


**新塑料经济**  
—— 重新思考塑料的未来 & 催化行动





序言	5
前言	6
重新思考塑料的未来	111
新塑料经济—催化行动	35
致谢与免责声明	56
关于艾伦·麦克阿瑟基金会	57
关于联合国环境规划署“地中海行动计划”	59
尾注	60



# 序言

塑料价格低廉且功能广泛，是现代经济腾飞的主要“原料”。尽管塑料在人类经济活动中不可或缺，这些“原料”最终却大都在使用后成了“废料”，“获取—制造—废弃”的线性价值链所带来的经济与环境弊端显而易见。当代商界和政要首次意识到，我们需要从根本上重新思考全球塑料体系。

“新塑料经济”为我们提供了一个大胆而又行之有效的愿景——塑料循环经济。艾伦·麦克阿瑟基金会在达沃斯世界经济论坛上就此主题发表了两份备受好评的研究报告。报告勾勒了塑料循环经济的愿景，并提出了一整套具体的行动计划，指出在享受塑料带来的益处的同时应该着手消除其弊端。本报告综合了上述两份报告的主要研究成果。

2016年，艾伦·麦克阿瑟基金会发起“新塑料经济”倡议，目标在于利用循环经济的原理，让塑料永远不会变成废料。这项雄心勃勃的倡议，吸引了塑料价值链上众多领先企业、各国政府和诸多城市地区以及关注此领域的慈善机构的积极参与。

“新塑料经济”倡议推动实现长期系统性变革，需要联合价值链上的各利益相关方，吸纳公共领域的政策制定者、国际机构，以及私营部门的企业参与其中。在该指导方针下，艾伦·麦克阿瑟基金会与加泰罗尼亚废弃物处理机构旗下的可持续消费与生产地区活动中心（SCP/RAC）合作，在联合国环境规划署“地中海行动计划”（Mediterranean Action Plan of the United Nations Environment Programme）框架下，向各利益相关方介绍两份相关报告的主要研究成果，以推动塑料循环经济转型。成果报告原文使用英、法两种语言，以期让地中海地区的广大读者从中发现未来的发展机遇。目前，这两份报告中文版得以出版，以飨全球华语读者，使得更广泛的受众对“新塑料经济”的概念与方法论有更深入的了解（编者注）。

报告前言由联合国环境规划署“地中海行动计划”专员加埃塔诺·雷奥内先生、加泰罗尼亚废弃物处理机构主任何塞普·勃拉斯先生，以及可持续消费与生产地区活动中心主任维拉摩尔·马丁先生联合撰写。他们指出，目前地中海地区的塑料经济体系缺陷明显，变革势在必行，公私部门需要抓住机遇，参与到建设塑料循环经济的行动中来。我们非常期待看到地中海及世界其他地区的新塑料经济体系建设在未来能够获得长足发展，并将对此给予最大的支持。



艾伦·麦克阿瑟女爵

# 前言

地中海地区是西方文明的发祥地之一，其自然生物系统独特而丰富。然而，悠久的历史却无法阻挡海洋垃圾的不断威胁，海洋中的大小废弃物几乎随处可见，在海滩上、海水中、甚至海底都能发现它们。值得注意的是，地中海里出现了令人担心的“微塑料”，其数量可与海洋环流中的“塑料汤”并驾齐驱。毫无疑问，这些海洋垃圾会给该地区的生态环境和社区居民带来健康、环境和经济上的严重损害。

越来越多的研究表明，海洋垃圾会直接影响生命有机体，特别是通过与大块塑料的接触和对微塑料的摄入。更多证据表明，塑料颗粒可能会携带有毒物质（特别是持久性有机污染物和内分泌干扰物），并在海洋生物摄食时进入其体内。目前，科学家们正致力于研究塑料颗粒在食物链传递中所造成的危害。

短期来看我们需要采取必要的行动清理海洋垃圾；而长远的解决之道是改变我们生产和使用塑料的方式。从根本上解决这一问题是科学界与政界的优先要务。若我们能通过循环经济转型让塑料永不废，同时又能创造经济机遇，那么海洋垃圾问题便能得到有效根治。这种转型需要协调政策制定者、废弃物管理者、私营部门和金融机构等利益相关方，向共同目标采取统一行动。政策制定者需要进行适当的政策调控，营造一个良好的政策环境。废弃物管理者应当改进废弃物管理体系，提高塑料相关废弃物的收集和回收率。私营部门需要发挥关键作用，遵循循环经济原则，推动商业模式、包装设计、材料和技术开发上的创新，如此一来，我们能通过各种可持续解决方案，来稳定再生塑料（价格），由此减少塑料废弃物，这些解决方案也可为创业公司及成熟企业带来经济机遇。最后，金融机构的参与得以使各类解决方案快速规模化，让塑料在创造经济效益的同时，不再污染地中海。

2013年，在《巴塞罗那公约》的联合国环境规划署“地中海行动计划”框架下，地中海地区制定了具有法律约束力的“海洋垃圾管理地区计划”，简称“地区计划”（Regional Plan on Marine Litter Management），成为全球首个依照地区法案来治理海洋污染的地区。“地区计划”提供了一整套措施和执行时间表，以预防和减少海洋垃圾对海洋和海岸环境的负面影响。“地区计划”让地中海国家携起手来，以传统和创新相结合的政策、法规和技术性措施，从海陆两方面着手进行海洋垃圾的预防和治理，并且在地中海地区建立了“海洋垃圾合作平台”（Cooperation Platform on Marine Litter），聚集学界、政府、工业、渔业、研究机构和非政府组织等各界人士参与，帮助落实“地区计划”，共同解决海洋垃圾问题。

作为“新塑料经济”倡议的一部分，本报告包含了艾伦·麦克阿瑟基金会所撰写的两份报告的主要研究成果，有助于读者更好理解塑料问题并找到应对之策，加强海洋环境保护和促进地中海地区的可持续发展。



**埃塔诺·雷奥内先生**

联合国环境规划署“地中海  
行动计划”专员



**何塞普·勃拉斯先生**

加泰罗尼亚废弃物处理机构  
主任



**维拉摩尔·马丁先生**

可持续消费与生产地区活动中  
中心主任

# “新塑料经济”倡议顾问委员会成员及项目伙伴

“新塑料经济”倡议向下列成员致谢：

## 主要慈善伙伴



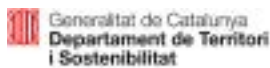
## 慈善资助方



## 核心伙伴



## 报告项目伙伴



SwitchMed Programme由欧盟资助





## 致读者

本报告融合了艾伦·麦克阿瑟基金会世界经济论坛发布的主要观点。其中，《重新思考塑料的未来》于2016年由麦肯锡公司协助分析完成，《新塑料经济——催化行动》于2017年由SYSTEMIQ协助支持完成。为了让读者对此问题有更全面的了解，我们已将两份报告的内容进行整合编辑，因此内容上可能会有某些重复。若您只想了解主要观点，阅读两份执行摘要即可。

报告原文有英文和法文版。下载地址：[www.newplasticseconomy.org](http://www.newplasticseconomy.org)。

## 工作人员

### 艾伦·麦克阿瑟基金会

项目经理：米切尔·德·斯莫特

制作编辑：勒奈克·格拉维斯

美术设计：萨拉·丘吉尔 - 斯劳

### 可持续消费与生产地区活动中心

伙伴与项目协调：马加里·奥特斯

内容与印刷协调：露西尔·盖赫纽夫 亚历山大·波梅

此报告完整版最初于2016年1月在世界经济论坛发布。



# 1

## 重新思考塑料的未来

### 执行摘要

塑料性能强大且成本低廉，已成为现代经济活动中广泛使用的耐用材料。塑料现今的使用量是半个世纪前的二十倍，预计未来二十年还将再翻一番。如今，几乎每人每天都要和塑料打交道，尤其是本报告重点关注的塑料包装。塑料虽然带来了诸多好处，但当前塑料经济的缺陷也日渐凸显。令人震惊的是全球平均 32% 的塑料包装没有进入收集系统，不仅损害了海洋等重要生态系统的活力，还堵塞了城市的基础设施管道，造成巨大的经济损失。在短暂的首次使用后，95% 的塑料包装便失去了价值，相当于每年损失 800 亿 ~ 1200 亿美元。塑料包装使用后产生的负面外部成本巨大，再加上生产过程中排放温室气体所造成的损失，保守估计每年高达 400 亿美元，比塑料包装产业的总利润还多。如此下去，我们终有一天会为此付出代价。在攻克这些难题的过程中，机遇同时浮现，那就是持续挖掘塑料包装的潜力，同时提高系统效率，降低使用危害，改善经济和环境效益。

“新塑料经济”便是以此为愿景，遵循循环经济原则，帮助我们把握住这些机遇。“新塑料经济”采用一套明确的系统性、协作性解决方案，旨在打破当前变革缓慢、计划零散的现状，确立共同的方向，激发创新浪潮，打造一个螺旋式上升的塑料价值链，创造更好的经济效益和环境效益。本报告对塑料包装和塑料制品进行了彻底的重新思考，提供的方案有可能改变全球塑料包装材料的流通方式，引领我们进入新塑料经济时代。

## 塑料新思路，包装新起点

**塑料和塑料包装对全球经济至关重要。**在过去五十年中，随着塑料的用途日益广泛，塑料产量一路飙升，从1964年的1500万吨增加到2014年的3.11亿吨，预计未来二十年还将在此数字上再翻一番。本报告重点讨论的塑料包装是塑料目前及未来最主要的用途，占塑料使用总量的26%。塑料包装不仅能带来直接的经济效益，还能提升资源利用率。例如，塑料包装可延长食物的保质期从而减少浪费，能减轻包装重量从而降低运输中的能源消耗。

**尽管塑料包装带来的益处很多，但当前塑料经济的重大缺陷正日益凸显。**

**目前，95%的塑料包装在短暂的首次使用后即失去价值，相当于每年损失800亿~1200亿美元。**自第一个通用回收标志诞生，已过去了四十多年，但时至今日全球也仅有14%的塑料包装得到回收利用。如果算上回收材料的分类和再加工成本，能够得到回收利用的价值只剩下5%。即便是被回收的塑料，往往也都流向了价值更低的用途，再次使用之后便不再回收。塑料制品总体回收率比塑料包装更低，二者都远远低于全球纸张（58%）和钢铁（70%~90%）的回收利用率。并且，塑料包装几乎都是一次性的，在企业对消费者的零售领域尤其如此。

**塑料包装会产生巨大的负面外部效应：据联合国环境规划署保守估计，全球每年因此造成的损失为400亿美元。如果现有模式维持不变，该数字还会随着塑料用量的大幅增长而继续增长。**每年，至少有800万吨塑料进入海洋，相当于每分钟向海洋倾倒一卡车塑料。如果不采取行动，这个数字到2030年将翻一番，到2050年将再翻一番。估算表明，最终进入海洋的塑料制品中，塑料包装占绝大部分。

现今最权威的调查研究估计，目前海洋中的塑料总量超过1.5亿吨。若现有模式保持不变，到2025年，海洋中塑料和鱼类的重量比将达到1:3，而到2050

年，海洋中塑料的重量将反超鱼类重量。

塑料生产依赖化石原料消耗，如果化石能源消费量像预期那样高涨，更多的碳排放会产生更大的气候影响。超过90%的塑料制品取自化石原料，生产所有塑料制品（不仅是塑料包装）消耗的石油占据了全球石油消费总量的6%，与全球航空业的耗油量相当。如果塑料使用量如预期那样强势增长，到2050年，塑料行业将消耗全球石油消费总量的20%，占据全球年度碳预算的15%（要达到将全球温升控制在2摄氏度之内这一国际认同的目标，必须严守该预算）。尽管使用塑料可带来一些资源效率上的收益，但上述数字表明，降低塑料生产和用后处理环节的温室气体排放至关重要。

塑料通常由复杂的化学物质聚合而成，人们担忧其中一些物质可能对人体健康和环境存在潜在的负面影响。由于测量长期暴露在引忧物质下的不良影响及其多重因素影响的难度较大，关于这些负面影响的科学证据尚无定论，但目前已有充分的证据表明，我们必须要进一步深入研究，并加速采取行动。

**目前，社会各界都采取了一系列创新和改进行动，看似潜力无限，但由于过于零散，缺乏协调，并不能产生大规模的影响。**当前的塑料经济结构零散。整个价值链缺乏统一标准和统筹协调，材料、形式、标注、收集，以及分类和再加工体系五花八门，难以统一，阻碍了市场效率。创新碎片化也是一项挑战。整个全球塑料供应链和分销链中新包装材料和形式快速迭代，相应的回收利用体系基础设施部署却明显滞后，并且很多情况下二者无法衔接。同时，每年都有成百上千的地方性政策出台，关注的领域包括改良收集计划、采用新的垃圾分类和再加工技术等。此外，各地分类标准的制订和应用也不统一，容易造成混淆，有碍公众理解。

**在攻克挑战时，机会同时浮现：利用塑料创新这一引擎，驱动塑料产业价值获取实现螺旋式上升，获得更佳的经济与环境效益。**

## 新塑料经济：机遇当前，迎头赶上

“新塑料经济”的愿景是塑料制品用后永不废弃，作为宝贵的技术或生物资源再次进入经济循环。“新塑料经济”遵循循环经济的原则并以之为支撑，旨在创建一个有效的塑料回收利用机制，大幅减少进入自然环境（尤其是海洋）中的塑料，减轻其他负面外部效应，并摆脱对化石原料的依赖，创造更大的系统经济效益和环境效益。

就算只运用当前的设计、技术和体系，这些目标也可部分实现。例如，一项最新的研究发现，欧洲如今已有 53% 的塑料包装可以通过既经济又环保的方式得到循环。尽管确切的数字有待商榷并受到油价等因素的影响，但其传达的信息非常清楚：市场机遇前景广阔。尽管凭借目前条件还不能抓住所有的机会，但“新塑料经济”描述了一个光明的前景，全球价值链和各国政府可通过合作创新更加靠近这个目标。

鉴于塑料包装有诸多好处，人们不会也不愿全面大幅缩减塑料包装的使用量。但是，在可能和有利的前提下，还是应该通过减少塑料的产量、杜绝使用一次性塑料制品、用其他替代材料的方式来减少塑料的生产。

### 建立有效的用后塑料经济

建立一个有效的用后塑料经济是“新塑料经济”的重要基石，也是其第一要务。这不仅对于获取更多材料价值、提高资源生产力至关重要，还能提供直接的经济激励，避免塑料进入自然环境，同时通过缩小转型规模，鼓励使用可再生原料。

#### • 大幅提升循环的经济效益、质量和普及

建立一个跨价值链的对话机制并制定《全球塑料规章》，在允许地区差异和持续创新的同时，指导材料、形式和用后体系的再设计和标准统一，以切实提升回收、分选与再生的产量、质量及经济效益。引入配对机制并扩大规模，通过产业承

诺和 / 或政策干预为回收材料建立二级市场。集中关注有潜力做大的关键创新机遇，如投资新型或加强版材料及再加工技术，并探索政策在其中的整体推动作用。

#### • 推广可重复使用包装

以 B2B 的应用为主，也要注重塑料袋等特定 B2C 方面的应用。

#### • 加大可堆肥塑料包装在特定领域的使用量

例如用于包装有机废弃物的垃圾袋，及活动、快餐企业、食堂和其他场合使用的食品包装，它们与塑料回收流程交叉的几率较低，并且可堆肥包装有助于有机废弃物中的养分回归土壤。

## 大幅减少进入自然系统的塑料，消除其负面外部效应

要大幅减少塑料流入自然环境，需要在三个方面共同努力：一是改善那些塑料流入自然环境较多的目标国家的基础设施建设；二是提升可回收用材料的经济价值；三是减少逃离回收和处理体系外塑料包装的负面影响。此外，还要扩大并加快有害物质的治理。

- 在塑料进入自然系统较多的国家，要改进其塑料用后回收、储存和再加工方面的基础设施。这是关键性的第一步，但仅此一步还不够。正如海洋保护协会（The Ocean Conservancy）和麦肯锡商业与环境中心在 2015 年的报告《力挽狂澜：无塑海洋的陆基战略》（Stemming the Tide）中所探讨的那样，即使基础设施能得到最好的改善，进入自然系统的塑料也只能控制在稳定的状态，无法做到完全杜绝，这意味着海洋中的塑料累积量还将继续高速增长。因此，本报告关注的重点不是在塑料进入自然系统较多的国家如何采取短期补救措施改善用后基础设施，而是其所需的配套补充方案。
- 提升可回收用材料的经济价值。创建有效的用后塑料经济，是从根本上杜绝塑料进入自然环境的方案。经济效益的提升能使用后收集和再加工基础设施的建设更具吸引力。增加塑料包装的用后价值能提升循环的可行性，在没有正规废弃物处理产业的国家尤其如此。
- 引导投资关注材料和形式的创新，减少塑料包装进入自然系统所造成的负面环境影响。目前塑料包装的功能效益十分可观，但它存在一个天生的设计缺陷：其设定的使用寿命通常不到一年，但这种材料却能存在数百年，如果得不到回收，将会极具破坏性。目前使用的塑料包装中，有 32% 就是这种情况。上文提到的努力可以减少塑料包装进入自然系统，但很难完全杜绝。即便只有 1% 塑料包装未进入回收体系，每年也会累积 100 万

吨，最终自然环境中的塑料越积越多。真正有雄心的目标应该是开发“生物友好”塑料包装，即使进入自然系统，也能减少对生态系统的负面影响，同时又是可回收的，在性能和成本上也具有竞争力。目前能进行生物降解的塑料几乎无法实现这一目标，因为它们通常只有在受控条件（例如在工业堆肥环境里）下才可降解。因此，我们需要更深入的研究和颠覆性的创新。

- 加深对引忧物质潜在危害的认识，加速开发和应用安全的替代品。

## 切断塑料与化石原料的联系

- 摆脱对化石原料的依赖可以让塑料包装产业在低碳生产过程中更好地提升资源生产效率。创建一种高效的用后经济模式是摆脱这一依赖的关键，因为这种模式与减量模式一起，能减少对原料的需求。为了实现这一目标，还要开发出可再生原料代替化石原料，弥补在循环过程中不可避免的原料损耗，哪怕循环和重复使用率提升后也要如此。

## 新塑料经济，新解决方案

要超越小规模、渐进式的改善，实现朝着“新塑料经济”的系统性转型，就必须用一致的、全球的、系统的、合作的行动对现有的努力进行补充和引导，这样才能在规模上让机遇有可能战胜挑战。我们需要建立一个独立的协调机制来助推这一行动。要建立这一机制，我们必须认识到，向“新塑料经济”转型所需的创新需要多个产业、城市、政府和非政府机构来共同推动。在这一过程中，消费品企业、塑料包装生产商和塑料制造商都将发挥关键作用，因为是他们来决定投放到市场上的产品和材料类型。很多时候，城市控制着塑料的用后基础设施，这些基础设施通常也是创新的最佳孵化器。在塑料回收、分选和再生方面，企业也发挥着同样重要的作用。决策者们可通过调整激励措施、促进二级市场发育、制定标准和刺激创新来推动实现转型。非政府组织则有助于确保将更广泛的社会和环境因素纳入考量。要激活“新塑料经济”，就必须通过合作来改变结构零散的现状，提升设计和用后设施在创新上的对接，解决行业标准缺位等挑战。

协调这一行动需要一个跨产业链的对话机制，将各利益相关方团结在一起，采取具有复合效应的多项努力，推动全球市场的转变。目前的分析表明，首先应将重点放在下列领域：

- **制订《全球塑料规章》并协调开展大型试点和示范项目。**为了重新设计和统一材料、形式及用后系统，我们首先要弄清楚这些问题：塑料包装的材料、添加剂组合可通过设计缩减到什么程度？其经济效益如何？塑料贴膜等小规格、低价值的产品循环价值低，尤其容易进入自然系统，是否可能通过设计将这些产品淘汰？如果所有塑料包装都使用统一的分类和化学标记，并且和标准化的分拣、分类体系保持一致，这样做的经济效益如何？如果目前各城市和地区五花八门的用后回收系统，能通过重新思考和设计达到最佳规模和

经济效益，结果会如何？刺激回收塑料市场的最佳手段是什么？通过回答这些问题来制定全球性的方向，运用大型试点和示范项目来展示解决方案，在允许持续创新和区域差异的基础上，驱动全球采用统一的指定设计和系统（经济效益通过验证），以改变目前结构零散的现状，从根本上提升用后回收和再生的经济效益及市场效能。

- **推动规模化革命性创新的出现。**邀请全球顶尖企业、学术机构的创新者一起来定义大胆创新，即专注、实用、有潜力产生巨大影响的创新活动。存在此类创新的领域包括生物友好材料开发、利于多层循环再生的技术（例如基于仿生学原理的可逆向粘合剂）、探寻兼具目前聚合物功能和更优再循环能力的“超级聚合物”、化学标识技术，以及可以克服目前技术所面临的某些经济和环境问题的化学循环技术。
- **形成洞见并建立经济和科学方面的实证库。**塑料材料流及其经济效益的多个核心方面的研究仍然不够充分。本报告和其他诸多近期努力一样，都只能提供初步解答，更多的研究势在必行。初步研究可包括以下内容：对本报告中所探讨解决方案的经济和环境效益进行更详尽的调查；开展深层分析和调查，对海洋中塑料废弃物和引忧物质的社会环境影响进行评估（包括风险和外部效应）；确定温室气体生产塑料（以温室气体为原料制造的可再生原料生产的塑料）规模化的潜力；考察过渡期能源回收（如焚烧发电等）的潜在作用和临界条件；对全球数据和最佳实践档案库进行管理并对最佳实践进行推广。
- **让决策者参与构建一个提高系统效能的共同愿景，并为实现该愿景提供有关工具、数据和洞见。**一个可行的具体做法是为决策者提供一套工具，使之能用一个结构化的方法论来评估机遇、障碍和政策选择，以克服在向“新塑料经济”转型过程中所遇到的障碍。
- **协调全球塑料包装价值链上的利益相关方，增进**

沟通，让他们了解当前的状况、“新塑料经济”的愿景、最佳实践和洞见，以及具体的机遇和建议。





# 研究成果与结论摘要

## 塑料新思路，包装新起点

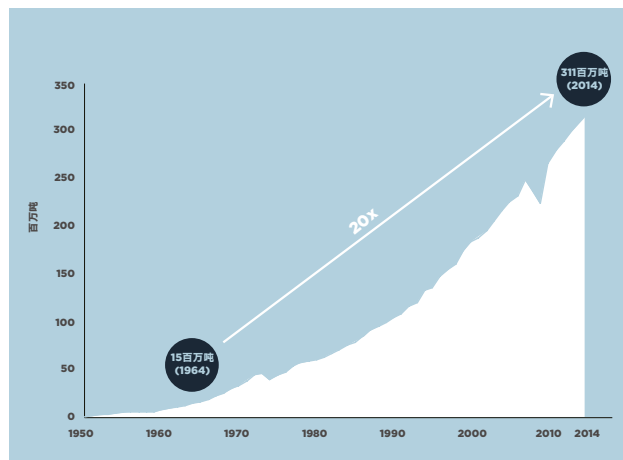
由于功用多样、成本低廉，塑料成为现代经济活动中随处可见的主力材料。现今的塑料使用量是半个世纪前的 20 倍，预计未来二十年中还会再翻一番。如今，无论何人，随时随地都离不开塑料，而本报告聚焦的塑料包装，则更是无处不在。尽管表现可圈可点，但当前围绕塑料的一系列经济活动，也逐渐展现出了一些重大缺陷。短暂的首次使用周期之后，95% 的塑料包装就会失去价值，相当于每年间接损失 800 亿~1200 亿美元。更令人难以置信的是，数量惊人（32%）的塑料包装并没有进入收集系统，大大损害了海洋等关键自然系统的活力，同时堵塞了城市基础设施，造成了巨大的经济损失。因此，塑料包装使用后产生的负面外部效应巨大，加之其生产过程中会排放大量温室气体，造成一系列不良影响，其每年带来的损失，保守估计也有 400 亿美元，超过塑料包装产业的总利润。未来，我们不得不补上这些损失带来的空缺。只要攻克了这些难题，我们就能够获得一个良机。我们应该继续挖掘塑料包装的潜在优势，同时提高系统效率，降低危害，改善经济和环境。

