

打破 塑料 浪潮

对遏制海洋塑料污染途径的综合评估



思想伙伴



总结报告

关于皮尤慈善信托基金会

皮尤慈善信托基金会由知识驱动来解决当今最具挑战性的问题。

皮尤采用严谨的分析方法来改善公共政策，为公众提供信息并振兴公民生活。随着美国和世界的发展，我们仍一直致力于创始人对创新的重视。如今，皮尤是一家全球研究和公共政策组织，且仍然是致力于服务公众的独立的、无党派的、非营利性组织。

依据创始人对研究、实践知识和公共服务的兴趣，我们的项目组成包括舆论研究；艺术和文化；公民倡议；以及环境健康、国家和消费者政策计划。

我们的目标是公众带来改变。这意味着要在一些关键问题上有所作为，将重点放在可以生成相应结论、培育新想法、吸引合作伙伴、避免党派或空想，并取得可衡量结果且服务于公共利益的项目上。

详情请点击：<https://www.pewtrusts.org/en>

欲了解更多信息，请联系：

PreventingOceanPlastics@pewtrusts.org

关于SYSTEMIQ

SYSTEMIQ有限公司是一家经过认证的公益企业，在伦敦、慕尼黑和雅加达设有办事处。公司成立于2016年，旨在通过改变土地利用、材料和能源三个关键经济体系的市场和商业模式，推动《巴黎协定》和联合国可持续发展目标的实现。

自2016年以来，SYSTEMIQ参与了多项与塑料和包装相关的系统变革倡议，包括新塑料经济倡议（埃伦·麦克阿瑟基金会）和Project STOP（一项致力于消除印度尼西亚塑料污染的城市合作计划）等。寻找体系性问题解决方案的关键是我们的核心信念，即只有将政策、技术、资金与消费者的参与巧妙地结合起来，才能解决系统性的挑战。全球塑料的挑战也不例外。

详情请点击：<https://www.systemiq.earth/>

欲了解更多信息，请联系：

OceanPlastics@systemiq.earth

目录

前言	4
专家小组	5
背书	6
转换塑料模式的时候到了	8
事实速览：从数量上打破塑料浪潮	12
关于本项目	14
十项关键结论	16
1. 如果“一切照旧”，到2040年，泄漏到海洋的塑料将增加近三倍。	19
2. 目前的承诺尚不足以应对挑战的规模。	21
3. 单一的解决模式无法遏制塑料污染。	22
4. 现有解决方案可以解决约80%的问题。	24
5. 创新是实现零塑料污染未来的必要条件。	41
6. 该解决方案在经济上可行，但需要进行重大投资调整。	42
7. 该解决方案为塑料经济注入新的生命力，给行业带来机遇的同时，也带来了风险。	43
8. 解决方案应依据地理环境和塑料种类加以区分。	44
9. 系统变革对气候、健康、工作和工作环境均大有裨益。	45
10. 推迟五年执行计划将会导致额外8000万吨塑料流入海洋。	47
所有利益相关方都要发挥作用	46
总结	48
尾注	50
致谢	52
思想伙伴	54

前言

近年来，越来越多的研究和报告使得全球对海洋塑料污染构成的挑战有了更深入的理解。但是大多数行业、政府和民间的领导者都注意到了一个关键性的空白：一个以证据为基础的路线图，来描述现有的途径并促进趋同行动。

作为制定路线图的一步，皮尤慈善信托基金会与SYSTEMIQ合作，在先前研究的基础上，创造了这种全球塑料体系的首创模型，结果显示确实存在有依据的、全面的、一体化且具备经济效益的途径，能显著减少对海洋的塑料污染。

海洋塑料污染攀升到公共议程的速度令人吃惊。然而，即使全世界已经开始理解挑战之艰巨，主要参与者们对解决方案仍有不同意见。在编写“打破塑料浪潮：对遏制海洋塑料污染途径的综合评估”一文时，我们咨询了来自学界、工业界、政府和非政府组织的利益相关方们，他们无一例外地都表达了自己对这一问题的关切，并展现出了采取行动的意愿——但他们给出的解决方案往往是相抵触的。

随后，我们开发了也许是最全面的塑料系统建模工具，创建了一次评估各种策略的全球性分析，以减少海洋塑料流入，并量化每种途径中的经济、环境和社会影响。这项工作的最终目的是帮助政策制定者、行业管理者、投资者和民间领导者渡过竞争激烈、数据匮乏且复杂的难关。我们的分析囊括了几个关键性的发现，这些发现可以帮助确定全球系统变革这一遏制塑料污染进入海洋的关键点。

支持此报告的研究涵盖了17位不同领域的、聚焦于塑料污染问题且具有广泛的地域代表性的专家。这一项目是由我们两个独立组织和四个合作机构——牛津大学、利兹大学、埃伦·麦克阿瑟基金会和Common Seas共同协作完成的。

另外，为了开发并填充该模型，项目团队还参考了主要出版物、分析和报告，咨询了100多位独立专家。这些专家代表着塑料供应链、学界和民众。他们或他们所代表的机构并不一定必然赞同本报告的结论。

埃伦·麦克阿瑟基金会的两份报告“打破塑料浪潮”明确了循环经济的愿景，其旨在消除浪费，并通过重复利用、重新设计和循环再生鼓励资源的持续利用。这一概念在全球塑料体系中获得了空前的支持。通过强调更好的塑料设计、再利用、提高循环再生的经济效益和增强回收激励之间的系统联系，这些报告为“打破塑料浪潮”中涉及的挑战指出了一个中心议题：如何应用循环经济的概念，通过促进塑料的减产、替代和更好的废弃物处理的途径，紧急应对这一严峻的环境挑战。

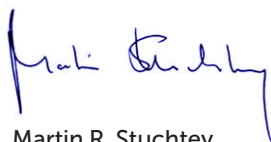
这一模式已经通过公私合作的“全球塑料行动合作伙伴”在印度尼西亚实现了国家层面的应用。我们希望“打破塑料浪潮”的结果能够成为政策领导者、决策者和企业寻找阻止塑料流入海洋解决方案的指南。

海洋塑料污染问题形成的时间尚不久，我们有理由相信它可以在一代人甚至更短的时间内被解决。但是这样的解决方案需要政治领导人、政策制定者、企业管理者和投资者从渐进式变革转向系统性变革。

在我们的结论中，有一点尤为严峻：如果“一切照旧”，依照目前的轨迹，到2040年每年流入海洋的塑料可能会增加至三倍。甚至，即使目前所有主要行业 and 政府的承诺都兑现，“一切照旧”的情况下全球每年流入海洋的塑料污染也仅会下降7%。

然而，我们的研究还表明，如果全世界应用并稳健投资现有技术、管理实践和政策方法——包括减少使用、循环再生和塑料替代，那么20年后塑料从当前轨迹流入海洋的数量将减少约80%。同时本报告提出的新解决方案将在更低的社会成本下，为消费者提供与当下塑料等同的服务。

我们希望“打破塑料浪潮”的概念、数据和分析能够为负责制定行业和政府行动的决策者们提供信息支持。本报告最重要的一个信息是，只要行动得当，解决塑料污染可能会成为人类重新思考、重建可持续支持生命与生活的体系、环境蓬勃发展的成功典范，并因此被铭记。



Martin R. Stuchtey
创始人&管理合伙人
SYSTEMIQ



Tom Dillon
副总裁&环境主管
皮尤慈善信托基金会

专家小组

此项工作是与代表所有相关学科和地区的专家小组合作开展的：



Richard Bailey
环境系统教授
牛津大学



Julien Boucher
联合创始人
Quantis and Shaping
Environmental Action



Jill Boughton
创始人
Waste2Worth Innovations



Arturo Castillo
博士后
帝国理工学院



Mao Da 毛 达
执行董事
深圳市零废弃环保公益事业
发展中心



Enzo Favoino
研究员
Scuola Agraria del Parco
di Monza



Malati Gadgil
独立顾问
Informal sector waste
management



Linda Godfrey
首席研究员
Council for Scientific
and Industrial Research



Jutta Gutberlet
教授
维多利亚大学



Edward Kosior
总经理
Nextek



Crispian Lao
创始总裁
Philippine Alliance for
Recycling and Material
Sustainability



Daniela Lerario
Triciclos Brazil



Ellie Moss
高级顾问
Encourage Capital



Daniella Russo
联合创始人兼首席执行官
Think Beyond Plastic



Ussif Rashid Sumaila
教授
英属哥伦比亚大学



Richard Thompson
教授
普利茅斯大学



Costas Velis
讲师
利兹大学



联合国副秘书长兼联合国环境规划署（UNEP）执行主任**Inger Andersen**

《打破塑料浪潮：对遏制海洋塑料污染途径的综合评估》出台于一个关键时期，它将丰富相关的全球讨论活动，帮助决策者评估遏制塑料和微塑料长期流入海洋的可选方案。辅以证据支持，该研究有力地证明了，我们应在整个价值链中进行系统变革并采取紧急行动。其证实了现有解决方案可以将预计的塑料泄漏减少82%，这令人备受鼓舞。未来两年对世界走上零塑料污染道路至关重要。我们需要促进快速过渡；我们需要立即采取行动！”



瑞士信贷公司影响咨询和金融部首席执行官**Marisa Drew**

“尽管人们对减少海洋塑料的生产、消耗和废物提高了认识，并在全球范围内不懈努力，但目前的轨迹却指向了一个缺乏联合工业界、民间社会和政府力量以共同解决这一关键环境问题的严峻后果。该报告由皮尤慈善信托基金会（Pew Charitable Trusts）和SYSTEMIQ精心研究并经同行评审，其提供了应对挑战所需的投资和创新路线图。该报告还表明，如果整个价值链中的所有利益相关者都立即采取行动，那么我们当下就有切实可行且符合经济利益的解决方案。”



新西兰总理首席科学顾问**Juliet A. Gerrard**教授

“这是一项对全球性重要课题具有深远影响的成果。它将引领各国在攻克塑料问题上团结一致。”



摆脱塑料污染运动全球协调员**Von Hernandez**

“摆脱塑料污染运动（BFFP）热烈欢迎《打破塑料浪潮》的出台，针对当前迅速威胁人类和生态健康的问题，该报告为全球讨论提供了有益的补充信息。《打破塑料浪潮》表明，如果不采取紧急措施减少使用和生产的塑料数量，就不可能解决塑料危机。该报告清楚地表明，现有的私营部门承诺和限制塑料污染的公共政策远远不够，该行业的扩张计划将产生数量更惊人的塑料污染、排放温室气体并对海洋造成不可逆转的破坏。尽管我们同意报告中关于彻底的系统性改变塑料处理方式的总建议，但我们并不同意报告中所分析的某些技术（包括焚化，化学回收和塑料燃料）作为该解决方案的一部分，因为它们只会使我们看到的问题永存。最重要的是，该报告应敲响政府的警钟：其必须介入以停止塑料生产的扩张。只有到那时，我们才能开始看到显著并持续地减少塑料向海洋和环境的泄露。”



马尔代夫驻美国大使兼马尔代夫常驻联合国代表**Thilmeeza Hussain**女士阁下

“这份报告为理解海洋塑料污染问题的性质做出了重要贡献，并为外交人员和其他相关人员提供了重要的信息和建议，有助于国际社会决定应如何有效解决这一紧迫问题。”



百事可乐董事长兼首席执行官**Ramon Laguarta**

“应对塑料垃圾的挑战紧迫且复杂，需要加快采取集体行动，改变社会对一次性塑料的思维方式。本报告呼吁立即采取果敢的行动，在全球范围内努力遏制海洋塑料的浪潮。报告明确指出，我们可以通过加强各行业之间的合作，创建系统性的变革，形成包装的循环经济，并扭转海洋塑料问题的局面。”



埃伦·麦克阿瑟基金会创始人兼受托人主席Ellen MacArthur夫人

前所未有地,《打破塑料浪潮》剖析了全球塑料体系的细节,证实了如果不进行根本性变革,到2040年,每年流入海洋的塑料量将几乎增加两倍。要扭转塑料废物和污染的潮流,我们需更加努力并加速向循环经济过渡。我们必须淘汰不需要的塑料,并大幅度减少原始塑料的使用。我们需要进行创新,以再利用和填充系统为基础,创建新的材料和商业模型。而且,我们需要改善基础设施,以确保我们使用的所有塑料都能商业流通起来,且永远不会成为废物或污染。问题的关键不是塑料的循环经济是否可行,而是我们如何共同努力实现这一目标。”



火星公司首席执行官Grant Reid

“这份报告关于遏制海洋塑料污染必要措施的论述非常深刻和严谨,令人称叹。火星公司致力于成为解决问题所需的转型系统变革的一部分。我们正在采取以下行动:去除不必要的包装,探索重复使用模型,重新设计我们所需的循环使用系统,并投资于适用于企业和社区的回收系统以取代包装废物循环系统。我们还有很多工作要做,因此我们必须前所未有地作为一个全球社区而共同努力。”



世界野生动物基金会塑料与商业主管Erin Simon

“如果我们要大幅减少海洋塑料污染,就需要一种创新且严谨的方法,确保我们设计的策略能实现目标。这项研究正是我们所需要的。通过采用整体看待塑料污染的建模方法,我们能更好地衡量所制定战略的环境、经济和社会影响,并呼吁所有利益相关者树立起雄心壮志并立即采取行动。这种深层次的理解将有助于公司、政府和其他利益相关者加强其在塑料污染方面的努力。持续监测和评估战略落地情况是非常重要的,这可以确保我们作为一个社会整体能切实落实我们的雄心壮志。”



世界资源研究所所长兼首席执行官Andrew Steer

“海洋正在被塑料填满,这对海洋生物和数十亿依赖海洋提供食物、生计和娱乐活动的人造成伤害。这是完全没有必要且无法接受的。这份全新的重要报告《打破塑料浪潮》提出了可以在未来20年内减少80%塑料流量的重要解决方案。当务之急是,行业和政府领导者必须从今天开始,遵循这些建议。”



世界银行可持续发展副总裁Laura Tuck*

“海洋塑料污染问题形成的时间尚不久,其可以在一代人的时间内被解决。这就是《打破塑料浪潮》所传达的鲜明信息,这篇报告令人欣喜并全面地审视了为了解决我们正在制造的烂摊子,我们需要在社会的各个层面做什么。积极的信息是,我们已经拥有了应对这一挑战所需的解决方案。但我们需要加强与各利益攸关方的联合,共同解决此处列出议程中的每一项内容。”

*于2020年4月1日从世界银行退休



向塑料袋说再见创始人Melati Wijsen

“自从12岁开始反对塑料污染以来,我看过无数浅尝辄止的努力。在印度尼西亚巴厘岛出生和长大,就像看着塑料问题与你一起长大一样。所以我们很早就了解了数据和一致性的重要意义。听到我的祖国已经使用了《打破塑料浪潮》中的模型,我激动不已。前进的唯一途径是协作与坚持。让我们永远地扭转塑料污染的潮流。”

A large pile of plastic waste, including tires and bags, in front of a forested hill.

转换塑料模式的 时刻到了

泰国芭堤雅市的塑料垃圾，摄影
Leonid Dahilov/Pexels

塑料污染正在恶化、速度也在加快。解决这个日益严重的问题，需要建立一个智能、可持续并循环再生的塑料经济。

塑料生产最早出现在19世纪，20世纪其生产量飙升，从1950年的200万吨⁽ⁱ⁾飙升至2017年的3.48亿吨⁽ⁱⁱ⁾，成为价值5226亿美元的全球产业⁽ⁱⁱⁱ⁾，预计到2040年产能还将再次翻倍^(iv)。随着塑料的生产和使用量的激增，塑料污染也随之而来^(v)，海洋中的塑料总量可能已经达到1.5亿吨^(vi)左右。

但是，我们仍缺乏解决这一紧迫问题的全球战略。很多不同的应对策略被提出，从完全消除塑料到将其转变为燃料、从开发可生物降解的替代品到将塑料循环再生为可利用产品。每个解决方案都存在优点和缺点。了解不同解决方案的有效性以及相关的经济、环境和社会影响，对在遏制海洋塑料污染方面取得进展至关重要。

从珊瑚礁^(vii)到深海海沟^(viii)、从偏远岛屿^(ix)到两极^(x)，塑料改变了生物栖息地、伤害了野生动物，同时还可能会破坏生态系统的功能和作用^(xi)。目前已知的就有超过800个物种受到了海洋塑料污染的影响，其中包括所有的海龟物种^(xii)、40%以上的鲸目动物物种和44%的海鸟物种。^(xiii)从原材料提取和生产对邻近社区^(xiv)的影响、到食品包装^(xv)中的化学品和管理不善的废弃物对健康的影响，塑料在整个生命周期内对人类健康的影响也已经被确认。^(xvi)

塑料污染不仅是一个环境悲剧，其在经济意义上也是十分轻率的——在一次短暂的使用后，数十亿美元的经济价值就被“抛弃”了。这是线性的塑料系统存在根本性缺陷的副产品，在这个系统中，每年塑料包装总价值的95%（800亿至1200亿美元）在短暂的一次使用周期后，就会在经济中流失掉。^(xvii)

尽管挑战十分艰巨，但我们的报告让人有理由感到乐观。它表明，如果我们在整个塑料体系中采取紧急措施，在不影响社会或经济效益的情况下，大幅减少预期的塑料泄漏是可能的。

通过分析，我们得到了以下十个关键性结论。每个结论将在下一部分详细展开。

1

如果不采取行动，到2040年，每年流入海洋的塑料将增加为原来的近三倍，达到每年2 900万吨（范围：每年2 300万-3 700万吨），相当于全球每米海岸线都有50公斤塑料。这一趋势将给社区、生态系统和商业带来严重后果。在“一切照旧”的情形下，到2040年，将约有40亿人可能失去有组织的废弃物收集服务，这会大大增加向海洋泄露的塑料数量。对于所有利益攸关方来说，不采取行动的代价都是十分高昂的；特别是如果政府要求企业依照预期数量和可回收性支付废弃物管理费用，企业每年面临的财务风险将高达1000亿美元。

2

各国政府和行业领导者们正在加紧制定新的政策和自主举措，但是这些措施关注的焦点往往过于狭窄或仅集中在低泄漏国家。到2040年，当前的政府和行业承诺可能仅能将每年流向海洋的塑料泄漏量减少“一切照旧”的7%（±1%）。我们的研究表明，要应对塑料污染的挑战，需要在体系层面采取更大

3

规模的行动。政府政策和消费品公司的领导作用将是推动上游减排、重复利用和再设计行动的关键。各国政府和投资者也应迅速采取行动，减少塑料产能扩张的计划，以防我们陷入更深的泥沼。

目前没有单一的可以消除海洋塑料污染的解决方案。上、下游解决方案应当一起部署。迄今为止，大多争论都集中在“上游”阶段（消费前期，如材料重新设计、塑料减产和替代）或“下游”解决方案（消费后期，如回收和处理）。我们的分析表明，这其实是一种错误的二分法。参照其自身模型，到2040年，甚至没有哪种“单一解决方案”战略可以将每年的海洋塑料泄漏量减少到2016年以下。例如，雄心勃勃的循环再生战略，通过扩大收集、分类和循环再生基础设施，相对于“一切照旧”而言，可使2040年的泄漏减少38%（±7%），但相较于2016年仍高出65%（±15%）。一种具有当今塑料优势的创新综合方法就变得十分必要了。

4

目前，工业界和各国政府已经制定了解决方案，到2040年，相较于“一切照旧”，可以将每年陆地塑料渗漏到海洋中的速度降低约80%（82±13%），同时实现其他社会、经济和环境目标。根据我们的体系变化设想，30%（范围：27%-32%）的“一切照旧”塑料需求量会减少、17%（范围：15%-18%）被替代、20%（范围：18%-21%）被循环再生、23%（范围：22%-26%）被处理、10%（范围：9%-12%）仍存在管理不善。阻碍我们解决塑料污染问题的不是技术解决方案的缺乏，而是监管结构、商业模式和融资机制上的不完善。激励措施并不总是足以使变革的规模迅速扩大。从环境、经济和社会的角度来看，减少塑料生产——通过淘汰、扩大消费者再利用的选择或新的交付模式——是最具吸引力的解决方案。它提供了最大的塑料污染减排量——往往代表着净减排量，并创造了最大的温室气体排放缓解机会。

5

要超越系统变革方案，解决每年其余的500万吨（范围：400万-700万吨/年）塑料泄漏问题，需要在整个塑料价值链上进行重大创新。要实现近乎零海洋塑料污染的愿景，需要技术进步、新的商业模式、大量支出，最重要的是要加速上游创新。这将需要一个集中的、资金充足的研发议程和雄心壮志，以帮助中低收入国家跨越高收入国家不可持续的线性经济模式。最关键的是在农村/偏远地区开展的创新，消除多层和复合塑料，并形成新的轮胎设计，在维系安全标准的同时最大限度地减少轮胎粉尘。

