



埃奇得™ Stiff+ (刚挺+)系列
埃思超™ Seal (易热封)系列

埃奇得™

埃奇得™ Flow (易加工)系列

ExxonMobil™ HDPE

镀铝加涂层的增强型高阻隔可回收*单向拉伸聚乙烯 (MDO-PE//PE) 复合膜



专为回收利用
而设计*



增强型高阻氧、
高阻隔性能



适用于从干货到液态的
多种食品包装应用



MDO PE//PE
帮助实现
出色的挺度

本文所展示的数据和结果仅适用于本成功案例所述的应用。
您的实际结果可能因操作条件、设备及所有材料等因素而有所不同。

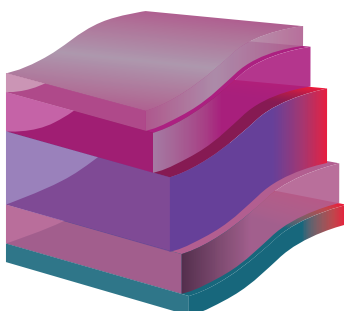


图形仅供说明之用；未展示实际的潜在包装袋。

聚乙烯热封膜

厚度：75 微米

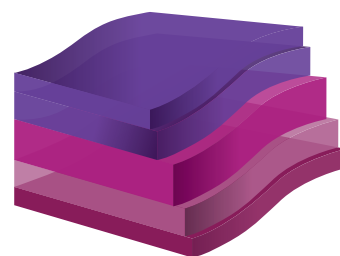
- 埃奇得 Flow m 1020.MA
- 埃奇得 Flow+ m 0938.MC
- 埃奇得 Stiff+ m 0926.ML
- 埃思超™ Seal m 2012.MA
- ExxonMobil™ HDPE



MDO 聚乙烯基材膜

厚度：25 微米

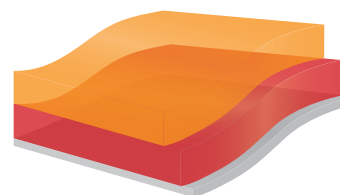
- 埃奇得™ Stiff+ m 0820.ML
- 埃奇得 Stiff+ m 0238.MC
- 埃奇得™ Flow+ m 0535.MC
- 埃奇得™ Flow m 0520.MC
- 埃奇得™ HD 6107



复合及阻隔涂层

克重：2.8 克/平方米

- 乐泰® LIOFOL LA 7102 RE / LA 6902 RE
- 乐泰® LIOFOL BC 1582 RE
- 真空镀铝层



* 该设计包含有助于提升可回收性的特性。实际可回收性取决于当地的收集、分选及回收基础设施，以及薄膜使用后的状态和结构。然而，目前能够接收和处理塑料薄膜的设施仍较为有限，尚未广泛普及。

挑战

打造基于聚乙烯的增强型包装解决方案,使其不但具有非常高的阻氧和阻水性能,还有出色的挺度和光学性能,从而助其实现替代更难回收的多材质包装解决方案的可能。

解决方案

使用高阻隔聚乙烯热封膜和聚乙烯基材膜,制成增强型高阻隔 MDO 聚乙烯复合膜。此款基材膜采用了为 MDO 聚乙烯基材膜特别打造的埃奇得™ HD 6107 树脂,并在配备了在线 MDO 单元的阿尔派 (Alpine) 五层吹膜机上生产。聚乙烯热封膜使用了埃克森美孚星标聚合物埃奇得™ Stiff+ (刚挺+) 系列、埃奇得™ Flow (易加工) 系列、埃奇得™ Flow+ (易加工+) 系列和埃思超™ Seal (易热封) 系列高性能聚乙烯树脂,并且使用了赢创 (Evonik) TEGOMER 6810 (一种有机改性硅氧烷) 来帮助控制摩擦系数。

随后,在聚乙烯热封膜上涂覆两层薄薄的阻隔涂层 (BC),以帮助提供出色的阻隔性能:第一层为真空镀铝层,第二层则含有 1 g/m² 的、由汉高 (Henkel) 新开发的阻隔涂层乐泰® LIOFOL BC 1582 RE¹。

