



中华人民共和国国家标准

GB/T 18252—2008/ISO 9080:2003
代替 GB/T 18252—2000

塑料管道系统 用外推法确定热塑性 塑料材料以管材形式的长期静液压强度

Plastics piping and ducting systems—Determination of the long-term
hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation

(ISO 9080:2003, IDT)

2008-08-19 发布

2009-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验数据的获得	2
5 步骤	3
6 一种部分结晶聚合物的计算示例和软件的验证	5
7 试验报告	6
附录 A (规范性附录) 数据的收集和分析方法	7
附录 B (规范性附录) 拐点的自动检验	11
附录 C (资料性附录) 应用 SEM 分析应力破坏数据的示例	12
附录 D (资料性附录) SEM 软件信息	18
参考文献	19

前 言

本标准等同采用 ISO 9080:2003《塑料管道系统 用外推法确定热塑性塑料材料以管材形式的长期静液压强度》。

本标准代替 GB/T 18252—2000《塑料管道系统 用外推法对热塑性塑料管材长期静液压强度的测定》。

本标准与 GB/T 18252—2000 相比主要变化如下：

- 标准名称由《塑料管道系统 用外推法对热塑性塑料管材长期静液压强度的测定》改为《塑料管道系统 用外推法确定热塑性塑料材料以管材形式的长期静液压强度》；
- 本标准对破坏模式分为 A 型和 B 型，用拐点自动检验法确定破坏模式。GB/T 18252—2000 对破坏模式分为韧性破坏和脆性破坏，首先用肉眼观察法来确定破坏模式，肉眼观察难于确定破坏模式时用拐点自动检验法来确定；
- 本标准中 $\mathbf{x}$ 定义为行向量，在式 (A.12) 的矩阵乘积项中出现为 $[\mathbf{x}(\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{x}^T]$ ，该量在 GB/T 18252—2000 中定义为列向量；
- 计算 σ_{LTHS} 的两个公式：本标准取消了 GB/T 18252—2000 中计算 σ_{LTHS} 的式 (A.13) 和式 (A.14)；
- 求 σ_{LPL} 时筛选有效解的方法：本标准式 (A.13) 中根式前只取减号。GB/T 18252—2000 相应公式 (A.15) 中根式前为 $(\pm)$ 号。 $\alpha > 0$ 时，根号前取负号， $\alpha < 0$ 时，根号前取正号；
- 本标准第 A.4 章给出了拟合检验方法，GB/T 18252—2000 没有给出拟合检验方法。

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录，附录 C、附录 D 为资料性附录。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国塑料制品标准化技术委员会塑料管材、管件及阀门分技术委员会 (TC 48/SC 3) 归口。

本标准起草单位：四川大学、北京工商大学轻工业塑料加工应用研究所、中国石油化工股份有限公司齐鲁分公司研究院、上海乔治费歇尔管路系统有限公司。

本标准主要起草人：董孝理、赵启辉、谢建玲、李鹏。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 18252—2000。

引 言

塑料材料的力学破坏与温度、载荷大小和受载时间有关。塑料压力管的正确使用考虑到了温度(T)和管内内压介质在管壁内产生的静液压应力(σ)与管材破坏时间(t)的关系。一般说来, T 升高或 σ 升高,都导致 t 减少。

塑料压力管通常需要有几十年甚至 100 年的长期使用寿命。本标准用高温下管材在较短时间(仍需 1 年)的静液压应力破坏试验结果来外推几十年甚至 100 年使用时间下管材材料耐受静液压应力的能力。

管材的静液压应力破坏试验结果表现出明显的离散性。这使 T 、 σ 、 t 间的关系带有统计性质。可以选择合适的统计分布和概率来表述这一特点。本标准选用的统计分布是在同一 T 、 σ 下, $\log_{10} t$ 呈正态分布。在此基础上,按以下顺序计算:

- a) 多元线性回归;
- b) 对 $\log_{10} t$ 作新观察值预测,同时引入学生氏(t_{st})分布及预测概率(ϵ);
- c) 用 $\log_{10} t$ 新观察值预测公式作反方向运算求得与一定 T 、 t 和 ϵ 相应的应力,即静液压强度。

这一套计算方法称为标准外推法(standard extrapolation method, SEM)。SEM 建立了 T 、 σ 、 t 、 ϵ 四个变量之间的关系。最常见的应用是解决以下两个问题:

- 在一定 T 、 σ 、 ϵ 下预测 $\log_{10} t$ 的预测下限(lower prediction limit, LPL);
- 与一定 T 、 t 和 ϵ 相应的应力,即静液压强度。这实际上是在 T 、 t 下,保证 $\log_{10} t$ 是预测概率不低于 ϵ 的预测下限时所应控制的应力上限。通常取 $\epsilon=0.975$,相应的应力为 σ_{LPL} 。 σ_{LPL} 是管材制品许用应力、许用压力、压力等级和壁厚的设计基础。先前的某些 ISO 标准中,曾使用符号 σ_{LCL} 来表示同一物理量。

由于国际贸易的需要,本标准中静液压强度 σ_{LTHS} 和 σ_{LPL} 的定义按其在 ISO 9080:2003 中的定义直译给出。

塑料管道系统 用外推法确定热塑性塑料材料以管材形式的长期静液压强度

1 范围

本标准描述了一种用统计外推法估计热塑性塑料材料的长期静液压强度的方法。

本标准适用于在其适用温度下的各种热塑性塑料管材材料。本方法建立在管材的试验数据基础上。试验所用管材的尺寸可在有关制品或系统标准中规定并记入试验报告中。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 6111 流体输送用热塑性塑料管材 耐内压试验方法(GB/T 6111—2003,ISO 1167:1996, IDT)

GB/T 8802—2001 热塑性塑料管材、管件 维卡软化温度的测定(eqv ISO 2507:1995)

GB/T 8806 塑料管材尺寸测量方法(GB/T 8806—2008,ISO 3126:2005, IDT)