6

对于政府和消费者来说，体制变革方案在经济上是可行的，但需要对资本投资进行重大调整。2021年至2040年，全球塑料行业的投资额可以从2.5万亿美元（ $\pm 8,000$ 亿美元）降至1.2万亿美元（ $\pm 3,000$ 亿美元），但系统变革方案要求投资从被视为“安全”投资且技术成熟的原生塑料的生产和转化，大幅转移到生产新的交付模式、塑料替代品、回收设施和收集基础设施上——其中一些技术尚不成熟，而且被视为风险较大。这种转变需要政府的激励措施以及产业和投资者的风险承担。在2021年至2040年期间，政府在系统变革方案下管理塑料废弃物的全球成本的估值为6,000亿美元（范围：4,100亿美元至6,300亿美元），而在“一切照旧”的高泄漏体系下的管理成本为6,700亿美元（范围：4,500亿美元至7,400亿美元）。

7

泄漏到海洋的塑料减少约80%（ $82 \pm 13\%$ ），将为行业带来新的循环塑料经济，其中伴随着重大的机遇和风险。如今，由于监管的变化和消费者日益高涨的义愤情绪，塑料污染给原生塑料的生产者和使用者带来了独特的风险。但对于走在前沿的企业来说，这也是一个独特的机会，他们准备好了从循环经济中释放价值，从材料的流通而非化石燃料的开采和转化中获得收入。围绕着更好的设计、更好的材料、更好的交付模式、完善的分拣和回收技术以及智能收集和供应链管理系统，可以创造出巨大的新价值池。在系统变革的方案下，我们可以在2040年满足全球日益增长的“塑料效用”需求，系统中的塑料数量与今天大致相同，而原生塑料生产水平将降低11%（ $\pm 1\%$ ）。这一设想实质上是将塑料增长与经济增长剥离开来。

8

系统变革需要在不同地域和不同塑料类别中采取不同的实施侧重点。高收入国家应优先减少塑料的总消费量、消除微塑料泄漏、改进产品设计并提高回收率。中低收入国家应优先考虑扩大正规回收，最大限度地进行减产和替代，对分类和回收的基础设施进行投资，并减少收集后的泄漏。在全球范围内，首要任务是减少可避免使用的塑料，在“一切照旧”的情况下，全球可避免的塑料将在2040年达到1.25亿吨（范围：1.1亿吨-1.42亿吨）。同样，我们应该优先考虑解决泄漏最严重的塑料类别。与其生产量相比，软包装（袋子、薄膜、保护膜等）以及多层和复合塑料（小袋、纸尿裤、饮料盒等）在塑料污染中所占比例畸高，其分别占泄漏量的47%（范围：34%-58%）和25%（范围：17%-34%）。

9

在系统变革方案下解决塑料向海洋的泄漏问题，对气候、健康、工作、工作条件 and 环境都大有裨益，从而也为联合国的许多可持续发展目标做出了贡献。2040年，尽管与今天比仍有所增加，但与塑料有关的温室气体（GHG）排放量将减少25（ $\pm 11\%$ ）。到2027年，原生塑料产量将达到峰值。此外，塑料价值链中的直接就业机会将净增加700,000个岗位（范围：541,000-795,000），且几乎所有岗位都在中低收入国家中。通过设计循环再生环节提高塑料材料的价值和改善工作条件，还可以为全球1100万拾荒者带来社会正义，2016年他们在全球塑料回收量中占据了60%（范围：56%-65%）。通过每年减少1.09亿吨（范围：1.08亿至1.11亿吨）露天燃烧塑料废弃物等途径，也减少了对健康的危害。

10

是时候行动起来了：如果我们想显著减少塑料泄漏，解决方案其实唾手可得。如果实施时间推迟五年，到2040年将使得约8000万吨额外的塑料流入海洋。系统变革方案的所有要素目前都已存在或正在开发中，并且即将被采用。延迟这八种干预措施的实施可能会使世界脱离接近零泄漏的道路。如果想在2025年之前实现关键的里程碑，那么接下来的两年是至关重要的，包括停止生产可避免的塑料、鼓励消费者重复利用、改进标签以及测试诸如新的交付模式等创新。这些步骤将为2040年所需的所有系统解决方案奠定基础。



这种渔网有时会被丢弃在海洋中，缠绕海洋生物致其受伤或死亡（斯里兰卡）

SmallWorldProduction/Adobe Stock

从数量上打破塑料浪潮

问题严重性

2016年 **1100** 万吨
的塑料泄漏到海洋

2倍 3倍 4倍

到2040年，在“一切照旧”的情况下，塑料的产量将增加为两倍，泄露到海洋的塑料量将接近目前的三倍，海洋中的塑料存量将增加至四倍以上

40%

当今全球40%的塑料垃圾最终都会进入自然环境

7%

如果目前政府和行业的所有承诺都在2040年得到落实，泄露量将减少7%

500,000

到2040年，每天需要为500,000人提供收集服务，才能填补这一收集缺口

11%

2016年，11%的泄露是微塑料

45%

当下45%的泄露来自于收集经济起不到作用的农村

21%

2016年，21%的塑料是经济可循环再生的（但是只有15%被循环再生利用了）

19%

到2040年，在“一切照旧”的情况下，塑料工业的碳预算将达到19%，保持在1.5度以下

80%

2016年，80%的泄露来自柔性和多层塑料

通过立即在整个塑料价值链中实施八项互补的系统干预措施，到2040年，**系统变革方案可减少80%的塑料污染**

减少海上源头

减少海上源头的塑料污染（如捕鱼和航运）

8 减少废弃物出口
至2040年，将向低收集率和高泄露率国家的废弃物出口减少90%。

1 减控

减控塑料消耗量的增长，到2040年避免将近三分之一的预计塑料废弃物的产生

2 代替

到2040年，用纸和可降解材料代替塑料，可以转换预计产生塑料废弃物的六分之一

3 设计

设计用于循环再生的产品和包装，到2040年将经济上可循环再生的塑料的占比从当下估计的22%扩大到54%



减少微塑料泄漏

通过推出四种针对微塑料源的已知解决方案，到2040年每年减少微塑料泄漏100 - 800万吨

7 处理

安全处理在经济上仍无法循环再生的23%的塑料

6 发展从塑料到塑料的转化

这一全球产能可能达到每年1300万吨*

5 机械循环再生

到2040年，全球机械循环再生能力将翻倍，达到每年8,600万吨

4 化学转化

在全球范围内将化学转化能力提高到每年至少2600万吨

综合性系统变革实现了社会、环境和经济的多重效益

80%

到2040年，**泄漏至海洋的塑料**将比“一切照旧”情况下减少80%

US\$70B

相对于“一切照旧”，20年内为政府节省了700亿美元

700,000

相对于“一切照旧”，到2040年，**创造了700,000个就业机会**

25%

相对于“一切照旧”，到2040年，**每年温室气体排放量减少25%**

55%

相对于“一切照旧”，到2040年，**原生塑料需求减少55%**

1.95亿吨

减少1.95亿吨在其他环境中（土地和大气）的泄漏

*取决于能源的脱碳情况



关于本项目

本报告提出了共同解决塑料污染问题的可行且有意义的途径。该报告由皮尤慈善信托基金会和SYSTEMIQ与17位来自牛津大学、利兹大学、埃伦·麦克阿瑟基金会和Common Seas共同编写，本报告采用了一个新的模型，旨在量化全球塑料体系中关键塑料的流动和存量，估计了2016年至2040年期间六种方案下的海洋塑料污染数量（见方框1），并评估了这些方案下经济、环境和社会的影响。在进行这一分析时，我们旨在为决策者提供一个新的证据基础，帮助他们应对这一新的全球挑战，评估利弊得失并落实解决方案。

在2016年全球生产的3.35亿吨塑料中^[xviii]，有2.15亿吨在我们的分析范围内（我们侧重于容易泄漏的塑料）。这种方法涵盖了绝大多数泄漏到海洋的陆上塑料泄漏源，包括大颗粒塑料（>5mm）和微塑料（<5mm）的四种来源。尽管质量上受到可获取数据的限制，海上泄露源也还是被考虑其中。

我们的项目旨在解决以往未被解答的七个战略性问题：

1. 我们是否有望解决塑料污染？
2. 对于经济、环境和社会来说，情况会变得多糟糕？
3. 我们拥有解决问题的技术吗？
4. 出路在哪里？
5. 代价会是什么，谁来承担？
6. 这一解决方案对公民、企业、政府和生态是否具备吸引力？
7. 我们应该从何做起？

我们希望我们分析的方向和结论，能够为全球讨论和规划提供参考，以应对这一紧迫的挑战。我们发现，通过一项大胆的体系化战略方案，国际社会可以遏制日益增长的塑料污染源并阻止其流入海洋。

此摘要报告概述了六种方案，重点介绍了我们的十项关键结论，并指出了不同利益相关方群体所起到的关键作用。在“转换塑料模式的时间到了”一节中，所有随机模拟结果都以95%的置信区间呈现。关于不确定性计算的细节，请参见技术附录中的第5节。

完整的代码库、所有输入文档以及模型运行的原始输出数据可在以下网站 (<https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3929470>) 上查询。

其他信息可根据要求提供。查阅完整的《打破塑料浪潮》报告，请访问 (pewtrusts.org) 或 (systemiq.earth/breakingtheplasticwave)。

方框1. 场景建模

本报告分析了可能解决海洋塑料污染的六种方案，每一种方案都需要不同组合（或欠缺）的系统干预：

1. 一切照旧

假设不对当前与塑料相关的政策、经济、基础设施或材料进行干预，文化规范和消费行为也不改变。

2. 目前的承诺

假设公共和私营部门在2016年至2019年已作出的所有重大承诺都得到贯彻和执行。这些承诺包括针对特定塑料产品的现有禁令/征税，以及回收和可回收目标。

3. 收集和处理

假设在全球范围内扩大收集服务，同时提高工程化和有管理的填埋场和焚烧设施的全球容量。

4. 回收利用

假设在收集、分类、机械回收和塑料合成化学基础设施方面进行了雄心勃勃的扩张和投资。

5. 减少和替代

假设通过淘汰、引入重复使用和新交付模式以及对塑料替代品的投资，大大减少塑料的使用。这种方法要求采取强有力的政策干预措施，来禁止使用特定的一次性塑料，同时鼓励再利用和减少使用方面的设计。

6. 系统变革方案

假定我们可以把八种系统干预措施同时启动，并颇具野心地应用大颗粒塑料和微塑料。这种方案得益于上、下游干预措施间的协同作用，并且是唯一包含这两种干预措施的方案。

十项关键 结论



到2040年，流入海洋的塑料量预计将增加至近三倍。如果不采取有效行动来应对塑料污染，那么进入海洋的塑料将会达到每米海岸线50公斤（kg）。我们结论中的分析表明，到2040年，利用现有技术可以实现使塑料年泄漏量比“一切照旧”减少约80%。了解不同解决方案的有效性以及相关的经济、环境和社会影响，对在制止海洋塑料污染方面取得进展至关重要。

在这里，我们列出了本报告的10项关键性结论：

结论1

如果一切照旧，到2040年，泄漏到海洋的塑料将增加近三倍

我们估算，2016年有1100万吨塑料从陆地流入海洋，使得目前海洋塑料总量达到1.5亿吨。^(xix) 在“一切照旧”的情况下，到2040年，流入海洋的塑料量预计将增加近两倍，达到每年2900万吨。这相当于全世界每米海岸线都有50公斤塑料。由于塑料在海洋中可停留数百年甚至更长时间，而且可能永远无法生物降解，因此在未来20年里，海洋中塑料的累积量可能会增加4.5亿吨——这将严重影响海洋和人类的健康。

四种复合趋势正在推动塑料污染的增长：人口持续增长；人均塑料使用量增加——其受到了廉价原生塑料产量增加的部分影响；向低价值/不可回收材料的转变；回收率低的国家中塑料消耗的比例越来越高。在一切照旧的情况下，到2040年，塑料废弃物的总产生量可能会增加两倍，并且约40亿人可能缺少有组织的废弃物收集服务。由于废弃物基础设施无法跟上这一指数级增长，塑料废弃物预计将从2016年的9100万吨增至2040年的2.39亿吨（见图1）。

图1：一切照旧情形下所有塑料废弃物的命运

管理不当的塑料垃圾将从2016年的9100万吨增加至2040年的2.39亿吨

数百万吨的塑料废弃物（大颗粒塑料和微塑料）

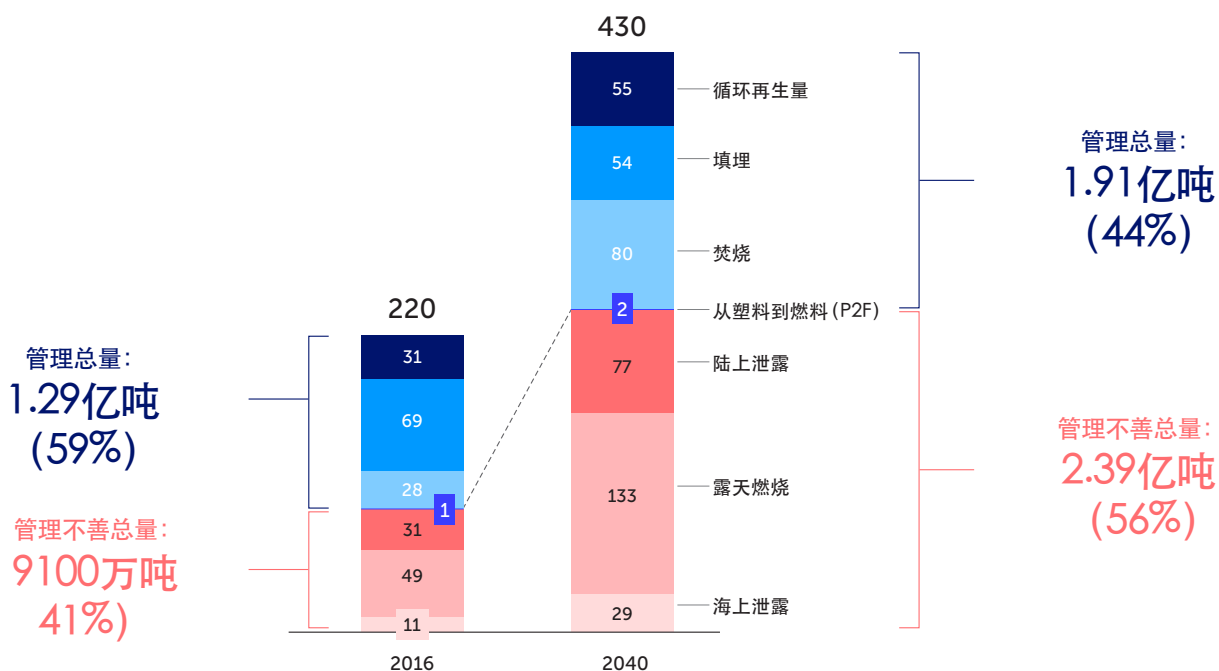
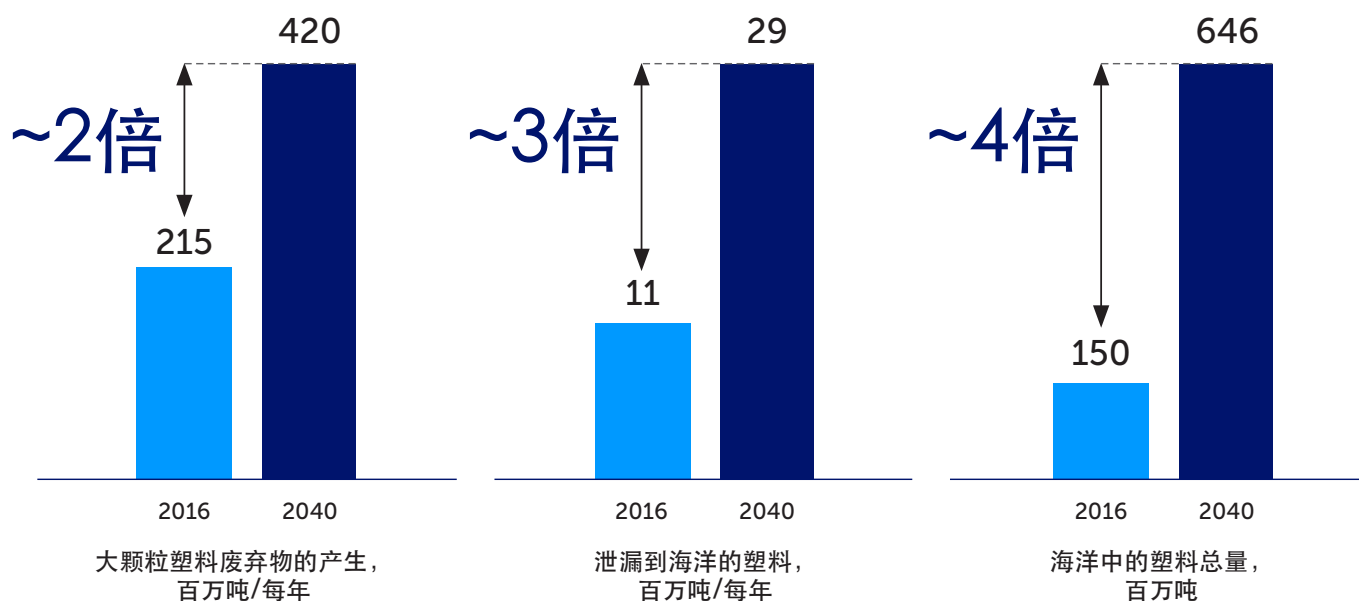


图2：“一切照旧”情况下关键塑料指标的预测

在未来20年内，塑料废弃物的产生量将翻倍，泄漏到海洋的塑料将增加至近三倍，海洋中的塑料总量将增加至四倍以上



一切照旧的方案存在很多风险，无论是对海洋环境、人类健康和社区，还是对企业而言，不作为的代价都是非常高的。对海洋野生动物的直接威胁、入侵物种的循环以及海洋中另外4.5亿吨塑料造成的对水生食物链的污染，都可能会降低渔业和水产养殖的生产力、削弱水生生态系统的功能和海洋环境的科学及文化服务。过高的塑料产量和废弃物管理不善也是人类健康的威胁。部分最有害的风险来自于露天焚烧，在一切照旧的情况下，露天焚烧量从2016年的4,900万吨增加到2040年的1.33亿吨，预计将增加近两倍。这加重了持久性有毒化学物质的释放，增加了心脏病、癌症、呼吸道感染和哮喘、生殖健康并发症及中枢神经系统损害的风险。^(xxi)此外，相关研究已经在食品中发现了微塑料，陆地和海洋无脊椎动物、鱼类、甚至人类的组织也出现在微塑料的报道中。^(xxii)一切照旧将导致海洋的初级微塑料泄漏量出现2.4倍的预期增长，而其潜在的长期后果仍在研究中。

目前这些产品（错误）报废方法的成本很高，而这些成本并没有反映进原生塑料的低成本中。社会经济影响包括因靠近塑料污染而造成的土地价值损失和沿海社区生活质量的下降。

在“一切照旧”的情况下，到2040年与塑料有关的排放量将翻倍，达到2.1亿吨的二氧化碳当量，如果我们要将全球变暖限制在1.5℃以内，那么这一数字就占据了年度排放预算总量的19%。

海洋塑料污染也给依赖清洁海洋的企业带来了直接的物理风险。塑料污染给渔业、旅游业和基础设施运营者等带来的商业成本预计达到每年130亿美元。^(xxiii)同时，不断收紧的管制和潜在的消费者反弹对塑料密集型的企业构成了特别的威胁，其存在着失去社会经营许可的风险。^(xxiv)在“一切照旧”下，这类企业可能会遭受经济损失，因为它们可能被要求缴纳原生塑料税或生产者责任拓展费用，用以帮助支付收集和安全处理的费用——其总财务风险高达每年1,000亿美元，相当于低利润企业营业额的25%。^(xxv)

遵循原始路径还将进一步削弱我们减缓气候变化的能力，与《巴黎协定》的目标相悖。据我们估计，生命周期塑料排放量将从2016年的10亿吨二氧化碳当量(GtCO₂e)翻倍为2040年2.1亿吨的二氧化碳当量，如果我们要将全球变暖限制在1.5℃以内，那么这一数字就占据了年度排放预算总量的19%（而当下是3%）。^(xxvi)

