白皮书

化学回收技术概述

作者：

Francois Sinechal，欧洲化学回收市场开发经理

化学回收包含一系列能够帮助释放废旧塑料价值的技术。在全球范围内，目前只有很小一部分的塑料废弃物会被收集，而得以回收的比例甚至更低，而且回收方式主要是物理回收。然而，化学回收带来了可以帮助释放废旧塑料的内在价值的机会，使之可以避免遭到填埋或焚烧。

本白皮书探索了塑料废弃物的不同的处理方式，并且强调埃克森美孚的 Exxtend™ 化学回收技术是一种切实可行的选择，可以帮助实现塑料循环，这一塑料价值链中的许多人基于消费者需求考虑的重要因素。

什么是化学回收？

Exxtend 化学回收技术在分子水平上将塑料废弃物转化为可用的原材料，这些原材料通过 ISCC PLUS 质量平衡法应用“经认证的自由归属”并采用“按质量确定”选项，被归因到我们出售的经认证的循环聚合物数量上。经认证的循环聚合物与塑料新料完全相同，有着相同的质量和性能，因此客户可以放心地在敏感应用中采用经认证的循环聚合物，包括卫生和个人护理产品。

化学回收能够转化难以回收的塑料，避免直接填埋或焚烧。凭借处理复杂的、多聚合物材料和去除污染物的能力，该项技术可以作为物理回收的补充。得益于数十年的创新和卓越运营，我们的技术正在帮助实现塑料循环经济。我们正与价值链展开协作，共同开发基础设施，以便更有效地进行废旧塑料的大规模收集、分类和处理。

实现可持续发展效益的包装解决方案

在一众支持塑料循环解决方案的技术中，化学回收是一项新兴的技术，理解这一点非常重要。埃克森美孚拥有一系列产品和服务，可以帮助实现从产品设计到使用寿命终止的、具有可持续效益的包装解决方案。

图 1. 具有可持续发展效益的包装解决方案

*特指在具有软薄膜收集和回收计划与设施的社区可回收。

通过减薄，以少做多，是指减少包装薄膜的厚度，同时保持其全部功能。例如，25 年前，埃克森美孚运输树脂产品时所用的袋子（承重 25 千克）由聚乙烯制成，厚度为 200 微米。如今的材料只有 100 微米厚，但仍然可以完成同样的任务。埃克森美孚不断扩大使能分子产品组合，利用诸如埃奇得™、埃奇得™ XP 和埃奇得™ S 高性能 聚乙烯等产品，不断突破薄膜性能极限。

可回收设计* 主要指通过简化塑料产品的结构、转向单一材料，或者减少或改变添加剂，使得产品更容易通过物理或化学方式回收。换言之，以一定的方式生产产品，使之在使用年限到期后进入分类中心时，可以*真正*得到回收利用。

增容剂有助于在聚乙烯和聚丙烯之间形成化学键，从而便于增加再生料含量。这些分子通常不能很好地键合，但增容剂可以帮助包装制造商减少密封或生产脆性产品时出现的问题。通过提高采用混合塑料废弃物的配方性能，我们可以帮助创造机会，使其能够用于更多用途。

当拥有清洁的回收流时，添加高性能聚合物（如埃奇得™ XP）有助于克服性能损失问题，且能在应用中尽可能多地采用回收成分。该解决方案最常用于工业包装用途，如码垛薄膜和重型包装袋应用。

塑料在使用年限到期后的处理选项

塑料在使用年限到期后的处理选项分两大类：非化学和化学（参见图 2）。非化学处理选项包括垃圾填埋、直接利用、物理回收和溶剂萃取。通常，这些技术不会改变聚合物的分子结构。

