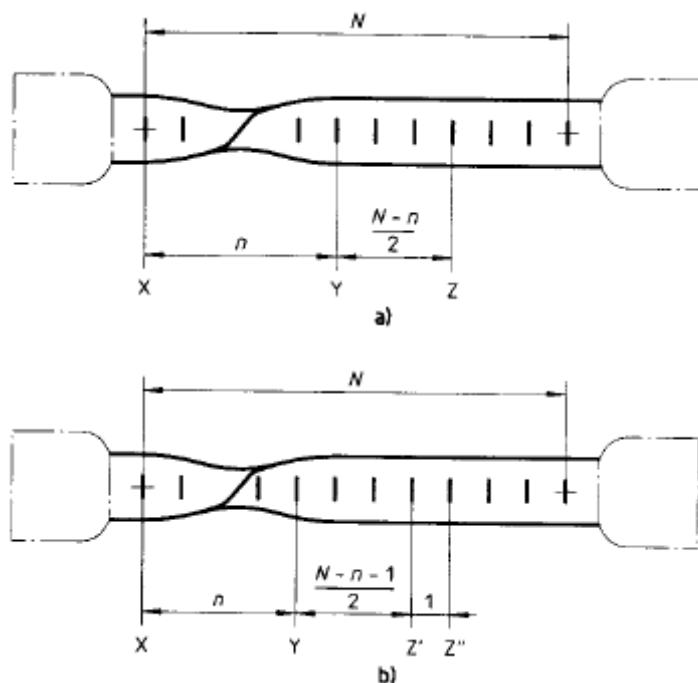
$$A = \frac{XY + 2YZ - L_0}{L_0} \times 100$$

- 2) 如果  $N-n$  是奇数 (参见图 G.1 b)), 则测量  $X$  和  $Y$  之间的距离以及  $Y$  到刻度线  $Z'$  和  $Z''$  的距离, 该刻度线分别位于:

$\frac{N-n-1}{2}$  和  $\frac{N-n+1}{2}$  超过  $Y$  的间隔;

利用等式计算断裂后的伸长率:

$$A = \frac{XY + YZ' + YZ'' - L_0}{L_0} \times 100$$



备注 — 试样顶部的形状仅作为参考。

图 G.1

## 附录 H

(资料性附录)

### 人工方法测定棒材、线材、棒材等长型材的最大力时总伸长率

在 12 条中所介绍的引伸计方法可用以下列人工方法代替。如果有分歧，则应使用引伸计方法。

本方法包含了在经拉伸试验的断裂试样的较长部分上测量最大力时的非比例伸长百分率，用本方法还可以计算出最大力时的总伸长率。

试验前，应在测量标距长度上作等距标记，2 个连续标记之间的距离与初期标距长度 ( $L'_0$ ) 的约数相等。初期标距长度 ( $L'_0$ ) 的标记应精确到  $\pm 0,5$  毫米以内。该长度为总伸长百分值的一个函数，应在产品标准中定义。

在试样最长的断开部分上对断裂后的最终标距长度 ( $L'_u$ ) 进行测量，该测量值应精确到 0,5 毫米以内。

为了进行有效测量，则应注意下列两个条件：

- 测量区的范围应位于至少距断裂面的 5  $d$  处以及距夹持器的 2.5  $d$  处；
- 测量标距长度应至少与产品标准中所规定的值相等。

最大力时的非比例伸长百分率通过下列公式计算得出：

$$A_g = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$$

最大力时的总伸长率通过下列公式计算得出：  $A_{gt} = \frac{R_m}{E} \times 100$

**附录 J**  
(资料性附录)  
误差累计方法估计拉伸试验的测量不确定度

### J.1 引言

基于误差累积原理和利用试验方法标准及校定标准的测量误差要求, 提出估计测量不确定度的方法要点。因为不同材料对于某些例如应变速率或应力速率<sup>3)</sup>等控制参数呈现不同的反应, 所以不可能对所有材料计算出单一的不确定度值。此处提供的误差累积方法可以把它看成为按本标准进行试验(1级试验机和1级引伸计)的实验室的测量不确定度上限。

