



中华人民共和国国家标准

GB/T 1040.1—2018/ISO 527-1:2012
代替 GB/T 1040.1—2006

塑料 拉伸性能的测定 第 1 部分：总则

Plastics—Determination of tensile properties—
Part 1: General principles

(ISO 527-1:2012, IDT)

2018-12-28 发布

2019-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 1040《塑料 拉伸性能的测定》共分为 5 个部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件；
- 第 3 部分：薄膜和薄片的试验条件；
- 第 4 部分：各向同性和正交各项异性纤维增强复合材料的试验条件；
- 第 5 部分：单向纤维增强复合材料的试验条件。

本部分为 GB/T 1040 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 1040.1—2006《塑料 拉伸性能的测定 第 1 部分：总则》。与 GB/T 1040.1—2006 相比主要变化如下：

- 修改了泊松比；
- 优化了计算机控制拉伸试验机的定义和方法；
- 多用途试样优选标距从 50 mm 增加到 75 mm，尤其适用于 GB/T 1040.2；
- 修改了拉伸标称应变；
- 增加了标准应变的计算方法；
- 删除了资料性附录 A“拉伸模量和有关值”；
- 增加了资料性附录 A“屈服应变的测定”；
- 增加了资料性附录 B“泊松比测定的引伸计精度”；
- 增加了规范性附录 C“拉伸模量测定的校准要求”。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 527-1:2012《塑料 拉伸性能的测定 第 1 部分：总则》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

GB/T 2918—2018 塑料 试样状态调节和试验的标准环境(ISO 291:2008, MOD)

GB/T 2941—2006 橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序(ISO 23529:2004, IDT)

本部分由中国石油和化学工业联合会提出。

本部分由全国塑料标准化技术委员会通用方法和产品分会(SAC/TC 15/SC 4)归口。

本部分标准起草单位：国家合成树脂质量监督检验中心、山东道恩高分子材料股份有限公司、中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院、广东圆融新材料有限公司、中广核俊尔新材料有限公司、重庆云天化瀚恩新材料开发有限公司、中国石油化工股份有限公司北京化工研究院、中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司、承德市金建检测仪器有限公司、深圳万测试验设备有限公司、福建省产品质量检验研究院、中国石油化工股份有限公司北京燕山分公司树脂应用研究所、北京华塑晨光科技有限责任公司。

本部分主要起草人：刘力荣、陈敏剑、赵磊、樊洁、陈欣、张磊、普雪涛、者东梅、刘洪录、任雨峰、牟秀发、何芃、张耀月、陈宏愿、方万漂。

本部分代替了 GB/T 1040.1—2006。

GB/T 1040.1—2006 的历次版本发布情况为：

- GB/T 1039—1979、GB/T 1039—1992；
- GB/T 1040—1979、GB/T 1040—1992。

塑料 拉伸性能的测定

第1部分:总则

1 范围

GB/T 1040 的本部分规定了在规定条件下测定塑料和复合材料拉伸性能的一般原则,并规定了几种不同形状的试样以用于不同类型的材料,这些材料在本标准的其他部分予以详述。

本方法用于研究试样的拉伸性能及规定条件下测定拉伸强度、拉伸模量和其他方面的拉伸应力/应变关系。

本方法适用于下列材料:

- 硬质和半硬质(见 3.12 和 3.13)热塑性模塑、挤塑和浇铸材料,除未填充类型外还包括填充的和增强的混合料,硬质和半硬质热塑性片材和薄膜;
- 硬质和半硬质热固性模塑材料,包括填充的和增强的复合材料,硬质和半硬质热固性板材,包括层压板;
- 混入单向或无定向增强材料的纤维增强热固性和热塑性复合材料,这些增强材料如毡、织物、无捻粗纱、短切原丝、混杂纤维增强材料、无捻粗纱和碾碎纤维等;预浸渍材料制成的片材(预浸料坯);
- 热致液晶聚合物。

鉴于 ISO 1926,本方法一般不适用于硬质泡沫材料或含微孔材料的夹层结构材料。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 12160—2002 单轴试验用引伸计的标定(ISO 9513:1999, IDT)

GB/T 16825.1—2008 静力单轴试验机的检验 第1部分:拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准(ISO 7500-1:2004, IDT)

ISO 291 塑料 试样状态调节和试验的标准环境(Plastics—Standard atmospheres for conditioning and testing)

ISO 2602 数据的统计处理和解释 均值的估计和置信区间

ISO 16012 塑料 试样的线性尺寸测定(Plastics—Determination of linear dimensions of test specimens)

ISO 20753 塑料 试样(Plastics—Test specimens)

ISO 23529 橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序(Rubber—General procedures for preparing and conditioning test pieces for physical test methods)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