两层功能涂层均使用诺德美克 (Nordmeccanica) 的真空镀膜机 [NordMet 12F Plus / Super Combi 5000] 进行镀膜。这些技术在可靠性、均匀涂覆、厚度控制和能耗等方面,能帮助提供出色的性能表现。

接着,在诺德美克 SC 5000 涂布-复合机上,使用汉高的无溶剂粘合剂乐泰 LIOFOL LA 7102 RE / LA 6902 RE,将带有阻隔涂层的聚乙烯热封膜与 MDO 聚乙烯基材膜复合。上述粘合剂产品是汉高专为物理回收²而设计的 RE 系列产品之一。最终,成功生产出增强型高阻隔 MDO-PE//BC/metPE 复合膜。

创新的镀铝和阻隔涂层组合,即使在复合膜具有高聚乙烯含量的前提下,仍然可助其实现非常出色的阻氧性能 (可媲美铝箔³) 和优异的阻水性能。图 1 显示了埃克森美孚解决方案与市场常用方案 PET//镀铝PET//聚乙烯复合膜的氧气透过率 (OTR) 和水蒸气透过率 (WVTR)。在室温下、0% 相对湿度时,埃克森美孚的增强型聚乙烯复合膜解决方案相比市场上的镀铝 PET 薄膜,OTR 低了近两个数量级,而两种结构的 WVTR 非常相似。

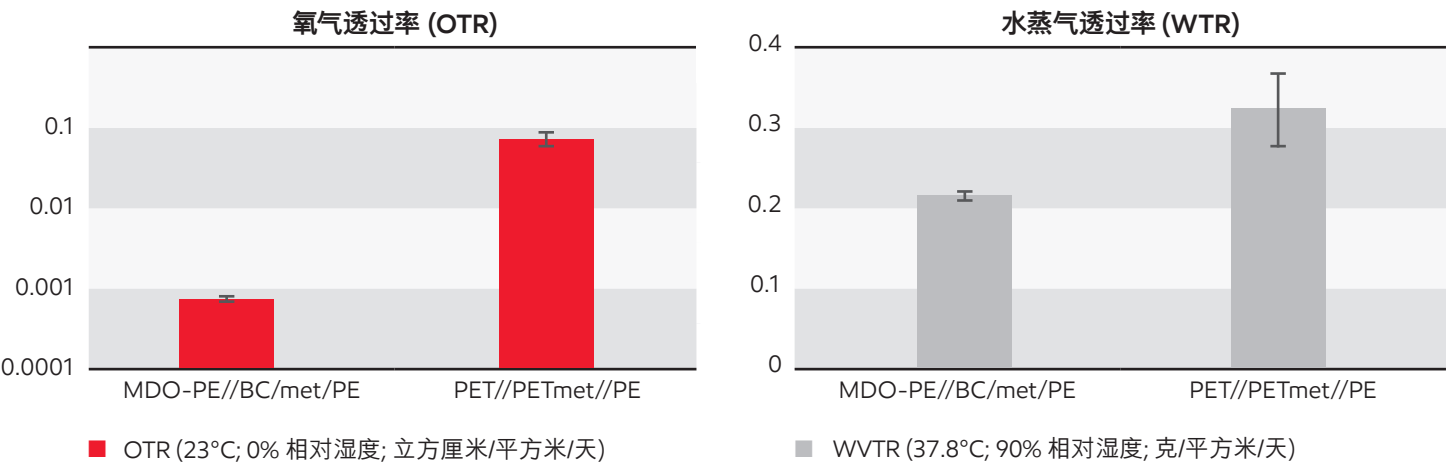


图 1. 增强型埃克森美孚解决方案与 PET//镀铝PET//聚乙烯复合膜的氧气(左)和水蒸气(右)透过率。埃克森美孚解决方案的水蒸气透过率数据是根据在 85% 相对湿度 (r.h.) 下测量的值 (0.211 ± 0.005 g/m²/d) 计算得出的。

[1] 被 APR 认定为在聚乙烯中可回收, 参见: <https://plasticsrecycling.org/images/Critical-Guidance-Letters/APR-CGR-PEFilm-barrier-Henkel-2022.pdf>.
[2] 被 RecyClass 认定为“与柔性聚乙烯回收流完全兼容”, 参见: <https://recyclclass.eu/wp-content/uploads/2024/02/2021-PO-011-Henkel-Technology-Approval-v2-2023.pdf>.
[3] 《应用包装研究杂志》: 第8卷: 第3期, 第5篇文章。DOI:10.14448/japr.08.0019

