



报告

国内

2020

本报告与以下
机构合作完成



中国合成树脂协会塑料循环利用分会



中国塑料包装 再生现状白皮书

净塑自然研究报告之一

参加本报告编写的专家包括：

主笔：蒋南青博士，中国合成树脂供销协会塑料循环利用分会秘书长，中国合成树脂供销协会塑料循环利用分会杜欢政会长（同济大学教授）

王旺执行副会长，矫旭东副秘书长

王军教授，江南大学

张冰教授，北京化工大学

本报告评审专家为：

赵 凯，中国循环经济协会副会长兼秘书长

王 利，中国包装联合会副会长

郑 垲，中国合成树脂供销协会理事长

李 霞，合作二处处长，生态环境部对外合作与交流中心 / 中国 - 东盟环境保护合作中心 / 澜沧江 - 湄公河环境合作中心

温宗国，清华大学环境学院教授

靳 敏，人民大学环境学院教授

何智亘，中国合成树脂协会热成型分会理事长

段庆生，中国合成树脂协会 PC 分会秘书长

以上专家都是「净塑自然」项目的专家组成员，感谢大家对报告的支持，以及对海洋塑料污染防治做出的贡献！

「净塑自然」项目成员：

高兴、和莉莉、李瑛、李诗心、赖家蓉、单明威、史植尹、杨松颖等

感谢以上项目组人员提供的宝贵建议和支持



关于世界自然基金会 (WWF)

世界自然基金会 (WWF) 是在全球享有盛誉的、最大的独立性非政府环境保护组织之一，1961 年成立，总部位于瑞士格朗。WWF 的使命是遏止地球自然环境的恶化，创造人类与自然和谐相处的美好未来。为此我们致力于：保护世界生物多样性；确保可再生自然资源的可持续利用；推动降低污染和减少浪费性消费的行动。

关于中国合成树脂供销协会塑料循环利用分会

中国合成树脂供销协会塑料循环利用分会，是塑料回收再生领域最具规模的行业专业性组织之一。分会与国内机构、国际组织和各国行业协会建立起广泛的合作伙伴和网络，提供行业政策咨询，制定行业标准、服务企业需求。分会已加入了新塑料经济全球承诺和 WWF 倡导成立的「中国净塑行动网络」，积极推动国内塑料行业上下游建立闭环，寻求行业解决方案。

版权信息

版权所有：世界自然基金会

欲知更多信息，

请访问网站：<http://www.wwfchina.org/>

或联系：

世界自然基金会（瑞士）北京代表处

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号院 2 号楼 3 层 B 区域

邮编：100037

寄语

我们的地球有超过三分之二的表面被蔚蓝的海洋所覆盖，因此被称为“蔚蓝星球”。海洋是地球生命的摇篮，为全世界的人类与万物提供着不可或缺的生态服务功能。然而，塑料垃圾正在逐渐侵蚀着海洋的几乎每个角落…

全球每年有 800 万吨塑料垃圾进入海洋，我们若不改变，2050 年海洋中塑料垃圾总重将超过鱼类总重，近 700 类海洋物种曾进食过塑料或被塑料垃圾缠绕。而且每人每年平均进食约 5 万颗塑料颗粒，塑料生命周期的各个环节都影响着人类健康已成为共识。

塑料产业链路长、利益相关方多、复杂程度高，没有任何个体，可以独立解决塑料污染的问题，我们必须多方联手，共创净塑解决方案。

2019 年，WWF 在全球发起“净塑自然”倡议。致力于实现到 2030 年，中国向海洋的塑料垃圾零排放，将中国的塑料垃圾总量减少 50% 的愿景。在中国，我们与政府、企业、公众携手共创净塑解决方案，致力于减少中国海洋塑料垃圾排放并树立中国在治理全球海洋塑料污染的地位。

我们已着手在 5 个方面推进一系列的改变：开展基线研究、共建净塑城市、促进企业转型、推动政策倡导、提升公众意识。

在这个过程中，我本人也期待能为海洋塑料污染治理贡献微薄之力。我相信，再微小的改变也能创造未来。

中国塑料污染相关的基础数据缺失严重，WWF 通过基线研究以全面地了解中国塑料污染现状，并识别中国塑料污染最优解决路径。这是我们的第一本报告，后续还会发布一系列的研究报告，特别感谢行业内的专家给予的支持和帮助，也诚挚的期待大家给出批评和建议。



高兴
世界自然基金会（瑞士）
北京代表处
净塑自然项目主任

报告摘要



© Global Warming Images / WWF

置身历史洪流，大多数人受限于时代制约，无法正视新生事物。批评和抵制是容易的，也更能占据道德的高地，但，历史是实干出来的。

本报告形成于中国废弃物管理风起云涌之际，又背负着巨大的使命和面对着艰巨的现实。我们试图梳理中国塑料回收和再生行业中关于塑料包装物产业链的回收和再生现状，评估垃圾分类对于塑料回收再生带来的影响。在这份中国塑料包装物回收现状报告中，我们看到中国塑料包装物回收体系一直都存在着，这中间带来的关键信息是：

- a. 是时候做出改变！
- b. 塑料包装回收的价值来源于哪里？

围绕着这 2 个议题，本报告依据塑料包装价值链试图回答以下这些问题：

中国是全球塑料生产和消费量最大的国家，2018 年中国塑料产量占全球总产量的三分之一。2019 年中国塑料制品产量为 8184.2 万吨，主要分布在长三角和珠三角地区，约占总量 40%。

中国包装行业位列 38 个主要工业门类的第 14 位，塑料包装应用广泛，是包装领域未来发展的趋势，为包装 5 大子行业之一，塑料包装的产业链很长，从上游的树脂生产商，到塑料制品企业，再到包装应用行业，塑料包装约占整个塑料工业 30%。

塑料包装产品主要为硬包装和软

包装。塑料薄膜类是软包装的主要用量，约占塑料制品总产量的 20%，有近 50% 的薄膜用于包装。中国是全球最大的软包装消费市场，包装中复合包装和共挤包装薄膜的比例也超过软包装产量的一半。塑料软包装下游应用行业中，食品饮料是最大的应用约占 70%，塑料袋和农膜的用量都超过百万吨。食品硬包装里，聚酯瓶包装处于高速发展阶段，已占据中国饮料包装市场的主要份额，碳酸饮料包装中 PET 瓶的应用比例超过 50%。

1 中国塑料包装物的总量



2 中国已具有塑料包装物回收体系，并针对塑料包装物回收再生制定了相关的政策法规



包装的寿命较短，其包装功能的特别属性导致 80% 的包装在一次性使用后即被废弃，丢弃量非常大。国内塑料工业源回收率超过 95%，具有塑料回收再生价值链，对于全球贸易也起到重要作用。中国塑料再生行业也在此基础上，随着经济发展而逐渐形成规模经营，塑料再生利用量不断增加，且已形成全球最大的消费者后塑料回收再生市场，中国 2018 年废塑料回收量为 1830 万吨，废塑料回收率为 30%。中国废塑料处理设备和技术产业也随之发展出来，以中小企业居多，以其适用性强和经济性高形成产业优势。

中国政府自 2007 年起，相继制定了《再生资源回收管理办法》和《再生资源回收体系建设中长期规划（2015-2020 年）》。2016 年《关于加快我国包装产业转型升级发展的指导意见》中，提出到 2020 年初步建立包装废弃物循环再利用体系。2017 年《循环发展引领行动》中提出开展物流业包装标准化和分类回收利用试点。2017 年 5 月在《关于加快推进再生资源产业发展的指导意见》中专门制定鼓励废塑料再生政策，提出

到 2020 年国内产生的废塑料回收利用规模达到 2300 万吨。此外，还有相应的财政政策给予合规企业退税。

塑料包装很大部分是属于一次性塑料，在《循环发展引领行动》中提出要制定发布限制生产和销售一次性消费品名录及管理办法。2019 年 9 月，中央全面深化改革委员会办公室通过了《关于进一步加强塑料污染治理的意见》。2020 年 1 月，国家发展改革委、生态环境部公布《关于进一步加强塑料污染治理的意见》，意见明确提出到 2020 年，率先在部分地区、部分领域禁止、限制部分塑料制品的生产、销售和使用。目前对于一次性塑料政策比较完善的行业有农膜和农药包装以及电商快递行业。“无废城市”建设试点工作方案中，纳入一次性塑料规范，限制生产、销售和使用一次性不可降解塑料袋、塑料餐具，扩大可降解塑料产品应用范围。

此外，在塑料包装物回收标准方面，已制定一些关于进出口废塑料判定、产品污染控制、检验检疫及运输的标准。



© Global Warming Images / WWF

3 中国禁止进口洋垃圾政策打破传统塑料包装物回收系统



2017 年 7 月底，中国国务院办公厅印发《关于禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》，这项决定引发了全球塑料回收再生贸易的巨大变动，也促成中国塑料再生行业转型。这项政策改变了过去利用国外进口废弃塑料加工的状况，促使再生行业转向国内建立塑料回收体系。但随着回收成本和人力价

格的不断上涨，淘汰拾荒人群，环保规范化，以及上游原油价格的持续走低和化工行业产能的不断增加，形成再生塑料贵于原生塑料的局面，导致塑料再生产业失去仅靠依赖回收特定塑料品类所带来的再生价值的利润空间。之前由拾荒人群、市政垃圾清运体系和再生中小企业组成的塑料再生旧价值链将被打破。

4 中国在塑料包装物回收方面开始尝试转型和创新



国内很多企业已在可再生材料方面进行很多尝试。而从包装设计的源头来看，中国目前还没有关于塑料易再生设计的指南或标准，使得行业缺乏能力识别、分类和处理具有各种功能的包装，以有利于回收。此外，在塑料包装技术上还需要解决工艺上对环境污染问题。

回收技术上，物理回收占主导地位，化学回收还在研发阶段。但随着品牌商对于再生塑料需求的提升，高品质的回收以及瓶到瓶回收再生，在中国逐渐成为了新的应用领域。也对食品接触级回收材料等新需求的法规提出挑战。为实现循环经济，高价值再生应用开始出现，中国塑料再生行业开始构建增值再生价值链。中国企业的再生设备虽然由于原料来源复杂和回收渠道相对不完善，但在对原料的处理经验和相应解决方案的适应性上更占有优势。

中国在塑料袋、快递和电商包装、外卖包装物、PET 瓶、塑料编织袋、

EPS 泡沫塑料、生物基和可降解塑料等一次性塑料回收和再生方面都有很多应用和尝试。塑料包装全价值链过程中已开始一些创新，如食品饮料行业和电商行业，运用智慧解决方案实现全过程溯源。中国塑料循环产业园区也正在兴起。

由于塑料包装的产业链长及应用广泛，归属多个部门管理，比较分散，虽然建立了有关塑料包装和再生资源回收的系列政策和规划以及总体目标，在一些特定领域如农膜和电商物流已制定生产者责任延伸制示范和建立标准，但缺乏针对塑料包装物回收基本法规基础和生产者责任延伸制的体系。

同时，随着全球各国行动和各种联盟的形成，自 2018 年开始，中国塑料价值链中已开始出现新的参与者，包括聚合物公司和品牌企业。这些签署全球承诺的企业开始致力于构建闭环。塑料闭环正在企业、行业、全社会三个层次开始。

5

学习国际经验，中国塑料包装物回收需要与城市垃圾分类体系结合，同时又要具有独立性。中国塑料回收企业也可以走出去。



无论是美国、欧洲和亚洲，都有在塑料包装物回收再生成功的经验和教训，即采用生产者责任延伸制。欧洲有废弃物管理和塑料包装废弃物作为法律基础，美国是由各州立法实施。在城市垃圾回收体系中，塑料包装和其他再生资源作为单独的回收体系，费用是由生产者和城市进行负担。

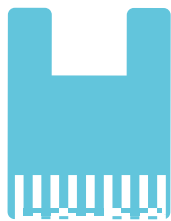
城市的垃圾分类对于减少废塑料进入填埋非常重要。中国城市生活垃圾产生量 2018 年达到 2.1 亿吨，无害化处置率很高，达到 99.4%。但仍以填埋方式为主，达到 60%，焚烧处理量占 38%，估算的废弃包装物已占到整个城市生活垃圾的 4%。城市废弃物中，厨余垃圾占 59%，已超过一半比例，干湿垃圾分类对于塑料包装物回收非常重要。

