

News & Highlights

## 卫星跟踪和全球条约为解决塑料垃圾问题开辟了新途径

Sean O'Neill

Senior Technology Writer

随着塑料生产速度的持续攀升，预计到2050年，塑料产量将达到每年 $1 \times 10^9$  t（图1），而塑料垃圾量也会随之增长。2022年5月发射的一个新卫星平台——全球塑料观察（GPW）——已开始监测全球陆地塑料污染情况。GPW是一个可免费访问的在线平台，它将欧洲航天局哨兵2号（Sentinel-2）卫星的13个波段光谱数据与机器学习结合起来，用以识别和监测遍布世界各地的塑料垃圾[1]。这是使用日益先进的卫星技术来解决气候变化和其他长期环境问题的又一例证[2]。

该平台用于协助政府、行业和社区防止塑料泄漏到水生生态系统中（塑料泄漏会对水生生态系统造成特别的破坏），目前由位于澳大利亚珀斯的慈善机构明德路基金会（Minderoo Foundation）提供资金支持。GPW不仅显示了（分辨率为 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ ）富含塑料的垃圾场当前的规模，还显示了它们随时间的变化情况、它们与水道的距离、土壤和地形的特征以及当地人口密度等信息（图2）。

明德路基金会的技术创新和海洋保护负责人Fabian Laurier表示：“GPW关注塑料从被使用者丢弃到被最终堆放于正规、无证或非法垃圾场的全过程。塑料流入海洋就像牛奶掉进茶里一样，几乎不可能被回收。我们首先必须防止塑料进入河流系统。”

总部设在荷兰鹿特丹的国际组织“净洋卫士”（The Ocean Cleanup，该组织致力于开发相关技术，以清除和拦截海洋表面和河流中的塑料污染）的研究负责人Laurant Lebreton表示，虽然有大量塑料是被直接倾倒在海洋

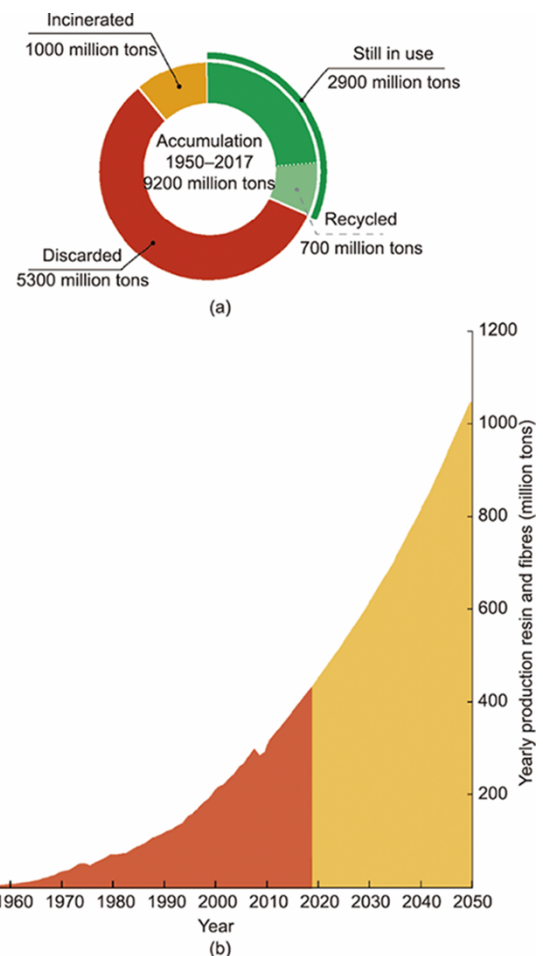
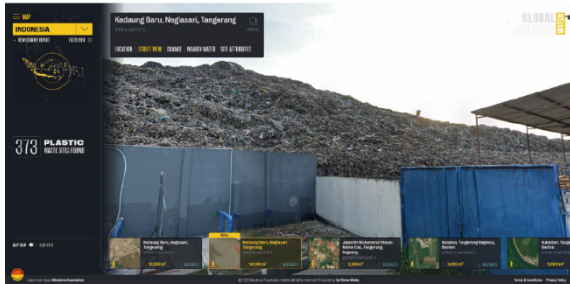


图1. (a) 2017年，塑料总产量约为 $8.3 \times 10^9$  t。(b) 预计到2050年，年产量将超过10亿吨。来源：联合国环境规划署（UNEP）和全球资源信息数据库阿伦达尔中心（GRID-Arendal），已获引用许可。