结论2

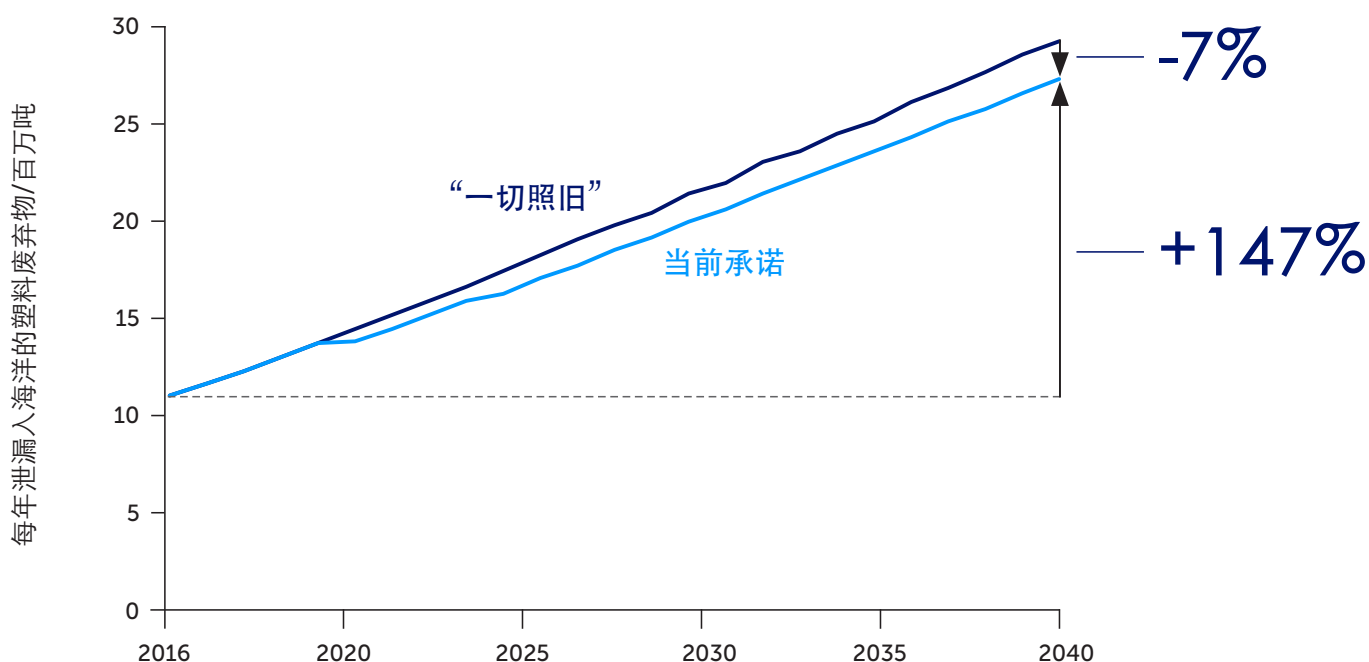
目前的承诺尚不足以应对挑战的规模

公众对海洋塑料污染问题不断施加压力，这使得许多政府和企业做出了各种承诺，从禁止使用某些塑料到制定更宏伟的循环再生目标、引入产品标准和扩大生产者责任、投资循环再生基础设施，以及对塑料废弃物实施贸易限制等。我们预估，依照当前承诺情况，基于政策法规的调控，到2040年，塑料产量和消费量将每年减少1900万吨，而到2025年，基于400多家公司的承诺，回收率将每年增加540万吨。这意味着，即使目前政府和行业的承诺得到充分的落实，到2040年，流入海洋的塑料可能只会比“一切照旧”的情况减少7%（见图3）。

与此同时，数千亿美元源源不断地投进新的原生塑料生产厂，未来十年全球塑料产量预计将增加40%，使我们每天都被困在现状中。^(xxvii)我们的分析表明，即使当前所有的承诺都得到落实，原生塑料仍然会作为一种廉价商品存在，使得塑料的使用量持续居高不下。

图3：“一切照旧”和当前承诺情形下的陆上塑料泄露

目前，行业和政府政策的承诺只能使泄漏到海洋中的塑料量比正常情况下减少7%



政府的愿景是宽泛的，如果能得到充分实施，可能也能产生影响。然而，大多数新法规都侧重于特定的项目，而不是制定体系化的政策和标准，且并没有解决或显著抑制塑料生产的预期增长。目前关于吸管、袋子、搅拌棒、杯子、棉签和瓶子等物品的所有现行国家和市政立法的集合影响并不能显著减少全球产生和泄漏的塑料垃圾总量。更雪上加霜的是，在过去20年里，废弃物收集基础设施的增长相对于塑料废弃物的产生来说是不足的，我们估计其正在以4%-7%的复合年增长率增长。各国政府应该立即采取行动，遏制塑料生产的增长；制定体

系化的标准、目标和激励措施，以推动上游的减产、重复利用、适当替代和设计循环再用；并投资于下游的收集和回收基础设施。

工业界已通过《新塑料经济全球承诺》、“消除塑料废弃物行动联盟”和其他途径作出承诺。总的来说，它明显侧重于可回收性、回收目标和其他下游解决方案，但也需要在上游解决方案上竭尽全力。《全球承诺》的企业签署方已承诺到2025年实现100%的可重复使用、可循环再生或可降解包装，并采

取行动消除有问题或不必要的塑料包装，从一次性使用转向重复使用模式，但尚未对消除或重复使用的具体目标做出承诺。为了实现塑料污染的实质性减少，尚未做出任何承诺的企业（它们仍然是绝大多数），应该做出承诺并确保其落实。行业应从根本上重新设计规模化的商业模式、产品和材料，并通过明确将经济增长与塑料增长脱钩的方式，大幅加大在减产、重新装填和新交付模式方面的力度。

结论3

单一的解决模式无法遏制塑料污染

现在有许多减少甚至消除塑料泄漏至海洋的策略，但是到2040年，没有哪种单一的解决方案能够有效地做到这一点。我们的模型表明，到2040年，没有任何一种单一解决方案的策略可以使流向海洋的泄漏水平低于2016年，更不用说在保证不触及重大技术、经济、社会或环境限制的同时实现接近零泄漏了。宣称我们可以通过仅侧重废物管理或仅关注减产和替代来对抗塑料污染的说法，可能听起来很有吸引力，但这充其量只能描绘出故事的一半。

虽然扩大回收利用规模至关重要，但通过捕获回收利用中的所有塑料材料来阻止塑料污染，在技术上和经济上都行不通。

旨在减产或替代塑料使用的上游解决方案是至关重要的，但为限制意外的社会或环境后果，应当谨慎地扩大其规模。下游解决方案也很重要，但其受到经济可行性、对人类健康和环境的负面影响以及基础设施发展的现实速度的限制。因此，在使用它们时应权衡不同的利弊得失并谨慎控制。为了达到预期的结果，我们应该将所有不同途径的解决方案结合起来。

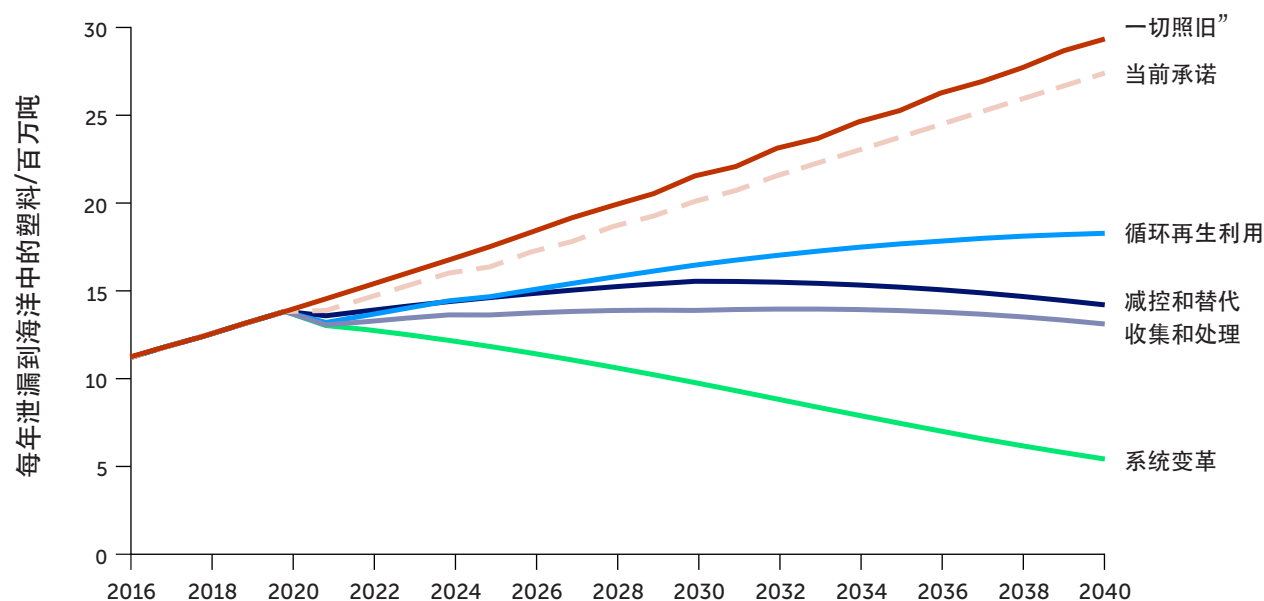
为了分析最佳的单一解决策略的潜力，我们对三种侧重于上游或下游措施的宏伟方案进行了建模——收集和处置方案，循环再生方案以及减产和替代方案。这些方案在环境（污染和温室气体）、经济、表现（健康，安全，产品保护）和消费者接受度上都存在差异，为了对他们进行比较，我们为这三种方案定义了“红线”，来反映其最大的可预见增长和实施限制。我们的研究结果是，尽管到2040年，相对于“一切照旧”或当前承诺情境而言，这三种情形都大大减少了塑料流入海洋的情况，但如图4所示，它们都没有为接近零泄漏的未来提供可靠的途径。

我们的分析表明，如果只注重收集和处置的方案，到2040年，每年仍有可能会有1300万吨塑料泄漏到海洋中，即比2016年高出18%。我们的分析表明，这种方法存在着无法克服的局限性，尤其是在2021年至2040年期间，政府的现值成本将比“一切照旧”高出1300亿美元。必须承认，任何试图仅通过废物管理来解决塑料污染挑战的尝试都需要填补巨大的收集缺口。到2040年，需要获得收集服务的总人数将增加到约40亿人，其中大部分位于中低收入国家和偏远/农村地区。填补这一收集缺口，意味着在2040年之前，需持续地每天为50万人提供收集服务。考虑到“一切照旧”下的塑料生产和消费增长，2021年至2040年期间，收集所有塑料将花费5100亿美元。更困难的是，塑料不能单独收集，所有其他废物流也需要被收集。因此，政府在废物管理上实际成本高达3.1万亿美元。因此，任何仅基于废物管理的解决方案都不太可能成功，除非系统中的废弃物得到大幅度减少。

一个专注于循环再生的战略——包括在扩大收集、分拣、机械循环再生和塑料到塑料的化学转化基础设施的同时，对循环利用进行了宏大的设计，到2040年，每年将导致1800万吨塑料流入海洋，这比2016高出65%，并且在2021年至2040年期间，政府的现值成本将比“一切照旧”高出1300亿美元。虽然扩大回收利用规模至关重要，但通过捕获回收利用中的所有塑料材料来阻止塑料污染，在技术上和经济上都行不通。我们估算，54%的塑料可以设计用于经济型的机械循环再生（从当下的21%增加），从而使机械循环再生率达到33%（扣除损失和基础设施限制后）。此外，我们估计，大颗粒塑料总量的20%可以进行化学转化，从而使塑料到塑料的化学循环再生率达到6%（扣除损失和基础设施的限制后，且不包括转化为燃料的处理方式）。这一结果，考虑了将某些塑料的机械循环再生效益、化学循环再生不太经济的地区、不适合这种技术的塑料类型以及基础设施的增长速度限制。

图4：不同情景下的陆上塑料泄露

与“一切照旧”相比，系统变革方案将超过所有其他模拟情形，使每年流向海洋的塑料泄露减少约80%



该图显示了不同情景下，随时间变化塑料泄漏到海洋中的预期情况。该图显示，尽管以上游为重点的途径（减控和替代方案）和以下游为重点的途径（收集处理方案和循环再生利用方案）相对于“一切照旧”而言，减少了年泄漏率，但并没有将泄漏量降到2016年的水平以下。只有上、下游综合的方案（系统变革方案）才能显著降低泄露的级别。

最后，仅专注于减产和替代的战略将导致到2040年每年有1400万吨塑料泄漏到海洋中，比2016年的水平高出28%。单独适用，减产和替代不可能在2040年前成功消除塑料泄漏，因为在这个时间范畴内，在社会、政治、环境和经济的限制下，许多塑料应用是难以减少或替代的。

这个分析的结论很直观：一个体系性的问题需要体系性的变革。为了结束海洋塑料污染，我们需要一个综合的上、下游解决方案或系统干预措施组合。

如果我们“强迫”它们在2040年实现与系统变革方案（每年500万吨）类似的塑料泄漏到海洋的水平，为了量化此时这两种方案的成本，我们还模拟了技术、环境或社会制约因素的影响。结果显示，强迫收集和处置方案及循环再生方案给政府带来的现值成本估算分别为8200亿美元和8500亿美元，而与之相对的综合性的系统变革方案成本为6,000亿美元；到2040年，该方案产生的温室气体排放量也略低于任意一种单一解决方案。

如果战略只关注于循环再生，到2040年将导致每年有1800万吨塑料流入海洋，这比2016年高出了65%，并且在2021年至2040年期间，政府的现值成本将比“一切照旧”高出1400亿美元。

结论4

通过现有的上、下游解决方案，我们可以解决约80%的问题

大幅减少对塑料体系管理不当所产生的废弃物，是一个复杂的体系层面的问题，需要体系层面的干预措施。我们的系统变革方案为结束海洋塑料污染，提出了一个值得信赖且具有吸引力的途径，即大胆地同时实施八项现有的系统干预措施（见方框2），且立刻付诸实践。为了取得成功，这些系统干预措施应尽可能同时结合应用于大颗粒塑料和微塑料，并将重点放在可避免的一次性塑料上。到2040年，在系统变革方案下，“一切照旧”的一次性塑料需求量的30%被减少，17%被替代，20%被循环再生，23%在可控设施中被处理，只有10%仍存在管理不善（见图5）。

系统变革方案下提及的所有解决方案都已经存在，并且其实现技术上、经济上和社会上都是可行的。阻碍我们解决塑料污染问题的不是技术解决方案的缺乏，而是监管体系、商业模式、激励机制和融资机制上的不足。如果我们克服这些挑战，我们就能充分发挥系统变革方案所展示的综合途径的潜力，并在2040年之前实现每年向海洋泄漏塑料减少约80%的目标。

本报告讨论解决方案的优先顺序

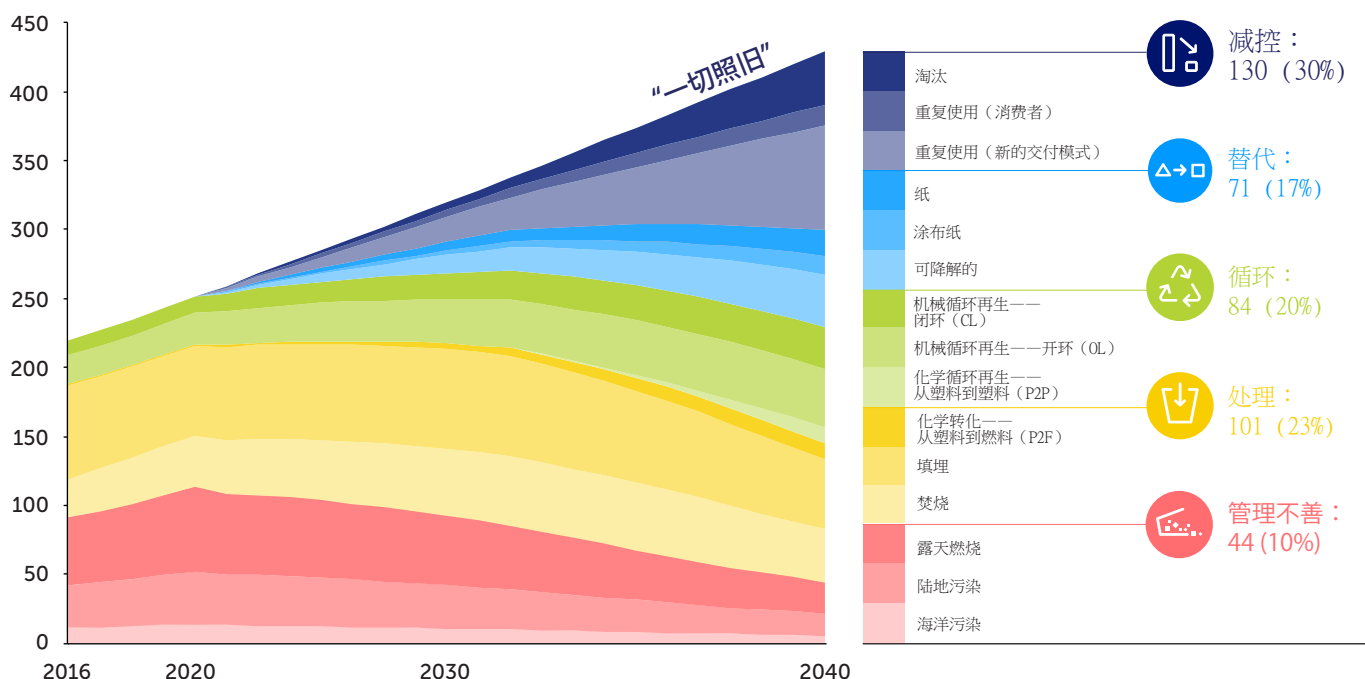
在系统变革方案下，整体减少塑料泄漏到海洋，取决于所有系统干预措施是否被同时贯彻实施。实践中，在资金和投资有限的地区，可能需要优先考虑干预措施。从我们的分析中可以得出一些关于优先顺序的一般指导：

- 从环境、经济和社会角度来看，减少塑料产量（通过消除，扩大消费者的重复使用选择或采用新的交付方式）是最有吸引力的解决方案。它最大程度地减少了塑料污染，通常代表着净节约，并创造了缓解温室气体排放的最佳机会。
- 从经济、气候和技术准备角度来看，机械循环再生比化学转化或替代材料更具吸引力。出于可行性考虑，塑料应该而且可以设计为可循环再生的，而且重要的是，尽可能进行机械循环再生。与原生塑料生产相比，每吨机械循环再生的原料可抵消48%的温室气体排放，减弱了对原始材料的提取需求，同时有助于实现循环经济。

图5：系统变革方案中的塑料命运：“楔形”分析

有一条可靠的途径可以显著减少泄漏到海洋的塑料，但前提是所有的解决方案都大胆地同时实施，并立即付诸实践。

百万吨/每年



这个“楔形”图显示了在系统变革方案下，随着时间的推移进入系统的塑料的处理方式的占比。任何进入系统的塑料都有一个单一的结局，或者一个单一的“楔子”。这些数字包括大颗粒塑料和微塑料。

- 应根据所需的应用和地理位置，逐案评估塑料替代材料的情况。替代品通常比塑料更昂贵，并且取决于具体材料/地理位置，其碳影响可能更好也可能更糟。设计可重复使用的产品要优于用另一种一次性材料进行简单替代。在重复填充系统不可行的情况下，替代材料对于某些应用可能会非常有效。
- 塑料到塑料的化学转化可将原料重新引入石化过程中，以生产类原生塑料，从而减少了对原材料的提取需求，并且在其他解决方案无效的情况下，可为低价塑料创造经济的基础。但是，化学转化暂时还没有被大规模验证。与机械循环再生相比，它需要更高的成本、能源需求和温室气体排放。虽然应当发展并评价其规模上的可行性，但其扩大应视能源的脱碳情况而定，并应认识到新技术的筹备时间和局限性。
- 控制处理(如填埋、焚烧和塑料转化为燃料)应该成为最后的手段，因为其不是一个循环的解决方案，因此对资源和环境存在长期影响。如果充分考虑整个系统的成本，例如收集和外部效应，例如土地使用的改变和排放，其经济成本也会很高。

从环境，经济和社会角度来看，减少塑料产量（通过消除，扩大消费者的重复使用选择或采用新的交付方式）是最有吸引力的解决方案。它最大程度地减少了塑料污染，通常代表着净节约，并创造了缓解温室气体排放的最佳机会。

