

## 聚羟基脂肪酸酯 (PHA)

### 一个新兴的聚合物系列

GO!PHA 白皮书 - 2019 年 5 月 20 日

文：杨·拉文斯汀

译：刘心宇，白渊斌 / 蓝晶微生物

新兴的聚羟基脂肪酸酯 (PHA) 类聚合物 (PHA 系列) 由性质和性能差异显著的多种聚合物组成，就像大多数其他聚合物系列一样 (如聚酰胺和聚乙烯)。

聚羟基丁酸酯 (PHB) 具有良好的生物相容性。它是 PHA 系列的第一个已知产品，它在自然界中已经存在了超过 30 亿年，并已成为植物、动物和人类新陈代谢的重要组成部分，为其提供能量和营养。它是由微生物以糖、淀粉和纤维素为原料生产的。然而，自然界中发现的 PHB 分子量太低，无法通过制造加工得到各种各样的塑料制品。

如今，通过使用多种不同的原料——如：固体废物、废水、废气 (如二氧化碳和甲烷)、煎炸废油、糖、纤维素、植物油等进行发酵，人们已生产出 9 种不同的 PHA 产品，这有助于建立循环经济的用后价值链。

PHA 系列产品包括 PHB、PHBV、PHBH 等，它们不能简单地彼此替代，因为它们各自具有不同的属性，而且其属性指标的区间很宽，如：

- 分子量在 300,000-1,000,000kD 之间；
- 结晶型聚合物的熔融温度在 60-170°C 之间；
- 拉伸模量在 10-1,000 MPa 之间
- 拉伸屈服强度在 1-45MPa 之间；
- 伸长率在 1-1,000%之间；

这明确显示，PHA 不能被简单地视为单一产品。

然而，所有 PHA 系列产品都拥有一项特性，它们在土壤和水体中，需氧和厌氧条件下，被细菌或真菌利用时，均可生物降解，尽管降解的速度还取决于 PHA 产品的成分、制品厚度和其他外部条件。从原理上来讲，PHA 产品的生物降解性可被调整以适应具体需求，其中生物降解的时间取决于形状因素和外部条件。这种多功能的生物降解特性可确保随着时间的推移，不会有任何 PHA 微塑料残留在环境中。

除结晶型 PHA 产品之外，非结晶型的 PHA 产品也已经成功开发并推向市场。当然，它们的应用场景完全不同。尽管 PHA 产品系列尚不能完全替代化石基聚合物系列，但是它们可以部分替代其中的绝大多数，因此 PHA 系列产品的目标市场非常庞大，并且可能与许多可被它们取代的基于化石基聚合物的市场一样大。

事实证明，纯 PHA 产品和包含 PHA 的复配产品在 20 多种不同的产品/市场组合中表现相同或更佳，其中一些已经商业化。它们用于要求产品具有类似于化石基聚合物 (如 PE、PP、PS、PC/ABS 或 PET) 性能的产品。在要求海洋和土壤降解性的情况下 (例如化妆品中的去角质剂、水瓶内衬、改性的家庭可堆肥塑料袋或地膜)，许多由 PHA 聚合物制成的产品更具优势。此外，PHA 聚合物也可用于制造耐用品，例如用于家具、眼镜、电气开关或汽车内饰。

PHA 聚合物也可用作热固性材料 (PUR 和不饱和聚酯树脂) 的基础材料，许多这方面的应用已在开发中，但还未实现商业化。此外，非结晶型 PHA 聚合物在胶粘剂和胶水中的用途也已被成功证明。以上这些工作都证明了 PHA 作为新型聚合物系列的多功能性。

最初，基于其开发曲线，新型 PHA 聚合物的市场价格很高，这限制了其市场渗透力。然而，PHA 聚合物系列产品的原料生产商和应用开发者已经指出，价格只是时间和规模的问题。随着这些产品系列应用的激增和成熟，PHA 材料将具有成本竞争力。

工业界从 1980 年代起开发新的 PLA 系列，如今这些产品正处于 S 曲线的早期成长阶段。而新的 PHA 系列的开发始于 1990 年代，比 PLA 大约晚十年。目前，全球许多 PHA 项目正在上马，这些项目涵盖了多种 PHA 的类型，显示了这一新型聚合物系列所取得的进展。



**GO!PHA**

Global Organization for PHA

PHA 全球组织 (简称 GO!PHA) 是一家会员驱动的非营利性行动机构，旨在加速 PHA 行业的发展。聚羟基脂肪酸酯 (PHA) 可以形成一系列可持续的高质量天然产品，为原料端的可再生资源提供另一种不同生命周期的选择，PHA 提供了一个减少温室气体和环境塑料污染的独特解决方案，创造了一个循环经济模式。

GO!PHA 提供了一个平台，用于创建和共享经验和知识，并促进合作开发行动。

加入成为会员或赞助商，开始共享、贡献及合作，以加速 PHA 行业的发展。

[www.gopha.org](http://www.gopha.org)