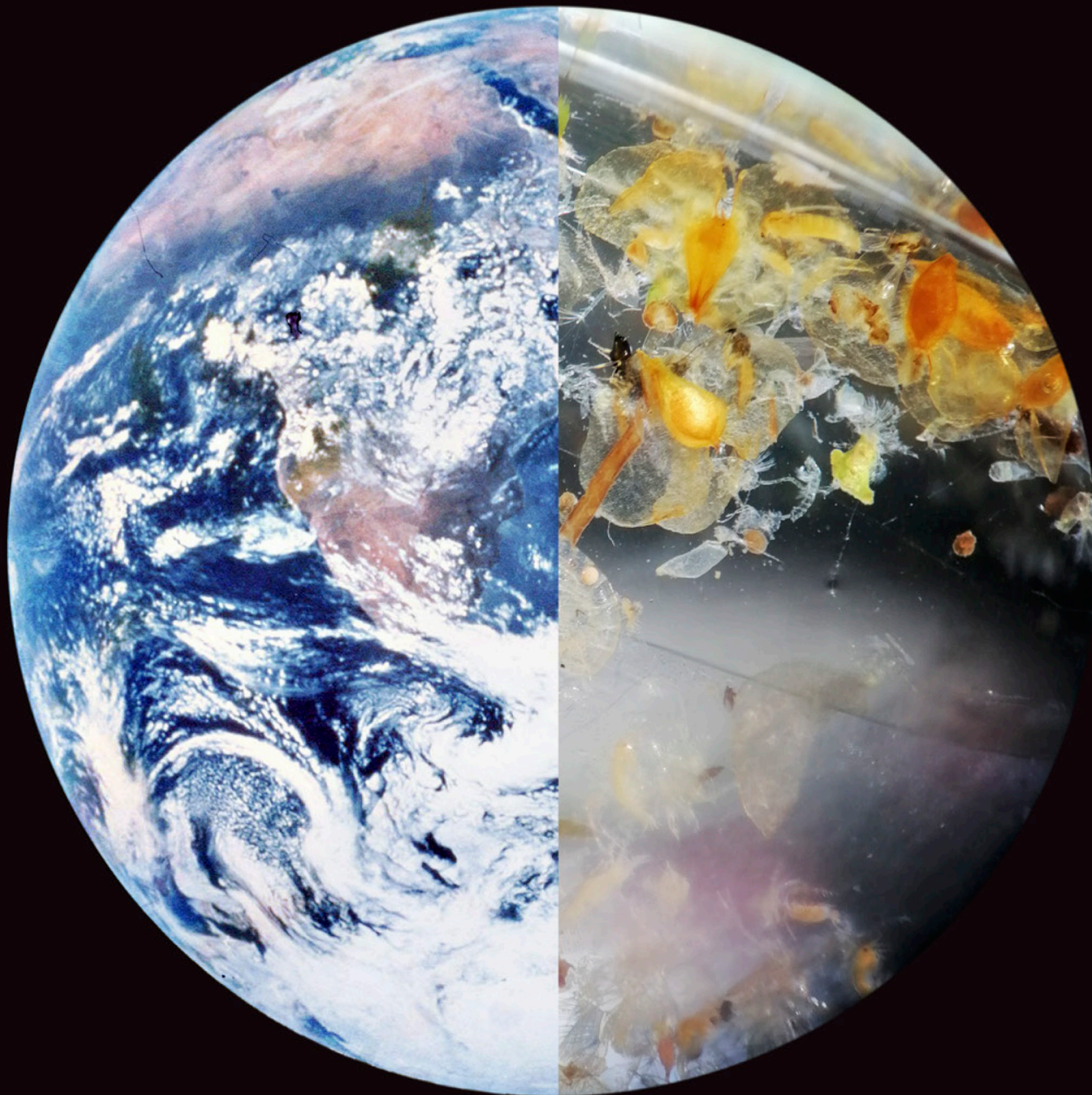


GREENPEACE



永恆之毒

塑膠回收對健康威脅的科學研究



俄羅斯斯捷爾利塔馬克的回收場正在做塑膠分類 10 January 2019. © Shutterstock


**若不大幅減少塑膠生產，
就不可能終止塑膠污染，也無法消除塑膠中的
化學物質對健康的威脅。**



嬰兒咀嚼塑膠玩具 © pavla / Shutterstock

目錄

- 3 摘要
- 4 回收塑膠裡的危險化學物質：三條毒害路徑
- 7 回收塑膠
= 回收有毒化學物質
- 8 科學解析塑膠回收的化學危害：
環境與食品
- 10 毒害工人和社區
- 12 產品毒害消費者
- 14 回收產業的意外事故對健康的威脅
- 17 終結對塑膠「回收材料」的迷戀，
專注於減少塑膠生產和使用
- 18 參考文獻
- 19 註解



