

# 高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 开发及技术经济指标分析

解玉军 (国能榆林化工有限公司, 陕西 榆林 719000)

**摘要:** 高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 是一种重要的工程塑料, 具有优异的高温性能和冲击强度, 广泛应用于汽车、电子、家电等领域。本文采用 Innovene 聚丙烯工艺生产了高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780, 主要探讨了 K7780 的开发过程中的生产工艺条件确立、产品性能及技术经济指标分析。在生产工艺条件确立方面, 研究了催化剂的选择、熔指的控制、乙烯和橡胶含量的控制, 以及针对生产操作难点制定了相应措施。在产品性能及技术经济指标分析方面, 对 K7780 的产品分析数据进行了详细研究, 并进行了技术经济指标评估分析。

**关键词:** 高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780; 生产工艺; 产品性能; 技术经济指标

## 0 引言

随着工程塑料在汽车、电子、家电等行业中的广泛应用, 对塑料材料性能的要求也越来越高。高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 作为一种具有优异性能的工程塑料, 具有高温耐性、优良的机械性能和冲击强度, 在各个领域都有广泛的应用前景。因此, 研究 K7780 的生产工艺条件确立、产品性能及技术经济指标分析, 对于推动其应用和提高产品质量具有重要意义。

## 1 生产工艺介绍

本次生产采用 INEOS 公司的 Innovene 气相法工艺技术, 其主要特点是采用独特的接近活塞流的卧式搅拌床反应器, 催化剂加入第一反应器中, 丙烯在气相状态下连续聚合, 生成的聚合物粉末进行搅拌。第一反应器出料通过气锁器系统转移至第二反应器中继续反应, 第二反应器出料利用压差输送至粉料脱活系统, 粉料经过失活和脱气后送至挤压造粒机进行造粒, 粒料经掺混、包装后外售。Innovene 聚丙烯工艺流程如图 1。

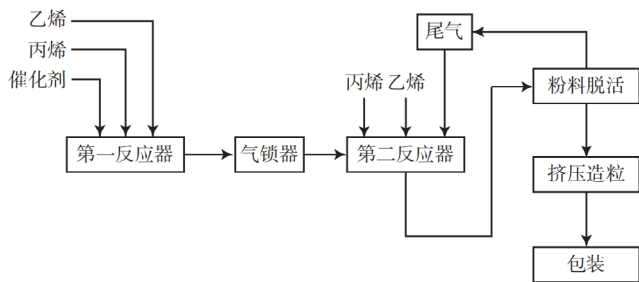


图 1 Innovene 聚丙烯工艺流程

## 2 生产工艺条件的确立

### 2.1 催化剂的选择

高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 是一种性能优异的 material, 广泛应用于汽车、电器、包装等领域, 为确保产

品质量和稳定供应, 对 K7780 的生产工艺条件进行了深入研究和确立。在 K7780 的生产中, 催化剂的选择是关键的一步, Innovene 聚丙烯工艺采用齐格勒-纳塔 (Z-N) 催化剂, 该催化剂由载体催化剂、烷基铝活化剂以及硅烷改性剂组成。为满足对氢调敏感性和产品刚韧平衡性的要求, 本工艺选择了第五代非邻苯催化剂作为生产催化剂, 此催化剂属于 Z-N 催化剂; 烷基铝化合物中三乙基铝活性最高, 因此将三乙基铝选作烷基铝活化剂, 满足了 Z-N 催化剂的要求; 硅烷改性剂在 K7780 的生产中可以改善产品的等规指数以及提高产品刚性, 根据产品的需求, 本工艺选择了二异丙基二甲氧基硅烷 (DIPDMS) 作为硅烷改性剂, DIPDMS 由山东鲁晶化工科技有限公司生产, 纯度大于 97%, 该硅烷改性剂在提高产品刚性的同时, 也保持了产品优异的常低温冲击性能, 满足了 K7780 产品对刚韧平衡性的要求。

### 2.2 熔融指数的控制

熔融指数的控制在高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 的开发过程中起着至关重要的作用。K7780 的总熔融指数 (T- 熔指) 与第一反应器中生成的均聚聚丙烯的熔融指数 (PP- 熔指) 和第二反应器中生成的乙丙橡胶链段的熔融指数 (RC- 熔指) 之间存在着对应关系, 而这些指标直接影响到产品的性能和品质。为实现开发目标, 首先需要确定 T- 熔指为  $70 \pm 24\text{g}/10\text{min}$ 。在乙丙橡胶链段确定的情况下, 通过不同 PP- 熔指和 RC- 熔指的组合, 可以得到目标产品的 T- 熔指。

K7780 主要用于大型薄壁制品和复合材料, 为了提高产品的加工性能, 需要尽可能增加相对分子质量分布。为使 K7780 保持一定的韧性, 需要乙丙橡胶链段提供性能优良的橡胶部分。为实现这两个目标, 需要尽可能提高一反熔指, 并适当降低二反橡胶相熔

