

聚丙烯（PP）容器包装产品 可回收再生设计指南 （无色和白色流）

Recyclability Design Guide for PP Packaging Containers

(Natural and White)

中国合成树脂协会

2023 年 12 月

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国合成树脂协会发布。

引 言

聚丙烯（PP）因其具有良好的抗冲击性、耐热性、耐化学药品性和成型加工性能，成为应用最广泛的包装树脂之一。PP可以通过多种工艺加工成不同形状包装制品及包装组件，这使得废旧PP容器包装中有各种不同形态、不同用途的制品，废料来源相对复杂。

目前，市场上的PP包装制品大概有数百种牌号的PP树脂制成，这些不同牌号的PP树脂在聚合方式、熔融指数、抗冲击性能等方面都存在差异，这给PP容器包装的回收再生带来困扰。另外，PP不同改性方式和不同种类添加剂的使用也在一定程度上影响PP容器包装产品的回收再生。

本文件是针对消费后进入无色和白色PP回收流中的PP容器包装产品，依据国际上广泛接受的塑料可回收再生定义，结合国内实际的PP容器包装产品回收再生现状，对市场上的PP容器包装产品的可回收再生性进行分类，以促进满足塑料回收再生定义和符合国内PP回收再生要求的PP容器包装产品的回收再生，淘汰不可回收再生的PP容器包装产品，其他类PP制品的可回收再生设计可以参考本文件。

聚丙烯（PP）容器包装产品可回收再生设计指南

（无色和白色流）

1 范围

本文件规定了可回收再生设计的术语和定义、分类和进入无色聚丙烯（PP）回收流中的PP容器包装产品可回收再生设计的要求、包括基础树脂、阻隔层/涂层/添加剂、颜色、封盖、盖膜、泵头、标签、油墨、胶粘剂及附件等要素。

本文件适用于食品用PP容器包装产品和非食品用无色和白色PP容器包装产品的可回收再生设计，其他类PP产品可回收再生设计可以参考本文件。

本文件不适用于对PP产品的质量监督。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法

GB/T 1040.2-2022 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件

GB/T 1843 塑料 悬臂梁冲击强度的测定

GB/T 2546.2—2022 塑料 聚丙烯(PP)模塑和挤出材料 第2部分：试样制备和性能测定

GB/T 2918—2018 塑料 试样状态调节和试验的标准环境

GB/T 3682.1—2018 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率(MFR)和熔体体积流动速率(MVR)的测定 第1部分：标准方法

GB/T 6284 化工产品中水分测定的通用方法干燥减量法

GB/T 9341 塑料 弯曲性能试验方法

GB/T 16288—2008 塑料制品的标志

GB/T 17037.1—2019 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第1部分：一般原理及多用途试样和长条形试样的制备

GB/T 18455—2022 包装回收标志

GB/T 19466.3 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

GB/T 37426 塑料 试样

GB/T 39690.2—2020 塑料 源自柔性和刚性消费品包装的聚丙烯(PP)和聚乙烯(PE)回收混合物 第2部分：试样制备和性能测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 可回收再生 Recyclability

本标准中定义的“可回收再生”是指同时满足以下四个条件：

——产品所采用的原材料应为热塑性材料，不包括由于物理、化学、环境保护、卫生安全等因素限制其再利用的材料；

——产品应被普遍地、规模化地收集到回收体系中以进行分选并再生；

——产品的回收和再生过程具有商业可行性；

——回收的塑料可以再生成为生产新产品的原材料，再生材料具有一定的市场价值（如果回收再生过程时差价值为负，但政策、法规强制要求使用再生塑料，也认为再生材料具有市场价值）。

3.2 可回收再生设计 Recyclable design

产品设计可以保证产品在消费使用后，顺利进入回收再生体系并最终被制成初级材料或新产品满足应用，符合可回收再生的定义。根据产品设计对回收系统和回收再生商在回收率、生产工艺或最终产品质量上影响的不同，此类可回收再生设计又细分为易回收再生设计、需改进可回收再生设计和低价值有条件可回收再生设计。

3.2.1

易回收再生设计 Readily recyclable design

产品设计容易被回收系统和回收再生商认可，这些设计的产品便于识别、分选和加工，不含或含有少量可回收材料的污染物，符合这些特征的塑料产品在回收再生过程中可以正确地进入回收再生体系，不影响回收再生的生产效率并最终得到高品质产品。