标距 gauge length

L_0

试样中间部分两标线之间的初始距离。

注 1: 以毫米(mm)为单位。

注 2: GB/T 1040 不同部分中试样类型的标距值表示相应的最大标距。

3.2

厚度 thickness

h

试样中间部分矩形截面的较小初始尺寸。

注: 以毫米(mm)为单位。

3.3

宽度 width

b

试样中间部分矩形截面的较大初始尺寸。

注: 以毫米(mm)为单位。

3.4

截面积 cross-section

A

试样初始宽度和厚度的乘积, $A = bh$ 。

注: 以平方毫米(mm²)为单位。

3.5

试验速度 test speed

v

夹具的分离速度。

注: 以毫米每分钟(mm/min)为单位。

3.6

拉伸应力 tensile stress

σ

在试样标距内, 每单位原始截面积上所受的力。

注 1: 以兆帕(MPa)为单位。

注 2: 为便于与试样实际截面积相关的真实应力区分, 此应力通常称作工程应力。

3.6.1

拉伸屈服应力 tensile stress at yield

σ_y

屈服应变时的应力。

注 1: 以兆帕(MPa)为单位。

注 2: 该应力值可能小于能达到的最大应力值(参见图 1 中的曲线 b 和曲线 c)。

3.6.2

拉伸强度 tensile strength

σ_m

在拉伸试验过程中, 观测到的最大初始应力。

注 1: 以兆帕(MPa)为单位。

注 2: 该值也可能是试样在屈服或断裂时的应力(参见图 1)。

3.6.3

x%拉伸应变应力 tensile stress at x% strain σ_x

在应变达到规定值(x%)时的拉伸应力。

注 1: 以兆帕(MPa)为单位。

注 2: 可用于应力/应变曲线上无明显屈服点的情况(参见图 1 中的曲线 d)。

3.6.4

拉伸断裂应力 tensile stress at break σ_b

试样破坏时的拉伸应力。

注 1: 以兆帕(MPa)为单位。

注 2: 试样断裂前应力应变曲线上的最大应力值,如在裂纹萌生导致的负荷下降前。

3.7

拉伸应变 tensile strain ϵ

原始标距单位长度的增量。

注: 用无量纲的比值或百分数(%)表示。

3.7.1

拉伸屈服应变 tensile strain at yield/tensile yield strain ϵ_y

拉伸试验中初次出现应力不增加而应变增加时的应变。

注 1: 用无量纲的比值或百分数(%)表示。

注 2: 参见图 1 中的曲线 b 和曲线 c。

注 3: 参见附录 A(资料性附录)计算机控制测定屈服应变。

3.7.2

拉伸断裂应变 tensile strain at break ϵ_b

对断裂发生在屈服之前的试样,应力下降至小于或等于强度的 10%之前最后记录的数据点对应的应变。

注 1: 用无量纲的比值或百分数(%)表示。

注 2: 参见图 1 中的曲线 a 和曲线 d。

3.7.3

拉伸强度拉伸应变 tensile strain at tensile strength ϵ_m

拉伸强度对应的应变。

注: 用无量纲的比值或百分数(%)表示。

3.8

拉伸标称应变 nominal tensile strain ϵ_t

横梁位移除以夹持距离。

注 1: 用无量纲的比值或百分数(%)表示。

注 2: 适用于屈服点后的应变(见 3.7.1)或没有引伸计使用的情况。

注 3: 从试验开始时的横梁位移来计算。如果是用引伸计(优选多用途试样)来测定应变的,亦可通过屈服点后横梁位移的增量来计算。

3.8.1

拉伸断裂标称应变 nominal tensile strain at break

ϵ_{tb}

对断裂发生在屈服之后的试样,应力下降至小于或等于强度的10%之前最后记录的数据点对应的标称应变。

注1:用无量纲的比值或百分数(%)表示。

注2:参见图1中的曲线b和曲线c。

3.9

拉伸弹性模量 modulus of elasticity in tension

E_t

模量:应力/应变曲线 $\sigma(\epsilon)$ 上应变 $\epsilon_1=0.05\%$ 与应变 $\epsilon_2=0.25\%$ 区间的斜率。

注1:以兆帕(MPa)为单位。

注2:可用弦模量或此区间(参见图1中的曲线d)线性最小二乘回归线的斜率来计算。

注3:此定义不适用于薄膜。

3.10

泊松比 Poisson's ratio

μ

在纵向应变对法向应变关系曲线的起始线性部分内,垂直于拉伸方向上的两坐标轴之一的拉伸形变量 $\Delta\epsilon_n$ 与拉伸方向上的形变量 $\Delta\epsilon_1$ 之比的负值。

