



PET、HDPE塑料产品可回收再生 设计及再生塑料高值化应用案例集

中欧循环经济可持续转型系列报告

作为德国联邦企业，GIZ 支持德国政府开展国际合作，推动实现可持续发展目标。

出版方
德国国际合作机构（GIZ）

注册地
波恩(Bonn)、埃施伯恩(Eschborn)，德国

项目介绍
重塑包装——中欧合作赋能回收循环价值链项目
Waste to Resource: Upgrading the Value Chain of Packaging
Waste Through Improving Collection and Recycling in China
由德国联邦经济合作与发展部(BMZ)委托
受 develoPPP.de 计划资助

联系人
钱名宇，环境与循环经济部门主任，GIZ 东亚区

地址：中国北京市朝阳区亮马河南路 14 号塔园外交办公楼 2-5
邮编：100600
电话：+86 10 8725 5180
邮箱：circular-economy@giz.de, mingyu.qian@giz.de
网址：circular-economy-cooperation.com

作者
陈俊青，中国合成树脂协会塑料循环分会

审校
梁晨阳，环境与循环经济部门，GIZ 东亚区

谨代表
德国联邦经济合作与发展部 (BMZ)

北京，2024

On behalf of



重塑包装——中欧合作赋能回收循环价值链项目

自 2021 年 8 月起，项目受德国经济合作与发展部（BMZ）develoPPP.de 专项资金委托，由德国国际合作机构（GIZ）联合汉高（Henkel）、利乐（Tetra Pak）、陶朗（Tomra）、芬欧蓝泰标签（UPM Raflatac）、农夫山泉（Nongfu Spring）共同执行。项目重点关注塑料软包、饮料纸基复合包装、PET 瓶及 HDPE 日化硬包装等包装废弃物的收集及高值回收；同时，通过结合试点经验及生态设计、生产者责任延伸制（EPR）等先进理念，为包装废弃物的综合管理提供政策及标准建议，提升包装废弃物回收价值链，促进包装行业的低碳可持续发展。



Funding programme



Partners in
Transformation
develoPPP

Implemented by



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

In cooperation with



利乐，保护好品质



芬欧蓝泰标签



NONGFU SPRING

本报告全文受版权保护。截至本研究报告发布前，德国国际合作机构（GIZ）和相关作者对出版物中所涉及的数据和信息进行了仔细研究与核对，但不对其中所涉及内容及评论的正确性和完整性做任何形式的保证。本出版物中涉及到的外部信息，由其发行方对相关内容负责，德国国际合作机构（GIZ）不对此类内容承担任何责任。

目录

1. 前言	1
2. 高值化回收再生应用的产业链基础	1
2.1 产品设计因素	1
2.2 其他因素	2
2.2.1 回收体系	2
2.2.2 鼓励性政策法规	2
2.2.3 标准管理体系	3
2.2.4 高端再生装备	3
3. PET 篇	3
3.1 PET 的回收再生现状	3
3.2 再生 PET 材料等级、影响因素及价格	4
3.3 影响 PET 容器包装产品回收再生的设计元素	5
3.4 高值化 PET 可回收再生设计及应用案例	6
3.4.1 无着色瓶体+环绕套标：农夫山泉饮用天然水瓶	7
3.4.2 去除瓶体颜色：雪碧无着色瓶	8
3.4.3 去除标签：百事无标签可乐瓶	9
3.4.4 蓝色透明瓶体+PETG 热收缩标签：脉动系列饮料瓶	10
3.4.5 可水洗不干胶标签：芬欧蓝泰标签（UPM Raflatac）	12
3.4.6 去除不干胶标签：好来漱口水 PET 瓶	13
3.4.7 再生 PET “瓶到瓶”应用：花木星球洗衣液瓶	14
3.4.8 日化 PET 瓶+全聚烯烃泵头：联昌全塑泵头	15
4. HDPE 篇	16
4.1 HDPE 的回收再生	16
4.2 再生 HDPE 类别、价格及影响因素	17
4.3 影响 HDPE 回收再生的设计元素	18
4.4 高值化 HDPE 可回收再生设计及应用案例	19
4.4.1 杂色再生 HDPE “瓶到瓶”应用：施华蔻洗发露	19
4.4.2 包装单材化改进：好丽友 EX 系列口香糖	21
4.4.3 可回收再生牙膏管：高露洁喜马拉雅玫瑰盐牙膏	22
4.4.4 再生 HDPE “瓶到瓶”应用：奥妙洗衣液	23
5. 高值化回收再生应用商业化瓶颈与建议	24
5.1 产品技术性能需要	24

5.2 企业内部成本决策	25
5.3 市场/消费者接受度	25
5.4 标准技术路线选择	26
参考文献	27

1. 前言

塑料污染的责任不是塑料材料本身,而是在于人们使用和管理塑料的方式。实现塑料闭环和高值化回收再生,需要一套复杂体系的支撑,包含产品设计、生产、使用到废弃后回收再生;同时也面临着产业链各环节运行机制处于不同发展阶段的挑战,在基础设施、政策法规、标准制定和市场机制等方面尚未协调一致。

中国是塑料产品生产、消费和回收大国,每年处置废旧塑料近两千万吨^[1]。传统塑料包装产品多注重成本、功能与外观,没有考虑后续回收再生的难易,导致部分产品在使用消费后,无法被规模化收集再生、经济性倒挂、要消耗更多人力和成本,甚至完全失去再利用价值,只能被填埋和焚烧。

从全球塑料可持续发展角度,真正实现塑料产品在消费后的可回收再生和循环利用需要满足以下条件^[2]:使用能够被当前回收再生体系接纳和加工处置的塑料原材料;产品废弃后能够被规模化分类收集到回收再生体系中;回收再生过程需要具有商业可行性;再生后的塑料材料可以满足生产新产品的性能要求。

长久以来,国内传统废旧 PET 和 HDPE 塑料的回收再生已发展成熟,有明确的产业化应用方向,例如:PET 瓶到化纤、PE 日化中空瓶到管道料。然而,随着合成树脂产能的不断扩大、原生塑料“价格天花板”的持续降低以及塑料回收再生成本的日益增加,改进包装设计、提高再生塑料质量、推动高值化循环利用已成为整个塑料产业链健康发展的必然趋势,也是当前行业急需引导推广的价值方向。

高值化回收再生首先意味着前端产品设计要符合回收再生条件,易于加工处置,能够生产出高品质的再生材料;同时再生材料性能应适用于原始材料的同级循环或高值化应用,可替代原生塑料使用、实现多次循环,具有较高的市场价值。

本文从高值化回收再生应用需具备的产业链基础和影响因素开始分析;通过梳理 PET 和 HDPE 塑料包装/制品的回收再生和下游应用现状,将重点落在塑料产品自身材料设计对回收再生的影响上,提炼总结常见设计问题;同时展示 PET 和 HDPE 包装产品可回收再生设计和创新应用的行业典型案例,并进行技术方案特点分析;最后总结高值化回收再生应用的商业化瓶颈,并为未来发展提供建议。

2. 高值化回收再生应用的产业链基础

塑料产业链通常以食品接触级材料作为再生塑料循环应用的最高价值体现,其次是包装和消费品领域。高值化回收再生应用的前提条件一定是再生材料在品相和性能安全方面可以做到接近甚至超出原生塑料产品。

尽管 PET 和 HDPE 塑料的回收再利用市场已具规模,但目前绝大部分仍是以降本降级使用为目的,用于较低端的材料替代,市场需求下降、价格竞争激烈。而可用于同级循环的高品质再生塑料供给不足、价格高昂、终端采购并不积极,创新应用市场有待进一步成长突破,且多个产业链基础设施短板制约着高值化回收再生应用。

2.1 产品设计因素

据惠普公司多年研究统计,70—80%的生产缺陷是由产品设计原因造成的^[3]。同理,塑料产品的材料选择和设计决定着高值化回收再生的潜能,直接影响再生材料的性能、应用领域和市场价值。然而现在大多数塑料包装产品的设计,没有对塑料材料进行全生命周期管理,可回收再生设计思想还处于初始发展阶段。

在废旧 PET 回收再生市场调研中发现：利于回收再生的 PET 瓶源只占全部回收瓶源的 30%–50%^[4]。一些看上去无色透明的“高品质”PET 瓶，由于设计时添加了阻隔材料或其他添加剂成分，在瓶片挤出/纺丝前的干燥环节，经高温烘烤后会变黄，无法用于再生长纤生产。

同时，PET 瓶的标签和胶粘剂也是再生过程中的重点污染源。虽然大部分再生企业会在 PET 瓶加工之前通过剥标机把标签去除，但目前的设备和清洗工艺并不能完全保证可将所有设计类型的标签连同胶粘剂一起去除干净。总有一些设计不当的杂质残留会进入到再生 PET 物质流中，极大影响高值化回收再生。

HDPE 回收再生过程中，标签、油墨和胶粘剂同样会给高品质材料生产带来质量隐患，另外在日化包装类 HDPE 瓶中常见的瓶口金属箔密封、泵头中的金属弹簧、玻璃珠等也会影响再生效率和品质，导致再生材料外观品相降级、性能缺陷，无法满足稳定生产，给企业带来巨大损失。

这些问题的根源正是因为现有塑料包装产品缺乏可回收再生设计思想引入和标准指导，没有兼顾后端回收再生造成的。产品设计只符合了包装属性，却不符合后续回收再生的原材料属性要求，很难生产出高品质的再生塑料产品，也无法支撑高值化的循环利用。

