



中华人民共和国国家标准

GB/T 37188.1—2019/ISO 11403-1:2014

塑料 可比多点数据的获得和表示 第 1 部分：机械性能

Plastics—Acquisition and presentation of comparable multipoint data—
Part 1: Mechanical properties

(ISO 11403-1:2014, IDT)

2019-12-10 发布

2020-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 37188《塑料 可比多点数据的获得和表示》分为3个部分：

- 第1部分：机械性能；
- 第2部分：热性能和加工性能；
- 第3部分：环境对性能的影响。

本部分为GB/T 37188的第1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用ISO 11403-1:2014《塑料 可比多点数据的获得和表示 第1部分：机械性能》。

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 1040.1—2018 塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则(ISO 527-1:2012, IDT)；
- GB/T 1040.2—2006 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件(ISO 527-2:1993, IDT)；
- GB/T 1043.1—2008 塑料 简支梁冲击性能的测定 第1部分：非仪器化冲击试验(ISO 179-1:2000, IDT)；
- GB/T 1043.2—2018 塑料 简支梁冲击性能的测定 第2部分：仪器化冲击试验(ISO 179-2:1997, IDT)；
- GB/T 5471—2008 塑料 热固性塑料试样的压塑(ISO 295:2004, IDT)；
- GB/T 9352—2008 塑料 热塑性塑料材料试样的压塑(ISO 293:2004, IDT)；
- GB/T 17037.1—2019 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第1部分：一般原理及多用途试样和长条形试样的制备(ISO 294-1:2017, MOD)；
- GB/T 17037.3—2003 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第3部分：小方试片(ISO 294-3:2002, IDT)；
- GB/T 37426—2019 塑料 试样(ISO 20753:2018, MOD)。

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(SAC/TC 15)归口。

本部分起草单位：中华人民共和国青岛大港海关、金发科技股份有限公司、安徽省宁国天亿滚塑有限公司、中蓝晨光化工研究设计院有限公司、青岛中新华美塑料有限公司、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。

本部分主要起草人：高建国、叶南飏、黄明、罗晓霞、陈敏剑、王东、李宁生、宋晓云、郑慧琴。

引 言

GB/T 37188 基于塑料用户发现在比较相似材料的性能时,尤其是数据来源不同时,不能用于相似材料性能比较。甚至在采用相同的标准测试方法时,由于允许的试验条件范围较宽,所获得的数据也没有可比性。本部分的目的就是确定可作为数据获得和表示的特定方法和试验条件,从而使材料间能够进行有效的比较。

ISO 10350 是关于单点数据的标准,这种数据的表示是表征材料特性的最基本方法,对材料的初选十分有用。现行的版本规定了测试条件、测试步骤和更多大批量数据的表示。每项性能都由多点数据表征,它们显示了这项性能随诸多变量(如时间、温度、环境影响等)变化的关系。本部分还包括了其他一些性能。这些数据有助于对材料是否适用于一些特定的应用做出判定。尽管材料的一些性能受其物理结构的影响很大,从设计考虑时还需要其他的数据,但采用本部分所得的有些数据还可用于预测模塑件的使用性能和最佳加工条件。本部分中的测试尽可能采用多用途拉伸样条,但该样条的聚合物结构仍可能与实际模塑制品的特定区域有明显不同。因此,在这种情况下,得到的数据不适用于产品性能的准确设计计算,针对特殊性能所需要的数据适用性应咨询材料供应商。

GB/T 37188 的各个部分和 ISO 10350 共同确定了选材时的一组核心可比数据的获得和表示方法。采用这些标准能够使工作合理化,同时降低获取数据的费用。此外,参考这些标准还有助于简化材料性能数据的计算机存储建模和数据的互换。

本部分适当地规定了测试参数的变化值,但对有些测试,由于不同塑料应用时对应的测试条件范围很宽,也为其测试条件的选择给出了指导原则,以保证测试条件能够覆盖聚合物应用时对应的范围。这是因为一般情况下,不同聚合物的性质和特定性能都有很大的差别,因此没有必要一一更新本部分中所列的测试条件下的数据。

为了更好地进行塑料选材并将其应用于各种适用场合,获取其在很宽范围内的性能是非常必要的。本部分描述的试验步骤,可以帮助获取有关各项性能的一些相关信息。GB/T 37188 分为几部分,各部分能够独立使用。以便制定新标准或修订本标准时将其他一些性能包括进来。

塑料 可比多点数据的获得和表示

第 1 部分:机械性能

1 范围

GB/T 37188 的本部分规定了获得和表示塑料机械性能多点数据的测试方法:

- 动态模量;
- 测试恒速拉伸性能;
- 极限应力和应变;
- 拉伸应力-应变曲线;
- 拉伸蠕变;
- 简支梁冲击强度;
- 穿刺冲击性能。

本部分的测试方法和测试条件主要适用于可以注塑、模压或可以通过机械加工而制成指定厚度的尺寸合适的片材。

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。

ISO 179-1 塑料 简支梁冲击性能的测定 第 1 部分:非仪器化冲击试验(Plastics—Determination of Charpy impact properties—Part 1: Non-instrumented impact)

ISO 179-2 塑料 简支梁冲击性能的测定 第 2 部分:仪器冲击试验(Plastics—Determination of Charpy impact properties—Part 2: Instrumented impact test)

ISO 293 塑料 热塑性塑料压塑试样的制备(Plastics—Compression moulding of test specimens of thermoplastic materials)

ISO 294-1 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第 1 部分:一般原理及多用途试样和长条形试样的制备(Plastics—Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials—Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens)

ISO 294-3 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第 3 部分:小方试样(Plastics—Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials—Part 3: Small plates)

ISO 295 塑料 热固性塑料压塑试样(Plastics—Compression moulding of test specimens of thermosetting materials)

ISO 527-1 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 527-2 塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分:模塑和挤塑塑料的试验条(Plastics—Determination of tensile properties—Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics)

ISO 899-1 塑料 蠕变性能的测定 第 1 部分:拉伸蠕变(Plastics—Determination of creep behaviour—Part 1: Tensile creep)

ISO 2818 塑料 机加工法样品的制备(Plastics—Preparation of test specimens by machining)

ISO 6603-2 塑料 硬质塑料穿刺冲击性能的测定 第2部分:仪器冲击试验(Plastics—Determination of puncture impact behaviour of rigid plastics—Part 2: Instrumented impact testing)

ISO 6721-2 塑料 动态机械性能的测定 第2部分:扭摆法(Plastics—Determination of dynamic mechanical properties—Part 2: Torsion-pendulum method)

ISO 6721-4 塑料 动态机械性能的测试 第4部分:拉伸振动 非共振方法(Plastics—Determination of dynamic mechanical properties—Part 4: Tensile vibration—Non-resonance method)

ISO 10724-1 塑料 热固性粉末模塑复合材料(PMCs)试样的注塑成型 第1部分:一般原则和多用途试样的模塑成型[Plastics—Injection moulding of test specimens of thermosetting powder moulding compounds (PMCs)—Part 1: General principles and moulding of multipurpose test specimens]

ISO 10724-2 塑料 热固性粉体模塑复合材料(PMCs)试样的注塑成型 第2部分:小板材[Plastics—Injection moulding of test specimens of thermosetting powder moulding compounds (PMCs)—Part 2: Small plates]

ISO 20753 塑料 试样(Plastics—Test specimens)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多点数据 **multipoint data**

表征塑料材料性能的数据,是通过在一定范围的测试条件下,针对某一属性测得的一系列试验结果。

4 试样制备

对于注塑或压塑试样,应当采用 ISO 293、ISO 294-1、ISO 294-3、ISO 295 或 ISO 10724-1 和 ISO 10724-2 中所规定的制备步骤,试样制备方法和条件取决于模塑材料。如果上述标准中所列条件适用于某种材料,制备每一个试样时都应尽可能予以采用,并根据 GB/T 37188 的本部分得到性能数据。对于没有规定模塑条件的塑料,其所用条件应在聚合物生产商所推荐的范围内,而且对任何一种加工方法,每一个样条所用加工条件应相同。对于任何国家(或国际)标准中都没有规定模塑条件的材料,应记录表 1 中所列的模塑参数。

使用片材机械加工制样时,机械加工过程应按照 ISO 2818 进行。

表 1 模塑参数

模塑材料种类及成型方法	标准(适用时)	模塑参数
热塑性塑料注塑	ISO 294-1 和 ISO 294-3	熔体温度 模具温度 注射速度 ^a
热塑性塑料压塑	ISO 293	模具温度 模塑时间 冷却速率 脱模温度

表 1 (续)

模塑材料种类及成型方法	标准(适用时)	模塑参数
热固性塑料注塑	ISO 10724-1 和 ISO 10724-2	注射温度 模具温度 注射速率 固化时间
热固性塑料压塑	ISO 295	模具温度 模塑压力 固化时间
* 材料标准中规定的值仅用于多功能测试样条的准备(ISO 294-1)。对于小片样条的制备(参见 ISO 294-3),所选取的注射速率得到的注射时间应与多功能测试样条的成型时间有可比性。		