应注意的是当在评测试验中所得结果的总分散度时, 测量的不确定度应看做包含由于材料的不均匀性而引起的固有分散度。附录K中给出的相互比较试验的分析统计方法(循环试验), 并不能分离出这两种分散度的影响源。估计实验室间分散度的其他有用的方法有: 采用一种具有保证材料性能的持证标准材料(CRM)。已经选定供室温拉伸试验使用的标准材料(CRM)为一种直径14mm每批1t的标准材料镍铬合金(Nimonic 75), 正在共同体标准物质局(BRC)监督认证程序之中。

### J.2 不确定度的估计

#### J.2.1 与材料无关的参数

将各种误差产生源累加在一起的方法已做相当详细的处理。最近, 两个ISO文件(ISO525-2和测量不确定度的表达指南), 对精密度和不确定度的估计给出了指导。

下面的分析采用了常规的方法和根方法。

表J1给出了各种拉伸性能试验参数的误差与不确定度的期望值。由于应力应变曲线的形状特点, 有些拉伸性能原则上能以较高的精密度测定。例如, 上屈服强度ReH仅仅取决于力和横截面积的测量误差; 而规定强度Rp却取决于力、变形(位移)、标距和横截面积的测量误差。对于断面收缩率Z, 则需要考虑试验前、后横截面积的测量误差。

**表J.1 — 确定拉伸试验数据的最大允许测量不确定度**

参数	拉伸性能误差, % 误差					
	ReH	ReL	R <sub>m</sub>	R <sub>P</sub>	A	z
力	1	1	1	1		
应变 <sup>1)</sup> (位移)	—	—	—	1	1	
标距L <sub>0</sub> <sup>1)</sup>	—	—	—	1	1	
So	1	1	1	1	—	1
Su	—	—	—	—	—	2
不确定度期望值	± $\sqrt{2}$	± $\sqrt{2}$	± $\sqrt{2}$	± $\sqrt{4}$	± $\sqrt{2}$	± $\sqrt{5}$
使用最小均平方方法的错误累积						
1) 假定使用按照ISO 9513校准过的引伸计。						

#### J.2.2 与材料有关的参数

对于室温下的拉伸试验来说, 主要取决于对变形速率(或应力速率)有响应的材料的拉

伸特性只有  $ReH$ 、 $ReL$  和  $Rp$ 。拉伸强度  $Rm$  也可以取决于变形速率，但在实际操作中通常变形速率比  $Rp$  大很多的时方可测定且在高速的变形速率时基本不受任何变量的影响。

在实际操作中，有必要在计算出总的不确定度预算之前对任意材料变形速率的响应进行测定。可以使用若干有限数据和下列例子评估某些级别材料的不确定度。

表 J2 和表 J3 为用以确定材料受本标准规定应变速率范围影响的典型数据示例。同时表 J2 还显示应变速率对几种材料的规定强度影响。研讨会上的文件所示为早期各种钢材在设定应变速率下的数据。

表 J.2 — 本国际标准允许的应变速率范围对室温规定强度影响的例子

材料	公称成分	$Rp_{0,2}$ 平均值 MPa	在应变速率下的 影响/% %	等效 误差 % + %
铁素体钢				
管钢	Cr-Mo-V-Fe(bal)	680	0,1	0,05
钢板 Fe430	C-Mn-Fe(bal)	315	1,8	0,9
奥氏体钢				
(X5CrNi Mo 17-12-2)	17Cr, 11Ni-Fe(bal)	235	6,8	3,4
镍基合金				
NiCr20Ti	18Cr, 5Fe, 2Co-Ni(bal)	325	2,8	1,4
	24Cr, 20Co, 3Ti, 1,5Mo, 1,5Al-Ni(bal)	790	1,9	0,95

### J.2.3 总测量不确定度

将表 J1 中规定的与材料无关的参数，与表 J2 所给应变速率对规定强度影响的数据进行合成，即可给出所示各材料的测量不确定度总估计，见表 J3 所示。

为合成总不确定度，将标准中允许的应变速率范围内对规定强度的影响值取其一半，表示等效误差。例如 X5CrNiMo17-12-2 不锈钢，其规定强度  $Rp0.2$  在允许的应变速率范围内受影响为 6.8%，取其一般的值等于 3.4% 的误差。因此，对于 X5CrNiMo17-12-2 不锈钢，其总不确定值为：