指。聚丙烯的熔指受到反应器循环气中氢与丙烯摩尔比的控制。为防止两个反应器中  $H_2$  互窜影响熔指控制，两个反应器通过气锁器进行隔离。由于气锁器的隔离效果和粉料在气锁器中停留时间的影响，粉料进入第二反应器时，不可避免地会带入一部分  $H_2$ ，导致第二反应器的 RC- 熔指在降低到一定程度后无法进一步下降。为避免 RC- 熔指过低引起凝胶，本工艺将 K7780 的 PP- 熔指确定为 140-200g/10min，T- 熔指在 60g/10min 以上，通过合理控制 PP- 熔指和 RC- 熔指，K7780 产品性能可得到进一步优化，使产品具有较高相对分子质量分布同时，乙丙橡胶链段可为产品提供较好的常温冲击强度，满足了高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 在大型薄壁制品和复合材料领域的应用需求。

### 2.3 乙烯和橡胶含量的控制

乙烯和橡胶含量的控制在高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 的生产中也相当重要。产品的抗冲击性能主要由非晶态的乙丙橡胶链段提供，而乙烯和橡胶含量对最终产品的性能有着显著的影响。在本文中，探讨乙烯和橡胶含量的关系，以及如何进行优化和控制，确保 K7780 的刚韧平衡性，进一步满足产品要求。K7780 产品的总乙烯含量、乙丙橡胶链段含量以及乙丙橡胶链段中的乙烯含量之间存在着相互影响的关系。为确保 K7780 的良好刚韧平衡性，需要对这几个关键参数进行优化和选择，确立适当的控制指标。在 K7780 聚丙烯的研发过程中，最终确定的控制指标为总乙烯质量分数 5-6%，橡胶相质量分数 16-18%，橡胶中乙烯质量分数为 35-40% 之间。在生产过程中，采用在线分析仪表来测量第二反应器中循环气的组成，并根据乙烯与丙烯摩尔比来调节乙烯的加入量，从而实现对橡胶中乙烯含量的稳定控制。

为确保第二反应器中催化剂的活性处于合适的范围，本工艺引入了活性控制剂控制催化剂活性，活性控制剂是体积分数为 4.5% 的  $O_2$  与  $N_2$  的混合气体，其中  $O_2$  可以对催化剂活性进行调控，使多余的催化剂活性中心失活，从而得到理想的乙丙橡胶链段含量。通过对橡胶中乙烯含量和乙丙橡胶链段含量进行准确控制，使总乙烯含量达到目标值，从而获得性能优良的 K7780 产品。在实际生产中，不断优化和改进生产工艺，以确保乙烯和橡胶含量的控制达到最佳状态。通过科学的控制手段和精密的技术操作，本工艺不仅满足产品性能要求，而且可提高生产效率和产品稳定

性。

### 2.4 生产操作难点及措施制定

高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 作为高熔指、高模量和高冲击的“三高”产品，在生产过程中面临一些挑战 and 难点：

①在生产 K7780 时，需要提高一反应器的氢与丙烯摩尔比，以确保产品的性能要求，但这会导致聚合负荷降低，增加了生产的难度和成本；

② K7780 为高融低乙烯抗冲共聚物，运行负荷较低，在聚合负荷低于挤压机最低运行负荷时，前后工段物料平衡难度将会较大；

③ K7780 生产时，挤压机负荷较低，存在挤压机低扭矩停车风险；

④ K7780 产品熔融指数较高，在转产过程中容易产生黏连料，存在造成挤压停车的风险，对生产连续性和稳定性提出挑战；

⑤生产高熔指 K7780 产品时，挤压机换网器需要更换高目数的滤芯，在线由低目数向高目数切换换网器滤芯时，产品容易出现黏连料，导致挤压大块料捕捉器堵塞，存在挤压机停车的风险；

⑥低熔指牌号向高熔指牌号切换时，氢气采用过调法以减少过渡料产品，但是由于生产负荷低催化剂活性释放不彻底、催化剂氢调敏感性反应相对较慢，易导致产品质量均一性略差。

为解决以上问题，本工艺采取了一系列措施：

①通过优化催化剂的选择和反应器的操作条件，逐步提高第一反应器的氢气与丙烯摩尔比，同时保持聚合负荷在可控范围内，以实现 K7780 的高质量生产；

②降低循环水温度，进一步保证 K7780 产品的高负荷运行；

③提高聚合反应器运行压力，避免低负荷运行；

④转产时提高中间粉料仓料位，通过延长粉料仓的缓冲时间，应对聚合负荷和挤压负荷的不平衡问题；

⑤在转产 K7780 时，若挤压机扭矩过低，可根据实际生产情况暂时解除挤压机低扭矩联锁；

⑥在 K7780 转产时，提前降低挤压机筒体温度、出料段温度、模板温度以及切粒水温度，提高切刀转速，避免产品出现黏连料、花料；

⑦在 K7780 转产过程中，安排专人对挤压产品类型进行检查，确保生产平稳过渡；

⑧从低熔指牌号向高熔指牌号切换，需更换高目数换网器滤芯时，为降低产生黏连料导致挤压机停车

的风险,可通过挤压机停车更换网器滤芯;