(a)



(b)

图2. 人们可通过GPW平台了解25个国家中（这些国家中的大多数塑料垃圾均进入了水生生态系统）的塑料垃圾场情况。这些GPW屏幕截图样本显示了以下信息：(a) 叠加在谷歌地球风格的地图上的，印度尼西亚某省不同时间点的单个垃圾场的物理范围；以及(b) 上一张截图中确定的其中一个垃圾场的谷歌街景图像。来源：全球塑料观察，已获引用许可。

中的，但更多的塑料垃圾来自于陆地。“目前的共识是，这些垃圾大约20%来自海洋，80%来自陆地。但事实上，我们也不确定。而且，大多数从河流排放到海洋的漂浮垃圾很快又会被海浪带回到岸上。”（图3）



图3. 许多从河流进入海洋的漂浮垃圾，是海洋塑料垃圾的主要来源，但它们很快就会被带回海滩上，就像这个在洪都拉斯的海滩一样。来源：净洋卫士，已获引用许可。

GPW平台目前覆盖了25个国家，这些国家在2021年《科学进展》(Science Advances) 期刊的一篇文章中被确定为塑料污染被排放到河流中并最终进入海洋速率最高的国家[3]。该论文的资深作者Lebreton提供了一个可证明GPW有用的例子。他当时正在危地马拉莫塔瓜河(Rio Motagua)的一条支流Rio de Las Vacas上进行一个垃圾拦

截项目(图4)。Lebreton说：“我以前从未在一条河里看到如此多的塑料。我们发现，在危地马拉城的上游，河流之上，有一个巨大且未合理控制的露天垃圾填埋场突然出现在GPW平台上。”这份关于问题原因的额外文件推动了与该国管理人员的讨论。Lebreton说：“仅以文件形式将此记录下来这点，就证明了这个平台的强大功能。它让我们将注意力集中到了该条河流的上游，并会对政策制定产生重大影响。”



图4. “净洋卫士”在危地马拉Rio de Las Vacas上建造的实验性“垃圾围栏”暂时捕获的塑料垃圾。在2022年5月的试点工作中，大量的垃圾最终导致了该屏障的失效。来源：净洋卫士，已获引用许可。

虽然GPW计划覆盖世界其他地区，但欧洲国家和美国目前不在该平台监测的25个国家之列。Laurier表示：“我们知道发达国家向较贫穷的国家出口了废物，我们也想了解这些废物对海洋垃圾有何影响。但这并不是一个用来互相指责的工具。”

加拿大多伦多大学环境保护研究员、新西兰国际鸟盟(BirdLife International)太平洋区域协调员Steph Borrelle表示，尽管GPW没有解决西方国家向发展中国家出口塑料垃圾的问题，但对塑料垃圾的额外监督是值得欢迎的。2020年《科学》(Science)杂志一篇论文(该论文模拟了塑料废物的预计增长将如何远远超过塑料污染的治理速度)的主要作者Borrelle表示：“每年进入世界水生生态系统的塑料数量非常惊人[4]。我分析时一直在想‘这肯定是搞错了’，但是，经过反复的数据核查，事实却恰恰相反。”据Borrelle及其合著者称，在2016年，有 $1.9 \times 10^7 \sim 2.3 \times 10^7$  t的生活塑料废物进入了水生生态系统，相当于该年全球产生的所有塑料垃圾的11%左右。根据该研究团队“一切照旧”的设想，到2030年，每年进入海洋的生活塑料垃圾可能会上升至 $9 \times 10^7$  t[4]。

当塑料进入河流和海洋时，波浪作用、阳光和风会使它们逐渐分解为长度小于5 mm的微塑性颗粒，从而伤害并杀死一系列水生生物。现在，海洋、陆地、极地甚至山

顶上几乎到处都可以发现微塑料[5]。Borrelle说：“现在，在人体、未出生婴儿的胎盘[6]、大多数动物，甚至在空气中，都发现了微塑料，我们其实已经生活在‘塑料圈’(Plastisphere)之中。”

自20世纪50年代以来，在所产生的 $8.3 \times 10^9$  t塑料中，估计有 $5.7 \times 10^9$  t变成了废物，其中只有约9%被回收利用，而其余的则被丢弃到了垃圾填埋场或焚烧场(图1)[7-8]。据Borrelle介绍，虽然回收工作值得称赞，但这并不是解决塑料污染问题的答案。“塑料并不能无限循环利用。它只能‘降级回收’。所以，无论如何进行循环利用，它最终还是会变成废物。”