GB/T 19466.3—2004 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第3部分:熔融和结晶温度及热焓的测定(ISO 11357-3:1999, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

内压 internal pressure

p

管内介质施加在单位面积上的力,单位为兆帕(MPa)。

3.2

应力 stress

σ

内压在管壁内产生的指向环向(周向)的单位面积上的力,单位为兆帕(MPa)。

用下列简化公式由内压计算应力 σ :

$$\sigma = \frac{p(d_{em} - e_{y,min})}{2e_{y,min}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

p ——内压,单位为兆帕(MPa);

d_{em} ——管材的平均外径,单位为毫米(mm);

$e_{y,min}$ ——测定的管材的最小壁厚,单位为毫米(mm)。

3.3

试验温度 test temperature

T_t

测定应力破坏数据时所采用的温度,单位为摄氏度(℃)。

3.4

最高试验温度 maximum test temperature

$T_{t,max}$

测定应力破坏数据时所采用的最高温度,单位为摄氏度(℃)。

3.5

使用温度 service temperature

T_s

预计的管材使用温度,单位为摄氏度(℃)。

3.6

破坏时间 failure time

t

管材发生泄漏的时间,单位为时(h)。

3.7

长期静液压强度 long-term hydrostatic strength

σ_{LTHS}

一个与应力有相同量纲的量,它表示在温度 T 和时间 t 预测的平均强度,单位为兆帕(MPa)。

3.8

静液压强度预测值的置信下限 lower confidence limit of the predicted hydrostatic strength

σ_{LPL}

一个与应力有相同量纲的量,它表示在温度 T 和时间 t 预测的静液压强度的 97.5% 置信下限,单位为兆帕(MPa)。

注: σ_{LPL} 按下式给出:

$$\sigma_{LPL} = \sigma(T, t, 0.975) \dots\dots\dots (2)$$

3.9

拐点 knee

两种破坏模式的转折点。在静液压应力破坏数据的 $\log_{10}\sigma$ 对 $\log_{10}t$ 图上于拐点处斜率变化。

3.10

分支 branch

$\log_{10}\sigma$ 对 $\log_{10}t$ 图上斜率不变的线段。同一分支代表破坏模式相同。

3.11

外推时间因子 extrapolation time factor

k_e

计算外推时间极限时用的因子。

4 试验数据的获得

4.1 试验条件

管材的应力破坏数据应按 GB/T 6111—2003 测定。耐压性能的测定应使用直管。

每只管材试样都应按 GB/T 8806 测定其平均外径和最小壁厚。

如有争议,应选用 25 mm~63 mm 范围内某一直径的管材进行试验。

所测试样应来自同一批材料的同一批挤出管材。

4.2 内压水平和时间范围的分布

4.2.1 对每个选定的温度,都应得到至少 30 个观察值。它们应当规则地分布在至少 5 个内压水平上。出于统计分析的需要,要求在每个内压水平上都有重复观察值。选择内压水平时,应做到至少有 4 个观

察值在 7 000 h 以上,至少有 1 个观察值在 9 000 h 以上(见 5.1.4)。当拐点存在时,对两个分支都应收集到可供统计分析的足够数量的观察值,以保证结果的精度。

4.2.2 任何温度下,破坏时间在 10 h 以内的观察值都应舍弃。

4.2.3 温度不大于 40 °C 时,若破坏时间在 1 000 h 以上的观察值的数量已能符合 4.2.1 的要求,可以舍弃破坏时间小于 1 000 h 的观察值。这时,应舍弃所有符合舍弃条件(温度和破坏时间)的观察值。

4.2.4 在最低内压水平未破坏的试样的应力与试验时间可以在多元线性回归计算和拐点判断时取为观察值,或者也可以予以舍弃。

5 步骤

5.1 数据的收集和分析

注:本方法基于线性回归分析,计算细节见附录 A。本方法要求在一个温度或多个温度试验,试验时间 1 年或 1 年以上。不论有无拐点,本方法都适用。

5.1.1 试验数据要求

在至少两个温度 T_1 、 T_2 、 $\dots$ 、 T_n 下测试,所得数据应符合第 4 章和下列条件要求:

- 每两个相邻的温度应至少相差 10 °C;
- 对无定形聚合物或主要是无定形状态的聚合物,最高试验温度 $T_{t,max}$ 不能高于维卡软化温度 $VST_{B,50}$ 以下 15 °C。维卡软化温度按 GB/T 8802—2001 测定。对结晶或部分结晶聚合物, $T_{t,max}$ 不能超过熔点以下 15 °C。熔点按 GB/T 19466.3—2004 测定;
- 每个温度下的观察值数量和内压水平分布应符合 4.2;
- 为了得到 σ_{LPL} 的最佳估计值,试验温度范围应包括使用温度或使用温度范围;
- 如果材料状态在最低试验温度及其以下 20 °C 没有变化,最低试验温度下所得数据可用至该温度以下 20 °C。

任何由污染所致的破坏结果应予舍弃。

5.1.2 拐点检验以及数据和模型的适用性

按附录 B 的步骤检验拐点是否存在。

对每个特定的温度,拐点检验完成后把数据分成 2 组,一组属于第一分支,另一组属于第二分支。

将各温度下属于第一或第二分支的所有观察值,分别按附录 A 作多元线性回归。

只有一个温度时,问题简化为简单线性回归分析。但这时外推因子 k_e (见 5.1.4)不再适用。

注:检验拐点时,应注意所考察数据中是否有降解破坏点。降解破坏的特征是降解破坏时间几乎与应力无关,通常可以肉眼识别。在作蠕变破坏计算时,应舍弃降解破坏数据。

5.1.3 直观检验

在 $\log_{10}\sigma/\log_{10}t$ 坐标内绘出所得破坏数据的散点图,作出 σ_{LTHS} 线性回归线和 σ_{LPL} 曲线。

5.1.4 外推时间极限和外推时间因子 k_e

根据以下步骤确定外推时间极限。

外推计算允许的时间极限 t_e 与温度有关。外推时间因子 k_e 是 ΔT 的函数。 ΔT 按式(3)计算:

$$\Delta T = T_t - T \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

T_t ——准备对其使用外推时间因子 k_e 的试验温度, $T_t \leq T_{t,max}$, 单位为摄氏度(°C);

