

PVC-U 塑料管道制品拉伸性能测试的影响因素分析

王百提¹² 周兰英² 朱宏伟² 潘海勇²

1 中财招商投资集团有限公司, 浙江杭州, 310051;

2 浙江中财管道科技股份有限公司, 浙江绍兴, 312500;

摘要: 拉伸性能是塑料管道制品关键指标, 可以通过拉伸性能指标分析评价产品的力学性能, 给产品的工艺优化及性能优化提供改进方向及支撑。但在拉伸性能指标测试过程中, 取样的位置、制样的方式、状态调节的环境、尺寸测试精确等对拉伸性能均有一定影响。本文通过对拉伸测试结果过程的各种因素进行验证分析, 给出不同因素对拉伸性能结果影响程度。

关键词: 塑料管道; 拉伸性能; 测试影响因素

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 04. 033

1 前言

聚氯乙烯(PVC)管材作为现代给排水系统的重要组成部分, 其性能优化与安全应用一直是材料科学与公共卫生领域的研究热点。随着塑料产业的不断发展, 其中PVC 管材因其优异的性能和加工性能成为了塑料管道市场的重要成员。然而, 拉伸性能是PVC 管材中的一个关键指标性能, 其检测结果的准确性对产品性能的研究及保障起到了非常重要的作用。本文综述了拉伸检测过程从取样、制样、检测整个检测系统中, 各环节对PVC 管材拉伸影响程度大小进行了分析验证及评价。从微观结构与宏观性能的影响机制, 拉伸取向等各方面探讨了拉伸性能的检测影响因素。为PVC 管材在保障给排水性能保障方面, 提供理论参考依据。

2 影响因素分析

1. 样品的准备: 选取了规格为 dn110x3.2mm 的建筑排水用 PVC-U 管材, 作为本次验证的样品。

2. 试样制备相关因素

(1) 取样方向: 管材取样时沿管材轴线的不同偏斜角度切割制样(偏斜角度分别为: 0 度, 5 度, 10 度); 测试两个平行样品, 取平均值为检测结果。

不同角度结果	0 度	5 度	10 度
拉伸屈服应力, MPa	39.6	39.0	38.7
断裂伸长率, %	116	120	124

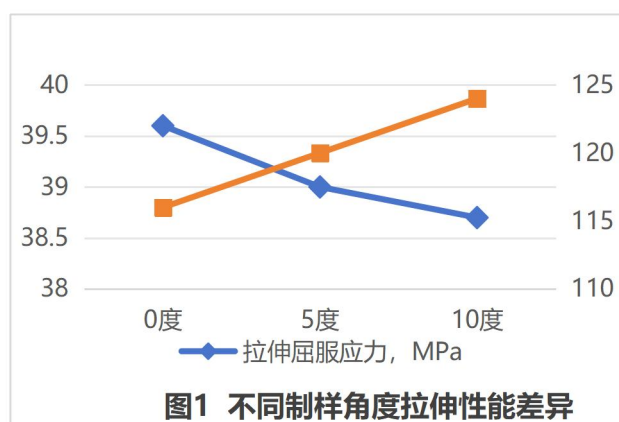


图2 0 度应力应变曲线图

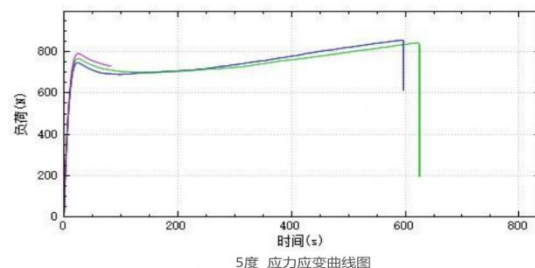
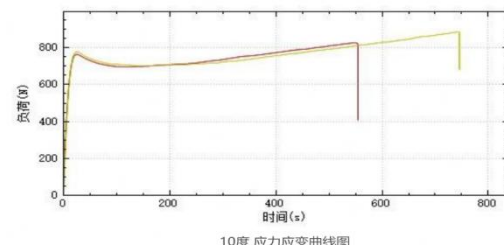


图4 10 度应力应变曲线图



验证结论: 沿着挤出方向, 与挤出方向轴线偏斜角度越大, 拉伸屈服应力会越小, 断裂伸长率越大; 10 度相对 0 度拉伸屈服应力下降 0.9Mpa, 约下降 2.27%;

原因分析：PVC-U 属于半结晶型高分子材料，其分子链在加工过程中会沿管材轴向发生一定程度的取向。当取样方向不同时，分子链的取向程度和排列方式存在差异，从而影响拉伸性能。0 度方向与管材轴线一致，分子链取向较为规整，与拉伸载荷方向一致，所以拉伸屈服应力较高，但同时，在拉伸方向上的可延伸空间相对较小，所以断裂伸长率相对较低；而随着取样角度的增大，分子链的取向程度逐渐减弱，分子链间的作用力逐渐减弱，所以在拉伸过程中拉伸屈服应力逐渐下降，但分子链变形的能力逐渐增强，所以断裂伸长率逐渐提升。

