

关于塑料的迷思



迷思3

所有塑料都可以回收

大多数塑料都可以回收,但它们是否真的被回收,则取决于回收成本。非均质材料、回收成本、添加剂和污染物是目前生产的塑料垃圾不能被回收的主要原因。迄今为止,每年生产的大约3.48亿吨新塑料中,只有不到10%被回收利用(Geyer, 2020)。即使是得到最广泛回收的塑料(高密度聚乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯),其回收率也仅为30%至50%。在塑料回收比例低的背后,存在诸多原因。

非均质材料

塑料垃圾的非均质性对回收过程产生了重大影响(Eriksen等人, 2018)。许多产品使用多种塑料制成,因此不同的材料可能具有不同的加工温度和熔点,使得分离材料的过程更加困难和昂贵(Hahladakis & Iacovidou, 2018)。即使是用同种塑料通过不同方法制成的产品,在熔化回收时,也会产生不同反应的化学组合物(美国化学委员会, 2021)。

多层或复合材料,如纸和塑料、金属和塑料、塑料和玻璃纤维,都很难分离。因此,再加工只会产生低价值的复合材料。这些问题是由包装设计造成的:生产商根据材料的阻隔性能、强度和储存稳定性来选择材料,以保护产品,并没有考虑回收利用。近年来,塑料/纸层压板的发展,如“纸”杯,已被作为塑料问题的解决方案,但这些产品也可能破坏回收过程。

在现实中,回收利用的首选将是那些高回报的材料。少量的特定材料很可能会无需经过回收过程,但所回收的材料在每次再加工时都会退化。因此,无法对分离出的材料进行永久的机械回收。

添加剂和污染问题

大多数塑料产品是由塑料聚合物和符合制造商要求的添加剂混合而成,包括但不限于阻燃剂和抗静电剂、抗氧化剂、着色剂、填料和增强剂。这些添加剂按体积计算约占最终塑料质量的7%(Geyer, 2020),使垃圾的回收过程变得复杂。虽然一些添加剂可以通过洗涤去除,但许多家居用品里的添加剂使回收过程中的分离变得困难,并降低回收塑料的质量(Eriksen等人, 2018)。因为回收成本太高,不值得回收,添加剂的使用可能会干扰循环塑料经济的发展。

食品和饮料残留物也是塑料垃圾中的一种常见污染形式。快餐和即食食品文化中固有的塑料包装产生了大量的受污染垃圾。清除受污染塑料的过程需要特殊的生产线或人工清洗,而且成本特别高。但是如果不能去除污染物,材料就没有价值(Eriksen等人, 2018)。

塑料垃圾也可能被胶水、油墨和纸质标签所污染。用于直接在包装产品上印刷信息的油墨会干扰回收过程,降低回收材料的质量(Mepex, 2017)。即使是少量的纸或胶水也会毁掉一批产品,因为用这种材料重新成型会在新产品中制作缺陷。

黑色塑料是用炭黑制成的,用来吸收光线,但加工厂使用的光学扫描仪无法识别和分类黑色塑料,所以它要么污染该批回收材料,要么被焚烧或填埋(Osmanski, 2021; Adams, 2020; 经合组织, 2021)。虽然业界正在努力寻找新的可检测颜料,但存在于约15%家用产品中的黑色塑料却被排除在加工之外(Turner, 2018; Adams, 2020)。

回收成本

回收是一项成本昂贵的工作,因为它包括收集和再加工。一些材料无法被现有的技术回收,另

一些材料则没有标准化的回收规程。这些复杂情况提高了收集和再加工的成本,导致回收材料无法以有竞争力的市场价格出售。

先进的光谱学、机器学习和人工智能等充满前景的回收创新技术已经面世,但获得这些技术的机会分布不均(Shiran & Kremer, 2021)。分类技术等科技能力有限,且回收系统不够强劲,无法满足需求(Kirilyuk等人, 2020)。加工损失率衡量的是材料在回收过程中损失的百分比,目前约为35%至55%(Shiran & Kremer, 2021)。此外,各地的塑料垃圾收集情况差别很大,有时只限于回收PET瓶等价值较高的物品。

对塑料进行编码以便回收利用

美国材料与试验协会开发了一个编码系统,可帮助消费者和回收商根据制造产品时使用的不同聚合物类型对产品进行分类。该系统确定了六种基本类型,外加一个总括性的“其他”类型。

聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET, 代码01)是使用最广泛的塑料之一,通常用于塑料瓶和食品包装等。高密度聚乙烯(HDPE, 02)用于塑料瓶、牛奶壶、洗发水瓶和其他。PET的全球年产量达到3500万吨,HDPE达到5700万吨。这些是得到最广泛回收的塑料(Geyer, 2020)。蓝织咨询(Blue Weave Consulting)于2021年报告称,“PET树脂协会的数据表明,美国的PET回收率为31%,欧洲为52%。”这一相对成功得益于材料的均质性和低污染性,以及与其他再生塑料相比,再生PET和HDPE的价格较高。

聚氯乙烯(PVC, 03)用于管道、配件、电线、电缆和其他,但PVC的添加剂含量较高,相应的分离成本也高。其年产量估计为3900万吨(Geyer, 2020),但很少被回收利用。主要的挑战在于材料的收集、分类和一些添加剂的存在(Miliute-Plepiene等人, 2021; 欧洲回收工业联合会, 2020)。

低密度聚乙烯(LDPE, 04)用于食品包装和垃圾桶内衬,年产量为7000万吨。聚丙烯(PP, 05)用于包装、瓶盖、食品桶、家具和汽车零部件,年产量为7500万吨(Geyer, 2020)。

两者都是可回收的,但经常被回收中心丢弃。低密度聚乙烯有堵塞机器的风险,而聚丙烯需要一个缓慢的回收过程,这可能会增加成本,包括维护费用。

聚苯乙烯(PS, 06)用于生产发泡聚苯乙烯(EPS),年产量为2600万吨(Geyer, 2020)。由于目前回收技术的限制和费用,回收的聚苯乙烯并不多。在欧洲、美国、日本和其他一些国家,用于保护性包装和等温包装的发泡聚苯乙烯箱被收集和回收(Millicer等人, 2018; Thornberry等人, 2020; JEPSA国家报告, 2018)。

所有不属于前述类型的塑料都被列入“其他”类别(07),该类别涵盖一系列类型和用途。与前六类塑料相比,“其他”类的塑料生产量较小,但仍然很可观,而且产量预计会增长(Markets and Markets, 2021)。这类塑料的回收规程没有标准化,机械回收技术也很有限。处理方法通常包括粉碎以减少垃圾的尺寸,通过热加工将垃圾分解为材料和能源(Pickering, 2008),但这些塑料大多被丢弃在垃圾填埋场(Rosa等人, 2018)。

我们可以做什么?

能否长期解决当前回收系统的不足,在很大程度上取决于能否开发一个可行的再加工塑料市场。其他措施包括设计创新、鼓励对回收能力的投资以及回收技术的改进。

1. 为所有塑料开发回收市场

一些塑料制品已经存在一定的回收市场,但其他塑料制品难以找到出路,需要得到支持。加工技术的改进可能使回收材料增多,而回收材料则需要市场。例如,开发低密度聚乙烯和聚丙烯的市场是提高其回收水平的关键步骤(Antonopoulos等人, 2021)。从更广泛的角度来看,回收材料的市场需要与设计 and 加工领域的改进同步发展,以建立和维持支持循环性的回收系统。

2. 对塑料进行可再生性设计

在目前的设计下,估计有30%的塑料包装永远不会被重新使用或回收(麦克阿瑟基金会, 2016)。可以改善这一局面的设计变革包括简化多层和复合材料,改用单一材料;去除染料、塑料颜料和其他添加剂;不再使用难以回收的聚合物;引入不损害人类健康和环境的替代材料(Shiran & Kremer, 2021; 麦克阿瑟基金会, 2016)。生命周期评估可以为设计这些变革提供指导。

3. 改进回收技术

对分类和回收过程进行改进是必要的,对新的塑料垃圾回收技术进行投资也是必要的(北欧地区, 2014; Shiran & Kremer, 2021)。加强分类和机械回收基础设施的策略可以包括促进使用回收材料的激励措施,以及遏制使用原生材料和焚烧塑料垃圾发电的抑制措施(Bening等人, 2021)。作为全面改善回收的一个重要部分,收集系统需要与回收技术的要求同步发展。

4. 为新商品中的回收含量设定目标

对再生塑料的需求必须更加强健,并包括更多的塑料等级(Shiran & Kremer, 2021)。欧洲回收工业联合会呼吁在产品中加入回收成分,以促进塑料回收终端市场的发展。一些国家已经制定了在产品和包装中加入一定比例回收材料的要求。在制定和实施这些措施时,应考虑当前回收塑料能力在质量和数量方面可能面临的挑战。

