

LESSO联塑	广东联塑科技实业有限公司计量质量检测中心	编号：LS·QE0·GZ·27·QD03-2020
	PVC-U 排水管材拉伸屈服强度	实施日期：2020年7月1日
	检测结果不确定度的评定	页码：1/5

PVC-U 排水管材拉伸屈服强度 σ 检测结果不确定度的评定

Uncertainty evaluation for the tensile strength at yield (σ) of

PVC-U discharge pipes

摘要：本文对 PVC-U 排水管材拉伸屈服强度的测量结果不确定度进行了评估，分析了测量过程中存在的不确定度来源。

关键词：PVC-U 排水管材；拉伸屈服强度；测量不确定度

0 引言

PVC-U 排水管材主要应用在建筑排水方面，拉伸屈服强度是衡量排水管材使用性能的重要依据之一。本文根据相关规程和标准^[1,2,3]对 PVC-U 排水管材拉伸屈服强度的测量结果不确定度进行分析，找出主要影响因素，为测量结果不确定度分析提供参考。

1 概述

1.1 目的

评定 dn110×3.2mm 的 PVC-U 排水管材拉伸屈服强度 σ 测量结果的不确定度。

1.2 测量依据

1.2.1 GB/T 8804.1-2003 《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第1部分:试验方法总则》

1.2.2 GB/T 8804.2-2003 《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第2部分:硬聚氯乙烯(PVC-U)、氯化聚氯乙烯(PVC-C)和高抗冲聚氯乙烯(PVC-HI)管材》

1.3 测量仪器设备

1.3.1 Zwick/Roell Z010 型电子万能材料试验机，力值范围 200N~10kN，准确度为 0.5 级即最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ ，分辨力为 0.1N，经广东省华南国家计量测试中心广东省计量科学研院校准，在校准有效期内。

1.3.2 数显电子卡尺，测量范围：(0~200) mm 最大允许误差为 $\pm 0.03\text{mm}$ ，分辨力为 0.01mm，经广东联塑科技实业有限公司计量质量检测中心校准部校准，在校准有效期内。

1.4 测量程序

1.4.1 测量环境：(23±2) °C，湿度 (50±10) %RH，正常大气压。

1.4.2 测量方法：测量排水管材试样的横截面尺寸（壁厚 e 与宽度 w ），然后将其正确夹持在拉力机的夹头中，在检测方法规定的试验速度下测量拉伸过程中屈服点所对应的拉力 F ，从而求得拉伸屈服强度 σ 。

2 测量模型

拉伸屈服强度以试样的初始截面积为基础，按式(1)计算。

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{e \times w} \dots\dots\dots(1)$$

LESSO联塑	广东联塑科技实业有限公司计量质量检测中心	编号: LS·QE0·GZ·27·QD03-2020
	PVC-U 排水管材拉伸屈服强度 检测结果不确定度的评定	实施日期: 2020年7月1日
		页码: 2/5

式中:

σ ——拉伸屈服强度, MPa;

F ——屈服点的拉力, N;

A ——试样的原始截面积, mm^2 ;

e ——试样的壁厚, mm;

w ——试样平行部分的宽度, mm。

试验过程中应保持一定的温度和试验速度, 因此(1)式是在特定温度和试验速度下拉伸屈服强度的数学模型。所得结果保留三位有效数字。屈服强度实际上应按屈服时的截面积计算, 但为了方便通常取试样的原始截面积。

3 测量不确定度来源

PVC-U 排水管材拉伸屈服强度 σ 测量结果的不确定度来源有以下 6 个方面:

- 3.1 拉伸屈服强度 σ 的测量重复性引入的不确定度, 按 A 类方法评定;
- 3.2 拉力机的最大允许误差引入的不确定度, 按 B 类方法评定;
- 3.3 拉力机的分辨力引入的不确定度, 按 B 类方法评定;
- 3.4 数显电子卡尺的最大允许误差引入的不确定度, 按 B 类方法评定;
- 3.5 数显电子卡尺的分辨力引入的不确定度, 按 B 类方法评定;
- 3.6 数据修约引入的不确定度, 按 B 类方法评定。

4 标准不确定度的评定

4.1 拉伸屈服强度 σ 测量重复性引入的相对标准不确定度分量 u_{rel}

在同一试验条件下, 在同一段 PVC-U 排水管材上取 10 组试样进行 10 次平行测量, 所得预评定结果如表 1 所示:

表 1 10 片样品的预评定测量结果

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
厚度 e(mm)	3.44	3.42	3.28	3.72	3.34	3.53	3.23	3.56	3.30	3.52
宽度 w(mm)	6.26	6.32	6.38	6.34	6.32	6.32	6.34	6.35	6.32	6.38
力 F(N)	938.69	935.84	912.65	1013.04	916.63	966.15	885.79	988.48	901.61	976.94
σ_i (MPa)	43.6	43.3	43.6	43.0	43.4	43.3	43.3	43.7	43.2	43.5
$\bar{\sigma}$ (MPa)	$\bar{\sigma} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \sigma_i = 43.39$									

LESSO联塑	广东联塑科技实业有限公司计量质量检测中心					编号：LS·QE0·GZ·27·QD03-2020				
	PVC-U 排水管材拉伸屈服强度 检测结果不确定度的评定					实施日期：2020年7月1日 页码：3/5				

$\sigma_i - \bar{\sigma}$ (MPa)	0.21	-0.09	0.21	-0.39	0.01	-0.09	-0.09	0.31	-0.19	0.11
单次测量实验标准偏差 $s(\sigma)$ (MPa)	0.2132									

应用贝塞尔公式算得单次测量标准偏差 s_1 为:

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}{10-1}} = 0.2132 \text{MPa} \quad \dots\dots\dots (2)$$

实际测量时在同一试验条件下平行测量 5 次的平均值作为检测结果，所以，由测量重复性引入的标准不确定度分量为:

$$u_1 = \frac{s_1}{\sqrt{5}} = 0.0953 \text{MPa} \quad \dots\dots\dots (3)$$

考虑到数学模型，其 A 类相对标准不确定度分量为:

$$u_{1rel} = \frac{u_1}{\sigma_{10}} = \frac{0.0953}{43.39} = 0.22\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

4.2 拉力机的力值最大允许误差引入的相对标准不确定度分量 u_{2rel} :

Zwick/Roell Z010 型电子万能材料试验机的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ ，测量值落在该区间内的概率呈均匀分布，区间半宽为 $a_1=0.5\%$ ，包含因子为 $k_1=\sqrt{3}$ ，则其 B 类相对标准不确定度分量为:

$$u_{2rel} = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

4.3 拉力机的力值分辨力引入的相对标准不确定度分量 u_{3rel}

拉力机的分辨力为 0.1N，服从均匀分布，区间半宽为 $a_2=0.05\text{N}$ ，包含因子 $k_2=\sqrt{3}$ ，

所以 B 类标准不确定度分量 u_3 为:

$$u_3 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.02887 \text{N} \quad \dots\dots\dots (6)$$

其 B 类相对标准不确定度 u_{3rel} 为:

$$u_{3rel} = \frac{u_3}{F_5} = \frac{0.02887}{943.58} = 0.0031\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

LESSO联塑	广东联塑科技实业有限公司计量质量检测中心	编号: LS·QE0·GZ·27·QD03-2020
	PVC-U 排水管材拉伸屈服强度 检测结果不确定度的评定	实施日期: 2020年7月1日 页码: 4/5

4.4 数显电子卡尺的最大允许误差引入的相对标准不确定度分量 u_{4rel}

数显电子卡尺的最大允许误差为 $\pm 0.03\text{mm}$, 测量值落在该区间内的概率呈均匀分布, 区间半宽度为 $a_3=0.03\text{mm}$, 包含因子为 $k_3=\sqrt{3}$, 所以 B 类标准不确定度分量为:

$$u_4 = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.01732\text{mm} \quad \dots\dots\dots (8)$$

以宽度平均值计算, 其 B 类相对标准不确定度为:

$$u_{4rel} = \frac{u_4}{w_5} = \frac{0.01732}{6.33} = 0.27\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

4.5 数显电子卡尺的分辨力引入的相对标准不确定度分量 u_{5rel} :

数显电子卡尺的分辨力为 0.01mm , 服从均匀分布, 区间半宽为 $a_4=0.005\text{mm}$, 包含因子 $k_4=\sqrt{3}$, 所以 B 类标准不确定度分量为:

$$u_5 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.002887\text{mm} \quad \dots\dots\dots (10)$$

以宽度平均值计算, 其 B 类相对标准不确定度为:

$$u_{5rel} = \frac{u_5}{w_5} = \frac{0.002887}{6.33} = 0.046\% \quad \dots\dots\dots (11)$$

4.6 数据修约引入的相对标准不确定度分量 u_{6rel} :