近十多年来，基于塑料回收再生行业的实际生产经验，经过广泛总结与提炼，全球形成了技术逻辑一致的塑料产品可回收再生设计思想，聚焦影响回收再生的关键设计元素：基础树脂、颜色、标签/油墨/胶粘剂、封盖/泵头、阻隔/涂层/添加剂、尺寸/形状和附件^[5]。系统总结了各设计元素现有不同技术方案对回收再生生产过程的不同影响，并赋予可回收再生性能类别，从而指导前端设计优化、减少并避免不利于回收再生设计的出现。

2022 年至今，由中国合成树脂协会发布的《PET 容器包装产品可回收再生设计指南》、《HDPE 容器包装产品可回收再生设计指南》系列团体标准、消费品论坛（CGF）推出的“黄金设计原则”以及由全国塑料标准化技术委员会组织编制的《塑料 产品可回收再生设计通用要求》行业标准、《塑料 可回收再生设计指南 第 1 部分：PET 材料》、《塑料 可回收再生设计指南 第 2 部分：HDPE 材料》系列国家标准正在形成技术合力、加速影响并带动产业链前端包装设计生产环节重新定义思考产品设计，为高值化回收再生应用奠定基础。

2.2 其他因素

2.2.1 回收体系

目前国内前端回收网络相对分散、小规模非正式的回收业者居多。在回收、打包和预处理环节存在大量设施设备简陋、工艺粗糙的生产方式，企业受限于资金规模、人工成本和库存周转，无法做到精细化分选分类，不同等级的废旧塑料被混合打包在一起，造成市场上高品质、精细化分选的瓶源回收量相对短缺，给后续高值化回收再生带来一定困难和成本压力。

同时，废旧 PET 和 HDPE 材料经层层交易再汇集到打包站和再生工厂，回收过程时效长、环节多、来源不明、掺杂现象普遍、交叉污染风险大、品质难以把控，无法满足高品质再生塑料生产要求的洁净度和安全性。

2.2.2 鼓励性政策法规

作为推动高值化回收再生应用的关键，国内塑料产业链缺乏同级循环、推行可回收再生设计和按比例使用再生塑料相关具有法律约束力的政策要求和技术基础研究。各环节的主体责任并不明确，落地实施成效也不明显。

顶层设计影响着行业相关政策制定和市场准入，在没有清晰政策法规要求的情况下，高品质再生塑料就不具

备法定环保属性，仅以“二手料”的传统市场价格定位，很难突破原生塑料“价格便宜质量又好”的性价比。一旦短时间内难以形成经济效益，企业发展信心、技术创新的积极性和资源投入都会受到阻碍。

2.2.3 标准管理体系

高值化回收再生应用市场的有序发展，离不开再生塑料产品相关标准体系和监管工具的健全完善。国内在再生塑料、塑料产品可回收再生设计、再生塑料追溯等标准体系，以及相关第三方检测、认证体系刚刚开始建立。在支撑再生塑料产品高值化属性的“软实力”方面还相对薄弱，相关产品的权威认证长期依赖国外机构，例如：消费后再生塑料生产追溯体系、食品级再生塑料认证等。这些都是开发建立高值化回收再生应用市场，实现大规模使用再生塑料的前提条件。

2.2.4 高端再生装备

高值化回收再生应用需要先进技术装备的支持，而很多高端再生塑料生产设备都需要从国外品牌进口，设备自动化程度高、价格昂贵。例如：在食品接触级再生塑料生产过程中，国际品牌贯穿了整个生产工艺流程，从回收开始的智能分选、清洗、除味、片材生产、挤出造粒到再生 PET 固相增粘、净化等，都是以国际设备品牌为最高质量安全标准。而且在全球两大食品级材料认证体系中（美国 FDA 和欧盟 EFSA），都对再生设备和生产工艺也进行了严格的技术审核，只有使用经验证授权的设备和生产工艺，才能符合认证要求，产品才能获得食品级再生塑料进入全球市场的准入认证。

3. PET 篇

3.1 PET 的回收再生现状

我国 PET 树脂行业产业链涉及领域广泛，大量 PET 纤维、瓶片和薄膜材料应用于纺织、饮用水、饮料、调味品、油脂类产品包装，同时外卖、生鲜果蔬、日化、文具、医药等包装领域使用量逐年提升。废旧 PET 的回收再生得到快速发展，再生利用市场广阔（见图 1）。

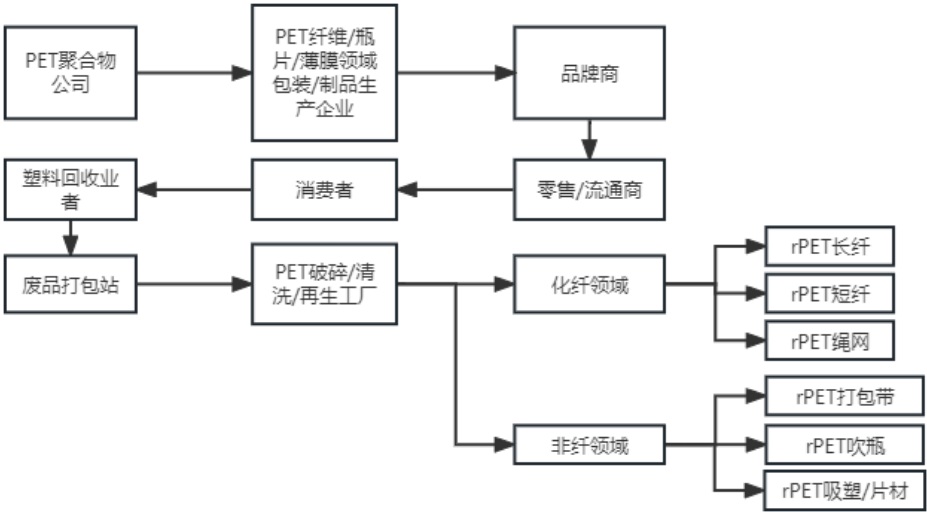


图 1：PET 产业链组成及主要回收再生应用领域

2022 年，根据中国合成树脂协会塑料循环利用分会对 23 个省份（自治区、直辖市）共 145 家 PET 回收再生企业生产调研结果，可推算出我国整体 PET 回收再生产能约为 920 万吨/年，开工率约为 60%^[6]；对比中国物资再生协会发布的年度回收行业发展报告^[7]，近年来尽管受疫情、国内经济形势和大宗商品价格下降的影响，废旧 PET 回收量仍稳步增长，接近 600 万吨/年。

3.2 再生 PET 材料等级、影响因素及价格

PET 饮用水和饮料瓶是再生 PET 的主要原材料来源，这些瓶源直接影响着 PET 回收再生的效率和品质。不同设计的瓶体颜色、标签形式、标签材质和胶粘剂等意味着回收再生价值的不同和再生品质等级的不同，也意味着下游应用领域的不同^{[8][9]}（见表 1）。

部分再生 PET 产品	市场参考价格 (元/吨)	再生 PET 下游 应用领域举例
无色瓶片	6000 以上（热洗）	化纤长丝、工业丝、片材、 果蔬盒、瓶类、注塑制品
蓝色无色混合瓶片	5600—5800（热洗）	化纤短纤
绿色瓶片	4200—4600（热洗）	打包带、土工格栅、绳网
蓝白绿混合压块	4200—4600（三色压块）	绳网类
乳白色吸塑片	4800—5100	化纤短纤
杂色瓶	3600—4500（瓶砖）	黑丝、土工布

表 1 不同等级再生 PET 产品市场参考价格和应用

据 2021 年中国合成树脂协会塑料循环利用分会调研数据显示：目前市场上常见的 PET 饮用水瓶中无色透明瓶占比约为 72%，其次是蓝色透明瓶占比在 25%左右。而在 PET 饮料瓶中，透明瓶占比为 83%，其他还有蓝色透明、绿色透明、乳白色等；此外杂色瓶多出现在饮料瓶中，例如：红棕色、红褐色透明、黑色半透明和其他半透明颜色等^[10]。

