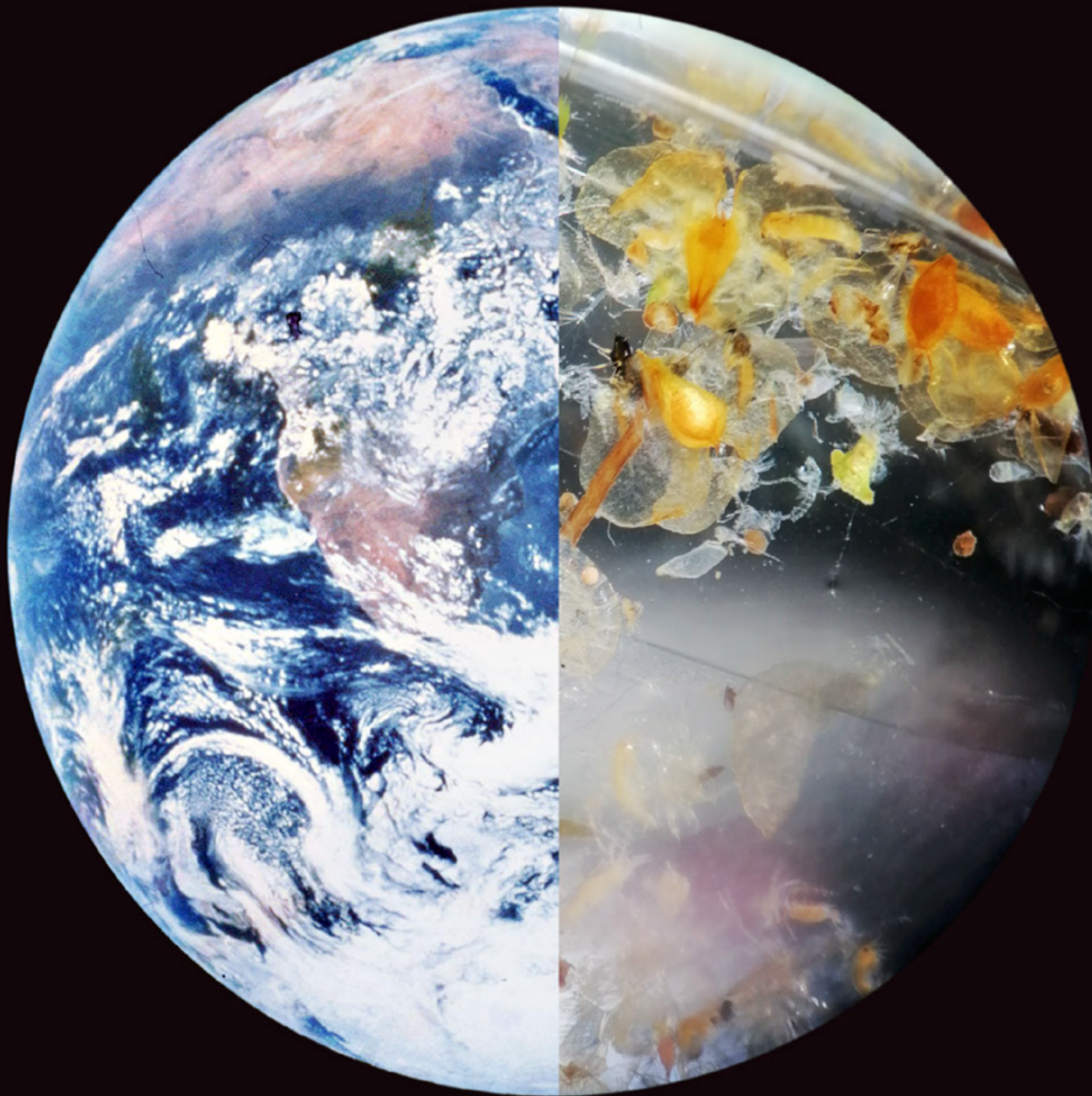


GREENPEACE



永恒之毒

塑料回收对健康威胁的科学研究



俄罗斯斯捷尔利塔马克的回收场正在做塑料分类 10 January 2019. © Shutterstock

若不大幅减少塑胶生产, 就不可能终止塑料污染, 也无法消除塑料中的化学物质对健康的威胁。



婴儿咀嚼塑料玩具 © pavla / Shutterstock

目录

- 3 摘要
- 4 回收塑料里的危险化学品:三条毒害路径
- 7 回收塑料 = 回收有毒化学物质
- 8 科学解析塑料回收的化学危害:环境与食品
- 10 毒害工人和社区
- 12 产品毒害消费者
- 14 回收产业的意外事故对健康的威胁
- 17 终结对塑料「回收材料」的迷恋,
专注于减少塑料生产和使用
- 18 参考文献
- 19 注解



塑料本质上 并不适合循环 经济

科罗拉多州的抽油泵 © Les Stone / Greenpeace

摘要

全球绿色和平¹网络正在倡议一项雄心勃勃、具有法律约束力的《全球塑料公约》（Global Plastic Treaty），该公约将加速摆脱对塑料的依赖，并且为公正转型提供必要条件。该公约须优先考虑以重复使用为基础（re-use-based）的零废弃经济，推广更安全无毒的材料，创造新的就业机会来支持这些做法，保护人类和地球的健康，最大限度地减少资源消耗，并且为塑料供应链及废弃物处理的工人及受影响的社区实现公正转型。

若不大幅减少塑料生产，就不可能终止塑料污染，也无法消除塑料中的化学物质对健康的威胁。《全球塑料公约》必须限制和减少塑料生产，并建立一条终结原生塑料生产的路径。

主要的阻碍来自于塑料产业，包括化石燃料、石化和消费品公司，他们不断将塑料回收和回收材当作解决塑料污染危机的核心方案。事实上，迄今为止全球所生产的塑料仅有不到10%被回收利用²。这一事实导致很多人认为提高回收目标是解决全球塑料危机的最佳途径，例如美国塑料公