直接利用是指高效地利用在建筑、砖块、沥青甚至庭院家具中使用的廉价资源，通常是混合塑料。

物理回收是最为常见的回收方法。这涉及到分类后的塑料废弃物并进行熔化和造粒，这些废弃物已被清洗用于不同的应用（主要是工业用途）。

溶剂萃取是一种溶解聚合物的过程，以便从其他成分（如添加剂）中将其清洗出来。例如，溶剂可用于进行脱层和脱墨。溶剂萃取通常会产出非常高质量的回收树脂。

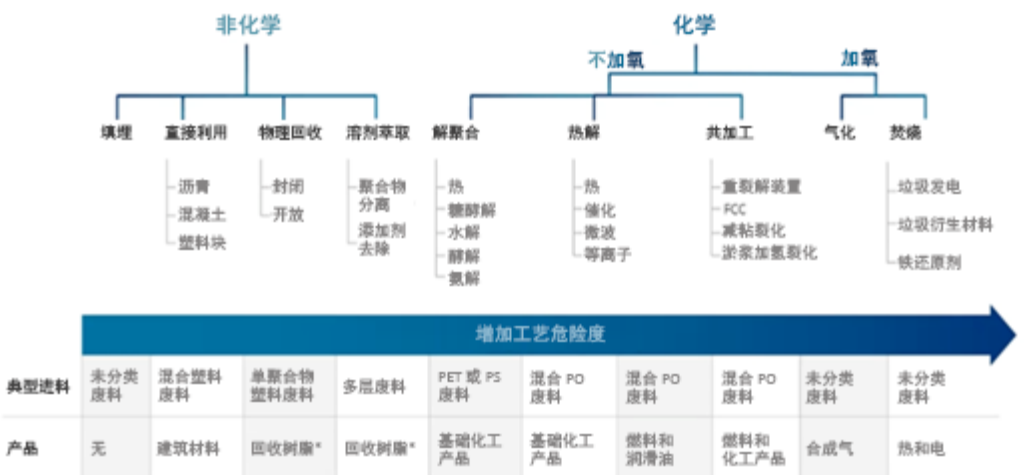


图 2. 塑料在使用年限到期后的处理技术

化学类可以进一步细分为加氧工艺和不加氧工艺。在处理过程中不存在氧气的情况下，我们可以看到有两种主要的趋势：解聚合或热解。在解聚合过程中，典型的进料是聚酯或聚苯乙烯。这些聚合物被不同的处理工艺还原为它们的基础单体，这些工艺的区别就在于所应用的化学反应类型不同。

在埃克森美孚，我们目前专注于热解。在这种情况下，聚烯烃在分子水平上转化为较小的烃链、液体或气体，然后可用于制造新产品。

此外还有两种涉及到氧气的处理工艺：气化和焚烧。气化可以使用种类非常广泛的废物流。聚合物与氧气一起暴露在超高温下，会产生合成气，即氢气和一氧化碳的混合物。焚烧用于制热和发电。在燃烧未分类的废物时，会捕获尽可能多的热量并将其用于发电。

化学回收场景

基于热解的化学回收主要有两种方法：产生热解油的独立热解装置，以及整合在石化生产综合体中的设施装置。在埃克森美孚，我们采用后一种方法。例如，我们在德克萨斯州贝塘基地开发的 Exxtend 化学回收专有技术可以利用现有的基础设施，对贝塘石化生产综合体中的塑料废弃物和化石基原料进行共处理。

在这两种情况下，第一步都是对塑料废弃物进行预处理，以便制备原料。此过程包括清洗、粉碎、干燥、均质化和聚合，与原料规格一致。预处理是很重要的一步，有助于最大限度地提高聚烯烃含量，消除或减少其他聚合物，如聚酯、聚苯乙烯或 PVC。在预处理过程中，会对塑料废弃物进行表征，确定污染物，并制定处理废弃物的策略，从而满足回收商的规格要求。

这一过程的核心环节是热解，即利用高温将聚合物裂解成较小的碳链。聚合物熔化后被投入热解反应器中，此时它们暴露在无氧且高温（300 摄氏度，600 华氏度）的环境之中，因此聚合物不会燃烧，而是转化为较小的碳链，如以石油和天然气形式存在的乙烷或石脑油。热解油气会在埃克森美孚的装置中进行回收，然后进行进一步精炼和提纯。

最后，这些小分子会转化为可用的原材料，这些原材料可以通过国际可持续发展和碳认证 (ISCC) PLUS 质量平衡法实施“经认证的自由归属” 并采用“按质量确定”选项，归因于经认证的循环聚合物上。埃克森美孚有多个设施已通过 ISCC PLUS 流程获得认证，包括位于德克萨斯州贝塘的化学回收设施。ISCC PLUS 被广泛认为是一种有效且完善的质量平衡归因体系，适用于认证在化学回收设施中处理的塑料废弃物。