5 状态调节

模塑后,如果没有相关材料标准规定特殊的调节条件,测试前样条应在 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $(50 \pm 10)\%$ 相对湿度条件下调节 $28\text{ d} \pm 2\text{ d}$ (见注)。对于对潮湿不敏感的材料,则不必控制相对湿度。如果能证明缩短调节时间对性能测试没有明显影响,可缩短调节时间,调节时间与性能数据一起记录在第 7 章相应表格中。

注: 测试样品在模塑温度冷却的过程中,其内部分子结构会发生变化。高温时,结晶区的尺寸和结构发生变化。当温度低于玻璃化转变温度时,虽然结晶区的变化受到抑制,但在无定形区也会发生分子的重排(物理老化),所以很多聚合物在环境温度下还会发生物理老化。结构变化对某些特定性能有很大的影响,使得性能对热历史的依赖性增大。因此在测试前,通过规定试样的恒温调节期确立样品的可重复、可追踪结构状态,随后在接近或者稍高于环境温度下,立刻对样品进行测试。但当测试是在比较宽范围的升温或恒定的高温条件下进行时,在测试过程中结构会进一步变化。随后的冷却过程会使材料产生不同的结构状态,即使测试是非破坏性的,重复测试步骤也不会出现重复性的结果。

如果材料标准中规定了一些特殊的包括了加热过程的状态调节步骤,那么应在干燥状态下或者选择在更加稳定的结构下准备样品,并在样品状态调节之后,应加热样品到该聚合物的玻璃化转变温度并且保持这个温度 20 min 。然后使其在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 静止的空气中冷却,在 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下调节 $28\text{ d} \pm 2\text{ d}$ 。当材料性能对含水量敏感时,数据应是在聚合物干燥状态获得的,其调节过程应在相对湿度为 0% 的状态下进行。

如果试样的状态调节不是在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 50% 相对湿度条件,那么该状态调节和相关性能的数据应记录在第 7 章的表格中。

有些特定的试验要求随后进行热调节,热调节的特殊试验要求见第 6 章。

6 试验要求

6.1 总则

为了获取本部分包括的性能数据,每种性能的测试步骤都应遵从相应的测试标准中所对应的条款。热焓和线性热膨胀的测试结果,应从 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 开始,每间隔 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 记录温度 T_i 的数据, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时用 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 代替。

针对性能对含水量敏感的材料,调节后的试样在高温下进行测试时,因为其含水量不断降低,测试

结果随时间逐渐变化。因此,测试产生的数据的相关性是不确定的。建议由数据提供者决定是否应当按本部分的要求测定。

6.2 动态模量: ISO 6721-2 或 ISO 6721-4

宜采用模压制样,试样厚度 1 mm。如果必须采用其他模塑方法和厚度,应说明。

采用 $1.0\text{ Hz} \pm 0.5\text{ Hz}$ 的频率,在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到材料的最大工作温度的范围内,以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为间隔分别记录各点的动态剪切(G')或拉伸模量(E')的实部及其各自的损耗因子 $\tan\delta_G$ 或 $\tan\delta_E$,如图 1 和表 2 所示。应使用 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的测试替代 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的测试。

在最低温度下开始测量,然后再程序升温。应注意选择加热速率或每一个温度点的保温时间,确保记录温度和试样的实际温度间没有明显的差异。

6.3 恒定测试速度的拉伸性能: ISO 527-1 和 ISO 527-2

注:在制定了 ISO 527 的附录后,除了 ISO 527-2 中的材料拉伸性能数据外,其他数据将包含在本部分中。

6.3.1 总则

采用 ISO 20753 中规定的 A1 型样条进行两项测试。第一个以 1 mm/min 的速度进行测试,直到其应变达到 0.25% ,获得拉伸模量值;第二个以 5 mm/min 的速度进行测试,拉伸样条至其断裂(见注)。测量模量的样条消除应力并在一定时间内从以前的加载状态中复原后,可以继续第二个测试中使用。

注:ISO 10350 单点数据标准中所用的样条断裂模式的测试速度的选取准则在这里并不适用,因为可能需要在不同的温度下变化测试速度。

在恒定温度 T_i 下测试应力-应变曲线,直到出现极限应力 σ_w 和极限应变 ϵ_w ,得到屈服点 Y;如果没有出现屈服点,则得到断裂点 B。如果伸长率达到 50% 时还没有屈服或断裂,那么这一伸长率下对应的值就代表曲线上的极限点。在 7 个不同的温度点 T_i 下重复以上步骤,其中一个 T_i 应为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$,其他 T_i 在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到聚合物的最大工作温度之间选取。