中国目前还没有成型的法律法规和回收目标，但已经在一些特定行业形成塑料包装品类回收。塑料包装品类非常广泛，可先对主要细分领域明确责任，构建不同闭环，这需要供应链的合作，需要生产企业和回收行业配合，培育包装回收商或者机构负责专门回收，作为未来生产者责任延伸制度实施的基础。我们应依照中国城市的实际情况和财务水平，探索具有中国特色的塑料包装物作为资源类废弃物独立回收体系。

中国在标准制定方面上看，应推动塑料包装物标准化、将减量化、可回收、易循环作为目标；在塑料包装回收技术、设备产业和实践应用上，中国塑料再生产业有一定优势，应与全球分享。

6

可降解塑料作为替代材料仍要考虑回收



目前，可降解塑料替代一次性塑料的风潮正在兴起。作为绿色环保的包装材料，中国可降解塑料产能目前大约为 40 万吨，仍远不能满足作为替代性材料的需求，价格高也是阻碍

其推广的问题之一。可降解塑料在工艺和性能上仍在不断完善，以满足包装的要求。但无论何种塑料最终都要面临回收处置的问题，既都需要建立回收基础设施。

中国已具有独特的塑料包装物回收模式，但整个链条缺失生产者和消费者的参与，要尽快做出改变。目前当务之急，是尽快建立回收再生目标，推动生产者责任延伸制度，将责任更多地向生产者转移，为塑料回收再生体系带来新的价值。

希望这份报告能让人们看到中国塑料包装行业的现状，帮助各相关方找到改变之路。

目 录

序 塑料何其多和塑料包装回收的全生命周期 10

第一部分 中国塑料包装物回收和再生利用现状 12

一 概述：塑料在中国的状况 14

二 塑料包装的产业链 16

三 塑料包装回收与再生的相关政策和标准 19

3.1 再生资源回收体系政策 19

3.2 循环经济和塑料再生行业政策 19

3.3 垃圾分类和无废城市 20

3.4 一次性塑料 20

四 标准 23

五 中国塑料包装的回收再生利用模式和探索 26

5.1 塑料包装废弃物 26

5.2 塑料包装与城市垃圾分类 27

5.3 中国塑料包装回收再生体系 30

5.4 塑料包装典型行业循环利用创新模式 34

六 技术和设备 38

6.1 包装设计 38

6.2 塑料分选技术 39

6.3 塑料回收再生技术 40

6.4 包装塑料回收再生应用案例 41

七 产业设备和园区 52

第二部分 塑料包装回收的国际经验 54

一 从线性到循环经济 56

二 法律法规和生产者责任延伸制 (EPR) 58

三 各国塑料包装回收体系 61

3.1 美国 61

3.2 加拿大 63

3.3 德国 63

3.4 比利时 64

3.5 日本 65

四 一次性塑料 67

第三部分 中国塑料包装物回收和再生行业面临的问题与挑战 68

一 需要明确塑料包装物回收再生责任和回收再生目标	70
二 构建循环经济闭环仍然尚待时日	71
三 塑料包装回收再生技术和标准水平尚待提高	72

第四部分 加强塑料包装物回收利用防止环境污染的政策建议 74

一 推动建立中国塑料包装生产者责任延伸制	76
二 构建塑料循环再生闭环体系	77
三 推动标准体系建设	77
四 加强国际合作，贡献中国智慧和力量	78
五 一次性塑料包装物的建议	79
六 寻求相关可替代、可循环塑料产品，推动行业绿色转型	79
七 加强公众教育，促进社区“净塑行动”	80

参考文献 87

附录 1	82
附录 2	83
附录 3	84
缩写表	85

序 塑料何其多和塑料包装回收的全生命周期

2018 年全球塑料生产量已达 3.59 亿吨^[1]。人类快速消费行为产生了大量的塑料废弃物，自 2010 年以来塑料废弃物的年增长率超过 3%。世界无法管理塑料废弃物，导致塑料的三分之一近 1 亿吨的浪费，成为陆地或海洋污染的来源^[2]。塑料与人类的生活

关系密切，为我们提供了食物、安全和便捷的生活，如每年用于服装的塑料约为 5000 万吨。新的生活方式的改变，也带来了新的塑料问题，如快递、外卖包装等增长迅速，中国人均快递量从 2000 年的 0.01 件增加到 2019 年的近 50 件。用于包装物的塑料占比最大（36%）^[1]，许多包装产品的寿命很短，不超过一年，还有很多是一次性塑料，如购物袋，食品包装和饮料瓶，因为它们的设计就是在处理之前仅使用一次^[2]。如果在废物管理的环节出现问题，这些一次性塑料有可能流入自然环境中，对海洋带来塑料污染。



塑料具有很强的环境、经济和社会影响，包括对渔业、贸易、旅游等行业。WWF 报告指出地球的土壤、淡水和海洋受到宏观、微观和纳米级的塑料污染，而减少塑料污染对于减少野生动植物死亡，保护自然生态系统，减缓气候变化都具有非常大的作用^[2]。2018 年，联合国环境署发布首个全球塑料现状报告，表明全球只有 9% 的塑料被回收，12% 被焚烧，79% 被填埋或随意丢弃^[3]。未能妥善分类或处理塑料导致废物被直接丢弃到垃圾填埋场或倾倒入自然界。

然而现实的情况是，塑料原料由于石油价格的下降变得越来越便宜，产量仍在不断增长，废塑料处理仍主要依靠焚烧，导致焚烧量不断增加，这既消耗大量的石油和天然气，又产生大量的温室气体排放和环境污染。另一方面，塑料回收成本在上升，再生塑料产品在与原生塑料相比时，质量和价格都不能显示出其对自然和社会的全生命周期成本^[2]，而使得再生行业难以为继。

为了避免塑料污染泄漏到海洋中，促进可持续发展目标 14.1，即到 2050 年，显著减少海洋污染特别是来自于陆地的活动包括海洋塑料碎片和富营养化污染，需要对塑料的全生命周期进行完善，包括生产者、塑料加工商、最终用户、政府和废物管理参与者，因为现有系统不能让这些行为者对其行为的负面后果负责，整个系统缺乏问责制，这导致了目前不可持续的塑料生产和增加塑料污染的状况^[2]。



2019 年，WWF 在全球发起“净塑自然”倡议。在中国，我们与政府、企业、公众携手共创净塑解决方案，致力于减少中国海洋塑料垃圾排放并树立中国在治理全球海洋塑料污染的地位。

中国作为最大的塑料生产国，2019 年初宣布人均 GDP 进入 1 万美元^[4]，然而中国垃圾分类体系尚在建立中，塑料回收利用率并不高，依赖高填埋率^[5]。为应对塑料带来的环境污染和对人民健康的危害，2017 年 7 月底，中国国务院办公厅印发《关于禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》，提出了规范洋垃圾入境与固体废物管理的要求。这项决定也引发了全球对于塑料回收再生巨大的变动，中国成为全球关注的焦点。2019 年，巴塞尔公约也通过了将废塑料列入跨境转移废弃物监管范围的修正案。2019 年 9 月，中央全面深化改革委员会通过了《关于进一步加强塑料污染治理的意见》，预示着应对塑料污染问题最强政策的到来。2020 年 1 月 16 日，国家发展改革委与生态环境部联合发布《关于进一步加强塑料污染治理的意见》，称为新版“限塑令”，提出到从 2020 到 2025 年不同阶段的禁止、限制和替代目标。各政府部门和地方政府都在开始不断强化这项工作。

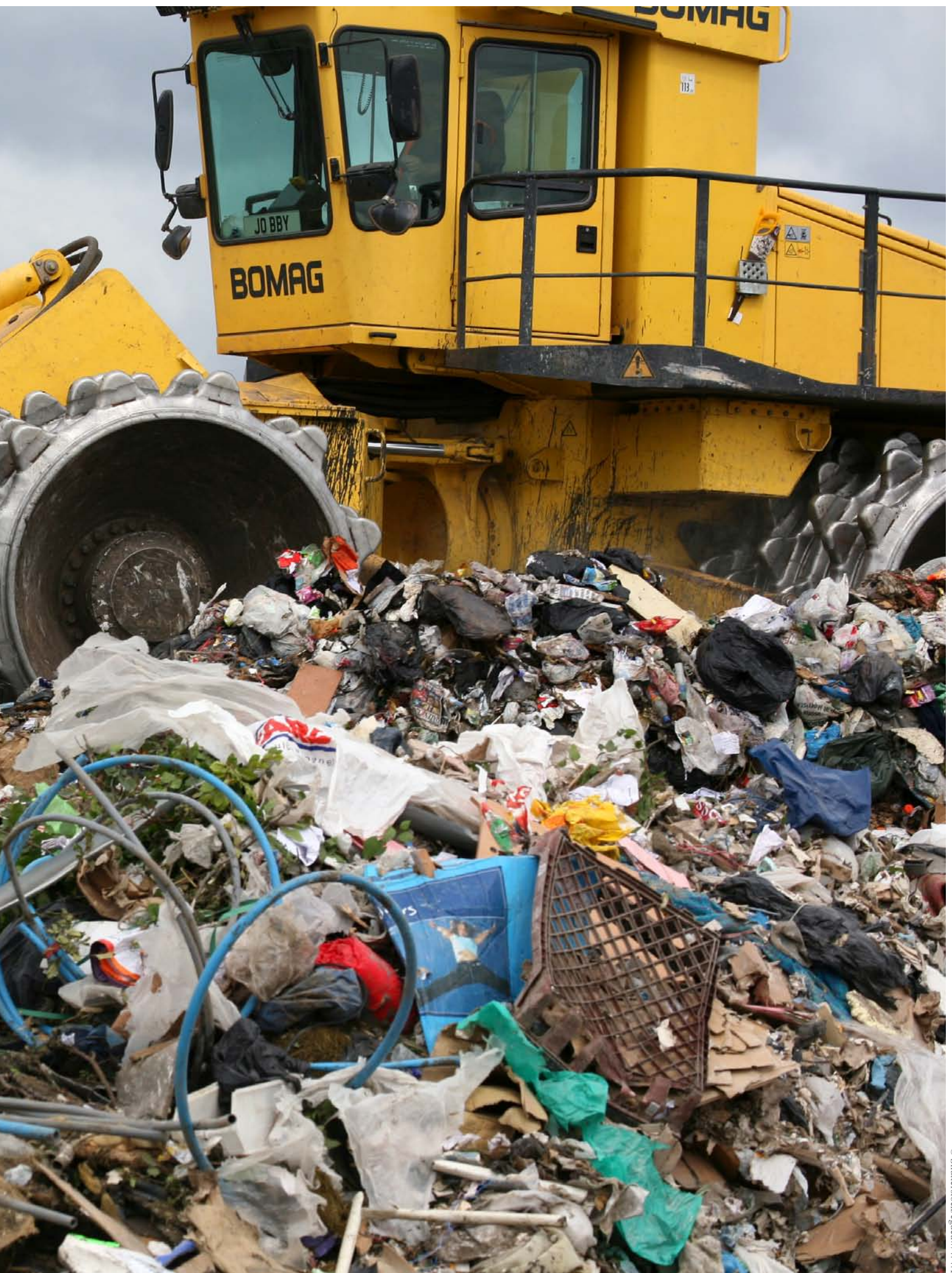
WWF 在《通过问责制解决塑料污染问题》报告指出，塑料全生命周期系统缺乏问责制导致塑料的三分之一成为废弃物。因此，报告从全生命周期分析来看待如何建立塑料的循环利用，提出要从各个环节找到驱动力和问题以建立问责制^[2]。实现“净塑自然”是非常必要的，这需要国际合作形成多边协议、落地计划、强有力的国内法律和商业设施，以便在塑料生命周期中适当地分配责任。

塑料成为污染的重要原因在于塑料作为一种特别的资源，发展中国家的废弃物管理体系不完善，前端大量生产，后端焚烧和填埋造成资源的浪费和对环境的污染，造成塑料价值链的不可持续性。生命周期的思想是用一种系统的方法来考虑塑料的环境影响，从生产、包装到广泛使用过程以及垃圾填埋，所产生的大气污染物、废水、固体废物的排放，此外还有前端对石油依赖，以及后端回收再生对于气候变化的影响，都包含在内。

在如火如荼的塑料行动面前，我们发现中国的塑料回收再生现状很少有一个全面的报告，特别是在塑料包装方面，作为全球最重的塑料生产国，对于国际了解中国和政策指导行业发展都很需要这项工作。在此背景下，我们针对中国塑料包装物，特别是一次性塑料的现状和解决方案进行了分析。在本报告编写过程中，我们与一次性包装物各产业链条各个环节的关键企业，石化产业的上游，即合成树脂行业，来自塑料制造及塑料包装应用等多个行业的行业协会专家，来自研究机构和大学的学者，也有塑料包装的生产商，快递和外卖的平台开展了多次会议和讨论。本报告在这些研究和实践的基础上总结而成，并参考了国际和国内相关报告和数据，并尝试从中国塑料包装的全生命周期的价值链入手分析中国塑料包装问题。