注:用无量纲的比值表示。

3.11

夹具距离 gripping distance

L

夹具间试样部分的初始长度。

注:以毫米(mm)为单位。

3.12

硬质塑料 rigid plastic

在规定条件下,弯曲弹性模量或拉伸弹性模量(弯曲弹性模量不适用时)大于700 MPa的塑料。

3.13

半硬质塑料 semi-rigid plastic

在规定条件下,弯曲弹性模量或拉伸弹性模量(弯曲弹性模量不适用时)在70 MPa~700 MPa之间的塑料。

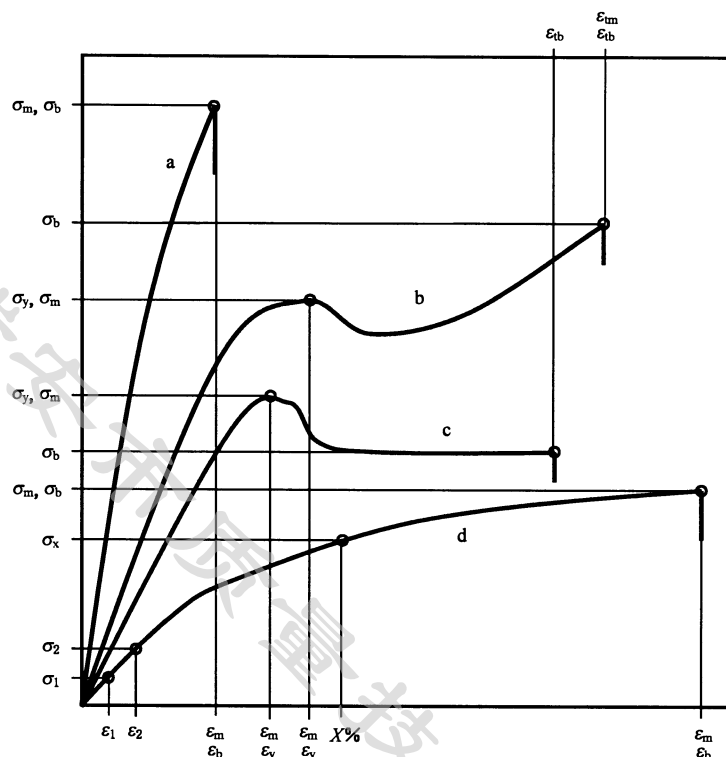


图 1 典型应力/应变曲线

注: 曲线 a 为脆性材料, 其断裂应变低并且无屈服。曲线 d 为类似橡胶的柔软材料, 其断裂应变较大 ($>50\%$)。

4 原理和方法

4.1 原理

沿试样纵向主轴方向恒速拉伸,直到试样断裂或其应力(负荷)或应变(伸长)达到某一预定值,测量在这一过程中试验承受的负荷及其伸长。

4.2 方法

4.2.1 这些方法适用于模塑制备的选定的尺寸试样,或采用机加工、切割或冲裁等方法从成品或半成品上(如模制件、层压板、薄膜和挤出或浇铸板)制备的试样。试样类型及其制备见关于典型材料的 GB/T 1040 的相关部分。某些情况下可使用多用途试样。多用途和小型试样见 ISO 20753。

4.2.2 此方法规定了试样的优选尺寸。不同尺寸的试样或不同状态调节后的试样试验结果无可比性。另一些因素,如测试速度和试样的状态调节也会影响试验结果。因此,在进行数据比定时,应严格控制这些因素并记录。

5 设备

5.1 试验机

5.1.1 概述

试验机应符合 GB/T 16825.1—2008 和 GB/T 12160—2002 以及本部分 5.1.2~5.1.6 的规定。

5.1.2 试验速度

试验机应能达到表 1 所规定的试验速度。

表 1 推荐的试验速度

速度 v /(mm/min)	允差/ %
0.125	±20
0.25	
0.5	
1	
2	
5	
10	
20	±10
50	
100	
200	
300	
500	

5.1.3 夹具

夹具用于夹持试样与试验机相连,使试样的主轴方向与通过夹具中心线的拉力方向重合。试样应以这种方式夹持以防止被夹试样相对夹具口滑动。夹具不会引起夹具口处试样过早破坏或挤压夹具中的试样。

例如在拉伸模量的测定中,应变速率的恒定是很重要的,不能由于夹具的移动而改变,特别是在使用楔形夹具时。

注:对于预应力,有必要获得正确的定位(见 9.3)和试样放置以及避免应力/应变曲线开始阶段的趾区。

5.1.4 负荷指示装置

负荷测量系统应符合 GB/T 16825.1—2008 定义的 1 级。

5.1.5 应变指示装置

5.1.5.1 引伸计

引伸计应符合 GB/T 12160—2002 规定的 1 级引伸计的要求,在测量的应变范围内可获得此精度。也可用非接触式引伸计,但要确保其满足相同的精度要求。

引伸计应可测量试验过程中任何时刻试样标距的变化。该仪器最好(但不是必须)能自动记录这种变化,且在规定的试验速度下应基本上无惯性滞后。

在精确测定拉伸模量 E_t 时,设备应能以相关值的 1%或更优精度测量标距的变化。当使用 1A 类

型试样时,75 mm 标距对应的绝对精度为 $\pm 1.5 \mu\text{m}$ 。越小的标距对引伸计的要求越高,见图 2。

注:基于使用的标距,1%的精度要求转为测定标距内伸长率的不同绝对精度要求。对于小型试样,由于没有合适的引伸计,不能获得更高的精度(见图 2)。

常用光学引伸计记录宽试样表面发生的形变:单面应变测试方法确保低应变不会受到来自试样微小的错位、初始翘曲和在试样的相对面产生不同应变弯曲的影响。推荐使用平均化试样相对面应变的测量方法。这与模量测定有关,但不适于较大应变的测量。

5.1.5.2 应变计

试样也可以装纵向应变计,其精度应为相对值的 1%或更优。对于测量模量时,相当于应变精度为 20×10^{-6} ($20 \mu\text{m}$ 应变)。应变计表面处理和粘接剂的选择应以能显示被测材料的所有性能为宜。

5.1.6 数据的记录

5.1.6.1 概述

所需记录数据(负荷,应变,伸长率)的数据采集频率须足够高以满足要求的精度。

5.1.6.2 应变数据的记录

应变数据记录的数据采集频率基于

——试验速度 v ,以 mm/min 为单位;

——标距和初始夹具距离的比值, L_0/L ;