3.2.2

需改进可回收再生设计 Improvement-needed recyclable design

产品设计对于回收系统和回收再生商在回收率、生产工艺或最终产品质量上表现出不良影响，但大多数回收系统和回收再生商能够容忍并接受。这些设计对于产品的回收利用，减少环境污染有一定的作用，但需要改进。

3.2.3

低价值有条件可回收再生设计 Low-value conditionally recyclable design

产品设计造成回收再生成本大幅度提高，再生材料市场价值低，严重影响大多数回收再生商回收的积极性，然而在当前的回收再生体系中此设计的产品仍然在一定条件下被回收再生。

3.2.4

需要测试设计 Test-required design

产品设计无法根据现有的行业经验和本文件确定其是否和现有的回收再生系统兼容，其可回收再生性需要按照本文件的测试方法进行判定。

3.2.5

不可回收再生设计 Non-recyclable design

产品设计对于回收系统和回收再生商在回收率、生产工艺或最终产品质量上表现出严重不良影响，如果这些不良影响不能被消除或解决，就不能生产出市场认可的再生产品。

4 可回收再生性的判定

4.1 PP 回收再生流程

PP回收再生流程见附录A。PP可回收再生性依其消费后在此流程的表现而判定。

4.2 基础树脂

树脂商生产的通用型PP都是易回收再生的，它们的密度范围为 $(0.89\sim 0.91)\text{ g/cm}^3$ ，为鼓励在产品中使用消费后再生材料（Post-consumer Recycling, PCR），本文件将消费后再生PP材料列为易回收再生设计。基础树脂可回收再生性评价要求及测试方法见表1。

表 1 基础树脂回收再生类别与测试方法

特性	回收再生类别					测试
	可回收再生设计			不可回收再生设计	需要测试设计	测试方法和判定指标
	易回收再生设计	需改进可回收再生设计	低价值有条件回收再生设计			
消费后再生 PP 材料	√					
其他非通用型 PP 创新树脂					√	见第 6 章

4.3 阻隔层/涂层/添加剂

为达到一定的功能，如增加PP的阻隔性能，一些非PP材料会与PP树脂一同使用。在产品设计时要考虑到这些非PP材料对PP产品回收再生可能带来的影响而加以减少或避免使用，具体评价要求及测试方法见表2。

表 2 阻隔层/涂层/添加剂回收再生类别与测试方法

特性	回收再生类别					测试
	可回收再生设计			不可回收再生设计	需要测试设计	测试方法和判定指标
	易回收再生设计	需改进可回收再生设计	低价值有条件回收再生设计			
聚乙烯 (PE)		√				

小于 5%重量比乙烯-乙醇共聚物 (EVOH)		√				
大于 5% 重量比的 EVOH 以及其他阻隔层或涂层					√	见第 6 章
聚偏二氯乙烯 (PVDC)				√		
可降解添加剂				√		
常规助剂：如热稳定剂、紫外线稳定剂、成核剂、抗静电剂、冲击改进剂、化学发泡剂	√					
导致密度增加使 PP 沉水的添加剂				√		
荧光增白剂		√				
碳酸钙、滑石粉				√		
含有其他层/阻隔层/添加剂					√	见第 6 章

4.4 颜色

判定不同颜色的产品可回收再生性判定的要求见表3。

表 3 颜色回收再生类别与测试方法

特性	回收再生类别				测试	
	可回收再生设计			不可回收再生	需要测试设计	测试方法和判定指标
	易回收再生设计	需改进可回收再生设计	低价值有条件回收再生设计			
无着色	√					
白色		√				
浅色，如透明蓝色、透明绿色		√				
其他颜色及含有深色夹层				√		