6.3.2 极限应力和极限应变

按图 2 和表 3 的格式记录每一个测试温度 T_i 下的极限应力 σ_w 和极限应变 ϵ_w 值。

6.3.3 拉伸应力-应变曲线

按图 2 和表 4 记录每一个测试温度 T_i 下的 9 个不同应变值 ϵ_{ki} ($\epsilon_{ki} = \epsilon_w \times k/10$ 给出,其中 K 为 $1 \sim 9$ 间的整数)下的拉伸模量 E_i 和应力 ϵ_{ki} 。

6.4 拉伸蠕变: ISO 899-1

采用 ISO 20753 中规定的 A1 型样条进行测试。如果蠕变测试在高于 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行,那么加载前将样条在测试温度下放置 24 h。

注 1:塑料的蠕变性能主要取决于试样的物理老化状态。如果在室温放置一段时间后,随着环境温度的升高,样条的温度升高,老化将会加剧。随着时间的延长,老化将逐渐减弱,但会导致试样的蠕变性能依赖于加载前在高温下的松弛时间。

选取应力值 σ_{mi} ,并在第 7 章中的表 5 中记录聚合物在温度 T_i 下经历一定时间的伸长期得到的最大值。在 7 个不同的温度点 T_i 下重复以上步骤,其中一个 T_i 应为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$,其他测试温度 T_i 在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到聚合物的最大工作温度之间选取。

在每一个温度 T_i 点,选取 5 个蠕变应力 σ_{ki} ($\sigma_{ki} = \sigma_{mi} \times k/5, k = 1 \sim 5$)。对应每一个应力 σ_{ki} ,分别

在 $\lg t = 0, 1, 2, 3, 4$ (单位: h) 5 个位置记录次蠕变应变, 如图 3 和表 5 所示。

注 2: 本部分所述表示蠕变性能的测试步骤, 包括了大量数据的获取。其通常是依据特定材料的某些测试数据及其等级进行计算而得到。目前, 本部分不可能描述如何计算, 数据提供者可以采用自己的方法进行应用。

通过外推法获得的数据时, 在时间上应严格限定不超过十年, 并且在表 5 中的相应栏目中用字母 E 标注。只有表 5 中记录的应变计算值对应的应力值和时间值与测定应变时对应的应力值和时间值的误差低于 $\pm 20\%$ 时, 允许用插值法。当聚合物的性能数据是由类似等级聚合物的测量值计算得到, 在表 5 对应的栏目中应用字母 C 标注。对于填充材料, 只能在高填充量和低填充量材料的测试数据中采用插值法获得。

6.5 简支梁冲击强度: ISO 179-1 或 ISO 179-2

采用 ISO 179-1 和 ISO 179-2 中规定的 1 型样条, 即从 ISO 20753 中规定的 A1 型样条截取中间部分得到。带缺口的样条边缘处机加工成 A 型缺口 ($45^\circ V$ 型缺口, 深 2 mm, 尖端半径 0.25 mm, 见 ISO 2818)。

采用侧向冲击。

从 $-40^\circ\text{C} \sim 23^\circ\text{C}$, 每间隔 10°C 分别测定缺口冲击强度 (α_{cA}) 和无缺口冲击强度 (α_{cU}), 如图 4 和表 6 所示。

依据 ISO 179-1 和 ISO 179-2 的三种破坏类型对每一个温度下的测试结果进行分类:

- C: 完全破坏, 包括铰链破坏 H;
- P: 部分破坏;
- N: 不破坏。

选择最为频繁的破坏类型为测试结果, 在表 6 中记录冲击强度的平均值和相应的破坏类型 (C、P 或 N)

6.6 穿刺冲击性能: ISO 6603-2

使用正方形 $(60\text{ mm} \pm 2\text{ mm}) \times (60\text{ mm} \pm 2\text{ mm})$ 或圆形 (直径 $60\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$), 厚度 2 mm 的平板试样。如果样条是注塑的, 热塑性材料采用 ISO 294-3 中的 D2 型模具, 热固性材料则用 ISO 10724-2 中的 D2 型模具。将试样充分夹住, 防止其边缘有平面外的位移。