约（U.S. Plastics Pact）成员就对塑料回收和循环使用进行游说，转移了人们对于应该大规模减少全球塑料生产的注意力，将处理塑料垃圾的责任从生产者（也就是他们自己）转嫁到公众身上。

许多消费品公司，包括雀巢、联合利华和可口可乐，他们将包装中使用回收塑料作为重要的解决方案，却未能显著减少整体塑料使用，某些情况下甚至增加了塑料使用量，这些公司也未能在重复使用方面取得有意义的成果。事实上，大多数被收回的塑料并未真正被回收利用，况且被回收的塑料中存在有毒的化学物质混合物，使其不适用于食品级或其他消费用途。

事实上，塑料本质上并不适合循环经济。

可口可乐的瓶子 © pavla / Shutterstock



© Fairfax Media / Getty Images



回收 塑料里的 危险化学物质： 三条毒害路径

危险化学物质从各种来源进入回收塑料材料中。由于几乎所有塑料都是碳（多为石油/天然气）和有毒化学物质组合而成，最明显的进入途径是直接污染（direct contamination），原始塑料制品里带有的化学物质直接转移到回收塑料中。但由于塑料废物流和回收过程本身的污染，化学物质也会透过其他路径进入回收塑料中：

塑料回收三个不可控的毒害路径如下：

1. 新原生塑料材料中的有毒化学物质：

当塑料以有毒化学物质制造并且被回收时，有毒化学物质会转移到回收塑料中。

2. 有毒物质渗入塑胶废弃物：

许多研究表明，塑料可以经由直接接触而吸附污染物，塑料也可以通过吸收挥发性化合物来吸附污染物³。当塑料被废物流和环境中的毒素污染，接着被回收处理，它们便成为含有有毒化学物质的回收塑料。例如，杀虫剂、清洁溶剂和其他有毒化学品的塑料容器进入回收链时，可能会导致回收塑料受到污染。

3. 回收过程中产生的新有毒化学物质：

当塑料在回收过程中受热时，可能会产生新的有毒化学物质，这些化学物质会进入回收的塑料。例如，回收处理含有溴化阻燃剂（brominated flame retardants）的塑料时会产生溴化戴奥辛（brominated dioxins）⁴，塑料回收时所使用的稳定剂可能会分解为剧毒物质⁵。分类不当，以及分类后的特定包装成分，也可能导致回收塑料产生毒性。研究发现机械回收一号塑料（PET#1）可能产生致癌物质苯（benzene），即便是接触到少量的三号塑料（PVC#3），也可能导致回收塑料里出现致癌物⁶。

