

# 聚丙烯试样制备条件的优化及经济性

王秀文 徐俊（中国石油化工股份有限公司检验计量中心，江西 九江 332000）

**摘要：**聚丙烯试样制备的条件直接决定了拉伸性能测试的准确度。GB/T2546.2-2003中只对熔体温度、模具温度、注射速度、保压时间控制参数进行了规定。通过探索国标中未规定制样条件对聚丙烯产品拉伸性能测试结果的影响，优化聚丙烯产品试样制备的条件，提高试样制备质量及试验结果的准确性，以及聚丙烯试样制备条件优化的经济性。

**关键词：**聚丙烯；试样制备；拉伸性能；降低成本；经济性

## 0 前言

聚丙烯属于热塑性树脂，是五大通用树脂之一，其力学性能是其重要指标之一。在生产实践中，我们需对聚丙烯产品的各项性能指标进行严格地分析测试，其中拉伸性能是一项主要内容。聚丙烯拉伸性能是衡量聚丙烯抗拉伸的能力，其大小决定了聚丙烯产品在使用过程中受外力作用下能否保持原有形状。

拉伸性能试验结果的准确性取决于注塑试样的制备，在实施中石化一级企标试验过程中，我们发现同一试样，6次重复测试的结果不理想。GB/T2546.2-2003规定了聚丙烯模塑和挤出材料试样的制备方法，并对熔体温度、模具温度、平均注塑速度、保压时间等参数提供了指导<sup>[1]</sup>。我们以我公司生产的PPH-F03G为样品，通过对标准未规定部分的注塑压力、保压压力和冷却时间等参数进行逐步探索和试验，优化试样制备条件，以提高了拉伸性能测试结果的准确性，并且在实际生产应用中展现出良好的经济性。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与设备

注塑机：KM-80-380-CX；  
模温机：HTY-600控温范围(30-100)℃；  
模具：符合GB/T17037.1-1997要求的A型模具；  
恒温恒湿箱：WTH-E155；  
材料试验机：ZWICK.2010附带试样夹具。

### 1.2 试样制备条件

注塑条件的设定遵循GB/T2546.2-2022标准规定的试样制备条件（见表1）。

### 1.3 试样的状态调节

试样制备后，放置在恒温恒湿箱中，根据GB/T2918-1998规定的条件下，进行调整。对于聚丙烯产品，试样调整的条件为：温度23±2℃，相对湿度50±10%，调整时间40-96小时。

### 1.4 拉伸性能测试

试样测试在温度23±2℃、相对湿度50±10%环境下进行，按照GB/T1040.2标准规定的条件进行测试。对于聚丙烯产品，拉伸测试时，夹具间距离为115mm；进行拉伸屈服应力、拉伸断裂应力、拉伸断裂标称应变测试时，拉伸速度为50mm/min；进行拉伸弹性模量测试时，拉伸速度为1.0mm/min，标距为50mm。

## 2 结果与讨论

### 2.1 注射压力的确认

对注射压力变化试样物性测试结果进行探讨，表2为不同注射压力下试样拉伸屈服应力、断裂伸长率。注射压力的作用是将塑化好的聚丙烯熔体在规定的时间内注满模具的型腔，压力越大，注入的量就越多，制备的模塑件质量就越大，测试结果也不同。理想的注射压力是熔体充满型腔，模塑件质量比较恒定。在

表1 试样制备条件(GB/T2546.2-2022)

材料MFR, g/10min	熔体温度, ℃	模具温度, ℃	平均注射速度, mm/s	保压时间, s	总循环时间, s
<1.5	255	40	200±20	40	60
1.5≤MFR<7	230	40	200±20	40	60
MFR≥7	200	40	200±20	40	60

试验中，我们固定其他条件，在不同注射压力下制备试样，测定不同注射压力下试样的质量、拉伸屈服应力、拉伸断裂标称应变等性能，探讨注射压力对试样物性测试结果的影响。结果见表 2：

表 2 不同注射压力下试样的拉伸屈服应力、拉伸断裂标称应变

注射压力 bar	试样质量 g	拉伸屈服应力 MPa	拉伸断裂标称应变 %
38.9	23.1500	29.4	66.89
52.9	23.1650	29.5	81.68
61.9	23.1922	29.5	63.77
77.0	23.2218	29.5	61.37
82.2	23.2474	29.5	60.51
94.8	23.2818	29.6	53.10
107.0	23.2902	29.6	48.07
119.6	23.3410	29.6	67.95
124.5	23.3522	29.7	70.28

由表 2 可以看出，随着注射压力的增加，试样质量增加，试样拉伸屈服应力变化非常缓慢向上，试样断裂伸长率变化比较大，注射压力在 60~80 bar 之间，拉伸屈服应力、拉伸断裂标称应变比较稳定。

## 2.2 保压压力的影响

保压压力的作用是熔体继续向模具型腔内流动，补充型腔内熔体冷却收缩留出的空隙。保压阶段对于提高注塑件的密度、降低收缩和克服表面缺陷都有影响，此外，在保压阶段，熔体还在流动，温度在不断下降，取向分子被冻结，是大分子取向形成的主要阶段，保压时间越长，分子取向程度也越大。我们在相同注射条件下，通过调整保压压力，在相同保压时间下制备试样，测定不同保压压力下试样的质量、拉伸

屈服应力、断裂伸长率等性能，探讨保压压力对试样物性测试结果的影响。表 3 为不同保压压力下试样的性能（质量、拉伸弹性模量、拉伸屈服应力、拉伸断裂标称应变）。

由表 3 可以看出，随着保压压力的增加，试样质量、拉伸屈服应力、断裂伸长率、拉伸弹性模量都增加，其中拉伸屈服应力、拉伸弹性模量波动较大，保压压力在 40~60 bar 之间，试样拉伸断裂标称应变、试样拉伸弹性模量变化比较平稳。