使用直径为 20 mm 的冲击锤, 每次测试前润滑其表面。

采用 4.4 m/s 的冲击锤速度。

注: 测试条件与 ISO 10350-1 中给出单点数据测试标准的测试条件相同。

从 $-40^\circ\text{C} \sim 23^\circ\text{C}$, 每间隔 10°C 测定最大冲力 F_m 和冲击能量 E_p , 直至冲击力降至最大冲力 F_m 的 50%。记录每一个温度下, 样片测试数据的平均值, 如第 7 章中的表 7 所示。

7 结果的表示

将结果和鉴别材料的信息按表 2~表 7 描述的形式记录。

每一个表格中还应包含下述附加信息:

- a) 样条的制备方法。
- b) 如果采用注塑或压塑方法制备样条, 应列出样条制备条件所参考的相关标准。如果没有相应的标准, 应在表 1 中记录适当的操作条件。
- c) 特殊的状态调节过程参照第 5 章。
- d) 测试样条的数量。

表 2 不同温度下的动态模量和损耗因子(见 6.2 和图 1)

$T/^{\circ}\text{C}$	-40	-30	-20	-10	0	10	23	...
G' 或 E'/MPa								
$\tan\delta_G$ 或 $\tan\delta_E$								
注:表中注明 E' 和 $\tan\delta_E$ 、 G' 和 $\tan\delta_G$ 是否经被测量。								

表 3 T_i 下的极限应力和极限应变以及试样的破坏模式(见 6.3.2 和图 2)

i	1	2	3	4	5	6	7
$T_i/^{\circ}\text{C}$							
σ_w/MPa							
ϵ_w							
Y 或 B							

表 4 在 T_i 下和应力 $\epsilon_{ki} = \epsilon_w \times k/10$ 从应力-应变曲线中得到的拉伸模量和应力值(见 6.3.3 和图 2)

$T_i/^{\circ}\text{C}$	E_i/MPa	与 k 相应的应力级别								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 5 固定温度 T_i 下 t 时对应的蠕变应变和相应的应力 $\sigma_{ki} = \sigma_{mi} \times k/5$ (见 6.4 和图 3)

$T_i/^{\circ}\text{C}$		σ_{mi}/MPa			
$\lg t$ (t 以小时计)	k 为下述值时相应的蠕变应变				
	1	2	3	4	5
0					
1					
2					
3					
4					
注: σ_{mi} 是在温度 T_i 的条件下, 特定蠕变时对应的应力值。					

表 6 在不同温度下简支梁缺口冲击强度(a_{cA})、无缺口冲击强度(a_{cU})和破坏类型 (见 6.5 和图 4)

$T/^{\circ}\text{C}$	$a_{cA}/(\text{kJ}/\text{m}^2)$	破坏类型	$a_{cU}/(\text{kJ}/\text{m}^2)$	破坏类型
-40				
-30				
-20				
-10				
0				
10				
23				

表 7 不同温度下最大冲力 F_m 和穿刺冲击能量 E_p (见 6.6)

$T/^{\circ}\text{C}$	-40	-30	-20	-10	0	10	23
F_m/N							
E_p/J							

8 精密度

对于获得第 7 章表格中所记录的测试数据的测试方法的精密度信息,均参考相应的测试标准。但并不是所有的标准中都含有精密度条款,而且数据的精密度还取决于测试条件以及该条件下的材料性能。