方框2.系统变革方案

大胆地同时在全球范围内实施多种补充性系统干预措施，以：

- 减少塑料生产和消费的增长，通过消除、重复利用和新的交付模式，减少近三分之一的预计塑料废弃物的产量。
- 用纸和降解材料代替塑料，以减少六分之一的预计塑料废弃物的产量。
- 设计用于循环再生的产品和包装，将经济上可回收塑料的占比从预计的21%扩大到54%。
- 扩大中/低收入国家的废弃物收集率，使其达到城市地区90%、农村地区50%，并为非正式收集领域提供支持。
- 全球机械循环再生能力翻倍，达到每年8600万吨。
- 全球化学转化能力扩展到每年2600万吨。
- 发展从塑料到塑料的转化，这一全球产能可能达到每年1300万吨。
- 将向低收集率和高泄露率国家的塑料废弃物出口减少90%。
- 推出针对轮胎，纺织品，个人护理产品和生产颗粒的四种微塑料（<5mm）来源的已知解决方案，到2040年，每年减少180万吨流向海洋的微塑料泄漏（从300万吨减少到120万吨）。

变革塑料系统：更好地为经济、环境和社会服务

按照我们目前“一切照旧”的发展轨迹，到2040年，流入海洋的塑料将增加近两倍，给环境、经济和社会带来严重影响。从2020年开始，通过在全球塑料领域采取协调一致的行动、降低各国政府的成本、减少温室气体(GHG)的排放，一个更清洁、更可持续的未来是可能的

“一切照旧” 2040



系统变革 2040



接结论4

系统变革方案： 大颗粒塑料干预

系统干预1

减少塑料生产和消费增长，到2040年避免近三分之一的预计塑料废弃物的产生

据我们估计，在考虑转换为一次性替代材料之前，与“一切照旧”相比，到2040年将塑料消耗量减少30%（避免产生1.25亿吨的宏观塑性废弃物），这在社会、技术和经济方面都是可行的。这意味着全球人均塑料消费量与“一切照旧”情况下预期的58%增长基本持平，并有效地将经济增长与塑料增长剥离开。

重点是从短期使用的塑料（例如包装和一次性物品）这种低价值的运用形式中转型，其也是海洋塑料污染的关键成因。这种系统干预并不要求减少一般消费，而是消除可避免的塑料，转向基于重复使用的、具有同等效用的产品和服务。

到2040年，为了计算可以实现的最大潜在减排量，如表1所示，我们分析了三种减少的手段：（a）消除、（b）重复使用-消费者和（c）重复使用-新的交付模式。在评估这些方法减少塑料浪费的作用上，分别根据四个标准进行了评分：技术准备、表现、便利性和成本。结果表明，由于新的交付模式手段需要推出新的服务和基础设施，其工作量是最大的，

同时它又提供了最大的减排潜力——18%，而消除手段为8%，消费者重复使用为4%。从经济的角度来看，消除的手段是最具吸引力的，其通常代表着一种节省净额的解决方案。诸如通过监管和减少过度包装等方式的塑料消除，在过渡期后将节省“一切照旧”情况下塑料价值链中1吨塑料的全部成本，即2,241美元。

我们的分析表明，将重点放在六种塑料应用上可以实现大幅减控，这些塑料应用预计占2040年可实现的减少总量的86%——多层/多种材料的柔性包装、企业对企业的包装、薄膜、瓶子、搬运袋以及餐饮服务的一次性用品（参见图6）。但是，当前的国家和地方的产品禁令和法规绝大多数侧重于手提袋和食品服务用品，^(xxviii)这两项应用程序合起来仅占整个塑料废弃物的10%和我们的分析中潜在塑料减少量的16%。因此，其他四个应用代表了巨大的、尚未开发的机会，小袋和多层/多材料的柔性材料（例如用于洗发水和调味品、木片和糖果的包装）的减排潜力最高，为每年2600万吨。

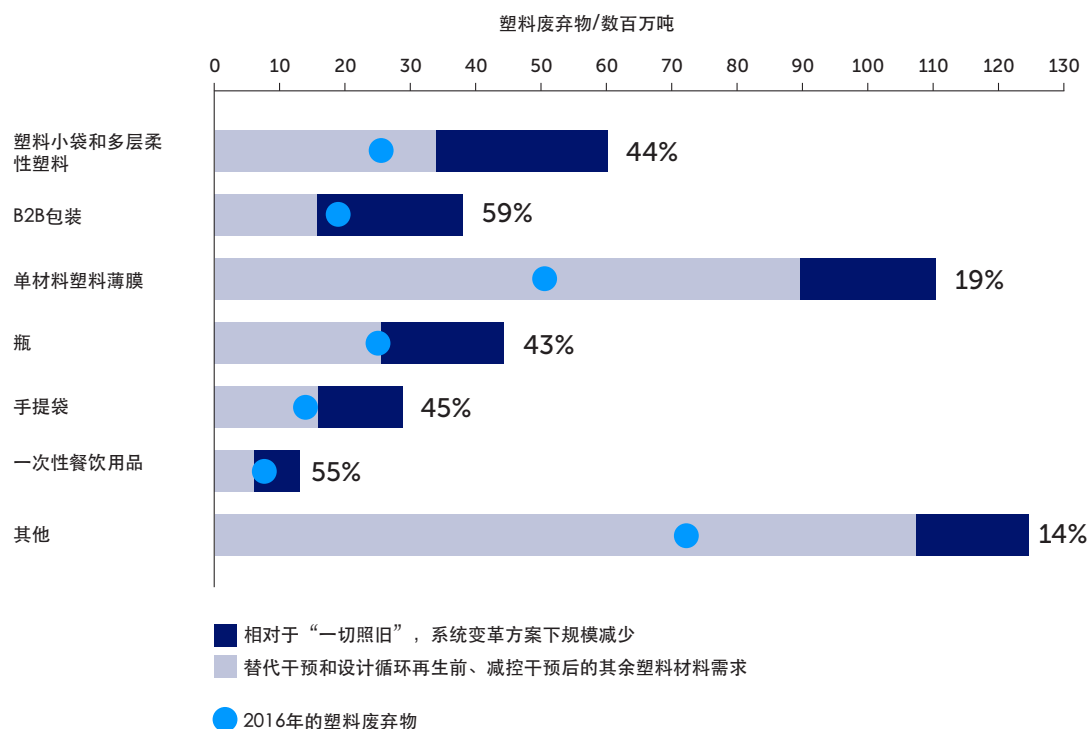
除了塑料产品禁令之外，还可以通过扩大有吸引力的解决方案，特别是利用新的交付模式，从根本上减少废物的产生，从而得到大量减少废物的结果。产品将通过服务而不是增加一次性使用的包装来交付，或者利用传统的交付途径，如当地市场、街头小贩、玻璃瓶或塑料瓶的重复补充方案等传统的交付途径——这些途径已经拥有广泛的市场影响力，或者利用新的数字化技术和服务。在中低收入国家，这种方法可以促进向有吸引力的低废物替代品的跨越式发展。我们的分析表明，可以为小袋包装找到更好的、可负担得起的解决方案，例如，许多中低收入国家使用的一种不可回收的塑料包装形式，目前泄漏到生态系统中的可能性就很高。

三种模型化的减少手段的定义和举例

	定义	举例
消除	那些能够减少塑料需求或推进对低效用可避免产品的重新设计的政策、创新、消费者行为转变和激励措施，并且无需替代。	重新设计过度包装，例如双重包装的塑料薄膜和多余的“头部部分”；发展无包装产品；减少可避免的包装袋和薄膜的消耗和生产；提高每个包装的效用；延长家居用品的使用寿命
重复使用-消费者	用使用者拥有且管理的可重复使用的物品替代一次性使用的产品和包装	消费者拥有的可重复使用物品(如瓶子、可重复使用的袋子)或机构拥有的可重复使用物品(如餐具、瓷具、塑料托盘)
重复使用-新的交付模式	用新的方式提供以前以一次性塑料形式提供的服务和业务交付，以减少材料需求	从分配处补充（例如瓶，多层/多种材料的软包装和小袋）、认购服务、浓缩胶囊、具备逆向物流和清洁的回收服务，打包服务模式（例如，外卖容器的共享所有权）

图6：2040年，与“一切照旧”相比年总量有所减少的塑料中，减控干预措施后的剩余材料需求量，按照绝对总量减少排序的前六项应用。

代表绝大多数可规避塑料的六种产品应用



条形图中的数字代表“一切照旧”情况下2040年塑料各产品类别的百分比，这一百分比在系统变革方案中有所减少。浅蓝色的其余材料需求是在应用替代干预之前（参见系统干预2）和进行循环再生利用设计之前（参见系统干预4）。

加快这种干预将需要一系列的政策、经济和创新驱动力。需要建立塑料包装的标准和要求，侧重于消除可避免的包装并规范具有高泄漏可能性的塑料的使用。跨国公司将需要提交长期的量化目标，以减少塑料的使用，开发可重复填充包装以及其他创新的商业模式。同时，政府还需要制定政策，将废弃物生成的负担转移给生产者，并为新的商业模式提供公平的竞争环境。在最初的过渡期之后，通过减少一次性包装的支出和减轻废弃物管理体系的负担，这种干预措施将可以节省大量成本。

系统干预2

用纸和可降解材料替代塑料，到2040年，转换预计塑料废弃物的六分之一。

我们估算，到2040年，17%“一切照旧”情况下的塑料废弃物可以被替代：4.5%被纸张替代，3.5%被涂布纸替代，9%被可降解材料替代。这相当于到2040年，每年可避免7100万吨的塑料废弃物。这些研究结果表明，在实施减少和替代两种系统干预措施后，到2040年，尽管人口和经济发展不断增加，但塑料废物的产生量仍可以被控制在今天的全球水平上，且不会在成本、效用或效果方面造成无法接受的损害。考虑到人口增长的推动和假设人均塑料生产和消费与今天的水准持平，这一结果意味着高收入国家的塑料废弃物的绝对减少(-27%)，而中低收入国家的塑料废弃物却比现在绝对增加了(平均+26%)。

任何替代材料的使用都将涉及到生产和报废处理方面的巨大经济成本，同时还要权衡环境影响和其他利弊。由于替代品的生产成本是每吨塑料效用下原生塑料的1.7至2倍，因此，只有当用于取代无法缩减或机械循环再生的塑料时，才会选择替代品。此外，替代品仅对在2040年预计不太可能渗入环境的材料进行了替代；例如，中低收入国家的可降解材料应完全兼容，并获得家庭或分散式降解基础设施的认证，并迅速得到推广。

该干预措施中有95%的潜在替代品来自于六个关键产品应用，在这些应用中，已知材料的替代品已经具有一定规模：单材料薄膜；小袋和多层薄膜；购物袋；盆、桶和托盘；其他硬质单材料包装；以及餐饮服务一次性用品。选择这三种建模的材料替代品（纸张，涂布纸和可降解材料），是因为它们是目前可用于替代存在问题的塑料薄膜和多层柔性材料的最普遍的替代品。它们不应被视为对变革的预测或建议，而应作为市场上已存在的替代品在未来规模化可能性的预示。

如果认真管理，满足替代干预的材料要求是有可能的，但需要严格监控意外后果。所有替代品都会对环境产生影响，且需要在报废时进行仔细的处理。它们都存在机会、风险和利弊，应根据具体情况进行管理和评估。在转换前，地方部门、品牌和制造商应考虑当地情况和任何替代材料的利弊（如进行完整的生命周期分析）。当地的考虑因素包括原材料采购的可持续性；收集、循环再生或安全有效降解的能力；温室气体足迹；以及材料泄漏的可能性。

主要风险之一是，如果纸张的使用增加导致砍伐林木，那么其优点将会被抵消——这强调了可持续森林管理的重要性。如果不进行整体性的管理，采购可降解材料也可能引发土地用途的变化。可行的解决方案包括使用木材和农业的副产品和废料，以及在边缘土地上种植植物的替代纤维来源。目前可降解塑料已经可以从废弃甲烷^(xxix)和食物垃圾^(xxx)中取材。

受可再生和可持续取材纸张的启发，到2040年，与“一切照旧”相比，替代性干预措施可能会在最大程度减少海洋塑料污染、甚至在减少整体温室气体排放方面起到关键作用。但是，要在必要的范围内加速替代，就需要经济上的激励措施，以在整个生命周期内帮助平衡塑料和其他材料之间的竞争环境，例如取消对石油和天然气的开采补贴，对原生塑料含量征税或针对不同的包装形式制定可调节的费用，以拓展生产者的责任分配模式。还需要为创新材料，包装设计和阻隔涂层提供资金；生物量可持续开采认证；品牌和生产商采用严格的标准，以确保替代品包含再生成分且来源可靠。

方框3：替代材料案例

- 塑料不是可以降低运输排放吗？塑料确实很轻，但运输的温室气体排放主要是由包装物的重量和货物在卡车或板条箱中所占的空间决定的。我们所模拟的替代品，如果应用得当，在生产和报废处理阶段的温室气体排放量总体要比塑料的排放量更低，这将产生出更多的减排量。因此，通过改用纸或可降解包装而增加的30%-50%重量，应该不会显著增加总排放量。对于更重的替代品，如玻璃来说，对排放进行利弊权衡则需要减少运输距离、脱碳运输、或改用重复利用模式。
- 塑料替代品是否具有相同的阻隔性能？塑料确实具有重要的阻隔性能（这对食品保存很重要），因此我们将替代品应用于保质期长、可在当地生产或供应链较短的产品。一些具有足够阻隔性能的替代材料已经可以使用或正在被推向市场。
- 没有了塑料，食品成本不会暴涨吗？我们的分析替代了17%的包装，因此理论上只可能在非食品包装上实施整个替代措施。然而，在生产者选择替代食品包装的情况下，其也只占整个产品成本的一小部分。
- 我们会创造新的废物流吗？纸张的收集和回收已经很普遍了。但是，纸涂层可能需要进行优化以进行循环再生，或者回收商可能需要调整其做法。可降解包装可能会引入新的废物形式，其需要在全局范围内扩展兼容的降解体系。
- 替代品与食物接触是否安全？塑料和非塑料材料都存在风险；食品安全是一个需要进一步监管和研究的领域。

系统干预3

设计可循环再生的产品和包装，以使2040年经济上可循环再生塑料的占比从预计的21%扩大到54%

当前，许多塑料制品的设计方式使循环再生变得困难、不经济甚至无法回收。构成低价值塑料的聚合物、添加剂和染料的混合会降低循环再生的产量，并限制其作为回收成分的可行性。全球市场大规模消费产品的集中设计和生产进一步加剧了这一问题，其与这些产品使用后进入的当地废弃物管理系统不兼容。因此，目前仅有15%的塑料被循环再生，并且该数字还因塑料类型不同而存在差异。

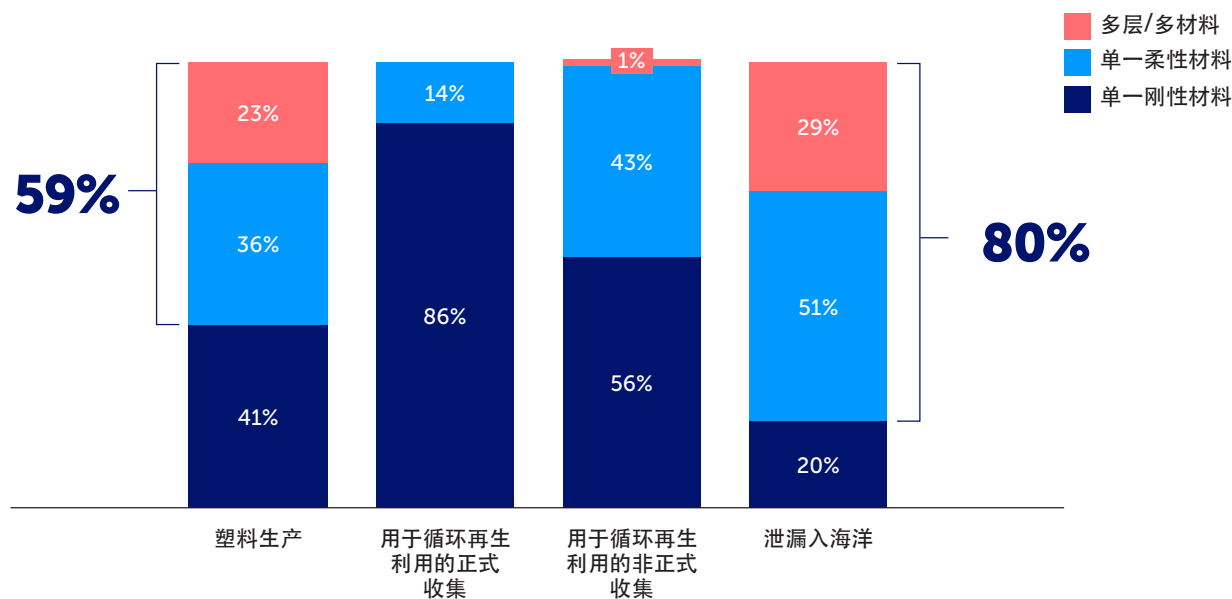
设计用于循环再生的塑料可通过两个单独但具有协同作用的优势来增加该百分比：（1）增加可循环再生塑料的份额，以及（2）提高循环再生的经济性（并因此提高可能性）。目前，柔性和多材料塑料占塑料产量的59%，但却占据了大颗粒塑料泄漏量的80%（见图7），这突出表明需要通过重新设计来实现这些目标。从多材料向单材料的转变可以在提高材料可循环再生能力方面发挥根本作用，而从塑料中去除颜料可将其循环再生价值提高约25%。此外，设计塑料以便在当地进行回收是增加其内在价值和提高机械循环再生行业利润的有效途径。

我们的模型表明，通过五个主要的循环再生手段设计，这种系统干预可以同时提高循环再生塑料的产量和价值，每吨可提高经济效益120美元，并使再生利润几乎翻倍：

- 1. 到2030年将50%的多材料柔性材料转换为单材料柔性材料，到2040年使转换率达到100%。
- 2. 到2030年将5%的多材料刚性家居物品转换为单材料刚性材料，到2040年使转换率达到10%。
- 3. 重新设计（或去除）染料、塑料颜料和添加剂，以帮助循环再生与原始产值竞争，并在塑料和产品之间形成循环。
- 4. 提高循环再生投入物的统一性和清洁度，并消除污染废物流的有问题的、难以回收的聚合物和包装形式。
- 5. 改进标签，最大限度地提高消费者、拾荒者、分拣者和回收者自身的回收能力。

总而言之，这五种循环再生手段设计可以显著扩大经济地机械循环利用的塑料的份额。在高收入国家，到2040年，预计有54%的塑料废弃物可以在系统制约下进行经济性循环再生，而今天这一比例为21%。但是这需要采取强有力的政策干预措施，以促进回收聚合物的使用并提高其价值，并要求生产者设计可循环再生的产品。其中包括生产者责任拓展计划、设计标准、循环再生目标、最低回收含量目标、使用原生塑料原料的税收以及对某些颜料、聚合物和添加剂的监管规定。工业界应与循环再生和分拣技术公司合作，开发新的包装设计，重点是在不牺牲产品安全性、稳定性或纯度的前提下，开发出满足符合再生规范的产品。

图7：“一切照旧”情况下，2016年不同类别塑料的全球生产、收集和泄漏比率
单一柔性材料塑料和多层/多材料塑料占据了塑料产量的59%，但却造成了80%的塑料海洋泄漏



系统干预4

到2040年，扩大中/低收入国家的废弃物收集率，使其达到城市地区90%、农村地区50%，并为非正式收集领域提供支持。

据我们估计，目前每年塑料废弃物总量的22%（4,700万吨）尚未被收集，到2040年，在“一切照旧”情况下，这一数字可能会增长到34%（1.43亿吨）。到2040年，大约将有40亿人缺乏收集服务（目前已有20亿人缺乏xxx，且通过人口增长增加17亿），2040年之前，每天大约需要为50万人提供收集服务，其中绝大多数来自于中/低收入国家。缩小这一缺口是有效减少海洋塑料污染所需的最关键的干预措施之一，它将需要大量的资金和创新。但是，由于减少和替代系统的干预，相对于“一切照旧”，系统变革方案可以在不显著增加收集量的情况下，显著提高2040年的收集率（从63%增至82%）。

在系统变革方案下，我们设想中/低收入国家的城市地区的收集率（正式和非正式）可以达到90%，而农村地区则可以达到50%。要达到这一比例，将需要来自世界各地政府和行业的大量资源。高收入国家可能有能力承担这些额外费用，但中/低收入国家就将面临更多困难。需要注意的是，在收集工作极具挑战性且成本高昂农村地区，生成了全球范围内28%的废弃物，但与其在未收集的废弃物（占57%）和进入海洋的塑料（占45%）中的比例并不协调。因此，在收集服务的扩展中，给予农村与城市社区同等的关注是至关重要的。

提高收集效率的重要工具是加强治理。例如，我们的模型预计，每年进入水路的大塑料颗粒废弃物中有25%是被收集车辆直接倾倒在那里的。我们估计，结合现有技术创新和加强监管，可以将直接收集后倾倒的废物减少80%。

