

关于塑料的迷思



迷思8

电子垃圾不属于塑料垃圾问题

2019年,全球电气和电子设备产生的垃圾估计达到5360万吨,预计到2030年将达到7470万吨(Baldé等人, 2017; Forti等人, 2020)。电气和电子设备中的塑料比例(以及由此产生的塑料垃圾)因设备的大小而异,但分析师们普遍认为,按重量计算,电气和电子设备产生的垃圾中约有25%是塑料(Taurino等人, 2010; Ardolino等人, 2021)。因此,电子垃圾在塑料垃圾挑战中扮演着重要角色。

持续的技术进步导致了电气和电子设备数量激增,从大型家用电器到小型装置均是如此。快速的技术淘汰,有限的维修选择,以及以可接受的价格获得更新、更复杂的替代品,导致这些产品中的很大一部分成为电子垃圾(Ahiwar & Tripathi, 2021; Anandh等人, 2021)。在较小的装置中,按重量计算的塑料含量估计几乎达到50%(Martinho等人, 2012)。在大型电器中,按重量计算的塑料含量估计接近10%(同上)。

回收电子垃圾

世界上只有17%的电气和电子设备垃圾被记录为得到妥善收集和回收(Forti等人, 2020)。这比前几年有所增加,但电子垃圾的产生速度比回收速度更快(同上)。收集和回收率因地区而异——据报道,欧洲约为40%,非洲则不到1%(同上)。回收电子垃圾的技术是存在的,但回收可能是一个昂贵的过程,而电子垃圾回收的重点是贵金属。

官方回收市场——在政府监管下运营的市场——已经证明了在经济上是可行的(Cardamone等人, 2021)。在欧洲, 约有一半最常见的塑料被回收并送去进行塑料再制造, 其余的被送去进行能源回收(Ardolino等人, 2021; Haarman等人, 2020)。回收能力不足以跟上垃圾产生的速度, 可能是造成电子垃圾盛行的原因(Cardamone等人, 2021)。

官方收集和回收率低的部分原因是发达国家向发展中国家出口电子垃圾, 而发展中国家的电子垃圾管理不在官方收集和报告系统之内。不受监管的电子垃圾管理方法可能包括为了回收有价值的金属而焚烧塑料, 这可能导致有机污染物的持久释放(Petrlik等人, 2021)。小型家庭电子垃圾也可能不在回收范围之内, 因为人们将这些垃圾与其他生活垃圾一起送往垃圾填埋场。

电子垃圾构成

电气和电子设备含有众多聚合物和添加剂, 而这些聚合物和添加剂在一些产品中占很大比重, 例如按重量计算, 笔记本电脑或平板电脑普通平板显示器的32%(Haarman等人, 2020)。目前的回收方案允许对轻质聚合物进行分类和再制造, 但较重的聚合物和混合物——如聚碳酸酯和丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)——仍然难以回收(Ardolino等人, 2021; Haarman等人, 2020; Cardamone等人, 2021)。

电子和电气设备中使用的塑料总是包括添加剂, 如着色剂、稳定剂或增塑剂、抗静电剂、阻燃剂、颜料、填料、催化剂、强化玻璃或碳纤维, 并且可能含有危险化合物(Buekens & Yang, 2014)。电子垃圾塑料中存在的这些添加剂使回收过程变得复杂(PolyCE-Project, 2021), 除非回收过程能够分离材料, 否则产生的回收产品可能是低质量的(Schlummer & Mäeurer, 2006; Cardamone等人, 2021)。

阴极射线管电视和小型电子电气设备中用于使塑料变黑的添加剂是电子垃圾中常见的污染物(Grigorescu等人, 2019), 并可能会妨碍塑料的识别, 从而使回收过程效率低

下(Martinho等人, 2012)。然而, 更令人担忧的是可能存在高含量的溴化阻燃剂和重金属, 这些物质如果被填埋或不当回收, 会对环境和人类健康造成严重风险(Buekens & Yang, 2014; Hahladakis等人, 2018; Turner, 2018; Wang & Xu, 2014)。在平板显示器的塑料中, 溴化阻燃剂的比例高达13%(Haarman等人, 2020)。

尽管有几种溴化阻燃剂被禁止生产和使用, 但许多报废的物品仍含有微量的溴化阻燃剂, 有些含量超过了允许的限度(Taurino等人, 2010)。最近的一项分析发现, 电子垃圾中22%的溴化二苯醚阻燃剂可能最终出现在回收的塑料中, 因为它们没有从电子垃圾的塑料流中妥善分离出来(Leslie等人, 2016)。从回收中心取样的碎塑料中也出现了这些物质的堆积(同上)。

我们可以做什么?