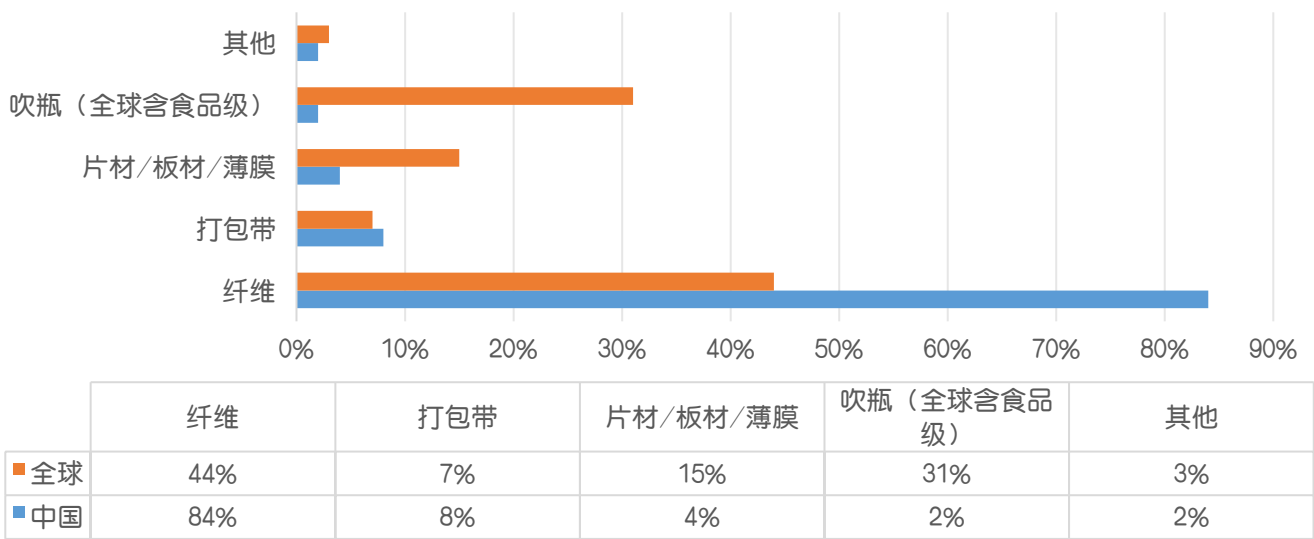
PET 瓶体颜色很大程度上决定了再生 PET 的价值：

- 无色瓶片等级最高，其再生利用的应用方向也最多最广，主要在化纤长丝和非食品接触类包装领域，例如：吹瓶、片材和热成型制品等；
- 蓝色/无色混合瓶片主要用于生产家纺产品的化纤短纤。例如：三维短纤、二维短纤、棉型纤维、中长型纤维、毛型纤维等；
- 蓝/白/绿混合瓶片主要应用于建筑行业绳网领域；
- 绿色瓶片多用于打包带生产，也可生产绳网、土工格栅、育苗托盘等；
- 乳白色瓶片、杂色瓶片杂质含量高，下游应用范围狭窄，只能用于生产黑色或用于生产性能要求不高的

化纤产品。

再生材料的下游应用领域分布，也影响着材料的市场定位和价格竞争。根据 2022 年华研产业研究院发布的数据报告^[11]（见图 2），国内传统再生 PET 材料超过 80%进入了化纤领域，包括长丝、短纤和绳网类产品，仅有少量用于塑料包装领域，例如 PET 打包带、吹瓶（非食品接触级）、片材/薄膜和吸塑果蔬盒、包装盒等。从全球再生 PET 利用分布来看，纤维、片材/薄膜、打包带和吹瓶领域的应用比例相对均衡，其中纤维应用占比 44%，吹瓶（含食品接触级）应用占比 31%。而吹瓶、片材/板材/薄膜类加上打包带的应用占比合计超过了化纤，实现了较高级别的循环利用，使再生 PET 材料的多次循环成为可能。

图2：全球与中国再生PET应用领域分布情况对比（2020年）
来源：华经产业研究院



3.3 影响 PET 容器包装产品回收再生的设计元素

PET 的回收再生很大比例是来自于 PET 瓶的回收再生。虽然 PET 瓶的回收率在全球各地相对较高，但随着市场对高品质再生 PET 需求的持续增加，以及原生 PET 价格不断降低的影响，国内再生 PET 行业的发展面临着诸多挑战，回收再生过程的生产效率和产品质量不断受到前端 PET 瓶不可回收再生设计元素的干扰。这些影响 PET 饮用水瓶、饮料瓶再生加工的设计元素主要来自于瓶体树脂、颜色、阻隔层/涂层/添加剂、封盖/泵头、标签/油墨/胶粘剂和附件的材料选择和设计形式^{[12][13]}。

瓶体树脂与颜色：PET 瓶体是回收再生加工的主要材料，熔点在 225℃-255℃之间的同系瓶级 PET 聚酯切片和生物基 PET 都可以很好的与回收再生体系兼容。无色和透明蓝色 PET 瓶是最受回收再生行业欢迎的颜色，生产出来的再生塑料产品也最趋于无色透明、应用范围最广，可用于高值化应用和同级循环。而颜色越深相应的下游应用方向越窄，越趋于降级使用，商业价值和回收再生意愿越低。

阻隔层/涂层/添加剂：PET 产品为实现一定功能性，需要添加一定比例的阻隔层、涂层或添加剂等，而这

些添加成分往往无法从产品外观进行分辨识别，给后续再生带来麻烦。在包装设计时要考虑这些非 PET 材料对后续 PET 回收再生可能带来的影响而减少使用量或避免使用。这些常见的添加材料有等离子碳涂层、尼龙、PVDC 阻隔、成核剂、起雾剂、荧光增白剂、炭黑和可降解材料等。

封盖/泵头：瓶盖和泵头设计需尽量选取密度小于 1 的材料，例如常用的 PE 和 PP 材料，利于在分选过程中与 PET 分离。密度大于 1 的材料，再生过程中需要辅助近红外分选设备或其他分选方式才能将杂质去除，对 PET 生产和品质有负面影响，降低生产效率。另外在瓶盖/封口/泵头中应避免聚氯乙烯（PVC）材料的使用，PVC 会导致再生 PET 材料变黄易碎，并伴有氯气挥发，属于不可回收再生设计，国家标准中要求优等品纤维用 PET 破碎片 PVC 含量不应超过 50mg/公斤。

标签/油墨/胶粘剂：标签膜一般通过胶粘剂附着在 PET 瓶上，或通过物理收缩套固定在包装上，设计时主要考虑如何在回收再生过程中通过简单经济的方法与 PET 分离而不对 PET 回收流造成污染。标签/油墨/胶粘剂通常是以不同技术方案相互搭配的形式组合出现^[14]：

- 油墨和标签（不含胶粘剂），当 PET 瓶体设计不规则、无法贴标或需要大面积标签阻隔时，企业多使用密度大于 1 的全套瓶标签（热收缩标签）形式进行整瓶包裹，或者不使用标签，直接用油墨在 PET 瓶体上打印。
- 非水洗胶粘剂的标签（环绕标签），常见材质为柔性 PP 或 PET 薄膜，价格低廉与瓶体的服帖性较差，但标签尺寸以及首尾链接处的胶粘剂使用都是最少的，易于脱标、利于回收再生。
- 非水洗胶粘剂的标签（不干胶标签），不干胶标签选材广泛，常见面材有塑料、纸和含有金属元素的材料，但成本会相对较高。从回收再生过程角度，不干胶标签主要考虑胶粘剂的影响，要易于脱标。
- 可水洗胶粘剂的标签，通过胶粘剂的技术创新，可实现清洁的标签分离，完美解决了传统不干胶标签的脱标难题和杂质残留，从而实现更高的回收再生产量和更好的再生品质。

据 2021 年中国合成树脂协会塑料循环利用分会调研数据^[15]：市场上塑料标签常用材质有 PO、PVC、PETG 和 OPS 等。PVC 因其透明度好、收缩率高、易撕开等特性，市场占有比例较大；但由于其环保性差，会降低再生 PET 的抗冲击性能，在欧美日本等国家已禁止使用。热收缩标签与环绕标签占比均在 45%左右，不干胶标签占比约为 10%；环绕标签相对于其他两类标签更易于从 PET 瓶体剥离，热收缩型标签瓶体的覆盖面越少越好；相比于 100%全瓶覆盖，50%覆盖更易于脱干净。无论从标签形式还是材质考虑，易于剥除的标签均无影响，属可回收再生，对于难剥离的，且无法用密度法分离的标签，需要根据标签产品特点进行可回收再生设计分析。

附件：主要是指 PET 瓶的底座、泵头、标签等还有其他附件，把手、提手、显开启套膜和安全密封等，这些附件一般只能破碎后进行分离，且多为非 PET 材质。这些 PET 包装上的附件使用应遵循“易与 PET 瓶体分离，不污染 PET 瓶片”的原则，焊接或无法分离的非 PET 附件、PVC 或可降解塑料附件属于不可回收再生设计。

3.4 高值化 PET 可回收再生设计及应用案例

为更直观的展现产品设计改变和再生应用带来的价值，德国国际合作机构（GIZ）和中国合成树脂协会塑料循环利用分会结合各自过往符合可回收再生设计思想的项目素材，以行业公开报道和市场可见的品牌包装创新作

为典型案例，从 PET 可回收再生设计和再生 PET 高值化应用两个维度进行筛选和技术解析。并依据中国合成树脂协会发布的 T/CSRA 16-2022《聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）容器包装产品可回收再生设计指南》团体标准，对产品可回收再生设计性能作简要评价。

如前文所述，PET 饮用水和饮料瓶的可回收再生设计通常体现在瓶体颜色和标签/胶粘剂等杂质对再生 PET 纯净度和品质的影响上。因此，高值化创新案例的技术方案多集中在瓶体颜色的改变、标签形式的优化以及再生 PET 材料突破纤维领域，用于同级循环“瓶到瓶”的应用尝试。

3.4.1 无着色瓶体+环绕套标：农夫山泉饮用天然水瓶

农夫山泉饮用天然水瓶是国产瓶装饮用水品牌中为数不多的在其市场主力产品上选用无色透明 PET 瓶体搭



配 PP 环绕标签的包装形式，设计简约而又易于回收再生。无色透明瓶体保证了再生利用的方向最广、价值最高，可以用在包装领域的瓶到瓶同级循环，也可以作为瓶到纤维高等级长丝的应用。通常情况下，以全国市场平均价格为例，无色透明净瓶去标去盖压块与蓝色或者绿色去标去盖压块每吨价格相差 800—1000 元左右，正是这个价格空间支撑了前端的回收意愿和细分。

PP 环绕标签只有少量胶粘剂存在于标签首尾链接处，打包站可以通过增加简单设备实现完全脱标，达到净瓶品质，提升回收产品的多样性、一致性和高附加值，增强了前端回收站点的盈利能力。