## 塑料和塑料包装对全球经济至关重要

如今，我们很难想象一个没有塑料<sup>1</sup>的世界。塑料在所有经济活动中扮演着日趋重要的角色，使包装、建筑、运输、医疗和电子等产业的发展成为了可能。目前，一辆小轿车 15%<sup>2</sup> 的重量都来自塑料，而波音“梦想客机”的材料中，塑料占比更是高达 50%。<sup>3</sup> 塑料集众多优点于一身，成本低、用途广、轻巧耐用、承重力强，为这些产业带来了巨大的经济效益。<sup>4</sup> 塑料的产量呈现出指数级增长（见图表一），这充分体现了塑料不可或缺的地位。1964 年以来，塑料产量已经增加了 20 倍，2014 年达到了 3.11 亿

吨，比 900 座帝国大厦还要重。<sup>5</sup> 预计，在未来 20 年塑料产量还要翻一番，到 2050 年要翻两番。

图表一：1950—2014 年全球塑料产量



来源：欧洲塑料加工工业协会（Plastics Europe）：《塑料实录 2013》，2013 年  
欧洲塑料加工工业协会：《塑料实录 2015》，2015 年

本报告关注塑料包装，塑料包装是塑料最为广泛的用途，占塑料使用总量的 26%。<sup>6</sup> 作为包装材料，塑料价格低、重量轻、性能好，优势极为明显。同时，塑料包装对环境也具备有益的一面：塑料的低重量可以减少运输中的燃料消耗，其阻隔性也可以延长食物保鲜时间，减少食物浪费。因此，塑料正在逐渐取代其他包装材料。2000—2015 年，由于全球塑料包装市场<sup>7</sup> 每年 5%<sup>8</sup> 的强势增长，塑料包装在全球包装用量中的占比从 17% 上升到 25%。<sup>9</sup> 2013 年，塑料包装产业往市场中投放了 7800 万吨的塑料包装，总价值 2600 亿美元。<sup>10</sup> 塑料包装产量预计将保持迅猛势头，在未来 15 年内翻一番，到 2050 年翻两番以上，年产量将达到 3.18 亿吨，超过现在的塑料总产量。<sup>11</sup> 主要的塑料树脂类型及其包装用途如图表二所示。

图表二：主要塑料树脂类型及其包装用途



来源：“主流项目”分析

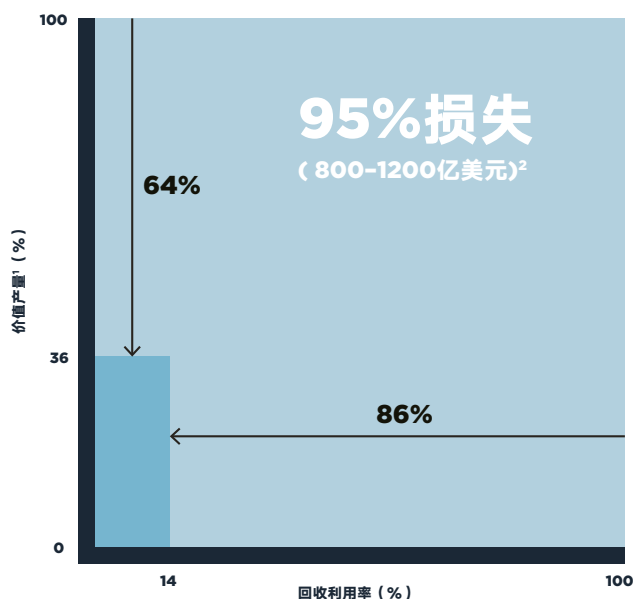
## 当下塑料经济的弊端

**塑料包装的使用过程是线性的，每年造成的材料价值损失高达 800 亿~ 1200 亿美元**

目前，95% 的塑料包装价值在短暂的首次使用后就会失去其材料价值，相当于每年损失 800 亿~ 1200 亿美元。在第一个全球通用的回收标志诞生已经四十多年后的今天，也只有 14% 的塑料包装得到了循环。加之分选和再加工过程中产生的损耗，可供继续利用的塑料包装资源价值就只剩下 5%（见图表三）。即便是得到回收利用的塑料，大多数也都流向价值较低的应用环节，之后的循环利用也变得“无路可循”。塑料整体材料的循环率甚至比塑料包装还要低，二者都远低于纸张（58%）<sup>12</sup> 和钢铁（70% ~ 90%）<sup>13</sup> 的循环率。饮料瓶制作材料

PET<sup>14</sup> 的循环率高于其他所有类型塑料，但也十分有限，全球范围内，近一半的 PET 没有得到回收，只有 7% 做到了瓶到瓶。<sup>15</sup> 不仅如此，塑料包装几乎都是一次性使用，在 B2C 领域尤其如此。

图三：塑料包装材料使用一次后的材料价值损失



1 价值产量 = 体积收率 × 价格收益率，这里的体积收率 = 输出量 / 输入量，价格收益率 = 每吨加工后材料价格（美元） / 每吨纯净原材料价格（美元）

2 现状计算基于 14% 的循环率，72% 的体积收益率和 50% 的价格收益率。塑料包装总产量为 7800 万吨，每吨平均价格为 1100 ~ 1600 美元

来源：专家采访；《塑料新闻》；德勤公司，《提高欧洲塑料循环目标：环境、经济和社会影响评估最终报告》（2015 年）；《塑料交流》；plasticer；EUWID；欧盟统计局。

图表四全面地展现了塑料包装材料在全球流动的过程。除了 14% 的塑料包装能够得到循环，还有 14% 被送到焚化炉燃烧处理和 / 或进行能源回收。大多数焚化是在混合固体废弃物焚化炉中进行的，但也可能是在工业（如水泥窑）环境中，和垃圾衍生燃料一起，以及（有限的）热解或气化。能源回收本身是件好事，但最初材料生产时花费的人力和物力会在此过程中流失，尤其是利用混合固体废弃物焚化炉进行能源回收。人们担心，过度部署此类焚化基础设施，会造成一种“锁定”效应。因为建设和运行焚化基础设施需要前期投入大量的资本，运营成本又相对较低，因此，极有可能使回收和再生这一高价值高机制难以进入市场。很多组织也对能源回收过程中产生的污染物表示担忧。正如在一些发展中国家中的情况，污染管控不到位，将会给人体健康造成直接负面影响。更有甚者，即便有些地方污染管控到位，焚烧产

生的副产品也需要得到妥善处理。

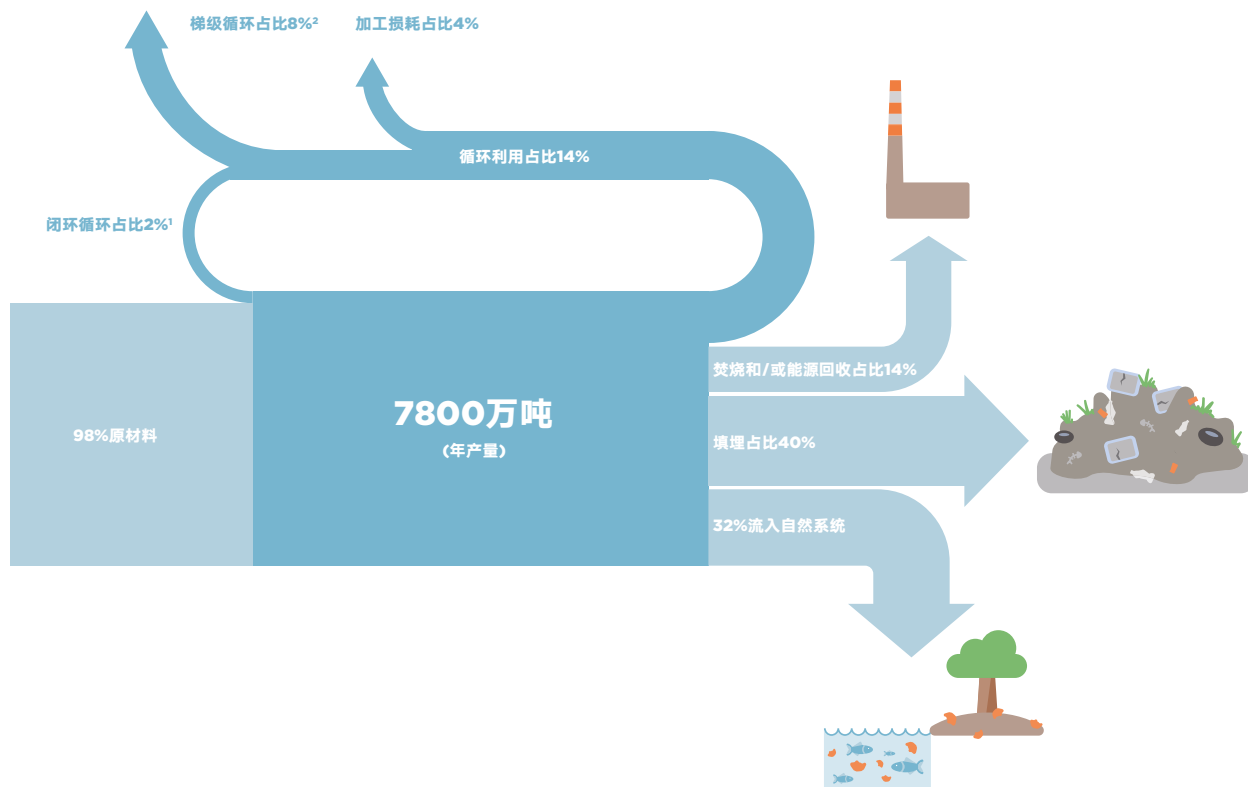
此外，还有高达 72% 的塑料包装根本没有得到任何回收再利用。在这其中，40% 被填埋，32% 流散在回收体系之外。换句话说，大多数塑料包装要么根本没有得到回收，要么在回收后却被非法倾倒或不当处理。

这里，分析塑料包装材料全球流动的基础是一系列零散的数据集合，其定义和范围常常不尽相同。该分析不仅展示了增加（塑料包装）循环利用并获取材料价值的良机，也充分体现了，针对该问题制定统一报告标准并巩固全球合作势在必行。不仅如此，为了使数据精度更高，针对某些废物处理产业尚未走上正轨的发展中市场，必须采取特定方法加以收集数据。

### 化石原料有限，生产大幅制约

塑料产业整体高度依赖油气资源，它们储量有限，却提供了 90% 的原料。而对于塑料包装，由于其在使用回收材料上的局限性，油气原料占比还要更高。尽管各地石油产量存在差异，但一系列文献研究和建模计算综合显示，世界石油总产量中，有 4% ~ 8% 用于塑料制造（不仅是制造塑料包装），其中最权威的估算数据是 6%。在这其中，约一半是作为原材料，另一半则作为燃料。<sup>16</sup> 相比之下，生产塑料制品的石油消耗与全球航空业每年的石油消耗量相当<sup>17</sup>（加上作为原材料和燃料被消耗的天然气）。如果当前塑料使用量猛增的趋势如预测般继续保持，到 2050 年，整个塑料产业将会消耗石油总产量的 20%。<sup>18</sup> 预期显示，随着塑料产量与日俱增（每年增加 3.5% ~ 3.8%），石油用量将随之同步增长，其增速将远远超过预计年均增速只有 0.5% 的石油整体需求。<sup>19</sup>

图表四：2013 年塑料包装材料全球流动趋势



1 闭环循环：回收的塑料被用于再生和生产质量相同或类似的产品  
2 梯级循环：回收的塑料被再生和生产其他价值更低的产品

来源：“主流项目”分析，详情请参见世界经济论坛、艾伦·麦克阿瑟基金会和麦肯锡公司联合发布的《新塑料经济——重新思考塑料的未来》（2016年，<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>）

### 塑料包装会产生严重的负面外部效应

使用塑料和塑料包装相关的外部效应集中在以下三个领域：首先，塑料进入自然系统（其中以进入海洋最为严重），造成自然系统的退化；其次，塑料生产过程和使用后焚化过程造成了大量的温室气体排放；最后，引忧物质会对健康和环境造成一系列不良影响。基于 Trucost（编者注：自然资本价值评估的全球领导者）的一项研究，联合国环境规划署和塑料披露项目（PDP）发表了题为《评估塑料的价值》（Valuing Plastics）的报告。报告估计，消费品产业中塑料使用每年消耗的自然资本总量为 750 亿美元，其中与塑料包装相关的有 400 亿美元，远远超过塑料包装产业的总利润。<sup>20</sup>

预计，塑料和塑料包装的生产量和使用量都将保

持迅猛增长，因此，塑料将会用于更多潜在领域，遍及千家万户。但是，如果塑料的生产方式和使用方式保持目前的线性发展模式，上述负面外部效应会更加严重（详见图表五及后文）。

**塑料进入自然系统会造成自然系统的退化，对于海洋危害尤为明显。**每年，至少有 800 万吨塑料进入海洋，<sup>21</sup> 相当于每分钟往海洋中倾倒入一整辆垃圾车的塑料。如果不采取行动，到 2030 年，每分钟就会有相当于两辆垃圾车的塑料进入海洋，这一数字到 2050 年还会再翻一番。<sup>22</sup> 并且，无论是预测还是专家采访，都显示塑料包装占了这些塑料制品中的大部分。这主要是因为塑料包装是塑料最大的用途，占其使用总量的 26%，其次是因为塑料包装体积小、残余价值低，因此极易进入海洋。通过查阅数据，这一

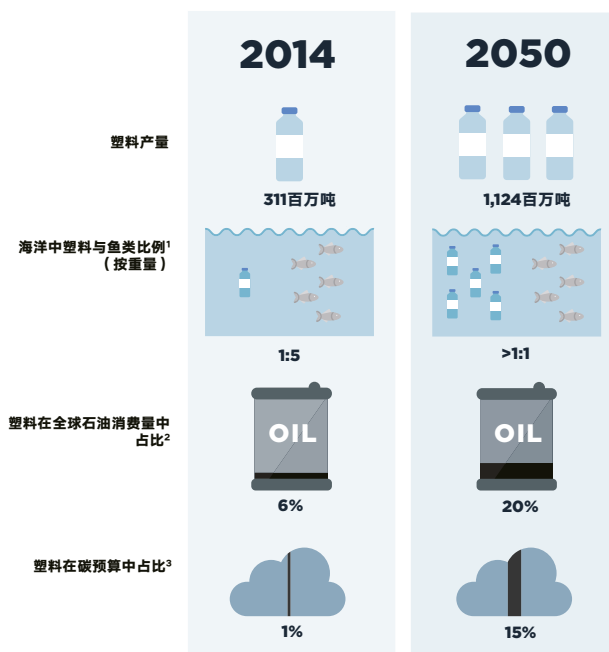
点不言而喻。在国际海岸清理活动收集到的所有废物（包括非塑料制品）当中，塑料包装就占了62%。<sup>23</sup>

塑料能在海洋中保持原状数百年，分解成小颗粒后残留时间更为持久。这意味着海洋中的塑料数量将会与日俱增。业内领先研究估计，目前海洋中的塑料超过1.5亿吨。<sup>24</sup> 如果不出重拳大力整治，到2050年，海洋中塑料的重量将超过鱼的重量。<sup>25</sup> 仅看2025年，海洋中塑料与鱼类数量的比例就会达到1:3，届时塑料将重达2.5亿吨。<sup>26</sup> 报告《力挽狂澜：无塑海洋的陆基战略》(Stemming the Tide)指出，即使在各方协作，采取遏制行动，力争减少海洋塑料废弃物的情况下，塑料废弃物数量也只会趋于稳定水平，并不会真正减少。换句话说，在采取遏制行动的同时，我们必须谋求长远的解决方法，放眼系统全局，并采用循环经济运作原则。否则，海洋中的塑料废弃物只会有增无减。

海洋塑料使海洋自然资本深受其害。尽管其总体经济影响尚且不明，但初步研究显示，至少数十亿美元就此白白消耗。《评估塑料的价值》(Value Plastic)报告指出，塑料对海洋生态系统每年至少造成130亿美元的损失。亚太经合组织(APEC)估测，单看亚太地区旅游业、渔业和航运业，海洋塑料就造成13亿美元的损失。<sup>27</sup> 在欧洲地区，塑料进入海洋的情况相对乐观，即便如此，每年预计产生的海岸和海滩清理费用也达到了6.3亿欧元(6.95亿美元)。<sup>28</sup> 除去直接经济损失，海洋塑料同样会对人类生计和健康、食物链及其他重要经济社会系统产生潜在负面影响。

不仅如此，未得到收集的塑料还会导致森林和水道等自然系统退化，阻塞下水道和其他城市基础设施，造成直接经济损失，损失的具体数额尚需进一步研究。

**图表五：现有模式不改变的情况下，塑料数量、外部效应与石油消费量预测**



1 假设鱼类数量不变（保守假设）

2 预计石油消费总量增速（每年0.5%）低于塑料生产增速（每年3.5%~3.8%）

3 塑料的碳预算包括生产过程中使用的能源和使用后焚化和/或能源回收过程中的排放。后者的计算基于2014年已有数据，当年有14%的塑料经过焚化处理和/或能源回收，2050年这一比例将达到20%。碳预算基于第2条情况计算

**来源：**欧洲塑料加工工业协会(Plastics Europe)；安迅思供求数据服务；国际能源署《世界能源展望》(2015年)(2013—2040年全球GDP预期和核心“新政策”情况下2014—2040年石油需求预期，报告认为二者都会持续到2050年)；海洋保护协会及麦肯锡商业与环境中心《力挽狂澜：无塑海洋的陆基战略》(2015年)；J.R. 贾贝克《从陆地输入海洋的塑料废弃物》(《科学》，2015年2月13日)；J. 霍普维尔《塑料循环：挑战与机遇》(英国皇家学会《哲学学报》B卷，2009年)；国际能源署《世界能源展望特别报告：能源与气候变化》(2015年)；“碳追踪计划”《不可燃的碳》(2013年)

**温室气体排放。**如上文所述，虽然很多情况下，塑料包装都能在使用阶段减少温室气体排放。但是塑料生产却消耗了全球石油产量的6%（其中生产塑料包装占比四分之一），该生产过程以及塑料用后的处理过程会排放数量惊人的温室气体。2012年，所有塑料（不限于包装）造成的碳排放约为3.9亿吨。<sup>29</sup> 据《评估塑料的价值》(Valuing Plastic)，包括开采在内的塑料原料生产所产生的温室气体排放，造成了230亿美元的自然资本损失。<sup>30</sup> 在进入塑料产业的化石原料中，约有一半都消耗在生产阶段，与大量

碳排放相伴相随。<sup>31</sup> 塑料制品本身储存了大量残余碳量，如何进行用后处理，将会决定是否存在大量温室气体排放。<sup>32</sup> 焚化和能源回收将直接导致碳排放（未计入替代其他能源后可能减少的碳排放），而填埋则会隔绝原料中的碳。流散的塑料中的碳可能会经过长达数百年逐渐释放到大气之中。<sup>33</sup>

塑料消耗量预期将会激增，随之，**温室气体**足迹也会越来越大。如果目前的增速不减，预计到 2050 年，塑料产业的温室气体排放在全球年度碳预算中的占比将达到 15%，远超目前的 1%。<sup>34</sup> 全球经济碳预算是基于全球变暖温控目标（即到 2100 年，将全球升温控制在 2 摄氏度以内）计算出来的。<sup>35</sup> 尽管塑料可以切实提升资源效率，也有助于减少碳排放，但综上所述，处理好塑料生产和报废处理过程中产生的温室气体显得至关重要。

**引忧物质。**塑料由聚合物与各类成份复杂的添加剂混合而成。常用添加剂包括稳定剂、塑化剂和色素，并有可能意外混入杂质和污染物等。关于诸多物质对人体健康和环境的负面影响，比如用作聚氯乙烯塑化剂的双酚 A（BPA）和某些邻苯二甲酸酯，人们已有关切，也有监管机构和商家已经采取行动。<sup>36</sup> 但是长期暴露在塑料中的其他物质下会产生何种后果以及物质的集聚效应以及它们进入到大气中会产生什么后果目前仍不明确。如今，海洋中已存在的 1.5 亿吨塑料中含有约 2300 万吨添加剂，其中有些种类引发了人们的担忧。<sup>37</sup> 这些添加剂从塑料中的渗出速度目前仍有待探讨，但估算显示，每年约有 22.5 万吨添加剂释放到海水之中。到 2050 年，该数字将增加到每年 120 万吨。<sup>38</sup> 同时任意焚烧不加节制也会让塑料中的引忧物质进入环境，此类行为在一些国家很是常见。综上所述，我们需要扩大研究范围，增加透明度。

## 当前创新改进难以产生规模效益

**目前，各方都采取了一系列创新和改进行动，看似潜力无限，但由于过于零散，缺乏协调，并不能产生大范围的影响。**如今的塑料经济高度碎片化，价值链整体缺乏标准，无法协调，导致材料、形式、标注、收集系统及分类和再加工体系五花八门，总体上阻碍了市场的有效发展。市场如此，创新也是如此。整个全球供应和分销链中，开发和使用新包装材料和形式的速度要远远快于对应使用后体系和基础设施的开发与部署。与此同时，每年少说也有成百上千的小型倡议在各地启动，致力于改进收集系统，引入新的分类和再加工技术。分类标准制订和应用的零散化等一系列其他问题也混淆了公众认知，给人们造成了理解障碍。

**通过攻克这些难题，我们就能获得一个绝佳的机会。**引领塑料创新，改革塑料产业，将其带入正螺旋发展，获取更大的价值回馈，收获更好的经济效益，实现环境友好。塑料包装产业链上的各个玩家不断展现着超群的创新能力。如今，巧用这一能力，改善塑料包装的循环性，同时继续扩大功能、降低成本，将会创造出全新引擎，不断推动我们迈向一个行之有效的体系，新塑料经济的曙光就在前方。

## 新塑料经济：机遇当前，迎头赶上

“新塑料经济”的愿景是：塑料永远不应成为废弃物，它们能再次进入经济体系，成为宝贵的技术原料或生物营养。“新塑料经济”基于并恪守循环经济原则，建立了远大的目标。建立有效的用后塑料经济，大幅减少塑料进入自然界（尤其是海洋）的塑料，尽力消除其负面外部效应，切断塑料与化石原料之间的联系，从而全面优化经济体系，提升环境质量。

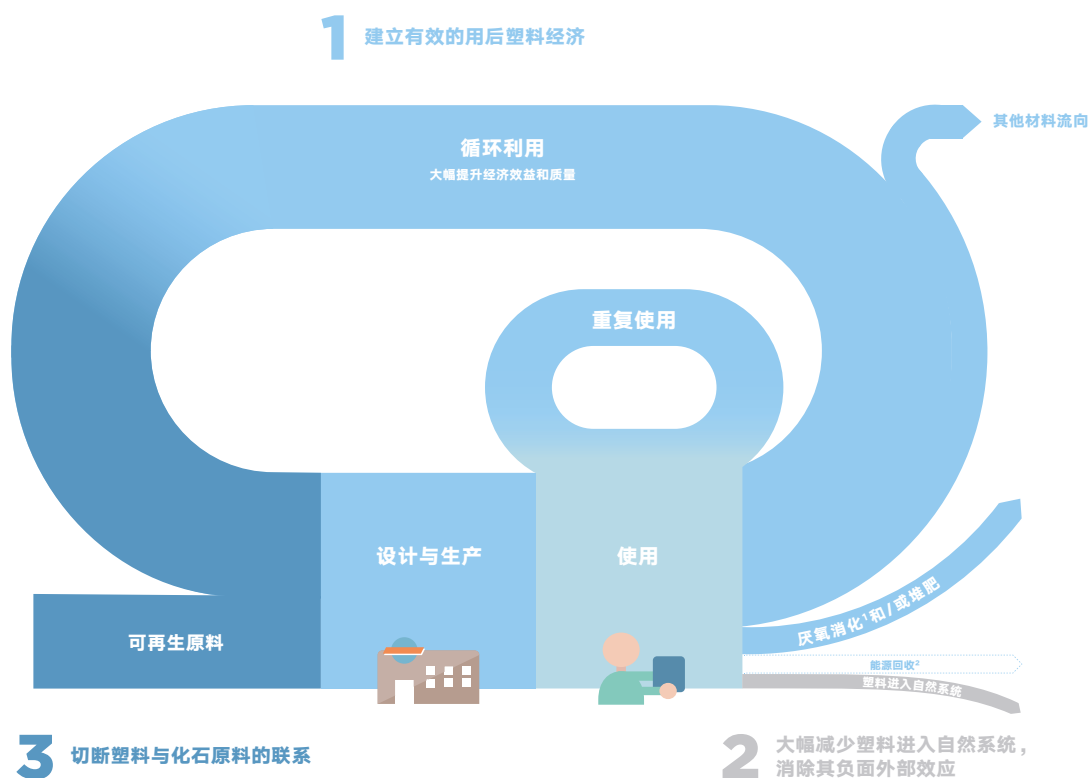
### 新塑料经济：崭新思路，勇往直前

“新塑料经济”基于并恪守循环经济原则，本质上是一个可恢复、可再生的产业体系（见文本框一）。

新塑料经济有三个主要目标（见图表六）：

1. 通过改善循环，重复使用和特定领域生物降解的经济效益，建立有效的用后塑料经济。这是新塑料经济的基石和首要任务，也有助于实现下面两个目标。
2. 大幅减少塑料进入自然界（尤其是海洋）的塑料，尽力消除负面外部效应。
3. 探索使用可再生原料，切断塑料与化石原料的联系，同时减少循环的损耗和物质流失。