——获得准确数据应变信号的最小分辨率 r ,以 mm 为单位。一般为精度的一半或更优。

从传感器到指示器的整体传输的最小数据采集频率 $f_{\min}$,以 Hz 为单位,计算如下:

$$f_{\min} = \frac{v}{60} \times \frac{L_0}{L \cdot r} \quad \dots\dots\dots (1)$$

试验机的采样频率应至少与最小数据采集频率 $f_{\min}$ 相同。

5.1.6.3 负荷数据的记录

要求的采样频率基于试验速度、应变范围、精度和夹具距离。模量、试验速度和夹具距离决定负荷增长率。负荷增长率与所需精度的比值决定采样频率。见下示例。

式(2)给出负荷增长率:

$$\dot{F} = \frac{E \cdot A \cdot v}{60L} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

E ——弹性模量,单位为兆帕(MPa);

A ——试样截面积,单位为平方毫米(mm^2);

v ——试验速度,单位为毫米每分(mm/min);

L ——夹具距离,单位为毫米(mm)。

假定相关负荷的测量精度在 1%以内,对引伸计而言,在模量范围内,同样以负荷的差值与其精度要求的比值来确定数据采集频率,则可使用如下方程:

$$\Delta F = E \cdot A \cdot (\epsilon_2 - \epsilon_1) = E \cdot A \cdot \Delta \epsilon \quad \dots\dots\dots (3)$$

精度(1%的一半):

$$r = 5 \times 10^{-3} \times \Delta F = 5 \times 10^{-3} \times E \cdot A \cdot \Delta \epsilon \quad \dots\dots\dots (4)$$

采样频率:

$$f_{\text{force}} = \frac{\dot{F}}{r} = \frac{E \cdot A \cdot v}{E \cdot A \cdot \Delta \epsilon \times 60 \times L \times 5 \times 10^{-3}} \dots\dots\dots (5)$$

示例： $v=1\text{ mm/min}$ ， $\Delta \epsilon=2 \times 10^{-3}$ ， $L=115\text{ mm}$ ，则采样频率 $f_{\text{force}}=14.5\text{ Hz}$ 。

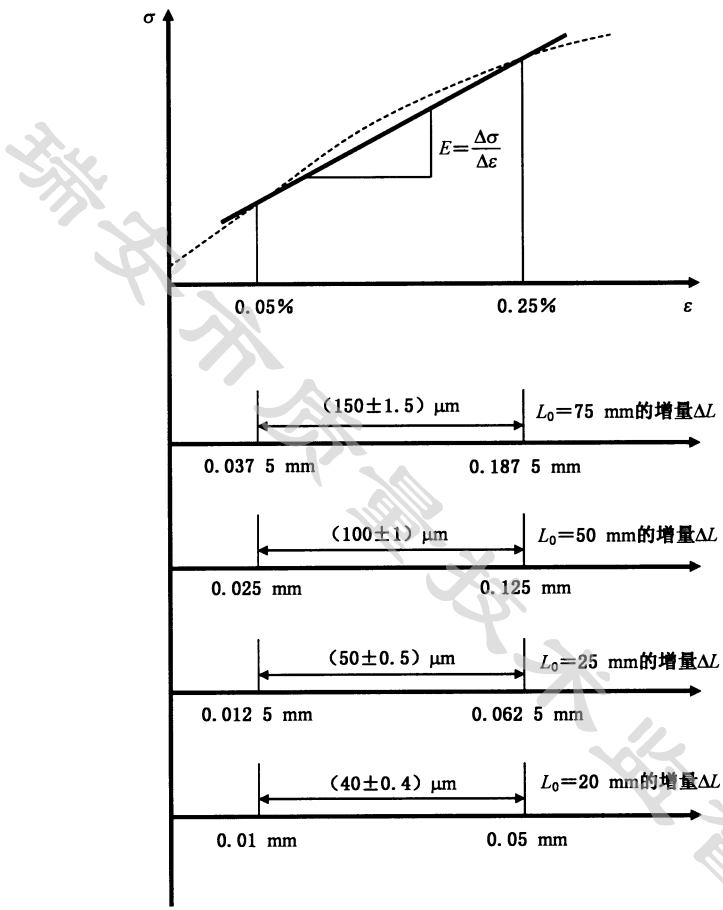


图 2 假定精度为 1%，不同标距时模量测定的引伸计精度要求

5.2 试样宽度和厚度测量设备

如适用，见 ISO 16012 和 ISO 23529。

6 试样

6.1 形状和尺寸

见本部分与受试材料有关的部分。

6.2 试样制备

见本部分与受试材料有关的部分。

6.3 标线

见本部分与标距长度条件有关的部分。

如果使用光学引伸计，特别是对于薄片和薄膜，应在试样上标出规定的标线，标线与试样的中点距

离应相等($\pm 1\text{ mm}$),两标线间距离的测量精度应达到 1%或更优。

标线不能刻划、冲刻或压印在试样上,以免损坏受试材料,应采用对受试材料无影响的标线,而且所划的相互平行的每条标线要尽量窄。

6.4 试样的检查

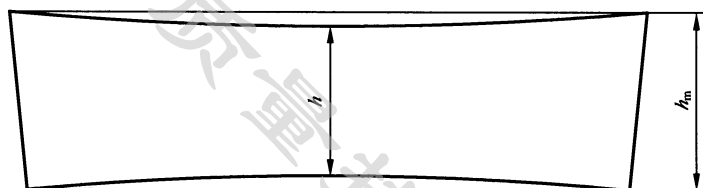
试样应无扭曲,相邻的平面间应相互垂直(见下注)。表面和边缘应无划痕、空洞、凹陷和毛刺。