农夫山泉饮用天然水 PET 瓶，可回收再生设计性能简要评价：

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
瓶体树脂	1，通用型瓶级 PET 树脂，可与其他同系不同品牌的 PET 水瓶、饮料瓶等共同回收打包； 2，有明确的且规模化的废旧 PET 瓶回收流； 3，消费后 PET 瓶回收率较高； 4，有明确的下游再生应用方向；	可回收再生设计
颜色	瓶体无着色，可与其他无色透明瓶一起收集打包，作为高等级 PET 瓶源销售给 3A 级 PET 瓶片再生工厂，未来可作为食品接触级再生 PET 材料使用。	可回收再生设计
阻隔层/涂层/添加剂	无	可回收再生设计

封盖/泵头	1, HDPE 瓶盖, 密度小于 1, 在沉浮池中可与 PET 材料分离; 2, 封盖内无衬垫	可回收再生设计
标签/油墨/胶粘剂	1, PP 环绕标签, 密度小于 1, 在沉浮池中可与 PET 材料分离; 2, 少量胶粘剂存在于标签首尾链接处, 易于预处理阶段的脱标去除;	可回收再生设计
附件	无	无

3.4.2 去除瓶体颜色：雪碧无着色瓶

颜色的使用会限制再生 PET 的应用领域, 无色 PET 瓶的利用价值最高、应用范围最广。2022 年 8 月, 可口可乐公司旗下品牌雪碧宣布逐步放弃市场上传统的绿色透明 PET 瓶包装, 转为更加简约的无色透明 PET 瓶体。从可回收再生设计角度分析, 此次改变除了品牌减少颜色添加降低成本、践行环保理念、体现社会责任外, 更重要的是提升了雪碧系列 PET 瓶体的回收再生价值, 扩大了再生后无色再生 PET 材料的应用范围, 例如: 再生 PET 板材、吸塑、瓶到瓶应用等, 缓解了目前市场上食品接触级再生 PET 瓶源紧缺的问题。



对比之前相对小众的绿色瓶体在回收再生后只能降级使用, 例如: 生产成绿色打包带或绳网类建筑材料, 无色透明的再生 PET 可以更大程度的应用在食品包装领域, 推动 PET 材料多次循环, 减少原生塑料使用。

雪碧新版透明 PET 瓶, 可回收再生设计性能简要评价:

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
--------------	------	---------------

瓶体树脂	1, 通用型瓶级 PET 树脂, 可与其他同系不同品牌的 PET 水瓶、饮料瓶等共同回收打包; 2, 有明确的且规模化的废旧 PET 瓶回收流; 3, 消费后 PET 瓶回收率较高; 4, 有明确的下游再生应用方向;	可回收再生设计
颜色	瓶体无着色, 可与其他无色透明瓶一起收集打包, 可作为高等级 PET 瓶源销售给 3A 级 PET 瓶片再生工厂, 未来可作为食品接触级再生 PET 材料使用。	可回收再生设计
阻隔层/涂层/添加剂	无	可回收再生设计
封盖/泵头	1, PE 瓶盖, 密度小于 1, 在沉浮池中可与 PET 材料分离, 后续色选后可进入高品质 HDPE 回收流; 2, 瓶盖无衬垫	可回收再生设计
标签/油墨/胶粘剂	1, PP 环绕标签, 密度小于 1, 在沉浮池中可与 PET 材料分离; 2, 少量胶粘剂存在于标签首尾链接处, 易于预处理阶段的脱标去除;	可回收再生设计
附件	无	无

3.4.3 去除标签：百事无标签可乐瓶

2022 年 4 月, 百事公司在国内市场推出了首款以多连包形式销售的“无标签”百事可乐, 彻底去除了单个 PET 瓶体上使用的标签、胶粘剂和瓶盖上油墨打印的设计元素, 去除了传统废旧 PET 瓶回收再生过程中最主要的杂质来源。

没有标签设计的 PET 瓶体以浮雕模具将品牌标识和产品名称一次成型在 PET 瓶体上, 最后将产品批次追溯信息和生产日期信息以激光雕刻的形式呈现在瓶体上。多连包包装形式搭配无标签 PET 饮料瓶很好的在家庭、商业、聚会等多人消费场景下去除了单个 PET 瓶标签的必要性, 去除了可能影响 PET 再生品质的问题元素, 减少塑料使用, 提升了 PET 瓶回收流的纯净度和可回收再生性。



百事可乐无标签 PET 瓶，可回收再生设计性能简要评价：

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
瓶体树脂	1，通用型瓶级 PET 树脂，可与其他同系不同品牌的 PET 水瓶、饮料瓶等共同回收打包； 2，有明确的且规模化的废旧 PET 瓶回收流； 3，消费后 PET 瓶回收率较高； 4，有明确的下游再生应用方向；	可回收再生设计
颜色	无色透明瓶体，具有单独回收流，或与其他无色透明瓶一起收集打包，可作为高等级 PET 瓶源销售给 3A 级 PET 瓶片再生工厂；	可回收再生设计
阻隔层/涂层/添加剂	无	可回收再生设计
封盖/泵头	1，PE 瓶盖，密度小于 1，在沉浮池中可与 PET 材料分离； 2，瓶盖无衬垫；	可回收再生设计
标签/油墨/胶粘剂	无	可回收再生设计
附件	无	无

3.4.4 蓝色透明瓶体+PETG 热收缩标签：脉动系列饮料瓶

脉动系列饮料瓶瓶体采用蓝色透明 PET 材料，具有较高的品牌辨识度，也形成了市场上蓝色透明 PET 瓶

的主要瓶源之一。产品标签根据瓶体曲线采用了具有较高收缩率、更易贴合的 PETG 热收缩套标形式，且做到了上下留有足够空间，易于标签与 PET 瓶体的完全脱离、避免残留附着，提升再生品质。

脉动品牌很早就在其全球包装供应链中剔除了 PVC 材料，选择使用目前国际上普遍认可的、更加环保的 PETG 材料作为热收缩标签。PETG 的密度与 PET 的密度接近，通过密度法不易分离，但考虑到国内再生 PET 行业机器剥标工艺的普遍性，易于剥离的 PETG 热收缩标签属于较理想的可回收再生设计标签方案。



2022 年 3 月，达能旗下维生素饮料品牌脉动、零糖、气泡饮系列 PET 瓶获得了由中国合成树脂协会颁发的“塑料产品可回收再生设计”评价证书。

脉动系列 PET 瓶，可回收再生设计性能简要评价：

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
瓶体树脂	1，通用型瓶级 PET 树脂，可与其他同系不同品牌的 PET 水瓶、饮料瓶等共同回收打包； 2，有明确的且规模化的废旧 PET 瓶回收流； 3，消费后 PET 瓶回收率较高； 4，有明确的下游再生应用方向；	可回收再生设计
颜色	蓝色透明瓶体，具有单独回收流，或与其他无色透明瓶一起收集打包，可作为高等级 PET 瓶源销售给 PET 瓶片再生工厂；	可回收再生设计
阻隔层/涂层/添加剂	无	可回收再生设计
封盖/泵头	1，PE 瓶盖，密度小于 1，在沉浮池中可与 PET 材料分离； 2，瓶盖无衬垫；	可回收再生设计
标签/油墨/胶粘剂	PETG 热收缩标签，密度大于 1，半套瓶热收缩标签在预处理脱标阶段易与瓶体分离	可回收再生设计
附件	无	无

3.4.5 可水洗不干胶标签：芬欧蓝泰标签（UPM Raflatac）

在由德国国际合作机构（GIZ）支持开展的“重塑包装”：中欧合作赋能回收循环价值链项目中，农夫山泉联合芬欧蓝泰标签（UPM Raflatac）为提升 PET 饮料瓶整体包装的可回收再生性能，共同试点推出了一款 PET 瓶搭配可水洗不干胶标签的创新生态设计。该款可水洗不干胶标签采用 PP 薄膜面材可在浮选过程中与 PET 瓶片彻底分离并漂浮起来，实现净瓶回收，提高再生 PET 的回收利用率、减少浪费。

2023 年 9 月，农夫山泉首次在旗下品牌“东方树叶桂花乌龙”茶饮料瓶上试点使用水洗标签，瓶口和瓶体两面均采用由芬欧蓝泰标签开发的 RW85C 可水洗不干胶薄膜标签技术。目标改善 PET 瓶再生预处理过程中传统不干胶标签脱标不净的难题，减少胶粘剂和标签残留混入再生 PET 的情况，提升再生品质，希望未来规模化应用后可明显改善脱标、除杂环节的生产效率和能耗。

项目共投入 6 万支创新设计的 PET 饮料瓶，通过企业内购的形式销售，在消费后以全程可追溯的回收形式进行收集，再将回收空瓶交给 PET 再生企业结合实验室模拟和工厂生产线测试，获得生产数据并进行相应的材料性能测试和成本分析。同时，验证该款可水洗不干胶标签在 PET 再生工艺流程下的洗脱率和污水处理的各项技术参数和数据对比等。最后 PET 瓶片将被循环再生生成纤维产品制成时尚小包的面料，实现新的材料应用。

2024 年 8 月，抱朴再生依托盈创汇智食品接触级再生 PET 材料生产工厂，将回收后的东方树叶可水洗标签



PET 饮料瓶，按照行业通行的检测方法和测试标准，模拟现实 PET 再生普遍采用的清洗、浮选、漂洗工艺，验证可水洗标签的洗脱效果。实验结果显示芬欧蓝泰标签 RW85C 可水洗标签东方树叶瓶的脱标率达成约为 99.6%。