图表六：新塑料经济的宏伟目标



1 厌氧消化

2 能源回收在新塑料经济中的作用仍需深入研究

来源：“主流项目”分析



即使目前在设计、技术和体系方面受限，也至少可以部分实现这些宏伟目标。例如，一项最新的研究发现，目前欧洲已经有 53% 的塑料包装在循环时具有较高的“生态效率”。<sup>39</sup> 尽管确切的数字有待商榷，并且受到油价等因素的影响，但言外之意非常清楚：机会当前，我们要充分把握。”新塑料经济”为全球

价值链和各国政府设立了引人注目的目标，引导着各方展开合作，不断创新，这绝非朝夕之功。重新设计材料、形式和系统，开发新技术，更新全球价值链可能会花上数年。但是，各方不应气馁，不应拖延，而需应声而起，立刻行动，因为现在正逢其时。

## 文本框一：循环经济原则与优势

循环经济在设计上是一个可恢复、可再生的工业体系。它立足三个主要原则：保护和充实自然资本，优化自然资源产量，发展系统效率。

多方研究活动和最佳实践案例都已表明，向循环经济转型可以建立一个更创新、更灵活也更高效的经济模式，且经济效益经久不衰。例如，2015 年的研究报告《内在增长：建设循环经济，提高欧洲竞争力》估计，单从三个核心领域，即出行、食品和经济环境入手，逐渐转向循环经济发展模式就能给欧洲带来约 1.8 万亿欧元（2 万亿美元）的收益。<sup>40</sup>

### 循环经济概要

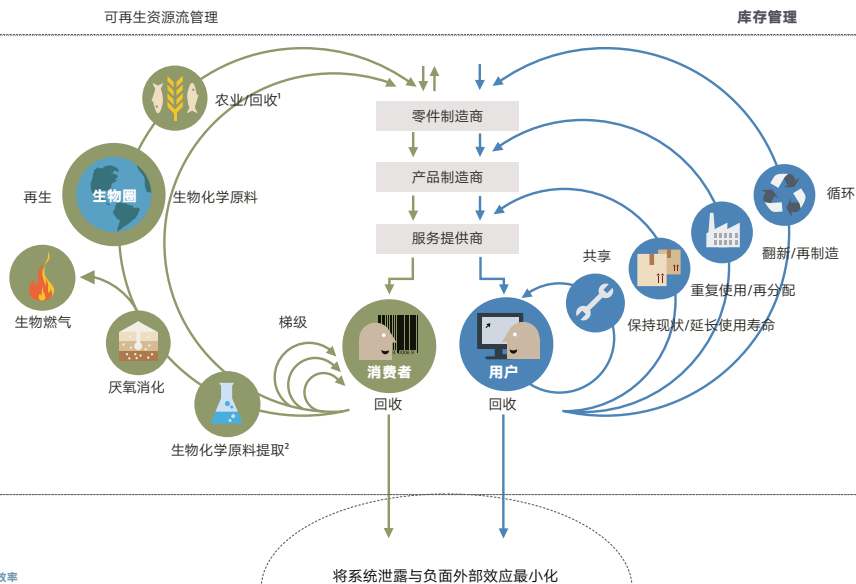
#### 原则 1

通过控制有限的原料，平衡可再生资源流动保护，保留强化自然资本再生、虚拟化、交换

可再生资源 有限原料  
再生 替代原料 虚拟化 恢复

#### 原则 2

优化资源产出 再生、共享、最优化、互换



#### 原则 3

通过揭露和消除外部效应提升系统效率

将系统泄露与负面外部效应最小化

1 打猎和捕鱼

2 收获后废弃物和消费后废弃物都能作为原料

来源：文伦麦克阿瑟基金会；SUN 和麦肯锡商业与环境中心；图片来自布劳恩加特和麦克多诺：“从摇篮到摇篮”(From Cradle to Cradle)(C2C)

虽然塑料包装好处诸多，大幅降低其使用量的可能性较低，但我们还是要抓住一切机会来努力减少塑料包装的使用。具体方式多种多样，包括减量化、提高人们循环意识、杜绝塑料包装的一次性使用（尤其在 B2B 的商业模式中尤为频繁，在塑料袋等特定 B2C 商业行为中也是如此），以及寻找替代材料。

## 建立有效的用后塑料经济

建立有效的用后塑料经济是“新塑料经济”的基石和首要要务。这样做，不仅有助于获取更多的材料价值，提高资源生产力，还能直接刺激经济杠杆，避免塑料进入自然系统；同时减少原材料需求，便于可再生原料完全替代目前的化石原料。

目前，从用过的塑料包装中获取的材料价值只有 5%，因此，若能大幅提升循环的经济效益、质量以及采用率，材料价值的上升空间还有很大。要想挖掘这些价值潜力，就必须贯穿全球价值链，推动协调一致的合作，不断发展创新。这些行动包括：首先，建立跨价值链对话机制；其次，制定《全球塑料规章》，指导材料、形式和使用后体系的重新设计和整合，从而切实提高塑料回收、分类和再生过程中的产量、质量和经济效益，并同时考虑地区差异，实现持续创新；第三，引入和扩大配对机制，做出行业承诺，进行政策干预，从而为再生材料建立二级市场；第四，探索有潜力规模化的创新机遇，如投资新型或改进材料和再加工技术；最后，探索政策的推动作用。显而易见，塑料包装市场中，循环效益最佳的产品是 B2B 模式中所用的薄膜、饮料瓶和其他硬质塑料包装。<sup>41</sup>

重复使用的机会也不容小觑，在 B2B 方面尤为如此。B2B 商业模式中，重复使用包装可以节约大量成本。如果集中用在企业和产业中，价值远不止包装那么简单。如果得到充足发展，它还有助于“物联网”的建立。这是一个基于标准化、模块化和共享化资产的物流系统。实现向“物理互联网”的跨越，经济价值不可估量。预计，仅在美国，每年就能节

约 1000 亿美元，同时减少 33% 的二氧化碳排放。<sup>42</sup>而在 B2C 的商业模式中，塑料包装的重复使用面临着更大的挑战，但在塑料袋等特定用途方面更具潜力。随着新型商业模式不断兴起，重复使用会不断得到强化和推广。

辅以适当的收集和回收基础设施（厌氧消化和/或工业堆肥），让塑料包装内容物（例如食品）中的养料回归土壤，可堆肥塑料包装不失为一个很好的出路，也方便针对不同用途扩大规模。目前，塑料普遍分为三种，即可回收塑料、可堆肥塑料，以及不可回收或堆肥塑料。凭借当前的材料技术和废物处理基础设施，要想二者兼顾，给人选择的的空间通常是非常狭小的。在大多数情况下，塑料循环更受人们青睐，因为这样保留了塑料的经济价值；而生物降解只能让塑料变成水和二氧化碳，虽然无害但价值极低。但是，在特定情况中，要想让养料回归土壤，使用可堆肥包装不失为一个有效的方法。可堆肥包装的使用通常需要符合下面两条标准：第一，使用过后，包装的内容物是残留食品等有机物。在这种情况下使用可降解塑料包装，有助于内容物（例如食品）中的养料回归土壤；第二，使用过后，包装通常不会进入循环渠道（可堆肥包装反而可能会影响其他塑料循环过程）。满足上述两条标准的应用案例有很多，比如有机废料包装袋，用于聚会活动、快餐企业、食堂和其他封闭系统的食品包装，以及茶包和咖啡胶囊。意大利米兰市就是就此已探索出良好的范例。自从引入可降解垃圾袋来盛放有机废物之后，米兰市居民的年均餐厨垃圾收集量从人均 28 千克到了 95 千克，增加了两倍多。<sup>43</sup>

## 大幅减少塑料进入自然系统，以及其他负面外部效应

塑料的归宿不应是海洋或其他生态系统。要杜绝塑料处理不当对环境所造成的污染，必须协调各方行动起来，改进回收基础设施。回收基础设施远远落后于经济发展的地区更应倍加关注。很多经济飞速发展的中等收入国家就是如此，约 80% 的塑料得不到处理流入自然环境。为了防止塑料进入海洋，如今，各种地方性和全球性的行动已经展开，并与官方和非官方废物处理部门均展开合作，力求解决基础设施发展这一关键问题。举例来说，地方性的行动有菲律宾的“地球母亲基金”和“海岸清理行动”等，而在全球层面也有海洋保护协会发起的“无废海洋联盟”。

但在有些国家，塑料进入海洋的问题十分严重，因此即便展开合作，努力改进收集和回收利用基础设施，也只能让进入海洋的塑料数量稳定下来，而不能使它们真正减少。也就是说，海洋塑料会不断积累，总量将继续增加。<sup>44</sup> 正如海洋保护协会和麦肯锡的报告《力挽狂澜》所述，长远的根治之策，是将循环经济的原则融入到塑料产业中。建立行之有效的用后塑料经济会直接刺激经济，提供建设收集和回收基础设施的动力。此外，价值高的塑料更不容易进入海洋，在没有正式废物处理产业的国家这一点更是至关重要。因此，改进产品和材料的设计，增加其使用后价值，可以大幅减少进入海洋的塑料。最后，重复使用和减量等方法可以减少市场中的塑料数量，借助它们的一臂之力，也可以相应减少进入海洋的塑料。

尽管以上措施得以践行，进入海洋的塑料数量仍可能相当可观。就算坐拥先进收集系统的美国和欧洲，每年也有 17 万吨塑料进入海洋。<sup>45</sup> 因此，在努力避免塑料进入海洋的同时，还要进行创新，让塑料包装不对生物造成危害，这样就算塑料（意外）进入海洋，也不会产生大的危害。目前的生物降解塑料并不满足以上标准，因为它们的降解大部分需要控制条件（如放置在工业环境里）。进一步的研究和颠覆性

的创新迫在眉睫。不仅如此，添加剂的催化分解（如氧化分解）也不是突破，这样的塑料并未被证实真正无害。它们被碎片化之后，只是单纯增加了海洋中微塑料的数量。

所以，为了确保塑料进入回收体系，不对生物造成危害，就必须进行颠覆性的创新。降低塑料（意外）流入自然危害的方法多种多样，其中包括：保证塑料在淡水和 / 或海洋环境下的高生物降解性；不添加引忧物质；避免将易流入自然的塑料制成吸引海洋生物吞食（并产生伤害）的颜色和形状；运用全新智慧工艺，模拟自然新陈代谢过程。纸是一种应用广泛的可回收包装材料，即使进入环境，危害也相对很小（除非其中含有特定的墨水等有害物质），因此激发了很多灵感。要开发对生物无害，可回收，功能广泛且成本低廉的材料，需要进一步研究他们的无害性从何而来。在创新方面，这些研究面临的挑战绝非易事，需循序渐进。

尽管引忧物质的影响尚无科学定论，且想测量长期暴露在引忧物质下的不良影响及其叠加影响的难度较大，但有充分的证据显示，我们需要展开进一步研究，加速安全替代品的开发和应用。在进行这些研究和创新的同时，还要提高塑料材料成分的透明度，并采用预防原则，逐步淘汰某些（或某几种）可能危害巨大的物质。

## 切断塑料与化石原料的联系

要切断塑料与化石原料的联系，循环和重复使用至关重要。但是，仅靠它们可能还是杯水车薪。即便全球塑料回收率从目前的 14% 提高到 55%（高于当前表现最好的国家）以上，到 2050 年，全球塑料原料的需求仍会翻倍。<sup>46</sup>

重复使用与循环周期损耗，以及弥补这些损耗所需的原材料都要求我们探索可再生原材料的作用。可再生原料要么直接由甲烷和二氧化碳等温室气体转

化而来（温室气体来源），要么利用生物质（生物基）制得。创新者们称，在某些特定的应用上，以温室气体为原料的塑料已经与基于化石原料的塑料成本相当，且符合负碳排放材料的标准。<sup>47</sup> 使用基于生物原料

的塑料且不危及其他领域必须遵循可再生农业原则，并将诸如土地利用和生物多样性等在农业生产过程中会受到影响的因素考虑在内。

## 文本框二：生命周期评估的作用

生命周期评估（LCA）是一个就环境影响评估某项产品或服务体系的工具，贯穿其整个生命周期。<sup>48</sup> 如果运用得当，它可以充分发挥效用，在任何给定时间对不同选择进行评估。但是，和所有工具一样，它并不完美。首先最根本的，LCA 适用于评估单个选项，但并不适合为系统确定整体创新目标。在博弈论的经典例子“囚徒困境”中，个体为了自身利益最大化做出的理性行为，最终导致了不尽人意的整体结果。类似的，最优化每个选择的 LCA，并不一定能给全局带来更好的结果。

以电动汽车为例。相比于依赖内燃发动机和化石燃料的交通系统，更多人会同意，使用由电动汽车和可再生电力显然更具吸引力。但是，2011 年公布的一项 LCA 研究发现，相对于传统燃油汽车，一辆电动汽车的碳优势仅高出 4%，并指出：“那些想要尽量减排的司机还不如去买一辆高能效的小型汽油或柴油车。”<sup>49</sup> 尽管不能因此就轻易抹杀电动汽车的概念，但在看到电动汽车内在吸引力的同时，也必须承认，电动汽车还有很大的提升空间，包括生产过程中的有效性和快捷性、使用后管理，以及提升对可再生能源的接受度。

类似的推论还适用于很多关于新塑料经济的愿景与目标。如果在一种经济模式中，产品和材料能够通过多次循环，实现价值最大化，而在另一种经济模式中，材料只能单向线性流动，在一个使用周期后，就会失去 95% 的价值，显然前者的吸引力大得多。类似的，如果一种经济模式中，一方面是数量有限且排放值高的化石原料制成的塑料，另一方面是由温室气体基或生物能源等可再生原料制成的塑料，那后者必定比前者更吸引人。这种倾向并不意味着所有的塑料包装都必须进行回收或采用可再生原料，但它的确为塑料包装价值链提供了创新的思路和发展的目标。

最后，最近的刊物中公布的塑料包装生命周期评估结果，都侧重采取碳排放等单一衡量标准。尽管它们至关重要，但衡量标准单一，难免会忽视塑料整个生命周期的整体影响，包括进入自然环境中的塑料会产生的影响。

## 新塑料经济：优势显而易见

“新塑料经济”旨在推动有效的使用后经济，大幅减少塑料流入自然，切断塑料与化石原料的联系，力求创造长期、整体的价值。

即使现有的塑料商业模式不改变，它也能带来增

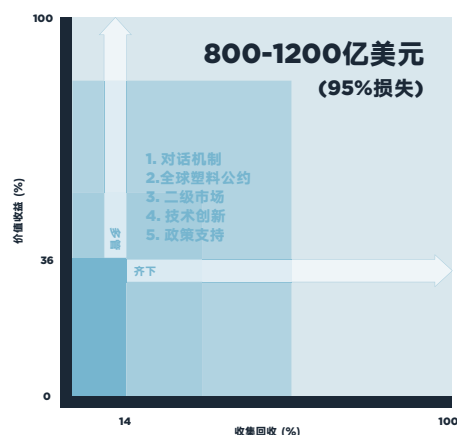
长、创新和收益，但如果有循环经济原则加以引导，刺激增长和创新，益处将更多。画龙点睛之处在于，新塑料经济还能提供一些实际的额外收益，其中最显著的就是通过减少负面外部效应，获取材料价值，并去除价值链风险。本报告中所述的宏伟目标，比如提升循环经济效益、增加回收比例和开发可再生塑料原

料，都将发挥作用，让良机不会失之交臂。

**新塑料经济帮助保留塑料包装的材料价值。**目前，在一个使用周期后，只剩下5%的塑料包装材料价值，价值40亿~60亿美元。<sup>50</sup> 尽管塑料产业不可能获取所有潜在材料价值，但只要遵守《全球塑料规章》，行动一致，实现材料、形式和使用后体系的再设计和聚合，培育二级市场，创新技术和材料，则有望能够抓住大部分市场价值（见图表七）。<sup>51</sup>

**向新塑料经济转型，将明显减少塑料的负面外部效应。**如上文所述，塑料包装好处虽多，但往往伴随着自然系统的不断退化，塑料进入海洋及温室气体排放是两大元凶。首先，通过创建有效市场，落实用后处理，新塑料经济能直接刺激经济，有助于建设收集和再生基础设施，由此减少塑料流入自然。其次，通过增加循环、重复使用和开发可再生塑料原料，新塑料经济可以大幅减排，降低风险。例如，相比于用化石原料生产1吨塑料，每循环1吨塑料，就能少排放1.1~3吨二氧化碳。<sup>52</sup> 以生物能源制造塑料也能遏制全球变暖。用生物能源生产1千克塑料，将减少2.2千克的二氧化碳排放，而用化石原料生产1千克塑料，就会多排放1.8千克的二氧化碳。<sup>53</sup> 最后，通过进一步研究潜在负面影响，提高材料成分透明度，并开发不含有引忧物质的塑料，新塑料经济将能大幅降低其风险。

图表七：获取材料价值的理论可能



来源：同 20 页图表三

**减少负面外部效应，切实降低商业风险。**尽管外部效应并不一定会给企业带来直接损失，但却注定让企业面临监管风险，使外部效应内化，甚至使某些种类的塑料包装被彻底禁用。整个塑料包装产业将可能因此受到冲击。征收碳税（根据燃料的碳含量进行征税，旨在减少温室气体排放）就是风险内化的一个典型例子。2015年，印度国家绿色法庭曾考虑全面禁用所有非必要塑料包装，包括多层包装和PET瓶。<sup>54</sup> 此外，消费渠道也会存在潜在风险。例如，2011年美国塑料瓶制造公司希格（SIGG）宣布破产，在此之前就已传出了其部分产品含有有争议物质双酚A的丑闻。<sup>55</sup>

**新塑料经济能够缓冲（化石）原材料价格波动的影响。**世纪之交伊始，油价呈现出剧烈波动。尽管相比于2008年的历史最高点，目前的油价已有所回落，且观察家们认为短期内不会出现上涨，但根据历史经验看，波动依然存在。《经济学人》杂志曾经在1999年3月预测，油价将从当时的每桶10美元下跌到每桶5美元。<sup>56</sup> 当年年末，油价就涨至每桶25美元。之后十年之内，油价就涨到了每桶145美元。20世纪90年代末，大多数人都预测，油价在二十年内都将保持在每桶30美元以下<sup>57</sup>，但十年后，预言又成泡影。以化石原料制造塑料，供应成本不可预

测，造成潜在风险。要想规避这一风险，商界的选择之一就是利用多元化可回收和可再生原料进行原料替代。当然，这些可再生塑料原料也是商品，因此其市场价格同样受控于地方市场压力。所以，价格波动仍是一个问题，但原料多元化可以分散风险。扩大投资，开发多种可回收材料和可再生原料，能进一步增强新塑料经济系统的抗风险能力。

## 良机在前，应声而起

目前来看，各种有利因素合纵连横，因此良机在前，理应应声而起，采取行动。新塑料经济带来了新的机遇，而发展中国家也首次站在了重大的十字路口，建设有效的基础设施，进行塑料用后处理，现在就是关键时刻。与此同时，监管行动不断加强，社会关注也与日俱增，塑料使用从一个边缘问题逐渐站在了舞台的中央，这将可能影响企业未来的经营许可。

**新技术解锁新机遇。**在材料设计、分拣技术、再生技术、可再生来源和生物降解塑料等领域的创新带来了新的机遇。最近，陶氏化学、普派包装和泰森食品展开合作，开发出了新型单一材料自立袋，其可回收性高于现有的混合材料包装袋。<sup>58</sup> 智能识别体系也在不断改进。例如，欧盟的“Polymark”项目正在开发一个能对食品级 PET 进行可靠检测和分选系统。<sup>59</sup> WRAP 则致力于研究可机读荧光墨水，并开发技术，改善聚合物识别水平。<sup>60</sup> 由于经济效益差，解聚等再处理技术的应用受到极大限制，但荷兰的 Ioniga 技术公司已经开发出一种成本极具竞争力的技术，允许较低操作温度下的 PET 处理。<sup>61</sup> 另外，人们已经尝试收集温室气体，并作为原料生产塑料，据称，其成本也颇富吸引力。例如，Newlight 公司的“空气碳”（AirCarbon）技术就可以将甲烷转化为聚羟基脂肪酸酯（PHA），或将二氧化碳转化为聚氨酯和热塑性塑料。

**很多发展中国家都在建设塑料用后处理的基础设施**，进行塑料用后处理，如今，面临着重大的抉择关

口。现行投资将决定未来数十年的基础设施建造情况。从全局出发，协调全价值链，规划行动，设定日程，将会产生巨大影响。

越来越多的国家已经开始实施或正在考虑实施塑料包装相关政策。最近在欧洲，欧盟委员会采取了循环经济包装政策，包括制定循环经济塑料处理战略、设置目标将包装回收率提高到 55%，以及建立共识，约定到 2030 年将所有废弃物填埋比例降低到 10%，同时发布全面禁令，杜绝填埋分类收集的垃圾。<sup>62</sup> 除冰岛之外，所有北欧国家都落实了“饮料瓶押金制”。美国也出台了类似计划，目前，美国全国塑料瓶回收率为 34%，<sup>63</sup> 而颁布了押金制的州回收率是 70%。其中，密歇根州的“10 美分押金”计划最为有效，该州的塑料瓶回收率在 2013 年达到了 95%。<sup>64</sup> 2015 年，欧盟一项法令生效，要求各成员国减少塑料购物袋的使用。<sup>65</sup> 举例来说，2016 年 1 月起，法国将使用一次性塑料袋视为违法行为。

意识到塑料对当地环境造成的负担后，其他国家也都开始采取行动，限制使用塑料袋和其他形式的塑料包装。2002 年，由于塑料袋在巨大洪灾期间堵塞了下水道，孟加拉国成为首个发布塑料袋禁令的国家。<sup>66</sup> 2008 年，卢旺达做出了同样的决策，<sup>67</sup> 随后，中国也在同年颁布了“限塑令”，仅一年之内，就减少使用了约 400 亿个塑料袋。<sup>68</sup> 总体来看，全球有 25 个国家对一次性塑料袋进行禁止或征税，而限制其他丢弃率较高的包装形式的讨论也在进行之中。圭亚那已经从 2016 年 1 月开始全面禁止进口和使用发泡聚苯乙烯（简称 EPS，也有按常用品牌称为 Styrofoam 的）。EPS 在一次性食品包装中被广泛使用，它占据了圭亚那总废弃物的 2% ~ 5%。<sup>69</sup>

美国从下至上，从城市、州，到联邦各级都积极响应，采取行动。2014 年，跟随几十个城市的脚步，华盛顿特区也禁止了食品领域使用聚苯乙烯泡沫制品。<sup>70</sup> 2015 年，为了实现到 2020 年零废弃物的目标，旧金山采取措施，禁止在所有公共场所销售塑料

瓶（装饮食）。<sup>71</sup> 在州一级，1991—2011年间，总共通过了70项法律，旨在拓展生产商的责任（EPR），其中40项集中在2011年之前的3年中通过。<sup>72</sup> 这些法律涵盖了电池、地毯和手机等各类产品。尽管塑料并不包含其中，但它们显示了州政府的决心，表明州政府愿意采取行动，承担应对负面外部效应的成本。<sup>73</sup> 州一级的行动会引领联邦国家范围的行动。2015年12月，九个州通过立法之后，美国众议院就禁止在个人护理产品中使用合成微塑料进行了投票。如果投票通过，生效成为联邦法律，这项立法将超越所有州一级的禁令。<sup>74</sup> 尽管这些例子并不涉及塑料包装，却体现了广泛的政策行动能够对塑料产业产生什么样的影响。