$T_{t,max}$ ——最高试验温度,单位为摄氏度(°C);

T ——对其算出外推时间极限的温度, $T_s \leq T$, 单位为摄氏度(°C);

T_s ——使用温度,单位为摄氏度(°C)。

用式(4)计算外推时间 t_e , 单位为时(h):

$$t_e = k_e t_{\max} \dots\dots\dots (4)$$

当 $t_{\max}$ 等于 8 760 h(1 a)时, k_e 值等于以年(a)为单位的最大外推时间 t_e 值。外推只能是高温向低温外推。最大试验时间 $t_{\max}$ (h),是由同一温度的 5 个最长破坏时间的对数值取平均后得到;这 5 个时间不一定是同一应力水平下的破坏时间,但应是同一温度下的数据。在计算 $t_{\max}$ 时,还没有破坏的试样可以视为“已破坏”,被视为“已破坏”的试验散点都应当包括在所有计算程序所采用的样本中。

外推时间极限的应用实例见图 1 至图 3。图 2 中只在最高试验温度检验出拐点。图 3 中在较高的多个温度检验出了拐点。外推因子 k_e 的取值见 5.2 和 5.3。

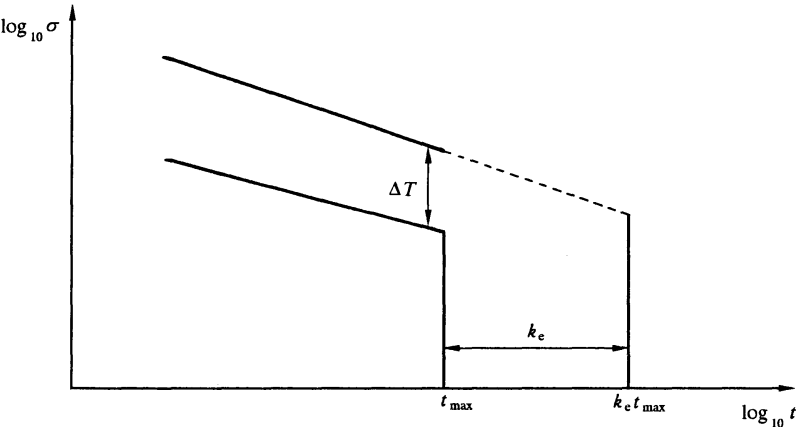


图 1 最高试验温度无拐点时作外推的外推时间极限

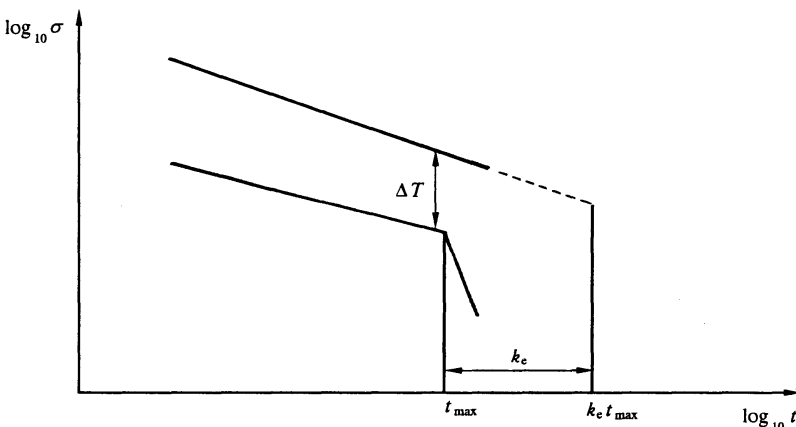


图 2 仅在最高试验温度有拐点时作外推的外推时间极限

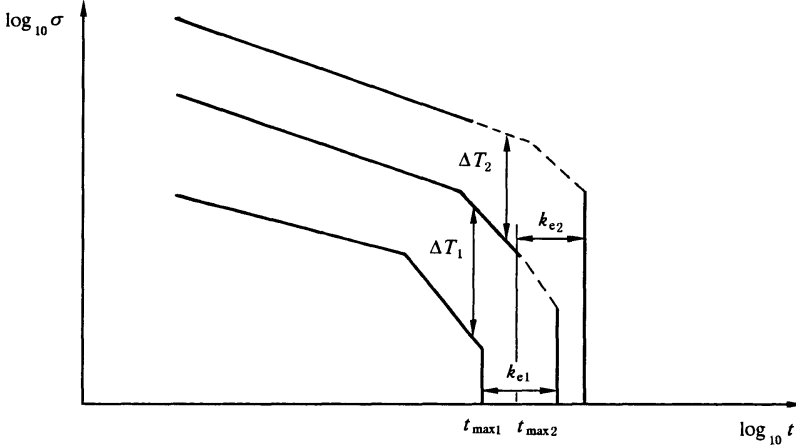


图 3 在不同试验温度有拐点时作外推的外推时间极限

5.2 聚烯烃(结晶或部分结晶聚合物)的外推因子

在聚烯烃蠕变破坏数据的外推计算中,外推时间极限是基于其最高试验温度下所测寿命和描述温度依赖关系的 Arrhenius 方程来确定的,计算时活化能取 110 kJ/mol。该活化能是不发生降解破坏时聚烯烃在第二分支的活化能的保守估计值。所得外推因子 k_e 如表 1。

表 1 聚烯烃的 $\Delta T(=T_i - T)$ 和 k_e 的关系

$\Delta T/^\circ\text{C}$	k_e
$10 \leq \Delta T < 15$	2.5
$15 \leq \Delta T < 20$	4
$20 \leq \Delta T < 25$	6
$25 \leq \Delta T < 30$	12
$30 \leq \Delta T < 35$	18
$35 \leq \Delta T < 40$	30
$40 \leq \Delta T < 50$	50
$50 \leq \Delta T$	100