4.5 封盖

判定封盖对产品可回收再生性的影响，具体要求及测试方法见表4。

表4 封盖回收再生类别和测试方法

特性	回收再生类别					测试
	可回收再生设计			不可回收再生设计	需要测试设计	测试方法和判定指标
	易回收再生设计	需改进可回收再生设计	低价值有条件回收再生设计			
聚丙烯 (PP)	√					
聚乙烯 (PE)		√				
聚对苯二甲酸乙二酯 (PET)		√				
无衬垫封盖系统	√					
塑料封盖中的乙烯-醋酸乙烯酯共聚物 (EVA) 和热塑性弹性体 (TPE) 衬垫	√					
封盖或衬垫中含有金属、金属箔		√				
封盖或衬垫中含有纸		√				
聚氯乙烯 (PVC)				√		
硅聚合物		√				
其他密度>1的材料，如、聚甲醛 (POM)、聚苯乙烯 (PS)、热固性塑料等		√				
封盖上的显开启套膜 (PE、PP、PETG)	√					

4.6 盖膜

判定盖膜对产品可回收再生性的影响，具体要求及测试方法见表5。

表5 盖膜回收再生类别和测试方法

特性	回收再生类别			测试
	可回收再生设计	不可回收再	需要测试	测试方法

	易回收再生设计	需改进可回收再生设计	低价值有条件回收再生设计	生设计	设计	和判定指标
无盖膜	√					
聚乙烯 (PE)		√				
聚丙烯 (PP)	√					
其他密度>1的材质, 可与PP完全分离	√					
其他密度<1的材质					√	见第6章

4.7 泵头

判定泵头对产品可回收再生性的影响, 具体要求及测试方法见表6。

表6 泵头回收再生类别和测试方法

特性	回收再生类别					测试
	可回收再生设计			不可回收再生设计	需要测试设计	测试方法和判定指标
	易回收再生设计	需改进可回收再生设计	低价值有条件回收再生设计			
全塑泵 ^a	√					
泵头中的乙烯-醋酸乙烯酯共聚物 (EVA) 和热塑性弹性体 (TPE) 密封组件	√					
泵头和喷雾器中的金属零件		√				
硅聚合物部件		√				
聚氯乙烯 (PVC)				√		
其他密度>1的材料, 如聚甲醛 (POM)、聚苯乙烯 (PS)、热固性塑料等		√				

^a全塑泵是指泵头中不含有金属、无机非金属材料, 主要由 PP、HDPE、LDPE、PE 共聚物 (TPO)' s

、EVA 和 TPE 等) 等材料制成。

4.8 标签、油墨和胶粘剂

判定标签、油墨和胶粘剂对产品可回收再生性的影响，具体要求及测试方法见表7。

表 7 标签、油墨和胶粘剂回收再生类别和测试方法^a

特性		回收再生类别					测试
		可回收再生设计			不可回收再生设计	需要测试设计	测试方法和判定指标
		易回收再生设计	需改进可回收再生设计	低价值有条件回收再生设计			
油墨和标签 (不含胶粘剂)	标签油墨—可与回收流分离，如油墨可保留在沉水的标签基材上	√					
	标签油墨—与回收流不完全分离			√			
	直接打印（非日期码）			√			
	模内标签			√			
	全套瓶标签（密度>1） （PVC 除外）	√					
	全套瓶标签（密度<1）					√	见第6章
	PVC 标签				√		
带有非水洗 脱胶粘剂的 标签 ^b	聚烯烃（PP、PE）标签	√					
	纸标签		√				
	含金属、镀金或金属印刷 标签				√		
	PVC 或可降解塑料标签				√		
	其他标签（密度>1）		√				

	其他标签（密度<1）					√	见第6章
带有可水洗脱胶粘剂的标签 [°]	聚烯烃（PP、PE）标签	√					
	纸标签		√				
	含金属、镀金或金属印刷件（密度>1）	√					
	含金属、镀金或金属印刷件（密度<1）				√		
	PVC 标签				√		
	其他标签（密度>1）	√					
	其他标签（密度<1）					√	见第6章
<p>^a 标签和油墨是包装产品必备的，用来宣传产品信息。标签膜一般通过胶粘剂附着在包装上，或通过物理收缩套固定在包装上。它们占整个包装的比重较小，设计时主要是考虑如何在回收再生中通过简单经济的方法与 PP 分离而对 PP 回收流不造成污染。</p> <p>^b 胶粘剂和标签在 PP 包装清洗环节无法与瓶或瓶片完全分离。</p> <p>[°] 胶粘剂和标签在 P 包装清洗环节可以与瓶或瓶片完全分离。</p>							