清洗 温度	转速 rpm/min	清洗 时长	NaOH 含量%	RP24 含量%	浮选 温度	浮选 时长	漂洗 温度	漂洗 时长	未洗脱 占比%
85℃	210-240	20min	2%	0.4%	60℃	15min	30℃	15min	0.41%
83℃	210-240	20min	2%	0.4%	60℃	15min	30℃	15min	0.35%

然而，在相同的实验室测试条件下，使用常规不干胶标签 PET 瓶进行对比实验，得出东方树叶常规不干胶标签 PET 瓶的标签洗脱率只有 40%。充分说明芬欧蓝泰标签（UPM Raflatac）RW85C 可水洗标签的洗脱能力更佳。

同时，项目还进行了工厂生产线测试，15 个批次的东方树叶可水洗标签 PET 瓶在相同测试条件下，经国际

先进食品级再生 PET 生产设备工艺的分拣、破碎、清洗、浮选、漂洗、干燥后,得出芬欧蓝泰标签(UPM Raflatac) RW85C 可水洗标签的洗脱率为 99.94%。

另外, RW85C 可水洗标签 PET 瓶的破碎片杂质含量与专门挑选收缩标签和环绕标签瓶源来生产“盈创 3A 级”再生 PET 破碎片的杂质含量相当,残留标签片和脏碎片平均值远小于 600ppm,符合食品级再生 PET 树脂颗粒生产挤出线对破碎片的质量要求。如果未来大规模使用可水洗标签 PET 瓶生产 3A 级瓶片,其市场价值每吨可比普通不干胶标签瓶破碎提升 300—400 元。

最后,项目委托第三方检测机构对生产线测试产生的废水进行检测,结果显示整体污水数据未见明显异常升高,筛网未发现絮凝的胶粘剂,整体数据符合工厂污水处理车间的入水指标。

3.4.6 去除不干胶标签: 好来漱口水 PET 瓶

2022 年,好来化工推出创新可回收再生设计的好来漱口水系列产品,包装采用 PETG 热收缩套标替代旧版设计使用的 2 张不干胶标签,使漱口水瓶/盖与标签更易于分离,在保证商业效益和生产效率的同时,减少了包装使用的材料种类和数量,并提高了可回收再生性。同时好来产品线包装全面使用 PETG 替代 PVC 材料,避免对 PET 瓶回收再生的污染。

PETG 热收缩套标因受热收缩而包裹瓶体,避免了胶水的使用,在 PET 瓶预处理脱标环节很容易脱离;节约

材料成本的同时,提升了高品质 PET 材料的回收比例和高值化回收再生应用的可能性。



好来漱口水 PET 瓶，可回收再生设计性能简要评价：

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
瓶体树脂	1，通用型瓶级 PET 树脂，可与其他同系不同品牌的 PET 水瓶、饮料瓶等共同回收打包； 2，有明确的且规模化的废旧 PET 瓶回收流； 3，消费后 PET 瓶回收率较高； 4，有明确的下游再生应用方向；	可回收再生设计
颜色	瓶体无着色，可与其他无色透明瓶一起收集打包；	可回收再生设计
阻隔层/涂层/添加剂	无	可回收再生设计
封盖/泵头	白色 PP 瓶盖，密度小于 1，在沉浮池中可与 PET 材料分离，色选后可进入高品质 PP 回收流；	可回收再生设计
标签/油墨/胶粘剂	PETG 热收缩标签，密度大于 1，瓶热收缩标签在预处理脱标阶段易与瓶体分离，无残留；	可回收再生设计
附件	无	无

3.4.7 再生 PET “瓶到瓶” 应用：花木星球洗衣液瓶

2020 年，联合利华旗下首个高端洗护品牌花木星球，在中国推出了花木星球超浓缩天然氨基酸洗衣液系列产品。全系产品的瓶体树脂均源自 100%消费后再生 PET 材料,而且在日化用品包装中不多见的保持了原始再生 PET 材料的无色透明，在回收“光瓶”之后,瓶体依然能够再次进入高品质无色透明 PET 回收再生流。相比其他同类产品，提升了 PET 回收再生价值，并延长了瓶体材料的循环次数和再生应用方向，为再生 PET 瓶到瓶循环做出了很好的行业示范。同时，瓶体无添加剂、涂层、阻隔层添加；产品标签材质选用 PE 膜材料，瓶盖为黑色 PP 材料，易与 PET 瓶体分离。



花木星球再生 PET 瓶，可回收再生设计性能简要评价：

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
瓶体树脂	1，瓶体树脂采用消费后再生 PET 材料； 2，通用型瓶级 PET 树脂，可与其他同系不同品牌的 PET 水瓶、饮料瓶等共同回收打包； 3，有明确的且规模化的废旧 PET 瓶回收流； 4，消费后 PET 瓶回收率较高； 5，有明确的下游再生应用方向；	可回收再生设计
颜色	瓶体无着色，会与其他无色透明瓶一起收集打包，可作为高等级 PET 瓶源销售给 3A 级 PET 瓶片再生工厂；	可回收再生设计
阻隔层/涂层/ 添加剂	无	可回收再生设计
封盖/泵头	1，PP 瓶盖，密度小于 1，在沉浮池中可与 PET 材料分离； 2，瓶盖无衬垫；	可回收再生设计
标签/油墨/胶 粘剂	PE 不干胶标签，密度小于 1，清洗脱离后可与 PET 材料分离；	可回收再生设计
附件	无	无

3.4.8 日化 PET 瓶+全聚烯烃泵头：联昌全塑泵头

随着 PET 瓶越来越广泛的用于日化美妆产品，泵头已代替瓶盖成为重要的包装组件，同时也意味着会将更多更复杂的设计引入废旧 PET 回收流。传统金属弹簧泵头因金属、玻璃或其他非 PET 材质的塑料部件无法与 PET 瓶体一起回收，回收成本甚至超过自身价值，会给回收再生企业带来更多前端分选压力、材料损失和 PET 再生品质挑战，而创新设计的全聚烯烃泵头完美解决了这些问题。



2022 年 3 月，由中山市联昌喷雾泵有限公司创新研发的 E50、N51、N20、N25 和 N33 型全塑泵系列产品在配套应用于 PET 日化包装瓶时，获得了由中国合成树脂协会颁发的“塑料产品可回收再生设计”评价证书。

该系列产品改进了传统金属弹簧泵头不易回收再生的劣势，采用聚烯烃塑料材料替代和结构设计优化，泵头全部实现材料单一化、聚烯烃化，符合欧盟可回收再生设计标准。全聚烯烃泵头在 PET 回收再生初选阶段可以减少人工拆解，在沉浮分选过程中可以利用材料密度差很好的与 PET 瓶体分离，同时能有效减少金属、玻璃球阀等硬质材料对回收再生设备带来损伤和因杂质碎屑带来的生产安全风险，大幅改善日化 PET 瓶的回收再生品质。

4. HDPE 篇

4.1 HDPE 的回收再生

HDPE 塑料因具有良好的机械性能、耐化学性和易加工成型等优点，主要用于中空成型、吹膜、注塑和管材挤出，在食品、日化品、工业品包装、基建管材、日用品等领域有大量应用，废旧 HDPE 塑料的回收再生也较为普遍。

2022 年，根据中国合成树脂协会塑料循环利用分会对 22 个省份 124 家 HDPE 回收再生企业调研数据^[16]：推算出 2021 年我国废旧 HDPE 回收再生产能超过 300 万吨/年，实际回收再生产量接近 200 万吨，其中来源于瓶桶类包装制品的占比有 62%、管材占比 11%。而再生后的 HDPE 材料下游应用主要集中在建筑、农业、包装和通信等领域，其中基建管材和农业灌溉中再生 HDPE 的使用量最大，占比约为 45.6%（见图 3）。由此可见，目前大部分再生 HDPE 材料都是在降级循环，替代部分原生材料进行掺混从而降低综合成本。而且这些再生 HDPE 材料多使用在对颜色、外观和气味等要求不高的塑料制品上。

与此同时，来自于食品包装且可用于瓶到瓶高值化再生利用的 HDPE 塑料瓶源较少，主要集中在个别品牌的水桶、牛奶瓶和饮料瓶等领域，因此这类包装产品设计更应该考虑可回收再生设计的各项技术要求，使再生 HDPE 产品性能满足多次循环的设计理念，来保障市场需求逐渐升温的食品接触级和消费品包装用再生 HDPE 材料的生产供应。