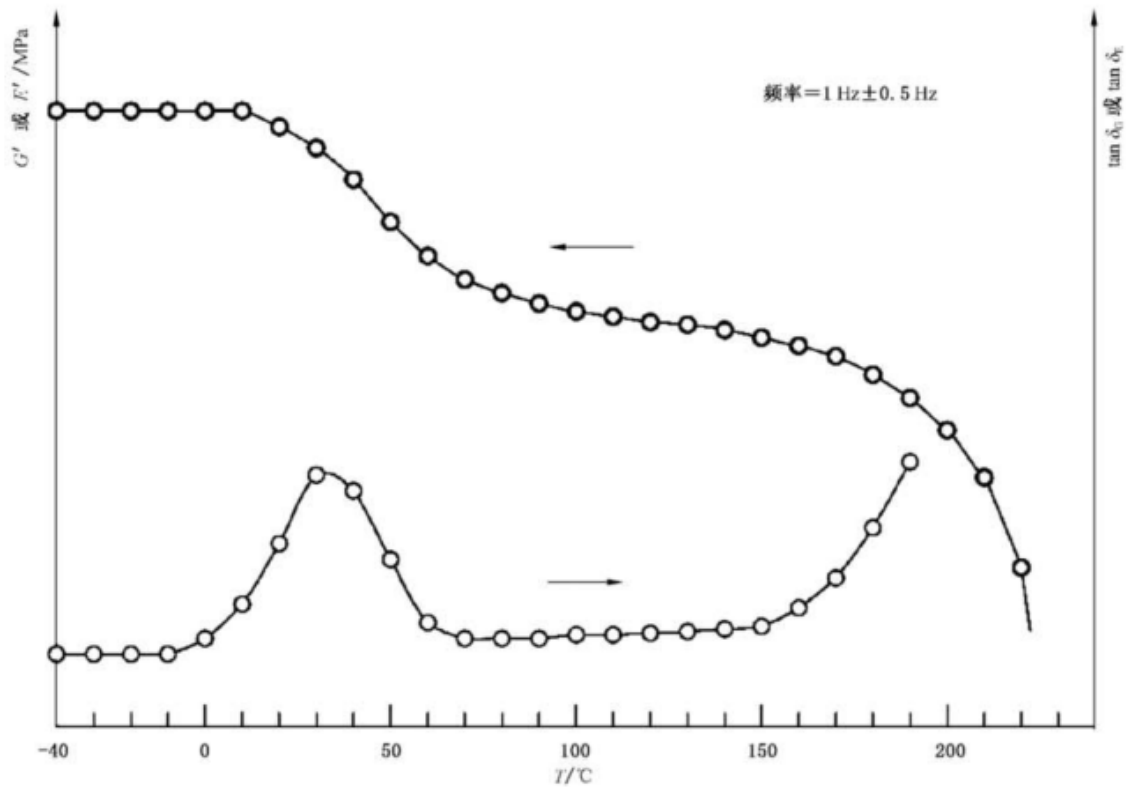


图 1 动态剪切(G')或拉伸模量(E')实数部分以及半晶体聚合物的损耗因子随温度 T (在玻璃-橡胶松弛区及早期熔融状态)的变化曲线

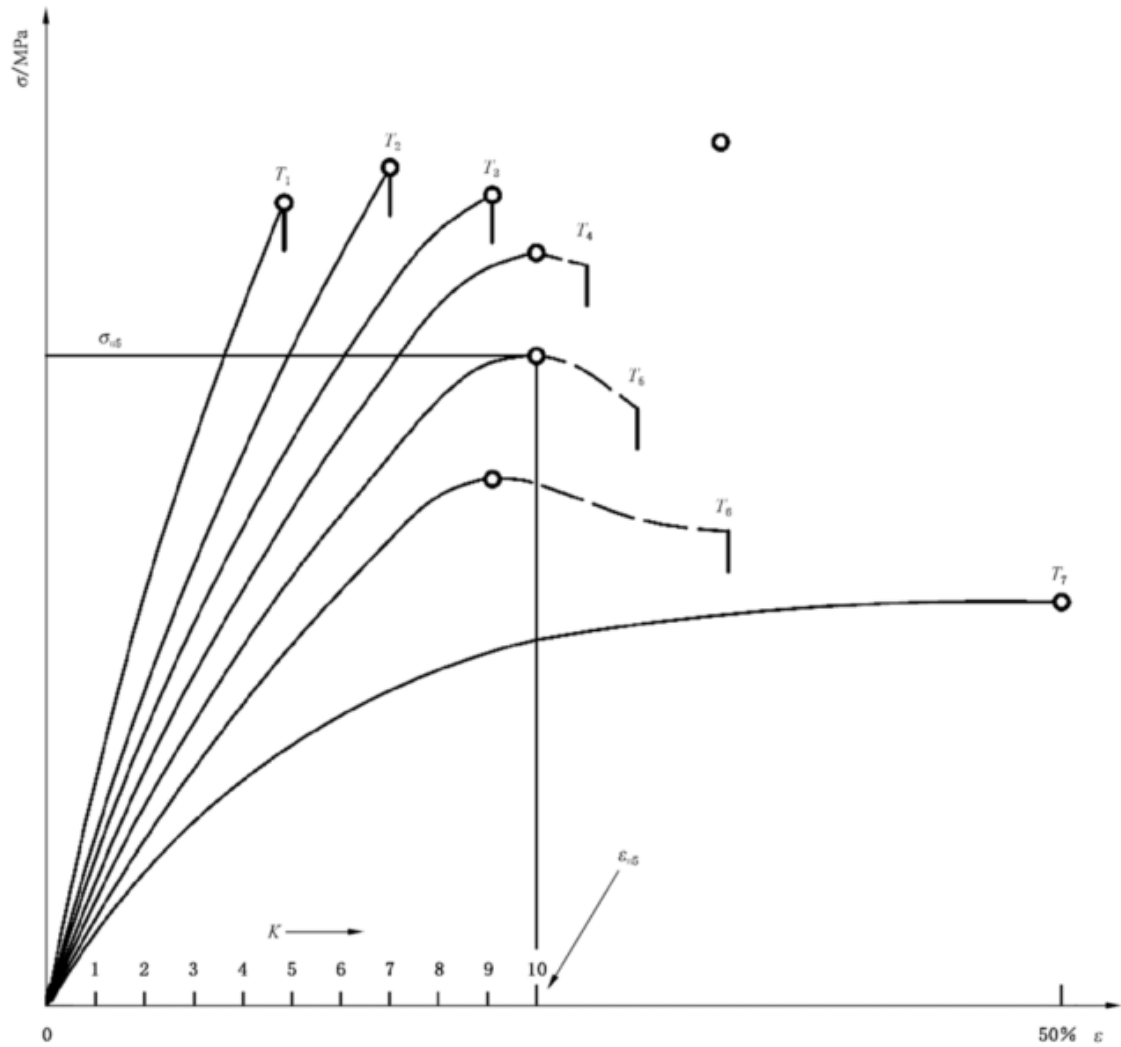


图 2 显示不同温度 T_i 下极限应力 σ_w 和极限应变 ϵ_w 和所记录应力对应的应变 $\epsilon_{ki} = \epsilon_w \times k/10$ 的应力-应变曲线