4.9 附件

PP包装上使用的附件应遵循“易与PP分离，不污染PP为主”原则，具体评价要求及测试方法见表8。

表 8 附件回收再生类别与测试方法

特性	回收再生类别					测试
	可回收再生设计			不可回收再生设计	需要测试设计	测试方法和判定指标
	易回收再生设计	需改进可回收再生设计	低价值有条件回收再生设计			
聚烯烃附件	√					
非聚烯烃附件					√	见第6章
金属及含有金属的附件					√	见第6章
塑料附件（密度>1）	√					

(PVC 除外)						
焊接附件					√	见第 6 章
射频识别的附件 (RFID)		√				
可降解塑料附件				√		
PVC 附件				√		

5 塑料回收标识

应符合GB/T 16288-2008和GB/T 18455-2022的规定。

6 测试方法和判定指标

6.1 试样制备

6.1.1 样品

第4章可回收再生性判定中被判定为需要测试的PP产品。

6.1.2 参比样品

参比样品的选择遵循以下原则之一：

原则 1——某一类 PP 制品与 6.1.1 的样品有相似的外观和功能，且该 PP 制品被认为是可回收再生的，该类 PP 制品可选择作为参比样品。

原则2 ——某一类PP制品被认为是可回收再生的，且该PP制品与6.1.1的样品含有相同的PP牌号的树脂原料，该类PP制品可选择作为参比样品。

6.1.3 设备和助剂

6.1.3.1 塑料破碎机，筛网孔径 12 mm。

6.1.3.2 筛网，筛网孔径 9.5 mm。

6.1.3.3 不锈钢水箱，长 1600 mm，宽 650 mm，高 1000 mm。

6.1.3.4 不锈钢水桶，直径 320 mm，高 350 mm。

6.1.3.5 电子温控加热棒，工作温度 0 °C~200 °C。

6.1.3.6 电动搅拌器，转速范围（60~1500）转/min。

6.1.3.7 筛盘，筛网尺寸≤1 mm。

6.1.3.8 鼓风干燥箱，温度范围 10 °C~250 °C，控温精度±1 °C。

6.1.3.9 清洗剂，NaOH 和表面活性剂。

6.1.3.10 吹风机，风速≤8 m/s。

6.1.3.11 单螺杆挤出机，螺杆直径 35 mm，螺杆长径比 30:1，螺杆转速（10~75）转/min。

6.1.3.12 过滤网，过滤网尺寸 40 目、250 目、40 目。

6.1.3.13 水槽，长 3000 mm，宽 200 mm，深 200 mm。

6.1.3.14 切料机，切粒长度 $3\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ ，切粒直径： $1\text{ mm} \sim 4\text{ mm}$ ，切刀转速：380 转/min，牵引速度： $(0 \sim 15)\text{ m/min}$ 。