第一部分 中国塑料包装物 回收和再生现状





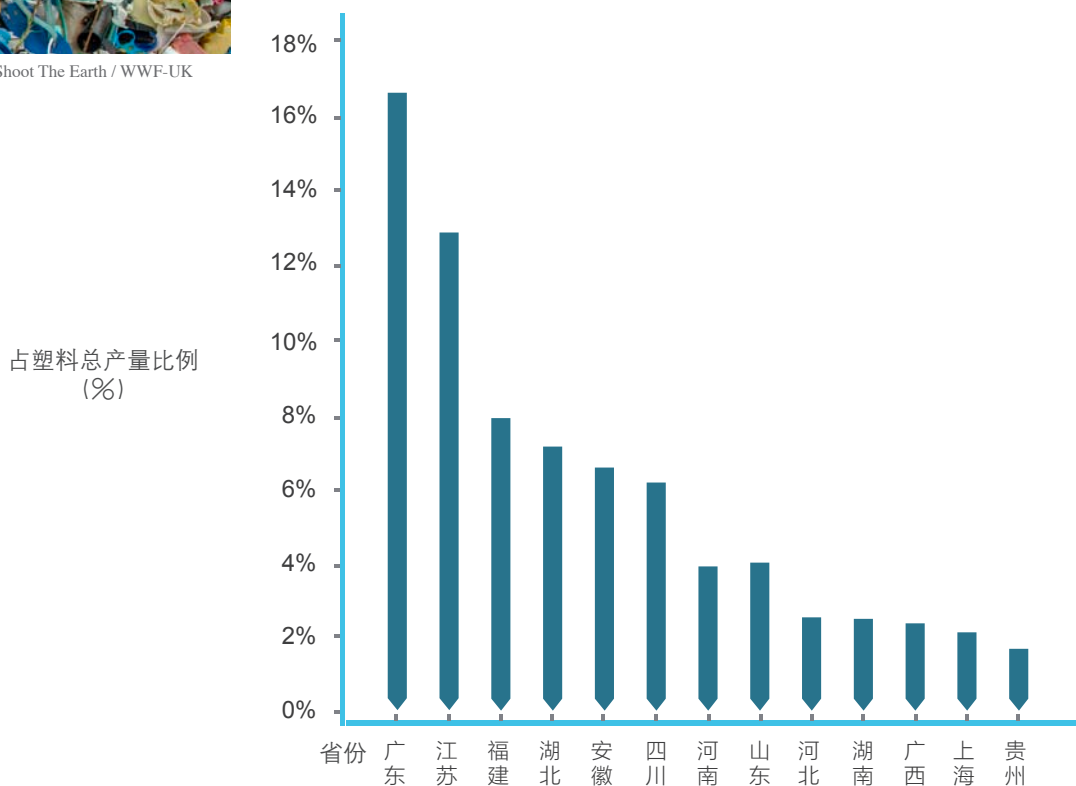
一、概述：塑料在中国的状况



© Georgina Goodwin / Shoot The Earth / WWF-UK

中国是全世界塑料生产和消费量最大的国家，以 2018 年为例，全世界的塑料产量是 3.59 亿吨，中国塑料产量相当于世界总产量的三分之一^[1]。2019 年中国塑料初级形态为 9574.1 万吨，塑料制品产量为 8184.2 万吨^[4]。塑料生产主要分布在珠三角和长三角，占总产量的近 40%（图 1）。

图 1. 中国塑料生产主要省和直辖市分布（2019 年）



中国已成为全球塑料包装大国，中国的塑料包装总产值自改革开放 40 多年来以年均 15% 以上的速度快速增长。中国塑料包装行业总营业收入约为 4300 亿元人民币，其中软塑薄膜包装大约 2700 亿元，硬质塑料容器大约 1600 亿元，占整个包装行业的 40%。而在整个塑料工业中，塑料包装占比一直在 30% 左右^[6]。塑料包装的使用范围不断增加，已发展成为门类比较齐全，既能基本满足国内市场需求，又具有一定国际竞争能力的产业^[5]。

塑料包装的优点主要包括：质量轻、电绝缘性能好、不透水、不透气，化学稳定性较好，可塑性良好，在一定的温度和压力条件下，使包装的造型更符合设计要求。塑料包装应用领域广泛，在食品、饮料、日用品、大宗化学品、农业生产中等各个领域发挥着不可替代的作用。从包装行业发展趋势看，塑料包装将是未来最主要的发展趋势。我们不仅看到了塑料给人们生活带来的价值和便利，同时也关注到了它导致的负面影响。特别是在海洋污染及对生物多样性的破坏等方面。塑料废弃物的污染形势在变化，80、90年代提出的白色污染，指的是视觉上的污染，现在的塑料污染对于人类来说，已经从传统的非直接污染，变成了一种直接接触式的污染。

关于塑料的危害程度，以及对生态环境的影响程度，从2000年之后，国际上科学界开始关注海洋中存在的垃圾现象。根据2015年Jambeck发表在《Science》上的文章，2010年从全世界192个沿海国家估算量大约400-1270万吨的塑料通过各种形式排放到海洋当中^[7]。这些塑料进入海洋后，在洋流的作用下，在日本的东部和美国夏威夷的西部，形成了两大海洋垃圾带，美国夏威夷的垃圾带大概有7.9万吨的塑料漂浮在这个区域，其中占总质量四分之三的杂物都大于5厘米，而46%是渔网这一类的塑料废弃物。2020年10月30日美国科学家等最新发表在美国科学杂志子刊《Science Advance》论文中的数据，显示2016年美国是世界上所有国家中产生塑料垃圾数量最多的国家，排入沿海环境中未合理管控塑料垃圾量可能高达145万吨，排在世界第三位，其中部分流入海洋^[8]。

此外，随着塑料大量泄漏到自然环境中，新的问题出现了。Thompson等（2004年）在《Science》发表另外一篇文章提出微塑料的概念^[9]。微塑料在海洋、土壤、空气中存在，以及在低等生物体内发现微塑料，虽然目前尚缺乏明确的结论，但引发了对海洋物种、生物健康和土壤环境的关注。关于微塑料目前国际上还没有一个公认和标准的定义，现在通指小于五毫米的塑料微粒。食盐当中发现有一些微塑料，另外在一些海洋或者是海洋浮游生物当中，也发现有微塑料的存在。中国科学家对长江、黄河两大生态流域的水环境也做了一些调查。长江和黄河水环境当中，都有微塑料存在^{[10],[11]}

二、塑料包装物的产业链

塑料包装物在中国应用范围较广，包装塑料占总产量的近 50%。塑料包装的产业链主要可以分为三大部分，上游是塑料包装的原材料提供商，提供塑料包装原材料合成树脂和塑料助剂，中游多为塑料制品企业，下游为塑料包装的应用行业。

应用在包装上最常见的塑料材料包括聚丙烯（PP），聚乙烯（PE）等热塑性塑料，2018 年 PE（1583.48 万吨）和 PP（2092 万吨）产量^[12] 约占塑料总量的 42%^[4]。从品种来说，塑料薄膜类是主要的用量，产量约占塑料制品总产量的 20%，包装用塑料制品的一半用于薄膜占 49.6%，是塑料制品中产量增长较快的类别之一，产量从 2015 年的 2000 多万吨增长到 2018 年的将近 3000 万吨（表 1），聚乙烯（PE）薄膜占到 65.2%，其中高密度聚丙烯（HDPE）占比约为 42.73%，线性低密度聚乙烯（LLDPE）为 39.97%，低密度聚乙烯（LDPE）占比约为 17.29%（图 2）^[13]。

塑料包装产品主要可分为硬包装（Rigid Plastics）和软包装（Flexible Plastics），硬包装主要是指塑料桶、塑料瓶、塑料盖等塑性产品，软包装主要是指塑料软管、塑料袋等无定型产品。还有复合软包装，即用两种以上不同性质的材料复合形成的柔性包材、组成能充分发挥各组份材料优点的新型高性能包装。软包生产的能耗与污染物排放量低于金属与玻璃包装，正在替代其他包装形式。

中国已是全球最大的软包装消费市场，中国塑料加工工业协会数据表示 2018 年复合膜软包装产量约为 400 万吨^[14]。流延聚丙烯薄膜（CPP）、双向拉伸聚丙烯薄膜（BOPP），双向拉伸聚酯薄膜（BOPET）主要用于复合包装，具有强度高、刚性好、透明、光泽度高等特点；无嗅、无味、无色、无毒、突出的强韧性。塑料软包装行业细分产品产量较大的是 BOPP，BOPP 一般为多层共挤薄膜，是由聚丙烯颗粒经共挤形成片材后，再经纵横两个方向的拉伸而制得。共挤包装薄膜，适用于饮料、牛奶、鲜肉等食品包装的发展。但共挤膜之间还有粘合剂等多层材料，这也给后端回收再生带来更多挑战。

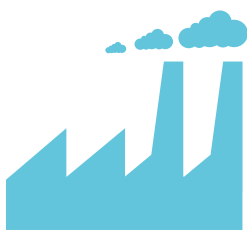
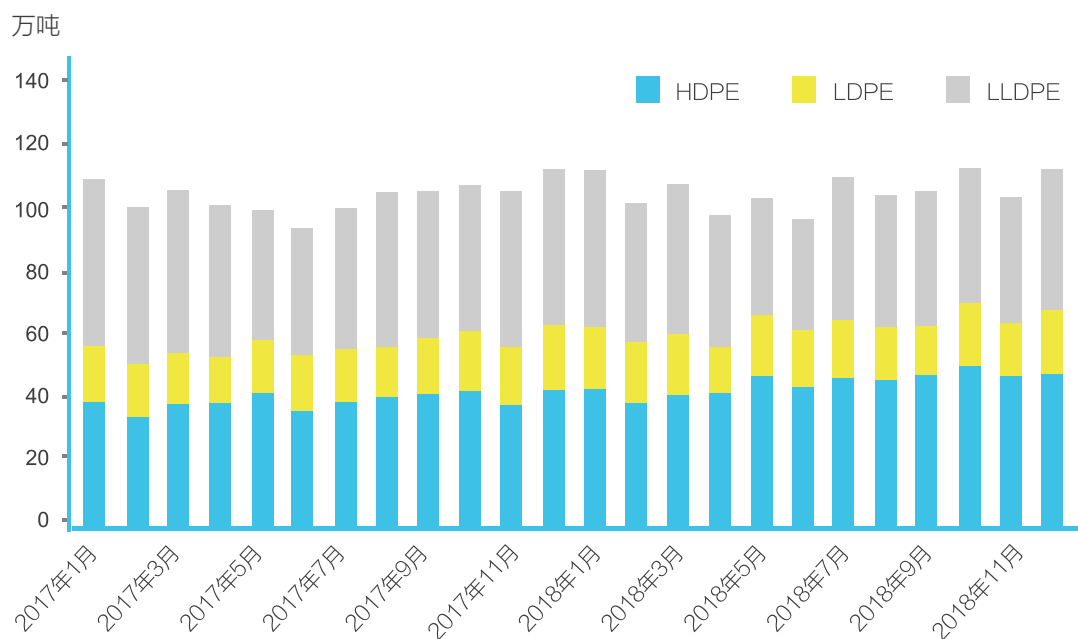


图 2. 2017-2018 年中国 PE 产量分项对比图

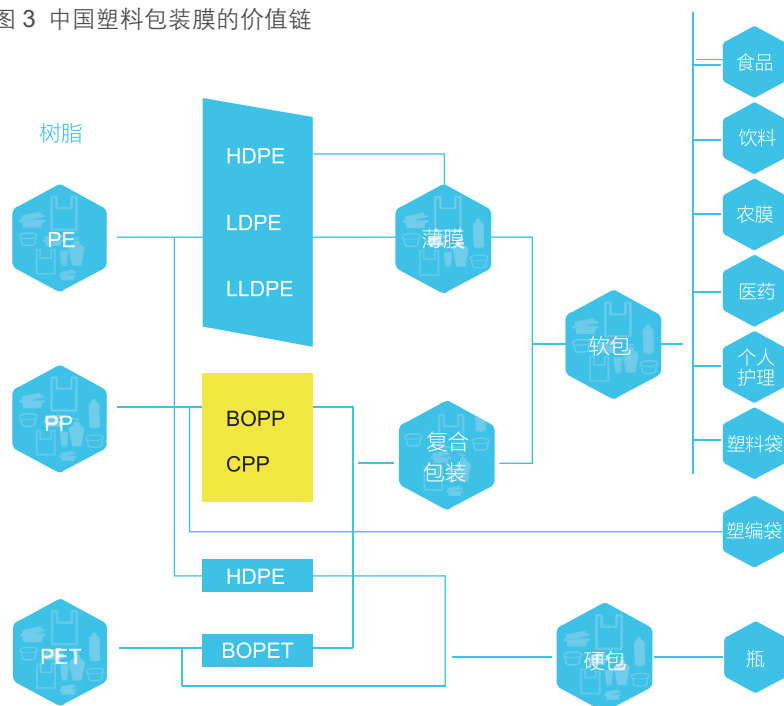
表 1. 2018 年塑料包装材料主要产品用量^[15]

