

关于塑料的迷思



迷思10

化学回收可以解决塑料污染危机

支持者说,化学回收有望成为解决塑料污染问题方案的一部分。但就目前而言,化学回收更多的是一种希望,而不是现实,不太可能在短期内做出实质性贡献。化学回收是能源密集型的,会产生温室气体排放,而且尚未被证明其经济可行性。作为机械回收的补充,化学回收最终可能做出有价值的贡献,但迫切需要提高其产量并降低能源需求(SYSTEMIQ等人,2021)。

尽管近年来化学回收被宣传为一种有前途的技术,可以克服现有塑料回收选项的局限性(Thiounn & Smith 2020; CEFIC, 2020),但它目前还不完善。研究的重点是改进处理受污染或混合塑料垃圾(包括传统上不可回收的聚合物)的方法,以及生产质量与原生聚合物相似的回收材料(Rahimi & Garcíá, 2017; Solis & Silveira, 2020)。人们也在探索能够重复化学回收聚合物的方法(Zhu等人, 2018)。但在某些情况下,“回收”是一个误称,因为一些工艺并没有将塑料垃圾转化为后续使用的原料,而是(至少部分)转化为燃料或化学品。

溶剂净化、化学解聚和热解聚是三种主要的化学回收工艺(Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ, 2020; Eunomia, 2020)。溶剂净化将污染物从溶剂中的塑料垃圾中分离出来,并使塑料恢复到聚合物阶段。这一工艺是能源密集型的,而且由于随后的再加工会使聚合物链降解,因此不可能实现无限循环(Eunomia, 2020)。化学解聚,也被称为化学分解,将塑料垃圾分解成单体,可用于生产聚合物,用于与产生垃圾的产品具有相同或更高价值的用途。然而,目前应用针对的是同质化的垃圾,因此依赖于有效的分类和预处理(Eunomia, 2020)。

热解聚包括热解和气化,利用热量将聚合物链分解成更小的碎片,可用于生产聚合物或燃料。热解,也称为热裂解,在中高温和无氧条件下工作。气化则使用更高的温度范围,并控制氧气量以达到预期的结果。对热解工艺的一种改变被称为催化裂解,这一工艺使用一种催化剂,可以降低加工温度并增加产量(同上)。

欧洲化学品管理局(2021年)认为有四种化学回收技术已经达到商业运作规模——化学分解、热解、催化裂解和气化。塑料的其他化学回收方法一些还处于实验室或试点阶段,一些则已经接近或处于全面运作阶段。

复杂性

随着化学回收的继续发展,其他相关问题也需要关注:工艺的能源密集度;固有的排放;该技术生产材料的产量或可用比例;原料的可用性和质量;以及化学回收的经济性(Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ, 2020; Eunomia, 2020)。最重要的问题是衡量与化学品回收有关的好处是否超过了其环境和财务成本。

化学回收能够加工处理一些机械回收方式无法处理的塑料垃圾,但并没有证明它可以减少排放或在减少对原生塑料的需求方面发挥较大的作用。有关各方都呼吁进行更多的研究,提高透明度和开展生命周期评估(CEFIC, 2020; 欧洲化学品管理局, 2021; Eunomia, 2020; Rollinson & Oladejo, 2020)。

能源消耗

化学回收是一个比机械回收更密集、更复杂的工艺,会消耗更多的能源(Klemeš等人, 2020)。热解和气化使用大量的能量来获得塑料垃圾净化预处理所需的外部热量,将塑料产品分解成气体、液体和固体(Solis & Silveira, 2020; Eunomia, 2020)。再聚合工艺消耗的能量更多(Rollinson & Oladejo, 2020)。最终产品的温度和预期纯度越高,能源消耗就越大(Solis & Silveira, 2020)。

排放

化学回收在加工过程中以及所产生的燃料产品的燃烧过程中会产生温室气体排放(Rollinson & Oladejo, 2020),但这方面的研究有限。一项生命周期评估发现,塑料到塑料的化学回收比机械回收的温室气体排放量更高,与塑料到燃料的化学回收的温室气体排放量几乎相同(Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ, 2020)。另一项生命周期评估发现,混合塑料垃圾热解的排放量是焚烧的一半,与机械回收的排放量相似(Jeswani等人, 2021)。