为使试样符合这些要求,应将其紧贴在直尺、三角尺或平板上,用目视观测或用测微卡尺对试样进行测量检查。

使用尺寸和方向如尖端/刀刃的测量规以便精确测定所需位置的尺寸。

经检查发现试样有一项或几项不符合要求时应舍弃。对不符合要求的试样进行测试时应说明原因。

注塑试样需要 $1^\circ\sim 2^\circ$ 的拔模角以方便脱模。此外,注塑试样不可能无凹痕。由于冷却过程的不同,试样中间厚度值一般比边缘小。可接受厚度差异为 $\Delta h \leq 0.1\text{ mm}$ (见图 3)。



说明:

h_m —— 试样横截面最大厚度;

h —— 试样横截面最小厚度;

$\Delta h = h_m - h \leq 0.1\text{ mm}$ 。

图 3 有凹痕和拔模角的注塑试样横截面(放大图)

注: ISO 294-1 的附录 D 给出了如何降低注塑试样凹痕的导则。

6.5 各向异性

见本部分与受试材料有关的部分。

7 试样数量

7.1 每个受试方向的试样数量最少 5 个。如果需要精密度更高的平均值,试样数量可多于 5 个,可用置信区间(95%,见 ISO 2602)估算得出。

7.2 应废弃在夹具内断裂或打滑的哑铃形试样并另取试样重新试验。

由于这些数据的变化是受试材料性能变化的函数,因此,不能因为其他任何原因而随意舍弃数据。

8 状态调节

应按有关材料标准规定对试样进行状态调节。缺少这方面的资料时,应选择 ISO 291 中适当的条件并至少调节 16 h,除非有关方面另有规定,例如在高温或低温下试验。

优选大气为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 和 $(50 \pm 10)\%$ 相对湿度,除非材料性能对湿度不敏感,此情况下无需进行湿度控制。

9 试验步骤

9.1 试验环境

应在与试样状态调节相同环境下进行试验,除非有关方面另有商定,例如在高温或低温下试验。

9.2 试样尺寸

若 ISO 16012 或 ISO 23529 适用,则依照其测定试样的尺寸。

在每个试样中部距离标距每端 5 mm 以内记录宽度和厚度的最大值和最小值,并确保其在相应材料标准的允差范围内。使用测量的宽度和厚度的平均值来计算试样的横截面。

对于注塑试样,在试样中部 5 mm 内测定宽度和厚度。

对于注塑试样,不必测量每个试样的尺寸。每批测量一个试样就足以确定所选试样类型的相应尺寸(见本标准的相关部分)。使用多型腔模具时,应确保型腔之间的试样尺寸偏差不超过 0.25%。

从片材或薄膜上冲压出来的试样,可认为冲模中间平行部分的平均宽度与试样的对应宽度相等。在周期性的比对验证测量基础上,方可采用这种方法。

本标准此部分仅适用于环境温度下用于计算拉伸性能测定的试样尺寸。因此,并未考虑其他温度下性能测定时的热膨胀效应。

9.3 夹持

将试样放到夹具中,务必使试样的长轴线与试验机的轴线成一条直线。平稳而牢固地夹紧夹具,以防止试验中试样滑移和夹具的移动。夹持力不应导致试样的破裂或挤压(见注 2)。

注 1: 在手动操作中可用停止来对中试样。除非机器可连续降低热应力,在环境箱内夹持试样时可先夹住一个夹具,待试样温度平衡后夹紧另一个夹具。

注 2: 例如,在热老化后的试样会在夹具内破裂。高温试样中可发生试样挤压。

9.4 预应力

试样在试验前应处于基本不受力状态。但在薄膜试样对中时可能产生这种预应力,特别是较软材料由于夹持压力,也能引起这种预应力。但有必要避免应力/应变曲线(见 5.1.3)开始阶段的趾区。在测量模量时,试验开始时的预应力为正值但不应超过以下值,见式(6):

$$0 < \sigma_0 \leq E_t/2\,000 \quad \dots\dots\dots (6)$$

当测量相关应力时,如 $\sigma^* = \sigma_y$ 或 σ_m , 应满足式(7):

$$0 < \sigma_0 \leq \sigma^*/100 \quad \dots\dots\dots (7)$$

如果试样被夹持后应力超过式(6)和式(7)给出的范围,则可用 1 mm/min 的速度缓慢移动试验机横梁直至试样受到的预应力在允许范围内。

如果用于模量或应力调整预应力的值未知,则进行预试验来获得这些估计值。

9.5 引伸计的安装

设置预应力后,将校准过的引伸计安装到试样的标距上并调正,或根据 5.1.5 所述,装上纵向应变计。如需要,测出初始距离(标距)。如要测定泊松比,则应在纵轴和横轴方向上同时安装两个伸长或应变测量装置。