我们的目标是，利用现有的基础设施和各种嵌入在现有设施中的装置来处理塑料废弃物，我们相信这将使我们能够在全球范围内迅速扩大规模。

适合采用 Exxtend 化学回收技术的理想原料是什么？

图 3 展示了通常最适合采用化学回收技术的原料类型，特别是我们希望用于 Exxtend 化学回收技术的原料类型。

首选进料是聚烯烃：聚丙烯、聚乙烯、混合多层薄膜，各种形状的刚性或柔性材料。埃克森美孚使用 Exxtend 化学回收技术处理的其他材料包括金属化薄膜、阻隔薄膜、尼龙、乙烯醇共聚物、层压板和人造草坪。适配性次之的进料包括聚苯乙烯和聚酯。聚酯分子会在处理过程中引入氧气，这是我们在热解中不希望看到的。

应避免 PVC、卤化材料和所有非塑料材料。

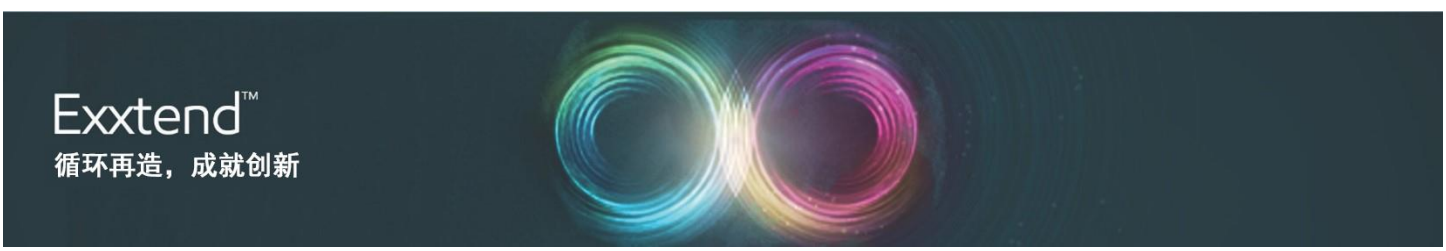
图 3. 适合采用 Exxtend 化学回收技术的原料

结语

化学回收技术为帮助解决塑料废弃物的挑战提供了一个很有前景的发展方向。由于化学回收与物理回收形成互补，可以帮助扩大回收塑料的种类范围。

通过使用埃克森美孚 Exxtend 化学回收技术这类方法，释放废旧塑料的固有价值，可以使越来越多的废弃物避免遭到填埋和焚烧。这些技术还可以支持塑料循环经济的发展。

随着我们不断创新和实施这些化学回收方法，有效管理塑料废弃物一定未来可期。



© 2024 埃克森美孚。埃克森美孚 (ExxonMobil)，埃克森美孚的徽标 (ExxonMobil logo) 及连接的“X”设计和在本文件中使用的所有其他产品或服务名称，除非另有标明，否则均为埃克森美孚的商标。未经埃克森美孚的事先书面授权，不得分发、展示、复印或改变本文件。使用者可在埃克森美孚授权的范围内，分发、展示和 / 或复印本文件，但必须毫无改动并保持其完整性，包括所有的页眉、脚注、免责声明及其它信息。使用者不可将本文件全文或部份复制到任何网站。埃克森美孚不保证典型（或其它）数值。本文件包含的所有数据是基于代表性样品的分析，而不是实际运送的产品。本文件所含信息仅是所指明的产品或材料未与任何其它产品或材料结合使用时的相关信息。我们的信息基于收集之日被认为可靠的数据，但是，我们并不明示或暗示地陈述、担保或以其它方式保证此信息或所描述产品、材料或工艺的适销性、适宜于某一特定用途、不侵犯专利权、适用性、准确性、可靠性或完整性。使用者对在其感兴趣的领域使用该材料、产品或工艺所做的一切决定负全部责任。我们明确声明将不对由于任何人使用或依赖本文件所含任何信息而导致的或与此相关的直接或间接遭受或者产生的任何损失、损害或伤害承担责任。本文件不应视作我们对任何非埃克森美孚产品或工艺的认可，并且我们明确否认任何相反的含意。“我们”、“我们的”、“埃克森美孚产品方案业务”或“埃克森美孚”等词语均为方便而使用，可包括埃克森美孚产品方案业务、埃克森美孚公司，或由它们直接或间接控制的任何关联公司中的一家或者多家。

更多信息，请访问：
exxonmobilchemical.com/exxtend

ExxonMobil