塑料回收还面临经济性的问题。例如，在欧洲2021年期间，最常见回收塑料类型(消费后聚对苯二甲酸乙二醇酯)的成本翻了一番，变得比其原生塑料等价物更加昂贵[9]。

尽管如此，在塑料污染这一黯淡的全球背景下，我们还是有理保持乐观的。为在全球范围内解决塑料污染问题，2022年3月2日在肯尼亚内罗毕举行的第五届联合国环境大会(UNEA-5)上，世界各国领导人一致通过了一项历史性决议，联合国环境规划署(UNEP)也将这一天称为“战胜塑料污染运动的历史性一天”[10]。决议《终结塑料污染：制定具有国际法律约束力的文书》启动了全球条约的谈判；该条约不仅要解决所有环境中的塑料污染问题，还将解决塑料整个生命周期的问题，包括初级(未经加工的)生产、产品设计和废物管理。决议还设立了一个政府间谈判委员会，其目标是在2024年年底完成这份具有法律约束力的全球协议的起草工作。

总部设在英国伦敦的非政府组织环境调查署(EIA)在会议前为该决议的通过争取支持，例如在内罗毕谈判前

夕争取到了数百名科学家和研究机构的签名支持，从而形成了一份《科学家宣言》[11]。该机构海洋运动负责人Christina Dixon表示：“在环保运动和宣传中，要取得胜利是非常艰难的，而且极其罕见。但是UNEA-5的集体精神和共同目标非常强大。”

该决议涉及制定塑料生产的国家报告标准，并包括设立一个专门基金来支持较贫穷国家执行该条约。至关重要是，该决议还为强制减少原生塑料的生产提供了谈判的空间。负责协调《科学家宣言》的EIA海洋运动人士Tom Gammage表示：“解决塑料污染意味着要解决塑料生产问题，这两者是不可分割的。”

同时，人们也越来越认识到塑料污染治理的重要性，并纷纷采取了行动。例如，许多国家已经通过禁止某些形式的一次性塑料，在解决塑料污染方面取得了独立的进展[12-13]。2022年7月，美国加利福尼亚州通过了新的法律来限制塑料的使用，同时要求制造商促进回收，并采取其他行动[14]。

但是Gammage也表示，仅靠这些努力并不能解决问题。他预计联合国(UN)条约最终会对塑料生产的类型和数量、塑料产品的制造作出全球协调和国家实施的新规定，并对从渔业和农业到塑料包装和纺织品等不同行业的塑料问题作出新规定。

原生塑料的主要生产者石油化工行业。根据明德路基金会发布的《塑料垃圾制造者指数》报告，仅20家聚合物生产商就生产了全球一半以上的一次性塑料，而这些塑料最终都变成了废物[15]。这其中，总部位于美国的埃克森美孚和陶氏公司以及总部位于中国的中国石化公司位居前列(图5)。

环保人士预计，石化行业将使用经济手段大力游说，

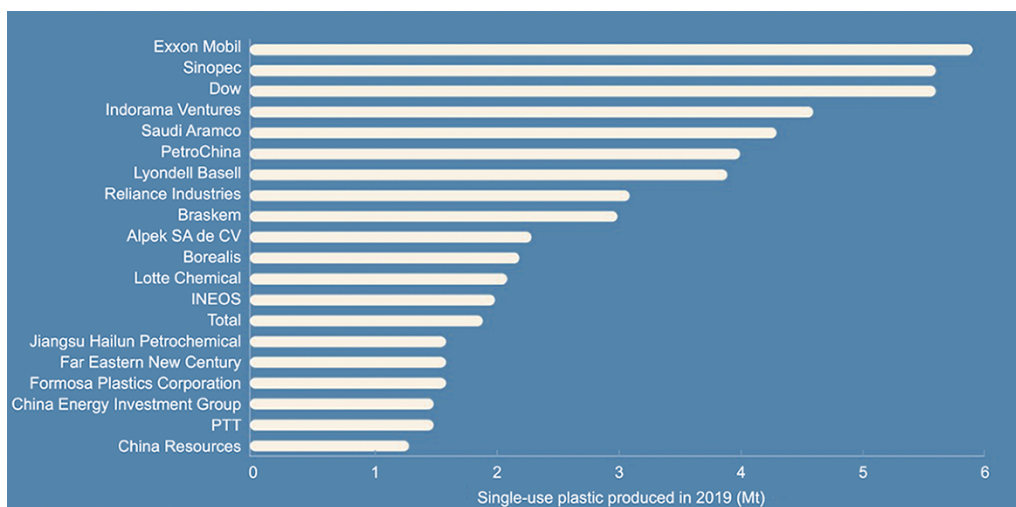


图5. 生产一次性塑料的前20家聚合物生产商。PTT: 泰国石油管理局。来源: 明德路基金会, 已获引用许可。

以求削弱未来条约对塑料生产的控制。Borrelle表示：“这些公司进行此类活动，就是拒绝承认其产品对人类健康或环境的影响，并将责任推给他们的客户。”