三个塑料回收无法控制的有害路径

1

新原生塑料材料中的有毒化学物质



3

回收过程中产生的新有毒化学物质



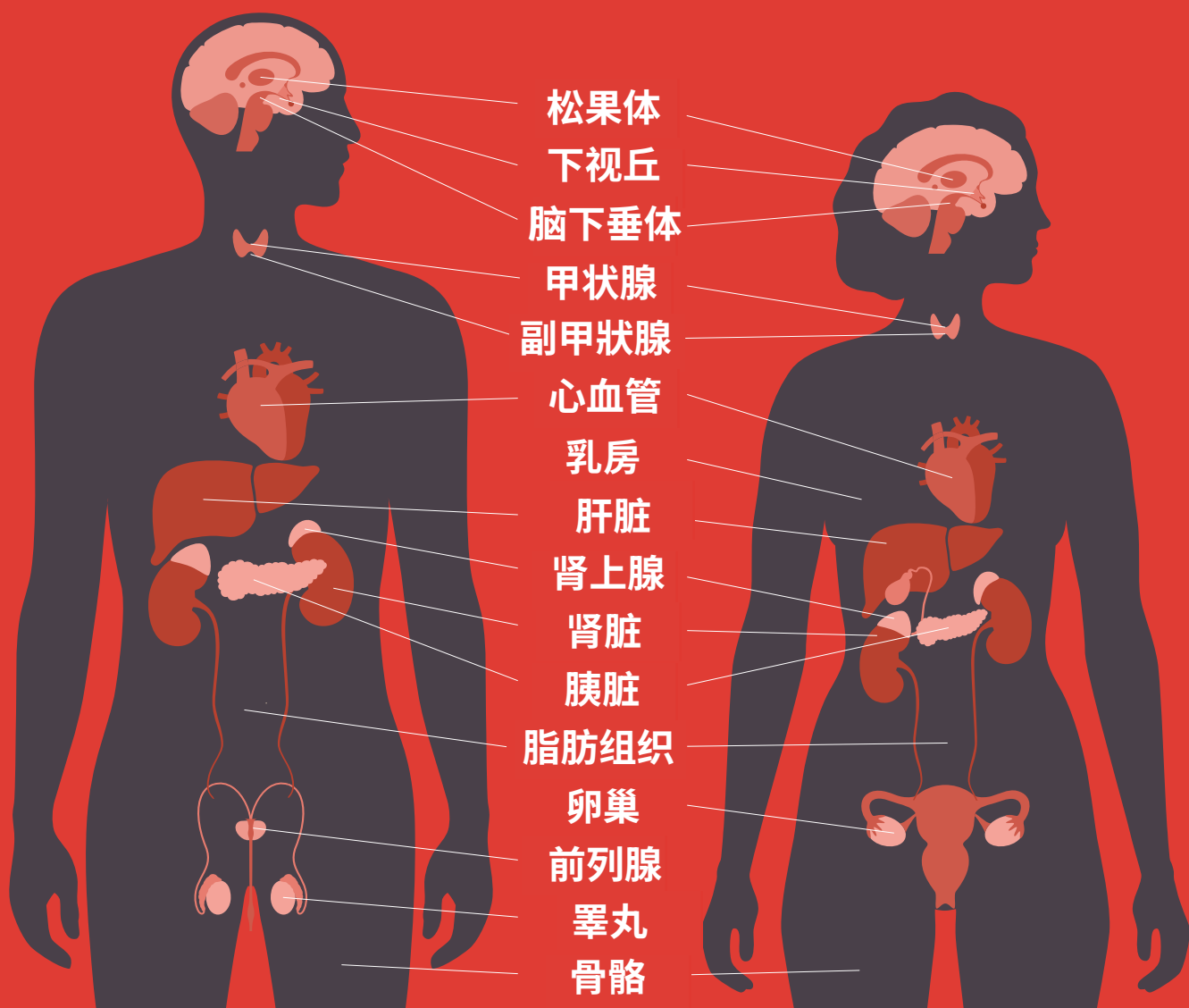
2

有毒物质渗入塑胶废弃物



人体的内分泌系统

内分泌系统所释放的荷尔蒙控制身体的许多重要功能，包括生长与发育，新陈代谢和生殖。由于内分泌系统在许多重要的生物和生理功能中扮演着关键角色，任何内分泌系统的损害都可能导致疾病，甚至死亡。



回收塑料 = 回收 有毒化学物质

塑料由多达13,000种化学物质制成，研究人员认为其中的3,200种化学物质值得关注（还有许多化学物质从未经过评估，并可能具有毒性）⁷。尽管原生塑料含有未知且未经测试的有害化学物，研究显示回收塑料通常含有更高含量的有毒化学物质，这些化学物质可能对人体造成危害并污染社区⁸。回收塑料中的化学物与癌症、心血管疾病、肥胖和其他健康问题都有关联⁹。重要的是要了解，人们不仅在制造和使用原生塑料时会接触到有毒化学物质，在整个回收流程中也会透过塑料回收接触到有毒化学物质：

- 当塑料以回收为名义出口时，它们常常会被任意倾倒或焚烧，导致环境和食物链的污染。
- 工人和当地社区在收集、分类和拆解塑料来回收的过程中会接触有毒化学物质。塑料回收地区应该被视同于有害废弃物处理厂，以及有害化学物污染场址一样受到监管。
- 回收塑料制品使消费者接触到有毒化学物质，包括一些全球禁用的化学物质。回收的过程会把不同塑料里的有毒化学物质结合，产生新的有害化学物质，而这些物质最终都会出现在回收塑料制品当中。

当塑料废弃物成了 剧毒持久性有机污染物 (POPs)

持久性有机污染物（Persistent organic pollutants, POPs）是世界上毒性最强的化学物之一，受到《斯德哥尔摩公约》所监管，带有持久性有机污染物的废弃物也一样受到监管。该公约为每种持久性有机污染物设定了浓度上限，称为低持久性有机污染物含量水平（Low POP Content Level, LPCL），任何含有一个以上持久性有机污染物、并且超过LPCL上限的塑料废弃物都被定义为持久性有机污染物废弃物。

刻意添加持久性有机污染物的常见塑料包括电子产品、车辆和飞机内装、家具、地毯和地板的合成纤维等。《斯德哥尔摩公约》的缔约方必须销毁且不得回收持久性有机污染物废弃物（若能将持久性有机污染物分离处理则为例外）。然而，目前的LPCL标准宽松，无法阻止含有持久性有机污染物的塑料废弃物被回收。因此，正如下面几项研究所显示，在许多新的回收塑料制品当中发现大量全球禁用的高毒性持久性有机污染物。



机舱内设置 © Juan Manuel Aparicio Diez/Shutterstock

科学解析 塑料回收 的化学危害： 环境与食品

广泛的研究指出塑料回收如何毒害人体跟环境

回收塑料会污染环境和食物链：

《自然》（Nature）期刊2013年的报告¹⁰建议将塑料废弃物视为有害废弃物进行管制，包含可能用于回收的废弃物，因为它们对环境、食物链和健康造成威胁。该报告指出，误食塑料的野生动物可能会受到塑料制品里的有毒化学物危害。先前的研究更指出所有的海龟物种、45%的海洋哺乳类动物和21%的海鸟物种会受到威胁。报告作者们表示，「随着塑料废弃物分解成更小的碎片，有更高机率会进入到食物链中」。

2013年的一项研究¹¹发现，在中国的塑料回收场周遭和内部发现有害的空气污染物，可能对工人及当地居民的健康产生影响。回收场附近的有害化学物浓度高于研究的参考基准点。

两份来自中国的研究¹²发现，在塑料回收场附近的土壤、沉积物及道路灰尘样本里，塑料阻燃剂化学物（flame retardant chemicals）的含量较高，而没有进行塑料回收的区域，样本里的塑料阻燃化学物含量则较低。

2021年全球污染物清除网络（International Pollutants Elimination Network, IPEN）和Arnika进行研究¹³，收集来自全球25个地点的样本，包括35个集中放养鸡样本和1个个体鸡蛋样本，分析当中是否含有特定持久性有机污染物。该研究发现，电子废弃物和塑料废弃物回收场周围所生产的鸡蛋，是研究中污染最严重的样本之一。





1. 香港超市中塑料包装的苹果 © Patrick Cho / Greenpeace
2. 公家机关的回收作业 © Dmitry Kalinovsky / Shutterstock
3. 中国垃圾掩埋场中的塑料 © Greenpeace / Yat Yin
4. 摄入微塑料的鱼 © The 5 Gyres Institute
5. 中国一处稻田旁边有垃圾 © Rumbo a lo desconocido / Shutterstock
6. 德国莱茵河的微塑料污染 © Oliver Tjaden / Greenpeace
7. 鸡蛋烹饪 © fizkes / Shutterstock