塑膠
本質上
並不適合
循環經濟

科羅拉多州的抽油泵 © Les Stone / Greenpeace

摘要

全球綠色和平¹網絡正在倡議一項雄心勃勃、具有法律約束力的《全球塑膠公約》（Global Plastics Treaty），該公約將加速擺脫對塑膠的依賴，並且為公正轉型提供必要條件。該公約須優先考慮以重複使用為基礎（reuse-based）的零廢棄經濟，推廣更安全無毒的材料，創造新的就業機會來支持這些做法，保護人類和地球的健康，最大限度地減少資源消耗，並且為塑膠供應鏈及廢棄物處理的工人及受影響的社區實現公正轉型。

若不大幅減少塑膠生產，就不可能終止塑膠污染，也無法消除塑膠中的化學物質對健康的威脅。《全球塑膠公約》必須限制和減少塑膠生產，並建立一條終結原生塑膠生產的路徑。

主要的阻礙來自於塑膠產業，包括化石燃料、石化和消費品公司，他們不斷將塑膠回收和回收材當作解決塑膠污染危機的核心方案。事實上，迄今為止全球所生產的塑膠僅有不到10%被回收利用²。這一事實導致很多人認為提高回收目標是解決全球塑膠危機的最佳途徑，例如美國塑膠

公約（U.S. Plastics Pact）成員就對塑膠回收和「循環使用」進行遊說，轉移了人們對於應該大規模減少全球塑膠生產的注意力，將處理塑膠垃圾的責任從生產者（也就是他們自己）轉嫁到公眾身上。

許多消費品公司，包括雀巢、聯合利華和可口可樂，他們將包裝中使用回收塑膠作為重要的解決方案，卻未能顯著減少整體塑膠使用，某些情況下甚至增加了塑膠使用量，這些公司也未能在重複使用方面取得有意義的成果。事實上，大多數被收回的塑膠並未真正被回收利用，況且被回收的塑膠中存在有毒的化學物質混合物，使其不適用於食品級或其他消費用途。

事實上，塑膠本質上並不適合循環經濟。

可口可樂的瓶子 © pavla / Shutterstock



© Fairfax Media / Getty Images



回收 塑膠裡的 危險化學物質： 三條毒害路徑

危險化學物質從各種來源進入回收塑膠材料中。由於幾乎所有塑膠都是碳（多為石油/天然氣）和有毒化學物質組合而成，最明顯的進入途徑是直接污染，原始塑膠製品裡帶有的化學物質直接轉移到回收塑膠中。但由於塑膠廢物流和回收過程本身的污染，化學物質也會透過其他路徑進入回收塑膠中：

塑膠回收三個不可控的毒害路徑如下：

1. 新原生塑膠材料中的有毒化學物質：

當塑膠以有毒化學物質製造並且被回收時，有毒化學物會轉移到回收塑膠中。

2. 有毒物質滲入塑膠廢棄物：

許多研究表明，塑膠可以經由直接接觸而吸附污染物，塑膠也可以透過吸收揮發性化合物來吸附污染物³。當塑膠被廢物流和環境中的毒素污染，接著被回收處理，它們便成為含有有毒化學物質的回收塑膠。例如，殺蟲劑、清潔溶劑和其他有毒化學品的塑膠容器進入回收鏈時，可能會導致回收塑膠受到污染。

3. 回收過程中產生的新有毒化學物質：

當塑膠在回收過程中受熱時，可能會產生新的有毒化學物質，這些化學物會進入回收的塑膠。例如，回收處理含有溴化阻燃劑的塑膠時會產生溴化戴奧辛⁴，塑膠回收時所使用的穩定劑可能會分解為劇毒物質⁵。分類不當，以及分類後的特定包裝成分，也可能導致回收塑膠產生毒性。研究發現機械回收一號塑膠（PET#1）可能產生致癌物質苯（benzene），即便是接觸到少量的三號塑膠（PVC#3），也可能導致回收塑膠裡出現致癌物⁶。