在全世界，几乎60%的塑料回收是通过非正式渠道完成的。2016年，它收集了大约2700万吨可能泄漏的塑料，在减少海洋污染方面发挥了关键作用。但是，这种贡献在很大程度上未被认可且报酬低廉，此外拾荒者经常在不安全和不健康的条件下工作。以工作条件差为理由而不鼓励废物收集，会剥夺他们的重要收入，人们也无法因工作而获益。相反，应鼓励非正式回收领域，将其作为一种具有成本效益的废物管理服务来推广，并接受与之并存的时而艰难的工作环境。系统变革方案未提出具体路径，而是假设非正式回收领域的增长速度将与全球城市人口的增长速度相同。这意味着到2040年，拾荒者的数量及其收集的大颗粒塑料的数量都将增加60%。

实现系统干预所模拟的理想收集率，并扩大规模，需要创新和技术、更强有力的治理和投资。废弃物聚合的新模式、加强与废弃物产生者的沟通，以及为收集者提供更好的后勤服务，都可以提高交通不便地区之废弃物收集的微观经济可行性。而且，尽管在许多国家，向自然环境中倾倒垃圾已经是非法的，但仍需要积极落实以强化遵守。然而，最大的限制因素是，在货币资源最缺乏的地方往往最需要投资。对中/低收入的国家来说，不太可能从税收中拿出数十亿美元进行基础设施建设和设备投资，更不用说维持收集体系运转所需的运营支出了。以市场为导向的收集要想扩大，材料的价值必须高于收集成本。这一要求可以通过强制使用循环再生物、设计更多用于循环再生的塑料(见系统干预3)、开创和发展当地或区域市场来为非正式回收领域提供更好机会的方式来实现。

系统干预5

全球机械循环再生能力翻倍，2040年达到每年8600万吨。

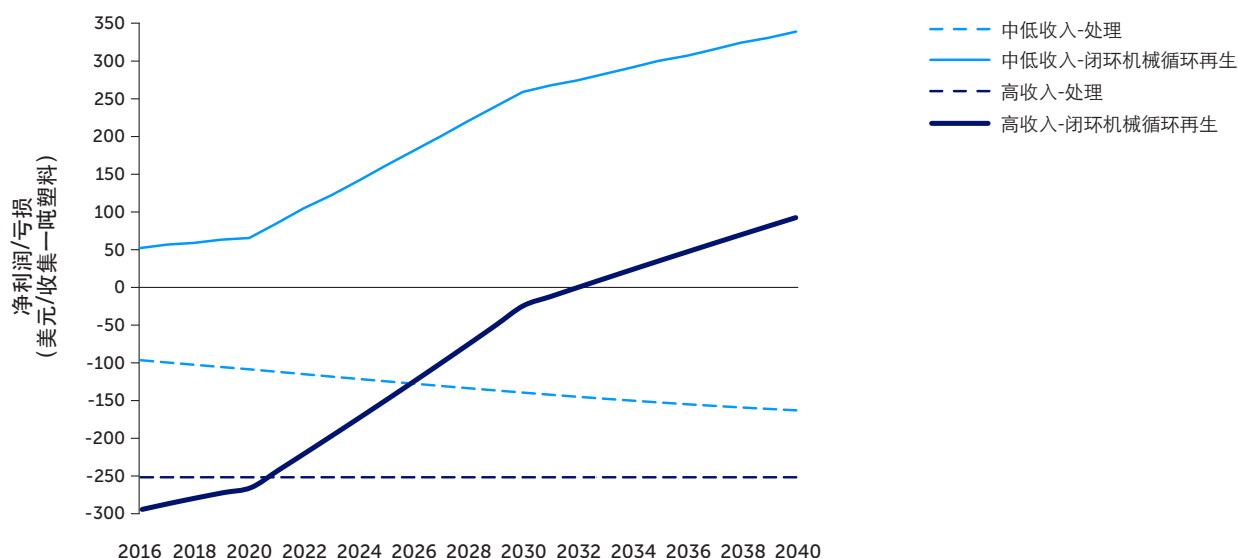
如今的塑料循环再生体系让我们失望:20%的塑料进入了循环再生体系，在计入分类和循环再生损失后，全球只有15%的塑料废弃物得到了循环再生。我们估计，到2040年，全球的机械循环再生能力可以扩大到每年处理8,600万吨塑料垃圾，33%的城市固体塑料垃圾可以被机械循环再生(在使用减少和替代手段之后)。要实现这一能力，需要从2021年到2040年每年在全球开设107家年产能2万吨的循环再生工厂。与原生塑料生产相比，每吨再生原料可以抵消48%的温室气体排放(每吨1.9吨二氧化碳当量)。

由此扩大了循环再生，到2040年，相对于“一切照旧”，可以使14%的原生塑料需求得到抵消，这相当于每年减少5900万吨的二氧化碳排放量。然而，即使在这种理想的情况下，基于对扩大回收的限制、对可以进行盈利性循环再生的材料和产品的种类的限制，以及材料损耗上的技术限制，67%的塑料废弃物仍然无法(机械地)循环再生。换句话说，我们不能简单地通过循环再生来解决塑料污染问题。

与填埋或焚烧相比，目前循环再生的经济效益较低，但在未来所有的经济模式下，每吨循环再生的利润都有可能增加350美元至540美元(见图8)，因为与填埋和焚烧不同，其可以产生收益。如果循环再生的设计得以实施、再生体系得到改进和扩大、技术得到提升，那么循环再生就有可能实现收支平衡，甚至在所有架构中都实现净盈利。

图8：2016-2040年开发每项技术的系统净亏损/利润

无需补贴，闭环机械循环再生可以在所有地区实现净利润



随着时间的推移，机械循环再生在中低收入和高收入地区中都可以实现净利润，而处置（焚化/填埋）则始终只有净成本。净利润/亏损包含整个生命周期成本，包括收集和分类成本。这一收入基于高价值塑料（PET，HDPE和PP）的混合价格。不含税/补贴或垃圾填埋场的费用。通过将净利润/损失表示为收集一吨塑料的函数，可以计算出整个生命周期中的材料损失。中低收入地区的机械循环再生假定为非正式收集，而高收入地区是使用正式收集成本计算的。随着覆盖范围的扩大，考虑到每吨收集成本的增加，处理成本也会随着时间的推移而增加。

提高循环再生经济性可以促进增加回收，但是如果想通过循环再生减少向海洋的泄漏，那么建立一个有利可图的循环再生和分拣行业、使其能够覆盖收集成本并在造成海洋塑料泄漏最严重的地方大规模实施就很重要了。

对于被视为可循环再生的物品，应建立一套体系，以使其在规模和经济上能够进行收集、分类、再加工和制造变回新产品。^[xxxii] 每个再加工循环都会使材料降解，因此，即使是专为循环再生而设计的产品也只能在有限的时间内进入处理程序。污染也会使材料无法持续地停留在使用过的物品中。另外，由于某些产品类型（例如，具有高收集和分离成本的小型轻量物品）所需的额外费用，某些塑料在合理的体系限制内无法被经济化地回收。

尽管机械循环再生有其局限性，但它可以发挥重要作用。当它以盈利的方式运作时，循环再生可以为利益相关者提供资金激励，以资助额外的材料回收。此外，与垃圾填埋或焚烧相比，回收利用还可以通过抵消原生塑料生产需求、减少提

取的需求，带来温室气体排放方面的好处。在许多地方，填埋场的容量有限，填埋压力很大，这抑制了废弃物收集率的提高；循环再生可以通过将填埋废物从废物流中抽离，来扭转这一趋势。

如今，许多行业的努力和承诺都是针对可再生性的，但机械回收由于多种因素（特别是脆弱的经济因素）限制，而在历史上一直举步维艰。这种脆弱性是由再生塑料低廉且不稳定的价格、缺乏稳定的质量以及较低的处理成本所导致的。改善循环再生经济性是加速系统干预的关键。一种方法是增加对再生塑料的需求，如通过确保快速消费品满足有关再生成分的自愿性公共承诺和政策要求。如果原生塑料和填埋/焚烧通过征税变得更加代价高昂，那么循环再生在经济上也将更具竞争力。^[xxxiii] 旨在推动需求的立法、旨在保障再生聚合物的需求并降低投资风险的与私营和公共部门的长期协议，以及旨在改善收集体系的激励措施和政策都可以发挥作用。



塑料循环再生设备 摄影
Albert Karimov/Shutterstock

系统干预6

发展从塑料到塑料的转化，这一全球产能可能达到每年1300万吨

针对某些类型塑料在机械循环再生方面的局限性，人们正在开发可以处理如薄膜、多种材料和被污染的塑料等低价值塑料的循环再生技术。化学转化一词是指任何使用化学试剂或工艺将塑料分解成可用于制造新塑料或其他材料的基本化学物质的后处理技术。据我们估计，到2040年，化学转化的全球年产能可能从今天的140万吨上升到2600万吨，其中约一半将被转换回塑料（另一半将被转换为燃料）。从2021年到2040年，每年从塑料转化为塑料的比例扩大到1300万吨（占塑料废弃物总量的6%），相当于每年新建约32家塑料转化工厂（每年产能为20,000吨）。

使用热解进行塑料到塑料化学转化的端到端经济表明，只有中/低收入国家才能在2016年和2040年产生体系净利润。在高收入国家，该技术目前有利可图仅仅是因为政府对收集和分类的补贴，以及额外的消费收入。至关重要的一点是，为了进行化学转化以阻止塑料进入环境，它必须有足够的盈利能力来支付收集费用；否则，原料将来自那些已经被填埋场收集的塑料，而非进入海洋的无人管理的废弃物。化学转化技术应只能应用于无法被还原、替代或机械循环再生的原料（参见图9）。

化学转化是一项有争议的技术，因为它仍处于初期发展阶段、具有很高的能源需求和温室气体排放量，并且尚无法准确评估其影响和贡献。化学转化需要考虑多方面的问题。但是，我们的分析表明，化学转化可以起到遏制塑料向海洋泄漏的作用，因为它可以为某些低价值塑料创造经济价值，而这些塑料在塑料污染中占很大比例，且无法轻易减少、替代或机械循环再生。它扩大了原料的选择范围，超过了机械循环再生所能承受的范围，并且与机械回收不同，在基于热解

的塑料到塑料转化技术中，聚合物被分解而不是被保存，从而允许无限的后处理循环。因为各自处理不同的原料，通过热解的化学转化与机械循环再生具有协同作用。一起使用时，两者的经济性均得到改善。但是，化学转化暂时还没有被大规模地应用。尽管应进行规模性开发和评估，但其扩大应用取决于能源的脱碳，同时也应考虑到新兴技术的自然交付期及局限性。

大规模应用塑料到塑料化学转化可能要从2030年开始，塑料到燃料的增长为实现这一目标提供了途径。尽管转化为燃料与转化为塑料的技术相似，但塑料到塑料化学转化的需求市场更为集中，需要大规模开发。如果塑料到燃料不能导致向塑料到塑料转化的过渡，那么我们将有可能冒着被禁锢在具有高温温室气体排放量技术中的风险，这会导致线性的化石燃料经济的延续，而没有体现塑料到塑料转化的优势。重要的是，扶持政策应侧重于塑料到塑料的化学转化，以促进循环经济；这些政策可能包括研发和投资基础设施、推动对可再生生物更高需求的法规、旨在降低投资风险的复杂的承购协议以及用于认证可再生含量的追溯机制。

图9：机械循环再生与热解的原料耐受性比较

化学转化扩大了原料的耐受性

塑料的价值		高							低	
		涤纶	高密度聚乙烯	聚丙烯	低密度聚乙烯 + 线性低密度聚乙烯	聚氯乙烯	聚苯乙烯	多层膜		
清洁/分类废弃物	机械循环再生	✓	✓	✓	(✓)	✗	✗	✗	✓ 技术上可行 (✓) 某些情况下可行 ✗ 技术上不可行	
	热解	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓		
受污染废弃物	机械循环再生	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	✗	✗	✗		
	热解	✗	✓	✓	✓	✗	(✓)	(✓)		

机械循环再生既包括开环循环再生，也包括闭环循环再生。污染是指其他废弃物(即有机物)或油墨、添加剂和混合聚合物。LDPE/LLDPE的机械循环再生主要是开环循环再生。

系统干预7

作为过渡措施，建设配套设备以处理无法经济地回收利用的23%塑料

垃圾填埋、焚烧炉和塑料到燃料的化学转化应该仅在减少、替代和循环再生的潜力被充分开发后作为最后的手段，特别是因为它们对健康和环境造成很大的风险。然而，到2040年不再需要对塑料废弃物进行报废处理的设想可能是不现实的。我们的模型表明，进入海洋的陆上大颗粒塑料有39%来自于被收集后处理不当的废物（2016年泄漏到海洋中的大颗粒塑料有380万吨）。作为一种衔接解决方案，可能需要创建一些处理机制来堵住这些泄漏点。

我们的“一切照旧”情形表明，2016年堆积在垃圾场或不卫生垃圾填埋场的大颗粒塑料废弃物数量为4,900万吨，占有大颗粒塑料废弃物生成量的23%，如果不进行干预，到2040年这一数字预计将增长到每年1亿吨。减少全球露天垃圾场的数量是许多政府的核心目标，这不仅是因为垃圾场导致严重的塑料污染，而且还因为它们会排放温室气体并对健康造成负面影响。系统变革方案预计将使存放在垃圾场的塑料比例从2016年的23%降低到2040年的10%。

利用历史趋势，我们还预测了将被处理的剩余塑料废弃物的数量，到2040年，这一数字可以从“一切照旧”下每年5400万吨的垃圾填埋和每年8,000万吨的焚烧，分别减少到5,000万吨和3,900万吨。系统变革方案显示，到2030年，在每年7300万吨的新增垃圾填埋容量下，全球垃圾填埋场的扩张可能达到高峰。这两种处理方式都各有利弊。填埋具有成本效益，但如果不进行有效的日常和中间覆盖管理，微塑料可能会渗透填埋底衬污染地下水，塑料废弃物将会像在露天垃圾场中一样泄漏到环境中。焚烧能有效地稳定生物材料，并减少体积(90%)和质量(80%)^(xxxiv)，但它们会向大气中释放出温室气体以及一些非化石性废物(“空中填埋”)，此外还需要持续的原料来保持燃烧。由于焚化炉的寿命约为25年(或更长)，因此还会产生一种“锁定”效应，可能会阻碍新技术的发展，或与循环再生原料形成竞争。^(xxxv)

虽然焚烧能产生一定的收益，但垃圾填埋场却什么也不产生，并且它们都是政府的净成本。由于几乎没有市场激励措施来确保这些设施得到妥善管理，这两种处理形式都需要强有力的公共管理，以尽量减少对环境和社区的损害。

系统干预8

到2040年，向低收集率和高泄露率国家的塑料废弃物出口将减少90%

2016年，高收入国家向中低收入国家的塑料废弃物出口量为350万吨。由于几乎没有关于这些出口塑料命运的证据，其对海洋塑料污染的具体影响很难被量化。零散的证据表明，出口的废弃塑料中有5%至20%几乎没有价值，而且经常出现露天焚烧或非法倾倒形式的管理不善。^(xxxvi)其中必然有部分塑料泄漏到了海洋中。

关键在于，高收入来源国没有报告中低收入国家分类和循环再生中的损失或残留物。因此，出口塑料被错误地100%计入来源国的循环再生率。有证据表明，其中一些材料对进口国造成了污染、损害了当地人民和环境时，这种管理差异却制造了高收入国家资源效率高的假象。

在接近废弃物产生点的地方建立循环经济，将有助于创造可持续的材料来源，并解放以前塑料进口大国的基础设施，使他们能够处理自己的废弃物。因此，尽管可用于量化其影响的数据少，但从长远来看，这种系统干预对于减少进入海洋的塑料量至关重要。我们估计，如果实施正确的政策并建立基础设施，以在当地或区域内处理这种塑料，到2040年，塑料废弃物出口可以减少90%。

在接近废弃物产生点的地方建立循环经济，将有助于创造可持续的材料来源，并解放以前塑料进口大国的基础设施，使他们能够处理自己的废弃物。

系统变革与塑料制品的未来

改变塑料体系将保障一个新世界的到来——一个用可重复利用的物品和新交付模式淘汰或取代我们今天熟知和使用的许多一次性塑料产品的世界。不可循环再生和难以循环再生的塑料可以被纸或可降解材料取代，剩下的塑料垃圾以更高的比例被循环再生，从而大大减轻塑料对环境的污染。

一切照旧情况下以下产品需求所占的百分比：



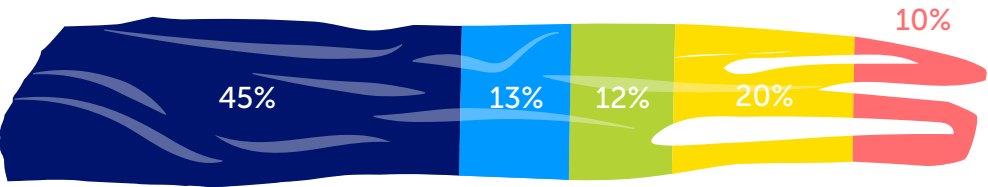
今天85%的塑料泄漏至海洋的问题是由五种产品类型/应用导致的。到2040年，在全球塑料体系中采取行动将使得许多此类塑料产品/应用被去除、替代或再生。

单材料塑料薄膜（如，保鲜膜、自动包装、托盘包装）



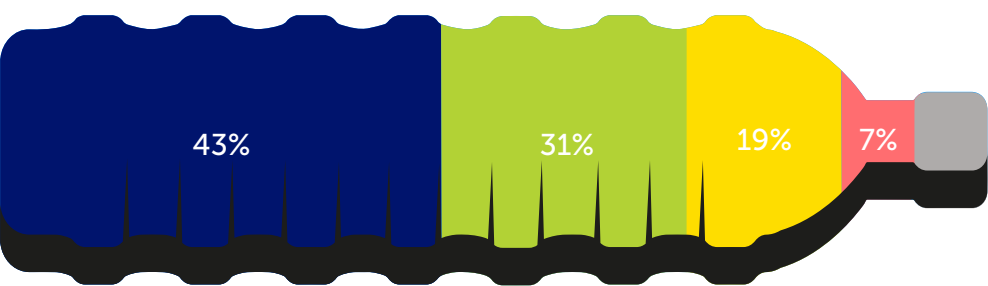
通过削减措施及使用纸和可降解替代品可以避免58%的单材料塑料薄膜。

手提袋（如，杂货袋、购物袋）



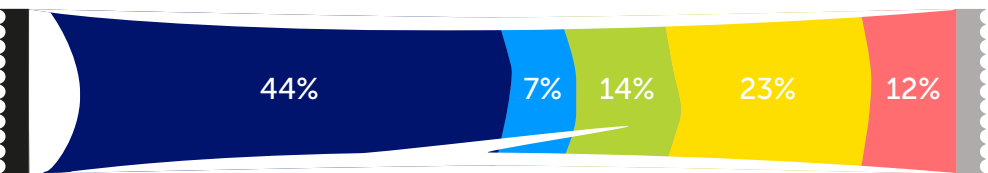
通过禁止、激励和再利用的模式可以避免45%的包装袋。

瓶子（如，水瓶、饮料、清洁产品）



与今天相比，硬质单材料塑料的循环再生率将翻倍。

塑料小袋和多层柔性塑料（如，调味品和洗发水的分装小袋，咖啡、薯条和糖果袋）



2016年，48%的塑料产品存在管理不善。在系统变革方案下，这些产品的管理失当率可能会降至12%。

家居用品（单材料/多材料塑料制品，如笔、玩具、梳子、牙刷、耐用品、水桶）



家庭用品的循环再生率是今天的近乎四倍。

系统变革方案干预措施的温室气体排放

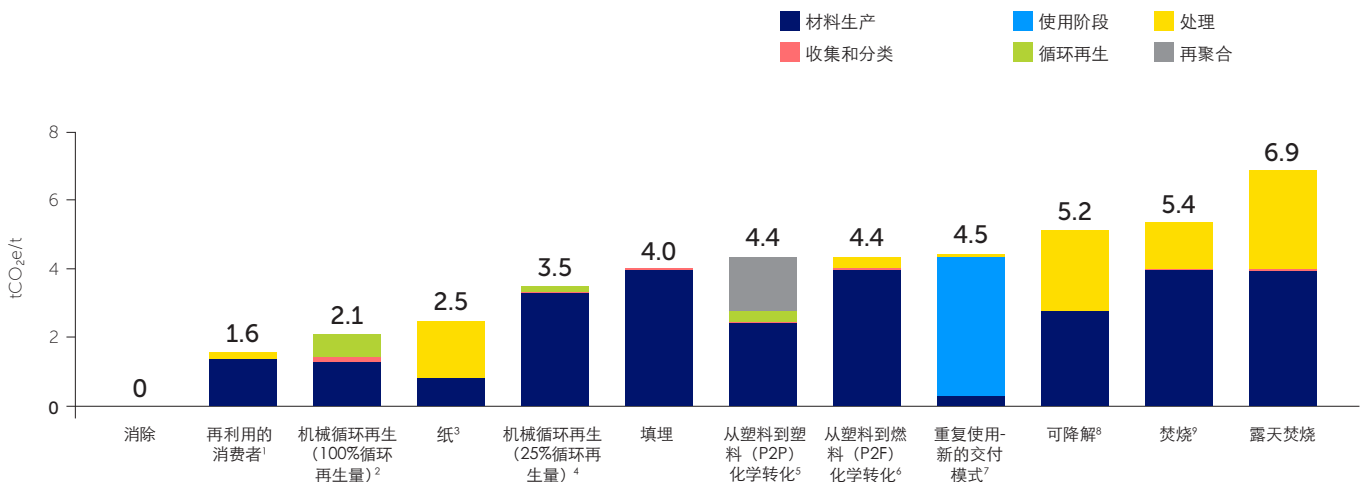
八项综合的系统变革方案干预措施使得与“一切照旧”相比，2021-2040年与塑料相关的累积温室气体排放量减少了14%（到2040年，年度排放量减少了25%）。通过假设零排放的禁令和激励措施来消除低效用可避免的塑料，通过禁止和鼓励零排放来消除低效用可避免的塑料，重复使用每吨塑料产生1.6吨二氧化碳，而可降解、焚烧和露天燃烧每吨塑料产生的二氧化碳最多，分别为5.2吨、5.4吨和6.9吨——尽管随着时间的推移，通过正确的来源和降解基础设施，降解的排放量可以显著减少。