科学解析 塑料回收 的化学危害： 毒害工人 和社区

回收塑料毒害工人和社区：

2015年的一项研究¹⁴发现塑料回收厂房的工人面临健康风险，这些风险来自于回收过程中产生的挥发性有机化合物，而其中一些工人面临更多癌症风险。

2020年一项调查加沙地带地区的塑料回收工人（拾荒者）研究¹⁵发现大多数人在过去12个月内曾接触过有害物质，且大多数患有职业疾病。

2021年一项针对越南的回收研究¹⁶总结，「手工艺村落里典型的塑料回收过程会对工人和邻里带来健康风险，以及高度环境污染风险」。

2022年人权观察（Human Rights Watch）的一份报告¹⁷记录了土耳其塑料回收场对健康的影响，发现回收工人和附近居民在吸入有毒粉尘或烟雾时可能接触到有害化学物质。这会对终生健康造成风险，包括癌症和生殖损害。

2023年IPEN一项研究¹⁸在家庭回收工作者的血液、食物和周遭环境发现了塑料阻燃剂化学物Dechlorane Plus（DP）。泰国一名塑膠回收工人血液中的DP含量，与居住在15公里外的农场工人血液中的DP含量相比，前者高出近280倍之多。





1. 印度的塑料回收作业 © PradeepGaur / Shutterstock
2. 一名垃圾收集者在土耳其伊斯坦堡的垃圾收集设施工作 © Sahan Nuhoglu / Shutterstock
3. 一处土耳其电子废弃物回收 © OVKNHR / Shutterstock
4. 一名志愿者戴手套在塑料回收厂处理塑料分类工作 © Greenpeace



科学解析 塑料回收的 化学危害： 产品毒害 消费者

回收塑料产品毒害消费者：

2015年捷克和德国的研究者发现¹⁹，用于食品包装和其他产品的回收塑料含有有毒的阻燃剂，包括被禁用的持久性有机污染物（POPs），对儿童和消费者的健康造成潜在影响。

2017年的一项研究²⁰发现欧盟地区购买的玩具及其他回收塑料制品中，含有高含量有毒阻燃剂，其中一样儿童玩具中的管制化学物质含量甚至比欧盟安全限值高出九倍。

2018年IPEN、Arnika、Health and Environment Alliance和BUND的一项研究²¹在四大洲共七个国家的回收塑料制品中发现高含量的戴奥辛(Dioxin)，其中包含儿童玩具。这个含量与一些有害废弃物（例如废弃物焚烧灰渣）的戴奥辛含量差不多，且半数产品超出有害废弃物中氯化戴奥辛（chlorinated dioxin）的建议限值。

2021年IPEN分析²²从23个国家共24个回收场所购买的再生塑料料粒（plastic pellets），结果发现所有颗粒样本都含有至少一种有毒化学物质，有21个样本含有三种受检测的化学物，其中包括干扰内分泌系统的化学物质，以及与神经毒性、细胞毒性作用、心血管疾病有关的化学物质。该报告示警，再生料粒常用于制造玩具和其他儿童产品，此研究结果点出潜在的健康影响，以及可能暴露于风险中的孩童等弱势族群。

2020年的一项研究²³发现回收塑料玩具里有高含量的剧毒戴奥辛(dioxin)，其中三个玩具样本的污染程度「与有害废弃物相当」，超过了《斯德哥尔摩公约》的限值。该研究也根据儿童口腔习惯估算每天摄入的有毒化学物，发现吞食受污染的黑色塑料会显著增加儿童身体

的戴奥辛含量，高于每日建议可耐受摄入量（Tolerable Daily Intake, TDI）。

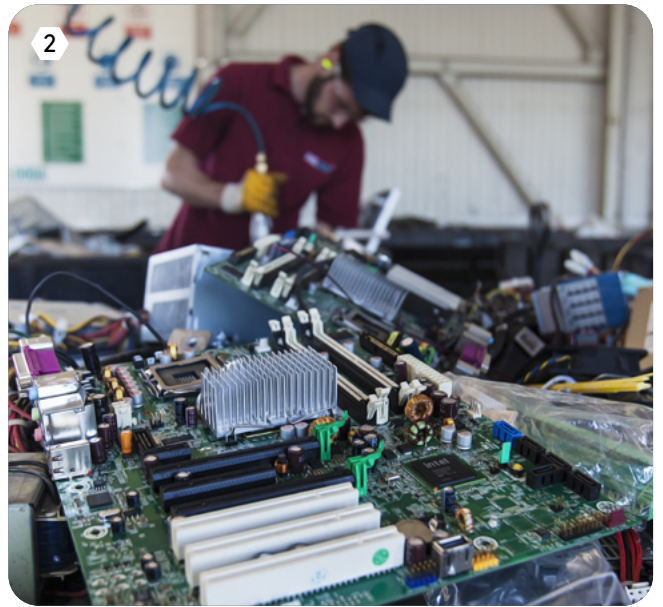
2022年一份IPEN报告²⁴总结来自中国、印尼和俄罗斯的回收塑料产品数据，发现所有产品都含有有毒化学物质，包括国际公约禁用的物质。总共分析的73个产品都含有一至多种全球禁用的阻燃剂化学物质。

