



## 再生 PET 制成的饮料容器

rPET 的特性、可加工性以及应用范围



## 内容

1. 初始情况
2. rPET 的材料特性及其对饮料瓶生产的影响
3. 使用克朗斯 Contiform 加工 rPET
4. 到货检查是安全流程的基础
5. 确定 rPET 的质量
6. rPET 的质量与饮料瓶的性能
7. 单个饮料瓶中可能的 rPET 含量
8. 专为回收而设计
9. 食品级 rPET
10. 对于品质不佳的 rPET，涂层是否可以作为补救措施？
11. 无菌用应用领域内的 rPET
12. Hotfill 热灌装应用领域内的 rPET
13. 总结与前瞻



## 1. 初始情况

作为欧洲循环经济利益相关方平台的一员，克朗斯致力于将包装用塑料保持在闭环之中。<sup>1</sup>我们的 PET (rPET) 生产和再加工技术已被全球客户所使用，更有部分客户已使用数十年之久。此外，我们在弗伦斯堡 (Flensburg) 和新特劳普林 (Neutraubling) 驻点运营着自有实验室，并在该实验室中对各类塑料的特性、用途范围以及加工条件进行分析和测试。

通过对 rPET 和消费后塑料 (PCR) 进行研究并开展实践工作，我们收获了最为重要的知识，而这正是我们要在此篇白皮书中与诸位分享的内容，我们希望通过这篇白皮书为拓宽和发挥 rPET 的可持续性潜力献出微薄之力。

<sup>1</sup> <https://www.krones.com/zh/company/press/krones-joins-the-eus-circular-economy-initiative.php>



## 2.rPET 的材料特性及其对饮料瓶生产的影响

用于生产预坯和饮料瓶的再生材料在不同程度上均有以下三个特性：

a) **发黄：** 熔化过程会导致 PET 材料逐渐发黄，且尤其是在回收流受到严重污染的情况下。通过轻微变蓝可抵消部分发黄色调。

如果颜色保持稳定，则不会对吹塑机造成问题。反之，颜色不一致不仅会导致材料在单个容器内分布不均，瓶子和瓶子之间也会出现同样的情况。

b) **黑点：** 在回收或注塑成型过程中，熔化时碳化的异物在预坯壁上会显示为小黑点。它们可能会导致局部过热。后果则是容器壁的材料过薄或非常脆弱，甚至瓶子破裂。

c) **不均匀性（IV 波动<sup>2</sup>）：** 在回收过程中，可通过克朗斯 MetaPure 技术来提高输入材料的 IV 值。不过应注意以下情况：如将 IV 值和共聚物含量不同的输入材料相互混合，则只能部分补偿 IV 值。另一个可能的结果同样也是材料分布不均，不仅是在单个容器内部，瓶子和瓶子之间也一样。

<sup>2</sup>IV = 特性黏度；IV 值是 PET 的重要质量指标。其单位是分升/克（dl/g），用于度量 PET 分子的链长。



### 3.使用克朗斯 Contiform 加工 rPET

只要交付的材料质量稳定，则在加工 rPET 期间就不会出现重大问题。此外，克朗斯 Contiform 吹塑机还拥有多种功能可应对波动的材料特性：

a) **发黄：**在预坯流中缓慢出现的颜色波动会导致吸热不均，不过可通过加热模块控制系统来进行补偿。如因颜色波动过大而无法实现自动补偿，则可通过检验摄像头来识别不同的颜色，并剔除相应的预坯。

- b) **黑点：**PET-View 预坯检查系统的 360° 壁部检测装置最小可识别 0.5 毫米大小的斑点。吹塑机也可探测出因黑点而产生的孔洞。但因局部过热而产生的极小孔洞可能无法被识别出来。
- c) **不均匀性：**也可通过 PET-View 测出相对于所需材料分布的偏差，并相应地剔除有缺陷饮料瓶。



## 4. 到货检查是安全流程的基础

到货检查一般都至关重要。一方面，有了到货检查，吹塑机就无需承担分拣劣质 rPET 的任务。另一方面，饮料瓶生产过程中如果出现的缺陷过多，就会对生产造成其他影响。因此，为了避免劣质 rPET 和上述缺陷，应对到货的预坯进行检查：通过目视检查，或例如通过随机抽样的方式对 IV 值、颜色稳定性和水分含量进行检查。

理想情况下，应按照到货顺序对预坯的八边纸箱进行处理。通过这种方式，注塑成型生产的蠕变材料会相应地缓慢到达吹塑机，从而使得 3a) 中提到的加热模块控制系统可以补偿偏差。