5.3 以氯乙烯为基础的玻璃态无定形聚合物的外推因子

对氯乙烯基聚合物蠕变破坏数据进行外推计算时,外推时间极限是基于其最高试验温度下所测寿命和描述温度依赖关系的 Arrhenius 方程来确定的。最高试验温度取维卡软化点以下 15 $^\circ\text{C}$ 。活化能取 178 kJ/mol。该活化能是氯乙烯基聚合物在第二分支的活化能估计值。所得外推因子 k_e 如表 2。

表 2 以氯乙烯为基础的聚合物的 $\Delta T(=T_i - T)$ 和 k_e 的关系

$\Delta T/^\circ\text{C}$	k_e
$5 \leq \Delta T < 10$	2.5
$10 \leq \Delta T < 15$	5
$15 \leq \Delta T < 20$	10
$20 \leq \Delta T < 25$	25
$25 \leq \Delta T < 30$	50
$30 \leq \Delta T$	100

对改性 PVC 材料,若其连续相为氯乙烯基聚合物,应使用表 2 的外推因子。

5.4 未包括在 5.2 和 5.3 中的聚合物的外推因子

可以认为,对 5.2 中提及的聚合物和本标准未提及的聚合物,表 1 的外推因子是最小值。如果有试验证据表明,对某一特定聚合物可以使用较大的外推因子,这些因子将纳入本标准。允许使用这些外推因子代替表 1 中给出的因子。

6 一种部分结晶聚合物的计算示例和软件的验证

附录 C 中给出了一个按第 5 章所述步骤计算回归曲线(20 $^\circ\text{C}$ 、40 $^\circ\text{C}$ 和 60 $^\circ\text{C}$)和检验拐点的计算示例。

第 C.1 章中给出的数据组可用于验证软件的适用性。如果使用不同于附录 D 提到的程序,则用上述数据进行验证计算应给出与附录 C 相同的结果,准确至小数点后第 3 位。

7 试验报告

试验报告应包括以下资料：

- a) 本标准号；
- b) 样品的全部信息，包括制造商、材料种类、代号、来源及其他相关内容；
- c) 用作试验的管材尺寸；
- d) 试验用的管外环境和管内压力介质；
- e) 观察值表，对每个观察值包括：试验温度(°C)、试验压力(MPa)、环应力(MPa)、破坏时间(h)、对破坏类型的肉眼判断(韧性、脆性或未知)、试验日期以及其他相关内容；
- f) 因破坏时间小于 1 000 h 而舍弃的数据散点数目，相应温度，破坏时间和破坏类型；
- g) 用于估计 σ_{LTHS} 和 σ_{LPL} 的模型；
- h) 对每一分支分别列出参数 c_i 的估计值及其标准差 s_i ；
- i) 观察到的破坏数据的散点图， σ_{LTHS} 线性回归线图和 σ_{LPL} 曲线图；
- j) 用于计算的软件包的信息；
- k) 可能影响结果的任何细节，如意外情况或本标准中未规定的操作细节。

附 录 A
(规范性附录)
数据的收集和分析方法

A.1 一般模型

本标准使用的一般模型为下列四参数模型：

$$\log_{10} t = c_1 + c_2 \frac{1}{T} + c_3 \log_{10} \sigma + c_4 \frac{\log_{10} \sigma}{T} + e \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

t ——破坏时间，单位为时(h)；

T ——温度，单位为开(K)($^{\circ}\text{C} + 273.15$)；

σ ——环应力，单位为兆帕(MPa)；

$c_1 \sim c_4$ ——模型中所用的参数；

e ——误差变量，服从正态分布，平均值为0，方差恒定。假设误差独立。

如果 c_3 的概率水平大于 0.05，四参数模型应简化为三参数模型。这时有 $c_3 = 0$ ，即：

$$\log_{10} t = c_1 + c_2 \frac{1}{T} + c_4 \frac{\log_{10} \sigma}{T} + e \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

如果所有数据都在同一温度下获得，则简化为 2 参数模型：

$$\log_{10} t = c_1 + c_3 \log_{10} \sigma + e \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

四参数模型的计算过程如下所述。从模型中除去相应的项可以得到三参数模型或二参数模型的计算过程。由于求逆矩阵时可能发生矩阵病态问题，需要使用计算机双精度运算(14 位有效数字)。求逆矩阵的运算按经典的 Gauss-Jordan 法进行(见参考文献[1])。

使用下列矩阵记号：

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{T_1} & \log_{10} \sigma_1 & \frac{\log_{10} \sigma_1}{T_1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{1}{T_N} & \log_{10} \sigma_N & \frac{\log_{10} \sigma_N}{T_N} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} \log_{10} t_1 \\ \vdots \\ \log_{10} t_N \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

$$\mathbf{e} = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_N \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

N ——观察值总数。

$$c = (c_1, c_2, c_3, c_4)^T \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

T——转置运算符,模型(A.1)成为:

$$y = Xc + e \dots\dots\dots (A.8)$$

参数的最小二乘法估计值为:

$$\hat{c} = (X^T X)^{-1} X^T y \dots\dots\dots (A.9)$$

残余方差估计值为:

$$s^2 = (y - X\hat{c})^T (y - X\hat{c}) / (N - q) \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

q——模型中参数的个数。

在温度 T , 与破坏时间 t 相应的预测的应力值为:

$$\log_{10} \sigma = \left(\log_{10} t - \hat{c}_1 - \frac{\hat{c}_2}{T} \right) / \left(\hat{c}_3 + \frac{\hat{c}_4}{T} \right) \dots\dots\dots (A.11)$$

注: 上式计算所得应力, 即为 σ_{LTHS} 。

为了计算在温度 T , 与破坏时间 t 相应的 σ_{LPL} , 由下式作反方向运算:

$$\log_{10} t = \hat{c}_1 + \hat{c}_2 \frac{1}{T} + \hat{c}_3 \log_{10} \sigma + \hat{c}_4 \frac{\log_{10} \sigma}{T} - t_{st} s [1 + x(X^T X)^{-1} x^T]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (A.12)$$