名称	用量（万吨）
包装用塑料制品	5560
包装用塑料薄膜（含以下）	2760
PE 薄膜	1800
BOPP 薄膜	430
CPP 薄膜	120
镀铝膜	80
BOPET 薄膜	230
PVC 薄膜	100
塑料编织制品	1600
包装箱及容器	800
包装用泡沫塑料	300
包装用人造革合成革	20
包装用板片材	80

塑料软包装的下游行业包括食品和饮料、个人护理、家庭护理、电子电器信息制造业、医药用品、农业用塑料薄膜和汽车^[16]。从软包装行业应用结构来看，最大的应用是食品饮料，占软包总消耗量的 70% 左右，食品使用是增长速度最快的行业，肉、鱼、家禽类是食品领域使用软包装最大的部分，其次是糖果和焙烤食品。紧随其后的是饮料和医药行业。塑料软包装在医药行业的应用也具备巨大发展潜力，因其强度高、阻隔性好、质轻携带方便、透明等许多特性。除此之外，中国是世界上第一大果蔬生产和销售大国，聚乙烯薄膜和聚丙烯薄膜是新鲜水果蔬菜应用最广的包装材料。2015 年塑料购物袋占到全部塑料软材料的 12%，大约为 196 万吨^[17]。近年来，农用薄膜在塑料薄膜行业的地位举足轻重，发展迅速，占比将近三分之一，达到 197.3 万吨^[14]。农用薄膜产能严重过剩，出现这一现状是因为农用薄膜的产品结构不合理。中国高档农膜仅占农膜总产量的 2%，中档农膜占 20%，低档农膜则占 78% 左右，在低档市场上已出现明显的供过于求的现象^[18]。聚丙烯产品中编织袋占 PP 的 40% 左右。塑料目前在电商以及餐饮外卖等领域也广泛应用，显示出交叉及多行业集成应用的行业特质。

硬包装材料包括 PET，PP，HDPE，LDPE，PS 和 PVC。食品硬包装里，PET 是用量最大的聚酯，其市场需求增幅高于食品塑料硬包装总的增幅。从世界各饮料大国的市场份额来看，PET 瓶装所占的份额都超过了 70%。2018 年全球 PET 瓶级利用量大约为 1750 万吨，中国占全球约 50%^[19]。目前，我国也正处于 PET 饮料包装的高速发展阶段，聚酯瓶的需求量每年以两位数的速度增长。国内碳酸饮料包装中 PET 瓶的应用比例占 57.4%^[20]，聚酯瓶包装已占据国内饮料包装市场的主要份额。

图 3 中国塑料包装膜的价值链



三、塑料包装回收与再生的相关政策和标准

3.1 再生资源回收体系政策

包装工业已位列中国 38 个主要工业门类的第 14 位，塑料包装是包装五大子行业之一。



包装工业已位列中国 38 个主要工业门类的第 14 位，塑料包装是包装五大子行业之一。废塑料同其他金属、玻璃、纸等属于物资再生行业，归属管理部门涉及

多个部委和行业协会，比较分散，政策上也主要是指导性和规划性政策。

2007 年，商务部、发展改革委等 6 部门发布了《再生资源回收管理办法》；2011 年，国务院办公厅印发《关于建立完整的先进的废旧商品回收体系的意见》；2015 年，商务部等 5 部门发布了《再生资源回收体系建设中长期规划（2015—2020 年）》。规划文件中指出社会上普遍存在把再生资源等同于“垃圾”的错误认知，对再生资源回收工作不够重视，没有在源头上做好分类，在一定程度上增加了后端回收成本；各方责任不清晰；除对废弃电器电子产品回收处理建立了基金制度外，其他品种尚未明确相关制度要求；政策配套性不强。

2016 年 12 月工业和信息化部与商务部发布《关于加快我国包装产业转型发展的指导意见》，提出到 2020 年，初步建立包装废弃物循环再利用体系。重点推行减量和生态设计，着力加强包装废弃物综合循环利用技术的研发与应用，全面提升绿色包装应用与创新水平。满足包装产业全产业链、全生命周期、全溯源链的计量测试需求。

3.2 循环经济和塑料再生行业政策

自 2016 年起，关于循环经济的政策逐步加强。2017 年 5 月发改委发布《循环发展引领行动》，提出主要目标和指标，包括到 2020 年，主要资源产出

率比 2015 年提高 15%，主要废弃物循环利用率达到 54.6% 左右；开展物流业包装标准化和分类回收利用试点，实施原料替代战略，引导生产企业加大再生原料的使用比例；分类发布再生产品和再生原料标准和目录，建立再生产品（再制造产品）政府优先采购制度；并提出建立监管体系，建立企业循环经济信用评价制度，将企业履行生产者责任延伸制度信息、资源循环利用企业安全环保信息、再生产品和再制造产品质量信息等纳入全国信用信息共享平台。

2017 年 10 月发改委发出《关于推进资源循环利用基地建设的指导意见》，

提出必须加快国内固体废弃物回收利用体系建设，建立健全生产者责任延伸制，推进城乡生活垃圾分类。



明确了资源循环利用基地包括废塑料、快递包装物、废玻璃、生活垃圾，与城市垃圾清运和再生资源回收系统对接；目标为到 2020 年，在全国范围内布局建设 50 个左右资源循环利用基地，基地服务区域的废弃物资源化利用率提高 30% 以上。

在鼓励再生塑料行业发展方面，2017 年 5 月工业和信息化部、商务部、科技部联合发布《关于加快推进再生资源产业发展的指导意见》针对于废塑料行业，提出相关的改革措施，包括：大力推进废塑料回收利用体系建设，支持不同品质废塑料的多元化、高值化利用。目标为到 2020 年，国内产生的废塑料回收利用规模达到 2300 万吨。

在财政激励政策方面，2015 年财政部发布《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》，规定对于通过 ISO9000、ISO14000 认证的企业，其生产产品原料 70% 来自于废塑料、废旧聚氯乙烯（PVC）制品、废铝塑（纸铝、纸塑）复合纸包装及再生塑料，给与 50% 退税比例。

3.3 垃圾分类和无废城市

2017 年 7 月国务院发布《禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》引发了全球的塑料风云变动。同时也提出必须加快国内固体废弃物回收利用体系建设，建立健全生产者责任延伸制，推进城乡生活垃圾分类，提高国内固体废弃物的回收利用率，到 2020 年，将国内固体废弃物回收量由 2015 年的 2.46 亿吨提高到 3.5 亿吨。

2017 年发改委和住建部发布《生活垃圾分类制度实施方案》，要求在全国 46 个城市先行实施生活垃圾强制分类。2019 年初国务院就发布了《“无废城市”建设试点工作方案》，提出到 2020 年，系统构建“无废城市”建设指标体系，探索建立“无废城市”建设综合管理制度和技术体系。《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（简称《固废法》），2020 年 4 月发布了新修订的固废法，已经写入了生活垃圾分类制度。

3.4 一次性塑料

对于一次性塑料，在《循环发展引领行动》提出，制定发布限制生产和销售的一次性消费品名录及管理办法，对纳入目录的产品实行分类管理，制定完善限制一次性消费品的相关政策；支持研发可重复使用的替代产品；研究制定一次性产品的生态设计标准，提高回收利用率。

在“无废城市”建设试点工作方案中，将一次性塑料的使用规范纳入其中，限制生产、销售和使用一次性不可降解塑料袋、塑料餐具，扩大可降解塑料产品应用范围；加快推进快递业绿色包装应用，到 2020 年，基本实现同城快递环境友好型包装材料全面应用；在宾馆、餐饮等服务性行业，推广使用可循环利用物品，限制使用一次性用品；创建绿色商场，销售绿色产品、提供绿色服务的绿色流通主体。



© Shutterstock/gedaw/WWF

推广使用可循环利用物品，限制使用一次性用品；创建绿色商场，销售绿色产品、提供绿色服务的绿色流通主体。



2019年9月，中央全面深化改革委员会办公室办通过了《关于进一步加强塑料污染治理的意见》。2020年1月19日，国家发展改革委、生态环境部公布《关于进一步加强塑料污染治理的意见》，以下简称“意见”。意见明确到2020年，率先在部分地区、部分领域禁止、限制部分塑料制品的生产、销售和使用。我国将按照“禁限一批、替代循环一批、规范一批”的思路，加强塑料污染治理。2020年4月，发改委发布《禁止、限制生产、销售和使用的塑料制品目录（征求意见稿）》并面向社会公开征求意见。

目前对于一次性塑料政策比较完善的行业是农膜和农药包装。2016年5月环境部《土壤污染防治行动计划》（土十条）提出“到2017年底前，出台农药包装废弃物回收处理、工矿用地土壤环境管理、废弃农膜回收利用等部门规章；到2020年，土壤污染防治法律法规体系基本建立。”2017年5月，农业部发布《农膜回收行动方案》，在甘肃、新疆和内蒙古启动建设100个地膜治理示范县，通过2-3年的时间，实现示范县加厚地膜全面推广使用、回收加工体系基本建立、当季地膜回收率达到80%以上，率先实现地膜基本资源化利用。2018年11月发改委发布《关于加快推进长江经济带农业面源污染治理的指导意见》，再次提到加强地膜等废弃物处理利用，推进地膜捡拾机械化，推动废旧地膜回收加工再利用；开展全生物可降解地膜研发和试验示范；加强用化学包装废弃物回收处理；建立政府引导、企业主体、农户参与的回收利用体系；推广应用标准地膜，禁止生产和使用厚度低于0.01毫米的地膜；到2020年，重点用膜区当季地膜回收率达到80%以上。2020年9月1日起，《农用薄膜管理办法》开始实施，将对农膜的生产、销售、使用、回收、再利用及监督等环节予以规范。同时，在一些回收试点区和回收率较高的地区，农膜回收利用的良性机制也在逐渐形成。“无废城市”建设试点工作方案又一次将农膜和农药包装物放入其中，按照“谁购买谁交回、谁销售谁收集”原则，探索建立农药包装废弃物回收奖励或使用者押金返还等制度，对农药包装废弃物实施无害化处理。

此外还有快递行业。2017年11月，国家邮政局与国家发改委、科技部、工信部、环保部、质检总局、中国国家标准化管理委员会等十部门联合印发了《关于协同推进快递业绿色包装工作的指导意见》。2018年，国家邮政局发布《快递业绿色包装指南（试行）》要求深入推进快递绿色包装工作逐步实现包材减量化再利用。

表 2. 相关塑料回收的政策汇总

机构	政策
再生资源回收政策	
商务部，发改委等 6 部门	2007 年发布，2019 年 12 月修订 《再生资源回收管理办法》
国务院办公厅	2011 年 10 月 《关于建立完整的先进的废旧商品回收体系的意见》
商务部	2015 年 1 月 《再生资源回收体系建设中长期规划（2015——2020 年）》
工业和信息化部 and 商务部	2016 年 12 月 《关于加快我国包装产业转型发展的指导意见》
循环经济政策	
发改委	2017 年 5 月 《循环发展引领行动》
发改委	2017 年 10 月 《关于推进资源循环利用基地建设的指导意见》
财政部	2015 年 6 月 《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》，
工业和信息化部、 商务部、科技部	2017 年 5 月 《关于加快推进再生资源产业发展的指导意见》
国务院	2017 年 7 月 《禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》
发改委、住建部	2017 年 3 月 《生活垃圾分类制度实施方案》
国务院	2018 年 12 月 《“无废城市”建设试点工作方案》