产量

衡量化学回收技术的效率和经济可行性的一个重要标准是产量——有多少产出可以用于新的塑料生产。一项研究表明,对混合的、不可回收的塑料材料进行化学回收,生产1吨低密度聚乙烯(LDPE)需要4吨塑料垃圾(Santagata等人, 2019)。在实验室规模或示范阶段进行的研究可能包括基于这一结论的假设,但其在规模化时可能站不住脚(Eunomia, 2020)。

原料

热解和气化对原料污染很敏感,混合塑料原料可能导致操作问题。原料质量可能影响产量和能源消耗(同上)。产出的产品可能被严重污染、质量差,需要大量的净化和浓缩,才能达到使用所需的标准。劣质原料可能会产生令人担忧的物质,如热解和气化过程中形成的二恶英,需要进一步净化(Crippa等人, 2019; Delavelle & De Caemel, 2015)。化学回收所需的高原料质量需要考虑当地的收集范围和分类做法,这在垃圾收集滞后的发展中国家尤其是一个问题。

经济可行性

化学回收的经济可行性仍然不明朗。相关研究没有考虑收集和分类的成本。在工业规模上,化学回收的成本效益取决于原料的数量和质量、收集和分类的成本,以及对当地城市固体废物回收收取的任何门槛费(Solis & Silveira, 2020)。原生材料已经能够在成本上与机械回

收的塑料竞争,当然也可能与化学回收的塑料垃圾竞争。

循环性

化学回收提高了人们的希望,被认为是实现塑料循环经济的一种潜在手段,可以填补机械回收留下的空白(CEFIC, 2020)。然而,当热解和气化将塑料垃圾转化为燃料时,并不会产生新的塑料。因此,这些工艺不会取代原生塑料,并使线性模式而非循环模式长期存在。目前,化学品回收在几个环节上都有工艺损耗,对能源的需求很高,而且会排放温室气体。迄今为止,化学回收还没有证明它可以将大量垃圾转化为新的塑料,用于经济建设。

我们可以做什么?

化学回收可能成为解决塑料污染方案的一部分,但单靠它并不能解决塑料危机。在化学回收发展的现阶段,仍有许多不确定因素:工业规模上化学回收工艺的可行性;与收集和分类相关的潜在物流和经济问题;以及化学回收在循环经济中的作用。最近一项关于挪威循环塑料经济前景的研究认为,减少可避免的消费以及扩大分类能力是实现循环的核心战略,但该研究也建议扩大化学回收的规模(SYSTEMIQ等人, 2021)。

1.开展生命周期评估

生命周期评估通常用于确定生产和回收的环境影响,并从更广泛的角度看待环境问题(Toniolo等人, 2013)。为了确保扩大化学回收的规模,业界提倡使用生命周期评估,将化学回收产品的碳足迹与原生塑料或替代原料进行比较(CEFIC, 2020)。在化学回收达到工业规

模之前,在此规模上进行真正的比较可能是困难的。初步工作可能有助于确定采取这一步骤的可行性。

一定程度的扩大规模可能有助于生命周期评估,但一些观察者指出,扩大化学回收规模可能会增加对原材料和转变垃圾为能源这一途径的依赖,导致更多的负面环境影响(Eunomia, 2020)。

2.开展研究

在相对环境成本和效益方面缺乏共识,可能阻碍化学回收达到工业规模,但目前的知识水平不足以达成共识。然而,幸运的是,支持者和怀疑者都认为需要更多的知识,因此在该领域开展研究的时机已经成熟。比较各种化学回收技术的排放量与机械回收和使用原材料排放量的研究将为生命周期评估提供宝贵的信息。同时,对化学回收技术能源需求的研究也将提供类似的有用信息。

3.改善化学回收的前景

对工艺改进的投资可以提高效率,使化学回收在经济上足够可行,以生产具有多种市场潜力的竞争性产品(Chandrasekaran等人, 2015)。鉴于化学回收对原料污染的敏感性,更好的塑料垃圾分类和完善的收集系统可以提高产量,支持化学回收工艺的经济可行性。分类和收集也是机械回收的重要因素,机械和化学回收技术之间的一些协同作用可能会提高回收率,降低运输成本。同处一地的机械和化学设施可以最大限度地发挥协同作用,并处理大部分塑料垃圾流(Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ, 2020)。回收系统的持久性和可持续性最终取决于运营商处理成本的能力。