2022年的一项研究²⁵发现回收塑料瓶比新塑料制成的瓶子含有更高浓度的有毒化学物质，证明回收过程会加剧化学危害。

2022年由IPEN、Arnika和11个非洲及阿拉伯国家合作进行的研究²⁶，发现回收塑料玩具、厨房用品和其他产品中含有有毒化学物质。在分析的83个产品当中，有61个产品的持久性有机污染物（POPs）含量超过非洲国家的建议限值，必须被视为持久性有机污染物废弃物。

2023年Fraunhofer Institute和IES Landau针对不同欧洲国家的塑料回收物进行测试²⁷，发现51种中度至高度毒性风险的化学物质，以及30种无法辨识的物质。（根据欧盟法律，唯有经授权的物质才能用于食品级塑料²⁸）。

2023年IPEN分析肯尼亚当地购买的回收塑料制品²⁹，发现18个产品中有14个含有有毒阻燃剂，符合非洲国家的持久性有机污染物废弃物定义。其中一个玩具汽车样本经过溴化戴奥辛(dioxin)测试，发现比焚烧后的灰渣带有更高的有毒化学物质。



1. 塑料碎片
© Meaw_stocker / Shutterstock
2. 土耳其电子废弃物回收厂
© OVKNHR / Shutterstock
3. 水果装在一次性的塑料包装中
© monticello / Shutterstock
4. 可口可乐、百事可乐和雀巢 - 三个最大的塑料污染企业生产的产品图片
© Tim Aubry / Greenpeace
5. 儿童咀嚼塑料玩具
© DeymosHR / Shutterstock



回收产业的意外事故对健康的威胁

随着回收场存放的塑料量增加，发生大规模火灾的风险也随之增加，尤其是存放含有旧电池的电子废弃物时。2022年美国 and 加拿大调查发现³⁰，塑料回收和废弃物处理厂共发生破纪录的390起火灾事故。另一项计划则是追踪了全球自2018年以来发生于塑料回收场的火灾情况³¹。土耳其一份报告指出，该国的塑料回收场火灾事故从2019年的33起增加到2021年的121起，几乎每三天就发生一起火灾³²。2020年，马来西亚的塑料回收场火灾数量也较前一年翻倍，环境健康专家警告当地居民，火灾产生的烟雾可能导致呼吸问题，引发或加剧哮喘



喘，并造成皮疹和眼睛疼痛³³。

2017年两份研究³⁴发现，希腊一家塑料回收场2015年所发生的火灾中释放出持久性致癌化合物戴奥辛（dioxins）和呋喃（furans），该研究并得出结论：即使是短暂的化学物质释放也可能加剧当地居民的终身罹癌风险。在2020年希腊另一起塑料回收场大火后，健康专家警告：由于燃烧塑料所释放的化学物质具有毒性，当地居民应避免食用或应彻底清洗当地农产品³⁵。

光是2022年4月到2023年4月的12个月内，澳洲³⁶、加拿大³⁷、加纳³⁸、俄罗斯³⁹、台湾南部⁴⁰、泰国⁴¹、英国⁴²，以及美国佛罗里达州⁴³、印第安纳州⁴⁴、北卡罗来纳州⁴⁵等地的塑料回收厂、内布拉斯加州⁴⁶的一家回收塑料再制成合成木材的工厂，包含这些地方在内都发生了大规模火灾。

1. 美国印第安纳州里奇蒙一家塑料回收厂发生火灾，迫使附近 2000 名居民疏散 Credit: Kevin Shook/ Global Media Enterprise.
2. 英国赫尔塑料厂发生火灾
3. 泰国一家塑料工厂发生爆炸，冒出黑烟 © Varit Soponpis / Shutterstock





**到2060年，
塑料的产量
预计将增加
三倍**



塑料桶装的饮用水 © Sergey Ryzhov / Shutterstock

终结对 塑料「回收材料」 的迷恋， 专注于 减少塑料 生产和使用

若不大幅减少塑料生产，就不可能终止塑料污染。目前塑料的生产和回收数量之间有巨大落差，根据经济合作暨发展组织（OECD）估算，全球仅有9%的塑料废弃物被回收。2060年塑料的生产量预计将增加三倍，而塑料回收量只会微幅增加⁴⁷，情况会变得更糟。过度生产塑料所造成的影响已充分被证实，包括危害垃圾场和焚化炉附近居民的健康，人体内普遍含有塑料，以及摧毁海洋生物。

根据联合国统计，2018年全球约有600万吨塑料废弃物在国际间进行交易，主要以未分类的混合塑胶形式输出，由高收入国家销往低收入国家，特别是南亚及东南亚⁴⁸。一份2023年的报告指出这个数字可能被严重低估，报告并警告，「若国际间缺乏政策来减少塑料生产，富国出口塑料垃圾给穷国的不平等状况将持续存在⁴⁹」，许多穷国的国内生产总值（GDP）甚至比大型塑料制造商的营收还低。

尽管过度生产塑料造成了毁灭性影响，而且需要加快推动重复填充（refill）和重复使用（reuse）的系统，塑料产业仍坚决主张「提高各国回收目标、增加一次性包装里的回收材料」能充分解决全球塑料危机。然而，不只是回收塑料带来相关健康问题，增加塑料回收意味着在整个回收体系中加剧有毒的健康和环境威胁，对弱势群体造成不公平的影响。

与其鼓励有毒的塑料回收，《全球塑料公约》（Global Plastics Treaty）必须达到以下几点：

1. 立刻大规模减少塑料生产，擘画一条终止原生塑料生产的路径。
2. 促进以重复填充和重复使用为导向的经济转

型，创造就业机会，建立重复使用的产业标准，并支持零废弃的作法。

3. 支持塑料供应链工人的公正转型，并优先帮助拾荒者（他们收集全球共约六成的塑膠）。
4. 推广塑料储存和废弃处理的非燃烧技术（non-combustion technologies）。
5. 透过制定「污染者付费」（polluter pays）原则来负担塑料废弃物管理成本，以及塑料生命周期所产生的健康和环境成本。
6. 大幅改善现有回收场的管理、监督、安全、工人保护等。
7. 要求公开塑料里的化学物质，并且消除塑料生命周期所使用的有毒添加剂和化学物质。