一次性塑料政策

农业部、工业和信息化部、 生态环境部、市场监管总局	2020 年 7 月 《农用薄膜管理办法》
中央全面深化改革委员会办公室	2019 年 9 月 《关于进一步加强塑料污染治理的意见》
国家发展改革委、生态环境部	2020 年 1 月 19 日 《关于进一步加强塑料污染治理的意见》
环境部（土十条）	2016 年 5 月 《土壤污染防治行动计划》
农业部	2017 年 5 月 《农膜回收行动方案》
国家邮政局与国家发改委、科技部、 工信部、环保部、质检总局、中国 国家标准化委员会等十部门	2017 年 11 月 《关于协同推进快递业绿色包装工作的指导意见》
国家邮政局	2018 年 12 月 《快递业绿色包装指南（试行）》
发改委	2018 年 11 月 《关于加快推进长江经济带农业面源污染治理的指导意见》
上海	2019 年 1 月 《上海市生活垃圾管理条例》
海南	2019 年 12 月 《海南经济特区禁止一次性不可降解塑料制品规定》

四、标准

根据国家《标准化法》的规定，由国标委（SAC）统一管理全国标准化工作。各部委、各行业也发布相关行业标准。国家负责塑料回收再生的标准发布单位主要有：国家质量监督检验检疫总局，生态环境部，国家进出口商品检验局。环境部发布的标准针对的内容主要是废塑料及回收改性料在流通过程中的污染控制和环保监督管理的相关要求。质检总局发布的标准内容较为全面，主要是针对废塑料及回收改性料的检验检疫要求，抽检方法及结果的判定及处置方案。对废旧塑料判定方法及包装运输也有部分规定，如 GB/T 20861-2007《废弃产品回收利用术语》。

表 3-1. 环境部发布的标准:

(GB 代表国家标准; SN 代表商检标准; HT 代表环保标准; BB 代表包装标准)

GB 16487.12-1996	《进口可用作原料的固体废物环境保护控制标准—废塑料》
HJ/T364-2007	《废塑料回收与再生利用污染控制技术规范 (试行) 》

表 3-2. 质检总局发布的标准:

SN/T1791.1-2006	《进口可用作原料的废物检验检疫规程 第 1 部分: 废塑料》,
SN/T2298.1-2009	《进口可用作原料的废物检验检疫 通用标准 第 1 部分: 术语和定义》
SN/T2298.3-2009	《进口可用作原料的废物检验检疫通用标准 第 3 部分: 卫生除害通用技术要求》

对废旧塑料判定方法及包装运输也有部分规定

SN/T2928.1-2011	《废旧高分子材料种类的判定方法 第 1 部分: 废旧塑料》
SN/T 3059-2011	《危险货物运输包装 回收塑料》
GB/T 20862-2007	《产品可回收利用率计算方法导则》
GB/T 23685-2009	《废电器电子产品回收利用通用技术要求》
GB/T 20861-2007	《废弃产品回收利用术语》
GB/T 27611-2011	《再生利用品和再制品通用要求及标识》
SN/T 2740- 2010	《进口再生塑料原料中污染物的分离与鉴定方法》
SN/ T 2928.1-2011	《废旧高分子材料种类的判定方法 第 1 部分: 废旧塑料》

再生利用制品的通用要求及标示

GB/T 21097.1-2007	《家用和类似用途电器的安全使用年限和再生利用通则》
GB/T 29645-2013	《塑料 聚苯乙烯再生改性专用料》
GB/T 35262-2017	聚氯乙烯塑料回收料的表征特性及检测方法
GB/T 37547-2019	废塑料分类及代码 (实施时间 2019-12-01 起)
GB/T 38082-2019	生物降解塑料购物袋 (实施时间 2020-05-01 起)
GB/T 37866-2019	绿色产品评价 塑料制品 (实施时间 2020-03-01 起)

表 3-3. 国家进出口商品检验局:

GB/T 16288-1996	塑料包装制品回收标志
GB/T 5737-1995	食品塑料周转箱
HJ/T 209-2005	环境标志产品技术要求 包装制品
BB/T 0043-2007	塑料物流周转箱
BB/T 0044-2007	包装容器 塑料农药瓶

表 3-4. 国家邮政总局:

GB/T 16606-2018	《快递封装用品》
GB/T 37099-2018	《绿色物流指标构成与核算方法》
GB/T 37102-2018	《物流园区绩效指标体系》
GB/T 37106-2018	《托盘单元化物流系统 托盘设计准则》

表 3-5. TC15 全国塑料标准化技术委员会

下设分委会 (SC)



(图片出处: <http://std.samr.gov.cn/search/orgDetailView?tcCode=TC15>)

TC15 是全国塑料标准化技术委员会, 专门负责塑料和树脂行业的国家标准和行业标准的制定和修订。在塑料再生标准领域, 标准工作刚起步, 2019 年开始开展再生塑料颗粒国家标准制定工作。

国标委对 2009 年发布的 GB/T 16606《快递封装用品》系列国家标准进行修订, 增加了绿色环保和循环利用要求等内容, 于 2018 年 2 月发布了 GB/T 16606-2018《快递封装用品》系列国家标准, 并于 2018 年 9 月 1 日正式实施。在《快递封装用品第 3 部分: 包装袋》参照国际上对于生物降解塑料的有关标准要求, 提出了生物降解性能指标。增加包装循环使用的要求。2019 年 7 月正式实施的物流国家标准《绿色物流指标构成与核算方法》(GB/T37099-2018)、《物流园区绩效指标体系》(GB/T 37102-2018)、《托盘单元化物流系统 托盘设计准则》(GB/T 37106-2018) 三项国家标准已于 2018 年 12 月 28 日经国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会批准发布, 并于 2019 年 7 月 1 日正式实施。

五、中国塑料包装的回收再生模式和探索

5.1 塑料包装物废弃物

包装的寿命较短，80% 的包装在一次性使用后即被废弃，丢弃量非常大^[21]，由于塑料的难降解性和我国一次性塑料较低的回收再生率，成为亟待解决的环境问题。目前关于一次性塑料污染的问题，主要在于塑料包装产生的问题。

塑料废弃物回收按照不同流程，ISO14021 定义消费前和消费后回收材料如下：（pre-and post-consumer recycled materials）：

消费前材料（Pre-Consumer Material）：在制造过程中的废物流中产生材料。不包括材料的再利用，如在一个过程中产生的、能够在产生它的同一过程中回收的返工、再研磨或废料。这也可以称为工业后再生（Post-Industry Recycling, PIR）。

工业废料即消费者前材料是直接可以从线上生产出来的边角料，或者是一些建筑用地产生的工业用的边角料。对于工业废料：闭环回收，利润高。欧美国家内部回收系统做得好，大部分处理的是工业废料，直接从工厂或建筑工地回收的废料，基本上无需再分拣，直接交给回收商，很容易回收再利用。利润可达到 30%。其他的生活废塑料因需要人工去做分类欧美没有处理，2018 年之前基本低价出口到亚洲或者填埋。中国工业源回收率超过 95%，企业目前能做到的是 PIR，即供应链管理中的零废弃。

消费后材料（Post-consumer material）：从家庭或商业、工业和机构设施作为产品最终用户所产生的材料，不能再用于预期的用途。这包括从分销链返回的材料，这也被称为消费者后回收物。

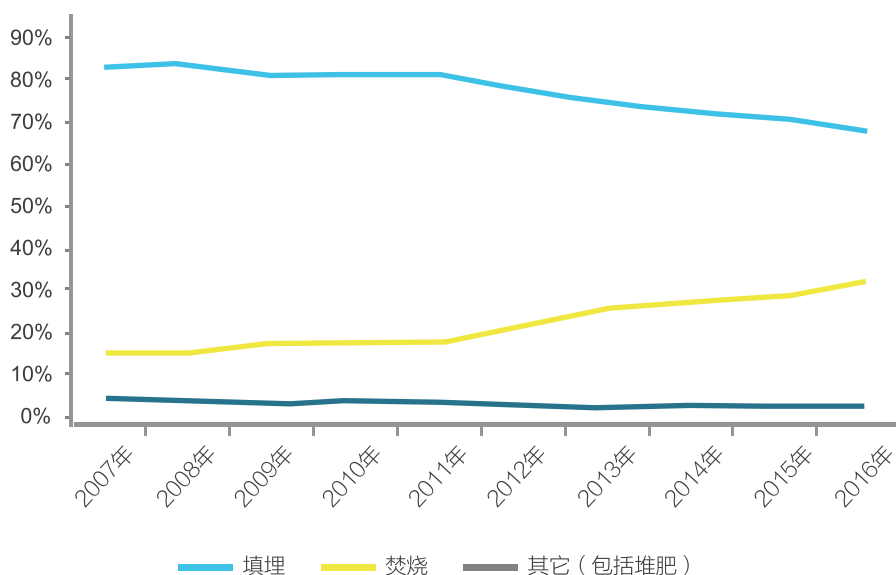
消费后回收 PCR（Post-consumer recycling）：PCR 是指生产者回收消费后的产品，再进行使用，是针对 PIR 而言。这是目前包装回收中主要的问题。PCR 塑料回收对于包装再生是一个非常大的挑战，因为要涉及回收体系。塑料包装废弃物需要由消费者进行分类，放进不同的容器。在中国，目前还没有塑料独立回收体系。



5.2 塑料包装与城市垃圾分类

由于中国之前没有建立垃圾分类治理的法律制度，导致市政垃圾中大量的包装废弃物没有资源化利用。在中国生态环境部公布《2019 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》中显示^[22]，2018 年，200 个大、中城市生活垃圾产生量 21147.3 万吨，处置量 21028.9 万吨，处置率达 99.4%。我国城市生活垃圾无害化处理仍以填埋方式为主，填埋处理量 16,779.92 万吨，焚烧处理量 7,956.57 万吨，其他（包括堆肥）处理量 617.76 万吨（2016 年数据）（图 4）。

图 4. 2007—2016 年我国生活垃圾无害化处理情况



原图出处：<http://huanbao.bjx.com.cn/news/20190730/996199.shtml>



城市垃圾废弃物中，餐余垃圾占比超过一半占 59%，塑料占 12%，纸类占 9%（图 5）^[22]。包装塑料又占塑料的 31%，由此推导出废弃包装物至少约占到城市生活垃圾的 4%，约为 840 万吨。

垃圾焚烧目前占城市垃圾处置比例为 38%（图 6）在垃圾未分类前，其中废塑料焚烧量约为 957 万吨，填埋量约为 1512 万吨。塑料在垃圾中虽然占比较低，但以其较高的热值贡献了焚烧发电量的 52.3%（图 7）。因此，干湿垃圾的分类对于减少塑料的填埋非常重要。

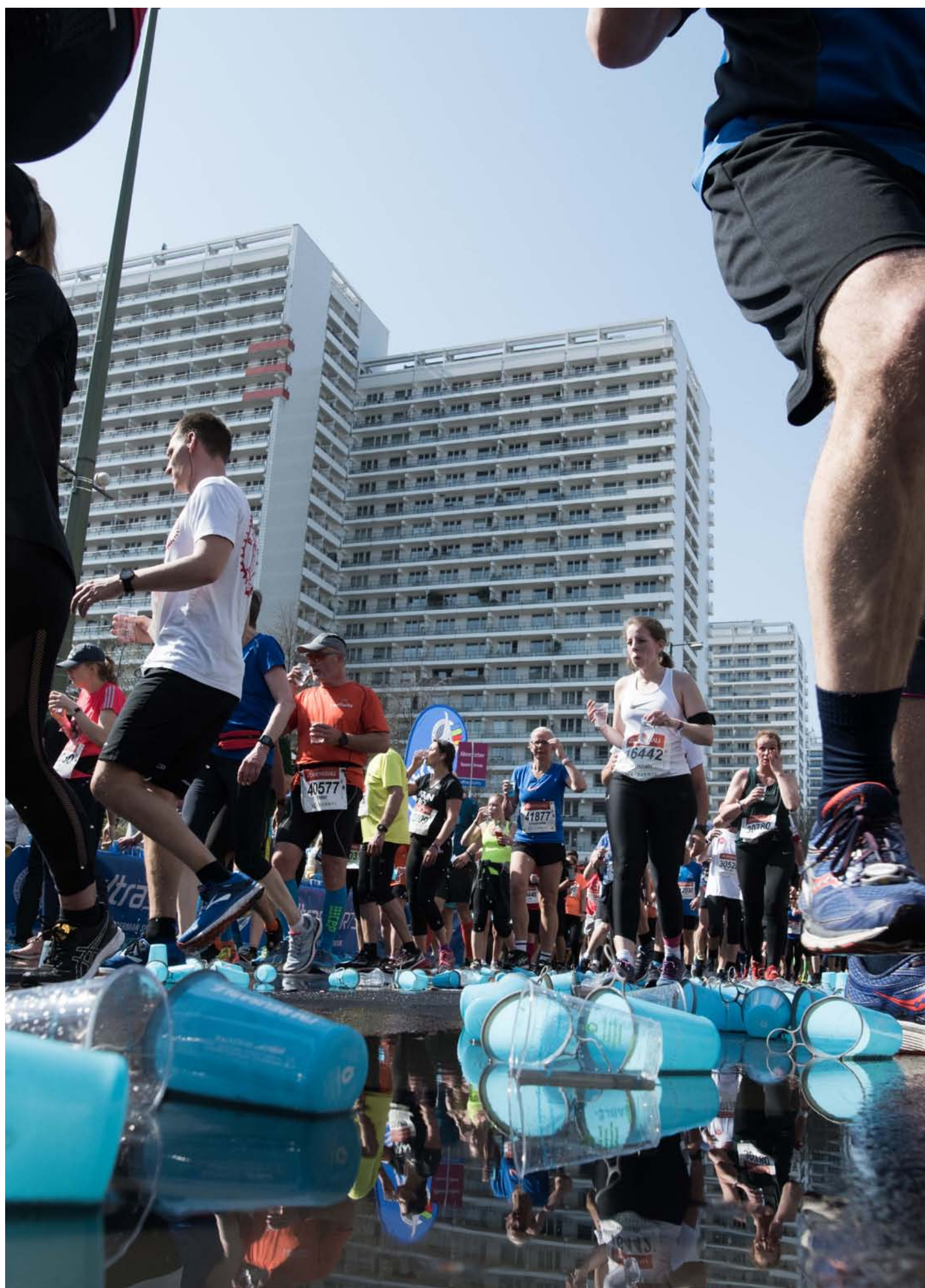


图 5. 城市废弃物组成 (资料来源: 中国产业信息网, 我国垃圾处理现状及垃圾分类行业发展趋势分析^[23])