用光学方法测量伸长时,如果系统需要,应按 6.3 的规定在试样上标出测量标线。

引伸计应对称放置在试样的平行部分中间并在中心线上。应变计应放置在试样的平行部分中间并在中心线上。

9.6 试验速度

根据有关材料的相关标准确定试样速度,如果缺少这方面的资料,试样速度应根据表 1 确定或与相关方商定。

测定拉伸模量时,选择的试样速度应尽可能使应变速率接近每分钟 1% 标距。本部分与受试材料相关的部分给出了适用于不同类型试样的试样速度。

测定拉伸模量、屈服点前的应力/应变曲线及屈服后的性能时,可能需要采用不同的速度。在拉伸模量(达到应变为 0.25%)的测定应力之后,同一试样可用于继续测试。

推荐在进行不同速度试验前卸掉试样载荷,也可在拉伸模量测定完后未卸掉载荷而改变试验速度。在测试中改变试验速度时,确保速度变化发生在应变不大于 0.3% 以内。

对于其他测试,不同试样使用不同试验速度。

9.7 数据的记录

最好记录试验过程中试样承受的负荷及与之对应的标线间或夹具距离的增量。这需要 3 个数据通道来获取数据。如果仅有两个通道可用,记录载荷信号和引伸计信号。最好采用自动记录系统。

10 结果计算和表示

10.1 应力计算

按式(8)计算 3.6 定义的应力值:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

σ ——应力,单位为兆帕(MPa);

F ——所测的对应负荷,单位为牛(N);

A ——试样原始横截面积,单位为平方毫米(mm²)。

当测定 $x\%$ 应变应力时, x 应为相关产品标准或相关方面商定值。

10.2 应变计算

10.2.1 引伸计测定应变

对于材料和/或测试条件,试样的平行部分普遍存在相同的应变分布,例如在屈服前和到达屈服点的应变,用式(9)计算 3.7 中定义的所有应变:

$$\epsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

ϵ ——应变,用比值或百分数表示;

L_0 ——试样的标距,单位为毫米(mm);

ΔL_0 ——试样标距间长度的增量,单位为毫米(mm)。

只要标距内试样的形变是相同的,则可使用引伸计平均整个标距的应变来测定应变。如果材料开始颈缩,应变分布变得不均匀,使用引伸计测定应变会受到颈缩区域位置和大小严重影响。在此情况下,使用标称应变来描述屈服点后应变的演变。

10.2.2 标称应变

10.2.2.1 概述

当未使用引伸计时用标称应变。例如,使用小型试样或在屈服点后由于区域化(颈缩)使得引伸计测定应变失效时。标称应变是相对于初始标距的夹具距离增加量,它是记录横梁的位移而不是测量夹具间的位移。可记录横梁的位移来替代测量夹具之间的距离。横梁位移应按照机器柔度的影响来进行修正。

可按下面两种方法来测定标称应变。

10.2.2.2 A 法

记录从试验开始时机器夹具间的位移,由下式计算标称应变:

$$\epsilon_t = L_t / L \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

ϵ_t ——应变,用比值或百分数表示;

L ——夹距,单位为毫米(mm);在本部分的相关部分有定义;

L_t ——试验时夹距的增加量,单位为毫米(mm)。

10.2.2.3 B 法

有屈服和颈缩的多用途试样优选 B 法,但其屈服应变已用引伸计精确测定。记录从试验开始时机器夹具间的位移,由下式计算标称应变:

$$\epsilon_t = \epsilon_y + \Delta L_t / L \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

ϵ_t ——标称应变,用比值或百分数表示;

ϵ_y ——屈服应变,用比值或百分数表示;

L ——夹距,单位为毫米(mm);在本部分的相关部分有定义;

ΔL_t ——屈服点之后夹距的增加量,单位为毫米(mm)。

10.3 拉伸模量

10.3.1 概述

用下列其中一个方法计算由 3.9 定义的拉伸模量。

10.3.2 弦斜率法

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

E_t ——拉伸模量,单位为兆帕(MPa);

σ_1 ——应变值 $\epsilon_1 = 0.000\ 5$ (0.05%) 时测量的应力,单位为兆帕(MPa);

σ_2 ——应变值 $\epsilon_2 = 0.002\ 5$ (0.25%) 时测量的应力,单位为兆帕(MPa)。

10.3.3 回归斜率法

借助计算机,可以用这些监测点间曲线部分的线性回归代替用两个不同的应力/应变点来测量拉伸模量 E_t 。

$$E = \frac{d\sigma}{d\epsilon} \dots\dots\dots (13)$$

$\frac{d\sigma}{d\epsilon}$ 是在 $0.0005 \leq \epsilon \leq 0.0025$ 应变区间部分应力/应变曲线的最小二乘回归线性拟合的斜率,单位为兆帕(MPa)。

拉伸模量测定时引伸计的校准应符合附录 C 的要求。

10.4 泊松比

对试样宽度或厚度作图作为屈服点前应力/应变曲线部分标距区域的函数,不包含受到试验速度变化影响的区域。

测定宽度(厚度)变化对标距变化曲线的斜率 $\Delta n / \Delta L_0$ 。如适用,在曲线的线性部分两界限间用线性最小二乘法回归分析来计算此斜率,最好在模量区域后面并确保速度变化。泊松比用下式进行测定:

$$\mu = -\frac{\Delta \epsilon_n}{\Delta \epsilon_1} = -\frac{L_0}{n_0} \frac{\Delta n}{\Delta L_0} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

μ ——泊松比,无量纲;