## 4. 到货检查是安全流程的基础

如不按到货顺序处理八边纸箱，则红外吸收特性差异大的预坯同时进入吹塑机的风险就会增加。极端情况下，过大的差异会导致加热模块的控制系统无法再对其进行补偿。所导致的结果就是，相邻放置且温度曲线差异很大的预坯会从熔炉被传送到吹塑站。加热模块的控制系统将无法对这类混合的预坯进行温度补偿。预坯温度通过控制整个熔炉来调节，视机器大小的不同，可同时加热 300 到 400 个预坯。换言之：无论是对于 rPET 和新料，线性熔炉系统都需要预坯流均匀地吸收热量，而不得有跳跃式的变化。如并非如此，废品率就会提高，这意味着清空被剔除的容器需要花费更多的精力，而且最重要的是会因此增加生产成本。





## 5. 确定 rPET 的质量

如果再生 PET 最重要的材料特性与原始 PET 材料特性相等，就说明再生 PET 的质量很好。以下列质量标准为例：

- IV 值（特性黏度）
- 污染等级
- 乙醛或其他迁移物质的含量
- 水分含量
- 材料颜色

例如，以 RAL 颜色体系规定作为指导，该颜色体系给出了建议的最大允许值。







## 6. rPET 的质量与饮料瓶的性能

如果材料始终保持着稳定且良好的质量，则相较于原始 PET，rPET 瓶的性能不会有较大差异。由于在回收过程中，rPET 的特性可以提高到与新料相似的水平，因此 rPET 瓶在 CO<sub>2</sub> 密封性、应力开裂、最大负荷、破裂压力以及热稳定性方面的性能均也同新料相当。但如果发黄不均匀、不均匀过度或黑点数量超限，就可能会导致饮料瓶的性能出现波动。因此必须保证进入吹塑机之前的 rPET 质量。

对于已超过规格极限的容器/预坯组合，则与使用原始 PET 相比，可预见 rPET 的质量波动会导致更多问题。例如，拉伸比高的饮料瓶可能会更频繁地破裂。因此在设计和开发阶段就应将这一情况纳入考量。



## 7. 单个饮料瓶中可能的 rPET 含量

再生 PET 和原始 PET 在单个容器中的混合比例取决于：

- 消费后塑料（PCR）的质量以及
- 相应的预坯和瓶子规格。

如果使用洁净的单组分回收塑料，则可混合比例很高的 PCR，且不会出现任何问题，混合比例最高可达 100%，但预坯和瓶子的规格必须适宜。

因此要始终进行充分的测试，且最好是在生产线上进行大规模的测试。因使用 rPET 导致的常见副作用是废品率略有增加，这有时是由于上文中提到的不可避免的黑点和不均匀性所致。





## 8. 专为回收而设计

专为回收而设计分为两个方面：

- a) 针对回收过程设计瓶子
- b) 将材料特性和再生材料的质量纳入考量

对于 a)，在早期设计阶段做出的决定可能会对后续是否可以高效回收瓶子造成重大影响。





## 8. 专为回收而设计

主要包装的设计包括选择包装材料、颜色、阻隔材料、添加剂、封盖、印刷颜色以及粘合剂。所有添加的材料均会影响回收流，其影响可分为三类：与回收过程是否完全、有限和低程度兼容。

因此，建议选择

- 可一同回收的材料或
- 密度不同的材料，以便分离。

输入材料越干净且单组分程度越高，

- 输出的再生材料的质量就越高，
- 在吹塑机中出现的问题就会越少，
- 瓶子的性能就会越好，且
- 可以更好地再次回收

您可在克朗斯的“专为回收而设计”指导方针中或欧洲 PET 瓶平台（EPBP）的网站上找到详细信息：

<https://www.epbp.org/design-guidelines>



## 9. 食品级 rPET

用来生产食品级再生材料的所有技术都必须取得欧盟 EFSA 或美国 FDA 的认证。克朗斯的 MetaPure 技术就拥有上述两项认证。

获得 EFSA 证书不可或缺的条件就是生产工艺必须具有一定的去污和清洁能力。如果食品包装是由再生塑料制成的，则以下来源限额在欧盟具有约束力：<sup>3</sup>

- 95% 的回收材料必须来自食品应用领域。
- 最多允许 5% 的回收材料来自非食品应用领域。

在回收过程中必须进行控制和监管，确保这些这些限额得到遵守。因此，材料生产企业或回收企业必须对 rPET 的食品安全性负责。此外，欧盟还针对最终产品（例如无气泡水）规定了在 25° C 的温度下保存 365 天后的最大允许迁移值。