■ 餐余 ■ 塑料 ■ 纸类 ■ 玻璃
■ 织物 ■ 木材 ■ 金属 ■ 其它

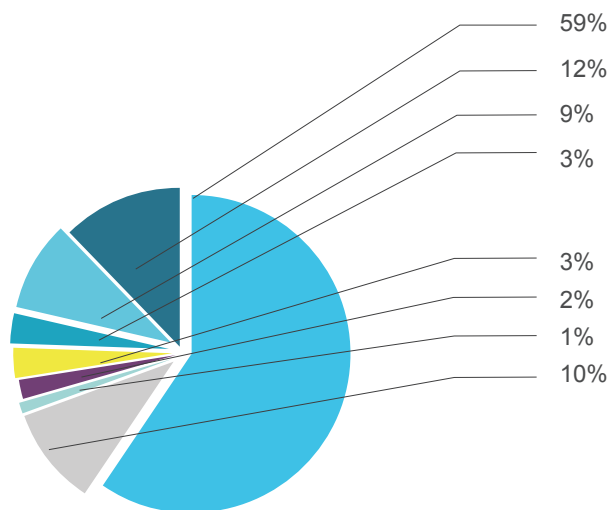


图 6. 市政垃圾处理的方式

■ 填埋 ■ 焚烧 ■ 其它

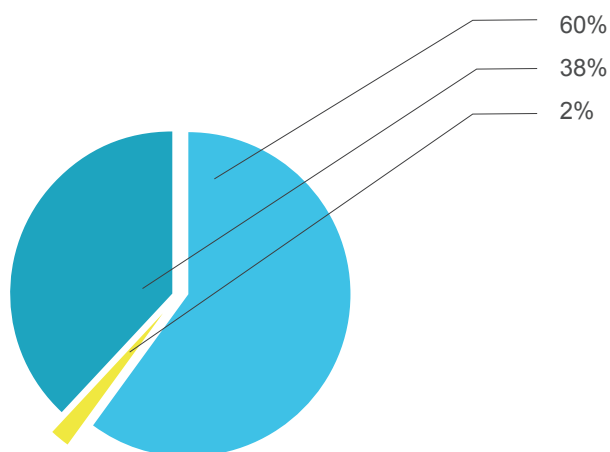
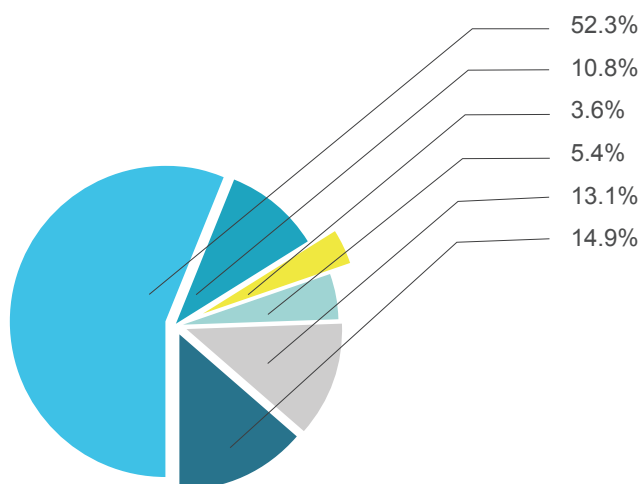


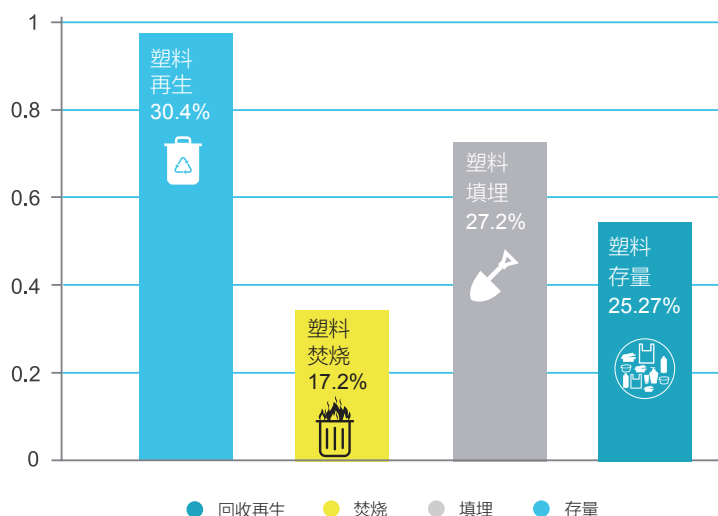
图 7. 单位质量垃圾中各组分发电量占比 (%)

■ 塑料 ■ 餐余 ■ 木材
■ 织物 ■ 其它 ■ 纸类



塑料回收量一般不包括在城市垃圾中（图8）。因此，中国的塑料回收率如包括焚烧量约为46%（图8），其中很大一部分是一次性塑料。

图8. 塑料处置比例



5.3 中国塑料包装回收再生体系

中国再生塑料从2008年开始高速进口，2012年进口量达到高峰887万吨，随着2017年禁废令后导致进口量下降。国内回收方面，2008–2016年回收量上升，达到1693万吨^[24]。中国塑料再生行业也在此基础上，随着经济发展而逐渐形成规模经营，塑料再生利用量占总再生量的40%以上，由此形成了全球最大的塑料PCR市场，对于全球贸易也起到重要作用。全球承诺使用PCR塑料产品的品牌企业在中国均有业务，但在中国遇到PCR法制法规空缺的相关问题。

中国的再生塑料行业的主体85%都是中小企业，很规范的比较少^[25]。劳动力成本低，回收行业完全依靠人工分拣。中国废塑料回收加工企业普遍存在着规模小、技术水平低、产品技术含量和附加值低、环保措施不到位的情况，存在着较大的污染和安全隐患，从而阻碍了废塑料回收利用的发展。2016年底，工信部开始推动废塑料利用规范化企业申报，到目前为止，只有30多家获得批准（中国合成树脂协会塑料循环利用分会内部数据）。

中国塑料再生行业在2018年禁止进口国外废弃塑料政策发生重大变化，改变了过去利用国外进口废弃塑料加工的状况，转向国内建立回收体系，这造成成本增加，再加上由于淘汰拾荒人群后人力价格上涨，环保要求规范化，再生塑料价格居高不下。而原油的价格的持续走低和化工行业产能的不断增加，大规模的石油炼化一体化项目打通，煤化工路线逐步成熟，以聚酯产业链为例，原生产品的制造成本大幅下降，PX（对二甲苯）加工成本下降幅度近50%，PTA/MEG（对苯二甲酸/乙二醇）成本也急剧大幅下降，聚酯聚合成本与再生成本没有太大差距，再生产品从与原生产品的差价由1995年前后的5000元/吨以上，逐步降低，甚至某些品种已经超过原生产品价格，再生料和原生塑料价格倒置，导致再生塑料产业失去利润空间。之前的靠拾荒

塑料再生利用量占总再生量的40%以上，由此形成了全球最大的塑料PCR市场，对于全球贸易也起到重要作用。

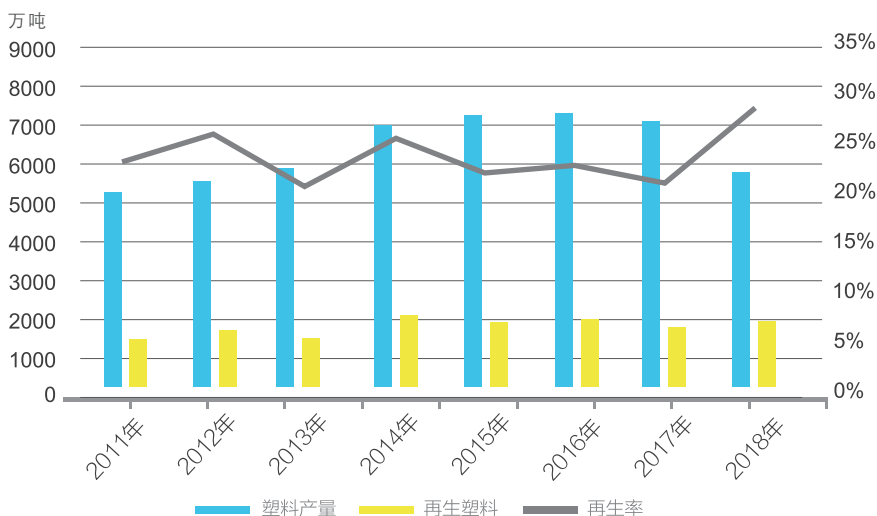
从 2018 年逐渐开始，塑料价值链中出现了新的参与者，包括聚合物公司和品牌企业。这些签署全球承诺的企业开始致力于构建塑料闭环。

人群、再生中小企业，市政清运体系的塑料再生旧价值链已被打破。

但塑料消费后的弃置环节，在塑料的回收再利用效率方面并不理想。据相关数据^[26]，中国每年废弃塑料约 5000 多万吨，回收利用回收再生量约为 1600 万吨，废塑料的回收利用率只有 20% 左右（图 9）。虽然有 2000 万吨塑料左右进入垃圾处理系统，但仍有 5%~10% 被有意或无意地释放到自然环境中，这些废弃物中多数为塑料包装制品，尤其是一次性塑料制品。

大部分塑料垃圾随着其他城市垃圾一起进行填埋或者焚烧。虽然焚烧是一种垃圾无害化的处理方式，但是因此也会再次带来温室气体排放问题。还有一些家庭作坊式企业在回收中采用不规范的清洗破碎工序，给地下水带来了污染。上游产品的制造环节给塑料回收带来很大困难。很多产品出于功能性需求采用多层复合材料，很多产品从设计环节就没有考虑到后端回收利用的问题，使得回收分离的工作很困难。比如食品保鲜包装、种类迥异的塑料瓶，这些塑料制品设计的复杂性使得回收环节都变得异常困难。

图 9. 2008—2017 中国塑料产量和废塑料回收量



随着全球各国行动和各种联盟的形成，塑料回收成为一个全产业链都要参与的问题，从 2018 年逐渐开始，塑料价值链中出现了新的参与者，包括聚合物公司和品牌企业。这些签署全球承诺的企业开始致力于构建塑料闭环。塑料闭环正在企业、行业、全社会三个层次出现。企业内的闭环即供应链管理，设计上可回收、材料可循环，包括聚合物公司直接在树脂材料上的改进；二是行业内的闭环，即从包装到流通领域要形成闭环（如物流）；最后消费者塑料制品消费后不再随意丢弃到环境里，在整个社会形成闭环。这三个闭环的形成才能构成真正的闭环。