$$\pm \sqrt{2^2 + 3.4^2} = \pm \sqrt{15.6^2} = \pm 3.9\%$$

表 J.3 — 按照本国际标准测定的室温规定强度的总不确定度期望值示例

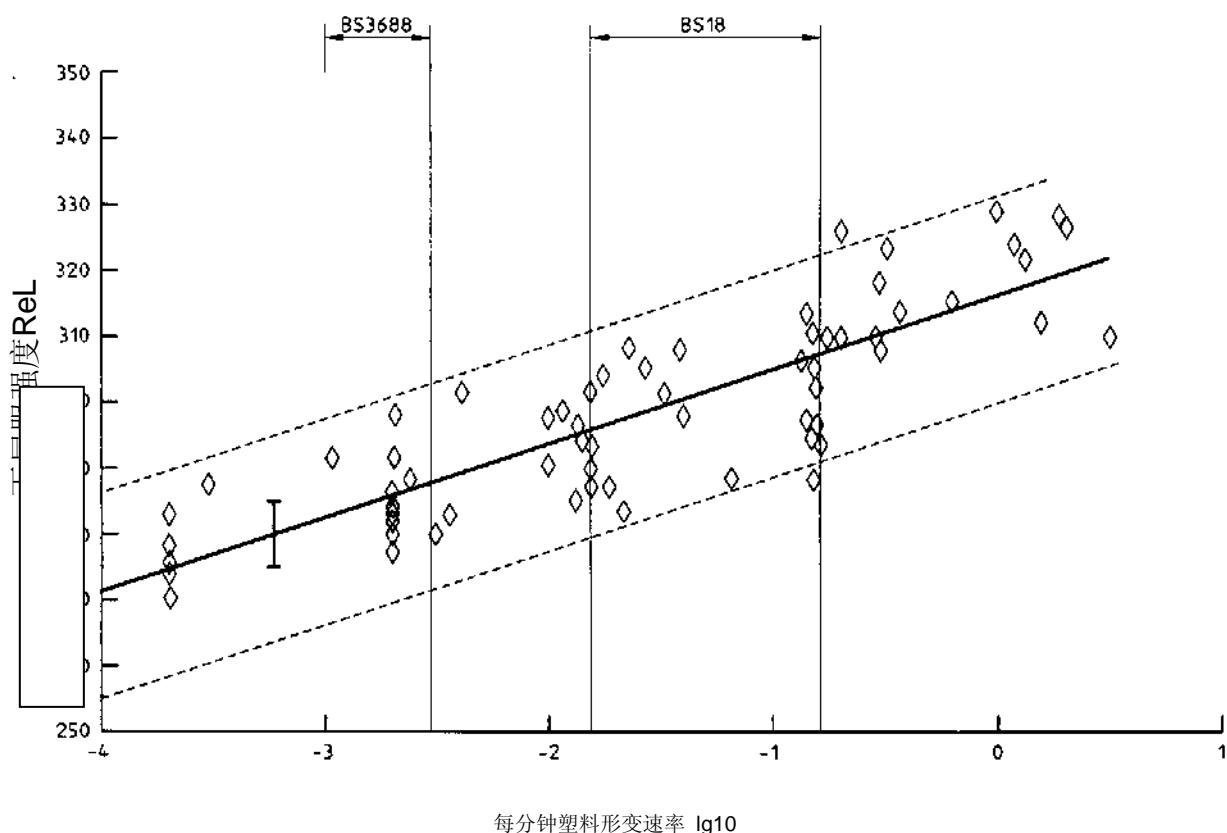
材料	$Rp_{0,2}$ 平均值 MPa	取自表 J1 之值 ±%	取自表 J2 之值 %	总测量不确定度期 望值 ±%
铁素钢体				
管线钢	680	2	0,05	$\sqrt{4,0} = 2,0$
板钢 (Fe430)	315	2	0,9	$\sqrt{4,8} = 2,2$
奥氏体钢				
X5CrNi Mo 17-12-2	235	2	3,4	$\sqrt{15,6} = 3,9$

镍基合金 Ni Cr 20 Ti Ni Cr Co Ti Al 25-20	325 790	2	1,4 0,95	$\sqrt{6,0} = 2,4$ $\sqrt{4,9} = 2,2$
---------------------------------------------	------------	---	-------------	------------------------------------------