式中:

t_{st} ——自由度为 $N-4$ 的学生氏 t 分布与 0.975 概率水平相应的分位数;

记号 x 表示向量 $\left(1, \frac{1}{T}, \log_{10} \sigma, \frac{\log_{10} \sigma}{T}\right)$ 。

结果是:

$$\log_{10} \sigma_{LPL} = \frac{-\beta - \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha} \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

$$\alpha = \left(\hat{c}_3 + \hat{c}_4 \frac{1}{T} \right)^2 - t_{st}^2 s^2 \left(K_{33} + 2K_{43} \frac{1}{T} + K_{44} \frac{1}{T^2} \right) \dots\dots\dots (A.14)$$

$$\beta = 2 \left(\hat{c}_1 + \hat{c}_2 \frac{1}{T} - \log_{10} t \right) \left(\hat{c}_3 + \hat{c}_4 \frac{1}{T} \right) - 2t_{st}^2 s^2 \left[K_{31} + (K_{41} + K_{32}) \frac{1}{T} + K_{42} \frac{1}{T^2} \right] \dots\dots\dots (A.15)$$

$$\gamma = \left(\hat{c}_1 + \hat{c}_2 \frac{1}{T} - \log_{10} t \right)^2 - t_{st}^2 s^2 \left(K_{11} + 2K_{21} \frac{1}{T} + K_{22} \frac{1}{T^2} + 1 \right) \dots\dots\dots (A.16)$$

K_{ij} ——矩阵 $(X^T X)^{-1}$ 中角标为 i, j 的元素。

σ_{LPL} 的值由下式计算:

$$\sigma_{LPL} = 10^{\log_{10} \sigma_{LPL}} \dots\dots\dots (A.17)$$

A.2 简化的模型

对三参数模型 ($c_3=0$), 有:

$$\log_{10} \sigma = \left(\log_{10} t - \hat{c}_1 - \hat{c}_2 \frac{1}{T} \right) T / \hat{c}_4 \quad \dots\dots\dots (A.18)$$

以及

$$\alpha = \left(\hat{c}_4 \frac{1}{T} \right)^2 - t_{st}^2 s^2 K_{44} \frac{1}{T^2} \quad \dots\dots\dots (A.19)$$

$$\beta = 2 \left(\hat{c}_1 + \hat{c}_2 \frac{1}{T} - \log_{10} t \right) \hat{c}_4 \frac{1}{T} - 2 t_{st}^2 s^2 \left(K_{41} \frac{1}{T} + K_{42} \frac{1}{T^2} \right) \quad \dots\dots\dots (A.20)$$

$$\gamma = \left(\hat{c}_1 + \hat{c}_2 \frac{1}{T} - \log_{10} t \right)^2 - t_{st}^2 s^2 \left(K_{11} + 2K_{21} \frac{1}{T} + K_{22} \frac{1}{T^2} + 1 \right) \quad \dots\dots\dots (A.21)$$

t_{st} 的自由度为 $N-3$ 。

对二参数模型 ($c_2=0, c_4=0$)，有：

$$\log_{10} \sigma = (\log_{10} t - \hat{c}_1) / \hat{c}_3 \quad \dots\dots\dots (A.22)$$

以及

$$\alpha = \hat{c}_3^2 - t_{st}^2 s^2 K_{33} \quad \dots\dots\dots (A.23)$$

$$\beta = 2(\hat{c}_1 - \log_{10} t) \hat{c}_3 - 2 t_{st}^2 s^2 K_{31} \quad \dots\dots\dots (A.24)$$

$$\gamma = (\hat{c}_1 - \log_{10} t)^2 - t_{st}^2 s^2 (K_{11} + 1) \quad \dots\dots\dots (A.25)$$

t_{st} 的自由度为 $N-2$ 。

A.3 拐点存在时计算 σ_{LTHS} 和 σ_{LPL}

如附录 B 所述，假设两种破坏机理都存在，每种破坏机理发生在各自的温度范围和破坏时间范围。应对这两组与不同破坏模式相应的数据分别进行拟合。为此，应将可用的试验数据分为两组，每组数据与一种破坏模式对应。

对每组数据，如果数据的数量足够，且其在温度范围内的分布是合适的（见 4.2 和 5.1.1），就能够用上述一般步骤分别计算出 σ_{LTHS} 和 σ_{LPL} 。

按附录 B 所述，对每一个温度分别进行拐点的自动检验。按拐点的自动检验结果将数据分成两组。按本附录所述一般步骤对这两组数据分别进行拟合。

A.4 拟合检验

为检验数据对模型的拟合效果，使用下述统计量：

$$F = \frac{(SS_H - SS_e) / (\nu_H - \nu_e)}{SS_e / \nu_e} \quad \dots\dots\dots (A.26)$$

式中：

SS_e ——每一观察值与其平均值的差的平方和。该平均值是在同一试验条件下重复试验所得各观察值的平均值。其计算与使用何种模型无关；

SS_H ——每一观察值与其预测值的差的平方和。该预测值是在相应观察值的试验条件下用拟合模型得出的预测值。

ν_e —— SS_e 的自由度。 ν_e 等于观察值的数目减去不同的试验条件的数目。

ν_H —— SS_H 的自由度。 ν_H 等于观察值的数目减去所用模型中参数的数目。

假若用该模型对数据的拟合是正确的，则上述统计量服从分子自由度为 $\nu_H - \nu_e$ ，分母自由度为 ν_e 的 F 分布。

由 F 分布的数据表或计算机程序，可得到数值超过按上式计算所得 F 值的区间的概率。将该概率

与 0.05 显著性水平比较。如果该概率大于该水平,则接受“模型是正确的”这一假设。否则,否定“模型是正确的”这一假设。

注:本检验只能被视为模型对观察值拟合效果的一种指示。

下例给出用表 C.1 中 20 °C 的观察值,用二参数模型作的拟合检验。

$$SS_e = 2.377\ 78 \quad \dots\dots\dots(\text{A. 27})$$

$$\nu_e = 31 - 15 = 16 \quad \dots\dots\dots(\text{A. 28})$$

$$SS_H = 5.984\ 24 \quad \dots\dots\dots(\text{A. 29})$$

$$\nu_H = 31 - 2 = 29 \quad \dots\dots\dots(\text{A. 30})$$

$F(13;16)$ 值为 1.866 75。

在给定的自由度, F 分布超过该值的概率为:

$$Pr[F(13;16) > 1.866\ 75] = 0.118\ 3 \quad \dots\dots\dots(\text{A. 31})$$

显著性水平置于 0.05。由于上述概率已超过该限,该模型被接受。

附 录 B

(规范性附录)