**社会对塑料的悲观态度将可能威胁到塑料产业的经营许可。** 根据行业组织“欧洲塑料加工工业协会”的说法，“人们对于塑料如何影响健康、环境和其他问题的看法越来越负面”，例如<sup>75</sup> 个人和政策制定者们越来越关注海洋塑料等问题。

## 何处着手

美国、欧洲和亚洲的塑料产量占世界总产量的85%，其中欧美和亚洲几乎各占一半（见图表八）。这两大区域在向新塑料经济转型的过程中，作用不可小觑，可作为很好的着力点开始行动。

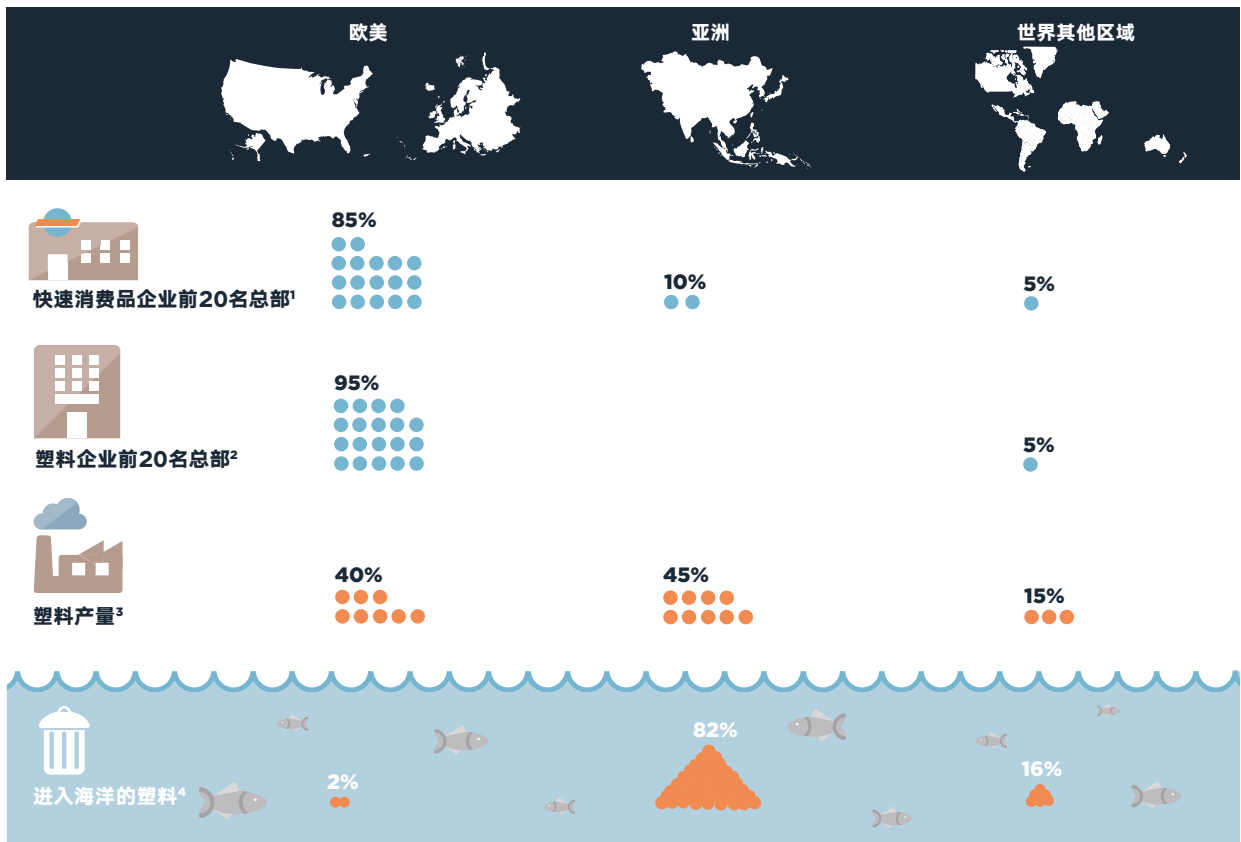
目前最准确的数据显示，在亚洲地区，进入海洋的塑料占了总量的80%以上。因此，<sup>76</sup> 在亚洲地区针对改善塑料收集基础设施的一系列行动已经展开。

欧美地区不仅是塑料包装的主要生产地，而且集中了绝大多数塑料包装产业的全球顶尖企业，其中不乏站在全球塑料包装价值链顶端的决策者，塑料包装的设计就归功于他们（见图表八）。因此，在产品和材料再设计，以及分选和再生技术创新上，欧美地区孕育了很多机遇。

本报告尤其聚焦技术创新和塑料再设计，这是以

往工作中较少关注的议题。因此，本报告的重点放在欧美地区。与此同时，报告也放眼全球，认识到其他地区，尤其是发展中国家，也面临着一系列不同的挑战。如何建设到位的塑料收集和再生基础设施，如何按照预期解决方案实现跨越（例如，如何一步到位），建设性能更好的塑料用后体系，如何与非正式废弃物回收行业展开合作并进一步关注作业人员的健康和安全，这些都是不容忽视的挑战。

**图表八：塑料生产企业总部、产量及流入自然分布**



1 快速消费品 (FMGG) 企业全球前 20 名总部 (按照 2014 年全球净销售额计算)

2 塑料和树脂企业全球前 20 名 (按照 2015 年全球生产能力计算)

3 塑料材料生产量 (热固性塑料和聚氨酯除外)

4 进入海洋塑料来源地 (在全球每年进入海洋的数百万吨塑料垃圾中所占的百分比)

**来源：**欧洲塑料加工工业协会：《塑料实录 2015》；Statista；安迅思供求数据服务；J.R. 贾贝克，《从陆地输入海洋的塑料废物》（《科学》，2015 年 2 月 13 日）





此报告完整版最初于2017年1月发布于世界经济论坛。



# 2

## 新塑料经济 ——催化行动

### 执行摘要

全世界对彻底反思塑料使用的呼声日益高涨。环顾四周，塑料无处不在，它已成为现代经济不能割舍的一部分。凭借其低廉的成本和绝佳的性能，塑料如今的使用数量已是五十年前的 20 倍。尽管塑料和塑料包装已是全球经济的重要组成部分，并使全球经济受益良多，但这种获取—制造—废弃的线性价值链会带来明显的经济和环境问题。这些弊端的严重程度直到近些年才显现出来。

第一个国际通用回收标志于四十多年前就诞生。但据我们所知，如今只有 14% 的塑料包装得到收集。这就导致全球经济每年在塑料包装材料方面要损失 800 亿 ~ 1200 亿美元。如果对此视而不见，而未来的塑料生产又如预期般持续增长，那么到 2050 年，海洋中的塑料的总重量可能超过鱼类。其实，让人忧心忡忡的不仅是塑料包装。各类塑料产品中的某些物质可能会危害社会和环境。企业和政府首次认识到，我们急需对全球塑料体系进行根本性反思。

不断增进的共识也催生了全球范围内的行动。政策制定者乘胜追击，不断加强并细化对塑料的监管。2016 年，全球多个国家和地区都推出了具有里程碑意义的立法，例如限制和禁止一次性塑料袋的使用。欧盟委员会计划在 2017 年底发布一项针对塑料问题的战略，共同构成其“循环经济行动方案”。非政府组织和公众对变革的呼声越来越响，#breakfreefromplastic（“远离塑料”——译注）等社会运动的声势也在不断壮大。很明显，塑料已成为不容小觑的社会性问题。然而，选择如何回应才是关键。各国是会因塑料的负面影响而放弃它可带来的价值，逐渐淡化其使用，并主动放弃唾手可得的经济利益，还是会基于循环经济的准则，为塑料创造出一个以创新、再设计及和谐指引的未来？

**“新塑料经济”急需野心勃勃且切实可行的新愿景。**“新塑料经济”依据循环经济原则，以全新的视角去思考塑料在全球的有效使用。它旨在趋利避害，释放塑料潜力的同时极力抑制其弊端，从而为经济和环境带来更好的系统性影响。这一愿景在 2016 年发表的《新塑料经济——重新思考塑料的未来》报告中首次提出，极大地激励了全球商界、政策制定者和公众，也为雄心勃勃的“新塑料经济”倡议奠定了根基。这一倡议于 2016 年 5 月正式推出，得到了领先企业、慈善机构，以及众多城市和政府部门的广泛支持。

**本报告首次基于根据不同细分市场所得出的三点战略，提出了推动转型所需的一整套具体行动。**全面细致的分析工作（包括对塑料包装市场各细分领域的深入研究、与塑料价值链各环节参与主体的多次互动，以及与专家的讨论）证实，跨三个关键领域的一致行动可以激发并加快向新塑料经济的过渡。这三个关键战略及相关优先行动领域分别是：

## **1. 若无根本性的再设计和创新，大约 30% 的塑料包装将永远无法得到重复使用或循环。**

我们如今所看到的这些塑料包装应用至少代表了全部塑料包装产品的一半以上，从重量上占据了 30% 的市场份额。设计伊始，它们的宿命就已注定：填埋、焚烧或是用于能源回收利用。更有甚者，仅在短暂的一次性使用之后便流入环境，造成负面影响。这一细分领域包括：小型包装、撕除式包装、塑料盖和糖纸等小尺寸包装物；通过多种材料复合从而提升性能的包装；聚氯乙烯（PVC）、聚苯乙烯（PS）、发泡聚苯乙烯（EPS，有时也以其品牌直接称呼为 Styrofoam 或者 Thermocol）等只有少量投入包装市场的非常用塑料包装材料，以及受营养物质污染的塑料包装，如快餐包装等。

由于缺乏妥善的处理渠道，加上这些材料本身体型轻巧，这类塑料包装特别容易避开回收系统，流入

自然环境。这种情况在新兴市场尤为明显。即便能够成功回收，也很难大规模获取此类包装物的用后价值。这需要根本性的再设计和创新：对于一些细分领域，这意味着全部清零，重新开始；而对其他种类的塑料包装而言，就意味着要扩大现有解决方案的适用范围，或者加速推进现已取得的成果。鉴于此类包装材料具有重要的功能性价值，我们不能因为它们存在缺陷就将其一网打尽，逐出市场；相反，它们为我们在创新和再设计过程中提供了明确的方向和重点。全球塑料包装价值链的优先发展事项包括：

- 从根本上重新设计小型塑料包装的包装形式和使用模式（包括用后处理系统），尽可能避免使用小型包装。
- 创新研发可循环使用材料或可堆肥材料，替代现有不可循环的多材料应用。
- 积极推进研发 PVC、PS、EPS 等非常用包装材料的替代材料（提升少数关键材料在大部分市场的覆盖面，同时鼓励创新和新材料进入市场）。
- 大规模推广可堆肥材料发展及相关基础设施建设，以解决食品包装受营养物质污染的问题。
- 充分理解化学循环及其他技术的潜力和局限，以便重新处理现有的不可循环的塑料包装，使之成为新的塑料原料。

## **2. 对至少 20% 的塑料包装而言，重复使用意味着巨大的经济效益。**

对至少 20% 的塑料包装（重量占塑料包装市场的 20%）而言，全新的创新交付模式和不断发展的使用方式能够解锁更多重复使用的机会，经济效益可达 90 亿美元以上。通过只出售活性成分，结合重复使用分配器，清洁和个人护理市场已成功用可重复使用包装取代一次性塑料包装。至于其他方面，近期的政策演变表明，社会对可重复使用的替代包装持完全接受态度。尤其是对一次性塑料袋征税的政策出台后，塑料袋的使用量锐减，这也反映了公众对替代包装日益上升的接受程度。社会的认可和接受还可以鼓

励重复使用体系建造方面的努力和尝试，回收和重复使用饮料瓶就是很好的例证。另外，一些企业也已成功证明，在 B2B 业务中，可重复使用包装会带来诸多好处，并且还有很多潜力尚待激发。同样的，在评估对重复使用模式的采纳或拓展时，我们必须采取全局性视角，充分理解每个解决方案的广泛（包括对环境和社会的）影响。重复使用领域的优先发展事项包括：

- 基于可重复使用包装，开创全新的送货交付模式。
- 用可重复使用包装取代一次性塑料袋。
- 在 B2B 业务中，增加 B2B 大型硬包装和托盘包装中可重复使用包装的数量。

### **3. 若能在设计和用后处理系统上通力合作，对余下 50% 的塑料包装而言，循环会带来巨大的经济效益。**

《全球塑料规章》指出，在充分考虑地区差异和持续创新的需求下，落实包装设计和用后处理流程中的积极做法和标准，可以有力地证明塑料循环比填埋、焚烧和能源回收处理更具经济价值。今后，每循环 1 吨混合塑料包装，就会产生 190 ~ 290 美元的附加值，这意味着经合组织国家每年可以增加 20 亿 ~ 30 亿美元的经济效益。除此之外，资源生产率会得到提升，温室气体排放等负面外部效应也会减少。虽然塑料循环会提升利润率，但软性薄膜等特定包装细分领域仍将存在技术和经济壁垒。由于当前循环的经济效益仍然较为薄弱，近期只能靠需求拉动和政策支持来推动相关进步。鉴于上述部分包装经过再设计和重复使用后也能被循环，此处所述的 50% 并非我们循环目标的上限。在塑料流入自然环境较多的地区，还有一项至关重要的短期行动，那就是建设基本的收集和管理设施——这就需要有关部门的鼎力支持。目前，无论是地方还是全球层面，都有相关工作在进行。比如菲律宾的“地球母亲基金会”，还有在全球范围内出力的海洋保护协会旗下的“无垃圾海洋联盟”。在提升循环的经济效益、收集水平和质量

方面的优先工作事项包括：

- 在塑料包装领域推行设计变革，提升循环的质量和经济效益（例如，材料、添加物和形式的选择），迈出走向《全球塑料规章》的第一步。
- 在塑料回收和分选体系上统一做法，推广最佳实践，这也是《全球塑料规章》的部分要求。
- 扩大高质量循环工艺的规模。
- 对材料进行分类标记，以提升分选的效果和质量。
- 开发并落实创新性消费后的软性薄膜回收分类机制。
- 通过自愿承诺或者政策工具提升对再生塑料的需求，探索利用其他政策措施支持回收。
- 在缺乏此类基础设施的地区建立相关收集和分选设施。

**设计是推进上述三个领域工作的关键。**要想构建新塑料经济，整个塑料包装的价值链——从价值链起点的包装设计师，到价值链终点的循环企业——都必须参与其中。本文的分析显示，材料、包装形式和交付模式的设计尤为重要。从前文列举的优先发展事项也能看出，要想在所有塑料包装领域推动转型，设计不可或缺。

除上述优先发展事项外，从可再生来源购买原料将减少化石原料的使用，从而加速向新塑料经济的转型。

**为了促进转型，“新塑料经济”倡议提出了跨五大领域的系统性协作方式，并制定了 2017 年的目标行动计划。**2016 年 5 月，艾伦·麦克阿瑟基金会推出了“新塑料经济”倡议，以推进向“新塑料经济”的转型。截至目前，这一雄心勃勃的全球项目已吸纳了 1000 多万美元的资金支持，并吸引了价值链上、下游 40 多个核心利益相关方的参与。这项倡议需要一个行动方案，从各个角度去解决这一复杂的问题，而本报告则为该行动方案奠定了基础。“新塑料经济”倡议建立在相互关联、互相增强的五大支柱之上，而 2017 年的行动方案则正好满足了五大支柱的发展目标。2017 年有如下行动方案（倡议将在 2018 年及

之后继续探索其他领域的行动)。

- **对话机制：**将跨价值链协作置于倡议的中心。每年两次价值链上、下游 40 多家核心企业、主要城市和政府汇聚一堂，交流互鉴，并持续推进协作试点项目。
- **《全球塑料规章》：**齐心协力，就设计转变的关键机遇共建一个跨价值链的视角，推动《全球塑料规章》的落实。最有利于推动循环经济和材料规范的变革将会得到优先落实。
- **创新“登月”计划：**举办两次创新挑战赛，激励当代材料科学家和设计师为 30% 急需根本性改变和创新的塑料包装领域研究解决方案。
- **强化证据基础：**完成与普利茅斯海洋实验室联合开展的研究——海洋环境中塑料对社会和经济的影响。弥补其他知识鸿沟，例如材料分类标记和化学循环利用方面的潜力和局限性。
- **利益相关方的参与：**鼓励更多利益相关方贡献一己之力，共同推动系统转型——尤其是设计师和政策制定者的参与。前者对三个转型战略的成功实施至关重要，后者则可以推动近期的发展。与知名设计公司 IDEO 共同发布有关循环设计的线上参考《循环设计指南》，并以此激励设计师、创新者和变革家。联动政策制定者积极宣传新塑料经济的愿景，并在相关领域建言献策。

通过这些行动，“新塑料经济”倡议旨在指明方向，激励创新，推动建立一个更高效、环保的塑料体系，在塑料行业形成良性循环：捕捉更多价值，创造更多经济效益，改善环境。



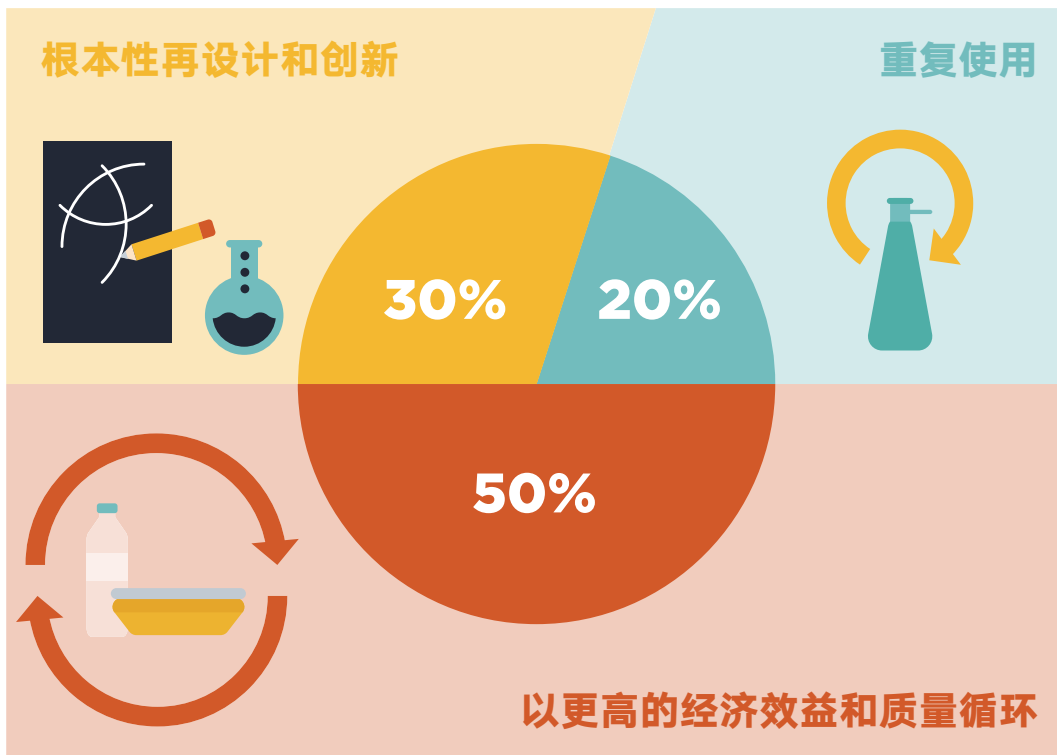
# 研究成果与结论摘要

## 有史以来第一次，一系列推动全球塑料包装价值链向“新塑料经济”转型的优先行动被呈现在人们面前。

这些行动基于三个重要的新观点，他们来自全面、细致的分析工作，包括对塑料包装市场的各细分领域进行深入研究，与塑料价值链各环节参与主体多次互动，以及与超过 75 位专业人士展开讨论。这三个观点或能带来塑料包装行业内部真正的变革，推动向新塑料经济的转型。它们是（见图表二）：

1. 若无根本性的再设计和创新，大约 30% 的塑料包装将永远无法得到重复使用或循环。
2. 对至少 20% 的塑料包装而言，重复使用意味着巨大的经济效益。
3. 若能在设计和用后处理系统上通力合作，对余下 50% 的塑料包装而言，循环会带来巨大的经济效益。

图表二：推动向新塑料经济转型的三个转型战略（塑料包装市场占比以重量计算）



来源：“新塑料经济”倡议分析（详见世界经济论坛、艾伦·麦克阿瑟基金会，《新塑料经济——催化行动》附件，2017年，<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>）



## 1. 若无根本性的再设计 and 创新，大约 30% 的塑料包装将永远无法得到重复使用或循环

这一类别至少代表了一半以上的塑料包装产品，若从重量来看，则是占据了 30% 的市场份额。其中包含了四个细分领域：小型包装、多材料包装、非常用塑料包装，以及受营养物质污染的包装（见图表三）。此类包装虽然非常实用，但缺乏有效的重复使用或循环回收渠道，并且在可预见的未来，这一问题似乎也难以得到有效解决。要让这些细分领域拥有更为良性的材料周期，根本性的再设计 and 创新性的材料、形式、交付模式及用后处理系统不可或缺。

有四大塑料包装细分领域面临挑战，难以建立有效的用后处理渠道

小型塑料包装、撕除式薄膜、塑料盖、吸管包装袋、

糖纸和小罐子等小尺寸包装物（按重量计算约占市场上全部塑料的 10%，按数量计算约占市场上全部塑料的 35% ~ 50%）通常会在收集和分类系统中遭到忽视，无法在重复使用或回收循环渠道中创造经济效益。此类包装物本身尺寸较小，容易流入自然环境。由于小尺寸包装物的用后处理价值较低，它们通常不会遭到拾荒者等社会自发性垃圾收集者的关注。<sup>77</sup> 在发达国家，塑料盖、瓶盖、吸管、糖纸等小物件一直是垃圾堆中最常见的塑料包装。<sup>78</sup> 若是这些小尺寸包装物没有被收集，那么散落后再想对它们进行清理就尤为困难，原因就是它们太小了。小型塑料包装就是一个典型的例子：全世界到处都是它们的踪影。它们被广泛用于小容量的调味料和洗发液的包装，使这些产品更易携带，价格也更低。但在很多国家，尤其是那些没有正式回收体系的国家，此类小型塑料包装最终都成了散落的垃圾。

图表三：急需根本性再设计 and 创新的塑料包装细分领域



根本性再设计 and 创新适用于 >50% 的塑料包装（以数量计算），或者 >30% 的塑料包装（以重量计算）\*

\* 考虑到不同种类略有重合，总量无法由各类别数量简单相加而得

来源：“新塑料经济”倡议分析（详情参见世界经济论坛、艾伦·麦克阿瑟基金会，《新塑料经济——催化行动》，2017 年，<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>）

由于显著的技术和经济方面的局限，小型塑料包装即使被回收，也几乎不会得到循环。行业协会 PlasticsEurope 授权开展的研究估计，即便是在最乐观的情况下，这一细分领域的有效循环潜力也为零。<sup>79</sup> 主要障碍就是对所有小型塑料包装进行分选难度很大，而分选又恰恰是循环过程的关键步骤。自动分类设备在初步分类时会首先筛出土块、石头和其他可能在后续处理过程中损坏机器的物体。在这一过程中，所有小于 40 ~ 70 毫米的物体都会从滤网滤出，归为碎料，并最终被送去进行能源回收、焚烧或是填埋。<sup>80</sup> 由于此类物体的体积较小且价值较低，若用分选技术从碎料中提取塑料，从经济性的角度而言实在不可行，这一现状在短期内似乎也难以更改。<sup>81</sup> 理论上，手工分选或许可以克服小型包装物给自动分选带来的技术障碍，但考虑到手工分选的耗时程度，经济成本实在过于高昂。

**多材料包装（以重量计算大约占市场上全部塑料的 13%）无论是从经济层面还是从技术层面考虑，都难以实现循环。** 集多种材料优势之大成的多材料包装物与单一材料包装相比性能更好，功能效用也更强，比如重量更轻、成本更低、透氧率更高、水气隔绝功能更佳。但是，这种多材料的组合（如塑料和铝箔的复合）意味着许多此类应用都不具备循环利用的经济价值，有时甚至在技术上也无法实现。

对于某些多材料应用，从理论上来看可以获取部分价值。一种方法就是梯级回收——即将材料转化为质量、经济价值和 / 或功能性更低的新物质。例如，使用相溶剂可以使某些多材料包装通过梯级回收，再生成为混合材料。尽管如此，整个循环再生过程中仍会严重损失很多材料价值，并且很可能也只是再多使用一次而已，并没有带来真正积极的、良性的材料循环。