$\Delta \epsilon_n$ ——纵向应变 $\Delta \epsilon_1$ 增加时法向应变的减少量,单位为无量纲比值或百分数;

$\Delta \epsilon_1$ ——纵向应变的增加量,单位为无量纲比值或百分数;

L_0, n_0 ——分别为纵向和法向的初始标距,单位为毫米(mm);

Δn ——试样法向标距的减少量: $n=b$ (宽度)或 $n=h$ (厚度),单位为毫米(mm);

ΔL_0 ——纵向标距相应的增加量,单位为毫米(mm)。

根据轴向,泊松比表示为 μ_b (宽度方向)或 μ_h (厚度方向)。

在应变范围 $0.3\% \leq \epsilon \leq \epsilon_y$ (参见附录 B)优选更高的应变区域测定泊松比。根据 Δn 对 ΔL_0 (法向尺寸的变化对纵向尺寸的变化)的曲线来测定有效的泊松比区域。从此曲线的线性部分的斜率来测定泊松比。

注:塑料是黏弹性材料。因此,泊松比是基于测定时应力的范围,宽度(厚度)作为长度的函数可能并不是直线。

10.5 统计分析参数

计算试验结果的算术平均值,如需要,可根据 ISO 2602 的规定计算标准偏差和平均值 95% 的置信区间。

10.6 有效数字

应力和拉伸模量保留三位有效数字,应变和泊松比保留两位有效数字。

11 精密度

见本部分中与受试材料有关的部分。

12 试验报告

试验报告应包含 a) 至 q) 中的信息。把“拉伸”添加至单个和平均性能中,见 m)、n) 和 o):

a) 注明引用 GB/T 1040 的相关部分;

b) 受试材料的完整标识,包括类型、来源、制造厂代号和所知的历史;

- c) 材料(不管其为成品、半成品、试板或试样)的性能和形态,包括主要尺寸、形状、加工方法、层合顺序和预处理情况;
- d) 试样类型及平行部分的宽度和厚度,包括平均值、最小值和最大值;
- e) 试样制备及加工方法的详细情况;
- f) 如果材料是成品或半成品,试样切割的方向;
- g) 试样数量;
- h) 状态调节和试验的标准环境,如果需要,根据有关材料或产品相关的标准所增加的特殊状态调节;
- i) 试验机的精度等级(见 GB/T 16825.1—2008,GB/T 12160—2002 和 5.1.5);
- j) 伸长或应变指示仪的类型和标距 L_0 ;
- k) 夹持装置的类型和夹具距离 L ;
- l) 试验速度;
- m) 第 3 章定义性能的单个试验结果;
- n) 试样结果的平均值,引用的受试材料指标值;
- o) 标准偏差和/或变异系数及平均值的置信区间,如果需要;
- p) 是否废弃或更换试样的说明及原因,测试不符合要求的样品的原因;
- q) 试验日期。

附录 A

(资料性附录)

屈服应变的测定

一般通过绘制水平切线持续记录应力/应变曲线来测定屈服应变。随着计算机控制在试验设备的应用,使用一组的基于记录电信号性能的离散采样数据点来评估应力/应变曲线。由于干扰信号(电子的或机械的),数据集通常有些分散,在派生性能时需要考虑这些因素。

下列条款对屈服点的测定很重要:

- 塑料材料有宽泛的不同应力/应变性能。屈服区域可能是窄峰(例如 ASA)或宽平台(如 POM,潮湿的 PA6)。
- 测定屈服应变包括在屈服区域确认最高数据点。
- 所选择的点必须有物理意义;干扰信号可导致选择不适合的点。
- 必须设计有意义的决策来选择点。例如,对于有屈服平台的材料,有效的设计界限应为靠近起始阶段而不是在中部。

可用不同的方法来测定数字数据的点。

- 最大值的点对点比较。这是简单的过程,但需要额外检查防止误选噪声相关的最大值。例如,这可能包含采用移动的间隔评估,系统决定其宽度。系统是材料性能和试验装置的综合影响。
- 斜率法:此方法包含更大量的计算,但在当前个人电脑提供的计算能力范围内是可行的。斜率的判断标准包含计算应力/应变曲线回归斜率的移动间隔评估。此方法有平滑/过滤效果,可降低噪声影响。此外,必须定义有屈服点斜率的判断标准,例如:
 - 斜率初始变成负值的评估间隔的中点。
 - 斜率初始达到一些限制正值的评估间隔的中点。本部分以前版本的工作草案提议了下列标准,应用于移动间隔的中点,斜率等于或小于此点应力值:

$$\epsilon_y = \epsilon \left[\frac{d\sigma}{d\epsilon} \leq \sigma \right] \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

- 此方法的好处在于只确定接近应力/应变曲线初次主斜率变化的屈服应变。但是屈服应变值会小于现在的方法。此方法对宽屈服峰不太有用。

- 对于斜率法,也是系统决定间隔评估的正确宽度,要求用户能完全理解测试方法和材料。

这些示例说明有多样的方法来测定屈服应变。原理上,选择并使用其中一个方法可用于测试结果的可比性,但现有的机器和不同的软件包会使这无法实施。

一个可行的办法是验证系统。此验证系统包含专家在相关性能上达成一致的参考数据集(应力/应变曲线)。这些数据集可应用于任何评估软件或根据此参数,检查软件显示的是否是“正确值”。此系统确保试验结果的可比性并允许进行不同的评估程序。

已有类似的金属拉伸测试的系统。详见:

<http://www.npl.co.uk/server.php?show=ConWebDoc.2886>.