拐点的自动检验

B.1 原理

本步骤用计算的方法分别在每个温度检验拐点是否存在。

本计算方法假设,对给定的温度和破坏类型,在管材试样的 $\log_{10} \sigma$ 和 $\log_{10} t$ 之间存在线性关系。 σ 是管材试样受到的静液压应力, t 是管材试样的破坏时间。还假设破坏时间的测定误差服从随机误差分布。

按本方法,破坏类型与静液压应力有关。在拐点值以下的应力时,为 B 型破坏,在拐点值以上的应力时,为 A 型破坏。

B.2 步骤

表达上述假设,并考虑到破坏类型的模型如下:

$$\log_{10} t = c_1 + c_3 \log_{10} \sigma + c_{1i} + c_{3i} \log_{10} \sigma + e \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

为避免奇异点,其中

$$c_{11} + c_{12} = c_{31} + c_{32} = 0 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

E ——误差变量。

注:假设误差独立,呈正态分布,平均值为 0,方差恒定。

上式中,参数 c_{1i} 和 c_{3i} 表示定性参数——“破坏类型”的影响。 $i=1$ 是 A 型破坏, $i=2$ 是 B 型破坏。

拐点把两种破坏类型相应的应力范围分开,但拐点处破坏时间不应与破坏类型有关,为此补充下列限制条件。

$$c_{1i} + c_{3i} \log_{10} \sigma_k = 0 \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

σ_k ——与拐点相应的应力。

这样,可消去参数 c_{1i} ,模型成为:

$$\log_{10} t = c_1 + c_3 \log_{10} \sigma + c_{3i} (\log_{10} \sigma - \log_{10} \sigma_k) + e \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

并且有

$$c_{31} + c_{32} = 0 \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

计算步骤是:在应力值的试验范围内扫描 σ_k ,按模型拟合试验数据,对每次拟合计算残余方差。其中残余方差最小者记为 s_k^2 ,表示扫描 σ_k 时所得最佳拟合,相应于最佳 σ_k 值。

用 F 检验对有拐点模型的残余方差 s_k^2 和无拐点模型的残余方差 s^2 作比较。Fisher 统计量 F 计算如下:

$$F_{N-2, N-4} = s^2 / s_k^2 \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

该统计量在无拐点假设成立时,近似服从 Fisher 分布,分子自由度为 $N-2$,分母自由度为 $N-4$, N 是试验数据个数。

如果与 F 计算值相关的概率大于 0.05,则在概率水平 5% 接受无拐点假设。否则排除无拐点假设,承认拐点存在。

附 录 C

(资料性附录)

应用 SEM 分析应力破坏数据的示例

C.1 观察值表

一种部分结晶聚合物在 20 ℃、40 ℃和 60 ℃的应力破坏数据列于表 C.1、表 C.2 和表 C.3。

表 C.1 20 ℃时的应力破坏数据

温度/℃	应力/MPa	时间/h	温度/℃	应力/MPa	时间/h
20	16.0	11	20	13.7	536
20	15.0	58	20	13.6	680
20	15.0	44	20	13.5	411
20	14.9	21	20	13.5	412
20	14.5	25	20	13.5	3 368
20	14.5	24	20	13.5	865
20	14.3	46	20	13.5	946
20	14.1	11	20	13.5	4 524
20	14.0	201	20	13.4	122
20	14.0	260	20	13.4	5 137
20	14.0	201	20	13.3	1 112
20	13.9	13	20	13.3	2 108
20	13.7	392	20	13.2	1 651
20	13.7	440	20	13.2	1 760
20	13.7	512	20	12.8	837
20	13.7	464			

表 C.2 40 ℃时的应力破坏数据

温度/℃	应力/MPa	时间/h	温度/℃	应力/MPa	时间/h
40	11.1	10	40	10.0	2 076
40	11.2	11	40	10.0	1 698
40	11.5	20	40	9.5	1 238
40	11.5	32	40	9.5	1 790
40	11.5	35	40	9.5	2 165
40	11.5	83	40	9.5	7 823
40	11.2	240	40	9.0	4 128
40	11.2	282	40	9.0	4 448
40	11.0	1 912	40	8.5	7 357
40	11.0	1 856	40	8.5	5 448
40	11.0	1 688	40	8.0	7 233
40	11.0	1 114	40	8.0	5 959

表 C.2 (续)

温度/℃	应力/MPa	时间/h	温度/℃	应力/MPa	时间/h
40	10.8	54	40	8.0	12 081
40	10.5	5 686	40	7.5	16 920
40	10.5	921	40	7.5	12 888
40	10.5	1 145	40	7.5	10 578
40	10.5	2 445	40	6.5	12 912
40	10.0	5 448	40	6.0	11 606
40	10.0	3 488			
40	10.0	1 488			