**非常用塑料包装材料（以重量计算大约占市场上全部塑料的 10%）的循环虽然技术上可行，但由于此类包装物总量太小，难以大规模应用，因此其分类**

**和循环不具备经济效益。**<sup>82</sup> 塑料分选是循环工艺中关键的一步，而塑料分选的经济效益又高度依赖规模。如果某种材料总量太少，那么这关键的分选就面临着难以负担的高成本。B2C 业务中的包装物尤为如此，因为这种包装物主要是作为混合塑料包装收集的，而不像 B2B 包装那样，批量收集单一材料包装物。

PVC、PS 和 EPS 是最受瞩目的三种非常用塑料包装材料，它们代表了 85% 的非常用塑料包装市场。因此，如果能有效地处理这三种材料，将对整个非常用塑料包装市场产生巨大影响。目前，这三种材料总量相对较小，导致整体的循环效果欠佳：欧洲只有不到 5% 的 PVC 包装得到循环，<sup>83</sup> 而 PS 和 EPS 则基本都是被当作居民其他垃圾扔掉，循环量更是少之又少<sup>84</sup>（虽然偶尔也有例外，例如德国就有一些大规模的 PS 和 EPS 处理设施）。<sup>85</sup> 即便是在总量较大的情况下，问题也仍然存在。例如，EPS 经常用于盛装外卖食品，比如壳类海鲜。在这种情况下，EPS 会受到高度有机物质污染，并且最终通常被当作残余垃圾倒进公共垃圾箱，从而进一步降低循环利用的可能。此外，这些材料还会污染其他塑料，从而降低这些受污染塑料的循环经济效益。例如，即便是体量很小的 PVC（重量占比约 0.005%）杂质，也会使得回收 PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）<sup>86</sup> 的质量严重下降。除此之外，人们也对 PVC 本身的安全性颇为担忧。大部分 PVC 可能都含有致癌的氯乙烯单体以及令人担忧的增塑剂等，这一类别的物质中，邻苯二甲酸二（2-乙基己）酯已被指出会对人体健康和环境带来负面影响。<sup>87</sup>

**受营养物质污染的包装通常难以进行分选或清洗，因此难以实现高质量的循环再生。** 这一细分领域包含了在使用过程中或者用后会与有机物质混杂在一起的塑料包装。这种情况出现的原因有所不同，有的是设计使然，例如咖啡胶囊。有的则是因为所用包装方式本身就容易导致食品残余过多，例如活动餐饮、快餐和食堂打包。无论如何，当有机营养物污染

水平较高时，循环就变得十分困难，因为在处理过程中很难去除包装上的有机物质残渣和气味。

**要想有效应对四个塑料包装细分领域中的挑战，就必须采取再设计与创新并重的解决方案**

就上述四个细分领域而言，阻碍其有效用后处理的因素纷繁复杂，想要找到一个可以大规模推广的、可以快速解决所有问题的简单方案非常困难。但是，若把每一个种类作为独立的个体来看，就可以发现，再设计和创新的重点领域其实十分明晰。在推动这些领域取得进展的过程中，必须采取全局性的视角，并充分理解干预行动会带来的更广泛影响，包括包装本身对于被包装货物的影响。鉴于此类包装材料具有重要的功能性价值，我们不能因为它们存在缺陷就一网打尽，逐出市场。相反，我们应该探索重新设计的途径。

**形式和交付模式的再设计可以减少或消除对小型塑料包装的需求，并同时提供相同的甚至更好的功能。**饮料罐就是一个通过形式再设计而带来改变的典型案例。原先，撕除式拉环作为小型物件难以收集，并且容易流入自然环境。通过再设计，20世纪70年代发明的连体式拉环就解决了这一问题，并一直沿用至今。形式再设计的潜力还可以见于个人护理产品瓶和牙膏管的创新设计。在这一过程中，产品的不同组成部分就是被分开设计的。其他例子还有连体式翻盖的番茄酱瓶和洗发水瓶、没有瓶盖的Nepenthes瓶等。<sup>88</sup>

交付模式的再设计可能涉及研究如何重复使用或循环现有包装物，尤其是减少对现有包装方式的需求。例如，餐厅或者商店可以用分配器替代小型包装袋，这样的交付模式可能取代每年使用的几十亿个小型包装。《消失的包装》这篇文章诠释了如何通过重新设计包装来影响包括洗衣珠在内的各种应用。新款洗衣珠是水溶性的，并且粘在一起，形成一个整体。用户只需每次撕下一颗洗衣珠使用即可。最后一颗用

完后，整个包装也就不复存在了。<sup>89</sup>

虽然对小型包装细分市场而言，形式和交付模式的再设计是最强有力的解决方案，但这种方法需要一定的时间才能发展成型，并且不一定对所有小型包装都适用。对于一些特定的应用，利用可堆肥材料设计小型包装也可能是另一个潜在解决方案，虽然这种方案需要先解决一系列挑战才能得到落实。另外，再设计应该与用后回收、分选和再生等方面的创新相结合。

**对于多材料包装而言，材料和再处理技术都需要创新。**在保证功能性不受损的同时，使用一种可以替代多层不同材料的单一材料，可能会使其更适合循环。例如，陶氏化学、普派包装和泰森食品一起研发了一种单一材料的自立袋，它的循环性能较现有多材料产品提升明显，并且适用于各类特定应用（例如冷冻食品包装）。另外一个潜在的方向便是发展可堆肥多材料包装物，它可以将多层不同材料的强大性能与有效的用后处理渠道（例如堆肥处理或厌氧消化）<sup>90</sup>相结合。这种可堆肥包装的好处及其发挥效用的条件会在本章进一步阐述，之后还会讨论如何解决营养物质污染的问题。要想使用可循环单一材料或者可堆肥包装来替代多材料包装，同时确保两者性能、重量及成本相仿就必须持续推进大规模创新。

再加工技术的创新也可以为多材料包装创造出效果更好、全新用后处理渠道（或许同样适用于其他缺乏回收路径的塑料包装细分领域）。两个最为突出的例子如下：

- 从理论上而言，高温裂解等热化学回收技术可以为目前仍然不可回收的包装物提供一个封闭的材料环。它们先是将材料分解成为碳氢化合物分子，再把这些碳氢化合物分子转化成为新塑料的初级粒子。不过，与重复使用或物理循环相比，这种方式耗能巨大，并且基本无法等同材料价值。因此，这种技术不应被视作灵丹妙药，只能作为补充方案。另外，在实践过程中，这些技术是否能够满

足材料闭环的需求，即产生大量碳氢化合物以供聚合物生产使用还有待证明。现有技术的应用在很大程度上仍旧局限在将塑料转化为（非可再生）燃料上。这种做法能够提供一个简短的二次使用，但还是会造成材料的永久损失，导致这种线性的“获取 - 制造 - 废弃”模式很难被打破。这一流程中仍需探索的问题还包括薄弱的经济效益、大量的能耗需求，以及如何处理引忧物质。<sup>91</sup>

- 多材料复合材料的分拆或许可以提供另外一种思路。Saperatec、<sup>92</sup> Cadel Deinking<sup>93</sup> 以及 APK<sup>94</sup> 等公司正在开发或者大规模应用通过分拆方式处理用后材料的技术。与裂解技术一样，复合包装分拆技术目前仅限于试点层面，各地要么刚刚建立首个工业规模处理厂，要么正在紧锣密鼓地筹备在几年内建成。这些技术的潜在影响，以及包装设计会对其性能带来何种改变仍然有待观察。

总而言之，再生技术方面的创新工作应该不断推进，但不应被视为唯一解决之道。相反，再生技术方面的创新应被纳入上述更大范围的再设计和创新活动之中，用于推动多材料领域，以及一些尚无可行回收途径的塑料包装领域的发展。

**更积极地利用已知材料替代非常用的 PVC、EPS、PS 等材料。**这将提高回收工作的经济效益，降低引忧物质的潜在负面影响。正如 2016 年《新塑料经济——重新思考塑料的未来》报告中所述，对目前使用的许多 PVC、PS、EPS 材料而言，已有较为成熟的材料来替代。<sup>95</sup> 商界和政策制定者都在呼吁要减少或彻底停用这些材料，它们在包装领域的使用量本来就在逐年下降。在这种情况下，取代这些非常用材料意味着一场加速的改变，而非推倒重来的革命。<sup>96</sup> 有些材料尚没有成本和功能都相匹配的替代解决方案。在这些领域，研发工作需要更加关注替代材料的开发。

当然，并非所有的非常用包装材料都应被已知的替代材料所取代。从根本上来说，任何新材料在最初

进入市场时，使用量都不会很大。我们应该提供足够的空间鼓励这种创新，毕竟创新才是向新塑料经济转型的关键。

**扩大可堆肥材料的使用规模，同时发展相关基础设施，重点解决包装物受营养物质污染的问题。这将有助于有机营养物质回归土壤，为维护自然资本做出贡献。**比如，快餐包装若是由可堆肥材料制成，就可以与内含的食物残渣一起丢进有机垃圾桶。通过堆肥处理或厌氧消化，能够捕捉更多有机材料的价值。如果可堆肥包装材料可以在不同的自然环境中真正安全地完全分解，那么意外进入自然环境的影响也会大大降低。想要实现这一目标还需大力创新，这样才能将其推广到不同领域之中。

当然，正如《新塑料经济——重新思考塑料的未来》报告中所述，想要更多地利用可堆肥塑料的优势，还需几大关键因素。其中之一就是发展相应的基础设施来处理此类材料（例如，独立的有机垃圾收集、堆肥处理或者厌氧消化设施）。这样的基础设施正在逐渐兴起，但更多地区仍在筹备之中。

**想要重塑目前缺乏有效重复使用及回收渠道的这 30% 的塑料市场，就要优先发展以下事项：**

- 对于小型塑料包装的包装形式和交付模式（以及用后处理系统）进行根本性再设计，尽可能避免使用此类小型塑料包装。
- 促进可回收或堆肥材料创新，替代上述现有不可循环的多材料应用。
- 优先使用其他材料替代 PVC、PS、EPS 等非常用材料（提升少数关键材料在大部分市场的覆盖面，同时通过创新鼓励新材料进入市场）
- 在解决包装受营养物质污染的问题上，可以加大可堆肥材料的适用范围，推动相关基础设施建设
- 充分理解化学循环及其他技术的潜力和局限性，以便重新处理现有不可回收塑料包装，使之成为新的塑料原料

## 2. 对至少 20% 的塑料包装而言，重复使用意味着巨大的经济效益

直至五十年前，重复使用包装一直是大多数人的日常选择。但在过去五十年间，一次性、可丢弃的包装逐渐成为了人们的选项。当前，技术创新不断出现，使用模式不断发展，社会接受度也在不断发展，这就使得某些塑料包装领域把目光再一次投向重复使用模式。在此更新版报告中，若以重量计算，塑料包装

可重复使用的机遇至少覆盖了 20% 的市场份额（见图表四）。仅个人和家庭护理产品包装和塑料购物袋每年就可省下 600 万吨材料，产生大约 90 亿美元的经济效益。随着商业模式的不断创新，各种具有吸引力的重复使用模式也不断得到开发，机遇也应运而生。与推动创新时一样，在评估不同的重复使用模式时也应采取全局性视角。

图表四：重点塑料包装的重复使用



来源：“新塑料经济”倡议分析（详见世界经济论坛、艾伦·麦克阿瑟基金会，《新塑料经济—催化行动》附件，2017年，<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>）

### 个人和家庭护理用品包装：创新的交付模式可以节约 80% ~ 90% 的包装材料

鼓励家庭生活中重复使用产品包装就可以帮助新型交付模式创造价值。这种方式可以影响一系列产品，包括洗衣液、家庭清洁用品和洗浴用品。上述产品（基本都使用一次性灌装瓶）的大部分成份都是水，只含有少量的所谓“活性成分”。若是灌装瓶可以重复利用，那么只需销售和运输这些活性成分就可以，完全不需要把成本再花在水的销售和运输上。这

种新型交付模式可以在材料和运输上节约大量成本。Splosh<sup>97</sup> 的可溶解小型塑料袋及 Replenish<sup>98</sup> 的可重复灌装胶囊（pod）都验证了这一模式的可行性。上述企业的创新交付模式可以节省 80% ~ 90% 的包装材料，节约 25% ~ 50% 的包装成本，并为商业机构和消费者提供明确的激励措施。<sup>99</sup> 若将此类重复使用模式应用到所有美妆、个人和家庭护理产品包装上，就可以节省 300 万吨包装材料，节约至少 80 亿美元的包装成本。<sup>100</sup> 除此之外，只运输活性成

分还可以节约 85% ~ 95% 的运输成本。与传统的一次性使用模式相比，上述包装和运输成本节约加在一起，意味着可以减少 80% ~ 85% 的温室气体排放。<sup>101</sup> 这种交付模式还适用于其他主要成分为水的产品，例如洗衣用品、草地和花园喷雾剂、宠物护理产品甚至是饮料产品，Sodastream<sup>102</sup> 和 MiO<sup>103</sup> 等企业就是这么做的。

**购物袋：重复使用购物袋每年可减少 3000 多亿个一次性购物袋的使用，节省价值约 9 亿美元的材料成本**

全球每年会生产约 3300 亿个一次性购物袋，相当于每秒生产 1 万多个。<sup>104</sup> 这些一次性购物袋的使用期从几分钟到几小时不等，之后，许多购物袋便就此流入自然环境，最终得到回收的一次性购物袋寥寥无几。<sup>105</sup> 购物袋的回收不具有足够的经济效益。因为需要花费大量时间才能收集到足量的材料，拾荒者对此也没什么兴趣。<sup>106</sup> 即便是在发达经济体，购物袋也通常会流入自然环境中——塑料袋是自然环境中最常见的塑料包装垃圾之一。<sup>107</sup> 公众对这一问题的认识正在逐渐提升，随着可重复使用替代品的出现，相关部门也推出越来越多的监管措施进行干预：全球至少有 35 个国家已经采取行动，对一次性购物袋进行征税，或者禁止其使用。<sup>108</sup> 另外，行业的领先企业也在行动，知名零售商家乐福就于 2016 年在联合国马拉喀什气候变化大会上承诺，其全球所有门店将在 2020 年前完全停止提供免费一次性塑料购物袋。<sup>109</sup> 令人鼓舞的是，公众对塑料袋收费这件事情并没有太多抵触，这表明公众对于此类政策已经有所准备，并且愿意接受。例如，研究表明，相关监管干预措施出台一年后，一次性塑料购物袋的使用立即减少了 80% ~ 95%，可见垃圾总量中塑料袋的占比也减少了 90% 以上。<sup>110</sup>

如果所有国家 95% 的一次性塑料袋都被可重复使用的替代品取代，全球每年将减少使用超过 3000 亿个一次性塑料袋。即便考虑到可重复使用塑料袋和

塑料垃圾袋（一次性塑料袋通常被当作垃圾袋而得到二次使用）的生产增加而带来的反弹效应，这也将节约超过 200 万吨的材料和 9 亿美元的材料成本。<sup>111</sup> 这 9 亿美元并没有计入塑料购物袋的用后收集和再处理成本方面的节约，也没有计入上述措施会带来的负面效应的减少，例如流入自然的塑料袋对基础设施和环境的影响。

**饮料瓶：在合适的情况下，循环利用体系能够带来经济和环境效益**

饮料瓶是重要的塑料包装应用，至少占整个市场的 16%（按重量计算）。<sup>112</sup> 虽然大部分塑料瓶都会得到回收，但其循环过程中仍会有大量的材料价值损失。即便在欧洲较先进的 PET 循环再生过程中，这种损失也超过了 50%。<sup>113</sup> 正如多项研究显示，重复使用模式——无论是可回收饮料瓶系统还是家用 / 户外用重复灌装瓶——可以在具备适当条件的情况下，提供一种有望降低材料成本和减少碳足迹的绝佳选择。<sup>114</sup> 另外，饮料瓶（无论是塑料材质还是非塑料材质）重复使用模式的可行性已得到实践的证明。

饮料瓶返还系统的成功取决于多个因素，例如原材料成本与其他投入成本之比、收集和再分配基础设施的成本和距离、包装差异化水平、监管框架和使用模式。<sup>115</sup> 在评价具体案例中可重复使用饮料瓶系统的潜在收益时，上述每一个因素都必须纳入考虑。

家用 / 户外用可重复灌装饮料瓶的成功受续水站数量（例如饮水取水点）和用户偏好的影响。根据预测，2016—2024 年间，全球可重复使用饮料瓶市场的年均增长率会超过 4%（根据透明市场研究的估算，2015 年全球可重复使用饮料瓶市场总值约为 70 亿美元），重复使用模式再次成为具有吸引力的选择。<sup>116</sup>

考虑到上述决定性因素，重复使用模式预计将为全球至少 10% 的饮料瓶市场和至少 2% 的塑料包装市场带来经济和环境效益。究竟这一系统应该选用何种模式，比如使用返还（押金）制还是用户重复灌装瓶，还需具体情况具体对待。

## B2B 大型硬包装：尽管已在部分领域得到实施，但可回收包装的更广泛使用、共用、标准化和模块化可以创造更多经济价值

托盘、板条箱、折叠箱、提桶和大桶（用于承装和运输大宗商品的圆柱状容器）等商用大型硬包装的材料价值较高，重复使用模式的盈利潜力巨大。通常情况下，它们可以被使用 20 ~ 100 次，并且大多数在用后都可以得到循环。<sup>117</sup> 这些重复使用的塑料包装通常会替代木板箱或木质托盘等非塑料材质包装物。一项对 Schoeller Allibert 公司 Maxinest 牌食品和杂货分配盘的研究显示，只要此类可重复使用包装的使用次数达到 20 次，其经济和环境方面的益处就已超过了一次性的木板箱。据估算，现实中此类产品在回收前平均会有 90 多个使用周期。<sup>118</sup> 这种重复使用商业模式的重点在于，板条箱或托盘在被运回的过程中，通常都是空载。为了克服这一问题，像 Brambles 这样的物流公司就与众多公司联手，提供了板条箱和托盘的运输共享服务，这样一来就可以节省大量的物流成本。

除了能够节省成本之外，大规模实施标准化可重复使用硬包装系统，还能捕捉更多经济潜力。目前，各行各业内部或是不同行业之间，在可重复使用运输包装上的使用和共用上还存在着巨大差异。有些行业没有使用可重复使用运输包装，有些行业则是没有捕捉到共用可重复使用运输包装的价值。<sup>119</sup> 这种差异表明，未来还能进一步提高使用效率，捕捉更多的经济效益。另外，正如《新塑料经济——重新思考塑料的未来》报告中所述，建立全球统一的标准和模块可以促进包装材料的共用，也有助于建立一个实体网络。这种实体网络相当于一个开放的物流平台，拥有全球统一的标准、模块和硬件设施。平台汇集了各行各业的资产和协议，互联互通，互利共赢。<sup>120</sup>

## B2B 包装膜：扩大现有重复使用解决方案的范围可以创造经济和环境价值

要想在运输中加固并确保托盘上的货品安全，一次性包装膜（例如拉伸膜和收缩膜）是不二之选。

因此，包装薄膜每年的生产量预计为 500 万 ~ 600 万吨。<sup>121</sup> 全球范围内，虽然部分地区的大中型企业已在使用专门的商用薄膜收集系统，但大部分薄膜的价值在使用一次之后便全部丧失。<sup>122</sup> 目前，市面上已有若干个旨在解决上述材料价值损失问题的重复使用解决方案。<sup>123</sup> Loadhog 等企业提供的“上盖加捆扎”系统已经被用于部分领域，包括邮政（例如英国皇家邮政）、汽车（例如本田）以及医药健康（例如英国百特医疗）。<sup>124</sup> Reusa-wrappers、Envirowrapper、Dehnco 等企业提供的可重复使用包装膜已被包括奥乐齐超市、环球影业、阿克苏诺贝尔、百威、可口可乐、百事可乐、威瑞森和微软等不同行业的多家企业所采用。<sup>125</sup> 将 B2B 业务包装的模块化和标准化向前推进一步，开发可以互锁并作为一个整体发挥效用的容器，或许可以从根本上消灭包装膜存在的必要性。这一概念由 MODULUSHCA 项目<sup>126</sup> 提出并研究，它与物联网的愿景一致。

## 交付模式的创新和社会接受程度的提高，甚至偏爱或许可以进一步解锁塑料包装重复使用的机遇

除上述案例之外，其他领域中也存在一些重复使用商业模式的机会。电子商务市场就是一个很好的例证。电商市场方兴未艾，对包装的需求与日俱增，利用重复包装模式，整个运输包装系统都能焕然一新。在交付物品拆包之后，人们可以简单地将包装进行折叠，放入最近的邮箱中，免费寄回以便重复使用，事后也会收到一张凭证。<sup>127</sup> 重复使用包装是一种创新应对反向物流挑战的方式，而这一点对于成功实施重复使用模式通常十分关键。现在，创新人士在不断探索新的交付模式，公众对于此类可重复使用包装的接受程度也在不断提高，甚至愿意主动去寻找。未来，会有更多重复使用的机会被不断开发，并成功付诸实践。

## 要想成功抓住重复使用的机遇，必须发展如下优先事项：

- 基于可重复使用包装，开创全新交付模式

- 用可重复使用产品取代一次性塑料袋
- 在 B2B 业务中，增加大型硬包装和托盘包装等可重复使用包装的使用规模

### 3. 若能在设计和用后处理系统上通力合作，对余下 50% 的塑料包装而言，循环会带来巨大的经济效益

塑料包装循环的社会接受度、经济效益和质量仍旧薄弱。目前，全球只有大约 14% 的塑料包装得到循环。<sup>128</sup> 这一数字充分反映出用后处理系统碎片化和欠发达的状态。若是仅凭这些用后处理系统，在收集和一系列不同形式和材料的包装物上就会面临严峻挑战。虽然 PET 饮料瓶等部分包装应用的回收经济效益较高，但平均来看，回收、分选和再生的成本大大超过了产生的收入。估算数据显示，在欧洲，每吨饮料瓶的回收净成本是 170 ~ 250 美元，这是与将塑料包装作为残留垃圾回收、处理和丢弃的成本相比所多出的花费。<sup>129</sup> 后者代表了综合多种收集和分选系统、不同监管和地理条件，以及不同包装类型之后的平均成本。上述净成本估算结果并未计入塑料回收可带来的环境和社会效益，例如温室气体排放减少、创造更多的就业机会，以及对土地使用、生物多样性和空气质量的负面影响降低。与填埋、焚烧和能源回收等方式相比，每物理循环 1 吨塑料所避免的温室气体排放总量相当于 1 吨二氧化碳。<sup>130</sup> 这就意味着，每循环 1 吨塑料就可以创造超过 100 美元的社会价值。<sup>131</sup>

**塑料的回收、分选和再生之所以会有如此微薄的经济效益，主要有以下几点原因：**塑料包装的材料和形式多种多样，并且还在不断创新，这就带来了一定的挑战。首先，这种创新虽然可以带来重要的功能好处，却容易导致包装物的用后回收循环系统价值降低，增加成本。其次，整个回收和分选系统的支离破碎会阻碍经济效益的提升，也难以向循环从业者提供稳定、高质量的材料来源。最后，2012 ~ 2015 年间，原始塑料和再生塑料的价格一直存在波动，许多塑料

种类的价格持续下降，PET 饮料瓶的价格下降尤为明显，浮动达 30% ~ 40%。<sup>132</sup>

**A 若是能建立起协作式包装设计和用后处理系统，预计每吨塑料可以增加 190 ~ 290 美元的经济效益<sup>133</sup>（经合组织国家每年可增加 20 亿 ~ 30 亿美元的收益）**

**提升塑料包装循环的接受度、经济效益和质量，需要跨价值链的全球协作行动。**许多倡议行动——通常是地方性、小规模——都旨在推动这样的改进。这表明公众对这一问题的认识在加深，想要改变的意愿也在不断增强。不过，从全球来看，各种倡议行动即便是加在一起也并没有达到所需规模——目前全球塑料的循环率仅为 14%。《新塑料经济——重新思考塑料的未来》报告中提到，《全球塑料协规章》将制定一个共同的目标，指引着创新的发展。这有助于改进现有体系支离破碎的现象，并推动创造有效的市场。它将指引塑料包装设计（材料和形式）和用后处理系统（回收、分选和再生）朝着最佳实践的方向发展，同时充分考虑地区之间的差异和创新，最终提升循环利用的经济效益。