6.1.3.15 秤，称量范围 $0\text{ kg} \sim 300\text{ kg}$ 。

6.1.4 操作步骤

6.1.4.1 概述

样品与参比样品按照图1中的流程进行加工。

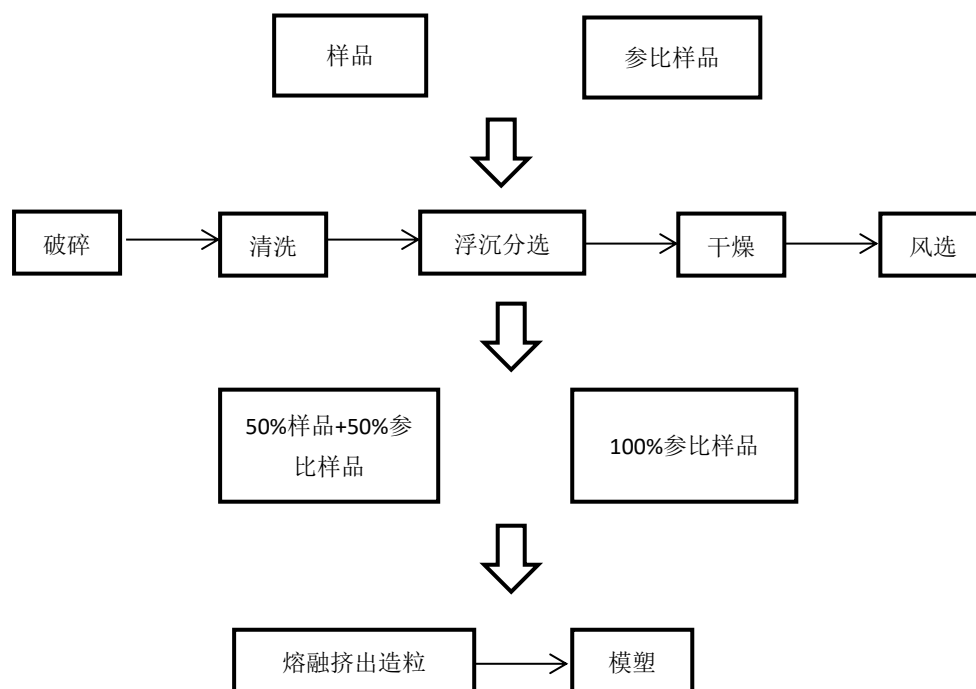


图1 PP再生加工流程图

6.1.4.2 破碎

将样品放入破碎机中进行破碎，破碎后用9.5 mm的筛网进行过滤，得到粒径在9.5 mm~12 mm之间的破碎样品。

6.1.4.3 清洗

不锈钢水桶中加入样品质量4倍的水，室温下加入破碎后的样品，搅拌速度为360转/min，洗涤10 min，关闭搅拌器，关闭热源，静置5min，收集漂浮在水面上的所有样品，将样品倒入筛盘中滤干水分。

不锈钢水桶中再次加入样品质量4倍的水，将水温加热，加入0.5%的NaOH和0.3%的表面活性剂。当水温加热到75℃时，加入样品，保持水温在75℃，搅拌速度为240m/min，洗涤10min，关闭搅拌器，关闭热源，静置5min，收集漂浮在水面上的所有样品，将样品倒入筛盘中滤干水分。

不锈钢水桶中再次加入样品质量4倍的水，室温下加入上一步骤洗涤后的样品，搅拌速度为360转/min，洗涤5 min，关闭搅拌器，关闭热源，静置5 min，收集漂浮在水面上的所有样品，将样品倒入筛盘中滤干水分。

6.1.4.4 浮沉分选

将样品与水按照质量比1:10的比例放入不锈钢水箱中,搅拌5 min,停止搅拌后静置5 min,收集漂浮在水面上的所有样品,将样品倒入筛盘中滤干水分。

6.1.4.5 干燥

将倒入筛盘中的样品放入干燥箱中干燥,干燥温度不超过60 °C,干燥30 min。

6.1.4.6 风选

用吹风机以8 m/s风速吹干燥后的样品5 min。

6.1.4.7 混合

将样品与参比样品分别按照6.1.4.2~6.1.4.6制备后,将50%的样品与50%的参比样品进行混合,混合后的样品与参比样品继续试样制备。

6.1.4.8 干燥

将样品放入80 °C~90 °C干燥箱中10 min~60 min。

6.1.4.9 熔融挤出造粒

将样品通过单螺杆挤出机、水槽和造粒机,单螺杆挤出机滤网设置40目、150目和40目,挤出机温度190 °C~245 °C,挤出时间为30 min,挤出机模口直径为2.5 mm,样品通过筛网的流动速率至少为0.38 kg/cm²·h。