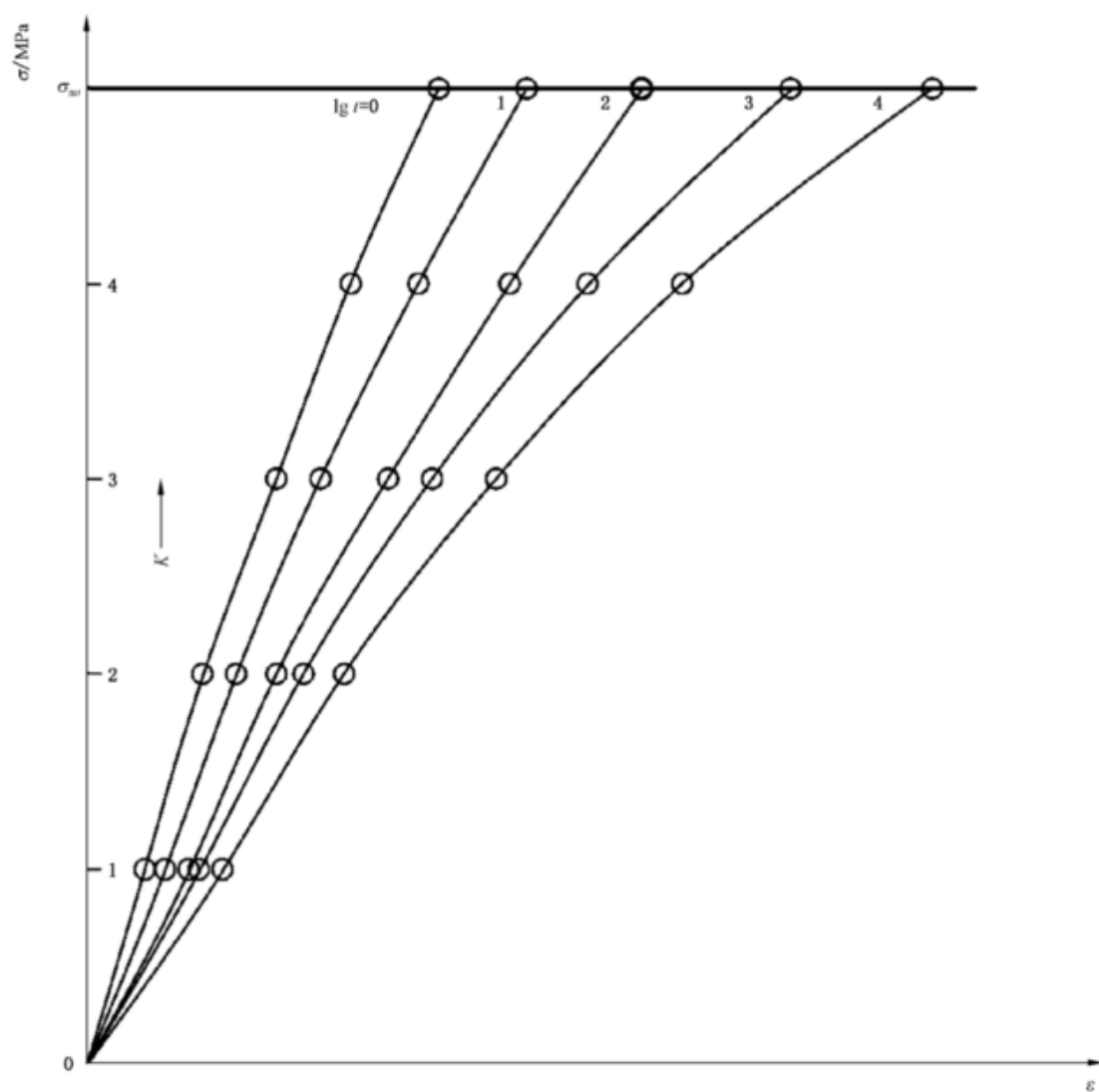


图3 在拉伸蠕变测试中为记录蠕变应变记录的单一温度 T_i 下应力 $a_{ki} = a_{mi} \times k/5$ 和时间 t (单位: h) 的等时应力-应变曲线

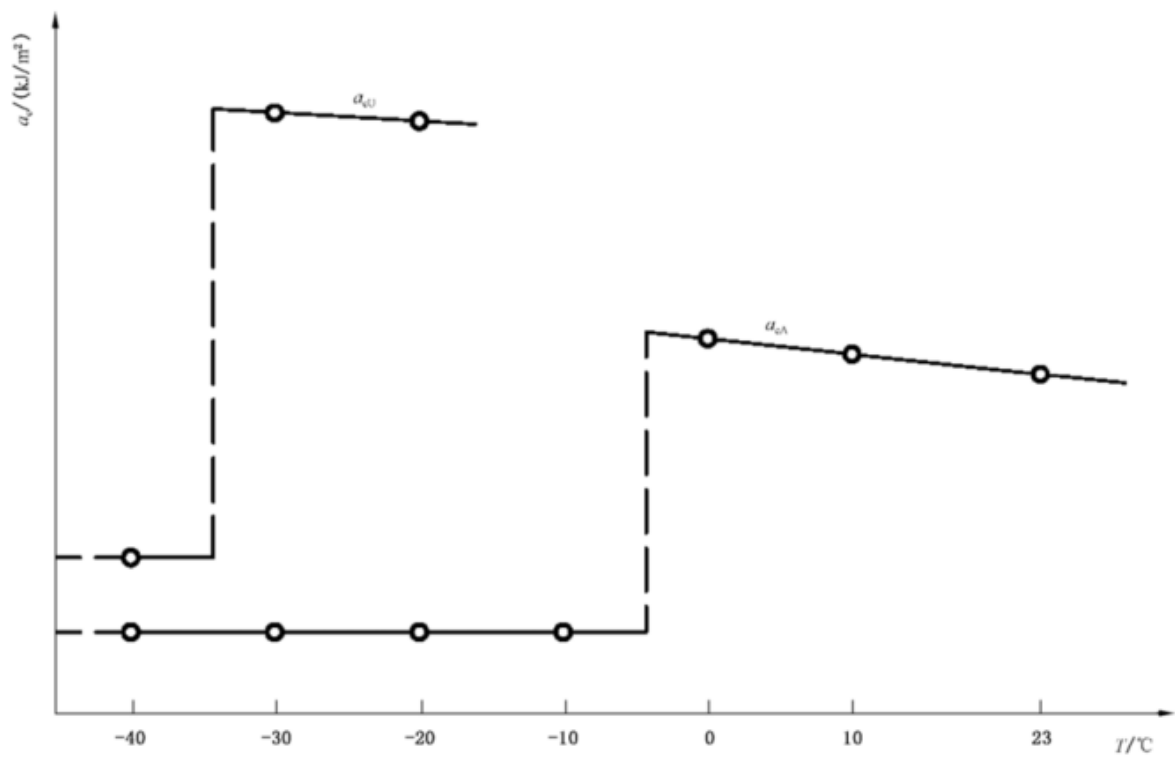


图 4 缺口样条简支梁冲击强度 a_{kN} 和无缺口样条简支梁冲击强度 a_{kU} 随温度 T 变化的示意图

参 考 文 献

- [1] ISO 10350-1 Plastics—Acquisition and presentation of comparable single-point data—Part 1: Moulding materials
- [2] ISO 15850 Plastics—Determination of tension-tension fatigue crack propagation—Linear elastic fracture mechanics (LEFM) approach
- [3] ISO 17281 Plastics—Determination of fracture toughness (GIC and KIC) at moderately high loading rates (1 m/s)
-