三個 塑膠回收 無法控制的 有害路徑

1

新原生
塑膠材料中的
有毒化學物質



3

回收過程中
產生的
新有毒化學物質



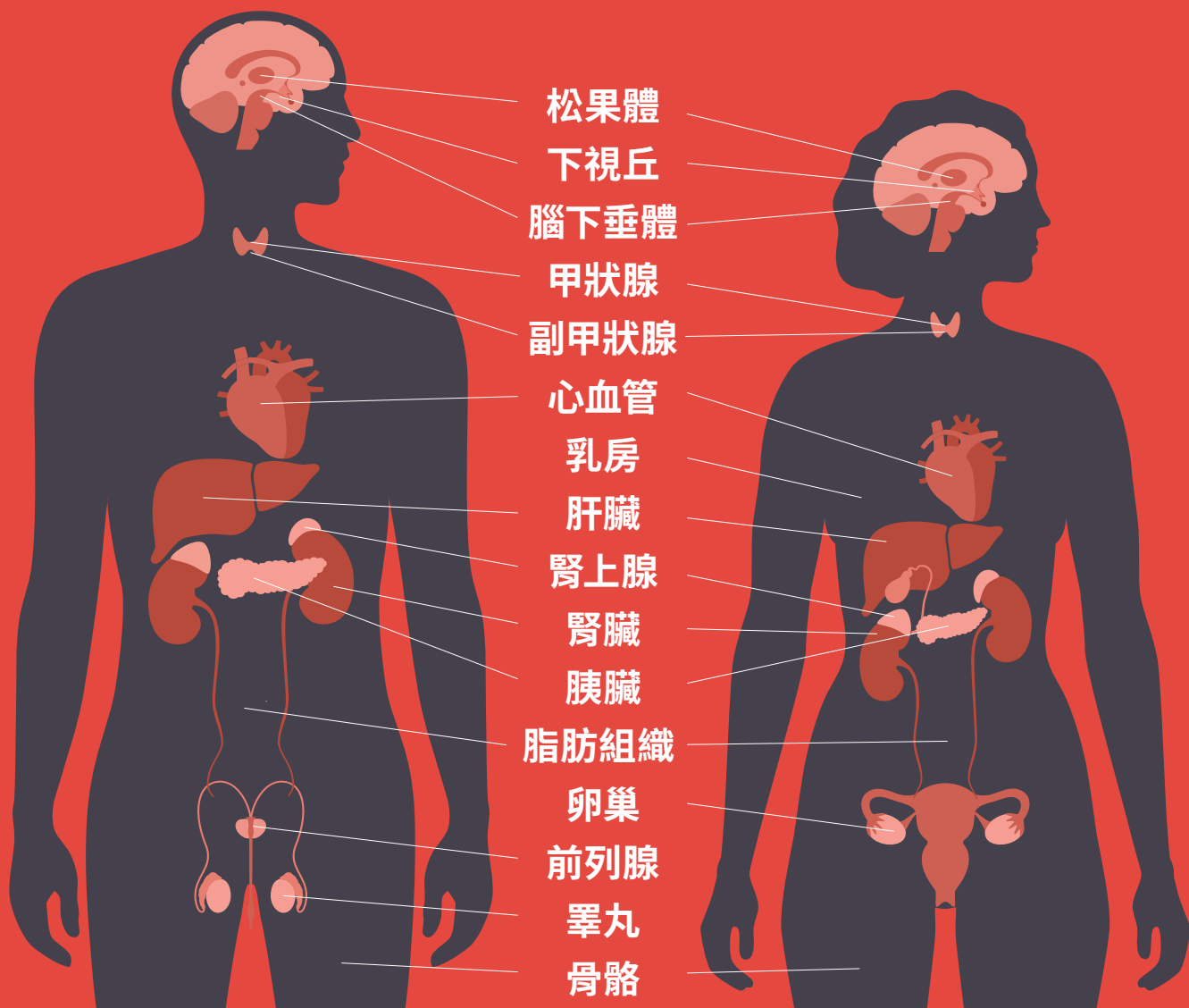
2

有毒物質
滲入
塑膠廢棄物



人體的 內分泌系統

內分泌系統所釋放的荷爾蒙控制身體的許多重要功能，包括生長與發育，新陳代謝和生殖。由於內分泌系統在許多重要的生物和生理功能中扮演著關鍵角色，任何內分泌系統的損害都可能導致疾病，甚至死亡。