6.1.4.10 模塑

试样的制备见GB/T 2546.2-2022中3.2的规定。

按GB/T 17037.1-2019制备试样,试样形状符合GB/T 37426规定的拉伸试样A1型和长条形试样B1型(80 mm×10 mm×4 mm)。

6.1.4.11 试样的状态调节和试验的标准环境

试样的状态调节应按GB/T 2918-2018的规定进行,温度23°C±2°C,相对湿度50%±10%。

6.2 测试方法

6.2.1 加工压力测试

在6.1.4.9中,记录挤出的前5min的初始平均压力,记为 P_i ,记录挤出的最后5min的平均压力值,记为 P_f 。

6.2.2 熔体质量流动速率

取6.1.4.9挤出试样3~8g,按GB/T 3682.1中的规定进行,试验条件:230 °C,2.16 kg。

6.2.3 密度

取6.1.4.9挤出试样5~10g,按GB/T 1033.1中规定的方法A进行。

6.2.4 挥发物/水分

取6.1.4.9挤出试样,称取约10g试样,按GB/T 6284中2.1节规定的干燥减量法进行。

6.2.5 熔融温度

取6.1.4.9挤出试样5~10mg,按GB/T 19466.3的规定进行。取第2次加热扫描DSC曲线上最大峰面积的峰值温度 T_{pm} 为熔融温度。

6.2.6 PE含量

取6.1.4.9挤出试样10g,按GB/T 39690.2-2018的规定进行。

6.2.7 拉伸试验

模塑试样为按6.1.4.10制备的A1型试样。

试样的状态调节按6.1.4.11的规定进行。

测试按GB/T 1040.2的规定进行,试验速度50mm/min。

6.2.8 悬臂梁缺口冲击强度

试样为按6.1.4.10制备的80 mm×10 mm×4 mm长条试样。

测试按GB/T 1843规定进行,推荐使用加工缺口,缺口类型为A型。

试样的状态调节按6.1.4.11规定进行。

6.2.9 弯曲模量

试样为按6.1.4.10制备的80 mm×10 mm×4 mm长条试样。

测试按GB/T 9341规定进行。

试样的状态调节按6.1.4.11规定进行。

6.3 测试结果判定

测试结果的判定见表9。

表9 测试结果的判定

测试项目	可回收再生设计	不可回收再生设计
加工压力	$\frac{Pf - Pi}{Pi} \times 100\% \leq 25\%$	$\frac{Pf - Pi}{Pi} \times 100\% > 25\%$
熔体质量流动速率	报告	报告
密度	$\leq 1 \text{ g/cm}^3$	$> 1 \text{ g/cm}^3$
挥发物/水分	$< 0.5\%$	$\geq 0.5\%$
DSC	$T_{pm} \leq 180 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{pm} > 180 \text{ }^\circ\text{C}$
PE含量	$\leq 5\%$	$> 5\%$
拉伸强度 ^a	$\frac{S_B}{S_A} \times 100\% \leq \pm 25\%$	$\frac{S_B}{S_A} \times 100\% > \pm 25\%$
断裂伸长率 ^b	$\frac{L_B}{L_A} \times 100\% \leq \pm 25\%$	$\frac{L_B}{L_A} \times 100\% > \pm 25\%$

悬臂梁缺口冲击强度 ^c	$\frac{I_B}{I_A} \times 100\% \leq \pm 25\%$	$\frac{I_B}{I_A} \times 100\% > \pm 25\%$
弯曲模量 ^d	$\frac{F_B}{F_A} \times 100\% \leq \pm 25\%$	$\frac{F_B}{F_A} \times 100\% > \pm 25\%$
<p>^a 100%参比样品定义为 A，50%参比样品和 50%样品的混合物定义为 B，拉伸强度记为 S。</p> <p>^b 100%参比样品定义为 A，50%参比样品和 50%样品的混合物定义为 B，拉伸强度记为 L。</p> <p>^c 100%参比样品定义为 A，50%参比样品和 50%样品的混合物定义为 B，拉伸强度记为 I。</p> <p>^d 100%参比样品定义为 A，50%参比样品和 50%样品的混合物定义为 B，拉伸强度记为 F。</p>		

附录 A
(资料性)
PP 回收再生流程图

PP回收再生流程图见图A. 1

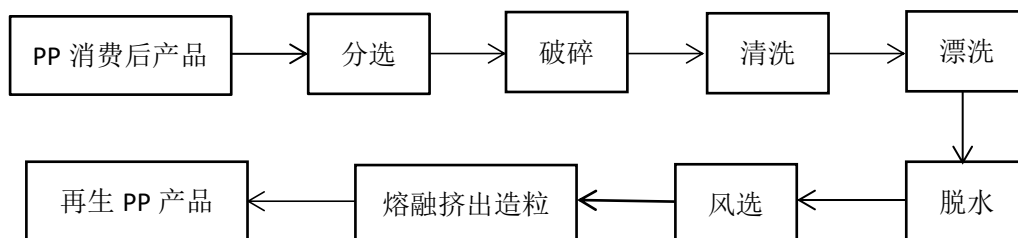


图 A. 1 PP 回收再生流程图