5. 提高塑料收集率

目前的塑料垃圾收集系统需要创新的解决方案,使质量更高的可回收物进入回收市场。此类创新的例子包括一种全国性的收集计划——押金退费制度(the Deposit and Refund Scheme)。该制度最初是为饮料容器设计的,但可以被推广使用。消费者在购买产品时支付

押金,在归还可回收材料时取回押金。许多国家的押金系统得到精心周到的设计和实施,因此运作良好。

6.通过关于生产者责任延伸制度和生态调节费的公共政策

生产者责任延伸制度(EPR)是一种强有力的政策工具,有助于促进回收和推广环保产品设计(Pouikli, 2020; Walker等人, 2021)。生产者责任延伸制度旨在让制造商对其产品的消费后处理或处置负责。在实践中,生产者责任延伸制度可以推动设计变革,从而使产品垃圾得到有

效和高效的回收。在某些情况下,生产者需支付其产品的垃圾管理许可费。

生产者责任延伸制度中的生态调节费可以激励生产者推动上游设计变革,以减少其产品的环境影响(管理学院, 2020)。欧洲已针对包装广泛征收生态调节费,以鼓励制造商和零售商使用可回收的塑料包装。相比难以回收或市场价值较低的材料(如LDPE产品),对易于回收且市场价值高的材料(如PET产品)的收费可能更低(Hogg等人, 2020)。针对包装和其他塑料产品的生态调节费的国家指导方针将推动回收更多、更高质量的塑料。