根据 GB/T 8804.2-2003 《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第 2 部分:硬聚氯乙烯(PVC-U)、氯化聚氯乙烯(PVC-C)和高抗冲聚氯乙烯(PVC-HI)管材》规定, 对于本例中 PVC-U 排水管材拉伸屈服强度所得的数值区间, $\overline{\sigma_5}$ 应修约到 0.1MPa , 区间内服从均匀分布。根据 JJF1059.1-2012 “对于所引用的已修约的值, 如其修约间隔为 x , 则因此导致的标准不确定度为 $u(x)=0.29\delta x$ ”, 则数据修约引入的 B 类标准不确定度分量为:

$$u_6 = 0.1 \times 0.29 = 0.029\text{MPa} \quad \dots\dots\dots (12)$$

实际独立测量 5 次所得 σ 的平均值 $\overline{\sigma_5}$ 为 43.39MPa , 故数据修约引入的 B 类相对标准不确定度分量为:

$$u_{6rel} = \frac{0.029}{43.39} = 0.067\% \quad \dots\dots\dots (13)$$

4.7 σ 的相对合成标准不确定度 u_{cr} 评定

由于各输入量互不相关, 可采用方和根方法合成, 如式(14)所示:

$$u_{cr} = \sqrt{u_{1rel}^2 + u_{2rel}^2 + u_{3rel}^2 + u_{4rel}^2 + u_{5rel}^2 + u_{6rel}^2} = 0.46\% \quad \dots\dots\dots (14)$$

LESSO联塑	广东联塑科技实业有限公司计量质量检测中心	编号: LS·QE0·GZ·27·QD03-2020
	PVC-U 排水管材拉伸屈服强度 检测结果不确定度的评定	实施日期: 2020年7月1日
		页码: 5/5

5 σ 的相对扩展不确定度 U_r 的评定

取包含因子 $k=2$, 则排水管材拉伸片的拉伸屈服强度 σ 的相对扩展不确定度为:

$$U_r = ku_{cr} = 2 \times 0.46\% = 0.92\% \dots\dots\dots (15)$$

6 σ 测量结果的报告

实际测量 5 片 3.20mm×6.00mm PVC-U 排水管材的拉伸屈服强度, 当其平均值 $\bar{\sigma}_3$ 为 43.4 MPa 时, 相对扩展不确定度 U_r 为 0.92% ($k=2$)。

以 MPa 为计量单位的扩展不确定度为:

$$U(\sigma) = \sigma \times U_r = 43.4\text{MPa} \times 0.92\% = 0.39928\text{MPa} \approx 0.4\text{MPa} (k=2)$$

7 说明

本案例经过对预评审时进行 10 次重复测量和按照平时 5 次测量所做的 σ 的测量、计算结果数据进行仔细分析, 反映出: 尽管每个样品的截面积不同, 每个样品每做一次测试时, 试验机的力值有所不同, 但计算所得的 σ 的测量结果都很接近。(注: 拉伸屈服强度的结果主要是由样品本身的性能决定, 在试样类型固定的情况下, 截面积的大小偏差只会导致力值大小变化, 不会影响 σ 结果值)。因此, 通过对预评审时进行 10 次重复测量所求得 σ 的测量结果进行 A 类评定、求得 σ 测量重复性引入的标准不确定度分量, 已经将试验机示值误差引入的分量和标准测力仪校准试验机的力值引入的分量, 包括试样截面积不同引入的分量, 都综合反映和包含进去了。所以本案例采用只对预评审时进行 10 次重复测量所求得 σ 的测量结果进行 A 类评定、求得 σ 测量重复性引入的标准不确定度分量 (即不重复考虑 10 次重复测量时力值引入的和截面积不同引入的分量)。因此 B 类评定只需考虑拉力机的最大允许误差和分辨力引入的不确定度分量, 数显电子卡尺的最大允许误差和分辨力引入的不确定度分量, 及数据修约引入的不确定度分量。也即标准测力仪校准试验机的力值引入的标准不确定度分量不再进行 B 类评定。

参考文献:

- [1] JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》.北京.中国计量出版社
- [2] GB/T 8804.1-2003《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第1部分:试验方法总则》.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
- [3] GB/T 8804.2-2003《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第2部分:硬聚氯乙烯(PVC-U)、氯化聚氯乙烯(PVC-C)和高抗冲聚氯乙烯(PVC-HI)管材》. 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

编制	关建源	审核	黄翠生	批准	关建源
----	-----	----	-----	----	-----