可用下式进行应变区间宽度的评估:

$$n = f \Delta t = f \frac{\Delta \epsilon}{\dot{\epsilon}}$$

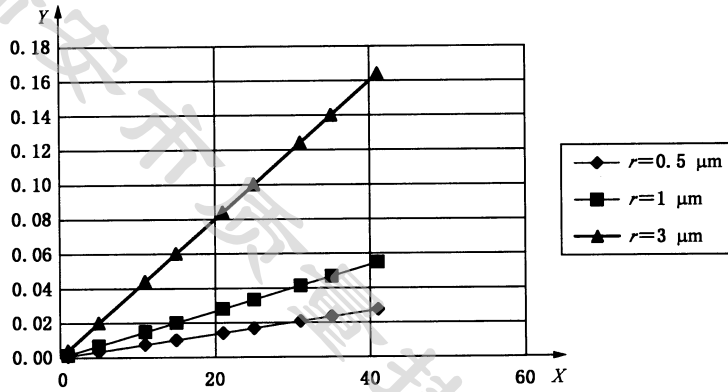
$$\Delta \epsilon = \dot{\epsilon} \frac{n}{f} = \frac{v}{60L} \frac{n60Lr}{vL_0} = \frac{nr}{L_0} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

n ——数据点数目;

- f ——机器的数据采样频率,见式(1),单位为每秒(s^{-1});
- $\Delta\epsilon$ ——应变区间;
- ϵ ——应变速率,单位为每秒(s^{-1});
- v ——横梁移动速率,单位为毫米每分(mm/min);
- L ——夹距,单位为毫米(mm);
- L_0 ——标距,单位为毫米(mm);
- r ——分辨率,单位为毫米(mm)。

图 A.1 中基于式(A.2)的应变区间以分辨率 r 为参数作为数据点数目函数。



说明:

X ——数据点数目;

Y ——应变区间,%。

图 A.1 基于式(A.2)的应变区间

附录 B

(资料性附录)

泊松比测定的引伸计精度

不推荐在模量测定的应变区域进行泊松比测定。

在模量区域,1%精度测定标距的伸长率,例如当使用多用途试样 75 mm 标距时,引伸计必须能测到 1.5 μm (见 5.1.5 和图 2)的伸长。假定泊松比为大部分热塑性塑料的代表值 0.4,标距为 75 mm,标距段长度增加 150 μm 时宽度减小 8 μm 。为了与纵向有相同的相对精度 1%,测定法向形变的测量系统应能测到 1.5 μm 的条件较苛刻。

假定在 $0.3\% < \epsilon < 1.5\%$ 范围内测定泊松比,宽度减少 50 μm ,横向收缩 1%的精度要求 0.5 μm 分辨率。

附 录 C
(规范性附录)
拉伸模量测定的校准要求

C.1 概述

引伸计检验的通用要求见 5.1.5。如果引伸计用于测定拉伸模量 E_t ，引伸计必须满足额外更严格的精度要求。此附录规定了步骤和校准要求的操作以检验引伸计满足额外精度的要求。

注：具体段落的所有参考文献见 GB/T 12160—2002。将提交后续版本的结构进行修改。

C.2 校准步骤

C.2.1 概述

为验证 GB/T 12160—2002，需在相同时间进行额外验证，也可单独进行验证。除非另有规定，校准条件应与 GB/T 12160—2002 一致。

按 GB/T 12160—2002 中 5.5.1 的程序准备用于验证的系统。

按 GB/T 12160—2002 中 5.5.1 的程序，在对应标距 0.05% 和 0.25%（见 GB/T 12160—2002 表 B.1）增加的移动方向上使用两种额外的测量。两次测量所得两次读数差的平均值用于比较位移的差异。为满足本部分要求，位移和指示位移间的相对误差应小于或等于 50 mm 标距位移的 $\pm 1\%$ 或当标距小于 50 mm 时小于或等于 $\pm 1\ \mu\text{m}$ 。

表 C.1 引伸计精度要求

标距/mm	初次位移/ μm	第二次位移/ μm	位移变化/ μm	精度要求(见 5.1.5)/ μm
75	37.5	187.5	150	± 1.5
50	25	125	100	± 1
25	12.5	62.5	50	± 1
20	10	50	40	± 1

注：初次和第二次位移间读数变化的引伸计的误差限。

标距小于 50 mm 时由于难以达到要求的引伸计性能，推荐用 50 mm 或更大的标距来测定模量。

C.2.2 校准仪器精度要求

校准仪器应满足 GB/T 12160—2002 表 2 中 0.2 级的要求。

C.2.3 校准报告

校准报告应包含以下内容：

- a) 本部分附录的参考文献(例如 ISO 527-1:2012,符合附录 C 的规定)；
- b) 引伸计系统所有者的姓名和地址；
- c) GB/T 12160—2002 要求的其他信息；
- d) 校准结果。

参 考 文 献

- [1] ISO 294-1:1996 Plastics—Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials—Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens
 - [2] ISO 1926 Rigid cellular plastics—Determination of tensile properties
 - [3] ASTM D638 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics
-