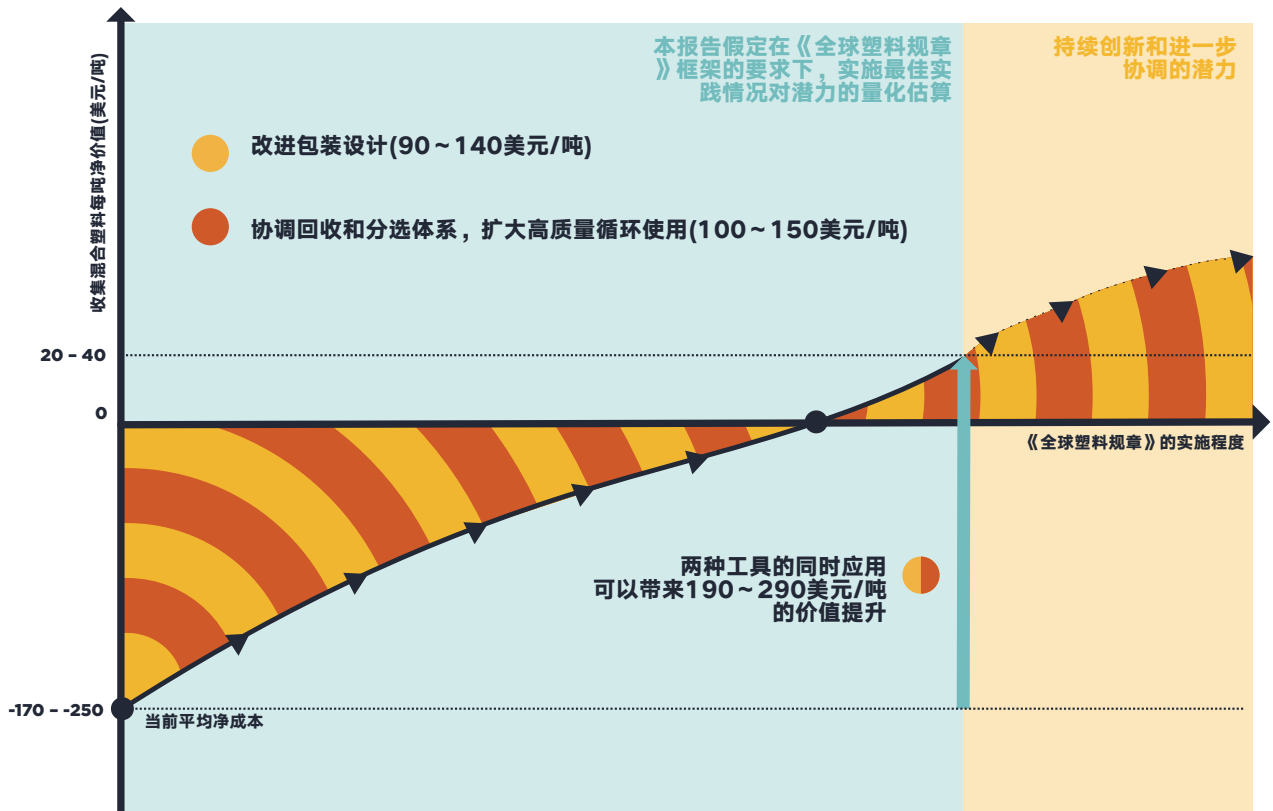
**《全球塑料规章》将落实包装设计和用后处理的最佳实践视为关键的一步，这样，每收集一吨塑料，就会带来 190 ~ 290 美元的新增价值，提升塑料循环的经济效益。**这会为经合组织成员国带来每年 20 亿 ~ 30 亿美元的收益。然而，实现这一点需要各方通力合作，共同推进包装设计和用后处理系统方面的进步。这两个领域可以相互促进，单独任何一个领域的发展都不足以激发整个系统的转型。实施这样一整套最佳实践措施绝非易事，不过一旦取得成功，将大幅提升循环利用的（平均）经济效益（见图表五）。如此一来，人们就更容易意识到，循环作为一种潜力无限、性价比绝佳的选择，足以取代填埋、焚烧和能源回收等现行做法。通过增加对材料价值的捕捉和资源生产力，循环可以推动塑料包装生产系统脱离化石原料，降低温室气体排放，并减少对环境的污染等负面外部效应。虽然落实此类《全球塑料规章》可以提



升塑料包装循环的平均收益率，但特定的包装领域仍然面临显著挑战，例如在用后薄膜的分类上仍然存在技术障碍。另外，本报告的预测是基于现有的塑料价

格，若上述条件发生显著改变，循环再利用的经济效益也将大有不同。

**图表五：《全球塑料规章》的实施对于塑料包装循环的经济效益的潜在影响（针对欧盟成员国收集的一系列塑料包装所计算的平均值）**



\* 价值的计算方式为：按照回收、分选和再生的平均净成本 / 效益与收集 / 丢弃的净成本之比计算；且为考虑过不同地理位置、材料和形式之后的综合平均值——一些市场领域回收的经济效益较高，另一些则较低。

来源：“新塑料经济”倡议和 SYSTEMIQ 分析（详见世界经济论坛、艾伦·麦克阿瑟基金会，《新塑料经济—催化行动》附件，2017年，<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>）

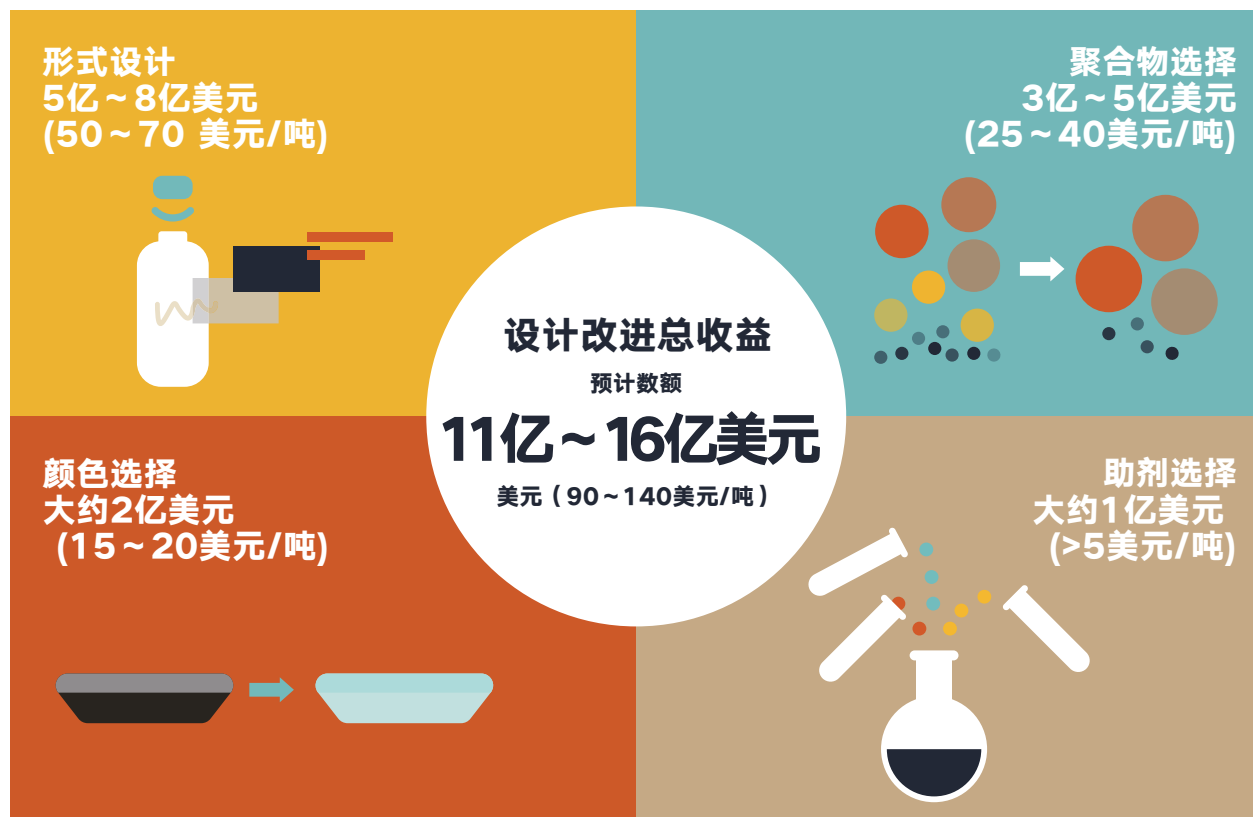
### 包装设计的改进可以为塑料包装的收集创造每吨 90 ~ 140 美元的价值

包装设计对于回收、分选和再生的经济效益具有直接和显著的影响。材料、颜色、形式及其他设计因素的选择，可以决定一个包装物在回收之后是会带来利润（多少利润）还是额外成本。与易于循环的设计相比，进入循环再生体系的不可循环包装物会带来 300 ~ 350 美元 / 吨的额外净成本。<sup>134</sup> 例如，不透明 PET 瓶（仅法国每年就售出 5000 ~ 6000 吨）<sup>135</sup> 的可回收性就低于透明 PET 瓶，预计每年会

给法国的循环体系带来 100 万 ~ 200 万美元的不必要成本。<sup>136</sup>

在四个领域推行包装设计变化可为回收再利用增加每吨 90 ~ 140 美元的经济效益（为经合组织成员国共计带来 11 亿 ~ 16 亿美元的收益）<sup>137</sup>。

图表六：四个领域中的设计改变会创造经济价值（经合组织地区的绝对价值；单位为美元；每吨混合塑料包装的回收的价值，美元/吨）



来源：“新塑料经济”倡议分析（详见世界经济论坛、艾伦·麦克阿瑟基金会，《新塑料经济—催化行动》附件，2017年，<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>）

我们计算了四个领域的潜在影响，结果如下（见图表七）：

**1. 形式设计（50 ~ 70 美元/吨）。**形式方面的改进可以对循环产生直接和显著的经济影响，具体影响视包装种类不同而有所不同。涉及设计选择的例子有标签、套筒、油墨印刷和激光打印、胶水、封口和封条、（硅）阀、泵和触发器、附加设备和撕除式组件，以及包装的形式或形状。例如，美国塑料循环者协会进行的一项行业研究发现，单是PET瓶身上的套标就可以给PET的回收带来44 ~ 88美元/吨的经济影响。<sup>138</sup> 业界专家意见和研究结论都表明，由于形式设计问题，回收的混合塑料包装在分类和回收过

程中会损失最多15%的价值。<sup>139</sup> 假设在其他条件都不变的情况下，形式设计的改进可以减少7.5%的材料损失（即大约一半的估算损失），那么混合塑料包装的收集就可以增加50 ~ 70美元/吨的经济效益。

**2. 聚合物选择（25 ~ 40 美元/吨）。**正如前文所述，包装中的非常用塑料材料很少会得到回收，不仅因为它们在分类和再生过程中难以获取大规模经济效益，还因为它们会阻碍更常见聚合物的回收和处理。举例来说，若在包装中使用更常见的聚合物来替代PVC，PET循环处理过程中的一个主要污染源就能被消除，并对循环结果和回收后PET的价格产生积极的影响。另外，这种置

换可以将废弃 PVC 的回收和处置成本转化为更大的回收量和收入。若将这两个效应结合起来，用更广泛回收的聚合物替代所有硬质 PVC（约占塑料包装市场的 1.5% ~ 2%），便可为每吨回收混合塑料包装带来 15 ~ 20 美元的经济效益。另外，用更常见的聚合物来替代作为包装材料的 PS 和 EPS（市场占比 6%），可以为回收混合塑料包装带来 15 ~ 20 美元 / 吨的类似经济性收益。正如本报告此前提到的那样，推行这种改变代表着一场加速的进化，而非推倒重来的革命。尤其考虑到非常用塑料材料在全球包装市场中的比重已在不断下降。<sup>140</sup>

**3. 颜色选择（15 ~ 20 美元 / 吨）。**彩色塑料会降低回收材料的价值（100 ~ 300 美元 / 吨）。<sup>141</sup> 因此，减少市面上彩色或不透明材料在塑料包装中的占比，更多转向透明或者浅色半透明材料，可为用后循环创造巨大的价值。举例来说，如果四分之三的彩色硬质塑料包装都能使用透明或者浅色半透明材质，那么每吨回收混合塑料包装物的价值就会增加 10 ~ 15 美元。凡尔纳梅茨（Werner & Mertz）公司就是一个绝佳案例。该公司公开表明，今后将不再用彩色高密度聚乙烯清洁剂包装，方便下一个循环周期。<sup>142</sup> 另外，去除塑料包装中的炭黑颜料也可以减少分选流程中的损失，因为一般黑色在自动分选流程中无法被常用的近红外分选机识别。与不含炭黑颜料的包装相比，这些包装每吨会造成约 200 美元的不必要分选成本。纵观整个塑料包装市场，如果所有的炭黑颜料（按重量约占包装物的 1.5% ~ 2%）都可以被其他现有颜料取代，那么每吨回收混合塑料包装就能增加 3 ~ 5 美元的经济效益。<sup>143</sup>

**4. 助剂选择（至少 5 美元 / 吨）。**包装设计准则及专家访谈均显示，塑料包装所使用的某些助剂给循环带来负面影响，但影响程度尚不明确。<sup>144</sup> 例如，有 PET 瓶的循环企业反映，某些助剂会造成再生材料变色，<sup>145</sup> 导致收入预期降低 30%。按目前市价计算，就是每吨回收材料要损失 300 美元。如果 PET 瓶回收材料中有 2% 受到此类助剂的影响，那么，每循环 1 吨塑料包装，就会有 0.5 ~ 1 美元的损失。另外，某些助剂可能会影响塑料的密度，带来浮选过程中的不必要损失。<sup>146</sup> 对于受到此类影响的塑料，用后处理系统中造成的额外成本为 300 ~ 350 美元 / 吨。假设再生流中会损失 2% 的聚烯烃，那么如果用不会对材质密度产生影响的助剂取而代之，就可以为回收混合塑料包装增加 3 ~ 5 美元 / 吨的价值。要充分理解塑料助剂的影响，还需要进一步的研究，尤其是当循环体系持续向着更高质量的流程和产品转型时。

上述预估可被视为保守估算，因为它们仅预估了现有用后再生系统可以从包装设计改进中获得的机遇，而没有考虑更为复杂的因素，以及各环节叠加效应可以带来的经济效益。比如说，目前比较常见的循环形式是对多种投入物容忍度极高的梯级循环，若是整个循环体系在未来能够得到质的飞跃，那么某些设计的改进效果很可能会更加明显。

要想成功地实施上述设计变革，就要协调好前端包装设计者与后端用后处理供应商之间的沟通。这种反馈还有助于更好地促进设计上的改进。

用后处理系统若是能在全球层面统一协调，便能更好落实形式设计方面的改进，使回收塑料的循环经济效益提升到 100 ~ 150 美元 / 吨

目前，回收和分选体系仍然高度碎片化，对循环

**经济带来负面影响。**正如《新塑料经济——重新思考塑料的未来》报告中所述，用后处理体系经常在小规模层面运营，运作方式也不尽相同，甚至在同一个国家、同一个城市中也是如此。这种差异不仅会使公众感到困惑，更会导致包装设计者难以对症下药，因而阻碍用后处理体系大规模发挥其经济效益。这种碎片化还导致再生企业难以获取稳定、高质量的原材料，只能从不同的回收体系和集散地点获取原材料。这加深了企业的运营负担，也增加了成本。<sup>147</sup>

**对塑料包装循环而言，将用后处理体系和分选体系相结合，同时采取最佳实践，可以带来每吨 80 ~ 110 美元的经济效益提升（经合组织国家总体收益提升 8 亿 ~ 13 亿美元）。**当然，这一估算有一个假定的前提，即成功协调所带来的潜在收益率能够实现 75%，在欧洲实现成本结构与大型分类设施协调一致等实践也能成功落实。<sup>148</sup>当然，考虑到当前系统四分五裂的情况，可能需要很长时间才能实现和谐一致。令人鼓舞的是，很多国家和地区（包括英国和加拿大的不列颠哥伦比亚省<sup>149</sup>）<sup>150</sup>都已意识到这种措施的潜在益处，开始着手推进协调一致的议程。在这方面，《全球塑料规章》可以为全球的相关努力提供指导。

**在后处理阶段，若能进一步协定高质量循环的规模，改变现存的低质量循环情况，将会创造出 30 ~ 40 美元 / 吨的预期经济效益（经合组织国家总体收益达 3 亿 ~ 5 亿美元）。**提升塑料包装高质量循环的比重可使回收材料得到更有价值的应用，增加再生塑料的销售价格。这种方式已被 PET 瓶循环处理设施所采用，PE 和 PP 等其他包装市场领域也开始研究开发类似的方案。<sup>151</sup>虽然 PE 和 PP 的高质量循环相对于 PET 来说难度可能更大（因为它们会吸收化学物质或者气味），<sup>152</sup>但数家企业已经证明，回收这两种材料并再利用于包装等高质量应用完全可行（例如通过热洗和脱气味等方式）。假设有 25% 的回收 PE 和 PP 可以转为高质量再生，那么即

便减去额外的成本及收益损失，所产生的额外收入也可以为收集混合塑料包装带来每吨 25 ~ 40 美元的预期效益。

**新的技术和处理方式可以创造更多机遇，提升循环体系的经济效益。此类创新技术和方法已有很多，不过它们仍处于早期发展阶段，其潜在影响仍难以准确衡量。**目前，业界正在开展关于化学追踪剂或数码水印等材料标记的研究和试点项目，但对于这些材料的重要性、可行性或性价比，业界观点仍是褒贬不一。<sup>153</sup>在已经使用了自动分选的领域，此类标记可以提供新的分类可能，比如，未来也许能够提供更高价值的食品级塑料。要想最大化材料标记的影响，全球就需要在其标准上保持协调一致。软性塑料包装代表了三分之一的消费后包装市场（按重量计算），它每年的生产量约为 1 万亿单位。如果能够解决不同软性塑料包装的分类问题，那么可供回收循环包装的总量便能得到显著增加——虽然其经济效益尚不明确。<sup>154</sup>另外，解聚合（一种将聚合物分解成为单体组成部分的化学循环技术）可为更高质量的回收循环提供额外机遇——目前，这一技术在 PET 等聚酯类物质中的应用研究最为突出。

**将持续创新与协调一致的包装设计和用后处理系统相结合，可以提升塑料包装回收的接受程度、经济效益和质量，协定一个正向的良性循环。**当然，实施《全球塑料规章》会带来十分巨大的直接经济影响，但提升循环流程的经济可行性也有助于推动整个系统进入正向循环。扩大回收和循环数量所带来的经济回报：这不仅会实现规模化经济，还会带来材料的进一步细分，从而增加产量。而这又会直接鼓励业界提高回收量，并间接激励创新者提出更好的材料设计。由此看来，包装设计和用后处理系统的创新和协调是相互促进和加强的。它们产生的积极推进效应也可以带动更大比例的塑料包装（包括一些更具挑战的细分市场）进入变革。这种良性循环最终将帮助我们解决塑料流入自然和经济价值损失的问题，并推动塑料循

环的质量稳步向原始材料价值靠拢。

**由于当前回收和循环的经济效益仍然较为薄弱，近期只能靠对再生塑料的需求和相关政策支持来推动相关进步**

**带动再生塑料需求增长可以为系统升级提供关键的激励。**业界自发承诺、公共采购政策及监管部门都可以带动需求的增长，以在近期推动相关进步。另外，高质量塑料和包装方面的需求增加可以拉动投资，并推动高质量循环工艺的改进。举例来说，众所周知建立高质量 PET 瓶的循环工艺的部分原因是饮料企业对再生材料的强力需求。<sup>155</sup> 美国加利福尼亚州的《硬塑料包装容器法》（该法要求硬塑料容器生产商至少使用 25% 的再生材料）<sup>156</sup> 也被认为促进了全美高密度聚乙烯的回收。<sup>157</sup> 类似的，这些激励措施也会对回收 PP 和 PE 的接受度产生重要影响，特别是在那些对高质量再生材料的供求处于萌芽期的地区。<sup>158</sup>

#### **一系列其他支持性措施也有助于推动近期发展。**

除了提升市场对再生塑料的需求，监管框架可以提升其他塑料包装回收的接受度、经济效益和质量。此类政策措施包括制定回收目标、完全禁止填埋和焚烧或对其征税、以及征收碳税或资源税、推广支持用后处理系统的生产者责任制（EPR），以及建立押金制等。在这一背景下，有一点值得注意：鉴于上述部分包装物经过再设计和重复使用后也能被循环，此处所述的 50% 并非我们循环目标的上限。另外，监管政策应该通过生态设计规则，或者更精准（灵活）的、有助于针对不同包装设计进行差异化对待的 EPR 计划来具体支持良好的设计实践。上述政策措施均有利有弊，需要在实施之前结合当地环境作具体分析。它们并非本报告的主要关注点，但值得进一步研究。

**由于起点不同，发达国家和新兴经济体在推行《全球塑料规章》时需要不同的路径，但两者有一个共性，那就是改进包装设计至关重要**

**与成熟市场不同，新兴市场通常需要先建设好基本的收集设施。**在大多数成熟市场，大部分塑料包装都是通过正式的回收体系被回收，而在新兴市场，大部分塑料包装都无法得到回收而流入自然环境，甚至破坏城市基础设施。在这种情况下，关键的第一步通常是先建设好基本的回收设施。本报告并未详细研究如何解决这些的国家塑料流入自然问题，因为其他的倡议已经进行了这方面的工作。比如菲律宾的“地球母亲基金会”，还有在全球范围内出力的海洋保护协会旗下的“无垃圾海洋联盟”。<sup>159</sup>

落实有助于提升包装设计和用后处理流程的《全球塑料规章》将对成熟和新兴经济体做出巨大贡献。虽然本报告的影响评估主要基于经合组织国家，但许多见解对成熟经济体和新兴经济体都同样适用，在设计方面的改善尤为如此。各种研究都已表明，非正式经济领域中的垃圾收集者只会回收高价值的塑料，对低价值的塑料并没有那么关注。<sup>160</sup> 这意味着设计用后价值较高的塑料包装可以带来更高的收集率，提高拾荒者的收入，并让这些国家和地区更有经济动力去建设正式的垃圾收集基础设施。与此同时，落实《全球塑料规章》有助于确保安全材料在全球范围内的使用，减少人们和引忧物质的接触。