回收塑膠 = 回收 有毒化學物質

塑膠由多達13,000種化學物質製成，研究人員認為其中的3,200種化學物質值得關注（還有許多化學物質從未經過評估，並可能具有毒性⁷）。儘管原生塑膠含有未知且未經測試的有害化學物，研究顯示回收塑膠通常含有更高含量的有毒化學物質，這些化學物質可能對人體造成危害並污染社區⁸。回收塑膠中的化學物與癌症、心血管疾病、肥胖和其他健康問題都有關聯⁹。

重要的是要了解，人們不僅在製造和使用原生塑膠時會接觸到有毒化學物質，在整個回收流程中也會透過塑膠回收接觸到有毒化學物質：

- 當塑膠以回收為名義出口時，它們常常會被任意傾倒或焚燒，導致環境和食物鏈的污染。

- 工人和當地社區在收集、分類和拆解塑膠來回收的過程中會接觸有毒化學物質。塑膠回收地區應該被視同於有害廢棄物處理廠，以及有害化學物污染場址一樣受到監管。

- 回收塑膠製品使消費者接觸到有毒化學物質，包括一些全球禁用的化學物質。回收的過程會把不同塑膠裡的有毒化學物質結合，產生新的有害化學物質，而這些物質最終都會出現在回收塑膠製品當中。

當塑膠廢棄物成了 劇毒持久性有機污染物 (POPs)

持久性有機污染物（Persistent organic pollutants, POPs）是世界上毒性最強的化學物之一，受到《斯德哥爾摩公約》所監管，帶有持久性有機污染物的廢棄物也一樣受到監管。該公約為每種持久性有機污染物設定了濃度上限，稱為低持久性有機污染物含量水平（Low POP Content Level, LPCL），任何含有一個以上持久性有機污染物、並且超過LPCL上限的塑膠廢棄物都被定義為持久性有機污染物廢棄物。

刻意添加持久性有機污染物的常見塑膠包括電子產品、車輛和飛機內裝、家具、地毯和地板的合成纖維等。《斯德哥爾摩公約》的締約方必須銷毀且不得回收持久性有機污染物廢棄物（若能將持久性有機污染物分離處理則為例外）。然而，目前的LPCL標準寬鬆，無法阻止含有持久性有機污染物的塑膠廢棄物被回收。因此，正如下面幾項研究所示，在許多新的回收塑膠製品當中發現有大量全球禁用的高毒性持久性有機污染物。



科學解析 塑膠回收 的化學危害： 環境與食品

廣泛的研究指出塑膠回收如何毒害人體跟環境

回收塑膠會污染環境和食物鏈：

《自然》(Nature) 期刊2013年的報告¹⁰建議將塑膠廢棄物視為有害廢棄物進行管制，包含可能用於回收的廢棄物，因為它們對環境、食物鏈和健康造成威脅。該報告指出，誤食塑膠的野生動物可能會受到塑膠製品裡的有毒化學物危害。先前的研究更指出所有的海龜物種、45%的海洋哺乳類動物和21%的海鳥物種會受到威脅。報告作者們表示，「隨著塑膠廢棄物分解成更小的碎片，有更高機率會進入到食物鏈中」。

2013年的一項研究¹¹發現，在中國的塑膠回收場周遭和內部發現有害的空氣污染物，可能對工人及當地居民的健康產生影響。回收場附近的有害化學物濃度高於研究的參考基準點。

兩份來自中國的研究¹²發現，在塑膠回收場附近的土壤、沉積物及道路灰塵樣本裡，塑膠阻燃劑化學物的含量較高，而沒有進行塑膠回收的區域，樣本裡的塑膠阻燃化學物含量則較低。