Dixon对此也很担心。他说：“石油和天然气的商业模式依靠的是对塑料生产的无控制。他们希望的是无限制的大量生产。在内罗毕会议上，该行业游说团体在一定程度上尚处于幕后。但我们预计，在条约谈判期间，这个强大的支持者团体会有更多活动。”

与此同时，GPW将得到很好的利用，Laurier表示：“我们正在与联合国环境规划署密切合作，探讨如何利用这一工具为条约的制定提供信息，并更清楚地了解全球废物和废物管理趋势，或在废物管理方面的不足之处。”

## References

- [1] Global Plastic Watch online tool [Internet]. Perth: The Minderoo Foundation; 2022 May [cited 2022 Jun 23]. Available from: <https://globalplasticwatch.org/>.
- [2] O'Neill S. Climate change action alights on satellite detection of methane. *Engineering* 2022;16:9–12.
- [3] Meijer LJJ, van Emmerik T, van der Ent R, Schmidt C, Lebreton L. More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Sci Adv* 2021;7(18):eaaz5803.
- [4] Borrelle SB, Ringma J, Law KL, Monnahan CC, Lebreton L, McGivern A, et al. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 2020;369(6510):1515–8.
- [5] Lim X. Microplastics are everywhere—but are they harmful? [Internet]. London: Nature; 2021 May 4 [cited 2022 Jun 23]. Available from: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01143-3>.
- [6] Carrington D. Microplastics revealed in the placentas of unborn babies [Internet]. London: The Guardian; 2020 Dec 22 [cited 2022 Jun 23]. Available from: <https://www.theguardian.com/environment/2020/dec/22/microplastics-revealed-in-placentas-unborn-babies>.
- [7] Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 2017;3(7):e1700782.
- [8] From pollution to solution: a global assessment of marine litter and plastic pollution [Internet]. Nairobi: United Nations Environment Programme; 2021 Oct 21 [cited 2022 Jun 23]. Available from: <http://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine-litter-and-plastic-pollution>.
- [9] Evans J. Recycled plastic prices double as drinks makers battle for supplies [Internet]. London: Financial Times; 2022 Jan 17 [cited 2022 Jun 23]. Available from: <https://www.ft.com/content/122e7584-c837-44bc-9965-9fd37d7c03ca>.
- [10] Historic day in the campaign to beat plastic pollution: nations commit to develop a legally binding agreement [Internet]. Nairobi: United Nations Environment Programme; 2022 Mar 2 [cited 2022 Jun 23]. Available from: <http://www.unep.org/news-and-stories/press-release/historic-day-campaign-beat-plastic-pollution-nations-commit-develop>.
- [11] Scientists and institutions warn leaders negotiating plastic pollution treaty—“follow the science” [Internet]. London: EIA; 2022 Feb 15 [cited 2022 Jun 23]. Available from: <https://eia-international.org/news/scientists-and-institutions-warn-leaders-negotiating-plastic-pollution-treaty-follow-the-science>.
- [12] India bans single-use plastic to combat pollution [Internet]. Atlanta: CNN; 2022 Jul 2 [cited 2022 Jul 11]. Available from: <https://www.cnn.com/2022/07/01/india/india-bans-single-use-plastic-intl-hnk/index.html>.
- [13] Turning the tide on single-use plastics [Internet]. Brussels: European Commission, Directorate-General for Environment; c2021 [cited 2022 Jul 11]. Available from: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/800074>.
- [14] Karlamangla S. What to know about California’s landmark plastics law [Internet]. New York City: The New York Times; 2022 Jul 5 [cited 2022 Jul 11]. Available from: <https://www.nytimes.com/2022/07/05/us/california-plastics-law.html>.
- [15] Charles D, Kimman L, Saran N. The Plastic Waste Makers Index. Report. Perth: The Minderoo Foundation; 2021.