参考文献

- CEFIC. (2020). Introducing chemical recycling: Plastic waste becoming a resource. Position paper. <https://cefic.org/app/uploads/2020/03/Cefic-Position-Paper-on-Chemical-Recycling.pdf>
- Chandrasekaran, S., Kunwar, B., Moser, B., Rajagopalan, N., & Sharma, B. (2015). Catalytic Thermal Cracking of Postconsumer Waste Plastics to Fuels. 1. Kinetics and Optimization. *Energy & Fuels*, 29(9), 6068–6077. doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b01083
- Crippa, M., De Wilde, B., Koopmans, R., Leyssens, J., Muncke, J., Ritschkoff A.-C., Van Doorselaer, K., Velis, C. & Wagner, M. (2019). A circular economy for plastics – Insights from research and innovation to inform policy and funding decisions. (M. De Smet and M. Linder, Eds.). European Commission, Brussels, Belgium.
- Delavelle C., & De Caestele B. (2015). Plastic Waste Chemical Recycling: situation and perspective state-of-the-art and expert panel, Etude RECORD n13–0242/1A.
- Hann, S., & Connock, T. (2020). Chemical Recycling: State of Play. Eunomia for CHEM Trust. <https://chemtrust.org/wp-content/uploads/Chemical-Recycling-Eunomia.pdf>
- European Chemicals Agency. (2021). Chemical Recycling of Polymeric Materials from Waste in the Circular Economy. https://echa.europa.eu/documents/10162/1459379/chem_recycling_final_report_en.pdf/887c4182-8327-e197-0bc4-17a5d608de6e?t=1636708465520
- Jeswani, H., Krüger, C., Russ, M., Horlacher, M., Antony, F., Hann, S., & Azapagic, A. (2021). Life cycle environmental impacts of chemical recycling via pyrolysis of mixed plastic waste in comparison with mechanical recycling and energy recovery. *Science Of The Total Environment*, 769, 144483. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144483
- Klemeš, J., Fan, Y., & Jiang, P. (2020). Plastics: friends or foes? The circularity and plastic waste footprint. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, And Environmental Effects*, 43(13), 1549–1565. doi: 10.1080/15567036.2020.1801906
- Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ. (2020). Breaking the Plastic Wave, A comprehensive assessment of pathways towards stopping ocean plastic pollution. <https://www.systemiq.earth/breakingtheplasticwave/>
- Rahimi, A., & García, J. (2017). Chemical recycling of waste plastics for new materials production. *Nature Reviews Chemistry*, 1(6). doi: 10.1038/s41570-017-0046
- Rollinson, A. & Oladejo, J. (2020). Chemical Recycling: Status, Sustainability, and Environmental Impacts. Global Alliance for Incinerator Alternatives. doi:10.46556/ONLS4535. https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/CR-Technical-Assessment_June-2020.pdf
- Santagata, C., Iaquaniello, G., Salladini, A., Agostini, E., Capocelli, M., & Falco, M. (2019). Production of Low-Density Poly-Ethylene (LDPE) from chemical recycling of plastic waste: process analysis. *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119837
- Solis, M., & Silveira, S. (2020). Technologies for chemical recycling of household plastics – A technical review and TRL assessment. *Waste Management*, 105, 128–138. doi: 10.1016/j.wasman.2020.01.038
- SYSTEMIQ, Norwegian Retailers' Environment Fund, & Mepex (2021). Achieving Circularity: A Zero-Waste Circular Plastic Economy in Norway.
- Thiounn, T. & Smith, R.C., 2020. Advances and approaches for chemical recycling of plastic waste. *Journal of Polymer Science*. doi: 10.1002/pol.20190261
- Toniolo, S., Mazzi, A., Niero, M., Zuliani, F. & Scipioni, A. (2013). Comparative LCA to evaluate how much recycling is environmentally favourable for food packaging. *Resources, Conservation and Recycling*, 77, pp.61–68.
- Zhu, J., Watson, E., Tang, J., & Chen, E. (2018). A synthetic polymer system with repeatable chemical recyclability. *Science*, 360(6387), 398–403. doi: 10.1126/science.aar5498