2021年全球污染物清除網路 (International Pollutants Elimination Network, IPEN) 和 Arnika 進行研究¹³，收集來自全球25個地點的樣本，包括35個集中放養雞蛋樣本和1個個體雞蛋樣本，分析當中是否含有特定持久性有機污染物。該研究發現，電子廢棄物和塑膠廢棄物回收場周圍所生產的雞蛋，是研究中污染最嚴重的樣本之一。





1. 香港超市中塑膠包裝的蘋果 © Patrick Cho / Greenpeace

2. 公家機關的回收作業 © Dmitry Kalinovsky / Shutterstock

3. 中國垃圾掩埋場中的塑膠 © Greenpeace / Yat Yin

4. 攝入微塑膠的魚 © The 5 Gyres Institute

5. 中國一處稻田旁邊有垃圾 © Rumbo a lo desconocido / Shutterstock

6. 德國萊茵河的微塑膠污染 © Oliver Tjaden / Greenpeace

7. 雞蛋烹飪 © fizkes / Shutterstock



科學解析 塑膠回收 的化學危害： 毒害工人 和社區

回收塑膠毒害工人和社區：

2015年的一項研究¹⁴發現塑膠回收廠房的工人面臨健康風險，這些風險來自於回收過程中產生的揮發性有機化合物，而其中一些工人面臨更多癌症風險。

2020年一項調查加薩走廊地區的塑膠回收工人（拾荒者）研究¹⁵發現大多數人在過去12個月內曾接觸過有害物質，且大多數患有職業疾病。

2021年一項針對越南的回收研究¹⁶總結，「手工藝村落裡典型的塑膠回收過程會對工人和鄰里帶來健康風險，以及高度環境污染風險」。

2022年人權觀察（Human Rights Watch¹⁷）的一份報告記錄了土耳其塑膠回收場對健康的影響，發現回收工人和附近居民在吸入有毒粉塵或煙霧時可能接觸到有害化學物質。這會對終生健康造成風險，包括癌症和生殖損害。

2023年IPEN一項研究¹⁸在家庭回收工作者的血液、食物和周遭環境發現了塑膠阻燃劑化學物Dechlorane Plus (DP)。泰國一名塑膠回收工人血液中的DP含量，與居住在15公里外的農場工人血液中的DP含量相比，前者高出近280倍之多。





2



3

- 1. 印度的塑膠回收作業 © PradeepGaur / Shutterstock
- 2. 一名垃圾收集者在土耳其伊斯坦堡的垃圾收集設施工作 © Sahan Nuhoglu / Shutterstock
- 3. 一處土耳其電子廢棄物回收廠 © DVKNHR / Shutterstock
- 4. 一名志工戴手套在塑膠回收廠處理塑膠分類工作 © Greenpeace



4

科學解析 塑膠回收的 化學危害： 產品毒害 消費者

回收塑膠產品毒害消費者：

2015年捷克和德國的研究者發現¹⁹，用於食品包裝和其他產品的回收塑膠含有有毒的阻燃劑，包括被禁用的持久性有機污染物（POPs），對兒童和消費者的健康造成潛在影響。

2017年的一項研究²⁰發現歐盟地區購買的玩具及其他回收塑膠製品中，含有高含量有毒阻燃劑，其中一樣兒童玩具中的管制化學物質含量甚至比歐盟安全限值高出九倍。

2018年IPEN、Arnika、Health and Environment Alliance和BUND的一項研究²¹在四大洲共七個國家的回收塑膠製品中發現高含量的戴奧辛，其中包含兒童玩具。這個含量與一些有害廢棄物（例如廢棄物焚燒灰渣）的戴奧辛含量差不多，且半數產品超出有害廢棄物中氯化戴奧辛的建議限值。

2021年IPEN分析²²從23個國家共24個回收場所購買的再生塑膠料粒，結果發現所有顆粒樣本都含有至少一種有毒化學物質，有21個樣本含有三種受檢測的化學物，其中包括干擾內分泌系統的化學物質，以及與神經毒性、細胞毒性作用、心血管疾病有關的化學物質。該報告示警，再生料粒常用於製造玩具和其他兒童產品，此研究結果點出潛在的健康影響，以及可能暴露於風險中的孩童等弱勢族群。