**在提升塑料包装回收的接受度、质量和经济效益方面的优先发展事项包括：**

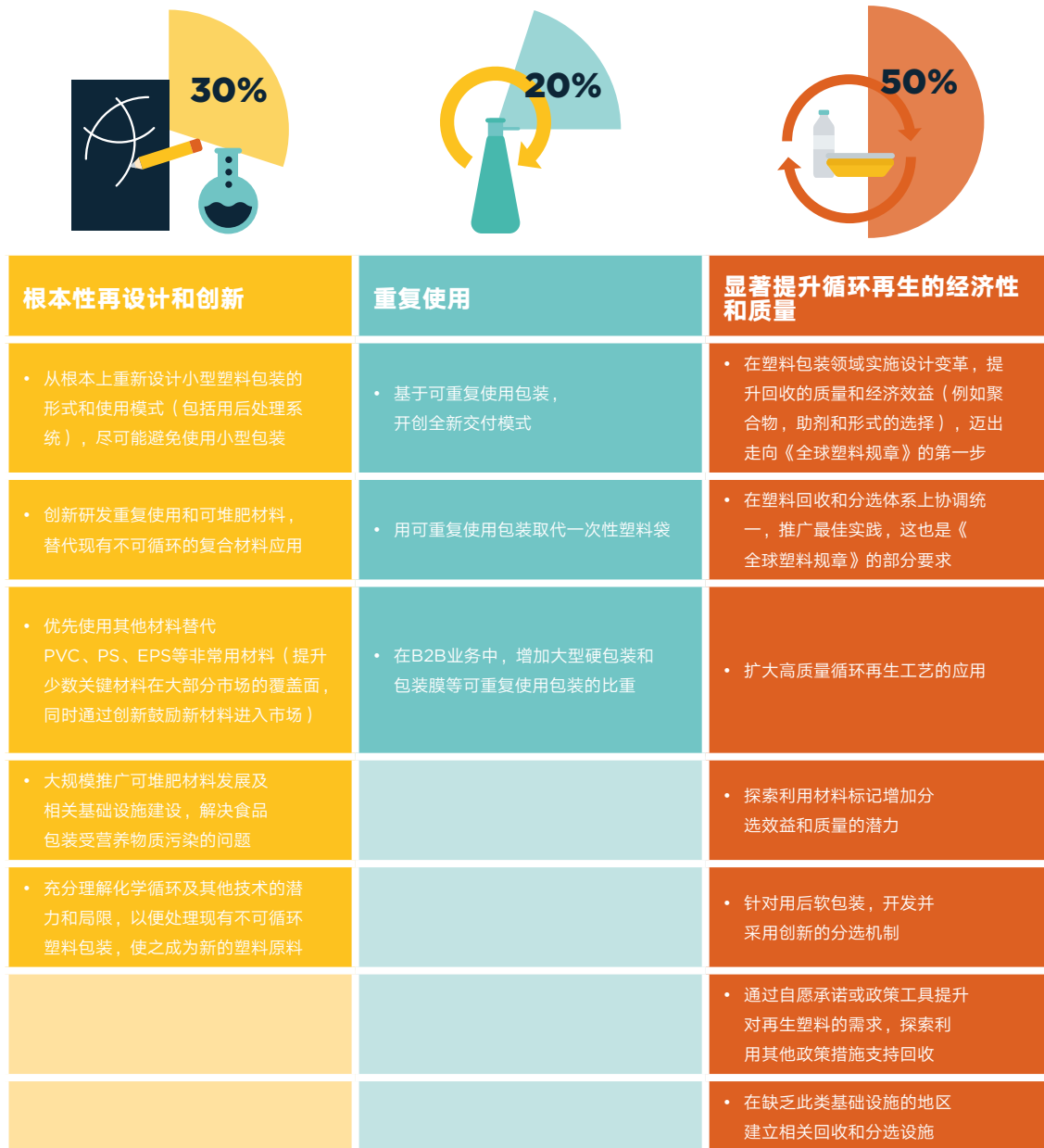
- 在塑料包装领域实施设计变革，提升回收的质量和经济效益（例如聚合物、助剂和形式的选择），迈出走向《全球塑料规章》的第一步
- 在塑料回收和分选体系上统一做法，推广最佳实践，这也是《全球塑料规章》的部分要求
- 扩大高质量循环再生工艺的应用
- 探索利用材料标记增加分选受益和质量的潜力

- 针对消费后软包装，开发并采用创新的分选机制
- 通过自愿承诺或者政策工具提升对再生塑料的需求，探索利用其他政策措施支持循环
- 在缺乏基础设施的地区建立相关回收和分选设施

图表七是全球塑料价值链优先发展事项的概况。

如本章所述，这些发展行动将推动三个塑料包装种类（代表整个塑料包装市场）有的放矢地发展。

**图表七：优先行动从以下三个方面推动全球塑料包装价值链向新塑料经济转型**



来源：“新塑料经济”倡议分析

# 致谢与免责声明

两份完整报告的相关声明，请参见两份报告的英文版全文。

本报告由艾伦·麦克阿瑟基金会团队编制。基金会对报告内容与结论全权负责。虽然本报告在编写过程中大量征求了新塑料经济顾问理事会成员、参与者以及专业人士的意见，但他们不对报告的内容和结论承担责任。

本报告得到欧盟的支持。报告内容由“新塑料经济”以及艾伦·麦克阿瑟基金全权负责，不代表欧盟的观点。

任何对本报告的引用，请标明出处：

艾伦·麦克阿瑟基金会，《新塑料经济：重新思考塑料的未来 & 催化行动》（2017年），<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>





# 关于艾伦·麦克阿瑟基金会

艾伦·麦克阿瑟基金会成立于 2010 年，旨在加速推动循环经济转型。自创立以来，基金会已逐渐成长为全球意见领袖，将循环经济纳入商界、政界和学界的决策者议程。基金会与核心慈善伙伴（SUN）和知识合作伙伴（奥雅纳、IDEO 和 SYSTEMIQ）合作，将工作重心放在以下五个相互关联的领域：

## 教育

### “循环”为基，通过教育重塑未来

围绕循环经济框架，以网络学习为重点，基金会建立集教学、学习和培训为一体的全球性平台，并提供前沿洞见以支持循环经济教育，培养系统思维以加速相关教育转型工作，涵盖了正式教育 and 非正式教育两方面。

正式教育工作包括与美国、印度、中国，以及欧洲和南美洲的一些国家合作开展高等教育计划，与大专院校共同开发国际课程及企业能力建设。非正式教育工作包括全球线上活动“颠覆性创新节”（Disruptive Innovation Festival）。

## 企业与政府

### 拾柴添火，推进创新规模化

循环经济框架对于现实世界意义非凡，商业创新是经济转型的重中之重，这是基金会自创立之初就一以贯之的宗旨。基金会与全球合作伙伴（达能、谷歌、H&M、联合圣保罗、耐克公司、飞利浦、雷诺和联合利华）携手，直面挑战，全力发展循环商业倡议并促进其规模化。

行业龙头企业，还是崭露头角的创新者，或联盟网络、政府部门、地区和城市都可以参与到“循环经济（CE100）”项目中。该项目汇聚四海英才，在一个合作性、非竞争环境中开展循环能力建设，解决常见的发展障碍，了解必要的扶持条件，并进行循环实践试点。

## 洞见与分析

### 力证转型，晓之以理

基金会致力于对循环经济模型的经济潜力进行量化，并研究获取这一价值的可行方法。越来越多的经济报告借鉴这些洞见和分析，力证加速循环经济转型的必要性，并探讨了针对利益相关者和各个产业的潜在利益。

循环经济框架还在发展之中，基金会将继续与国际专家、关键智库和顶尖学者合作，拓宽对这一框架的理解。

## 系统性倡议

### 聚焦全球，重塑关键物质流

单枪匹马很难破解系统性僵局。鉴于此，基金会采取纵贯全球、横跨产业的关键物料周转方式，将各价值链上的机构聚集起来，通力协作，共谋对策。经基金会与世界经济论坛、麦肯锡公司的初步研究，塑料价值链被确定为目前最具代表性的单线型模式之一，也是基金会首个系统性倡议的关注点。2016年5月推出的“新塑料经济倡议”利用循环经济的原则，汇集主要利益相关者，从包装业开始，重新思考和规划塑料的未来。此后，基金会于2017年5月推出“循环时尚倡议”，纺织纤维由此成为基金会第二个物质流关注点。

## 传播

### 借助传播，联动全球

基金会就循环经济撰写研究报告，开展案例研究，发表文章，出版书籍，凡此种种，无一不是其传播前沿思想和洞见的媒介，而数字媒体使其辐射更广，受众遍布全球各界，助力转型。Circulate是一个专注于就循环经济及相关主题提供独特洞见的线上信息共享平台。借助该平台，基金会得以搜集、整理和传递知识。

# 关于联合国环境规划署 ——地中海行动计划

可持续消费与生产区域行动中心（SCP/RAC，简称“中心”）致力于地中海地区国家间的区域合作，在可持续消费和生产模式的基础上，促进生产领域和公民社会的发展及创新。

中心长期支持两个国际条约：第一个是由 22 个缔约国联合签署的《巴塞罗那公约》及相关协定书，旨在促进可持续发展，保护地中海的海洋与海岸环境；第二个是涉及 180 个国家的《斯德哥尔摩公约》，致力于打击顽固有机污染和高污染有毒物质。

中心是在联合国环境规划署 / 地中海行动计划（MAP）框架下建立的“区域行动中心”之一。联合国环境规划署 / 地中海行动计划作为区域合作平台，为地中海地区海洋和海岸环境保护法律框架的制定奠定基础，其主要成果为《巴塞罗那公约》和针对地中海地区特定环保方面的相关协定书。

在联合国环境规划署 / 地中海行动计划的机制框架下，中心帮助《巴塞罗那公约》和相关协定书（陆地来源污染活动、有毒废弃物和离岸环境保护等）的缔约国履行承诺，将可持续消费和生产的理念融入地中海行动计划的政策、治理框架、技术支持工具和指南。中心还向商业组织、企业、金融组织、公民社会组织和政府提供知识、培训、建议和交流机会，以便推动可持续服务与产品的发展，造福社会。

中心与加泰罗尼亚垃圾处理局（ARC）合署办公。ARC 为加泰罗尼亚政府规划与可持续性公共服务机构，负责加泰罗尼亚地区的垃圾处置，该局在垃圾防范和管理及推广生态设计和循环经济方面的工作被认为具有广泛的借鉴价值。ARC 目前担任 ACR+ 的主持机构，ACR+ 是由全球相关城市 and 地区组成的国际网络，旨在促进可持续资源管理，加速各辖区向循环经济转型。

本报告的翻译和编制得到了 SwitchMed 项目（由欧盟资助）的资助，该项目旨在支持地中海地区国家的可持续消费和生产转型。SwitchMed 支持了地中海地区可持续消费和生产转型的区域行动计划（2016 年由《巴塞罗那公约》缔约国采纳），以及该转型的国家行动方案（已由 8 个中东和北非地区国家采纳）的制定。

# 尾注

- 1 本报告使用的“塑料”定义如下：聚合物，包括热塑性塑料、聚氨酯、热固性塑料、弹性体、粘合剂、涂料、密封胶和聚丙烯纤维的聚合物。该定义基于欧洲塑料制造商协会2015年的《塑料实录2014—2015》
- 2 A.T. 科尔尼：《塑料：汽车制造商与化学企业的未来》，2012年
- 3 A. 安拉迪与 M. 尼尔：《塑料的应用与社会效益》，英国皇家学会《哲学学报》B卷，2009年
- 4 A. 安拉迪与 M. 尼尔：《塑料的应用与社会效益》，皇家学会《哲学学报》B卷，2009年。
- 5 欧洲塑料制造商协会，来自联合国环境规划署《2014年鉴：我们全球环境中的新问题》中第八章“海洋中的塑料垃圾”，2014年
- 6 26%的比例由2013年塑料包装产量7800万吨和塑料产量2.99亿吨的数据得出（透明度市场研究，《塑料包装市场：2014—2016全球产业分析，规模、份额、增长、趋势和预测》，2015年；欧洲塑料制造商协会：《塑料实录》，2015年）。其他数据来源认为包装在塑料市场上的份额更大，但在公开资源中尚未发现塑料和塑料包装全球层面的数据。本报告承认必须对数据集进行进一步统一并报告全球的水平，主要基于上文提到的两篇公开资料编写而成。由于26%的份额可能属于较低估计，市场规模和可以获取的材料价值等数据可能比目前报告中的更高
- 7 欧睿国际：《场外交易与零售塑料包装量》，2015年
- 8 本报告中使用的“塑料包装”定义为：包括用于“消费”和工业用途的硬质包装（如瓶、罐、听、杯、桶、箱子、托盘、吸塑包装等）和软性包装（如袋、膜、箔、托盘护罩、包装袋、泡罩包装、信封等）。此定义基于欧洲塑料制造商协会的《塑料实录2014—2015》，2015年
- 9 同上
- 10 透明度市场研究：《塑料包装市场：全球产业分析》，2015年
- 11 基于2013—2020年年均增长率4.8%（Technavio于2015年4月对2014—2019年市场增长做出的预测）；2021—2030年年均增长率4.5%（安迅思）；2031—2050年年均增长率3.5%，按照全球长期年均GDP增长率3.5%对2030年后增长所作的保守估算（国际能源署《2015年世界能源展望》）
- 12 国际森林和纸业协会理事会：《纸张回收现状》，2014年
- 13 联合国环境规划署：《金属回收率：现状报告》，2011年
- 14 聚对苯二甲酸乙二醇酯。这种树脂常用于饮料瓶和很多注塑消费品容器，其质地透亮坚固，具有较好的防潮、阻氧特性。来源：美国化学会
- 15 “主流项目”分析
- 16 在此分析中，液化天然气被划归石油类。这一划分符合国际能源署所用定义。“主流项目”分析资源来源包括：BP公司《2035能源展望》，2015年2月；国际能源署《世界能源展望》，2014年；J. 霍普维尔等人：《塑料回收：挑战与机遇》，英国皇家学会《哲学学报》B卷，2009年；欧洲塑料制造商协会：《塑料实录2014—2015》，2015年
- 17 国际能源署：《世界能源展望》，2014年
- 18 在1.2.2中提及的4%~8%的中点被看作是塑料产业在全球石油消费和消费增长率中的占比，这与2015—2030年年均产业增长率3.8%（安迅思）和2030—2050年年均增长率3.5%（国际能源署《世界能源展望》，2015年）的预测一致。BP公司认为效率的提高是有限的（BP公司《2035能源展望》，2015年2月）
- 19 在其中心“新政策”背景下，国际能源署预测2014—2040年石油消费将年均增长0.5%（《世界能源展望》，2015年）
- 20 联合国环境规划署：《评估塑料的价值：衡量、管理和披露消费品产业中的塑料使用》，2014年。此研究由自然资本分析机构Trucost代表塑料披露项目（PDP）进行。两个数据（750亿美元和400亿美元）都只考虑了消费品的自然资产成本。如果将医疗、旅游/休闲、交通等方面的外部性也计算在内，自然资产成本将会更高。“自然资本是指世界上自然资产的总和，包括地质、土壤、空气、水和所有生物”（自然资本论坛，<http://natural-capitalforum.com/about/>）。全球塑料包装的总利润（260亿~390亿美元）是根据其2600亿美元的市场收入及平均10%~15%的息税折旧摊销前利润（EBITDA）算出的。（来源：透明度市场研究：《塑料包装市场：2014—2020年全球产业分析，规模、份额、增长、趋势和预测》，2015年；德勤企业财务有限公司：《2015年第一季度包装最新情况》，2015年；U. 瑞纳斯，《塑料包装盈利情况》，2012年于第三届海湾石化化工协会塑料峰会。）
- 21 J.R. 贾贝克等人：《从陆地输入海洋的塑料废物》，《科学》，2015年2月13日
- 22 基于2010—2025年年均5%的增长率预测（根据《从陆地输入海洋的塑料废物》和《力挽狂澜：无塑海洋的陆基战略》得出）。这一数字高于塑料总量的增长，因为大多数增长发生在高泄露国家。2026—2030年的年均增长率预计为3.5%，这是基于2035年后全球GDP长期增长率3.5%而得出的保守估计（来源：国际能源署，《2015年世界能源展望》）
- 23 海洋保护协会：《国际海岸清理》，2014年。未计入烟蒂数量。D. 巴尼斯等人：《塑料垃圾在全球环境中的积累和分布》，英国皇家学会《哲学学报》B卷，2009年
- 24 海洋保护协会及麦肯锡商业与环境中心：《力挽狂澜：无塑海洋的陆基战略》，2015年
- 25 按重量计算。2015—2025年预测基于海洋保护协会及麦肯锡商业与环境中心2015年的《力挽狂澜：无塑海洋的陆基战略》报告。2015—2020年间，每年进入海洋的塑料垃圾假定随塑料包装产业4.8%的年均增速一起增长，2025年之后增长率为更保守的3%。海洋中的鱼类数量假定在2025—2050年保持稳定
- 26 海洋保护协会及麦肯锡商业与环境中心：《力挽狂澜：无塑海洋的陆基战略》，2015年
- 27 联合国环境规划署：《评估塑料的价值：衡量、管理和披露消费品产业中的塑料使用》，2014年
- 28 欧盟委员会环境总署网站：《我们的海洋、大海与海岸》，第10节《海洋垃圾》，[http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/index_en.htm)。此处欧元与美元汇率为1:1.1（2015年12月10日）
- 29 “主流项目”计算基于国际能源署2014年《燃料燃烧二氧化碳排放》的数据。该报告假定塑料产业一半的二氧化碳排放量在燃料燃烧中产生，在其另外一半作为原料的能源中，15%在焚烧中产生二氧化碳排放。其中不包括使用（干）天然气或塑料生产中所用电力发电过程中产生的排放。
- 30 联合国环境规划署：《评估塑料的价值：衡量、管理和披露消费品产业中的塑料使用》，2014年
- 31 J. 霍普维尔等人：《塑料回收：挑战与机遇》，英国皇家学会《哲学学报》B卷，2009年
- 32 M. 佩特尔：《有机化工产业产品的累积能源需求与累积二氧化碳排放》，《能源》，2003年
- 33 此处探讨的是直接二氧化碳排放，不包括间接排放（与在制造过程中所用电力相关的排放），也未计入整个生命周期中的排放，如与塑料化石原料的开采、精炼和运输相关的排放
- 34 这里并未考虑在“一切照旧”情况下转向焚烧（由于填埋已经不受青睐），这会造成塑料产业在2050年的碳预算中比例更高。恰恰相反，如果塑料生产采用更多的可再生能源，塑料产业在2050年碳预算中的比例将会下降

- 35 到 2100 年将全球升温控制在与工业革命前水平相比 2 摄氏度以下的国际协议是在 2010 年的坎昆气候大会上达成的（参见 [http://unfccc.int/key\\_steps/cancun\\_agreements/items/6132.php](http://unfccc.int/key_steps/cancun_agreements/items/6132.php)），在 2015 年的巴黎气候大会上得到巩固和强化。这一假设是塑料产生的二氧化碳排放在 2013—2030 年之间年均增长 3.8%，在 2030—2050 年之间年均增长 3.5%（来源：安迅思与国际能源署：《世界能源展望》，2015 年）。一个进一步的假设认为，在“一切照旧”情况下，作为塑料原料的石油（占石油总消费量的 3%）燃烧的比例将从 2015 年的 15% 增加到 2050 年的 20%。将塑料焚烧纳入化石燃料燃烧总排放，城市废物作为燃料也已被计入燃料燃烧的总二氧化碳排放（国际能源署：《燃料燃烧二氧化碳排放》，2015 年；政府间气候变化专门委员会：《各国温室气体清单指南》，2006 年）。燃料燃烧的二氧化碳预算是按照国际能源署在《2015 年世界能源展望》中的 IEA450 情况（与 2 摄氏度以内的目标一致）制订的，二氧化碳预算总额为 10.75 亿吨（“碳追踪计划”：《不可燃的碳 2013：浪费的资本，搁浅的资产》，2013 年）
- 36 S.H. 斯万等人：《妊娠早期邻苯二甲酸酯暴露与新生儿肛殖距》，《人类生殖》，牛津期刊，2015 年；Y.J. 里恩等人：《邻苯二甲酸酯产前暴露与八岁儿童行为综合征：台湾母婴队列研究》，《环境与健康展望》，2015 年；K.M. 罗杰斯：《食品包装、消费品与室内环境中的邻苯二甲酸酯》，《食品包装与家用塑料中的有毒物》（专刊），《分子与综合毒理学》（丛刊），斯普林格出版集团，2014 年；K.C. 马克里斯等人：《聚碳酸酯容器用水与夏季严酷环境条件下双酚 A 摄入之间的关联》，《环境科学与技术》（第 47 卷），2013 年；R.A. 鲁德尔等人：《食品包装与双酚 A 和邻苯二甲酸双（2-乙基己基）酯暴露：来自膳食干预的发现》，《环境与健康展望》，2011 年；J.L. 卡维尔等人：《聚碳酸酯瓶使用与尿中双酚 A 浓度》，《环境与健康展望》（第 117 卷），2009 年；E.L. 图登等人：《运输与塑料化学物质对环境与野生动物的释放》，《英国皇家学会哲学学报：塑料、环境与人体健康》，2009 年；C. 库布瓦波等人：《塑料奶瓶、奶瓶内胆和可再用聚碳酸酯水瓶中双酚 A 的迁移》，《食品添加剂与污染物》（第 26 卷），2009 年
- 37 假设所有塑料类型中的添加剂平均比例为 15%
- 38 假设浸出率为 1%，符合 0.16% ~ 2% 的估计范围（经济合作与发展组织：《塑料添加剂排放情况文件》，2009 年）；T. 瑞德伯格等人：《塑料社会材料储备中的添加剂排放：瑞典个案研究》，《基于全球风险的化学添加剂管理 I》，《环境化学手册（第 18 卷）》，2012 年
- 39 登科斯塔特咨询公司：《塑料包装对循环和资源效率型社会的潜在贡献》，Identiplast 大会，2015 年
- 40 艾伦·麦克阿瑟基金会、SUN 和麦肯锡商业与环境中心：《内部增长：建设循环经济，提高欧洲竞争力》，2015 年。此处欧元与美元汇率为 1: 1.10，2015 年 12 月 10 日
- 41 登科斯塔特咨询公司：《塑料包装对循环和资源效率型社会的潜在贡献》，Identiplast 大会，2015 年
- 42 R. 莫勒等人：《从横向协同到物理互联网：向互联物流系统转型对可持续性和利润影响的量化》，物流配送卓越中心（CELDi）物理互联网项目最终报告，第一阶段，2012 年
- 43 米兰市：《一个欧洲人口密集城市的餐厨垃圾回收：米兰个案研究》，2015 年
- 44 海洋保护协会及麦肯锡商业与环境中心：《力挽狂澜：无塑海洋的陆基战略》，2015 年
- 45 J.R. 贾贝克等人：《从陆地输入海洋的塑料废物》，《科学》，2015 年 2 月 13 日
- 46 假设回收率为 55%，此后 2013—2020 年年均增长率预测为 4.8%（Technavio）；2020—2030 年年均增长率 4.5%（安迅思）；2030—2050 年年均增长率 3.5%（国际能源署《2015 年世界能源展望》中预测 2013—2040 年全球 GDP 年均增长率，并假定继续增长到 2050 年）
- 47 Newlight 技术公司官网：“空气碳™”已经被独立认证为自始至终的碳负性材料，包括与该材料相关的能源、材料、运输、产品使用和寿命终结 / 处理等所有环节。参见 <http://newlight.com/aircarbon/>
- 48 联合国环境规划署网站：《生命周期评估》，<http://www.unep.org/resourceefficiency/Consumption/Standardsand-Labels/MeasuringSustainability/LifeCycleAssessment/tabid/101348/Default.aspx>
- 49 本韦伯斯特：英国一份研究认为电动汽车并非那么环保，《时代》/《澳大利亚人报》，2011 年 6 月 10 日。其他媒体对这一研究的结论各不相同，反映了生命周期评估在不同假设中的敏感性
- 50 基于目前的数量和原材料价格，具体参见图表六
- 51 本韦伯斯特：英国一份研究认为电动汽车并非那么环保，《时代》/《澳大利亚人报》，2011 年 6 月 10 日。其他媒体对这一研究的结论各不相同，反映了生命周期评估在不同假设中的敏感性
- 52 循环产生的直接排放：每循环一吨塑料，二氧化碳排放为 0.3 ~ 0.5 吨，每生产一吨用化石原料制成的塑料，二氧化碳排放为 1.6 ~ 3.6 吨，视塑料品种不同而异（德勤公司：《提高欧洲塑料循环目标：环境、经济和社会影响评估最终报告》，2015 年）
- 53 4Tech and LCAworks. Environmental assessment of Braskem's bio based PE resin (2013). 4Tech 公司与 LCAworks 公司：《布拉斯科公司生物基聚乙烯树脂环境评估》，2013 年
- 54 思略特公司（原博斯公司）：《塑料包装——可持续、更明智的选择》，2015 年
- 55 凯蒂·斯泰克：《希格瓶业美国批发商破产》，《华尔街日报》2011 年 5 月 23 日，<http://blogs.wsj.com/bankruptcy/2011/05/23/u-s-distributor-of-sigg-bottles-enters-chapter-11/>
- 56 《我们错了》，《经济学家》，1999 年 12 月 16 日，<http://www.economist.com/node/268752>
- 57 瓦茨拉夫·斯米尔：《十字路口的能源：全球视角与不确定性》，麻省理工学院出版社，2003 年
- 58 瑞克·林格尔：《泰森食品推出首个 100% 回收再利用的直立袋》，《包装文摘》2013 年 10 月 20 日，<http://www.packagingdigest.com/flexible-packaging/tyson-foods-debuts-first-100-percent-recyclable-stand-pouch>
- 59 Polymark 官网（<http://www.polymark.org/>）和参与了 Polymark 项目的帕特里克斯埃什（Petcore Europe）的采访：《Polymark——高价值塑料废物处理的新识别技术》（FP7-SME- AG-2012-311177）
- 60 WRAP：《可机读墨水在食品包装分类上的最优化应用》，2014 年
- 61 <http://www.ioniqa.com/pet-recycling/>
- 62 欧盟委员会：《形成闭环：雄心勃勃的欧盟循环经济一揽子计划》，2015 年
- 63 《垃圾桶内》，《经济学家》，2015 年 4 月，<http://www.economist.com/blogs/democracyinamerica/2015/04/recycling-america>
- 64 密歇根州财政部：《1990—2013 年瓶子押金信息表》，2013 年
- 65 欧盟委员会：关于包装和包装废物的 94/62/EC 号指令，2015 年
- 66 简·翁扬加 - 欧玛拉：《塑料袋遭受重挫》，英国广播公司新闻，2013 年 9 月 14 日
- 67 埃米尔·克拉威尔：《能想象你的生活中没有塑料袋吗？卢旺达做到了》，《卫报》，2014 年 2 月 15 日，<http://www.theguardian.com/commentis-free/2014/feb/15/rwanda-banned-plastic-bags-so-can-we>
- 68 乔纳森·沃茨：《中国“限塑令”节约了 160 万吨石油》，《卫报》，2009 年 5 月 22 日，<http://www.theguardian.com/environment/2009/may/22/china-plastic-bags-ban-success>
- 69 《发泡聚苯乙烯禁令》，《圭亚那时报》，2015 年 10 月，<http://www.guyanatimesgy.com/2015/10/24/the-ban-on-styrofoam/>

