

# 再生塑料颗粒的生产流程与质量控制要点

张帅

1 金达科技股份有限公司，河北省沧州市，061001；

2 河北省塑料包装材料工程技术创新中心，河北省沧州市，061001；

**摘要：**鉴于全球塑料污染状况的日趋严峻以及“双碳”目标的逐步落实，再生塑料行业面临着前所未有的发展契机。作为塑料循环经济的核心产品，再生塑料颗粒的生产质量与下游制品的性能及应用安全性紧密相关。本文对再生塑料颗粒自原料回收直至成品入库的整个生产流程，涵盖预处理、破碎清洗、熔融造粒等关键工序，进行了系统性的阐述。在这一基础上，深入剖析各环节质量控制的核心要点，以期为提升再生塑料颗粒的产品品质、推动行业标准化生产以及增强市场竞争力提供理论参考与实践指导。

**关键词：**再生塑料颗粒；生产流程；质量控制；预处理；熔融造粒；性能检测

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.12.076

## 引言

塑料凭借其轻便、耐用、成本低廉的特质，已然成为现代生活里无法或缺的材料。然而，大量使用过后的塑料废弃物，若未能获得妥善处置，便会对环境造成长期污染。在“双碳”目标影响下，发展循环经济、推进塑料资源再生利用，已然成为行业可持续发展的必然抉择。作为循环经济关键产品的再生塑料颗粒，借由物理回收途径，把废弃塑料转变为可再度利用的原料，极大降低石油资源消耗与环境污染。因此，本文将详尽阐释再生塑料颗粒的生产流程与质量控制要点，以期为行业提供参考。

## 1 生产流程详述

再生塑料颗粒的生产流程主要包括原料回收、分选、破碎、清洗、干燥、熔融挤出、拉条冷却、切粒和包装入库等环节。每一环节均直接影响最终产品的质量，需严格把控。

### 1.1 原料回收与预处理阶段

原料回收与预处理是再生塑料生产的基础环节，对后续工艺难度及成品质量有着直接的决定性影响。原料来源涵盖两大主要类别，即消费后废弃物，诸如矿泉水瓶、包装膜、日化容器等，以及工业后边角料。注塑、挤出等加工过程所产生的流道料、边角料等，构成了工业后边角料的来源。因其成分单一、污染程度低且品质相对稳定，故而成为生产高品质再生料的优先选择<sup>[1]</sup>。与之相比，消费后废弃物来源繁杂，包含各类包装材料、日用塑料制品等，常常夹杂着油污、标签、残留内容物

等多种杂质，这就要求其必须经过更为严格的分选与清洗处理。

预处理中，分选是核心环节。采用方式一般为人工粗选与机械精细分选相组合。人工分选，主要在传送带上展开。工人经验丰富，借由外观、手感等途径，识别并剔除显著的非塑料杂质，如金属、玻璃、纸张等，以及不同种类的塑料制品。这是确保原料初步纯净的关键步骤。精细分选，借助高科技分选设备，诸如近红外光谱（NIR）分选技术。借由传感器，识别不同塑料对近红外光的特征吸收与反射特性，运用高压气流精准喷吹，达成PET、HDPE、PP、PS等塑料的高纯度分选，分选精度可达98%以上。针对深色塑料或者NIR难以识别的材料，可运用静电分选技术，借助不同塑料摩擦生成的静电差异予以分离。而沉浮分选，基于密度差异原理，在水或特定密度的溶液中实现分离。

### 1.2 破碎与清洗阶段

破碎与清洗是再生塑料生产中的关键环节，旨在将经分选后的塑料制品，破碎成均匀碎片，并对污染物予以彻底去除。关于破碎过程，主要借助撕碎机或破碎机来完成，塑料制品被粉碎成尺寸一致的片状碎片，通常以“薄片”或“flake”称之。同时，破碎机的选型意义重大，应当依据原料特性，对剪切式、冲击式或研磨式破碎机作出选择。筛网孔径的配置，依照最终对碎片大小的要求进行，通常控制于8~15mm区间。

污染物，诸如标签、胶水、泥沙、油脂等，借助多级逆流清洗系统在清洗环节逐步去除。预清洗/粗洗阶

段，通过简单的浸泡与搅拌操作，主要去除大部分附着不牢固的杂质。热碱水清洗阶段，以加热的氢氧化钠溶液（浓度处于1~3%，温度维持在60~80℃），油污与标签胶得以有效分解。作为核心环节的摩擦清洗，凭借高速旋转的摩擦盘促使碎片相互搓洗，在水流作用下，顽固污染物实现剥离，通常所需清洗时间为15~30分钟。漂洗阶段，用清水进行2~3次的逆流冲洗，化学残留与污垢彻底清除，直至水质呈现清澈状态<sup>[2]</sup>。