（2）制样方法（冲裁 vs 机械加工，其中机械制样设备使用自动制样机、手动制样机进行对比），测试两个平行样品，取平均值为检测结果。

不同制样设备	自动机械制样机 (铣刀)	手动机械制样机 (铣刀)	冲裁
拉伸屈服应力， MPa	39.6	39.0	37.7

验证结果：机械加工中手动制样拉伸屈服应力小于自动制样

原因分析：手动制样断续的切削使样品产生的应力大于自动制样，所以自动制样拉伸屈服应力会高于手动

宽度尺寸偏差	正常测量	偏大 2 丝	偏大 4 丝	偏小 2 丝	偏小 4 丝
拉伸屈服应力，MPa	39.7	39.6	39.5	39.9	40.0
厚度尺寸偏差	正常测量	偏大 2 丝	偏大 4 丝	偏小 2 丝	偏小 4 丝
拉伸屈服应力，MPa	39.7	39.5	39.2	40.0	40.2

结果分析：依据拉伸屈服应力计算公式可得，同一力值情况下，宽度尺寸、厚度尺寸测量偏差对检测结果有一定影响；其中本次验证同样偏差 2 丝或 4 丝情况下，厚度偏差对检测结果影响更大，主要为本次样品厚度为 3.2mm，样品宽度为 6.3mm；在计算时作为分母，同样尺寸偏差，厚度的偏差比率为宽度偏差比率 2 倍，所以最终厚度尺寸产生的结果偏差为宽度偏差 2 倍；此影响与样条本身尺寸宽度、厚度、力值有关，会随着宽度、厚度比率及力值本身大小发生变化。

（5）样条长度影响对比

不同长度	130mm	115mm
拉伸屈服应力， MPa	39.6	39.5
断裂伸长率，%	116	123

结果分析：标准要求本样条类型总长度≥115mm，样条长度对拉伸屈服应力结果无太大影响；但建议最好稳定在 120-115mm 之间。

3. 状态调节因素

制样；

建议及改善：自动制样可使样品两端光滑平整，手动制样两端会有凹凸现象；机械制样过程热效应不一样，对产品会有不一样的热降解；从材料真实性检测考虑，自动制样相对更优，但自动制样需选择好合适的切削速率和制冷方式；样品表面粗糙度主要会影响产品制样时应力的分布及产品尺寸测量的准确性。

（3）制样后水洗和不水洗测试对比（采用机械制样样条对比）：制样后水洗后调节同样时间测试。

不同情况	不水洗	水洗
拉伸屈服应力， MPa	39.6	39.9
断裂伸长率，%	116	130

结果分析：制样后样品表面会存在粉末，测试人员可能会对样品使用自来水冲洗情况；如果对样品进行冲洗后，未对样品表面及时进行擦干处理，或擦干不完全，会导致在状态调节时，样品因表面水分挥发，样品实际温度低于环境状态调节温度，导致拉伸屈服偏高。本次水洗对比验证为水洗擦干后结果，拉伸屈服应力较正常情况偏高 0.3MPa。