尽管“系统变革方案”相对于“一切照旧”而言有显著改善，但它仍使用了2040年碳预算的15%，而塑料价值链目前

仅贡献了全球排放量的3%。因此，至关重要，要跳出方案中所模拟的干预措施，明确减少和重复利用的方法以实现潜在的二氧化碳减排；在方案假设之外，推进使塑料生产和替代品脱碳的技术；限制碳密集型报废技术的扩展，如焚烧和化学转化等；关注更广泛的体系性变化，包括减少消费、本地采购和运输脱碳。

下图显示了在系统变革方案下，对五种产品类型/用途实施所大颗粒塑料系统干预措施的综合影响。

图10：1吨塑料效用的温室气体排放量
不同处理方法对温室效应的影响也大不相同



1. 生产和处理的排放量是根据产生的废弃物减少多少而定的(减少65%)。这一手段中的“处理”包括所有终止排放的行为，包括收集、分类和循环再生。
2. 同时适用于闭环和开环循环再生。假定100%的循环再生量，这需要收集和分类更大比例的废弃物，以弥补损失。
3. 每吨纸或涂布纸包装的平均生命周期排放量，乘以从塑料到纸的平均材料增重的1.5。排放因纸张的来源而异。处理包括循环再生在内的所有终止排放，在这一手段中我们不做区分。
4. 对于闭环和开环循环再生均有效。假设循环再生率为25%，那就需要收集、分类更大比例的废弃物来弥补损失。其余的75%通过原生塑料生产实现。
5. 排放物包括石脑油的再聚合以及热解过程本身。应当指出的是，这项技术的温室气体排放数据是有限的
6. 不包括燃料燃烧产生的排放，因为我们假设类似的温室气体足迹替代了常规燃料。应当指出的是，这项技术的温室气体排放数据是有限的。
7. NDM=新的交付模式。生产和处理的排放量取决于废弃物的产生量减少了多少（减少88%）。此手段中的“处置”包括所有终止排放的行为，包括收集、分类和循环再生；假定使用阶段的排放量与传统塑料相同——尽管在实践中，一旦NDM达到规模，排放量可能会大大降低。
8. 每吨PLA的生命周期排放量
9. 对焚烧的排放量进行了调整，以反映生成与平均排放量等量的能源所替代的排放量。

从产生塑料废弃物的时间点到生产一吨塑料效用的时间，计算与每个路径相关的温室气体排放量。一吨塑料效用为向消费者提供与一吨塑料相同价值所需的材料/服务。

微塑料系统干预

针对轮胎，纺织品，个人护理产品和生产颗粒的四种微塑料（<5mm）来源，推出所有已知解决方案，到2040年，流向海洋的微塑料年泄漏量将每年减少180万吨

2016年，进入海洋的塑料总量中有11%（130万吨）来自我们选择建模的这四种微塑料主要来源：轮胎磨损/粉尘，颗粒损失，纺织品微纤维和个人护理产品中的微塑料成分。在系统变革方案下，我们将大规模实施所有已知的微塑料重要解决方案（整合所有相关的系统干预措施），到2040年，微塑料泄漏每年可减少180万吨（从300万吨减少到120万吨），与“一切照旧”相比减少了59%。

在我们的报告中，微塑料的定义是尺寸在1微米到5毫米之间的塑料片，它们以微细颗粒的形式进入环境——被广泛称为初级微塑料。^(xxxvii) 我们没有包括大颗粒塑料废物因管理不当的分解而产生的次生微塑料（因为其在我们对大颗粒塑料的分析中已经被考虑过了）。在大约20种潜在的初级微塑料来源中，我们建模的四种来源约占微塑料总泄漏量的75%至85%。在这四种来源中，按质量排序，最大的贡献者是轮胎粉尘，占据了模拟泄漏量的78%；此外颗粒物占18%；纺织品和个人护理产品合计占4%。进入海洋的微塑料颗粒的数量存在不同的形式，其中轮胎和纺织品是泄漏的主要来源。

据我们估计，在“一切照旧”的情况下，这四种来源的微塑料泄漏可能会从2016年的130万吨增加到2040年的300万吨。我们估计在所有释放的微塑料中（在生产或使用过程中释放、排放到道路上、进入废水或环境中的）有26%最终泄漏到海洋中。另外63%泄漏到包括土壤和空气在内的其他环境中。据估计，2016年释放的微塑料中，有11%从废水处理中收集，然后被送到填埋场或焚烧炉进行处理。

2016年，高收入国家约占微塑料排放总量的三分之一（34%），高收入国家向海洋的人均微塑料排放量是世界其他国家的3.4倍，这主要是由其较高的驾驶速度、塑料消耗和纺织品洗涤造成的。事实上，在高收入国家，微塑料占泄漏量的61%，因此应优先应对这一挑战。

解决方案应着眼于从源头上减少微塑料，因为这比收集环境中已有的微塑料颗粒更具成本效益和可行性。这可以通过轮胎和纺织品设计创新、减少汽车行驶总里程的运输革命、减少塑料产量、防止颗粒泄漏的法规和企业措施，以及禁止在个人护理产品中使用微塑料成分来实现。通过执行相关法规以及在整个供应链中监控和实施预防措施，到2040年颗粒损失问题将很容易被解决。同样，通过转用脱落率较低的纱线，纺织品泄漏也具有很大的改善潜力。正如在一些国家中已经发生的那样，个人护理产品中的微塑料成分完全可以被禁止，且不会产生社会风险。

相比之下，显著减少轮胎的泄漏则需要进一步的创新，在所有系统干预措施实施后，2040年轮胎泄漏将占进入海洋的剩余微塑料的93%。最有效的干预措施是减少行驶公里数并降低轮胎的损耗率。现有轮胎具有高耐用性，因此，通过选择较少磨损的类型和品牌，加之推广生态驾驶习惯，我们可以大大减少轮胎造成的微塑料污染。

然而，即使雄心勃勃地推出了所有已知解决方案，2040年的微塑料排放仍与2016年的泄漏率相差无几。在系统方案下，预计到2040年，微塑料将是进入海洋的剩余塑料总量的主要组成部分（高达23%）。这一结果是因为与大颗粒塑料相比，对某些微塑料来源的现存解决方案较少。

因此，进一步减少泄漏需要新的解决方案，而不是在原方案下建模——尤其是对于轮胎来说，同时以解决此处未建模的其他微塑料排放来源。我们需要对微塑料的排放和途径进行更多的研究，以全面了解微塑料的污染问题。

解决方案应着眼于从源头上减少微塑料，因为这比收集环境中已有的微塑料颗粒更具成本效益和可行性。这可以通过轮胎和纺织品设计创新、减少汽车行驶总里程的运输革命、减少塑料产量、防止颗粒泄漏的法规和企业措施，以及禁止在个人护理产品中使用微塑料成分来实现。

微塑料与海洋

目前流入海洋的塑料总量中，约有11%是仅由四种微塑料来源构成的——轮胎磨损、生产颗粒、纺织品和个人护理产品——它们以微颗粒(<5mm)的形式释放到环境中。

迅速的行动和创新，对于防止它们泄漏到海洋中——更广泛地说——泄漏到环境中是十分必要的。

微塑料为海洋塑料污染贡献了多少？

我们分析的这四种微塑料来源现在每年向海洋泄漏约130万吨微塑料，到2040年，这一数字将增加到300万吨。



轮胎粉尘占
据了微塑料
泄漏量的

78%

~ 1、2000、000兆的微粒



塑料颗粒占
据了微塑料
泄漏量的

18%

~10兆微粒



纺织品和个人护
理产品占微塑料
泄漏量的

4%

~ 144、000兆颗粒

微塑料泄漏从何而来？

所分析微塑料约占高收入国家泄漏总量的60%

高收入国家的人均微
塑料泄漏量为

365 克



中/低收入国家的人均
微塑料泄漏量为

109 克

我们如何减少微塑料泄漏？

从2020年开始在整个塑料体系中采取一致行动，微塑料泄漏可以通过以下措施减少：

~每年180万吨或2040年减少到59%

与“一切照旧”情况相比

解决方案包括：



更好的轮胎和
纺织品设计



转变运输方式，减少人均
行驶的公里数



减少塑料产量



通过法规和企业措施防
止塑料颗粒泄漏



加强废水处理



禁止微塑料成分在个人
护理产品中的使用



必须通过
额外的创新
减少剩余41%的塑
料泄漏——尤其是
在轮胎设计中

2016

2040 系统变革方案

海上泄漏源

我们并不确定到底有多少塑料是从海上泄漏到海洋中的，但据估计其大约占大颗粒塑料泄漏总量的10%至30%。

(xxxviii) 海洋塑料污染的海上来源，在本报告中被定义为所有从远洋船只（包括渔具和运送垃圾）进入环境的塑料，这些都是造成海洋塑料污染最明显、最有害的因素。(xxxix) 尽管因缺乏对不同海洋泄漏源的可靠评估，而无法将这一类别纳入我们的定量分析，但解决这一污染问题仍是当务之急。

在所有海洋塑料污染源中，遗弃、丢失或以其他方式丢弃的渔具（ALDFG）是对海洋生态系统造成损害的最大原因之一。(xi) 从多种来源试图量化年泄漏率，估算范围为64万吨至115万吨，随着捕捞能力和水产养殖业的增长，预计这一数字将会增加。(xii) 据估算，每年有29%的渔线丢失，8.6%的陷阱类渔具和鱼篓丢失，以及5.7%的渔网丢失。(xiii) 对渔网的进一步评估发现，刺网的丢失风险最高，底拖网被认为是低风险的，而围网和中层拖网的风险最低。(xiii)

减少海洋环境中丢弃渔具的干预措施主要有两类：预防措施和补救措施。预防性手段（例如，扩大渔具的生产者责任、鼓励废物回流的港口接收费结构、渔具标记体系，及加强和完善监管，打击非法、未报告和无管制的捕捞活动）预计将产生显著影响，但其需要大规模实施才能奏效。采取补救措施（例如，举报和取回丢弃渔具的奖励措施，丢弃渔具检测和报告计划，以及采取措施减少被称为“幽灵捕鱼”的会继续缠结生物的遗弃渔网）也是必须的。

根据国际法，故意从海船上倾倒一般塑料垃圾的做法是非法的，但也有一些例外（《国际防止船舶造成污染公约》附则五）。然而，这种做法却很普遍，有证据表明，在过去的50年里，随着商业航运的发展，这种做法有增无减。(xiv) 据迄今为止最全面的研究估计，在欧盟中，每年运输垃圾的塑料量在54,000至67,000吨之间，(xiv) 占海上来源的35%。应对船舶垃圾的措施可分为陆上手段（例如，减少消耗，用可在海洋中分解的材料替换塑料）和海上手段（例如，在港口和船只上进行有针对性的检查、在港口运送废弃物的退税、协调废弃物信息和执行《防污公约》附则五）。目前我们迫切需要改进港口和船只上的数据收集方法，并加强国际合作，以更好地了解这一全球问题。



结论5

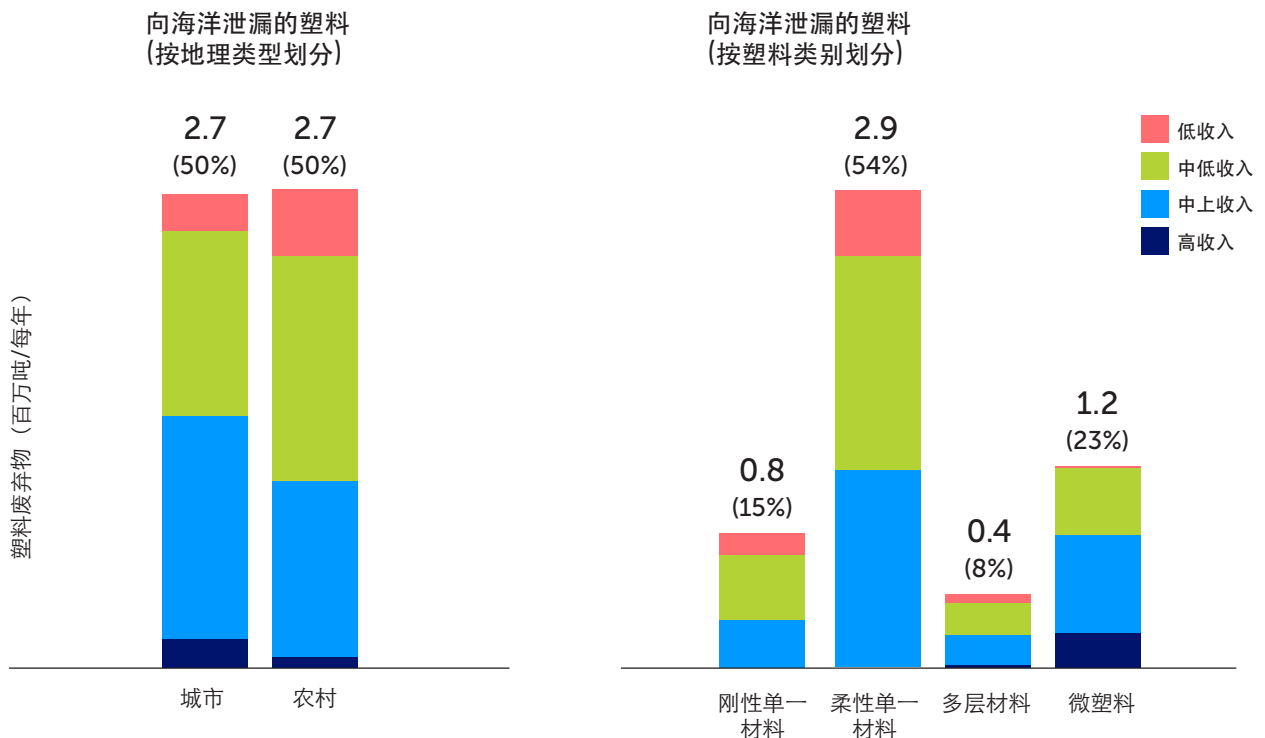
创新是实现零塑料污染的必要条件

系统变革方案描述了一条可以大幅度减少海洋塑料污染的可行途径，但最终目标是实现海洋的零塑料污染。要实现这一愿望，就需要缩小创新差距、确定重点明确且资金充足的研究议程，并辅之以鼓舞人心的雄心壮志。

即使同时应用所有已知的重要系统干预措施，我们预计到2040年每年仍将有500万吨塑料泄漏到海洋中，年温室气体排放量仍将比2016年高54%，2016年至2040年间进入海洋的塑料总量将累计达到2.48亿吨。要将剩余的差距缩小到接近零泄漏的水平，特别是在中低收入国家，将需要更多的研发投资和创新，超越当今已知的解决方案，进一步发展智能措施，替代性商业模式，新材料替代品和重复填充系统，以及更有效、更快地扩大减控、收集的规模以及循环再生、可降解和受控的处理系统。应该特别侧重于帮助中/低收入国家跨越高收入国家不可持续的线性经济模型。每年在研发上的支出可能会超过1000亿美元，是如今每年220亿美元的三倍多。^(xlvii)

为了更好地了解创新效果最显著的领域，图11显示了在实施所有系统变革方案干预措施后的其余泄漏源。新解决方案制定时应特别聚焦以下方面：1) 收集，尤其是针对农村和边远地区的收集；2) 柔性塑料和多材料（占其余泄漏的62%），侧重于替代交付体系和材料上，并提高现有材料的价值；以及3) 轮胎微塑性泄漏（占其余泄漏的21%）。其他目标包括进一步扩大“减产”，“替代”和“循环再生”的解决方法；实现100%收集的方法；绿色化学突破；以及新的技术、行为模式和商业解决方案。

图11：在系统变革方案下，按地理类型和塑料类别划分的2040年的剩余泄漏量
在系统变革方案干预实施后，单一柔性材料的泄漏率畸高，因此是创新的重点



结论6

该解决方案在经济上可行，但需要进行重大投资调整

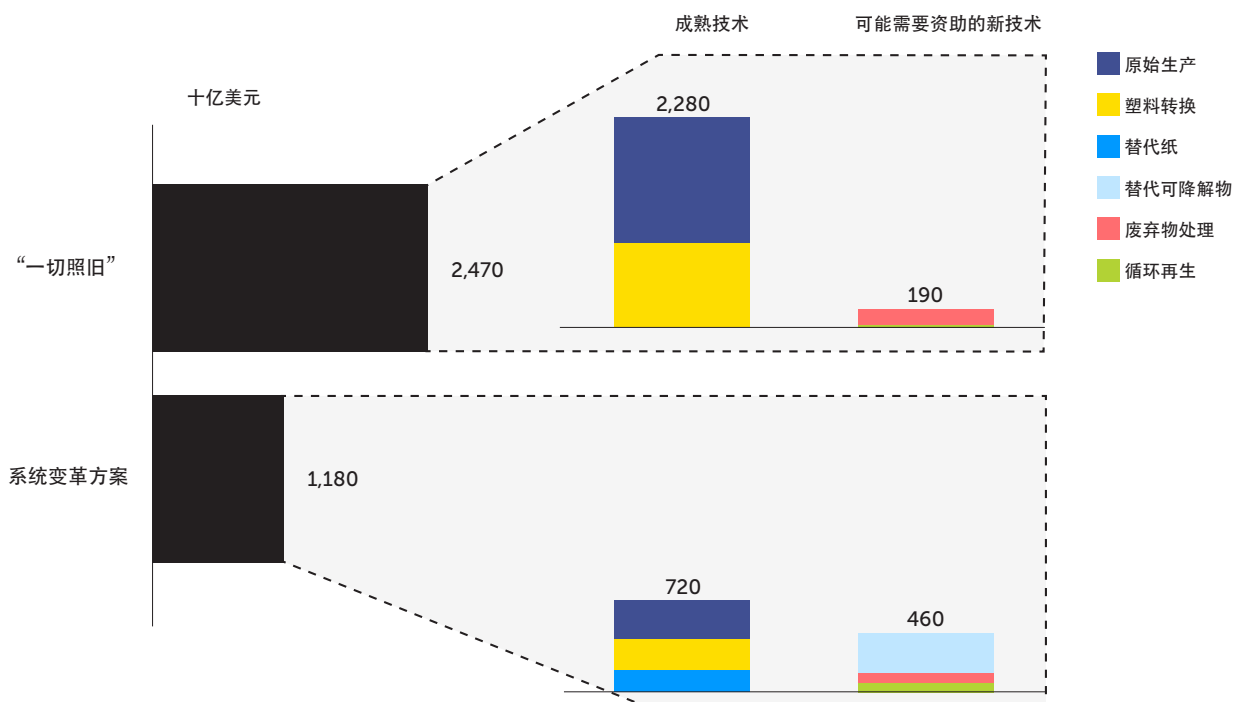
系统变革方案对政府和消费者来说在经济上是可行的，但需要大幅调整资本投资。虽然2021年至2040年期间全球塑料行业的投资现值可从2.5万亿美元降至1.2万亿美元，但系统变革方案也需要将投资从原生塑料的生产和转化（这些被认为是“安全”的成熟技术）大幅转移到新的交付模式、替代材料、循环再生和收集基础设施的部署上，而这些技术通常尚不成熟或在经济上不太可行（参见图12）。这种转变只有在政府的激励措施和行业及投资者承担风险前提下才有可能实现。目前的石化行业还受益于全球化石燃料补贴，2017年全球化石燃料补贴估计达到530亿美元^(xlvii)——取消此类补贴可能是转型的关键。虽然在“一切照旧”下的投资被认为风险较低，但我们的分析表明，随着政策、技术、品牌商和消费者行为都逐渐向可循环塑料经济转型，其风险可能将远高于目前金融市场的理解。

预计，在2021年至2040年期间的低泄漏系统变革方案中，政府管理塑料废弃物的总成本为6000亿美元，而在“一切照旧”下管理高泄漏系统的总成本为6700亿美元。在全球范围内，各国政府在减少塑料污染的同时还可以节省700亿美元（尽管中低收入国家的成本比“一切照旧”高出360亿美元，但其分散在20年中）。

系统变革方案需要将投资从原生塑料的生产和转化大幅转移到新的交付模式、替代材料、循环再生和收集基础设施的部署上，而这些技术通常尚不成熟或在经济上不太可行。

图12：2021年至2040年，不同情形下所需的全球资本投资现值

系统变革方案比“一切照旧”需要的资本投资更少，但风险更大



Values in this figure represent the present value of all capital investments needed per scenario between 2021 and 2040.