### 1.3 干燥与熔融造粒阶段

干燥与熔融造粒是将洁净塑料碎片转化为均匀颗粒的核心环节，直接决定最终产品的物理性能和外观质量。清洗后的碎片表面，附着有大量水分，有效干燥处理不可或缺。机械脱水借助离心脱水机，利用高速旋转产生的离心力，去除大部分表面水分，能使含水量降至8~10%；之后，热力干燥通过热风干燥系统或沸腾床干燥器，利用100~120℃热空气的对流换热，彻底蒸发残留水分，将最终水分含量控制在0.5%以下。熔融挤出过程中，若水分含量过高，会引发水解降解，致使分子链断裂，严重劣化产品性能，表现为熔体强度下降、气泡产生以及力学性能恶化。

生产流程里，熔融挤出占据类似“心脏”般关键地位。出于产品质量要求方面的考量，干燥完毕的碎片借由螺杆挤出机转化为粘流态。具体可选择单螺杆挤出机或双螺杆挤出机。其中，双螺杆挤出机凭借其在混炼、排气以及自清洁方面的卓越能力，于高质量再生料生产领域成为首选设备。其通过螺杆间的啮合作用，引发强烈的剪切与混合效应，让添加剂和色母粒能够均匀分布；同时，配备了多个温控区，达成对熔融温度的精准把控（一般而言，PE/PP材料的温度范围在180~230℃，PET材料则为260~280℃）；熔体则借助自动换网器完成过滤操作，滤网精度可达120~200目，微观杂质及碳化颗粒被有效拦截<sup>[3]</sup>。随后，纯净的熔融塑料经多孔模具挤出呈条状，在水槽中冷却固化（水温通常控制在20~40℃），最终由切粒机切割为大小均匀的颗粒（通常直径为3~4mm，长度为2~3mm）。

### 1.4 后处理与包装

后处理作为确保产品质量一致性的最终环节，主要涵盖两个步骤，即风干与筛分。切好的颗粒表面或存少量残余水分，需借旋风分离器或振动流化床干燥器完成最终风干，以使产品含水率稳定维持于0.5%以下。筛分运用多层振动筛，基于颗粒尺寸分级：上层筛网用于去

除过大颗粒与连粒；中层收集合格产品；下层筛除粉末及细小颗粒。

成品包装采用内衬塑料薄膜的防潮编织袋或吨袋进行密封包装，防止吸湿和污染。包装材料需具有良好的防潮性和强度，确保运输过程中不会破损。每个包装单元都应清晰标识产品型号、批次、重量、生产日期等信息，建立完善的可追溯体系。

## 2 质量控制要点

质量控制必须贯彻“预防为主，全过程控制”的理念，从“人、机、料、法、环”五大要素入手。

### 2.1 原料控制

原料质量，作为质量控制初始关卡，对后续工艺难度与成品性能起决定性作用。多层次保障体系的构建为原料控制的必要环节。首先，制定严格原料采购标准体系，依目标产品质量要求，明确原料类别、来源、污染程度等指标，工业后边角料成分单一、污染少应优先选取。同时，需建立合格供应商评估与准入制度，对供应商生产能力、质量管理体系、环境合规性全面评估并定期复审。其次，完善原料入厂检验制度，每批进厂原料都要代表性抽样。借燃烧法观察火焰颜色与气味初鉴塑料种类，凭密度法用不同密度溶液沉浮测试再确认。借快速水分测定仪测含水率。经目视检查与称重法评杂质含量。此类快速检测法可短期内对原料质量初判，为后续工艺参数调整提供依据<sup>[4]</sup>。最后，建立原料追溯系统，记录每批原料来源、检测结果及使用情况，确保问题出现能快速溯源。且应据原料实际情况分类存放与标识管理，防止不同品质原料混杂，为后续生产过程稳定性奠基。

### 2.2 预处理与清洗过程控制

预处理与清洗过程是确保再生塑料“基因”纯正的关键环节，其控制水平对最终产品纯净度及品质上限有直接决定作用。其一，在分选环节，应当建立设备维护与校准标准化程序，保证分选纯度。针对近红外（NIR）分选设备，需定期以标准样品校准，光学传感器灵敏度及气动喷吹装置准确性的检查要做到，使分选准确率大于98%。同时，分选工艺参数优化也要进行，依据原料种类与污染程度，调整传送带速度、光源强度及喷吹压力，最大限度提升分选效率与质量。其二，在清洗环节，要建立多参数监控体系，各清洗阶段水质pH值、水温、碱液浓度、清洗时间等关键参数需实时监测并记录。水