解决不断增加的电子垃圾塑料回收需求的方案可能有几种形式: 增加官方收集系统、改变设计、改进回收技术、改进加工和延长产品寿命。所有这些方案都隐含了生命周期方法。

1. 可再生性设计

产品80%以上的环境影响是在设计阶段确定的(Querol, 2021), 所以设计师需要了解所选择材料对回收的影响(Dalrymple等人, 2007)。可再生性设计和其他生态设计策略能够在产品生命周期结束时实现更好、更容易的回收利用, 使设计的产品更加环保。适用于这些电子和电气设备设计策略的指导方针包括尽量减少添加剂、避免有害物质和使用普通塑料(PolyCE-Project, 2021)。

2. 开发和改进回收技术

全球回收能力需要跟上电气和电子设备消费增长的步伐。回收的聚苯乙烯广泛用于电气和电子设备中, 其市场潜在价值高并且在不断增长, 但回收聚苯乙烯的成本不菲, 如果开发出更经济可行的技术, 可能会增加成功回收的数量。能够消除电子垃圾塑料中有害物质的新回

收技术正在市场上出现, 尽管大多数仍处于试验阶段(González等人, 2016; Schlummer等人, 2016; NONTOX项目, 2019; Wagner & Schlummer, 2020; Ardolino等人, 2021)。

3.改进电子垃圾的收集、分类和监测

电子垃圾对人类健康和环境构成严重威胁, 各国必须采取紧急行动, 加强对电子垃圾的控制管理。发展中国家在接受发达国家出口的电子垃圾时, 以获得稀有金属为主要目标, 但却没有妥善处理电子垃圾的设施。

生产者责任延伸制度(EPR)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, 在生产阶段收取少量费用, 就可以对电子垃圾的收集和回收进行补偿, 从而提高低回收率。生产者责任延伸制度还可包括使用智能标签、数据库或基于云的服务的可追溯性计划, 以改善监测和报告(Baxter等人, 2015)。政府需要建立一个明确的法律框架, 并加以实施和执行, 以确保生产者责任延伸制度的成功。这也可以鼓励设计变革, 从而能够有效和高效地回收产品垃圾。

欧盟已经指定了六类电子垃圾, 以帮助组织回收流和回收流程。分类后的废物流包含较少种类的材料, 并且加工更简单(PolyCE-Project, 2021)。在收集阶段将电子垃圾塑料分类成特定的、明确定义的垃圾流, 可以提高电子垃圾塑料的回收水平(Dalrymple等人, 2007)。相似的电子垃圾塑料分类协议可以产生类似的效益。

4.延长电气和电子设备的产品寿命

计划性淘汰策略背后的理念是为产品预先设定有限的使用寿命, 以便消费者更频繁地更换产品。目前出现的一些可行的措施并没有明确禁止计划性淘汰(Malinauskaite & Erdem, 2021)。针对可再生性设计和维修权利的更严格法律可能会迫使企业制造更耐用的电气和电子设备, 让其可以很容易地被重复使用、再制造或维修。另外, 作为一项补充措施, 政府可以向销售修理过的、翻新过的或再制造的产品企业提供税收减免(Gharfalkar等人, 2016)。