参考文献

- Adams, R. (2020). Plastic pigment & masterbatch suppliers offer alternatives to carbon black in order to facilitate recycling. *Focus On Pigments*, 2020(4), 1–2. doi: 10.1016/j.fop.2020.04.001
- American Chemistry Council, (2021). The Basics of Plastic Manufacturing, How Plastics Are Made. <https://plastics.americanchemistry.com/How-Plastics-Are-Made/>
- Antonopoulos, I., Faraca, G., & Tonini, D. (2021). Recycling of post-consumer plastic packaging waste in the EU: Recovery rates, material flows, and barriers. *Waste Management*, 126, 694–705. doi: 10.1016/j.wasman.2021.04.002
- Bening, C., Pruess, J., & Blum, N. (2021). Towards a circular plastics economy: Interacting barriers and contested solutions for flexible packaging recycling. *Journal Of Cleaner Production*, 302, 126966. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126966
- Blue Weave Consulting. (2021). Global Plastic Recycling Market Witnessing an Upward Growth Trajectory—Projected to Reach USD 71.5 Billion by 2027 | BlueWeave. <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/12/15/2352933/0/en/Global-Plastic-Recycling-Market-Witnessing-an-Upward-Growth-Trajectory-Projected-to-Reach-USD-71-5-Billion-by-2027-BlueWeave.html>
- Delva, L., Deceur, C., Damme, V.N. & Ragaert K., (2019). Compatibilization of PET-PE blends for the recycling of multilayer packaging foils. <https://biblio.ugent.be/publication/8526225/file/8614746.pdf>
- Eriksen, M.K. Pivnenko, K., Olsson, M.E. & Astrup, T.F. (2018). Contamination in plastic recycling: Influence of metals on the quality of reprocessed plastic. *Waste Management*, September 2018, 595–606. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X1830494X>
- European Commission. (2018). A European Strategy for Plastics in a Circular Economy.
- EURIC. (2020). Plastic Recycling Factsheet. EuRIC AISBL. https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/euric_-_plastic_recycling_fact_sheet.pdf
- Geyer, R., (2020). Production, Chapter 2 – Production, Use and Fate of Synthetic Polymers in Plastic Waste and Recycling. Letcher, T.M. (ed.). Cambridge, MA: Academic Press. pp. 13–22.
- Hahladakis, J., & Iacovidou, E. (2018). Closing the loop on plastic packaging materials: What is quality and how does it affect their circularity?. *Science Of The Total Environment*, 630, 1394–1400. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.330
- Hogg, D., Sherrington, C., Papineschi, J., Hilton, M., Massie, A., & Jones, P. (2020). Study to Support Preparation of the Commission's Guidance for Extended Producer Responsibility Schemes. Bristol: Eunomia. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/08a892b7-9330-11ea-aac4-01aa75ed71a1/language-en>
- JESPA. (2018). JESPA Country Report 2018. https://epsrecycling.org/content/6-eps-recycling/jepa-country-report-2018_nov-2019.pdf
- Krauklis, E.A., Karl, C.W., Gagani I. A., & Jørgensen K.J. (2021). Composite Material Recycling Technology—State-of-the-Art and Sustainable Development for the 2020s. *Journal of Composites Science*. doi: doi.org/10.3390/jcs5010028
- Kirilyuk, M., Mayer, M., Simon T.j., & Witte, C., (2020). The European recycling landscape – the quiet before the storm? McKinsey&Company. <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/the-european-recycling-landscape-the-quiet-before-the-storm>
- Markets and Markets. (2021). https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/fluor-polymer-market-497.html?gclid=Cj0KCQiA-K2MBhC-ARIsAMtLKRuMsPBwAjUXhR0nIf7RUqyBSg2DC5iGNTbQ7rwmqmT6nsk2gRgGX3caAhh7EA_Lw_wcB
- Mepex Consult. (2017). Basic Facts Report on Design for Plastic Packaging Recyclability. <https://www.grontpunkt.no/media/2777/report-gpn-design-for-recycling-0704174.pdf>
- Miliute-Plepiene, J., Frâne, A., & Almasi, A. (2021). Overview of polyvinyl chloride (PVC) waste management practices in the Nordic countries. *Cleaner Engineering And Tech-nology*, 4, 100246. doi: 10.1016/j.clet.2021.100246
- Millicer, H., Martin, R., O' Farrell, K., & Rako, D. (2018). The Recovery of Expanded Polystyrene in Australia: Current Situation and Future Opportunities. Extract Report to Act Government – for Public Use. One Planet Consulting. https://www.helenmillicer.com/wp-content/uploads/2018/12/2017-18_EPS_PublicReport_OnePlanetConsulting.pdf
- The MacArthur Foundation & New Plastics Economy. (2016). The New Plastic Economy: Rethinking the Future of Plastics and Catalysing Actions. <https://ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics-and-catalysing>
- OECD. (2021). Case study on detergent bottles. An example of weighing sustainability criteria for rigid plastic non-food packaging Series on Risk Management No. 63. OECD. [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/CBC/MONO\(2021\)31&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/CBC/MONO(2021)31&docLanguage=En)
- Osmanski, S. (2021). Why Isn't Black Plastic Recyclable? Here's What You Should Know. Green Matters. <https://www.greenmatters.com/p/black-plastic-recyclable>
- Pickering, S. (2006). Recycling technologies for thermoset composite materials—current status. *Composites Part A: Applied Science And Manufacturing*, 37(8), 1206–1215. doi: 10.1016/j.compositesa.2005.05.030
- Pouikli, K. (2020). Concretising the role of extended producer responsibility in European Union waste law and policy through the lens of the circular economy. *ERA Forum*, 20(4), 491–508. doi: 10.1007/s12027-020-00596-9
- Rosa, An.D., Blanco, Ig., Diosdado R. Banatao D.R., Stefan J. Pastine St.J., Björklund An., & Cicala G. (2018). Innovative Chemical Process for Recycling Thermosets Cured with Recyclamines® by Converting Bio-Epoxy Composites in Reusable Thermoplastic—An LCA Study. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29495571/>
- Stewardship Institute. (2020). Extended Producer Responsibility for Packaging and Paper Products: Policies, Practices, and Performance. https://cdn.ymaws.com/www.productstewardship.us/resource/resmgr/packaging/2020.03.17_PSI_EPR_for_PPP.pdf
- Frâne, A., Stenmarck, Å., Gislason, S., Lyng, K., Løkke, S., Castell-Rüdenhausen, M., & Wahlström, M. (2014). Collection and recycling of plastic waste; Improvements in existing collection and recycling systems in the Nordic countries. *TemaNord 2014:543*. Nordisk Ministerråd. https://issuu.com/nordic_council_of_ministers/docs/tn2014543_web
- Thomas, G.P. (2012). Recycling of Polyethylene Terephthalate (PET or PETE), AZO Cleantech. <https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=254>
- Thornberry, M. (2020). Expanding the Knowledge Base of Expanded and Extruded Polystyrene: A Report. REPAK. Maeve Thornberry&Associates. https://repak.ie/images/uploads/reports/Expanding_the_Knowledge_Base_of_Expanded_and_Extruded_Polystyrene.pdf
- Turner, A. (2018). Black plastics: Linear and circular economies, hazardous additives and marine pollution. *Environment International*, 117, 308–318. doi: 10.1016/j.envint.2018.04.036
- Shiran, Y., & Kremer, A. (2021). Achieving Circularity – A zero waste circular plastic economy in Norway. SYSTEMIQ. Handelen Miljøfond. <https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2021/06/AchievingCircularity-MainReport-June2021.pdf>
- UNEP. (2018). Africa Waste Management Outlook. UNEP. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/25514>