### J.3 结束语

对利用误差累积原理计算室温拉伸试验测量不确定度的方法提出要点，并给出一些材料对已知试验参数影响的示例。需要注意的是，计算的不确定度需要修正，以便包含符合测量不确定度表达参考的加权因子。欧洲实验室和ISO工作部门最后决定采纳推荐的最佳方法后，其将着手这方面的工作。此外，还有其他影响测量拉伸特性的因素，例如试样弯曲度、夹持试样的方法或试验机的控制模式，即可能会对已测的拉伸特性 [14] 产生影响的引伸计控制或负载/十字头控制。然而由于缺乏充分的数据，目前无法取得它们在误差累积原理中所起的作用。还应了解，因测量技术且未将可归因于材料不均匀性的试验结果中内在分散纳入考虑，该误差累积计算方法仅提供对不确定度的估计。

最后应了解，当使用合适的参考材料时，上述材料可提供关于任何给定试验机的总测量不确定度进行测量的有效方法，包括夹持器、弯曲度等的影响，这些影响目前尚无法量化。



图解

最大的应力预期误差

图 J.1 — 钢板的下屈服强度 (ReL) 随应变速率的变化 (室温)

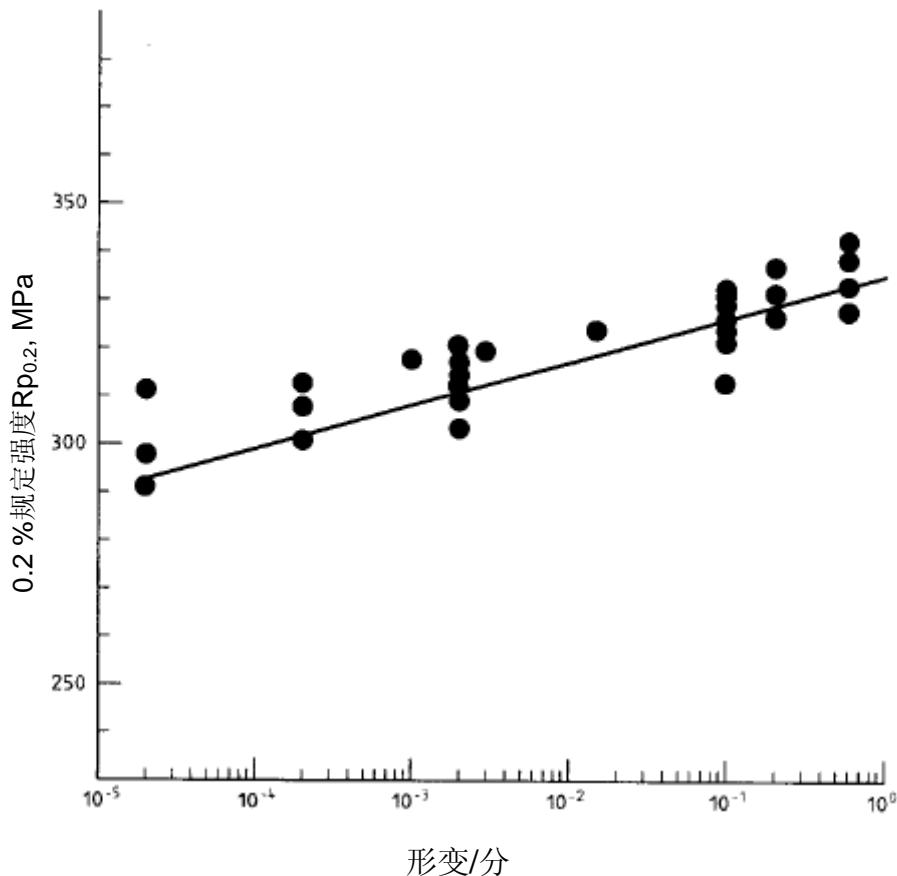


图 J2 — NiCr20Ti 合金的随应变速率的变化 (22°C)

**附录 K**  
(资料性附录)  
拉伸试验的精密度——根据实验室间试验方案的结果

**K.1 拉伸试验中不确定度的原因**

拉伸试验结果的精密度受材料、试样、试验设备、试验程序和力学性能的计算方法等因素影响。

具体而言, 可以提出下列引起不确定度的原因:

- 材料的不均匀度, 其存在于同一炉材料的一个工艺批之内;
- 试样的几何形状、制备方法和公差;
- 夹持方法和施力的轴向性;
- 拉伸试验机和辅助测量系统 (硬度、驱动器、控制和操作方法);
- 试样尺寸的测量、标距的标记、引伸计标距、力和延伸的测量;
- 试验的各阶段中试验温度和负载速率;
- 与拉伸特性的测定相关的人为误差和软件误差;

本国际标准的要求和公差未考虑上述因素的影响。可通过实验室间的试验，测定接近工业试验条件下的结果不确定度，但不能从试验方法引起的误差中分离出与材料有关的影响。

## K.2 程序

实验室间试验方案（方案 A 参考[7]，方案 B 参考[8]）的结果所示为试验金属材料得到不确定度的典型例子。

列入试验方案的每种材料，均为从料坯中随机选取固定数目的样坯，预先研究检查料坯的均匀性，提供关于料坯自身力学性能的固有分散度。样坯送至参加试验的各实验室，按各实验室正常使用的图纸要求机加工试样。仅要求试样和试样本身符合相关标准的要求。建议尽可能在短时间内由同一操作者使用同一试验机完成试验。

表 K1、表 k2 和表 k3 中用相对不确定度系数表示三类误差：

$$UC_r = \pm 2S_r \sqrt{x} \text{ (%)}$$

$$UC_L = \pm 2S_L \sqrt{x} \text{ (%) } UC_r = \pm 2S_R \sqrt{x} \text{ I(%)}$$

式中

$\bar{X}$  —— 总平均；

$S_r$  —— 估计的实验室内的重复性标准偏差；

$S_L$  —— 估计的实验室间的变动度；

$S_R$  —— 估计的试验方法的精密度； 复现性标准偏差。

这些值均为接近  $\bar{X}$  的 95% 置信区间。对每一种材料和每一种性能呢个进行计算。

## K.3 方案 A 的试验结果

可在报告中找到详细信息，参考[7]；所用材料包括：软材料铝、热处理铝合金、低合金钢、奥氏体不锈钢、镍基合金和高合金热处理钢。每种材料均在 6 个分别的实验室进行试验。所有试验用试样都是采用圆形横截面试样，直径 12.5mm。结果在表 K.1 中给出。在低合金钢屈服强度试验中，只报告了 0.2% 规定强度 (Rp0.2)。原始标距为 5 倍试样直径 (即 62.5mm)。

## K.4 方案 B 的试验结果

可在报告中找到详细信息，参考[8]；使用材料如下：

- 两种板材：低碳可锻铸钢和奥氏体不锈钢（厚度 2.5mm）；
- 三个等级的棒材：结构钢、奥氏体不锈钢和高强度热处理钢（直径 20mm）；

在 18 个实验室进行 5 次试验，试样为上述 2 种板材和直径为 10mm 的采用圆形横截面的棒材。板材试样的宽度为 20mm，原始标距 80mm，具体综述见表 K.2。不区分下屈服强度 (Rel) 和 0.2% 规定强度 (Rp0.2)。对于圆形截面试样，原始标距为 50mm，5 倍于直径。

表 k.1 — 试验方案 A 的实验室间拉伸试验结果

材料	铝	铝	碳素钢	奥氏体不锈钢	镍合金	马氏体不锈钢
	EC-H19	2024-T351	C22	X7CrNiMo17-12-02	NiCr15Fe8	X12CM3

0.2%屈服强度, Mpa

总平均值	158,4	362,9	402,4	480,1	268,3	967,5
UC <sub>r</sub> (%)	4,12	2,82	2,84	2,74	1,86	1,84
UC <sub>l</sub> (%)	0,42	0,98	4,04	7,66	3,94	2,72
UC <sub>R</sub> (%)	4,14	2,98	4,94	8,14	4,36	3,28

拉伸强度, Mpa

总平均值	176,9	491,3	596,9	694,6	695,9	1 253,0
UC <sub>f</sub> (%)	4,90	2,48	1,40	0,78	0,86	0,50
UC <sub>L</sub> (%)	—	1,00	2,40	2,28	1,16	1,16
UC <sub>R</sub> (%)	4,90	2,66	2,78	2,40	1,44	1,26