⑨从低熔指向高熔指切换,由于熔融指数跨度较大,可通过生产 30-40g/10min 熔融指数的产品作为中间过渡,降低挤压机停车的风险。

通过以上措施的综合应用,本工艺能够有效应对 K7780 生产中的难点和挑战,保障产品质量,提高生产效率,确保生产的稳定和持续性。

### 3 产品性能及技术经济指标分析

#### 3.1 产品分析数据

从表 1 可以看出:K7780 的所有性能均达到了既定的指标,产品质量合格。与对比产品相比,弯曲模量与对比样品 1 基本持平,拉伸屈服应力高于对比样品 1。

表 1 K7780 与对比样品的指标对比

项目	单位	K7780 指标	K7780 实测	对比样品 1
熔体质量流动速率	g/10min	70 ± 24	61.9	64.4
拉伸屈服应力	MPa (G)	≥ 22.0	27.7	24.4
弯曲模量	MPa (G)	≥ 1100	1369	1351
简支梁缺口冲击强度 23℃	kJ/m <sup>2</sup>	≥ 3.0	6.2	-
黄色指数	-	≤ 4	-1.8	-1.2
负荷变形温度	℃	≥ 60	107	-

#### 3.2 技术经济指标分析

K7780 属于超高熔抗冲共聚产品,目标市场是华东、华南大型薄壁制品和汽车改性专用料市场,对比兰石化 EP-508N 和国产通用料市场价,售价比国产通用料每吨高约 700 元。从表 2 可以看出:

① K7780 为抗冲共聚产品,使用高氢调敏感性催化剂,相比普通均聚产品 S1003,由于在第二反应器中加入活性抑制剂,反应总活性降低,导致主催化剂单耗增加;

②为提高催化剂活性,适当提高 Al/Mg、降低 Al/Si,导致产品三乙基铝、改性剂消耗量增加;

③ K7780 产品由于第一反应器和第二反应器粉料熔融指数较高,反应器需要维持较高的氢气浓度,造成氢气单耗大幅度提高;

④ K7780 由于反应器中氢气浓度显著提高,且第二反应器需注入乙烯,反应器冷凝器循环水消耗增加,循环水单耗增加;

⑤本次试生产 K7780 产品负荷较低,造成产品低压蒸汽、用电单耗增加;

⑥根据单耗计算,本次试生产 K7780 生产成本较 S1003 高约 500 元/t。

表 2 S1003 与 K7780 的单耗对比

项目	单位	S1003	K7780
丙烯	t/tPP	1.003	0.931
乙烯	t/tPP	-	0.077
主催化剂	kg/tPP	0.031	0.041
三乙基铝	kg/tPP	0.110	0.216
改性剂 -DIB	kg/tPP	0.030	-
改性剂 -DIP	kg/tPP	-	0.088
氢气	kg/tPP	0.10	0.992
添加剂 -S1003	kg/tPP	1.58	-
添加剂 -K7780	kg/tPP	-	3.05
循环水	t/tPP	48.50	61.87
低低压蒸汽	t/tPP	0.08	0.164
电量	kWh/tPP	285	373.18

### 4 结论

本文对高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 的开发进行了深入探讨,从生产工艺条件确立和产品性能及技术经济指标分析两个方面进行了研究,主要内容如下:

①通过调整催化剂体系和主要工艺控制参数,优化产品质量控制指标成功开发了高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780;

②将 K7780 产品均聚部分熔指控制在 140-200g/10min,产品总熔指控制在 60g/10min 以上,乙烯质量分数在 5-6%,橡胶相质量分数在 16-18%,橡胶相中乙烯质量分数在 35-40% 之间,K7780 产品获得了优异的刚韧平衡性;

③ K7780 生产成本较国产通用料 S1003 高约 500 元/t,售价比通用料高约 700 元/t,增效显著。

#### 参考文献:

- [1] 张晓,马亮,李明.高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 的开发[J].聚合物材料科学与工程,2021,47(5):65-71.
- [2] 王强,张军.高熔抗冲共聚聚丙烯复合材料的力学性能和热稳定性研究[J].材料科学与工艺学报,2021,36(8):45-51.
- [3] 刘洋,吴哲,陈磊.高熔抗冲共聚聚丙烯 K7780 的开发[J].聚合物工程与科学,2020,40(9):28-35.