（4）尺寸测试因素影响对比

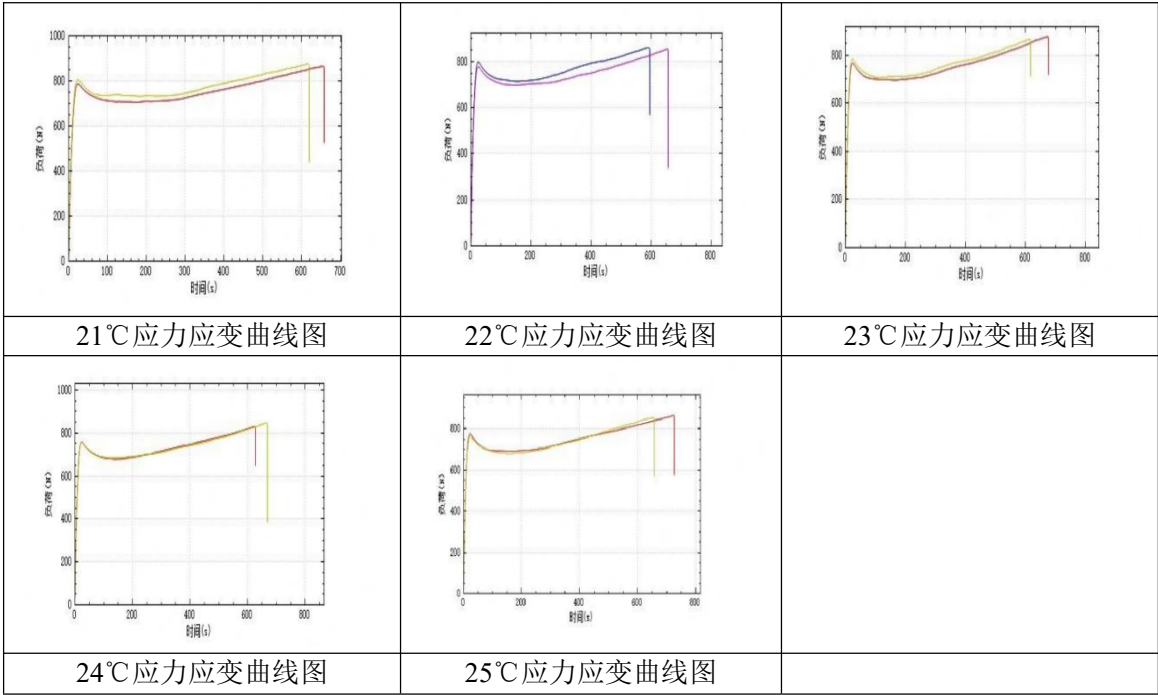
（1）调节时间：壁厚 3~8mm，在 23±2℃环境中，按标准规定不少于 3h，针对不同时间进行验证。

调节时间，h	0	3	5
拉伸屈服应力，MPa	40.1	39.6	39.5

结果分析：高分子材料在加工和储存过程中，其内部结构可能会发生一定程度的老化或松弛。通过状态调节，可以使材料内部的分子链得到一定程度的松弛和重排，从而使材料的性能趋于稳定。当调节时间较短时，材料内部的分子链尚未充分松弛，存在一定的内应力，这可能导致材料在拉伸过程中表现出较高的拉伸屈服应力。随着调节时间的延长，内应力逐渐释放，分子链的活动能力增强，拉伸屈服应力略有下降。

（2）调节环境温度：从 21 到 25 不同范围温度段进行调节，调节时间按标准规定不少于 3h。

不同温度	21℃	22℃	23℃	24℃	25℃
拉伸屈服应力，MPa	41.10	40.33	39.80	39.55	39.09



结果分析：温度对高分子材料的性能有着显著影响。在较低温度下，分子链的活动能力较低，材料的脆性相对较大，拉伸屈服应力较高，但断裂伸长率较低。随着温度的升高，分子链的活动能力增强，材料的柔韧性提高，拉伸屈服应力逐渐降低。调节温度对拉伸屈服应力影响为重要影响因素。

4. 试验设备与操作因素

(1) 试验速度：标准规定的试验速度范围内（如 5 mm/min±0.5 mm/min）

不同拉伸速度	4.5	5	5.5
拉伸屈服应力，MPa	39.2	39.6	39.9
断裂伸长率，%	132	116	116

结果分析：拉伸速度越快，拉伸屈服应力越高。较低的拉伸速度下，材料有足够的时间进行分子链的伸展和滑移，拉伸屈服应力相对较低，但断裂伸长率较高；随着拉伸速度的增加，分子链的运动受到限制，材料表现出较高的拉伸屈服应力，但断裂伸长率略有降低。

(2) 夹具操作：调整夹具的松紧程度，以初始力值为参考（产品安装至夹具后，会产品一定初始力值，与夹具松紧，样品夹具安装后挤压等操作手法有关）。

不同初始力值	±20N	±10N
拉伸屈服应力，MPa	39.5	39.6
断裂伸长率，%	139	116

结果分析：夹具的松紧程度会影响材料在拉伸过程中的初始应力分布。初始力值过大，可能导致材料在夹具附近产生局部应力集中，使材料在拉伸初期就出现裂纹，从而降低断裂伸长率；而初始力值过小，可能导致材料在夹具中滑移，影响测试结果的准确性。合适的初始力值能够保证材料在拉伸过程中应力分布均匀，使测试结果更真实可靠。

3 总结

拉伸性能是塑料管材产品的关键性能，从验证分析，拉伸性能的检测除设备、夹具等硬件因素关系外，制样方式、状态调节（调节时间与调节环境温度）、尺寸测量、试验速度四个因素为关键影响因素，当然其余影响较小因素还有样品处理等。

参考文献

[1]GB/T1040.12018 塑料拉伸性能的测定第 1 部分：总则标准[S].
[2]GB/T8804.1~2-2003 热塑性塑料管材拉伸性能测定系列标准[S].
[3]GB/T5836.1-2018 建筑排水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材[S].
[4]张晓华. 塑料管材拉伸性能测定分析[J]. 标准实践, 2018(2): 45-49