结论7

解决方案为塑料经济注入新的生命力，给行业带来机遇的同时，也带来了风险

基于法规的变化和消费者的日益关注，塑料污染对原生塑料的生产商和使用者造成了独特的风险。但这对于那些走在前沿且愿意采用新方法、新模式和新材料的公司来说，也是一次难得的机遇。步入这一系统变革的轨道以实现大约80%的泄漏减少，将使循环塑料经济焕发出生命，并使企业有机会释放源自材料流通而不是矿物燃料的提取和转化的价值。可以围绕更好的设计、更好的材料、更好的交付模式、改进的分类和循环再生技术以及智能的收集和供应链管理系统，创造出大型的新价值池。例如，在系统变革方案下，对循环再生成分的需求预计将增长2.7倍，这为废弃物管理行业创造了巨大的商机。

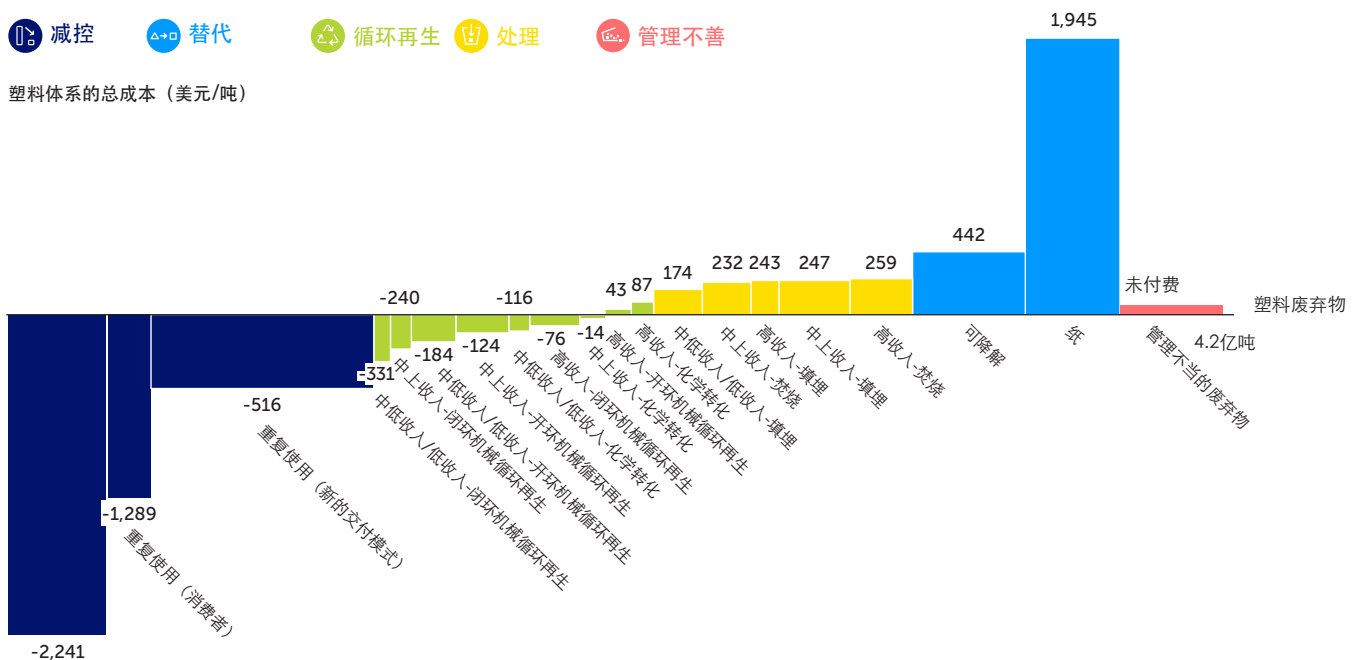
我们的分析表明，通过在系统变革方案下整合应用上、下游干预措施，我们可以在2040年满足全球对塑料用途不断增长的需求，而系统中的塑料总量与今天大致相同，且原生塑料

生产水平将降低11%，使塑料增长与经济增长基本脱钩。这是个好消息，但与此同时，数千亿美元的投资正被投入到原始的塑料生产工厂中，使我们每天都更深地陷入到高产废、高排放的轨道中。塑料生产正成为石化行业增长的新引擎，引发了人们对“塑料泡沫”的担忧，新的投资有可能变为闲置资产。投资者应在新塑料经济中寻找机会，并紧急应对与现有资产相关的潜在风险。

如图13所示，从经济角度来看，减控的手段是最有吸引力的，其通常代表着一种净节约的解决方案。通过改进政策、设计、规模化和技术，到2040年，循环再生解决方案也可以实现净节约。替代是最昂贵的选择，并非源于替代一吨塑料需要多于一吨的纸。

图13：2040年系统变革方案中每种处理类型的成本和质量

减控手段通常是最经济的处理方式，而塑料替代品通常会更加昂贵



该图的X轴表示2040年系统变革方案下每一种处理类型的塑料废弃物量。Y轴表示该处理方式所需的整个价值链的净经济成本（美元），包括运营支出和资本支出（例如，机械循环再生成本包括收集及分类成本）。左侧的负成本表示相对于“一切照旧”节约的成本，而正成本反映了该处理方式的净成本。成本接近0意味着其实现对系统来说是接近“成本中立”的。补贴、税收或其他“人为”成本被排除在外；其反映了每项活动的技术经济成本。这一成本不一定反映今天的成本，而是在系统干预措施（包括循环再生设计和其他有效措施）实施后可以达到的成本。

结论8

解决方案应依据地理环境和塑料种类加以区分

毫不意外地，我们的模拟结果表明，系统变革取决于在不同地理类型和塑料类别下的不同实现优先级和解决方案。这一发现源于世界各地存在根本性不同的背景和起点，包括不同的废弃物成分、政策制度、劳动力和资本成本、基础设施、人口统计数据 and 消费者行为。图14突出显示了在三组原型中的每组中，实现体系变更方案中建模结果所需的最迫切的解决方案。

各地的首要任务是减少可避免的塑料，我们估计到2040年，在“一切照旧”计划，可避免的塑料数量将达到1.25亿吨，所有地区都应优先解决当地泄漏率最高的塑料类别。与生产

量相比，软包装（袋子、薄膜、保护套等）、多层和多材料塑料（小袋、纸尿裤、纸盒等）以及微塑料在全球塑料污染中所占的比例畸高，分别占了泄漏量的47%、25%和11%。然而，如图15所示，某些系统干预措施对某些收入群体、城市或农村环境和塑料类别的适用性更强。

图14：针对不同地理类型的优先解决方案



与其生产量相比，软包装以及多层和复合塑料在塑料污染中所占比例畸高，其分别占泄漏量的47%和25%。

图15：按地理类型和塑料类别划分的系统干预相关性

								高度适用		相对适用		不适用	
系统干预		最相关的收入群体				城市/农村		最相关的塑料类别				主要责任攸关方	
1	降低塑料消费的增长	高收入	中上收入	中低收入	低收入	城市	农村	刚性	柔性	多重	微塑料	消费品品牌；零售商	
2	用合适的替代材料代替塑料	高收入	中上收入	中低收入	低收入	城市	农村	刚性	柔性	多重	微塑料	消费品品牌；零售商	
3	设计便于循环利用的产品和包装	高收入	中上收入	中低收入	低收入	城市	农村	刚性	柔性	多重	微塑料	消费品品牌	
4	提高发展中国家的废弃物收集率	高收入	中上收入	中低收入	低收入	城市	农村	刚性	柔性	多重	微塑料	地方政府	
5	提高全球机械循环利用能力	高收入	中上收入	中低收入	低收入	城市	农村	刚性	柔性	多重	微塑料	废弃物处理公司	
6	提高全球化学转化能力	高收入	中上收入	中低收入	低收入	城市	农村	刚性	柔性	多重	微塑料	废弃物处理公司；石油化工行业	
7	建立安全的废弃物处理设备	高收入	中上收入	中低收入	低收入	城市	农村	刚性	柔性	多重	微塑料	中央政府	
8	减少塑料废弃物出口	高收入	中上收入	中低收入	低收入	城市	农村	刚性	柔性	多重	微塑料	中央政府	

占全球排放的3%。因此，至关重要，要超越所模拟的干预措施，确定扩大减少和重复利用的方法，推进进一步脱碳替代材料的先进技术，限制碳密集型寿命末期技术的扩展，并把重点放在更广泛的系统性变化上，包括减少消费、就地采购和运输脱碳。

图16：系统变革方案下，联合国可持续发展目标对2040年的影响

从社会、经济和环境来看，系统变革方案都优于“一切照旧”



在系统变革方案下，我们可以通过减少、替代和改用再生塑料，来满足对塑料所提供服务的需要加倍的要求，其中原始塑料比2016年减少11%。

结论10

推迟五年执行计划将会导致额外8000万吨塑料流入海洋

在系统变革方案下参照的所有元素都已经存在或正在开发中，并且其规模应得到迅速扩大。推迟五年实行计划可能会导致到2040年海洋中的塑料总量增加8000万吨。此外，实施系统干预措施的延迟可能会使世界偏离通往最终近乎零泄漏的关键道路。

未来两年是实施第一个变革的关键时期，2025年将是实现变革的关键里程碑，包括停止生产可避免的塑料、激励消费者围绕可重复使用的塑料、改进标签以及测试如新交付模式之类的创新做法。这些步骤将为到2025年和2030年发生第二次和第三次变革奠定基础，并能在2030-2040年实施图17所示的“催化”和“突破”体系解决方案。

阻碍我们解决塑料污染问题的不是缺乏技术解决方案，而是缺少适当的监管框架、商业模式和融资机制。解决方案对我们来说唾手可得：如果我们想大幅减少海洋中的塑料，就应立刻行动起来。

图17：三个时间跨度，说明为实现系统变革方案可分阶段采取的行动

1 2020-2022：阶段1 “不留遗憾”	2 2025：阶段2 “催化”	3 2030：阶段3 “突破”
- 消除过度包装和可规避塑料的使用，如产品禁令、公司自愿承诺 - 遏制原生塑料生产的进一步扩大 - 通过改进标签、经济激励和客户沟通来改变消费者行为 - 测试交付创新，如重复使用-重复装填和新的交付模式 - 设计当前包装和产品以便循环利用，同时引入相关标准，扩大生产者责任，取得最低回收承诺。 - 投资收集基础设施，并制定政策激励措施，如存款返还计划、法定目标等 - 承诺为转型提供资助，帮助创新者发现商机 - 采取措施解决微塑料来源问题，如禁止微塑料成分、强制执行供应链标准以消除颗粒损失	- 确保政府和行业领导者之间的融合与协作，克服不同立场导致的僵局 - 快速发展系统创新，包括新的交付模式（重复使用-重复装填）、逆向物流、鼓励包装回收 - 通过创新发现新的或改良的材料和技术，以增加使用后价值或扩展可降解和生物无害材料的领域 - 保障对废弃物和循环利用系统的大规模投资，以推动改进和加快实施 - 增加法定目标以推动持续发展（例如收集、重复利用、循环利用、回收含量的目标） - 简化聚合物类型和产品设计，以方便重复使用和循环利用 - 纺织品和轮胎设计的创新	- 在全球范围内扩展系统创新（例如，重复利用、新的交付模式、生物无害替代品、微塑料排放最小化措施） - 在增强的材料价值和政策创新的基础上，实现价值驱动的包装回收、循环利用以及将塑料废弃物用作原料的系统 - 为采用以再利用为基础的新商业模式、把握住循环经济机遇的公司创造商业利益 - 通过创新融资和材料租赁模式，提供基于再利用的包装服务

An aerial photograph showing a wide, sandy beach at the top of the frame, transitioning into the ocean. The ocean features several waves breaking, with white foam visible against the darker blue water. The overall scene is captured from a high angle, looking down at the coastline.

所有利益相关方都
要发挥作用

在20年内实施所有八项系统干预措施并转变塑料价值链并不容易。为了实现新塑料经济带来的全部利益，需要采取坚决和协作的行动：在整个价值链中、在公共和私营部门之间、在政府各级和各国之间。

这种协作至关重要，因为许多组织愿意采取行动的前提是其他组织也采取行动。例如，一家消费品公司依赖再生塑料的可用性来增加循环再生的含量，回收商依赖产品设计和清晰的标签，而投资者则依赖可负担的资本。每个参与者（以及整个体系）的成功都依赖于他人的行为。我们侧重于五个主要利益相关方在促进和加速这一转变中的作用：政府，企业，投资者和金融机构，民间社会和消费者。

政府的作用

要实现在系统变革下建模的成果，需要根本改变生产和使用塑料及其替代品的公司的商业模式，全面改革循环再生和废弃物处理行业，转变投资者的标准和消费者的行为。尽管这些改变是可行的，但除非政府制定重大措施激励建立更可持续的商业模式，并消除原生塑料原料相对于再生材料的成本优势，否则这些改变将不太可能实现。尽管所有参与者都可以发挥作用，但政策可以确立明确且稳定的激励措施、目标和定义，这将为系统变革方案的实施提供条件。激励系统变革的政策工具可分为四类：

1. **强化生产者责任制度**，包括扩大生产者责任、环境污染责任、最短保修期。
2. **法规直接规定**，包括禁止一次性使用的塑料和微塑料成分，聚合物类的相关规范，设计和标签规定，法规和监管目标以及废弃物或循环利用贸易法规。
3. **以市场为基础的手段**，包括对原生塑料或难以循环再生的物品征税、较高的垃圾填埋处理费、退还押金计划和再生信贷计划。
4. **政府支持举措**，包括补贴废物回收、为消费者教育和培训提供资金，可重复使用物品的公共采购，开发和资助必要的废弃物管理基础设施，为塑料替代品提供资金以及削减资本成本和降低投资风险的机制。

为保障效果，应积极落实政策措施，并通过更好地整合政府各部门来扩大成果。在建立融资机制以支持足够的废物管理基础设施（尤其是收集、分类和处置）方面，各国政府也应发挥关键性作用。

企业的作用

在实现系统变革方案中，企业可以发挥至关重要的作用。企业需要采取的具体行动取决于它们在整个供应链中的位置，以及它们是处于高收入国家还是中低收入国家。商业机会将眷顾那些准备好迎接变革并将自己置于近乎零塑料污染世界中的领导者地位的企业，例如：

1. **塑料制造商和加工商**应为低原生塑料世界做准备。其可以通过更积极地进入新的价值池，从根本上进行创新以生产更多可回收和再循环的塑料，并通过使产品达到100%的回收率来降低产品泄漏到环境中的风险，以及在未强制规定生产者责任的地区自愿支付回收费用。
2. **品牌所有者，快速消费品公司和零售商**应主导这一转变，承诺通过淘汰、重复利用和新的交付方式来减少至少三分之一的塑料需求，进行产品重新设计和供应链创新，在供应链中致力于可持续采购、有效的报废回收和可降解替代品，通过制造100%可重复使用、可循环再生或可降解的产品确保最大的回收含量和可回收性。
3. **废弃物管理（收集者、分类者和循环再生者）**应扩大规模并改进收集工作，以减少塑料泄漏并确保可循环再生的原料，利用激励措施和改进的标准促进收集系统源头分离，减少将塑料废弃物直接丢弃到水道中的风险，扩大和延展循环再生体系，并通过技术改进提高效率。
4. **纸类和可降解材料制造商**应迅速采取行动，利用开发替代模式和材料的机会，提高资源效率和纸张回收能力。

投资者和金融机构的作用

随着政策、技术、品牌商和消费者行为向新塑料经济的转变，投资者如果不迅速采取行动，就有可能面临被高估或被搁置的风险。另一方面，对新价值链的投资会带来许多附加好处，包括为政府和消费者节约成本、改善健康状况、减少温室气体排放、增加就业岗位等。那么，为什么往这一领域吸引资金往往具有挑战性？原因之一是可投资的项目太少，而且风险/回报率较低。投资者可以通过以下方式克服这一问题：

1. 专注于发展稳健的投资渠道，从早期创意阶段就准备好培育和发展新兴项目，防止有潜力的初创企业被卡在“死亡之谷”的入口处。
2. 开发适合目标资产的特定投资工具的类型（如具有风险投资的早期技术或具有机构或发展资本的废物管理基础设施）。
3. 分析新业务模型的商业可行性，以证明在系统变革下提出的解决方案与传统产品和基础设施相比，更具吸引力和市场潜力。
4. 将“塑料风险”纳入金融、环境、社会及治理评估中，以考虑到预期的行业增长与清洁海洋议程、对1.5℃世界的承诺、新出现的消费趋势与政府政策不一致等，所有可能对经济表现产生影响的因素。

公民社会的作用

公民可以发挥许多重要作用，包括承担监督政府、企业和机构的责任，进行宣传、提高认识、进行游说以加强监管，协调研究和公民科学之间的关系。在塑料污染的背景下，不同种类的民间组织正在扮演这些角色，包括：

1. 开展研究和监测，通过评估塑料污染的规模 and 影响、向海洋泄漏的途径以及微塑料和海洋污染源等优先性问题，为政策和企业行动建立证据基础。
2. 孵化和加快新的解决方案，促使零售商和品牌商采用新的减产和回收目标，并刺激新的交付模式试点。
3. 开展宣传，使得塑料污染成为政策制定者和企业高度关注的问题，并动员消费者积极参与。
4. 基层社区行动，为受塑料污染影响的社区动员援助和资源，并展示具有启发性的早期实施案例，分享和传播最佳实践做法。

消费者的作用

系统变革方案下模式的变化将导致消费者习惯和行为的重大转变。消费者需求已经刺激并将继续催化加速此类变化。例如，消费者表达对更可持续的产品或服务的偏好，有助于建立扩大塑料减产和增加循环再生的商业典型，并能激励企业在处理塑料污染方面超越其法律和监管责任。已经有迹象有力表明，消费者对塑料包装更少^[xlviii]、可回收成分更多^[xlix]、品牌更可持续的产品的需求更高^[l]，所有这些都可能转化为更多的购买选择因素。

总结

“打破塑料浪潮”不是要与塑料作斗争，而是要与塑料污染作斗争。综上所述，我们对塑料污染的研究结果证实了，在目前的发展轨迹下海洋的可怕前景。其还强调了在没有采取果断行动的情况下塑料行业的经济敞口。然而，我们的报告也给了我们乐观的理由：它表明，到2040年，与“一切照旧”相比，预计每年的塑料泄漏量可以减少80%，且不会损害社会或经济利益。但是，这条道路需要全球立即采取集体行动。如果我们所有人都展示出自己的雄心壮志，那么实现近乎零泄露的愿景就变得唾手可得了。

除非塑料价值链在未来二十年内发生转变，否则海洋物种和生态系统、我们的气候、我们的经济和我们的社区所面临的复合风险将变得难以控制。但是，除了这些风险，政府、企业和创新者也面临着独特的机遇，他们准备利用循环商业模式和新型可持续材料，引领人们向更可持续的世界过渡。

打破海洋塑料污染浪潮是一项不分国界的挑战：它影响着高收入和中/低收入地区的社区、企业和生态系统。企业、政府、投资者和民间社会应渴望实现共同的接近零泄漏的愿景，并致力于为实现这一重要目标所需的雄心勃勃的具体步骤。