参考文献

- Ahirwar R., & Tripathi A.K. (2021). E-waste management: A review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. *Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.*, 15 (2021), Article 100409
- Anandh, G., PrasannaVenkatesan, S., Goh, M., & Mathiyazhagan, K. (2021). Reuse assessment of WEEE: Systematic review of emerging themes and research directions. *Journal of Environmental Management*, 287, 112335. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112335
- Ardolino, F., Cardamone, G., & Arena, U. (2021). How to enhance the environmental sustainability of WEEE plastics management: An LCA study. *Waste Management*, 135, 347–359. doi: 10.1016/j.wasman.2021.09.021
- Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources. United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association.
- Baxter, J., Wahlstrom, M., Zu Castell-Rüdenhausen, M., & Fråne, A. (2015). Plastic value chains: Case: WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment): Part 2 Report. Nordic Council of Ministers.
- Buekens, A., & Yang, J. (2014). Recycling of WEEE plastics: a review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16(3), 415–434. doi: 10.1007/s10163-014-0241-2
- Cardamone, G. F., Ardolino, F., & Arena, U. (2021). About the environmental sustainability of the European management of WEEE plastics. *Waste Management*, 126, 119–132. doi: 10.1016/j.wasman.2021.02.040
- Dalrymple, I., Wright, N., Kellner, R., Bains, N., Geraghty, K., Goosey, M., & Lightfoot, L. (2007). An integrated approach to electronic waste (WEEE) recycling. *Circuit world*. doi: 10.1108/03056120710750256
- Forti, V., Balde, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential.
- Gharfalkar, M., Ali, Z., & Hillier, G. (2016). Clarifying the disagreements on various reuse options: Repair, recondition, refurbish and remanufacture. *Waste Management and Research*, 34(10), 995–1005. doi: 10.1177/0734242X16628981
- González, R., Verdejo, E., Ortiz, A., Salinas, C., & García, N. (2016). LIFE EXTRUCLEAN: Eliminación de sustancias peligrosas en envases de polietileno mediante el uso de dióxido de carbono supercrítico en el proceso de reciclado. 13º Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 2016). <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2016/CT%202016/1998971916.pdf>.
- Grigorescu, R. M., Grigore, M. E., Iancu, L., Ghioca, P., & Ion, R. M. (2019). Waste electrical and electronic equipment: a review on the identification methods for polymeric materials. *Recycling*, 4(3), 32. doi: 10.3390/recycling4030032
- Haarman, A., Magalini, F., & Courtois, J. (2020). Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe. Report by Sofies group. <https://www.bsef.com/news/sofiesreport/>.
- Hahladakis, J. N., Velis, C. A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of hazardous materials*, 344, 179–199. doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.10.014
- Leslie, H. A., Leonards, P. E. G., Brandsma, S. H., De Boer, J., & Jonkers, N. (2016). Propelling plastics into the circular economy—weeding out the toxics first. *Environment international*, 94, 230–234. doi: 10.1016/j.envint.2016.05.012
- Malinauskaite, J., & Erdem, F. B. (2021). Planned Obsolescence in the Context of a Holistic Legal Sphere and the Circular Economy. *Oxford Journal of Legal Studies*.
- Martinho, G., Pires, A., Saraiva, L., & Ribeiro, R. (2012). Composition of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by direct sampling. *Waste Management*, 32(6), 1213–1217. doi: 10.1016/j.wasman.2012.02.010
- NONTOX Project. (2019). Removing hazardous substances to increase recycling rates of WEEE, ELV and CDW plastics. <http://nontox-project.eu/>.
- Petrlík, J., Bell, L., Beeler, B., Møller, M., Jopkova, M., Arisandi, P., Brabcova, K., Carcamo, M., Chávez Arce, S. C., Dizon, T., Ismawati Drwiega, Y., Kuepouo, G., Mng'anya, S., Ochieng Ochola, G., & Skalsky M. (2021). Plastic waste disposal leads to contamination of the food chain. *International Pollutants Elimination Network (IPEN)*.
- PolyCE-Project. (2021). Guidelines for Electrical and Electronic Equipment. <https://www.polyce-project.eu/wp-content/uploads/2021/04/PolyCE-E-book-Circular-Design-Guidelines-2.pdf>
- Querol, M. (2021). Sustainable product policy. EU Science Hub – European Commission. <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/sustainable-product-policy>.
- Schlummer, M., & Mäurer, A. (2006). Recycling of styrene polymers from shredded screen housings containing brominated flame retardants. *Journal of applied polymer science*, 102(2), 1262–1273. doi: 10.1002/app.24377
- Schlummer, M., Wolff, F., & Mäurer, A. (2016). Recovery of PC/ABS from WEEE plastic shred by the CreaSolv® process. In 2016 Electronics Goes Green 2016+(EGG) (pp. 1–6). IEEE. doi: 10.1109/EGG.2016.7829841
- Taurino, R., Pozzi, P., & Zanasi, T. (2010). Facile characterization of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) for mechanical recycling. *Waste Management*, 30(12), 2601–2607. doi: 10.1016/j.wasman.2010.07.014
- 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
- Wagner, S., & Schlummer, M. (2020). Legacy additives in a circular economy of plastics: Current dilemma, policy analysis, and emerging countermeasures. *Resources, Conservation and Recycling*, 158, 104800. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104800
- Wang, R., & Xu, Z. (2014). Recycling of non-metallic fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE): A review. *Waste Management*, 34(8), 1455–1469. doi: 10.1016/j.wasman.2014.03.004