2020年的一項研究²³發現回收塑膠玩具裡有高含量的劇毒戴奧辛，其中三個玩具樣本的污染程度「與有害廢棄物相當」，超過了《斯德哥爾摩公約》的限值。該研究也根據兒童口腔習慣估算每天攝入的有毒化學物，發現吞食受污染的黑色塑膠會顯著增加兒童身體的戴奧

辛含量，高於每日建議可耐受攝入量（tolerable daily intake，TDI）。

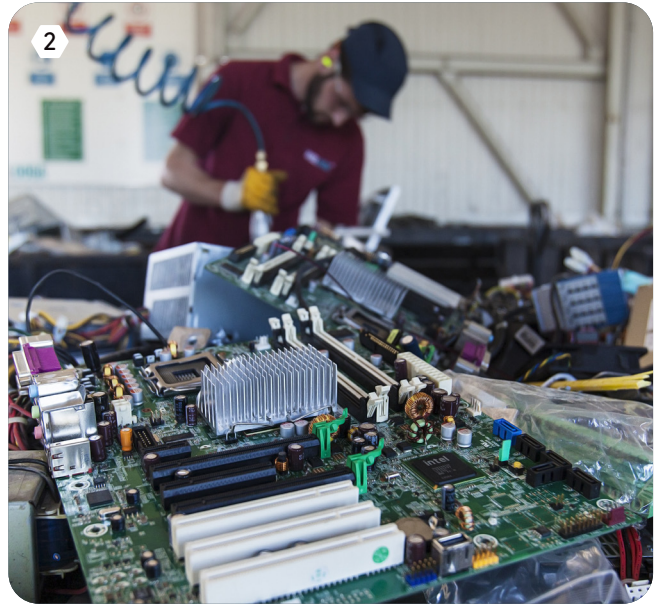
2022年一份IPEN報告²⁴總結來自中國、印尼和俄羅斯的回收塑膠產品數據，發現所有產品都含有有毒化學物質，包括國際公約禁用的物質。總共分析的73個產品都含有一至多種全球禁用的阻燃劑化學物質。

2022年的一項研究²⁵發現回收塑膠瓶比新塑膠製成的瓶子含有更高濃度的有毒化學物質，證明回收過程會加劇化學危害。

2022年由IPEN、Arnika和11個非洲及阿拉伯國家合作進行的研究²⁶，發現回收塑膠玩具、廚房用品和其他產品中含有有毒化學物質。在分析的83個產品當中，有61個產品的持久性有機污染物（POPs）含量超過非洲國家的建議限值，必須被視為持久性有機污染物廢棄物。

2023年Fraunhofer Institute和IES Landau針對不同歐洲國家的塑膠回收物進行測試²⁷，發現51種中度至高度毒性風險的化學物質，以及30種無法辨識的物質。（根據歐盟法律，唯有經授權的物質才能用於食品級塑膠²⁸）。

2023年IPEN分析肯亞當地購買的回收塑膠製品²⁹，發現18個產品中有14個含有有毒阻燃劑，符合非洲國家的持久性有機污染物廢棄物定義。其中一個玩具汽車樣本經過溴化戴奧辛測試，發現比焚燒後的灰渣帶有更高的有毒化學物質。



- 1. 塑膠碎片
© Meaw_stocker / Shutterstock
- 2. 土耳其電子廢棄物回收廠
© DVKNHR / Shutterstock
- 3. 水果裝在一次的塑膠包裝中
© monticello / Shutterstock
- 4. 可口可樂、百事可樂和雀巢 - 三個最大的塑膠污染企業生產的塑膠瓶的產品圖片
© Tim Aubry / Greenpeace
- 5. 兒童咀嚼塑膠玩具
© DeymosHR / Shutterstock



回收產業 的意外事故 對健康的 威脅

隨著回收場存放的塑膠量增加³⁰，發生大規模火災的風險也隨之增加，尤其是存放含有舊電池的電子廢棄物時。2022年美國和加拿大調查發現，塑膠回收和廢棄物處理廠共發生破紀錄的390起火災事故。另一項計畫則是追蹤了全球自2018年以來發生於塑膠回收場的火災情況³¹。土耳其一份報告指出，該國的塑膠回收場火災事故從2019年的33起增加到2021年的121起，幾乎每三天就發生一起火災³²。2020年，馬來西亞的塑膠回收場火災數量也較前一年翻倍，環境健康專家警告當地居民，火災產生的煙霧可能導致呼吸問題，引發或加劇哮喘，並造成皮