<sup>3</sup> 视其他国家/地区法规不同，适用的来源限额数值也可能会不同。



## 9. 食品级 rPET

如果使用的 rPET 有缺陷，则拉伸吹塑机无法防止后续灌装的产品被污染。因为拉伸吹塑机不会改变材料的成分，因此也不会改变新材料或回收材料的安全性。

但 Contiform 可装备相应的检查技术，以检查预坯侧壁是否存在严重污染（黑点），并相应地将缺陷瓶坯剔除。检查技术仅作为一种辅助保护措施，因为在塑料颗粒和预坯的生产过程中就应确保材料的质量。





## 10. 对于品质不佳的 rPET，涂层是否可以作为补救措施？

在包装材料质量不佳的情况下，瓶子的额外涂层是否可以确保产品质量是值得怀疑的。

要将灌装饮料与质量可能不佳的包装材料分隔，必须满足以下前提：

- 涂层在整个表面上延伸，并可承受住载荷。
- 如瓶子的涂层有缺陷或缺失，则这些瓶子应可以从生产过程中被剔除。

要同时满足上述两个条件，则必须检查各个瓶子的涂层是否存在以及涂层质量，且不会对涂层造成损坏。但现在还没有检查技术可以实现。

如果您仍想通过涂层弥补较差的材料质量，则必须接受两个不利因素：首先是涂层设备的投资和运营成本，其次是因缺乏检查技术而带来的剩余风险。另外还必须准确检查，在当地适用的法律规定下，是否允许使用涂层技术，以及如何充分使用涂层技术。

与此相对的是，其实从一开始就可以将希望寄予优质的 rPET 上。按照现有的认知来看，即便是使用涂层，也无法弃用优质的 rPET。



## 11. 无菌用应用领域内的 rPET

再生 PET 也可用于无菌应用领域。其使用量主要取决于三个因素：

- 再生材料的质量
- 无菌应用的工艺窗口
- 材料所致的废品率水平，该废品率又会因生产线配置和生产时间的不同而发生变化

有时无法避免的黑点和不均匀性会提高废品率。由于操作人员对无菌系统进行手动干预的可能性有限，因此相较于传统系统，在无菌用应用领域内使用 rPET 可能更具挑战性。







## 12. Hotfill 热灌装应用领域内的 rPET

再生 PET 也可用于热灌装应用领域。其可能的使用量主要取决于两个因素：

### a) rPET 的质量和共聚物含量

对于热固性，克朗斯规定的 IV 值在 0.78 到 0.84 dl/g 之间，且共聚物含量应小于 2%。后者可能是在热固工艺中使用 rPET 的最大挑战。因为在市场上其他所有应用领域内，共聚物的含量均高于上述规定含量。但如果再生材料是从单组分热灌装瓶回收而得的，则在热固性应用领域中，再生材料的占比也可显着提高。

### b) 热灌装应用的工艺窗口

恰恰是在热灌装应用领域中，市场上有些应用已经在技术上受限，因此在 rPET 占比方面已无法再实现任何工艺变化。





## 13. 总结与前瞻

rPET 已在克朗斯建造的生产线上应用多年。最早的参考项目是在 2003 年建成投产的。当时他们的 rPET 占比为 30%，在当时处于领先二十年的水平。这些年来，rPET 的应用已相对更加广泛，且在大多数情况下，都是由我们的客户独立实施的。

如今，得益于自克朗斯的回收技术，我们对消费后塑料占比高达 100% 的包装进行了测试，并已将其付诸实践。虽然 20% 至 60% 的占比已经很常见，但我们也知道有些客户所用的再生材料占比更高，而且趋势也显然在朝这个方向发展。

rPET 的应用已明显在加速发展，我们对此只会表示欢迎。因为优质的包装材料，例如 PET，即使首次使用后，它仍然是宝贵的资源。将其保持在闭环之中，不论是在生态方面还是在经济效益方面都是有重要意义的。

**拥有技术或专业知识：**在充分利用循环经济的优势并对气候和资源保护做出贡献这两个方面，我们公司非常乐意为您提供支持和咨询服务。您可访问 [krones.com](https://www.krones.com) 网站的“塑料和可持续性”专栏，对面向未来的塑料包装解决方案和服务做概括性的了解。

## 13.总结与前瞻

如对本文还有其他问题，请联系：

**Aurelie Börmann**

电话：+49 9401 70-5282

电子邮箱：[aurelie.boermann@krones.com](mailto:aurelie.boermann@krones.com)

**Jochen Forsthövel**

电话：+49 9401 70-1804

电子邮箱：[jochen.forsthoewel@krones.com](mailto:jochen.forsthoewel@krones.com)





We do more.

 KRONES