- 70 华盛顿特区能源与环境部网站, <http://doee.dc.gov/foam>; GAIA:《聚苯乙烯餐具在美遭禁》, 摘自 GAIA 网站, 2015 年 12 月; [www.no-burn.org/polystyrene-food-ware-bans-in-the-us](http://www.no-burn.org/polystyrene-food-ware-bans-in-the-us)
- 71 旧金山市环境局: <http://www.sfenvironment.org/zero-waste>
- 72 J. 纳什等人:《美国生产者的责任拓展: 全速前进?》, 2013 年
- 73 产品管理研究所, <http://www.productstewardship.us>, 2015 年
- 74 M. 伯克:《美国国会通过禁止塑料微粒法案》,《底特律新闻》, 2015 年 12 月, <http://www.detroitnews.com/story/news/politics/2015/12/07/house-bill-ban-plastic-microbeads>
- 75 欧洲塑料制造商协会:《塑料——神奇的材料》, 2013 年 9 月, [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20131017112406-10\\_plastics\\_the\\_wonder\\_material\\_final\\_sept\\_2013.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20131017112406-10_plastics_the_wonder_material_final_sept_2013.pdf)
- 76 J.R. 贾贝克等人:《从陆地输入海洋的塑料废物》,《科学》, 2015 年 2 月 13 日
- 77 海洋保护协会, 麦肯锡商业与环境中心:《力挽狂澜: 无塑海洋的陆基战略》; 世界可持续发展工商理事会, 世界资源论坛, 瑞士联邦材料测试与开发研究所:《向循环经济发展的非正式路径》, 2016 年
- 78 ARCADIS:《为支持建立初步定量减排标准 SFRA0025 而进行的海洋垃圾研究》, 2015 年。欧洲环境署:《海滩主要垃圾类型》, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/marine-litter-items-on-the-beach>, 2015 年。垃圾监控组织: TOBIN 咨询工程师,《2014 年系统结果》, 2014 年
- 79 根据 Denkstatt 估算, 无论在“现实”还是“非常乐观”的情况下, 小型包装物的最大回收潜力都为零。Denkstatt:《生态高效(可持续)塑料回收与废物管理标准——基于 Denkstatt20 年对事实的研究成果和相关现象的背景报告》, 2014 年
- 80 专家访谈; 网格规格经过下列渠道确认: Triple/S Dynamics, Inc.,《转筒筛在资源回收中的地位》, <http://www.sssdynamics.com/news/articles/2015/10/26/the-place-of-the-trommel-in-resource-recovery>, 1992 年; Redwave, 案例研究, <http://www.redwave.at/en/download/case-studies/>; Plazma,《材料回收设施》, <http://www.plazma.com.tr/our-products/material-recovery-facility-mrf.html>; 英国环境署,《垃圾预处理: 回顾》, 2002 年; PlasticsNews,《塑料回收者协会正在研究回收小型容器的方法》, [http://www.plasticsnews.com/article/20161103/NEWS/161109933/apr-studying-ways-to-recycle-small-containers#utm\\_medium=e-mail&utm\\_source=pn-sustain&utm\\_campaign=pn-sustain-20161103&email\\_sustain](http://www.plasticsnews.com/article/20161103/NEWS/161109933/apr-studying-ways-to-recycle-small-containers#utm_medium=e-mail&utm_source=pn-sustain&utm_campaign=pn-sustain-20161103&email_sustain), 2016 年
- 81 多位专家确认, 他们并不知道存在任何分拣设施可以从细渣中回收小型塑料包装。另外, Denkstatt 预计, 即便是在“非常乐观的情况下”, 这一领域的生态高效材料的最大回收率依然为零; Denkstatt,《生态高效(可持续)塑料回收与废物管理标准——基于 Denkstatt20 年对事实的研究成果和相关现象的背景报告》, 2014 年
- 82 Packaging to 2018 (2013)。全球塑料包装市场中, PVC 占比为 2.5%, EPS 占比为 1.3%, PS 占比为 4.7%, 其他不太常见的包装材料加在一起占比为 1.4%。新塑料经济的分析基于 Smithers Pira《2020 年前全球塑料硬包装的未来》(2015 年), 及 Smithers Pira《2018 年前全球软性包装的未来》(2013 年)
- 83 VinylPlus《2016 年度进度报告》指出, 欧盟 28 个成员国(包括挪威和瑞士)2015 年回收了 24371 吨 PVC。基于西欧 433000 吨硬质 PVC 包装消费量和预计 150000 ~ 250000 吨 PVC 柔性包装(Smithers Pira:《2020 年前全球塑料硬包装的未来》, 2015 年), 得出回收率大约为 4%。考虑到分母只涵盖西欧而分子可能包括非包装的硬质 PVC 薄膜, 这一回收率数据很可能高于实际数据
- 84 与分选设施业主、分选技术专家和生产责任组织的专家访谈
- 85 同上
- 86 塑料循环机器, PET 瓶清洗线专业制造商 (<http://www.pet-bottlewash-ingline.com/pvc-in-pet-bottle-recycling/>); 一些世界上最大的软饮料企业甚至要求将 PVC 污染水平控制在 0.001% 以下。污染管理世界:《追踪复杂塑料回收的挑战》, 2015 年; 与分选商和循环企业的专家访谈
- 87 邻苯二甲酸酯最常用作 PVC 中的塑化剂, 已引起人们关于其对人体安全和环境造成负面影响的担忧。A. C. 戈尔等人:《EDC-2 执行摘要: 美国内分泌学会关于扰乱内分泌化学物质的第二份科学声明》,《内分泌评论》第 37 期, 2015 年; S.H. 斯万等人:《妊娠早期邻苯二甲酸酯暴露与新生儿肛殖距》,《人类生殖》, 牛津学报, 2015 年; Y.J. 里恩等人,《邻苯二甲酸酯产前暴露与八岁儿童行为综合征: 台湾母婴队列研究》,《环境健康视角》, 2015 年; L. 洛佩兹-加里洛等人,《墨西哥北部邻苯二甲酸酯接触与乳腺癌风险》,《环境健康视角》第 118 期, 2010 年
- 88 <http://www.merged-vertices.com/portfolio/nephentes/>
- 89 <http://www.disappearingpackage.com/>
- 90 瑞克林格:《泰森食品推出首个 100% 回收再利用自立袋》,《包装文摘》, <http://www.packagingdigest.com/flexible-packaging/tyson-foods-debuts-first-100-percent-recyclable-stand-pouch>, 2013 年
- 91 专家指出, 仍存在风险(例如高温分解会产生包含多种物质的滤出液), 虽然这些风险一般认为低于焚烧(例如, 产生气态有害物质的量通常更低)。如此处所解释的, 这一领域仍需进一步的详细研究, 不在本报告范围之内
- 92 Saperatec 使用微剂剂对复合材料进行分层。该公司计划于 2017 年建设首个工业规模多种材料包装厂 (<http://www.saperatec.de>)
- 93 实验室规模的复合膜分层实验表明, 分离并去除不同层之间的墨水是可能的 (<http://cadeldeinking.com/en/>)
- 94 APK 每次溶解出一种聚合物, 这种聚合物可能存在于多个层次中。该公司目前已经拥有运行中的工业级生产厂房 (<https://www.apk-ag.de/en/>)
- 95 常见 PVC、EPS 和 PS 包装应用的替代选择(并非详尽列举)。世界经济论坛, 艾伦·麦克阿瑟基金会, 麦肯锡公司,《新塑料经济——重新思考塑料的未来》, <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>, 2016 年
- 96 Smithers Pira:《2020 年前全球硬包装的未来》, 2015 年; Smithers Pira:《2018 年前全球软性包装的未来》, 2013 年。事例包括: 联合利华已经基本在包装中停止使用 PVC 材料(来源: 联合利华网站), 另外沃尔玛正在尽量避免使用 PVC(来源: 沃尔玛,《可持续包装规则手册》, 2016 年)。玛莎对于 PVC 和 PS 材料也采取了类似的政策(来源: 玛莎,《食品包装规则, A 方案》, 2008 年); Liz Gyeke,《玛莎达到“方案 A”包装目标》, PackagingNews, <http://www.packagingnews.co.uk/news/marks-and-spencer-packaging-target-08-06-2012>, 2012 年); 麦当劳于 1990 年开始逐步淘汰其标志性的贝壳式一体泡沫汉堡包装盒, 如今又开始逐步淘汰使用聚苯乙烯饮料杯。EPS 作为运输保护物质有替代材料(例如 Ecovative 公司以蘑菇为原料的 Myco 泡沫, 参见 <http://www.ecovative.com/>), 作为鱼产品包装也有替代材料(例如 CoolSeal Packaging, 参见 [www.coolseal.co.uk](http://www.coolseal.co.uk))
- 97 <http://www.splash.com>
- 98 <http://www.myreplenish.com>
- 99 新塑料经济分析基于由 Splash 和 Replenish 提供的保密数据
- 100 参见附件
- 101 新塑料经济分析基于由 Replenish 提供的保密数据
- 102 <http://www.sodastream.com>
- 103 <http://www.makeitmio.com>
- 104 基于对照不同数据来源所做的保守估算。参见附件

- 105 CalRecycle:《2009年全州范围内塑料包装袋回收率统计》, <http://calrecycle.ca.gov/plastics/atstore/Annual-Rate/2009Rate.htm>, 2009年; Recycling.co.uk:《回收再利用塑料袋》, <http://www.recycling.co.uk/carrier-bags>; 欧盟委员会:《关于为减少轻质塑料袋消费向欧洲议会和欧盟理事会提出修订关于包装和包装垃圾的94/62/EC指令提议的影响分析》, 2013年; 欧洲议会:《欧洲议会(EU)2015/720号与欧盟理事会2015年4月29日关于为减少轻质塑料袋消费而修订94/62/EC指令的指令》, 2015年
- 106 海洋保护协会与麦肯锡商业与环境中心:《力挽狂澜:无塑海洋的陆基战略》, 2015年
- 107 ARCADIS:《为支持建立初步定量减排标准SFRA0025而进行的海洋垃圾研究》, 2015年; 欧洲环境署:《海洋主要垃圾类型》, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/marine-litter-items-on-the-beach>, 2015年。
- 108 地球政策研究所:《塑料袋的衰落:全球图景》, 2014年
- 109 <http://www.carrefour.com/current-news/cop22-carrefour-committed-to-eliminating-all-free-single-use-carrier-bags-throughout>
- 110 住房、规划、社区与地方政府部:《塑料袋税》, <http://www.housing.gov.ie/environment/waste/plastic-bags/plastic-bag-levy>, 2016年; 零垃圾苏格兰:《塑料袋收费“一年来”报告》, 2015年; 在爱尔兰, 塑料袋占所有可见垃圾的比例立即从5%降至0.32%。来源:垃圾监控机构, TOBIN顾问工程师,《2014年系统结果》, 2014年
- 111 零垃圾苏格兰:《塑料袋收费“一年来”报告》, 2015年
- 112 Smithers Pira:《PET包装材料需求将于2019年达到600亿美元》, <http://www.smitherspiras.com/news/2014/april/demand-for-pet-packaging-material-in-2019>, 2014年; 透明度市场研究:《塑料包装市场:2014—2020年全球产业分析、规模、份额、发展、趋势与预测》, 2015年
- 113 在欧洲, PET瓶的回收率大约是60%(PETCore, <http://www.petcore-eu-rope.org/news/over-66-billion-pet-bottles-recycled-eu-rope-2014>)。专家访谈显示, PET材料回收处理过程中的平均产出损失大约是20%~25%, 其中回收PET瓶重新制成PET瓶, 价值降低0%, 回收PET瓶制成纤维, 价值降低20%, 回收PET瓶制成纤维板, 价值降低大约30%。根据主流项目的分析, 全球只有大约7%的PET瓶被回收处理成可再次制成瓶子的PET。根据德国塑料薄膜包装协会的分析, 在德国这一数据为32%
- 114 更多细节参见艾伦·麦克阿瑟基金会,《迈向循环经济——消费品行业的机遇》, <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/>, 2013年
- 115 同上
- 116 透明度市场研究:《可重复利用水瓶市场——2016—2024年全球行业分析与预测》, 2016年
- 117 基于专家访谈
- 118 该研究表明, 这种可重复利用托盘相比一次性纸板箱更有价值, 经济价值是后者的12倍, 环境效益是后者的20倍。来源: Schoeller Allibert,《可重复使用运输箱证明了其环保价值》, <https://logismarketuk.cdnw.com/ip/linpac-allibert-maxinest-stacking-nesting-produce-trays-carbon-footprint-research-proves-that-max-inest-has-the-potential-to-deliver-significant-environmental-savings-for-every-customer-745278.pdf>
- 119 专家访谈和机密数据
- 120 世界经济论坛, 艾伦·麦克阿瑟基金会, 麦肯锡公司:《新塑料经济——重新思考塑料的未来》, <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>, 2016年
- 121 包装薄膜的数据来源于全球用于生产包装薄膜的伸缩膜产量, 数据来源为HJResearch,《2016年全球伸缩包装市场研究》, 2016; 现在还包括欧洲包装膜分类中的伸缩包装罩, 数据来源为应用市场信息有限公司——AMI咨询,《2016年欧洲包装薄膜》, 2016年
- 122 专家访谈
- 123 包装革命:《重复使用包装和绑带有助于降低对收缩包装的需求》, <http://packagingrevolution.net/lids-straps-wraps/>, 2010年
- 124 <http://www.loadhoglids.com>
- 125 公司官网: <http://www.reusawraps.com>; <http://www.envirowrapper.com/product-overview.php>; <http://www.dehnco.com/palletwraps/reusable-stretch-film-alternative.cfm>; <http://www.palletwrapz.com>
- 126 <http://www.modulushca.eu>
- 127 <http://www.originalrepack.com>
- 128 世界经济论坛, 艾伦·麦克阿瑟基金会, 麦肯锡公司:《新塑料经济——重新思考塑料的未来》, <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>, 2016年
- 129 此处为残余垃圾中塑料包装在回收和处理过程中额外产生的垃圾回收、分选和再生的成本。假设所有塑料包装的收集和处理活动均发生在经合组织成员国(亦即, 不存在向非经合组织国家的出口), 每循环一吨塑料所产生的回收、分选和再生和处理污染物残留的成本, 比这吨塑料的销售金额高出大约325~485美元。假设垃圾处理方式中填埋与焚烧各占一半, 每处理一吨作为残余垃圾的塑料包装, 回收和处理净成本大约170~250美元。所有成本数据都是欧盟各国不同类型包装物在不同回收、分选、再生和处理系统下产生成本的平均值, 因此, 特定国家或特定种类包装物的实际数据可能存在显著差异。更多详情参见附件
- 130 此处不包括温室气体排放量, 数据基于德勤,《提高欧洲塑料回收目标:环境、经济和社会影响评估最终报告》, 2015年。假设处理方式中填埋、焚烧各占一半
- 131 联合国环境署:《评估塑料的价值:衡量、管理和披露消费品产业中的塑料使用》, 2014年。温室气体排放的社会成本以每吨二氧化碳113美元计算, 这一数据是此前英国政府《斯特恩报告》认定的若维持现状不变会产生成本
- 132 不同塑料品种、级别及区域的价格趋势存在差异, 此处所指为从2012、2013年到2016年每年特定日期美国的价格数据。回收PET数据指的是美国回收PET历史上的平均价格, 由plasticnews.com公布, 并由Recycling Today等行业媒体广泛引用(<http://www.recyclingtoday.com/article/paper-plastics-recycling-conference-pet-reclaimers/>, 2016年)
- 133 此处为总收益除以所有回收塑料包装的吨数。特定门类的包装每吨收益要高得多
- 134 此处假定非可回收物得到回收, 在循环处理设施中被清除, 在回收、分选、残余垃圾处理环节的成本预计占循环成本的三分之一(主要是回收者对材料进行分类的成本)。这一处理成本的参照对象是一种替代材料, 该材料在回收、分选和再生过程中产生的成本和收益符合平均水平。平均成本和收益数据来源于德勤,《提高欧洲塑料循环目标:环境、经济和社会影响评估最终报告》, 2015年
- 135 Cotrep:《白色不透明PET的增加对于PET包装循环的影响》, [http://www.cotrep.fr/fileadmin/contribution/mediatheque/avis-generaux/anglais/packaging-and-additives/20131205-Note\\_intro-ductive\\_PET\\_opaque\\_EN\\_public%3%A9e.pdf](http://www.cotrep.fr/fileadmin/contribution/mediatheque/avis-generaux/anglais/packaging-and-additives/20131205-Note_intro-ductive_PET_opaque_EN_public%3%A9e.pdf), 2013年
- 136 此处假定法国50%~75%的PET瓶得到循环利用
- 137 出于简便, 本节和之后几节的数据均四舍五入; 单手段的经济收益与整体经济收益之间的微小差异便来源于此
- 138 塑料回收者协会收缩标识工作组: <http://www.plasticsrecycling.org/resources/reports/sleeve-label-study>, 2014年
- 139 在塑料包装回收流程(从收集到再处理)中与设计相关的材料损失估算值基于38%的整体平均材料损失(来源:德勤,《提高欧洲塑料回收目标:环境、经济和社会影响评估最终报告》, 2015年); 包括RRS在内的回收者反馈及公开报告,《MRF材料流研究》, 2015年; WRAP,《可回收硬性包装的设计》, 2013年
- 140 染色、无色与浅色透明可回收再利用材料的价格差异取决于树脂、市场和应用。估算范围来源于与回收者的访谈
- 141 同上

- 142 凡尔纳 & 梅茨公司官网称：“我们不对塑料进行染色，因为这是确保可回收物留在技术循环中并确保用过的瓶子可以成为原材料的唯一办法”（[http://wmprof.com/en/int/news\\_7/2016/world\\_innovation\\_first\\_pe\\_bottle\\_based\\_on\\_100pcr\\_hdpe/world\\_innovation\\_first\\_pe-bottle\\_based\\_on\\_100pcr\\_hdpe.html](http://wmprof.com/en/int/news_7/2016/world_innovation_first_pe_bottle_based_on_100pcr_hdpe/world_innovation_first_pe-bottle_based_on_100pcr_hdpe.html)）
- 143 WRAP：《NIR 可辨黑色塑料包装的发展》，2011 年
- 144 基于与循环企业的访谈；塑料循环者协会在 2016 年的《塑料循环者协会设计指南》中提到特定添加剂对于循环及产品质量的负面影响（[http://www.plasticsrecycling.org/images/pdf/design-guide/Full\\_APR\\_Design\\_Guide.pdf](http://www.plasticsrecycling.org/images/pdf/design-guide/Full_APR_Design_Guide.pdf)）
- 145 基于与回收者的访谈；塑料回收者协会在 2016 年的《塑料回收者协会设计指南》指出：“特别引人担忧的是那些在再融化或者固形之后造成 rPET 变色或模糊的添加剂，因为模糊或变色的 rPET 价格不高且市场有限。”
- 146 塑料回收者协会 2016 年的《塑料回收者协会设计指南》指出：“特别引人担忧的是……具有增加密度效果的添加剂使其下沉，使得这样的包装按照塑料回收者协会的定义来看是无法回收的。”
- 147 与欧洲塑料回收者的访谈一致凸显出多样、多变、受污染源材料所造成的挑战
- 148 详情参见附件
- 149 非营利组织多材料英属哥伦比亚由行业出资，管理居民包装回收项目。详情参见世界经济论坛，艾伦·麦克阿瑟基金会，麦肯锡公司，《新塑料经济——重新思考塑料的未来》，<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>，2016 年
- 150 WRAP：《增强英格兰家庭回收持续性的框架》，<http://www.wrap.org.uk/content/consistency>，2016 年
- 151 根据专家意见，目前只有为数不多的聚烯烃处理厂拥有热洗流程，而这一流程对于高质量 PET 回收是标准配置。近期，QCP（<http://www.qcpolymers.com>）等企业开始对 PE 和 PP 采取此类处理流程，旨在生产高质量的聚烯烃再生料用于再次生产包装
- 152 凡尔纳 & 梅茨公司近期推出一种消费后 100% 再生的 HDPE 瓶（《凡尔纳 & 梅茨公司首次推出 HDPE 材料制成的消费后 100% 回收的 PE 瓶》，[http://wmprof.com/en/int/news\\_7/2016/world\\_innovation\\_first\\_pe\\_bottle\\_based\\_on\\_100pcr\\_hdpe/world\\_innovationfirst\\_pe-bottle\\_based\\_on\\_100pcr\\_hdpe.html](http://wmprof.com/en/int/news_7/2016/world_innovation_first_pe_bottle_based_on_100pcr_hdpe/world_innovationfirst_pe-bottle_based_on_100pcr_hdpe.html)，2016 年）；QCP 是另一家成立不久专注于高质量 PE 和 PP 循环业务的企业（访谈，<http://www.qcpoly-mers.com>）
- 153 与行业专家的一系列访谈显示，对于塑料包装在材料标记、追踪物或水印方面的潜在收益、可行性和经济价值，各方仍持不同观点——表明在这一问题上还需要更深入的研究
- 154 欧睿国际：《全球包装业发展受包装规格差异化推动，小即是美》，<http://blog.euromonitor.com/2016/06/smaller-is-better-as-global-packaging-growth-is-shaped-by-variation-in-pack-sizes.html>，2016 年；REFLEX 项目，<http://www.reflexproject.co.uk>
- 155 与业内专家的访谈凸显饮料企业的需求对推动更高质量 PET 发展的作用
- 156 法律规定强制回收特定比例的材料，或满足从源头上削减、使用可装填包装、使用可重复使用包装等其他合规选择之一（来源：website of California's Department of Resources Recycling and Recovery, <http://www.calrecycle.ca.gov/>）
- 157 与容器循环学会的访谈
- 158 QCP 是另一家成立不久专注于高质量 PE 和 PP 再生业务的企业（访谈，<http://www.qcpoly-mers.com>）；凡尔纳 & 梅茨公司近期推出消费后 100% 再生的 HDPE 瓶（《凡尔纳 & 梅茨公司首次推出 HDPE 材料制成的消费后 100% 再生 PE 瓶》（[http://wmprof.com/en/int/news\\_7/2016/world\\_innovationfirst\\_pe\\_bottle\\_based\\_on\\_100pcr\\_hdpe/world\\_innovationfirst\\_pe-bottle\\_based\\_on\\_100\\_pcrhdpe.html](http://wmprof.com/en/int/news_7/2016/world_innovationfirst_pe_bottle_based_on_100pcr_hdpe/world_innovationfirst_pe-bottle_based_on_100_pcrhdpe.html)，2016 年）；包括联合利华、宜家、沃尔玛、高露洁在内的企业宣布了其包装的再生料含量目标，其中很可能要求大量高质量再生 PE 和 PP
- 159 <http://www.oceanconservancy.org/our-work/trash-free-seas-alliance>
- 160 例如在菲律宾，特定种类的回收利用价值高的塑料瓶有 90% 都是由拾荒者收集的，相反，价值低的塑料包装往往被忽略，收集率接近于 0。来源：海洋保护协会和麦肯锡商业与环境中心，《力挽狂澜：无塑海洋的陆基战略》，2015 年







© 艾伦·麦克阿瑟基金会 2018

**详情请见官方网站：**

[www.ellenmacarthurfoundation.org/cn/](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/cn/)