表 C.3 60 ℃时的应力破坏数据

温度/℃	应力/MPa	时间/h	温度/℃	应力/MPa	时间/h
60	9.6	10	60	7.5	351
60	9.5	13	60	7.0	734
60	9.5	32	60	7.0	901
60	9.5	34	60	7.0	1 071
60	9.5	114	60	7.0	1 513
60	9.5	195	60	6.5	1 042
60	9.2	151	60	6.5	538
60	9.0	242	60	6.0	4 090
60	9.0	476	60	6.0	839
60	9.0	205	60	6.0	800
60	9.0	153	60	5.5	339
60	9.0	288	60	5.5	2 146
60	8.9	191	60	5.5	2 048
60	8.5	331	60	5.5	2 856
60	8.5	296	60	5.0	1 997
60	8.5	249	60	5.0	1 647
60	8.5	321	60	5.0	1 527
60	8.5	344	60	5.0	2 305
60	8.5	423	60	5.0	2 866
60	8.5	686	60	4.0	6 345
60	8.5	513	60	3.5	15 911
60	8.5	585	60	3.4	6 841
60	8.5	719	60	3.4	8 232
60	7.5	423	60	2.9	15 090
60	7.5	590			
60	7.5	439			
60	7.5	519			

C.2 自动检验拐点的示例

本例使用表 C.2 中 40 ℃ 的观察值。

首先假设拐点不存在,用一条直线拟合全部数据散点。所得残余方差为 0.409 1,自由度 36。

然后假设存在拐点,用扫描 σ_k 的方法确定拐点位置。扫描方法是:在 $\log_{10}\sigma$ 的试验范围内,规则地分隔出 50 个应力值,依次将它们作为 σ_k ,按二分支直线模型作拟合。拟合所得结果中残余方差最小者为 0.227,自由度为 34。与之相应的应力为 10.6 MPa,时间为 1 927 h。

用于检验拐点是否存在的 Fisher 统计量等于 $0.409\ 1/0.227=1.802$ 。在分子自由度 36、分母自由度 34 的 Fisher 统计分布上,与大于 1.802 的区间相应的概率为 0.0438。由于 $0.0438<0.05$,故可确定拐点存在。

破坏类型分类结果如表 C.4:

表 C.4 破坏类型的分类

温度/℃	应力/MPa	时间/h	破坏类型	温度/℃	应力/MPa	时间/h	破坏类型
40	11.1	10	A	40	10.5	2 445	B
40	11.2	11	A	40	10.0	5 448	B
40	11.5	20	A	40	10.0	3 488	B
40	11.5	32	A	40	10.0	2 076	B
40	11.5	35	A	40	9.5	1 790	B
40	10.8	54	A	40	9.5	2 165	B
40	11.5	83	A	40	9.5	7 823	B
40	11.2	240	A	40	9.0	4 128	B
40	11.2	282	A	40	9.0	4 448	B
40	11.0	1 688	A	40	8.5	7 357	B
40	11.0	1 114	A	40	8.5	5 448	B
40	11.0	1 912	A	40	8.0	7 233	B
40	11.0	1 856	A	40	8.0	5 959	B
40	10.5	921	B	40	8.0	12 081	B
40	10.0	1 488	B	40	7.5	16 920	B
40	10.0	1 698	B	40	7.5	12 888	B
40	9.5	1 238	B	40	7.5	10 578	B
40	10.5	1 145	B	40	6.5	12 912	B
40	10.5	5 686	B	40	6.0	11 606	B

注:该示例说明了拐点自动检验的具体算法。计算机程序中用其他方式表示上述结果。

C.3 应力破坏数据的回归计算示例

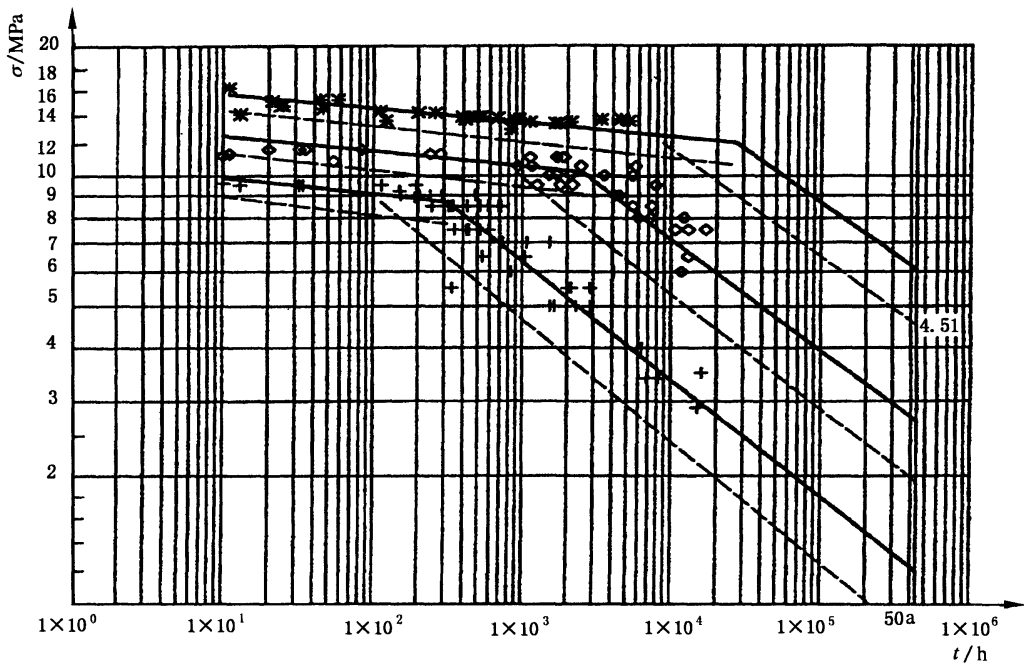
C.3.1 参数估计(见图 C.1)

C.3.1.1 所用模型

$$\log_{10}t = c_1 + c_2 \frac{1}{T} + c_4 \frac{\log_{10}\sigma}{T} + e \dots\dots\dots (C.1)$$

C.3.1.2 破坏类型 A

残余方差:0.306 061
试验散点个数:50
参数个数:3
自由度:47



- 注 1：实线表示 σ_{LTHS} 的线性回归线。
注 2：虚线表示 σ_{LPL} 的曲线。
注 3：“*”表示试验温度为 20 °C。
注 4：“◇”表示试验温度为 40 °C。
注 5：“+”表示试验温度为 60 °C。