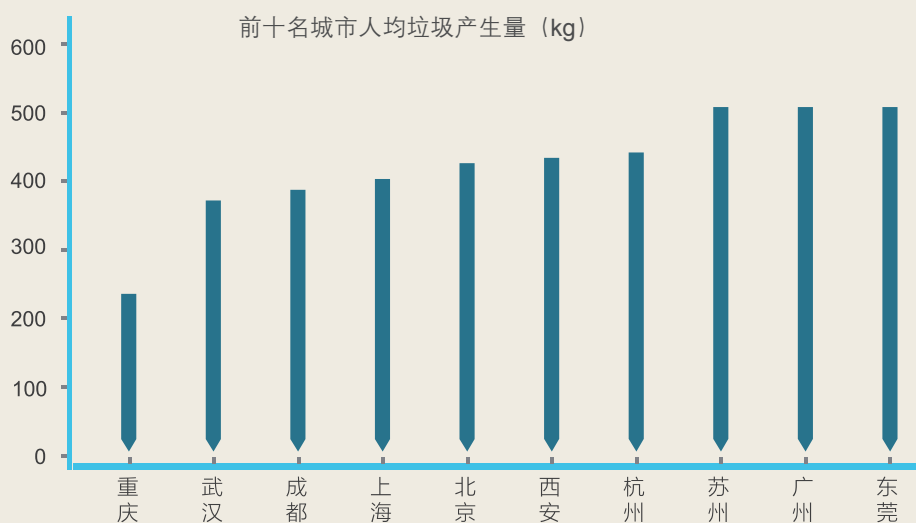
采用可降解塑料替代一次性塑料正在兴起，这是出于不可降解塑料的无法回收和气候变化的原因，其技术路线与通用塑料不同。然而，无论何种塑料最终都不可避免地面临回收处置问题，都需要建立基础设施。因此，建立塑料回收再生体系是真正解决塑料污染问题的方式，而非只是靠某种材料或技术。

框图：无废城市和生活垃圾分类和塑料

中国目前的垃圾分类体系还未建立，2019年初国务院就发布了“无废城市”建设试点工作方案，提出到2020年，系统构建“无废城市”建设指标体系，探索建立“无废城市”建设综合管理制度和技术体系。目前在上海，海南，北京，等城市所采取的措施都有所不同，如北京将垃圾分为可回收物、有害垃圾、厨余垃圾和其他垃圾，上海则分为可回收物、有害垃圾、湿垃圾和干垃圾，也出现了像爱分类、奥北环保、虎哥等这样的区域回收商。

根据生态环境部报告数据，2018年在200个大中城市中，城市生活垃圾产生量最大的是上海市，其次是北京、广州、重庆和成都，集中在长三角和珠三角地区以及超大城市。前10位城市产生的城市生活垃圾总量为6256万吨，占全部信息发布城市产生总量的30%。在前10位城市中，人均城市垃圾产生量最低的是重庆，最高的是广州和东莞（图10）。

图 10. 2018 年城市生活垃圾产生量排名前十城市的人均垃圾产生量 (kg)





© Brent Sutton / Getty Images

北京、天津、广州 等城市将实现原生 垃圾零填埋

因此，上海和北京这些超大城市的垃圾分类是非常重要的。这些省份分布也和塑料再生企业集中区域（图 1）一致。北京市政府 2020 年发布修订的《北京市生活垃圾管理条例》，在第十五届人大三次会议提出 2025 年底以前，要全面实现原生垃圾‘零填埋’。”目前，北京生活垃圾处理设施共 30 座，焚烧和生化等资源化处理方式占比达到 73.85%，焚烧：生化：填埋设施能力比为 3.54: 1: 1.53。预计到 2020 年底，北京市焚烧和生化处理能力达到 2.34 万吨 / 日，80% 以上的生活垃圾都能实现资源化处置。到 2025 年，增加垃圾分类焚烧能力达 3.58 万吨 / 日。

天津市发布《2019 年天津市生活垃圾分类工作实施方案》（津分类办〔2019〕1 号），提出 2030 年实现原生垃圾零填埋。根据《中国统计年鉴 2012 年各地区城市生活垃圾清运和处理情况》，天津生活垃圾焚烧率为 64%。广州 2011 年发布，提出生活垃圾焚烧发电、生物处理和填埋比例为 4: 1: 5，2018 年比例优化为 5: 1: 4，2020 年实现原生垃圾零填埋。天津焚烧率最高，北京生化处理率高^[21]。

北京市的生活垃圾产生量从 2000 年 295.56 万吨到 2015 年 790.33 万吨呈现逐年上升的趋势。从 2000 年 2001 年，北京市垃圾处理率从 56.4% 迅速增加到 82.15%，此后基本上呈增长趋势，在 2007 年，北京市垃圾无害化处理率突破 90% 达到 92.83%，2010 年之后，北京市年生活垃圾无害化处理率均保持在 98% 以上。由于受到人口密度和人口总数的影响，在北京市不同行政区的生活垃圾人均产生量排名中，东城区以人均 510.318 千克 / 每年的数值位列北京市人均生活垃圾产生量最多的行政区。换算成塑料比例，北京垃圾每年约有 100 万吨塑料，焚烧量为 60 万吨，人均塑料约为 61.2 千克。回收再生有很大潜力。

5.4 塑料包装典型行业循环利用创新模式

从塑料包装全价值链过程来看，传统的包装供需模式多是单向的，比如客户要求降低成本，供应端为满足成本降低要求，催生了为成本而包装（Packaging for cost），客户要求提升产线适配性催生了为制造而包装（Packaging for manufacturing），以及为配送而包装（Packaging for distribution），为市场而包装（Packaging for marketing）等。从循环经济的角度，包装应满足环境保护的要求，于是又诞生了为环境而包装（Packaging for Environment）。而从整个价值链过程来看，塑料包装核心是要处理好三组关系：包装与产品、包装与人、包装与环境，它们构成了包装整体运行系统的三个核心要素。而任何割裂这三组关系的单独设计都脱离了系统论的基本要求，从系统论角度去认识包装物整个生命周期的价值链，有助于我们来设计好符合中国现状需求的塑料包装循环利用模式，也就是说要从包装设计生产制造的源头就要考虑包装与产品、包装与人、包装与环境的匹配性，可以归纳为“为 X 而包装”（Packaging for X）。



（1）食品饮料行业的循环利用探索

食品和饮料包装成为现代生活重要组成部分，功能性包装薄膜原材料以及加工制造技术的快速发展，成为食品、饮料安全运输的保障，其使用量日益增大，然而包装废弃物也造成了严重的环境污染，成为全社会关注的问题。虽然包装废弃物可以经过回收、集中、分类、科学合理处置后获得再生价值，实现循环利用，但是对于功能性包装废弃物来说，分离的困难和成本问题成瓶到瓶（Bottle-to-Bottle）闭环循环的重要制约，需要包装上游原料企业、包装加工生产企业、品牌商、设备商、回收企业携手合作。在食品饮料行业，围绕塑料包装的循环再利用，已有一些积极探索和尝试，包括高性能薄壁化技术、双向拉伸多层共挤复合薄膜、同质化单一材质复合膜、阻油阻水涂层替代 PE 淋膜、应用于复合材料的易分离涂层等。



（2）电商行业的循环利用探索

电商包装主要包括三大类材料：容器、封箱带、填充物。电子商务物流包装物中用量最大的是塑料包装袋，约 50% 的电商包裹会使用塑料袋，2016 年全国快递塑料袋的使用量约为 119 亿个^[27]，每个塑料袋平均重量按 15g 计算，则总量约为 18 万吨。电商物流中的塑料袋常常是一次使用，甚至一件包裹箱中有几个塑料袋，据此分析塑料袋的使用量还可能更高。塑料袋与编织袋不同，对于消费者而言一般都是一次性使用，增加了回收利用的难度，因此塑料袋的环保问题极为严重。封箱胶带的使用大约每年 4 亿卷。编织

袋在电商物流中使用量较大，快递企业电商物流编织袋使用量约占业务量的45%，年消耗编织袋约107亿条。电商物流快递包装填充物也是难以回收利用的包装垃圾，30%以上的包装箱都会添加不同材质的填充物，全国每年消耗的填充袋约在43亿个以上^[28]。

中国几家主要的电商企业在绿色包装方面做了积极尝试，包括在电商各营业网点设置包装废弃物回收装置，推广使用48毫米、45毫米、40毫米三种宽度的窄胶带的使用，研发应用再生PP制造的PP循环箱，循环中转袋等。

(3) 智慧解决方案

只有通过数字化追溯（如标签上采用无线频率标识），塑料才能从原料、制品、使用、废弃、再生，全过程、全领域、全品类进行追溯，目前一些跨国企业和大型企业正在开始实施。

在标准包装物的设计、管理和方面的设计，中国探索了十几年的经验，“回收+互联网”的商业模式，传统回收结合互联网能够更加有效，从设计到运营，到管理的铺设，建立一套物联网智能监控的管理平台。发挥平台的力量，把生产、消费、使用塑料的数据透明化，把大数据和回收体系关联起来，把没有送回来的送回回收系统里，建立回收制度。

i) 扫码循环

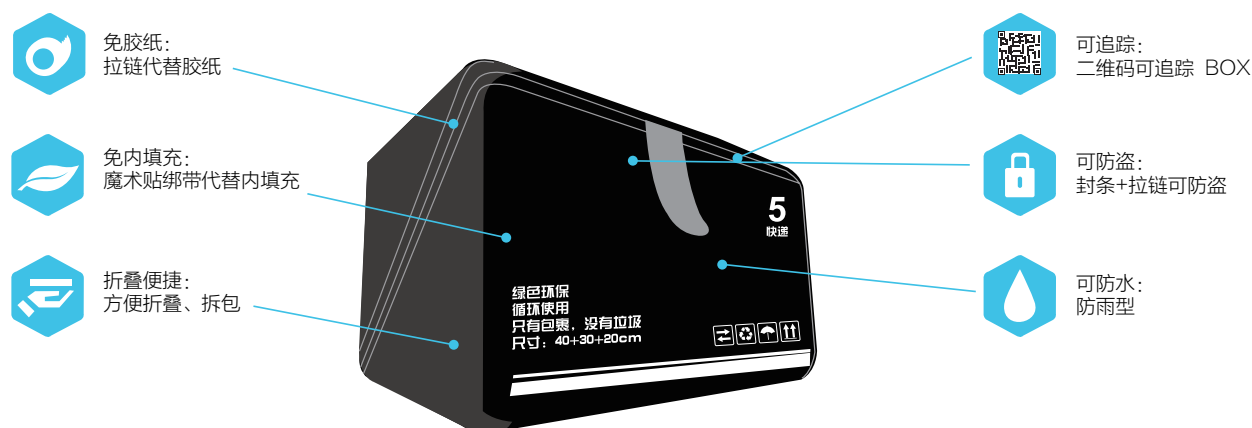
二维码技术在纸箱中的溯源防伪作用，每个二维码都有一个唯一的溯源编码，溯源二维码或者溯源编码就是产品的“身份证”，从产品的出产开始一直到销售，使用，各个环节，通过二维码来同步各种相关的溯源信息。

作为进一步加强限塑的试点省份，吉林省利用二维码识别技术，对塑料包装进行严格的规范管理。省工商局规定，全省登记在册的生产企业生产的可降解塑料袋、塑料餐具上都印有二维码，扫码后，后台就会出现生产企业的相关信息，如果扫不出来，下一步就会送检、处罚，以此打击一大批假冒可降解材料。