虽常有报道, 但评估阻隔材料是否适合包装敏感食品时, 在 0% 相对湿度下测量的氧气透过率的参考价值比较有限。大多数食品的水活度超过 50%, 甚至达到 90% 或更高⁴。因此, 我们还需要了解相对湿度与氧气透过率的相关性。图 2 显示了在不同相对湿度下, MDO 聚乙烯//阻隔涂层//镀铝聚乙烯复合膜的氧气透过率。在 0% 和 50% 的相对湿度下, 氧气透过率非常低, 接近 0.005 立方厘米/平方米/天的检测极限。即使当聚乙烯热封层一侧的相对湿度达到 90%、MDO 聚乙烯基材膜一侧的相对湿度达 50%, 这种情况对氧气透过率的影响也非常有限。

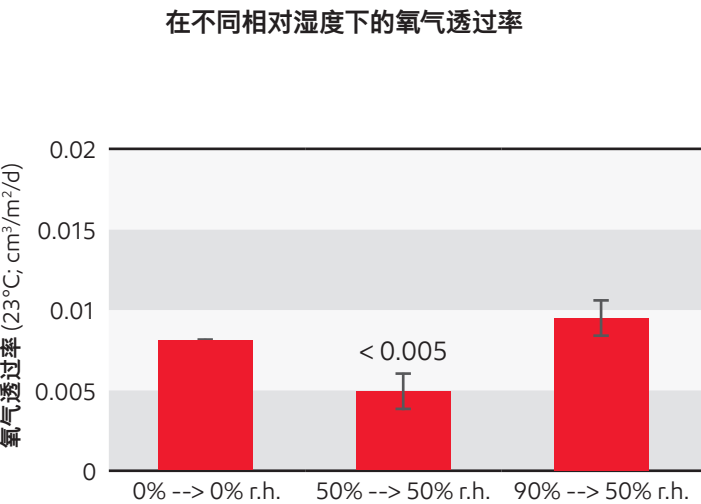


图 2. 氧气透过率对测试气体和载气相对湿度的相关性。每个柱状图下标中, 箭头左侧值代表测试气体的相对湿度, 右侧值代表载气的相对湿度。测试气体在复合膜的热封层一侧, 而载气在复合膜的 MDO 聚乙烯基材膜一侧。鉴于检测极限为 0.005 立方厘米/平方米/天, 低于 0.005 的数值被设定为 0.005 并标记为 < 0.005。

该方案不仅具有优异的挺度, 还实现了出色的光学性能, 与 BOPP 参考材料类似, 如图 4 所示。

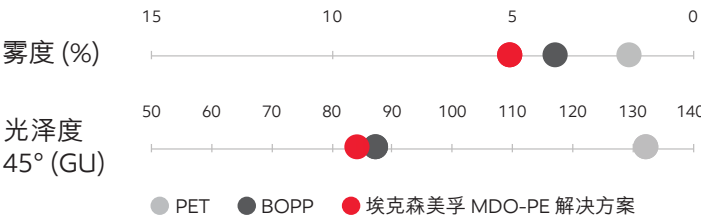


图 4. 典型基材膜与埃克森美孚增强型聚乙烯复合膜解决方案的光学性能对比。

埃克森美孚的增强型聚乙烯复合膜解决方案主要采用了埃奇得 HD 6107 高密度聚乙烯。它可帮助薄膜实现更高的挺度、可加工性和出色的低晶点水平。此外, 该方案还使用了埃奇得 Flow (+) 高性能聚乙烯树脂, 以帮助提升薄膜挺度和膜泡稳定性。埃奇得 Stiff+ 高性能聚乙烯树脂的使用则帮助提高了加工稳定性。

这款增强型聚乙烯复合膜解决方案在室温和高温下都表现出优异的挺度。相关测试结果与相同厚度的 BOPP 参考材料 (见图 3) 相近。因其挺度出色, 该方案适用于低形变要求的下游加工工序。