疹和眼睛疼痛³³。

2017年兩份研究³⁴發現，希臘一家塑膠回收場2015年所發生的火災中釋放出持久性致癌化合物戴奧辛（dioxins）和呋喃（furans），該研究並得出結論：即使是短暫的化學物質釋放也可能加劇當地居民的終身罹癌風險。在2020年希臘另一起塑膠回收場大火後，健康專家警告：由於燃燒塑膠所釋放的化學物質具有毒性，當地居民應避免食用或應徹底清洗當地農產品³⁵。

光是2022年4月到2023年4月的12個月內，澳洲³⁶、加拿大³⁷、迦納³⁸、俄羅斯³⁹、臺灣南部⁴⁰、泰國⁴¹、英國⁴²，以及美國佛羅里達州⁴³、印第安納州⁴⁴、北卡羅來納州⁴⁵等地的塑膠回收廠、內布拉斯加州⁴⁶的一家回收塑膠再製成合成木材的工廠，包含這些地方在內都發生了大規模火災。

1. 美國印第安納州里奇蒙一家塑膠回收廠發生火災，迫使附近 2000 名居民疏散

Credit: Kevin Shook/Global Media Enterprise.

2. 英國赫爾爾塑膠廠發生火災

3. 泰國一家塑膠工廠發生爆炸，冒出黑煙

© Varit Soponpis / Shutterstock





**到2060年
塑膠的產量
預計將增加
三倍**



塑膠桶裝的飲用水 © Sergey Ryzhov / Shutterstock

終結對 塑膠「回收材料」 的迷戀， 專注於 減少塑膠 生產和使用

若不大幅減少塑膠生產，就不可能終止塑膠污染。目前塑膠的生產和回收數量之間有巨大落差，根據經濟合作暨發展組織（OECD）估算，全球僅有9%的塑膠廢棄物被回收。2060年塑膠的生產量預計將增加三倍，而塑膠回收量只會微幅增加⁴⁷，情況會變得更糟。過度生產塑膠所造成的影響已充分被證實，包括危害垃圾場和焚化爐附近居民的健康，人體內普遍含有塑膠，以及摧毀海洋生物。

根據聯合國統計，2018年全球約有600萬噸塑膠廢棄物在國際間進行交易，主要以未分類的混合塑膠形式輸出，由高收入國家銷往低收入國家，特別是南亞及東南亞⁴⁸。一份2023年的報告指出這個數字可能被嚴重低估，報告並警告，「若國際間缺乏政策來減少塑膠生產，富國出口塑膠垃圾給窮國的不平等狀況將持續存在⁴⁹」，許多窮國的國內生產毛額（GDP）甚至比大型塑膠製造商的營收還低。

儘管過度生產塑膠造成了毀滅性影響，而且需要加快推動重複填充（refill）和重複使用（reuse）的系統，塑膠產業仍堅決主張「提高各國回收目標、增加一次性包裝裡的回收材料」能充分解決全球塑膠危機。然而，不只是回收塑膠帶來相關健康問題，增加塑膠回收意味著在整個回收體系中加劇有毒的健康和環境威脅，對弱勢群體造成不公平的影響。