温一般控制在60~80℃，保证清洗效果同时，避免能源浪费；碱液浓度维持于适当范围，定期检测并补充以保证去污效果。同时，要建立清洗效果评价体系，清洗后碎片清洁度、残留油脂含量等指标定期取样检测，杂质含量通过离心沉淀法检测，油脂残留量用溶剂萃取法测定。金属剔除，作为保护设备与保证产品安全的重要措施，要在破碎机前后关键位置，安装高灵敏度金属分离器或强磁力磁选机，并定期检查其工作状态与灵敏度，记录金属杂质检测，防止金属杂质进入后续工序而致使昂贵生产设备损坏。

## 2.3 熔融造粒过程控制

熔融造粒是再生塑料生产的核心环节，同时也是质量控制最为复杂精细之处。首要关键为温度控制，须依据不同塑料种类热力学特性设定精确温控方案。挤出机一般划分4~6个加热区，每个区域温度需独立精准控制，温差应把控在±2℃以内。温度过低致熔体塑化不佳、流动性差且过滤困难；温度过高引发聚合物分子链断裂，出现热氧化降解，造成产品黄变与力学性能下降。螺杆转速与喂料速度匹配也同样重要，需按物料特性与熔体状态优化调整，使熔体压力稳定维持在工艺要求范围。螺杆转速与喂料速度不匹配，将导致“饥饿喂料”或过度填充，引起熔体压力波动、产量不稳定，影响产品质量一致性。其次，保证产品纯净度的关键在于过滤系统管理，应据原料洁净度制定严格换网周期，或投资采用连续换网器实现不停机生产。可借助监控熔体压力变化判断滤网堵塞状况，压力超设定上限时及时更换滤网。另外，真空脱挥系统稳定运行对去除挥发物、降低产品异味起决定性作用，必须确保排气段真空泵稳定工作，维持较高真空调度（通常要求达-0.08MPa以上），有效抽出熔体中水分、残留单体及其他小分子挥发物。所有这些工艺参数均需详细记录并实现可追溯，为质量分析与工艺优化提供数据支撑。

## 2.4 成品质量检测

作为验证整个生产过程有效性的最终环节，成品质量检测要求构建全面且科学的检测体系及方法。就物理性能检测而言，其主要涵盖熔融指数（MFR/MVR）以及力学性能测试。表征材料流动性的关键指标——熔融指数，借助测定特定温度与负荷下10分钟内经由标准口模的熔体质量，以此反映分子量大小及其分布状况，进

而判断材料对于加工的适用性。力学性能测试，包括拉伸强度、冲击强度以及断裂伸长率等的测定，采用万能材料试验机与冲击试验机，依照ASTM或ISO标准方法实施，目的在于评估材料的基本机械性能能否契合下游应用需求。化学与观感性能检测方面，涉及灰分、色差以及气味等内容。灰分含量通过高温灼烧称重法予以测定，其用于衡量无机杂质（诸如填料、粉尘、滤网残留等）的含量，是评价产品纯净度的核心指标；色差借助分光测色仪与标准样品对比，以量化颜色的一致性，确保产品外观质量的稳定性；气味评估由经过专门培训的嗅辨师小组或采用电子鼻设备执行，按照标准方法对颗粒加热后产生的气味予以评级，确保无异味或者异味等级符合客户要求<sup>[5]</sup>。表观质量检查包括颗粒外观以及水分含量检测，通过目视检查颗粒是否呈现均匀、光滑、无气泡、无黑点的状态；利用快速水分测定仪确保成品颗粒含水率极低（通常要求<0.5%）。实验室应配备相应的检测设备，并建立完善的检测规程。所有检测结果均需详细记录并形成质量报告，此报告一方面为产品放行提供依据，另一方面为生产过程的改进提供反馈。

## 3 结语

综上，再生塑料颗粒的生产是实现塑料资源循环利用的关键环节，其技术内涵丰富，涉及多环节精细操作。通过优化生产流程、加强质量控制，可生产出高性能、高纯度的再生塑料颗粒，助力塑料产业绿色转型。未来，随着化学回收等新技术的应用，再生塑料质量将进一步提升，为可持续发展注入新动力。

## 参考文献

- [1] 张颖. 进口再生塑料颗粒污染特征及其人体健康风险评估[D]. 沈阳建筑大学, 2022.
- [2] 占彬, 许强, 武本成, 等. 废塑料再生颗粒液化特性研究[J]. 石油炼制与化工, 2025(4).
- [3] 孙泽田. 废弃塑料颗粒掺合料混凝土力学性能试验研究[D]. 中国海洋大学 [2025-09-19].
- [4] 李永忠. 废旧塑料再生颗粒[J]. 技术与市场 (06): 23-23 [2025-09-19]. DOI: 10.3969/j. issn. 1006-8554. 2004. 06. 026.
- [5] 张书敏, 江龙发, 周丽萍, 等. 再生塑料颗粒固体废物的典型特征及其识别技术[J]. 中国检验检疫, 2021 (9): 70-76.