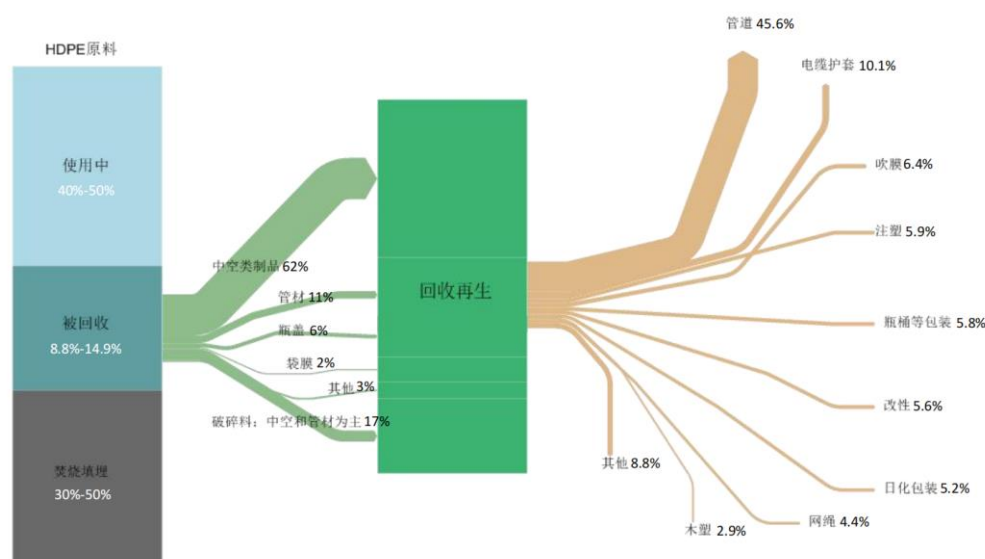


图 3：废旧 HDPE 回收来源及主要回收再生应用领域

4.2 再生 HDPE 类别、价格及影响因素

企业调研数据分析显示不同的废料来源、颜色、杂质含量以及加工难易程度，意味着市场价格的不同^[17]（见表 2）。回收业者会根据客户需求按照颜色、产品种类进行分类，一般 HDPE 瓶会分为无色瓶、乳白瓶和杂色瓶（除无色、乳白色以外的瓶子），也有部分打包站会把某一颜色瓶子（如蓝色、绿色）单独分离出来。例如：无色瓶/桶捆包价格（5200—6000 元/吨）在废旧 HDPE 产品中排名最高，一般来自于食品类包装，原料质量高、污染物含量低，由于没有颜色限制，下游应用领域更广，是高值化回收再生应用的首选材料。

类别	回收再生 HDPE 产品	市场参考价格 (元/吨)
中空瓶桶捆包	HDPE 无色瓶/桶	5200—6000
	HDPE 乳白瓶/桶	5000—5600
	HDPE 杂色瓶/桶	3000—4000
破碎料	来源蓝桶、IBC 方桶	6000—6100
	来源管材、桶、托盘等	5600—6000
	瓶盖料破碎	5000—5600
	杂色混合破碎料	4000—4500

表 2 不同类别废旧 HDPE 捆包和破碎料市场参考价格对比

- 再生 HDPE 应用领域及再生 HDPE 颗粒价格: 不同应用领域的再生 HDPE 颗粒价格相差较大^[18]（见表 3）：
- 管道用再生 HDPE 颗粒价格相对透明，近 50%再生 HDPE 流向管道生产，市场竞争激烈，利润空间有限；
 - 吹膜级再生 HDPE 颗粒价格相对较高，一般为无色或白色颗粒，对材料性能、杂质含量、灰分等要求严格；
 - 用于日化包装领域的再生 HDPE 颗粒价格普遍较高，尤其是品牌洗衣液、洗发水瓶用再生 HDPE 几乎与原生塑料价格一致；
 - 而获得美国 FDA 或欧洲 EFSA 食品级认证的再生 HDPE 颗粒可以高出原生塑料价格的 30%—40%，废料来源把控严格，不能有其它材料的混入和污染。再生设备工艺更为复杂，对颜色、气味、污染物含量、化学物质控制等都有较高的要求。

再生 HDPE 颗粒分类		市场参考价格 (元/吨)
按照用途分	木塑	4000—6000
	管道、电缆护套	5000—7000
	绳网	6000—6800
	吹膜	7300—8800

	改性	8000—10000
	化妆品、食品接触级	12000—14000
按照颜色分	无色透明	8000 以上
	乳白	7300 以上
	黑色、灰色	7000 以下

表 3 不同类别再生 HDPE 颗粒市场参考价格对比

4.3 影响 HDPE 回收再生的设计元素

在废旧 HDPE 回收流中，混合着多种不同加工级别的材料，例如：挤出级的 HDPE 管道、吹塑级的中空瓶桶、注塑 PE 件、拉丝级的绳网以及吹膜级的膜袋类产品等。其中容器包装类中空产品最为常见且占有相当大的市场比例，产品设计元素也最具复杂性和多样性，直接影响着 HDPE 回收再生的高值化生产和再生品质。

HDPE 瓶桶的回收与 PET 瓶类似，打包站也会根据客户需求按照颜色、产品种类进行细分。影响 HDPE 中空类瓶桶回收再生的设计元素同样来自于瓶体树脂、颜色、阻隔层/涂层/添加剂、封盖/泵头、标签/油墨/胶粘剂和附件的材料选择和设计形式[19][20]。

瓶体树脂与颜色：通用型吹塑级 HDPE 树脂都是易回收再生的，它们的密度范围在 0.941–0.972g/cm³，再生 HDPE 材料下游应用广泛，从包装到建筑材料，对废旧 HDPE 材料的颜色包容性较强，一般可分会无色/无着色、乳白和杂色或其他颜色。调研显示再生 HDPE 材料下游应用，有超过 55%进入了排污管道和电线电缆领域[21]，这些材料大多由杂色或黑色再生材料调配制成。

阻隔层/涂层/添加剂：HDPE 容器包装产品也会因功能性要求，被添加阻隔涂层或其他常规助剂，需要考虑这些非 HDPE 材料对 HDPE 回收再生带来的影响，而减少添加量或避免使用。比如：添加小于 5%重量比的 EVOH 属于可回收再生设计；而不可添加可降解材料和 PVDC 材料；不可使用导致密度增加使 HDPE 沉水的添加剂，其他创新型阻隔层/涂层/添加剂需要进行可回收再生设计测试评估。

封盖/泵头：HDPE 瓶桶产品应尽量使用全 PE 材质的瓶盖或泵头，避免使用 PP、金属或硅聚合物部件；而其他密度大于 1 的材料，如 ABS、POM、PS 或热固性塑料等虽然可以与 PE 分离，但会造成回收材料损失，并带来杂质混入的潜在质量风险。

标签/油墨/胶粘剂：HDPE 瓶桶标签通常有以下几种形式：油墨和标签（不含胶粘剂），比如直接打印、模内标签和全套瓶热收缩标签，这些标签和油墨一般会随主体材料进入 HDPE 回收流，或在破碎清洗时与 HDPE 分离沉入水中，属于可回收再生设计；而 PVC 标签属于不可回收再生设计。

非水洗胶粘剂的标签（不干胶标签），常见的不干胶标签材质有聚烯烃（PE、PP）标签、纸标签和含有金属元素的标签等（如：镀铝 PET 标签）；其他标签形式可按密度进一步划分，密度大于 1 可与 HDPE 分离，属于需改进可回收再生设计，而密度小于 1 无法与 HDPE 分离的，需要进行材料测试，分析其与 HDPE 的相容性；同样 PVC 和可降解塑料标签属于不可回收再生设计。

可水洗胶粘剂的标签，在标签洗脱后，需要再根据标签材质以及是否能与 HDPE 分离进一步判定可回收再

生性，比如：洗脱后密度小于 1 的非聚烯烃类标签就会给 HDPE 回收流带来杂质。

附件：附件材料使用应遵循“易与 HDPE 分离，不污染 HDPE 为主”的原则。聚烯烃材质或密度大于 1 的塑料附件（PVC 除外）属于易回收再生设计，而 PVC 材质的密封或附件以及可降解塑料附件属于不可回收再生设计。

4.4 高值化 HDPE 可回收再生设计及应用案例

HDPE 容器包装产品可回收再生设计对颜色的包容性较强，且再生应用大量流向降级使用的五金建材制造，因此案例筛选侧重于包装产品的材料创新和再生 HDPE 应用于同级循环或消费品包装领域。例如：研发不影响 HDPE 回收再生的阻隔材料，去除金属镀层的复合材料，实现单材化；使用利于回收再生的标签/胶粘剂和将再生 HDPE 材料高价值应用于消费品包装领域等。

同时，可依据中国合成树脂协会发布的 T/CSRA 16-2022《聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）容器包装产品可回收再生设计指南》团体标准，对 HDPE 瓶/桶的可回收再生设计性能进行简要评价。

4.4.1 杂色再生 HDPE “瓶到瓶”应用：施华蔻洗发露

在德国国际合作机构（GIZ）“重塑包装：中欧合作赋能回收循环价值链项目”中汉高（Henkel）协同贝里（Berry）共同打造了一款限量包装的施华蔻生姜精华洗发露，通过技术创新和材料改进，在中国市场首次实现了杂色消费后再生 HDPE 材料在瓶到瓶同级循环的高价值应用，将 HDPE 塑料循环的包容性与创新包装的黑色美学完美结合，突破了杂色再生 HDPE 材料只能降级使用的现状。

常见的日化塑料瓶使用再生材料的创新案例中，一般是使用一定比例的外观品相接近与原生塑料的无色透明或白色再生材料，通过与原生塑料充分混合后，再进行着色，达到外观性能的一致性。

而施华蔻生姜精华洗发露瓶，采用汉高研发的含有 30% 杂色消费后再生塑料（PCR）的 HDPE 材料，在技术难度上杂色再生 HDPE 的不稳定性和材料复杂性要比单一回收材料再生的无色或大白再生 HDPE 高很多，它对回收再生环节的生产工艺和后端再生料与原生料掺混改性的技术要求更为严格。



同时，该款产品适配的泵头也进行了可回收再生设计创新，采用了贝里研发的全塑泵头，替换了传统日化包装瓶适配的含有金属弹簧和玻璃珠材料的泵头，在减轻重量的同时，实现了泵头与 HDPE 瓶体的单一材质和可回收再生。