图 C.1 部分结晶聚合物的 SEM 分析结果的图形表示

A 型破坏的参数与统计量的详细结果见表 C.5(有关统计学的更多细节见文献[2])。

表 C.5 破坏类型 A 的参数估计

参数	估计值	标准差	<i>t</i> 值	<i>Pr</i> (> <i>t</i>)
<i>c</i> ₁	−42.014	6.048	−6.947	0.000
<i>c</i> ₂	23 184.326	3 290.992	7.045	0.000
<i>c</i> ₄	−8 892.575	1 361.190	−6.533	0.000

模型适度检验： $Pr[F(19;28)>2.981]=0.004$ 。

C.3.1.3 破坏类型 B

残余方差:0.048 413

试验散点个数:70

参数个数:3

自由度:67

B 型破坏的参数与统计量的详细结果见表 C.6。

表 C.6 破坏类型 B 的参数估计

参数	估计值	标准差	<i>t</i> 值	<i>Pr</i> (> <i>t</i>)
<i>c</i> ₁	−15.775	1.010	−15.619	0.000
<i>c</i> ₂	7 228.155	366.250	19.736	0.000
<i>c</i> ₄	−1 213.615	76.868	−15.788	0.000

模型适度检验： $Pr[F(20;47)>0.751]=0.753$ 。

C.3.2 预测

C.3.2.1 概述

表 C.7,表 C.8,表 C.9 和表 C.10 给出了 σ_{LTHS} 和 σ_{LPL} 的预测值。

表 C.11 和 C.12 给出了外推极限。

C.3.2.2 破坏类型 A

表 C.7 破坏类型 A 的 σ_{LTHS} 和 σ_{LPL} 计算结果

温度/℃	时间/h					
	1	10	100	1 000	10 000	100 000
	σ_{LTHS}/MPa					
20	16.678	15.458	14.328	13.281	12.310	B
40	13.416	12.372	11.408	10.519	B	B
60	10.793	9.901	9.083	B	B	B
温度/℃	σ_{LPL}/MPa					
20	15.229	14.183	13.132	12.074	11.024	B
40	12.209	11.288	10.365	9.444	B	B
60	9.748	8.942	8.140	B	B	B

表 C.8 破坏类型 A 的 σ_{LTHS} 和 σ_{LPL} 计算结果

温度/℃	时间/a			
	0.5	1	10	50
	σ_{LTHS}/MPa			
20	12.650	12.364	B	B
40	B	B	B	B
60	B	B	B	B
温度/℃	σ_{LPL}/MPa			
20	11.398	11.084	B	B
40	B	B	B	B
60	B	B	B	B

C.3.2.3 破坏类型 B

表 C.9 破坏类型 B 的 σ_{LTHS} 和 σ_{LPL} 计算结果

温度/℃	时间/h					
	1	10	100	1 000	10 000	100 000
	σ_{LTHS}/MPa					
20	A	A	A	A	A	8.661
40	A	A	A	A	7.132	3.937
60	A	A	A	6.336	3.368	1.790
温度/℃	σ_{LPL}/MPa					
20	A	A	A	A	A	6.550
40	A	A	A	A	5.427	2.914
60	A	A	A	4.772	2.478	1.261

表 C.10 破坏类型 B 的 σ_{LTHS} 和 σ_{LPL} 计算结果

温度/℃	时间/a			
	0.5	1	10	50
	σ_{LTHS}/MPa			
20	A	A	8.942	6.062
40	8.825	7.380	4.074	2.689
60	4.224	3.492	1.856	1.193
温度/℃	σ_{LPL}/MPa			
20	A	A	6.770	4.510
40	6.748	5.621	3.022	1.937
60	3.142	2.575	1.312	0.811

C.3.2.4 外推极限

表 C.11 $T_i=40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\max}=13\ 160.5\text{ h}$ 时的外推极限

$T/^{\circ}\text{C}$	$\Delta T/^{\circ}\text{C}$	k_e	t_e/h	t_e/a
20	20	6	78 963	9.01

表 C.12 $T_i=60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\max}=9\ 698.1\text{ h}$ 时的外推极限

$T/^{\circ}\text{C}$	$\Delta T/^{\circ}\text{C}$	k_e	t_e/h	t_e/a
20	40	50	484 907	55.35
40	20	6	58 189	6.64

C.3.3 拐点位置

表 C.13 给出了拐点位置。

表 C.13 拐点位置

温度/℃	应力/MPa	时间/h
20	11.92	26 664
40	10.18	2 515
60	8.70	315

附 录 D
(资料性附录)
SEM 软件信息

从下列供应者可得到用于 SEM 计算的软件包。该软件包与本标准的规定是一致的,并已通过 ISO/TC 138/SC5 Ad Hoc SEM 工作组的测试和批准。

BECETEL vzw

Gontrode Heirweg 130

B-9090 Melle

Belgium

Tel: +32(0)9 272 50 70

Fax: +32(0)9 272 50 72

e-mail: info@becetel.be

参 考 文 献

- [1] RALSTON, A. . and WILF, H. S. : Mathematical Methods for Digital Computers. Volume 1, John Wiley & Sons. 1967.
 - [2] HENRY SCHEFFE: The Analysis of Variance. John Wiley & Sons, New York, 1959.
 - [3] 董孝理. 塑料压力管的力学破坏和对策. 北京:化学工业出版社,2006.
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
塑料管道系统 用外推法确定热塑性
塑料材料以管材形式的长期静液压强度
GB/T 18252—2008/ISO 9080:2003

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

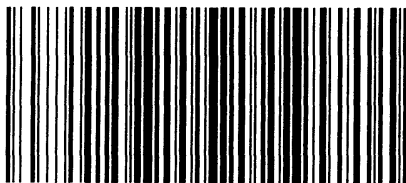
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 38 千字
2008 年 12 月第一版 2008 年 12 月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-34834 定价 20.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 18252-2008