参考文献

- 6 News. 2023. Omaha Fire Investigating Large Fire at First Star Recycling. March 30, 2023. <https://www.wowt.com/2023/03/30/ofd-investigates-large-fire-first-star-recycling/>
- Agence France Presse. 2022. In Turkey, Plastic Waste and Toxic Fumes. <https://time.news/in-turkey-plastic-waste-and-toxic-fumes/>
- Ahern, T.P., Spector, L.G., Damkier, P., Esen, B.Ö., Ulrichsen, S.P., Eriksen, K., Lash, T.L., ... Cronin-Fenton, D.P. 2022. Medication-Associated Phthalate Exposure and Childhood Cancer Incidence. *Journal of the National Cancer Institute* 114 (6): 885–894. <https://doi.org/10.1093/jnci/djac045>
- Al-Khatib, I.A., Al-Sari, M.I. & Kontofian, S. 2020. Assessment of Occupational Health and Safety Among Scavengers in Gaza Strip, Palestine. *Journal of Environmental and Public Health* 2020: 3780431. <https://doi.org/10.1155/2020/3780431>
- Alvarado Chacon, F., Brouwer, M. & van Velzen, E. 2020. Effect of Recycled Content and rPET Quality on the Properties of PET Bottles, Part I: Optical and Mechanical Properties. *Packaging Technology and Science* 33(2): 347–357. <http://dx.doi.org/10.1002/pts.2490>
- Associated Press. 2023. "Toxic" Plastic Fire Forces 1,000 People to Evacuate in Indiana. *The Guardian*, April 12, 2023. <https://www.theguardian.com/us-news/2023/apr/12/toxic-indiana-plastic-fire-evacuation>
- Ayamany, K. 2020. Incidence of Fire at Recycling Plants Spikes During MCO, Causing Health Hazards from Toxic Fumes. *The Sun Daily*, June 16, 2020. <https://www.thesundaily.my/local/incidence-of-fire-at-recycling-plants-spikes-during-mco-causing-health-hazards-from-toxic-fumes-AY2607057>
- Brosché, S., Strakova, J., Bell, L. & Karlsson, T. 2021. Widespread Chemical Contamination of Recycled Plastic Pellets Globally. *IPEN*. <https://ipen.org/documents/widespread-chemical-contamination-recycled-plastic-pellets-globally>
- Budin, C., Petrlik, J., Strakova, J., Hamm, S., Beeler, B., Behnisch, P., Besselink, H. ... Brouwer, A. 2020. Detection of High PBDD/Fs Levels and Dioxin-Like Activity in Toys Using a Combination of GC-HRMS, Rat-Based and Human-Based DR CALUX® Reporter Gene Assays. *Chemosphere* 251: 126579. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126579>
- Callaghan, M.A., Alatorre-Hinojosa, S., Connors, L.T., Singh, R.D. & Thompson, J.A. 2020. Plasticizers and Cardiovascular Health: Role of Adipose Tissue Dysfunction. *Frontiers in Pharmacology* 11: 626448. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.626448>
- CEJAD, IPEN & Arnika. 2023. Hazardous Chemicals in Plastic Products and Food Chain in Kenya. <https://ipen.org/documents/hazardous-chemicals-plastic-products-and-food-chain-kenya>
- CHEM Trust. 2022. CHEM Trust Newsletter: April 2022. <https://us18.campaign-archive.com/?u=427121cf9f1b71a8caa3e46c&id=3c3a91623a>
- Cook, E., Derks, M. & Velis, C. 2023. Plastic Waste Reprocessing for Circular Economy: A Systematic Scoping Review of Risks to Occupational and Public Health from Legacy Substances and Extrusion. *Science of the Total Environment* 859(2): 160385. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160385>
- CTV News Edmonton. 2022. Fire at West-End Recycling Facility out After 20 Hours. <https://edmonton.ctvnews.ca/fire-at-west-end-recycling-facility-out-after-20-hours-1.6043319>
- Dvorska, A., Strakova, J., Brosche, S., Petrlik, J., Boontongmai, T., Bubphachai, N., Thowsakul, C. ... Jeungsmarn, P. 2023. Environmental, Food and Human Body Burden of Dechlorane Plus in a Waste Recycling Area in Thailand: No Room for Exemptions. *IPEN, Arnika, and EARTH*. <https://ipen.org/documents/environmental-food-and-human-body-burden-dechlorane-plus-waste-recycling-area-thailand-no>
- Ehope, K. 2022. Ghana: Fire Ravages Plastic Recycling Factory at Kronum. *AlAfrica*, August 8, 2022. <https://allafrica.com/stories/202208080354.html>
- ekathimerini.com. 2020. Recycling Plant Fire Causes Dangerous Air Pollution. <https://www.ekathimerini.com/news/255937/recycling-plant-fire-causes-dangerous-air-pollution/>
- Elworthy, J. 2022. Multiple Crews Tackle Blaze at Fenland Plastics Recycling Plant. *Ely Standard*, July 11, 2022. <https://www.elystandard.co.uk/news/20684741/multiple-crews-tackle-blaze-fenland-plastics-recycling-plant/>
- European Commission. 2011. Commission Regulation (EU) No 10/2011 of 14 January 2011 on Plastic Materials and Articles Intended to Come into Contact with Food. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG-2011R0010-201111230.EN.PDF>
- Everington, K. 2022. Video Shows Fire Break Out in Southern Taiwan Factory. *Taiwan News*, October 11, 2022. <https://www.taiwannews.com.tw/en/news/4682936>
- Gerassimidou, S., Lanska, P., Hahladakis, J., Lovat, E., Vanzetto, S., Geueke, B. ... Iacovidou, E. 2022. Unpacking the Complexity of the PET Drink Bottles Value Chain: A Chemicals Perspective. *Journal of Hazardous Materials* 430: 128410. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128410>
- Guzzonato, A., Puype, F. & Harrad, S.J. 2017. Evidence of Bad Recycling Practices: BFRs in Children's Toys and Food-Contact Articles. *Environmental Science: Processes & Impacts* 19(7): 956–963. <https://doi.org/10.1039/c7em00160f>
- He, Z., Li, G., Chen, J., Huang, Y., An, T. & Zhang, C. 2015. Pollution Characteristics and Health Risk Assessment of Volatile Organic Compounds Emitted from Different Plastic Solid Waste Recycling Workshops. *Environment International* 77: 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.01.004>
- Heindel, J.J., Howard, S., Agay-Shay, K., Arrebola, J.P., Audouze, K., Babin, P.J., Barouki, R. ... Blumberg, B. 2022. Obesity II: Establishing Causal Links Between Chemical Exposures and Obesity. *Biochemical Pharmacology* 199: 115015. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2022.115015>
- Hromadske Int. (@Hromadske). 2023. Twitter post, April 22, 2023. <https://twitter.com/Hromadske/status/164972341141738628>