对比杂色再生 HDPE 与无色或大白再生 HDPE 的市场供给、环境影响和经济性，施华蔻再生 HDPE 瓶给杂色 HDPE 材料未来在日化行业的高价值应用提供了新思路：首先，杂色再生 HDPE 的生产规模较大，没有对生产原材料颜色的要求，市场竞争充分，价格敏感度较低，不会像顶级难得的无色或大白再生 HDPE 那样市场透明和稀缺。其次，可持续包装需要全盘考虑，瓶体和泵头每个组件都要实现可回收再生设计，每种材料的选用都不能产生不利的环境影响。杂色再生 HDPE 材料保留了自身携带的颜色，混合加工后形成的“天然黑”是其能以最小的材料改性代价，最优的环境成本做到物善其用，成为可持续包装材料的闪光点。

未来杂色再生 HDPE 材料在日化包装瓶到瓶应用领域，可联合产业链上下游共同开发，多探索测试一些可能的应用场景和产品系列，在可持续和可回收再生设计思想原则下，丰富创新包装形式和技术方案，形成专门的市场化再生材料供应，降低综合成本，提升再生材料的稳定性和可靠性，为更大规模的商业化应用和即将到来的更雄心的再生塑料使用政策做准备。

施华蔻生姜精华洗发露再生 HDPE 瓶，可回收再生设计性能简要评价：

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
瓶体树脂	1，通用型吹塑级再生 HDPE 树脂，可与其他同系不同品牌的 HDPE 中空瓶桶等共同回收打包； 2，有明确的且规模化的废旧 HDPE 中空回收流； 3，有明确的下游再生应用方向；	可回收再生设计
颜色	深灰色再生 HDPE 瓶体，可再次进入杂色 HDPE 中空回收流；	可回收再生设计
阻隔层/涂层/添加剂	无	可回收再生设计
封盖/泵头	贝里(Berry)研发的全塑泵，可与管身一同进入 HDPE 回收流进行回收再生；	可回收再生设计
标签/油墨/胶粘剂	镀铝 PET 不干胶标签，密度大于 1，破碎清洗在沉浮池可与 HDPE 分离；	可回收再生设计
附件	无	无

施华蔻实现高值化再生应用创新的同时，也带来了商业效益。产品在瓶体树脂材料、瓶体颜色和全塑泵头的选用设计上，尽可能保留了各部件材料的原有特性，减少原生塑料使用和辅料添加，并有效避免了对目前价格高昂的原色透明食品级再生 HDPE 材料的依赖和需求竞争，降低了包装整体成本。

同时，项目推动了再生塑料同级循环的高值化应用，有效提升塑料循环次数，助力品牌实现可持续发展目标和环保形象，满足消费者对环保产品的需求。

塑料产品 设计元素	施华蔻生姜 精华洗发露	其他技术方案对比 (2022 年参考价格)
瓶体树脂	高品质杂色再生 HDPE 材料价格相对便宜	原生塑料（参考牌号 5502）：8250 元/吨 原色透明食品级再生 HDPE：≈ 15000 元/吨
颜色	无色母使用；	需添加黑色色母：≈ 20 元/公斤
封盖/泵头	白色全塑泵头直接使用，避免定制生产， 节约成本；	传统泵头颜色需要匹配瓶体颜色， 需要单独设计生产，价格昂贵；

在环境效益方面，高值化塑料回收再生应用可削减企业对原生塑料的使用，减少企业生产带来的二氧化碳排放量，从而减少传统化石能源开采；产品可回收再生设计，例如全塑泵头的使用，实现塑料产品 100%可回收再生，减少了塑料包装中不可回收物泄露到环境或焚烧填埋的风险。

4.4.2 包装单材化改进：好丽友 EX 系列口香糖

好丽友 EX 系列口香糖瓶原包装由多种不同塑料组成，瓶体采用白色聚乙烯（HDPE）材料，顶部采用鲜艳颜色的不分离形式的聚丙烯（PP）瓶盖装饰。两种材料虽同属聚烯烃类塑料，密度接近且都小于 1，但过多的 PP 含量会给再生 HDPE 材料熔指性能带来一定的改变，影响下游材料应用的稳定性。

经包装可回收再生设计改进后，顶部瓶盖设计更改为与瓶体材料一致的聚乙烯（HDPE）材料，保证了 HDPE 回收流中的材料纯度和性能一致性。

新包装瓶体采用 PETG 热收缩标签，材料密度大于 1，热收缩标签没有胶粘剂附着，在废旧 HDPE 瓶的破碎过程中很容易从瓶体脱离，且可在清洗沉浮池中与瓶体、瓶盖材料通过密度分离。整个 HDPE 瓶不含涂层和阻隔层，由同一种 HDPE 材料组成，利于后端高值化回收再生，再生材料性能不会受其他混入杂质的影响。



好丽友 EX 系列口香糖瓶，可回收再生设计性能简要评价：

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
瓶体树脂	1，通用型吹塑级再生 HDPE 树脂，可与其他同系不同品牌的 HDPE 中空瓶桶等共同回收打包； 2，有明确的且规模化的废旧 HDPE 中空回收流； 3，有明确的下游再生应用方向；	可回收再生设计
颜色	白色瓶体与花色瓶盖可进入杂色 HDPE 小中空回收流；后续可再通过色选机，将白色瓶体单独分出；	可回收再生设计
阻隔层/涂层/添加剂	无	可回收再生设计
封盖/泵头	一体式 PE 瓶盖可与瓶体一同进入 HDPE 回收流进行回收再生；	可回收再生设计
标签/油墨/胶粘剂	PETG 热收缩标签，密度大于 1，半套瓶热收缩标签在预处理破碎清洗阶段，在沉浮池中易与瓶体分离；	可回收再生设计
附件	无	无

4.4.3 可回收再生牙膏管：高露洁喜马拉雅玫瑰盐牙膏

传统牙膏软管中，有一层镀铝夹层的设计，剥离十分困难，铝塑混合很难熔融再生，塑料再生工厂只能将大量软管类塑料包装产品挑出作为杂质，导致每年都有数十亿支牙膏管被废弃到垃圾填埋场。



2023 年，高露洁在中国市场推出了可回收再生设计的喜马拉雅玫瑰盐全塑牙膏，管身为白色可回收再生设计的 HDPE 材料，并采用了添加量小于 5% 的 EVOH 材料作为阻隔层来替代传统镀铝工艺。此项阻隔设计已被国际多家权威塑料产品可回收再生设计技术验证机构认可为易回收再生设计，能够在保障牙膏品质的同时，不会给

HDPE 回收再生带来品质影响。

可回收再生设计的彩色柔板印刷牙膏管和白色 PP 管盖在正确回收分类后，会进入杂色 HDPE 回收流，随其它带颜色的 HDPE 小中空瓶一起打包压块。PE 和 PP 两种聚烯烃材料具有一定的相容性，一般会被一起回收再生，但 PP 含量会根据下游客户的使用要求控制在 10%或 15%以下，以保证再生 HDPE 材料的性能稳定性。

喜马拉雅玫瑰盐全塑牙膏软管，可回收再生设计性能简要评价：

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
瓶体树脂	1，通用型多级别 HDPE 树脂，可与其他同系不同品牌的 HDPE 中空瓶桶等共同回收打包； 2，有明确的且规模化的废旧 HDPE 中空回收流； 3，有明确的下游再生应用方向；	可回收再生设计
颜色	白色 HDPE 瓶体，表面采用彩色柔版印刷，可进入杂色 HDPE 回收流；	可回收再生设计
阻隔层/涂层/添加剂	小于 5%添加量的 EVOH 材料	可回收再生设计
封盖/泵头	白色 PP 管盖，可连同软管一起进入 HDPE 回收流	可回收再生设计
标签/油墨/胶粘剂	常规彩色柔板印刷油墨，可进入杂色 HDPE 回收流	可回收再生设计
附件	无	无

4.4.4 再生 HDPE “瓶到瓶” 应用：奥妙洗衣液

2022 年，联合利华旗下家庭护理品牌奥妙洗衣液创新推出了含有高值化再生 HDPE 材料应用的洗衣液瓶，以减少原生塑料使用量，减少碳足迹和增加环境友好性。联合利华奥妙洗衣液桶通过改变 HDPE 瓶体配方，再生 HDPE 最大添加比例达到了 50%。经实验室测试，综合评估再生 HDPE 材料和产品性能要求的兼容性，测试瓶子的抗压强度、抗跌落性等关键性能指标；再结合吹瓶机的改造、调整吹瓶工艺，优化再生塑料的生产工艺，提升再生塑料瓶的质量性能，最终达到了与原生塑料瓶一样的品质。



奥妙洗衣液再生 HDPE 瓶，可回收再生设计性能简要评价：

塑料产品 设计元素	技术分析	可回收再生 设计评价
瓶体树脂	1, 通用型吹塑级 HDPE 树脂, 可与其他同系不同品牌的 HDPE 中空瓶桶等共同回收打包; 2, 有明确的且规模化的废旧 HDPE 中空回收流; 3, 有明确的下游再生应用方向;	可回收再生设计
颜色	1, 红色再生 HDPE 瓶体, 可再次进入杂色 HDPE 回收流; 2, 无着色 PET 瓶盖, 可进入高品质 PET 回收流;	可回收再生设计
阻隔层/涂层/添加剂	无	可回收再生设计
封盖/泵头	1, 创新无着色 PET 瓶盖, 在清洗破碎沉浮池中可与 HDPE 材料分离; 2, 分离后的无着色 PET 瓶盖, 可与其他无色透明 PET 一起进入高品质回收再生; 3, PP 导流槽, 可连同 PE 瓶体起进入 HDPE 回收流;	可回收再生设计
标签/油墨/胶粘剂	不干胶标签	可回收再生设计
附件	无	无