## 2.3 冷却时间的影响

冷却阶段是从浇口冷却、螺杆后退开始到注塑件从模腔顶出为止。冷却阶段模腔内熔体继续冷却，以便模塑件在脱模时有足够的刚性，不发生扭曲变形，在这一阶段，熔体温度、压力在逐渐降低，熔体分子有少量取向，到脱模时，模内压力与外界压力存在压差，称残余压力，模内压力高于外界压力，脱模比较困难，模内压力低于外界压力，注塑件表面易产生凹陷和气泡，只有模内压力接近外界压力，脱模才能顺利，才能获得满意的注塑件。残余压力的大小与冷却时间密切相关，表 4 为不同冷却时间下试样的拉伸屈服应力、拉伸弹性模量、拉伸断裂标称应变：

表 4 不同冷却时间下试样的拉伸弹性模量、拉伸屈服应力、拉伸断裂标称应变变化趋势

冷却时间 s	拉伸弹性模量 MPa	拉伸屈服应力 MPa	拉伸断裂标称应变 %
10	1233	31.6	未断裂
20	1226	31.4	未断裂
30	1241	31.1	未断裂
40	1211	31.8	未断裂
50	1236	31.8	未断裂

表 3 不同保压压力下试样的性能

保压压力 bar	试样质量 g	拉伸弹性模量 MPa	拉伸屈服应力 MPa	拉伸断裂标称应变 %
35	26.2696	1384	32.8	419.9
45	26.3824	1349	32.7	488.5
55	26.4992	1346	32.9	487.9
65	26.5896	1383	33.2	526.3
75	26.6866	1375	33.4	546.0
90	26.8508	1398	33.1	599.0

表 5 A 型模具注塑条件

材料 MFR g/10min	熔体温度 °C	模具温度 °C	预塑量 mm	注射速度 mm/s	保压切换位置 mm	保压压力 bar	保压时间 s	冷却时间 s	总循环时间 s
< 1.5	255	40	57	24	5.0	40	40	10	60
1.5 ≤ MFR < 7	230								
MFR ≥ 7	200								
注 1：注射速度 24mm/s 时，注射时间 1.87s。 注 2：预塑量 57mm，保压切换位置 5.0mm 时，注射压力大约 70 bar									

表 6 各项性能检测重复性试验结果平均值及其标准偏差

试验序号	拉伸屈服应力	MPa	拉伸弹性模量	MPa	拉伸断裂标称应变	%
	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差
1	33.2	0.21	1411	2.78	536.0	3.46
2	33.0	0.20	1417	2.56	536.3	5.68
3	33.0	0.25	1390	2.69	521.7	4.72
4	32.9	0.18	1401	3.02	534.2	7.19
5	32.5	0.23	1409	2.46	523.3	6.64

由表 4 可以看出，冷却时间对试样的拉伸弹性模量影响不大，对试样的拉伸屈服应力影响较大。冷却时间小于 30 s 时，拉伸屈服应力呈下降趋势，拉伸弹性模量比较稳定；冷却时间大于 30 s 时，拉伸强度呈上升趋势，拉伸弹性模量波动较大。

## 2.4 重复性试验

通过注塑条件对试样性能影响的探讨，通过反复优化，对于 A 型模具，确定的注塑条件见表 5。

在表 5 条件下，取 5 批试样制备样条进行各项拉伸性能测试，每批试样 6 次测试结果的平均值与标准偏差见表 6。

从表 6 可以看出，拉伸屈服应力测试的标准偏差在 0.3 以下，拉伸弹性模量测试的标准偏差在 4 以下，拉伸断裂标称应变测试的标准偏差在 8 以下。

## 3 聚丙烯试样制备条件优化的经济性

通过优化聚丙烯试样的制备条件，不仅能提升产品性能，还能显著降低成本。合理的原料选择、工艺优化和模具设计是实现经济性的关键。

试样制备参数条件众多，对于国标中未规定的注塑压力、保压压力、冷却时间部分，我们通过实验设置不同梯度的参数条件，反复优化，对于 A 型模具，确定的最终注塑条件见表 5，通过优化试样制备条件，

提高了聚丙烯拉伸性能测试的重复性，拉伸屈服应力测试的标准偏差降低到 0.3 以下，拉伸弹性模量测试的标准偏差降低到 4 以下，拉伸断裂标称应变测试的标准偏差降低到 8 以下；提高了测试结果的可比性，在与其他企业对比时，拉伸屈服应力 33.0 MPa 时，绝对偏差降低到 0.5 以下。

通过聚丙烯试样制备条件的优化，减少了聚丙烯单批出厂试样制备过程中废料的产生；同时制定好的试验样条分析拉伸性能更具代表性，试验平行性好，避免重复试验。如重复拉伸性能试验将再次耗费实验时间 3 个小时以上，单次分析成本近 2 千元。

## 4 结语

本文通过深度研究聚丙烯试样制备的条件，使用公司生产的 PPH-F03G 样品，对其标准未规定部分的注塑压力、保压压力和冷却时间等参数进行多次试验，逐步优化试样制备条件，有效提高了拉伸性能测试结果的准确性，并分析其条件优化后在生产中可以获取的经济性。

## 参考文献：

- [1] 王超先, 陈宏愿, 蔡春飞, 等. ISO 294—1 注塑试样制备标准的术语和注塑机操作参数 [J]. 塑料工业, 2022, 50(7):119-124.