- Huang, D.-Y., Zhou, S.-G., Feng W.-F. & Tao, L. 2013. Pollution Characteristics of Volatile Organic Compounds, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Phthalate Esters Emitted from Plastic Wastes Recycling Granulation Plants in Xingtian Town, South China. *Atmospheric Environment* 71: 327–334. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.02.011>
- Human Rights Watch. 2022. "It's as If They're Poisoning Us": The Health Impacts of Plastic Recycling in Turkey. https://www.hrw.org/sites/default/files/media_2022/09/turkey0922web_0.pdf
- IPEN. 2022. How Plastics Poison the Circular Economy: Data from China, Indonesia and Russia and Others Reveal the Dangers. <https://ipen.org/documents/how-plastics-poison-circular-economy>
- Karlsson, T., Dell, J., Gündoğdu, S. & Carney Almroth, B. 2023. Plastic Waste Trade: The Hidden Numbers. *IPEN*. <https://ipen.org/documents/plastic-waste-trade-hidden-numbers>
- Martin, L. 2022. Warehouse Fire Investigation Continues. *rrspn*, November 30, 2022. <https://www.rrspn.com/news/6713-warehouse-fire-investigation-continues.html>
- May, N. 2023. Huge Fire Rips Through Plastics Factory in South-East Melbourne. <https://www.theguardian.com/australia-news/2023/feb/08/huge-fire-plastics-factory-south-east-melbourne-keeyborough>
- McLaughlin, T. 2022. After 3-Month Closure, Escambia ECUA Recycling Facility Damaged by Fire on Reopening Week. *Pensacola News Journal*, October 3, 2022. <https://www.pnj.com/story/news/local/escambia-county/2022/10/03/ecua-recycling-center-escambia-county-hit-fire-sewer-overflow/8168153001/>
- Newsflare. 2023. Fire Tears Through Plastic Recycling Factory in Thailand. <https://www.newsflare.com/video/550931/fire-tears-through-plastic-recycling-factory-in-thailand>
- OECD. 2022. Global Plastic Waste Set to Almost Triple by 2060. <https://www.oecd.org/environment/global-plastic-waste-set-to-almost-triple-by-2060.htm>
- Petrlik, J., Beeler, B., Strakova, J., Allo'o Allo'o, S.M., Amara, T., Brosche, S., Garbi, S. ... Zulkovska, K. 2022. Hazardous Chemicals in Plastic Products. *IPEN & Arnika*. <https://ipen.org/documents/hazardous-chemicals-plastic-products>
- Petrlik, J., Behnisch, P., DiGangi, J., Straková, J., Fernandez, M. & Jensen, G. 2018. Toxic Soup: Dioxins in Plastic Toys. *IPEN, Arnika, HEAL, and BUND*. <https://ipen.org/documents/toxic-soup-dioxins-plastic-toys>
- Petrlik, J., Bell, L., Beeler, B., Möller, M., Jopkova, M., Arisandi, P., Brabcova, K. ... Skalsky, M. 2021. Plastic Waste Disposal Leads to Contamination of the Food Chain. *IPEN & Arnika*. <https://ipen.org/documents/plastic-waste-disposal-leads-contamination-food-chain>
- Puype, F., Samsonek, J., Knoop, J., Egelkraut-Holmus, M. & Örtlieb, M. 2015. Evidence of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Relevant Substances in Polymeric Food-Contact Articles Sold on the European Market. *Food Additives & Contaminants: Part A* 32(3): 410–426. <https://doi.org/10.1080/2F19440049.2015.1009499>
- Quinn, M. 2023. High Number of Facility Fires in 2022 Prompts Renewed Look at Battery Recycling Efforts. *Waste Dive*, March 22, 2023. <https://www.wastedive.com/news/high-number-of-facility-fires-in-2022-prompts-renewed-look-at-battery-recycling-recyc/645682/>
- Rochman, C.M., Browne, M.A., Halpern, B.S., Hentschel, B.T., Karapanagioti, H.K., Rios-Mendoza, L.M., Takada, H. ... Thompson, R.C. 2013. Classify Plastic Waste as Hazardous. *Nature* 494: 169–171. <https://www.nature.com/articles/494169a>
- Rung, C., Welle, F., Gruner, A., Springer, A., Steinmetz, Z. & Munoz, K. 2023. Identification and Evaluation of (Non-)Intentionally Added Substances in Post-Consumer Recyclates and Their Toxicological Classification. *Recycling* 8(1): 24. <https://doi.org/10.3390/recycling8010024>
- Salhofer, S., Jandric, A., Soudachan, S., Xuan, T.L. & Tran, T.D. 2021. Plastic Recycling Practices in Vietnam and Related Hazards for Health and the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(8): 4203. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084203>
- Sarigiannis, D.A. 2017. Assessing the Impact of Hazardous Waste on Children's Health: The Exposome Paradigm. *Environmental Research* 158: 531–541. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.031>
- Sarigiannis, D.A., Gotti, A. & Karakitsios, S. 2017. Health Risk from Accidental Fire in a Plastics Recycling Facility. http://uect.ntua.gr/athens2017/proceedings/presentations/16_30_Health_risk_from_accidental_fire_in_a_plastics_recycling_facility.pdf
- Tang, Z., Huang, Q., Cheng, J., Yang, Y., Yang, J., Guo, W., Nie, Z. ... Jin, L. 2014. Polybrominated Diphenyl Ethers in Soils, Sediments, and Human Hair in a Plastic Waste Recycling Area: A Neglected Heavily Polluted Area. *Environmental Science & Technology* 48(3): 1508–1516. <https://doi.org/10.1021/es404905u>
- Tang, Z., Zhang, L., Huang, Q., Yang, Y., Nie, Z., Cheng, J., Yang, J. ... Chai, M. 2015. Contamination and Risk of Heavy Metals in Soils and Sediments from a Typical Plastic Waste Recycling Area in North China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 122: 343–351. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.08.006>
- The Last Beach Cleanup. Fires at Plastic Recycling Facilities [Online]. <https://www.lastbeachcleanup.org/fires>
- Treasure, K. 2022. UPDATED: Bins Go Out as Usual Despite Fire Gutting Hume Recycling Plant. *Riotact*, December 27, 2022. <https://the-riotact.com/fire-in-hume-recycling-plant-could-burn-for-days/625288>
- UN Environment Programme. 2021. Drowning in Plastics – Marine Litter and Plastic Waste Vital Graphics. <https://www.unep.org/resources/report/drowning-plastics-marine-litter-and-plastic-waste-vital-graphics>
- UN Environment Programme & Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions. 2023. Chemicals in Plastics – A Technical Report. <https://www.unep.org/resources/report/chemicals-plastics-technical-report>