與其鼓勵有毒的塑膠回收，《全球塑膠公約》必須達到以下幾點：

- 1.立刻大規模減少塑膠生產，擘畫一條終止原生塑膠生產的路徑。
- 2.促進以重複填充和重複使用為導向的經濟轉型，創造

就業機會，建立重複使用的產業標準，並支持零廢棄的作法。

- 3.支持塑膠供應鏈工人的公正轉型，並優先幫助拾荒者（他們收集全球共約六成的塑膠）。

- 4.推廣塑膠儲存和廢棄處理的非燃燒技術（non-combustion technologies）。

- 5.透過制定「污染者付費」原則來負擔塑膠廢棄物管理成本，以及塑膠生命週期所產生的健康和環境成本。

- 6.大幅改善現有回收場的管理、監督、安全、工人保護等。

- 7.要求公開塑膠裡的化學物質，並且消除塑膠生命週期所使用的有毒添加劑和化學物質。

參考文獻

- 6 News. 2023. Omaha Fire Investigating Large Fire at First Star Recycling. March 30, 2023. <https://www.wowt.com/2023/03/30/afd-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-mca-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., Petrik, J., Strakova, J., Hamm, S., Beeler, B., Behnisch, P., Besseling, 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=427121cfff9f1b71a8caa3e46c&id=3e3a91623a>
- 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., Petrik, J., Boontongmai, T., Bubphachot, 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. *AllAfrica*, 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=CON-SLEG:2011R0010:20111230: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., Vanzetta, 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., Puppe, 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. *Environmental 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/1649723411411738628>
- 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. *rrspin*, November 30, 2022. <https://www.rrspin.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-keysborough>
- 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>
- Petrik, J., Beeler, B., Strakova, J., Allo'Allo', S.M., Amera, T., Brosche, S., Gharbi, S., Zulkovska, K. 2022. Hazardous Chemicals in Plastic Products. *IPEN & Arnika*. <https://ipen.org/documents/hazardous-chemicals-plastic-products>
- Petrik, J., Behnisch, P., DiGangi, J., Strakova, 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>
- Petrik, J., Bell, L., Beeler, B., Moller, 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>
- Puppe, F., Samson, J., Knoop, J., Egelkraut-Haltus, M. & Ortleib, 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-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., Soudachanh, 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://uest.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., Zhong, 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>



綠色和平非洲辦公室的行動者於肯亞奈洛比恩貢山 (Ngong Hills) 舉著支持全球塑膠公約的旗幟。 2022年2月24 日 © Paul Basweti / Greenpeace

註解

1. 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
2. UN Environment Programme (2021)
3. See e.g. Cook et al. (2023).
4. Petrlik et al. (2022)
5. Rung et al. (2023)
6. Alvarado Chacon et al. (2020), van Velzen et al. (2020)
7. UN Environment Programme & Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions (2023)
8. CHEM Trust (2022)
9. See e.g. Ahern et al. (2022), Callaghan et al. (2020), and Heindel et al. (2022).
10. Rochman et al. (2013)
11. Huang et al. (2013)
12. Tang et al. (2014), Tang et al. (2015)
13. Petrlik et al. (2021)
14. He et al. (2015)
15. Al-Khatib et al. (2020)
16. Salhofer et al. (2021)
17. Human Rights Watch (2022)
18. Dvorska et al. (2023)
19. Puype et al. (2015)
20. Guzzonato et al. (2017)
21. Petrlik et al. (2018)
22. Brosché et al. (2021)
23. Budin et al. (2020)
24. IPEN (2022)
25. Gerassimidou et al. (2022)
26. Petrlik et al. (2022)
27. Rung et al. (2023)
28. European Commission (2011)
29. CEJAD, IPEN & Arnika (2023)
30. Quinn (2023)
31. The Last Beach Cleanup, Fires at Plastic Recycling Facilities [Online]
32. Agence France Presse (2022)
33. Ayamany (2020)
34. Sarigiannis (2017), Sarigiannis et al. (2017)
35. ekathimerini.com (2020)
36. May (2023), Treasure (2022)
37. CTV News Edmonton (2022)
38. E.hope (2022)
39. Hromadske Int. [@Hromadske] (2023)
40. Everington (2022)
41. Newsflare (2023)
42. Elworthy (2022)
43. McLaughlin (2022)
44. Associated Press (2023)
45. Martin (2022)
46. 6 News (2023)
47. OECD (2022). The OECD estimates that the share of plastic waste that is recycled will increase to approximately 17% by 2060.
48. Cook et al. (2023)
49. Karlsson et al. (2023)



綠色和平在烏拉圭的投影行動，當時全球領導人聚集於烏拉圭埃斯特角城討論全球塑膠公約
© Greenpeace / Manuela Lourenço

2023年5月發佈

綠色和平組織是一個由全球獨立運動組織組成的網絡，利用和平抗議和創造性溝通來揭露全球環境問題，致力推動解決方案，保護地球環境與世界和平。

本報告與國際污染物消除網絡組織 (International Pollutants Elimination Network, IPEN) 和The Last Beach Cleanup 組織合作編寫。

本報告之原始報告以英文版本撰寫，並翻譯成中文版本。中文翻譯內容如和英文報告有出入者，一律以英文版本為準。

特別感謝

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

報告設計

Paul Hamilton, weareoneanother.net