5. 高值化回收再生应用商业化瓶颈与建议

塑料产品可回收再生设计和再生塑料创新应用作为支撑高值化回收再生应用的技术工具和着力点, 当政策法规没有要求企业在这些方面承担环保责任时, 产品设计和生产会受到其它更紧迫因素的挑战。在实际商业化过程中面临着来自产品性能需求、企业内部成本压力、市场接受程度以及标准技术路线选择方面的权衡取舍。

5.1 产品技术性能需要

可回收再生设计思想鼓励不同塑料回收流中的包装产品设计元素在回收再生过程中应尽可能做到“同材可加工, 异材可分离”, 同时最大限度的减少对原树脂材料的污染。然而有很多塑料包装产品需要满足内容物保鲜和延长货架期等特殊功能要求, 无法采用单材质包装材料。例如: 在药品/保健品、常温乳制品、茶饮、功能饮料等 PET 包装瓶上会使用全套瓶热收缩标签或改变瓶体颜色来实现阻光效果; 在茶饮料、气泡水、啤酒等 PET 包装瓶上使用尼龙层等阻氧保鲜措施, 保证内容的香气和口感品质; 在 HDPE 软管中增加铝层实现对长久保质期的日化用品的阻氧保质等。

同时, 高品质再生塑料创新应用也存在一定的技术阻碍, 比如在现有回收再生生产条件下, 绝大多数再生塑料无法安全的被应用到食品包装上, 尤其是再生 PET 重新应用于饮用水、饮料瓶包装, 还需要进一步实验室测

试数据论证，建立技术性标准规范。再生塑料每批次都存在一定的品质差异，添加比例越大，带来的性能稳定性风险也就越大，严重的会影响产品生产效率和良品率，降低企业大规模使用意愿。

尽管如此，既能满足可回收再生设计要求又能满足产品技术性能需要的材料创新也在不断增加，目前以美国 APR、欧洲 RecyClass、欧洲 PET 瓶平台（EPBP）等为代表的国际可回收再生设计技术验证机构，通过模拟材料再生过程，针对不同塑料类别和包装设计元素，已经认可并公示了多种功能性创新技术，为高值化回收再生应用提供了系统化技术储备和方案积累。可以帮助包装研发工程师，快速准确的找到可商业化的解决方案。

5.2 企业内部成本决策

在产品中引入可回收再生设计和高品质再生塑料材料，企业需要在可持续发展战略层面有计划的部署包装产品迭代和技术升级，需要面临更高的转换成本。创新技术方案要历经整个产品研发过程，不断测试对比，与再生企业协作的同时，还要兼顾包装生产、灌装、市场等部门对产品整体性能的技术要求。每个技术方案的调整都会对品牌供应链、生产设备、包装、市场宣传等一系列对现有模式的突破和改变，甚至意味着关键生产设备的更换和产品成本的大幅增加。

如此大范围的变革只有在企业最高管理层的持续支持下，在各部门、各产品线之间充分沟通、目标协调一致后才能有效推动。除了管理成本，高值化回收再生应用本身意味着材料研发和资金投入。很多利于回收再生的材料改性，例如：可取代传统镀铝复合的涂层和阻隔材料，采购价格要远远高于竞争对手的传统包装形式。而这些创新成本通常是企业要在不增加产品价格的情况下内部消化。

随着可回收再生设计和高品质再生塑料越来越多的被试用于消费品包装领域，应鼓励包装供应链企业加紧创新解决方案的市场供给，研发初期的高成本问题将逐步得到改善。同类产品的技术攻关和规模化生产，会带来更多选择，也会拉低材料的销售价格，吸引更多终端品牌产品的使用。例如：含有特定比例 PCR 材料的改性树脂、创新阻隔功能的“单材化”材料和全塑泵头等。

5.3 市场/消费者接受度

作为塑料产品的最终使用者，市场和消费者对塑料可持续发展的关注和认同，决定着塑料产品可回收再生设计和再生塑料高值化应用市场的发展趋势和推进速度，也直接影响高值化回收再生应用的成功落地。普华永道发布的《2022 年全球消费者洞察调研中国报告》显示有 45%的受访者愿意购买由可回收、可持续或环保材料制造的产品^[22]。但消费者对于环保材料的理解可能并不全面，当环保材料的体验低于心理预期时，实际购买行为会受其他因素影响发生改变。

相比可回收再生设计思想所倡议的产品设计优化和材料易于回收再生，再生塑料应用在消费品包装领域还未形成规模，消费者对再生塑料同属于“环保材料”用于日常消费品的接受程度还有待更多实际应用案例的商业测试和宣传引导。

2022 年，由科信食品与健康信息交流中心发布的《中国消费者 rPET 认知状况调查报告》显示接近 30%的调研对象对塑料再生成为食品包装材料，选择“不太接受”和“完全不接受”，另外有 14.87%的消费者对于再生 PET 的食品级应用持中立态度；同时，调研结果显示有超过 90%的消费者选择更关注塑料再生制品的安全性，

而选择关注使用感受和质感外观的消费者分别超过了 59%和 41%^[23]。在两种材料形式并行的市场竞争下，消费者对再生塑料制品高值化应用的接受度和潜在担忧，影响着品牌和再生塑料使用终端推进再生塑料作为环保材料替代原生塑料应用的决心。

然而，品牌可以通过不同“产品系列”或者“子品牌”的形式推动环保概念产品的差异化竞争，精准测试高值化回收再生应用产品的市场表现，通过营造环境无害化的产品设计理念，激发消费者对环保消费行为的价值认同、购买意愿和品牌忠诚度。

5.4 标准技术路线选择

在推进高值化回收再生应用商业化落地的过程中，企业对塑料可持续发展和可回收再生设计的理解，以及选择参考标准技术路线的正确性和科学性至关重要。产业链不同环节的行业机构在认识和推动产品绿色设计/塑料循环的着眼点、行业立场、技术体系以及严谨程度上存在着巨大差异。很多内容并没有从塑料全生命周期的角度考虑，没有从后端回收再生实际经验出发，没有真正解决问题，技术路线也不能保证废弃包装产品的回收再生，甚至走了弯路，导致企业“做与不做”的结果并没有什么两样，也造成了目前市场的概念混乱和“冲突”，让使用者感到困惑。

可回收再生设计的最终目的是通过产品设计改变，改善产品废弃后的可回收再生性，以便生产出高品质、高价值的再生塑料材料。而高值化再生应用目的是提升再生塑料应用价值，引导可回收再生设计，减少原生塑料使用和推动循环材料市场。前端包装供应链企业和消费品品牌可以多关注国际同行的包装技术发展趋势和产品创新案例，基于国内塑料回收再生发展现状，深度了解各个标准技术路线的不同并加以辨别。多与回收再生行业企业沟通交流，获得他们的意见和建议，综合考虑并找到适合自己产品品类的最佳设计方案。

同时，由全国塑料标准化技术委员会组织的《塑料 产品可回收再生设计通用要求》行业标准、《塑料 可回收再生设计指南 第1部分：PET 材料》、《塑料 可回收再生设计指南 第2部分：HDPE 材料》系列国家标准编制工作正在展开，吸引了来自产业链上下游企业的共同关注，具有更广泛的行业影响力。未来将成为支持国内塑料产品进行可回收再生设计的指南文件和标准化依据，更具技术权威性和指导性，可以在国家和行业层面更广泛的推广应用。

参考文献

- [1], [7] 《中国再生资源回收行业发展报告 2023》，中国物资再生协会
- [2], [5] 王旺.《美国欧洲中国在塑料产品可回收再生设计领域的对比》，2023.
- [3] DFM 可制造性设计基本概念，清华大学（2023）
- <https://wenku.baidu.com/view/7f58e80729f90242a8956bec0975f46527d3a7d0.html>
- [4], [13] 《聚对苯二甲酸乙二酯（PET）容器包装产品可回收再生设计指南》编制说明，2022
- [6] 《中国再生聚酯 PET 产能调研分析报告（2022 年）》，中国合成树脂协会塑料循环利用分会
- [8], [10], [15] 《PET 瓶可回收性设计市场调研报告》，中国合成树脂协会塑料循环利用分会，2021
- [9] PET 再生料报价，塑胶再生料报价，全球塑料（2023），
- <https://mp.weixin.qq.com/s/qwOkwwwTfInPvjSkFO2ZOw>
- [11] 2022 年全球瓶级 PET 回收利用（rPET）行业现状分析，华研产业研究院，2022
- [12], [14] T/CSRA 16-2022《聚对苯二甲酸乙二酯（PET）容器包装产品可回收再生设计指南》，中国合成树脂协会
- [16], [17], [18], [21] 《HDPE 废料流向与 HDPE 下游应用分布调研报告》，中国合成树脂协会塑料循环利用分会，2022
- [19] 《高密度聚乙烯（HDPE）容器包装产品可回收再生设计指南》编制说明，2022
- [20] T/CSRA 17-2022《高密度聚乙烯（HDPE）容器包装产品可回收再生设计指南》，中国合成树脂协会
- [22] 普华永道发布报告：中国品牌对本土消费者的吸引力越来越大。新民晚报（2022），
- <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1744089645866732623&wfr=spider&for=pc>
- [23] 《中国消费者 rPET 认知状况调查报告》，科信食品与健康信息交流中心，2022



联系我们

德国国际合作机构（GIZ）东亚区

环境与循环经济部门主任 钱名宇博士

地址：北京市朝阳区亮马河南路14号塔园外交办公楼2-5

电子邮箱：circular-economy@giz.de / mingyu.qian@giz.de