“STOP项目”雇佣的垃圾斗士们在印度尼西亚芒卡的Tembokrejo村庄挨家挨户地收集垃圾
Ulet Ifansasti 载于《赫芬顿邮报》

- ⁱ R. Geyer, J.R. Jambeck, and K.L. Law, "Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made," *Science Advances* 3, no. 7 (2017): e1700782, <https://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- ⁱⁱ Association of Plastics Manufacturers in Europe and European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations, "Plastics—the Facts 2018: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data" (2018), https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf
- ⁱⁱⁱ Grand View Research, "Plastics Market Size, Share and Trends Analysis Report by Product (Pe, Pp, Pu, Pvc, Pet, Polystyrene, Abs, Pbt, Ppo, Epoxy Polymers, Lcp, PC, Polyamide), by Application, and Segment Forecasts, 2019-2025" (2019), <https://www.researchandmarkets.com/reports/4751797/plastics-market-size-share-and-trends-analysis>
- ^{iv} World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation, and McKinsey & Co., "The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics" (2016), <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>
- ^v C. Ostle et al., "The Rise in Ocean Plastics Evidenced From a 60-Year Time Series," *Nature Communications* 10 (2019), <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>
- ^{vi} J.R. Jambeck et al., "Plastic Waste Inputs From Land Into the Ocean," *Science* 347, no. 6223 (2015): 768-71, <http://dx.doi.org/10.1126/science.1260352>
- ^{vii} J.B. Lamb et al., "Plastic Waste Associated With Disease on Coral Reefs," *Science* 359, no. 6374 (2018): 460-62, <http://dx.doi.org/10.1126/science.aar3320>
- ^{viii} S. Chiba et al., "Human Footprint in the Abyss: 30 Year Records of Deep-Sea Plastic Debris," *Marine Policy* 96 (2018): 204-12, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.03.022>
- ^{ix} J.L. Lavers and A.L. Bond, "Exceptional and Rapid Accumulation of Anthropogenic Debris on One of the World's Most Remote and Pristine Islands," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114, no. 23 (2017): 6052-55, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1619818114>
- ^x R.W. Obbard et al., "Global Warming Releases Microplastic Legacy Frozen in Arctic Sea Ice," *Earth's Future* 2, no. 6 (2014): 315-20, <http://dx.doi.org/10.1002/2014ef000240>
- ^{xi} N.J. Beaumont et al., "Global Ecological, Social and Economic Impacts of Marine Plastic," *Marine Pollution Bulletin* 142 (2019): 189-95, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022>
- ^{xii} E.M. Duncan et al., "Microplastic Ingestion Ubiquitous in Marine Turtles," *Global Change Biology* 25, no. 2 (2019): 744-52, <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.14519>
- ^{xiii} Secretariat of the Convention on Biological Diversity, "Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity" (2016), <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-83-en.pdf>
- ^{xiv} D. Azoulay et al., "Plastic and Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet" (Center for International Environmental Law, 2019), <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-February-2019.pdf>
- ^{xv} B. Geueke, K. Groh, and J. Muncke, "Food Packaging in the Circular Economy: Overview of Chemical Safety Aspects for Commonly Used Materials," *Journal of Cleaner Production* 193 (2018): 491-505, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.005>; K.J. Groh et al., "Overview of Known Plastic Packaging-Associated Chemicals and Their Hazards," *Science of the Total Environment* 651 (2019): 3253-68, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.015>
- ^{xvi} R. Verma et al., "Toxic Pollutants From Plastic Waste—a Review," *Procedia Environmental Sciences* 35 (2016): 701-08, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.069>; M. Williams et al., "No Time to Waste: Tackling the Plastic Pollution Crisis Before It's Too Late" (Tearfund, Fauna & Flora International, WasteAid, and The Institute of Development Studies, 2019), https://learn.tearfund.org/~media/files/tilz/circular_economy/2019-tearfund-consortium-no-time-to-waste-en.pdf?la=en
- ^{xvii} World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation, and McKinsey & Co., "The New Plastics Economy."
- ^{xviii} Association of Plastics Manufacturers in Europe and European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations, "Plastics—the Facts 2018."
- ^{xix} Jambeck et al., "Plastic Waste Inputs From Land."
- ^{xx} Ocean Conservancy, "Stemming the Tide: Land-Based Strategies for a Plastic-Free Ocean" (2015), <https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/04/full-report-stemming-the.pdf>
- ^{xxi} Azoulay et al., "Plastic and Health."
- ^{xxii} GESAMP, "Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment" (2015), <http://www.gesamp.org/site/assets/files/1272/reports-and-studies-no-90-en.pdf>; World Health Organization, "Microplastics in Drinking-Water" (2019), https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/microplastics-in-drinking-water/en/
- ^{xxiii} United Nations Environment Programme, "Valuing Plastic: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry" (2014), <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9238>

- ^{xxiv} ClientEarth, "Risk Unwrapped: Plastic Pollution as a Material Business Risk" (2018), <https://www.documents.clientearth.org/wp-content/uploads/library/2018-07-24-risk-unwrapped-plastic-pollution-as-a-material-business-risk-ce-en.pdf>
- ^{xxv} Association of Plastics Manufacturers in Europe and European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations, "Plastics—the Facts 2019: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data" (2019), https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf
- ^{xxvi} J. Rogelj et al., "Scenarios Towards Limiting Global Mean Temperature Increase Below 1.5 °C," *Nature Climate Change* 8, no. 4 (2018): 325-32, <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0091-3>
- ^{xxvii} M. Taylor, "\$180bn Investment in Plastic Factories Feeds Global Packaging Binge," *The Guardian*, Dec. 26, 2017, <https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/26/180bn-investment-in-plastic-factories-feeds-global-packaging-binge>
- ^{xxviii} United Nations Environment Programme and World Resources Institute, "Legal Limits on Single-Use Plastics and Microplastics: A Global Review of National Laws and Regulations" (2018), <https://www.unenvironment.org/resources/publication/legal-limits-single-use-plastics-and-microplastics-global-review-national>
- ^{xxix} Mango Materials, "Applications," accessed 02/07/2020, <http://mangomaterials.com/applications/>
- ^{xxx} Full Cycle Bioplastics, "Full Cycle Bioplastics," accessed March 11, 2020, <http://fullcyclebioplastics.com/>
- ^{xxxi} United Nations Environment Programme and International Solid Waste Association, "Global Waste Management Outlook" (2015), <https://www.unenvironment.org/resources/report/global-waste-management-outlook>
- ^{xxxii} WRAP, "Defining What's Recyclable and Best in Class Polymer Choices for Packaging" (2019), <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Polymer-Choice-and-Recyclability-Guidance.pdf>
- ^{xxxiii} European Commission, "The Role of Waste-to-Energy in the Circular Economy," (2017), <https://ec.europa.eu/environment/waste/waste-to-energy.pdf>
- ^{xxxiv} O. Hjelmar, A. Johnson, and R. Comans, "Incineration: Solid Residues," in *Solid Waste Technology & Management*, ed. T.H. Christensen (Chichester: Wiley, 2011), <http://dx.doi.org/10.1002/9780470666883.ch29>
- ^{xxxv} H. Corvellec, M.J. Zapata Campos, and P. Zapata, "Infrastructures, Lock-in, and Sustainable Urban Development: The Case of Waste Incineration in the Göteborg Metropolitan Area," *Journal of Cleaner Production* 50 (2013): 32-39, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.009>
- ^{xxxvi} GRID-Arendal, "Controlling Transboundary Trade in Plastic Waste (Grid-Arendal Policy Brief)" (2019), <https://www.grida.no/publications/443>
- ^{xxxvii} GESAMP, "Sources, Fate and Effects of Microplastics."
- ^{xxxviii} C. Sherrington et al., "Study to Support the Development of Measures to Combat a Range of Marine Litter Sources" (Eunomia, 2016), <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/study-to-support-the-development-of-measures-to-combat-a-range-of-marine-litter-sources/>
- ^{xxxix} L. Lebreton et al., "Evidence That the Great Pacific Garbage Patch Is Rapidly Accumulating Plastic," *Scientific Reports* 8, no. 1 (2018): 4666, <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- ^{xl} G. Macfadyen, T. Huntington, and R. Cappell, "Abandoned, Lost or Otherwise Discarded Fishing Gear" (FAO Fisheries and Aquaculture, 2009), <http://www.fao.org/3/i0620e/i0620e00.htm>
- ^{xxxi} Ibid.; Sherrington et al., "The Development of Measures to Combat a Range of Marine Litter Sources."
- ^{xlii} K. Richardson, B.D. Hardesty, and C. Wilcox, "Estimates of Fishing Gear Loss Rates at a Global Scale: A Literature Review and Meta-Analysis," *Fish & Fisheries* 20, no. 6 (2019): 1218-31, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/faf.12407>
- ^{xliii} T. Huntington, "Development of a Best Practice Framework for the Management of Fishing Gear—Part 1: Overview and Current Status" (2016), https://www.ghostgear.org/s/wap_gear_bp_framework_part_1_mm_lk-20171023-web.pdf
- ^{xliv} P.G. Ryan et al., "Rapid Increase in Asian Bottles in the South Atlantic Ocean Indicates Major Debris Inputs From Ships," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, no. 42 (2019): 20892-97, <https://www.pnas.org/content/pnas/116/42/20892.full.pdf>
- ^{xlv} Sherrington et al., "The Development of Measures to Combat a Range of Marine Litter Sources."
- ^{xlvi} Organization for Economic Co-operation and Development, Business Enterprise R&D Expenditure by Industry, 2008-2017, accessed Feb. 11, 2020, https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=BERD_INDU&lang=en#
- ^{xlvii} Based on global energy subsidies of \$5.3T in 2017 according to the IMF with petroleum & natural gas making up 51% and assuming 2% of those is used for petrochemicals = \$53B
- ^{xlviii} V. Waldersee, "Most Brits Support Ban on Harmful Plastic Packaging," YouGov.co.uk, April 19, 2019, <https://yougov.co.uk/topics/consumer/articles-reports/2019/04/19/most-brits-support-ban-harmful-plastic-packaging>
- ^{xlix} S. George, "Report: Consumer Demand for Recycled Packaging Outpacing Corporate Action," *Edie Newsroom*, September 2018, https://www.edie.net/news/5/Report-consumer-demand-for-recycled-packaging-outpacing-corporate-action---
- ^l T. Whelan and R. Kronthal-Sacco, "Research: Actually, Consumers Do Buy Sustainable Products," *Harvard Business Review*, June 19, 2019, <https://hbr.org/2019/06/research-actually-consumers-do-buy-sustainable-products>

致谢

SYSTEMIQ 核心团队

Martin Stuchtey, 管理合伙人与联合创始人；项目负责人

Yoni Shiran, 项目总监

Julia Koskella, 工作流主管：减少和替代

Laura Koerselman, 工作流主管：循环再生和处理

Ben Dixon, 合伙人；循环经济与塑料专家

Meera Atreya, 工作流主管：循环再生和处理

Emilia Jankowska, 工作流主管：微塑料

Milan Petit, 工作流主管：海洋资源；经济分析师

David Fisher, 工作流主管：循环再生和处理

Alex Kremer, 项目设计

Ed Cook, 工作流主管：收集和分类（利兹大学）

Sun Oh, 通讯主管

Tugce Balik, 通讯助理

Benedicte Chung, 通讯助理

Ahsan Syed, 数据分析师

Carmela Gonzalez, 数据分析师

Nikhil Raj, 数据分析师

代表SYSTEMIQ公司的其他贡献者

Joi Danielson, Jason Hale, William Handjaja, Bertram Kloss, Luke Mann, Andreas Merkl, Arthur Neeteson, Dinda Anissa Nurdiani, Toby Pilditch (University of Oxford), Janez Potočnik, Jessica Stewart, Mirja Wagner.

皮尤慈善信托基金会核心团队

Tom Dillon, 副总裁兼环境主管

Elizabeth Wilson, 高级总监，国际政策

Simon Reddy, 总监，环境

Winnie Lau, 高级官员，遏制海洋塑料；项目技术主管与项目协调

Jim Palardy, 项目总监，保护科学；研究设计、统计编程与数据分析

Margaret Murphy, 官员，研究审查和支持；研究设计；微塑料

Sarah Baulch, 高级助理，遏制海洋塑料

Kevin He, 高级助理，保护科学

Keith Lawrence, 高级官员，国际保护

Justine Calcagno, 经理，研究；事实与数据核实负责人

Peter Edwards, 官员，保护科学；同行评审经理

Laura Margison, 总监，通讯

Brandon MacGillis, 官员，通讯

代表皮尤慈善信托基金会的其他贡献者

Judith Abrahams, Nichele Carter-Peterson, Zeynep Celik, Lauren Christopherson, Michael Freeman, Betina Frinault, Katie Gronsky, Janelle Hangen, Elizabeth Hogan, Emma Gilpin Jacobs, Megan Jungwiwattanaporn, Marina Kazakova, George Kroner, Michael Latimer, Matt Mahoney, Jessie Mandirola, Matthew M. Moser, Laura Mudge, Graham Murphy, Stephanie Niave, Sally O'Brien, Nathan Pollard, Jen Sirko, Joanna Smith, Sonny Sutton, Chris Thomson, Orian Tzadik, Anne Usher, Abel Valdivia, Luis Villanueva, Rebecca Walker, Henry Watson, Mike Wissner, 以及所有支持部门的工作人员。

设计与编辑

编辑：Fiona Curtin (Communications Inc)

设计：PGA Branding

封面设计：Regency Creative & PGA Branding

同时，我们也向以下贡献者表达衷心的感谢：

他们和他们所在的机构都并非一定赞同本报告的结论。

在咨询阶段提供了反馈的非正式与正式的同行评审者和贡献者：

Joshua Abbot
亚利桑那州立大学

Phan Bai
威立雅环境集团

Dustin Benton
Green Alliance

David Clark
Amcor Ltd.

Sander Defruyt
埃伦·麦克阿瑟基金会

Ralph Detsch
盛威科油墨有限公司

Sonia M. Dias
Women in Informal Employment:
Globalizing and Organizing
WIEGO

Louise Edge
Greenpeace UK

Trisia Farrelly
梅西大学政治生态研究中心

Graham Forbes
美国绿色和平组织

Tamara Galloway
埃克塞特大学

Sokhna Gueye
雀巢

Von Hernandez
“摆脱束缚”组织

Mathieu Hestin
欧洲环境政策研究所

Ibrahim Issifu
英属哥伦比亚大学

Ben Jack
Common Seas

Sue Jennings
Trash Hero

Christie Keith
全球反垃圾焚烧联盟

Greg Keoleian
密歇根大学

Nicholas Mallos
Ocean Conservancy

Dilyana Mihaylova
野生动植物保护国际

Jane Muncke
Food Packaging Forum

Rob Opsomer
埃伦·麦克阿瑟基金会

Libby Peake
Green Alliance

Jo Royle
Common Seas

Daniel Schwaab
TOMRA Systems ASA

Neil Tangri
全球反垃圾焚烧联盟

Julia Vol
TIPA Compostable Packaging

Elisabeth Whitebread
剑桥大学可持续领导力研究所

Sara Wingstrand
埃伦·麦克阿瑟基金会

Kate Wylie
玛氏公司

其他贡献者：

David Azoulay
国际环境法中心

Petr Baca
MIWA

Priyanka Bakaya
Renewlogy

Brian Bauer
Algramo

Ricardo Bayon
Encourage Capital

Joel Baziuk
Global Ghost Gear Initiative

Mark V. Bernhofen
利兹大学

Amy Brook
TELONOSTIX LTD.

Gev Eduljee
SITA Suez

Axel Elmqvist
Material Economics

Ton Emans
Plastic Recyclers Europe

Doynne Farmer
牛津大学

Jason Foster
Replenish

Eric Gilman
Pelagic Ecosystems Research
Group LLC

Rachel Goldstein
玛氏公司

Richard Gower
Tearfund

Froilan Grate
全球反垃圾焚烧联盟

Michael Hahl
(formerly at) Huhtamaki Flexible
Packaging

Denise Hardesty
澳大利亚联邦科学与工业研究
组织

Keefe Harrison
The Recycling Partnership

Cameron Hepburn
牛津大学

Tim Huntington
Poseidon

Silpa Kaza
世界银行集团

Laurent Kimman
BioPack Packaging

Per Klevnäs
Material Economics

Stina Klingvall
Material Economics

Andrej Krzan
Planet Care

Vicky Lam
英属哥伦比亚大学

Kara Lavender Law
Sea Education Association

Peter Levi
International Energy Agency

Simon Lowden
百事公司

Jeff Meyers
The Recycling Partnership

José Manuel Moller
Algramo

Molly Morse
Mango Materials

David Newman
Bio-Based and Biodegradable
Industries Association

Jens Peter Ohlenschlager
Port Environment

Jane Patton
国际环境法中心

Coen Peel
Dutch Ministry of Maritime
Affairs

Safia Qureshi
CupClub

Julia Schifter
TIPA Compostable Packaging

Ralph Schneider
World Plastic Council

Graeme Smith
蒙迪集团

Petri Suuronen
Natural Resources Institute
Finland

Nelson A. Switzer
Loop Industries

Rupert Way
牛津大学

Adrian Whyte
Plastics Europe

Xiao Zhaotan
RWDC Industries

消费品论坛

2019年Klosters论坛的参与者

世界经济论坛

思想伙伴

SYSTEMIQ与皮尤慈善信托基金会希望向其他做出贡献的同事表达感谢。



UNIVERSITY OF
OXFORD

牛津大学跻身于世界顶尖大学之列，并以其卓越的研究及在艺术、人文和科学领域的影响而广为人知。Richard Bailey是地理与环境学院环境系教授，也是牛津马丁学院可持续海洋计划的负责人之一。他与他的多学科研究小组（CoHESyS）开发了大型耦合人与环境计算机模拟系统，以应对全球和本土规模变化，解决可持续性和自我修复能力问题。



ELLEN MACARTHUR
FOUNDATION

埃伦·麦克阿瑟基金会成立于2010年，其以加快社会向循环经济的过渡为宗旨。自创立以来，该慈善机构已经成为全球的思想引领者，使循环经济进入全球决策者的议程中。自2014年以来，其一直在推动塑料循环经济的发展。2018年与联合国环境规划署（UNEP）合作的《新塑料经济全球承诺》将450多家企业，政府和其他组织团结在一起，形成了共同的愿景和目标。作为本报告的思想伙伴，该基金会在循环经济和塑料价值面的专业知识上做出了贡献。



UNIVERSITY OF LEEDS

英国利兹大学拥有高校级的协作平台，以用跨学科的创新方式应对全球挑战而闻名。作为全球最具国际化的50所大学之一，全球思想和专业知识在实现联合国可持续发展目标的同时，被深化为应对我们社会和共同体未来最重要挑战的切实努力。土木工程学院、工程和物理科学学院中Costas Velis的研究团队聚焦于从固体废弃物中循环再生资源，同时遏制塑料污染。利兹大学主导了量化固体废弃物造成的塑料污染的工作，是核心团队成员之一。其促成了包括收集、分类、能源循环再生、处理和各种形式的泄漏（露天燃烧、分散的陆地倾倒和海洋垃圾）在内的本体系的核心部分。



Common
Seas

Common Seas是一家以“人人都能享有健康的海洋”为唯一目标的非营利性企业。其全球团队在政府、企业和民间社会中开展工作，制定了行之有效的、可迅速推广的解决方案来减少污染地球的塑料垃圾数量。作为我们的思想伙伴，Common Seas借鉴了其开创性的、旨在帮助各国政府了解本国的塑料垃圾流并采取有效减排行动的政策模型工具——“塑料削减”。Common Seas分享了该模型，以及来自印度尼西亚、希腊、马尔代夫和英联邦国家的数据和主要见解，在这些国家，“塑料削减”已被用于制定政策和实际的基层举措，以减少最普遍的塑料垃圾形式。



由皮尤慈善信托基金会和SYSTEMIQ联合发布的
《打破塑料浪潮：对遏制海洋塑料污染途径的综合评估》
提出了全球塑料体系的首创模型。这是一个有证据依据的路线图，描述了如何在2040年前从根本上减少海洋塑料污染，并展示了一条全面的、综合的且具有经济吸引力的可以大大减少进入我们海洋的塑料垃圾的途径。

支持此报告的研究涵盖了17位不同领域的、聚焦于塑料污染问题且具有广泛的地域代表性的专家。

这项工作的目的是帮助政策制定者、行业管理者、投资者和民间领导者渡过竞争激烈、数据匮乏且复杂的难关。

了解本报告的更多信息，请联系：

SYSTEMIQ: OceanPlastics@systemiq.earth

皮尤慈善信托基金会: PreventingOceanPlastics@pewtrusts.org

版权所有 ©2020皮尤慈善信托基金会。本报告的授权方式是署名-非商业性使用4.0国际（CC-BY-NC 4.0）。
只要不用于商业用途并标明出处，读者就可以复制材料用于自己的出版物。



思想伙伴