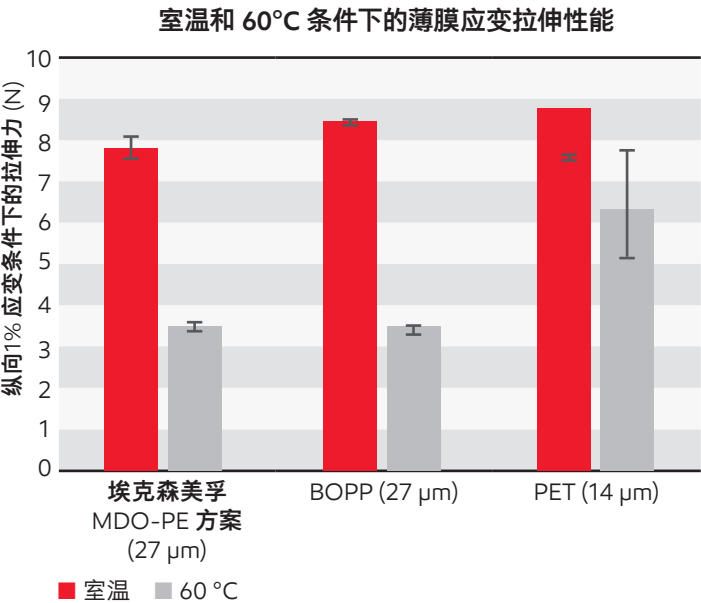


图 3. 在室温和 60°C 下, 市场常用基材膜与埃克森美孚 MDO-PE 解决方案在纵向 1% 形变下的拉伸力对比。

镀铝薄膜复合面临的挑战之一是如何控制摩擦系数 (COF), 因为通常使用的迁移性爽滑剂, 如芥酸酰胺, 容易影响金属附着强度, 从而导致阻隔性能的损失。本案中例测试的增强型复合膜, 使用了一种非迁移性有机改性硅氧烷, 帮助将摩擦系数控制在 0.4 以下, 使得该方案可在包装生产线上顺畅使用。注: 本方案没有对摩擦系数进一步优化。请咨询爽滑剂供应商获取更多信息。

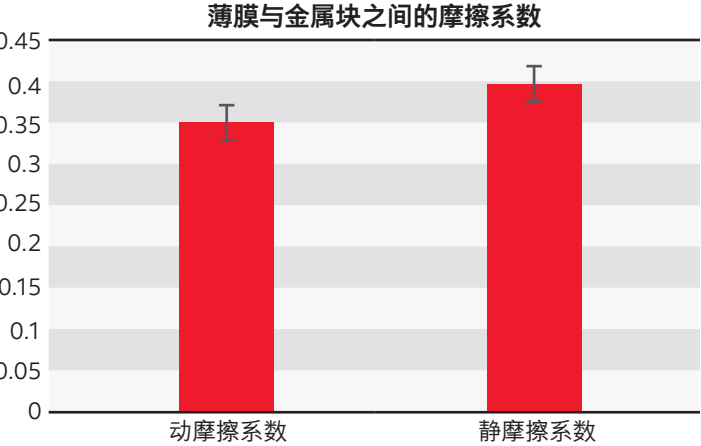


图 5. 增强型聚乙烯复合膜的热封层一侧与金属滑块之间的动摩擦系数和静摩擦系数

[4] <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-technical-guides/water-activity-aw-foods>, 于2024年4月9日检索。

测试	测试方法
氧气透过率	基于 ASTM F1927
水蒸气透过率	基于 ASTM F1249
室温下的薄膜拉伸性能	埃克森美孚方法
60 °C 下的薄膜拉伸性能	埃克森美孚方法
光泽度	埃克森美孚方法
雾度	基于 ASTM D1003-A
摩擦系数	埃克森美孚方法



聚合你我，共创可能

埃克森美孚星标聚合物，根植于一个深刻信念：人类是推动社会进步的不竭动力。无论在汽车、建筑，还是包装、农业、工业等广泛领域，依托埃克森美孚的强大实力和全球影响力，我们提供独到见解与创新技术，为遍布全球的多元化合作伙伴注入强大动力，携手他们攀登事业新高峰。我们始终秉持“倾听为先、服务为本、引领变革”的合作理念，致力于开启合作新机遇，助力合作伙伴实现业务愿景。



© 2026 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任何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、材料或工艺的适用性、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证，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”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。