5 倍直径标距试样延伸率, %

总平均值	14,61	18,04	25,63	35,93	41,58	12,39
UC <sub>r</sub> (%)	8,14	6,94	6,00	3,96	3,22	7,22
UC <sub>L</sub> (%)	4,06	17,58	8,18	14,36	7,00	13,70
UC <sub>R</sub> (%)	9,10	18,90	10,12	14,90	7,72	15,48

断面收缩率, %

总平均值	79,14	30,31	65,59	71,49	59,34	50,49
UC <sub>r</sub> (%)	4,86	13,80	2,56	2,78	2,28	7,38
UC <sub>L</sub> (%)	1,46	19,24	2,88	3,54	0,68	13,78
UC <sub>R</sub> (%)	5,08	23,66	3,84	4,50	2,38	15,62

表 k.2 — 试验方案 B 的实验室间拉伸试验结果

材料	低碳钢	奥氏体不锈钢	结构钢	奥氏体不锈钢	高强度钢
牌号	HR 3 (ISO)	X2CrNi 18-10	Fe510C (ISO)	X2CrNiMo18-10	30NiCrMo16
试样	矩形横截面	矩形横截面	圆形横截面	圆形横截面	圆形横截面

低屈服强度

总平均值	228,6	303,8	367,4	353,3	1 039,9
UC <sub>r</sub> (%)	4,92	2,47	2,47	5,29	1,13
UC <sub>L</sub> (%)	6,53	6,06	4,42	5,77	1,64
UC <sub>R</sub> (%)	8,17	6,54	5,07	7,83	1,99

## 拉伸强度, Mpa

总平均值	335,2	594,0	552,4	622,5	1 167,8
UC <sub>r</sub> (%)	1,14	2,63	1,25	1,36	0,61
UC <sub>L</sub> (%)	4,86	2,88	1,42	2,71	1,32
UC <sub>R</sub> (%)	4,99	2,98	1,90	3,03	1,45

## 断裂后的伸长率, %

$L_0 = 80 \text{ mm}$			$L_0 = 5d$		
总平均值	38,41	52,47	31,44	51,86	16,69
UC <sub>r</sub> (%)	10,44	3,81	6,41	3,82	7,07
UC <sub>L</sub> (%)	7,97	12,00	12,46	12,04	11,20
UC <sub>R</sub> (%)	13,80	12,59	14,01	12,65	13,26

## 断面收缩率, %

总平均值			71,38	77,94	65,59
UC <sub>r</sub> (%)			2,05	1,99	2,45
UC <sub>L</sub> (%)			1,71	5,26	2,11
UC <sub>R</sub> (%)			2,68	5,62	3,23

附录 L  
(资料性附录)  
参考文献

[1] ISO 5725-2: 1994, 《测量方法及结果的精度》—— 第2部分: 测试标准测定方法的重  
复性和再现性的基本方法

[2] 《测量的不确定度表述指南》, BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML

[3] M.S. [3] M. S. LOVEDAY (1992) 《有关一种拉伸参考材料》, 第七章, 第 111 页到  
第153 页, 摘自“高温材料测试实践的协调”, 编者: M. S. LOVEDAY 与 T. B. GIBBONS. 出  
版商: Pub Chapman and Hall (由 Elsevier Applied Science 正式出版)。

P.J. CAMPION, J.E. BURNS 和 A. WILLIAMS (1980), 《详细说明精确的实践守则》, 国  
家物理实验室, ISBN 0 950 4496 6 0

[5] R.F. JOHNSON 和 J.D. MURRAY (1966), 《钢材的下屈服强度和规定强度Rp0.2应变  
速率的影响》; 《钢材高温下性能的研讨》, Eastbourne 1966, 钢铁研究所, 1967.

[6] T.G.F. GRAY 和 J. SHARP (1988), 《拉伸试验中机器和应变速率之间的相互影响》,  
精密机械试验ASTM研讨会, STP1025

[7] 《ASTM研究报告》专辑-28 (1984.3) —— 《实验室间拉伸试验的循环试验结果》。

[8] L. ROESCH, N. COUE, J. VITALI, M. Di FANT—《室温拉伸试验性能实验室间结果  
—标准测量值偏差— IRSID 报告》, N DT.93310(1993.3)