绿色和平非洲办公室的行动者于肯尼亚内罗毕恩贡山 (Ngong Hills) 举着支持全球塑料公约的旗帜。2022年2月24 日© Paul Basweti / Greenpeace

註解

- References to Greenpeace in this document refer to the programmatic work of the Plastic Free Future Campaign, a global campaign involving several offices across the global Greenpeace network of 26 independent organizations, including Greenpeace USA and Greenpeace International
- UN Environment Programme (2021)
- See e.g. Cook et al. (2023).
- Petrlik et al. (2022)
- Rung et al. (2023)
- Alvarado Chacon et al. (2020), van Velzen et al. (2020)
- UN Environment Programme & Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions (2023)
- CHEM Trust (2022)
- See e.g. Ahern et al. (2022), Callaghan et al. (2020), and Heindel et al. (2022).
- Rochman et al. (2013)
- Huang et al. (2013)
- Tang et al. (2014), Tang et al. (2015)
- Petrlik et al. (2021)
- He et al. (2015)
- Al-Khatib et al. (2020)
- Salhofer et al. (2021)
- Human Rights Watch (2022)
- Dvorska et al. (2023)
- Puype et al. (2015)
- Guzzonato et al. (2017)
- Petrlik et al. (2018)
- Brosché et al. (2021)
- Budin et al. (2020)
- IPEN (2022)
- Gerassimidou et al. (2022)
- Petrlik et al. (2022)
- Rung et al. (2023)
- European Commission (2011)
- CEJAD, IPEN & Arnika (2023)
- Quinn (2023)
- The Last Beach Cleanup. Fires at Plastic Recycling Facilities [Online]
- Agence France Presse (2022)
- Ayamany (2020)
- Sarigiannis (2017), Sarigiannis et al. (2017)
- ekathimerini.com (2020)
- May (2023), Treasure (2022)
- CTV News Edmonton (2022)
- E.hope (2022)
- Hromadske Int. [@Hromadske] (2023)
- Everington (2022)
- Newsflare (2023)
- Elworthy (2022)
- McLaughlin (2022)
- Associated Press (2023)
- Martin (2022)
- 6 News (2023)
- OECD (2022). The OECD estimates that the share of plastic waste that is recycled will increase to approximately 17% by 2060.
- Cook et al. (2023)
- Karlsson et al. (2023)



绿色和平在乌拉圭的投影行动，当时全球领导人聚集于乌拉圭埃斯特角城讨论全球塑料公约
© Greenpeace / Manuela Lourenço

2023 年 5 月发布

绿色和平组织是一个由全球独立运动组织组成的网络，利用和平抗议和创造性沟通来揭露全球环境问题，致力推动解决方案，保护地球环境与世界和平。

本报告与国际污染物消除网络组织 (International Pollutants Elimination Network, IPEN) 和 The Last Beach Cleanup 组织合作编写。

本报告之原始报告以英文版本撰写，并翻译成中文版本。中文翻译内容如和英文报告有出入者，一律以英文版本为准。

特别感谢

Asia Arminio, Tanya Brooks, Graham Forbes, Rachel Head, John Hocevar, Jamie Kalliongis, and Kate Melges.

报告设计

Paul Hamilton, weareoneanother.net