快递企业推出了可循环利用的包装箱，除具防水、可折叠、免胶纸功能之外，每个包装箱外都贴有二维码标签，具有追踪溯源功能（图11）。



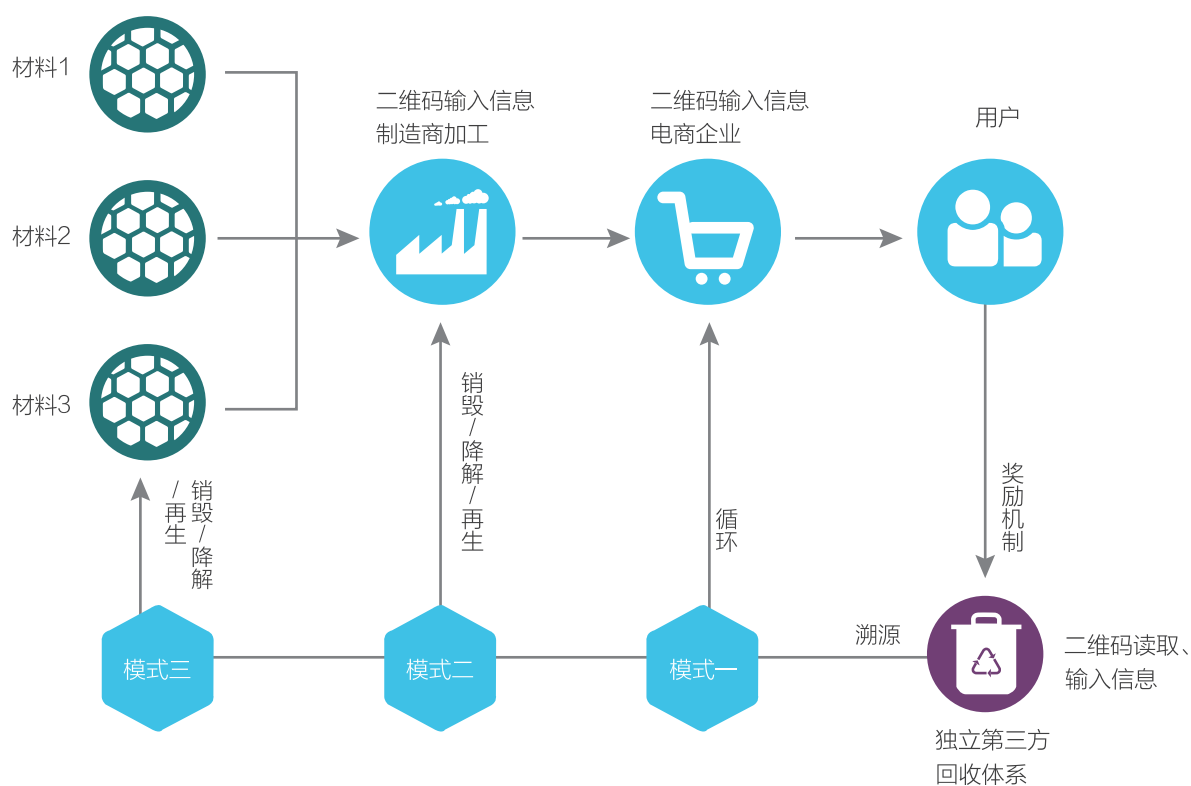
图 11. 包装箱上的追踪二维码应用



塑料是除纸之外的另一大电商包装材料，塑料快递袋的市场体量十分巨大。随着相关环保制度的不断完善和规范化，塑料快递袋等其他电商包装垃圾也将迈入扫码回收的行列。届时，作为电商包装的纸箱和塑料袋也许都将印刷二维码，在指定地点扫码回收，借助二维码的分类和溯源功能，向电商包材全面回收的方向发展。

作为二维码识别技术在包装耗材上的延伸，可实现包装耗材的高效回收利用。电商包装制造商将包装耗材的种类、原料厂家、生产时间、制造工艺等耗材信息写入到二维码中，以粘贴或印刷的方式附加在包装表面上。电商企业亦可将产品信息写入到二维码中，当然，这需要搭建一个平台，在包装供应商和产品生产商之间建立联系。当商品到达电商用户手中之后，用户可扫描二维码查阅产品相关信息，此时二维码起到防伪和溯源作用。当包装与产品分离时，仍然附带有二维码的外包装被转移到回收体系之中，回收机构通过读取包装上的二维码，对包装进行识别、分类。可以多次循环使用的物流箱、周转箱，将按模式一的路线循环到电商物流企业手中，继续其循环；可以直接利用的缓冲衬垫、塑料薄膜等，按模式二的路线，借助二维码识别技术和互联网平台，流转 to 包装制造商手中，对于可再生的材料进行二次利用，以更为经济的价格供给电商企业；像难以直接二次利用的复合材料，以模式三的路线进行降解或回收，作为低成本的再生材料重新利用（图 12）。这样可以使包装耗材的溯源回收利用流程盘活起来。由包装生产商、电商企业、回收系统、互联网平台共同形成一个完整的产业链，推动包装耗材回收循环。

图 12. 基于二维码技术的包装耗材溯源回收模式



ii) 基于大数据的塑料包装循环监管

借助大数据手段，通过典型行业典型企业示范，构建塑料包装循环再生利用监管，推动企业从“被动实施向主动实施”的根本性转变。结合上述二维码技术的包装耗材溯源，构造企业塑料净消耗大数据评测平台：

塑料包装净消耗 = 塑料消耗总量 * (1 - 可回收 / 可降解塑料含量比例) - 塑料回收总量

推动塑料包装废弃物当量回收和构建包装废弃物当量交易平台，促进全社会参与的包装废弃物回收系统建成。

六、技术和设备

6.1 包装设计



塑料包装尤其是小包装极大地方便了人们的生活，但也造成了大量的包装废弃物。

从包装设计的角度出发，源头减量化措施是实现减量化包装设计的主要途径之一，在发挥包装保护产品和传播信息功能的同时，改善过度包装、大量的独立包装和非环保包装的局面。实行包装精简设计，应最大限度缩小封口、标签，实现包装的可回收性，达到真正意义上的可持续包装设计标准。

中国目前还没有关于塑料易再生设计的指南或标准，使得行业缺乏能力识别、分类和处理具有各种功能的包装，以有利于回收。如优先选用透明无色素的 PET，回收者可以淘汰使用下沉塑料的包装，因为下沉的塑料很难从 PET 中去除，从而造成最终产品的污染；鼓励改变小包装的技术。国际机构和美国塑料回收协会（APR）、欧洲的行业协会都制定了不同品类塑料回收规则和易循环设计导则，如 HDPE，LDPE 和 PET 都是针对包装的材料。

塑料包装从技术上导致环境污染的问题关键在于油墨、粘合剂与塑料包装的结构工艺，从根本上解决这三个问题，将彻底解决塑料包装产业的环境污染问题，也使目前存在的 VOC 排放将从根源上得到解决。油墨中存在大量的挥发性溶剂，一旦通过应用水性油墨与无挥发性绿色安全油墨，将从根源上解决塑料包装制品印刷中的油墨污染问题。很多的塑料包装都是多层复合，在复合过程中大部分包装制品都采用粘合剂进行复合，这些粘合剂将产生大量的挥发性气体。从根源上解决这一问题必须推广无溶剂复合、多层共挤技术，使复合塑料包装杜绝粘合剂。另外，对粘合剂进行改良大量推广和应用水性粘合剂。对塑料包装结构进行技术创新，采用新型的塑料包装结构工艺，用单层、少层结构取代多层结构；用无印刷或少印刷取代多色印刷新工艺。改变过分强调多层与多色的传统观念，达到减少 VOCs 排放和热能消耗的老大难问题。

国内众多企业也在可再生材料方面进行很多尝试，如可重复利用的高端消费品包装袋采用专利 PE 原料，具备优秀的抗撕裂性、刚性和韧性，以及独一无二的哑光表面，可重复利用。

聚合物公司研发出可堆肥、可生物降解、生物基聚合物的生物塑料，是一种完全可堆肥的优质聚合物，在工业堆肥设施条件下，即高温、高湿、确定的氧含量，降解过程只需几个星期。包括农用地膜、食品包装、垃圾袋等，可应用于整个食品循环当中。这类新技术的应用场景是用于食品外卖包装，从而取代一次性塑料餐盒、杯子等。覆有涂层的纸碗与纸杯在使用后可直接与分类收集到的食品垃圾一起在工业堆肥设施进行堆肥，帮助食品供应链实现闭环，营养回到土壤中，从而再次在食品供应链中循环。

瑞士著名食品品牌企业的目标是到 2025 年 100% 塑料包装可循环再生或可重复使用。为了减少塑料对环境的影响，其在中国探索了技术方案，使用涂层代替传统的塑料复合膜用于纸盒表面处理，解决运输过程中纸盒表面刮花的问题，同时实现纸盒 100% 可循环再生。该纸盒已经用于雀巢中国食品包装，目前已经完成了 1900 吨塑料复合纸盒的转换，未来还将继续扩大到所有品类。在软包装方面，雀巢中国也积极探索单一材质方案解决软包装塑料复合膜不可循环再生的难题。使用单一材质聚丙烯代替多层复合材料，从而使塑料软包装可以被循环再生。目前该单一材质软包装已经开始使用。雀巢中国开发的可降解纸杯同样可以解决传统纸塑复合纸杯不可回收降解的难题，该降解纸杯从 2019 年开始投入使用。

6.2 塑料分选技术

使用后塑料制品极易被人们扔到一个不清洁的环境，有时粘有多种污染物，这些污染物是构成废塑料二次污染的主要来源。必须清除这些污染物才能回用，包括去除油污，有害物质等，清洗工艺方面因此很重要。废塑料回收再生程序为清洗，破碎，分选，挤出，造粒等环节。

清洗用水量多，污水处理要求高。采用干洗清洗工艺的方法不用水作为介质对废塑料薄膜进行清洗是目前相关研究的重点领域，一般采用空气作为清洗介质，可大大减少二次污染，同时节约水资源。其技术、工艺和设备都处于探索阶段，日本、欧洲的一些企业正在进行这方面的研究，国内对废塑料薄膜的干法清洗技术研究刚刚起步。

对于具有热收缩标签（主要材料为 PVC、PET 或 OPS）的 PET 瓶无法通过整瓶清洗来去除标签，这也是非常困扰中国 PET 瓶回收行业的问题。要将标签撕裂，使标签不再附着在瓶体上，再配套特定的方式，将破碎的标签从瓶体上分离。

对亚洲设备厂商而言，因为原料来源的复杂性和回收渠道的相对不完善，反而造成在对原料的处理经验和相应解决方案适应性上更占有优势。同时由于亚洲和中国的原料竞争更趋激烈，所以投资成本、运行成本和设备的售后服务等都是投资者主要考虑的对象，对中国市场而言，亚洲的设备供应商优势愈加凸显。当然，在材料和加工水平、自动化程度和设备的安全美观等因素上，亚洲的厂商还需要时日精进研发来打磨光芒。欧洲瓶源市场和回收领域的规范管理为其设备供应商提供了相对较大的利润空间，但其设备在能耗和投资成本上也相比亚洲市场高出很多。

在破碎方面，塑料破碎机可以破碎硬塑料，也可以是薄膜、吨包袋、渔网等软质塑料废品。“破碎、输送、挤出”一体化设备成为企业研发新方向，以提高生产效率。

混合的废塑料很难回用或者再利用价值不高，所以废塑料必须分类才能达到有效回收利用的目的。塑料分类方法有多种，其中最常用的是利用塑料

对亚洲设备厂商而言，因为原料的复杂性和回收渠道的相对不完善，因此在对原料的处理经验和相应解决方案适应性上更占有优势。

比重的差异进行分类分选，采用振动、气流、液流分选。还有利用塑料摩擦产生的静电分选技术，这适合于密度相近不易分选的塑料。光分选技术是根据光电传感器分析材料的可见光、红外线、紫外线及其他范围的光谱，识别材料的颜色进行分选判断。飞行中探测在瓶类回收，如 PET、HDPE 回收中有非常多的应用，对于提纯型分选非常重要，目前在 PET 行业里的一些瓶到瓶生产线，基本都是使用该项技术。

在塑料挤出生产中，原料中可能存在各种杂质和异物以及塑化不完全的细微晶体颗粒，特别是再生塑料回收过程中存在纸屑、铝箔、砂石、铁屑、铜丝、木屑、失效消泡剂等各种杂质，这些杂质的存在如果没有加装换网器进行杂质过滤，会造成产品质量的下降，次品的增多和生产的中断，甚至会对挤出设备产生损坏，以至于产生原料的巨大浪费，生产成本和能耗具高不下，产能相对降低，工人的劳动强度增加。因此熔体过滤装置就是在再生塑料生产中必不可少的装备。

目前废塑料再生造粒设备的发展趋势，主要在于系统集成与优化，实现废塑料再生加工的系统化、自动化程度，以更好的处理难处理物料，提高生产效率，改善生产环境。挤出-热成型技术近年进步较多，PET 挤出片材设备主要通过双螺杆挤出以及其他行星螺杆挤出等形式提升，使得挤出设备在加料前不需要再进行相应的预干燥处理。

中国的塑料再生企业，已有企业可作为提供瓶到瓶设备的供应商，完整的清洗工艺源自自身的 PET 瓶清洗实践，至今已有 180 套设备在世界各地运行。其产品接近于欧洲设备的特性，但设备投资成本非常经济。

6.3 塑料回收再生技术

热塑塑料如 PP, PE, PET 可以回收再生，经过严格的回收流程而应用于食品包装的再生塑料是可行的，常见的回收方法可分为物理循环技术和化学循环技术。

塑料回收后再生方法有：熔融再生即物理回收，热裂解即化学回收，能量回收等方法。

物理技术循环：物理回收在中国是主流回收方式，可分为简单再生和物理改性再生技术。简单再生技术即普通再生环节，将塑料经分拣、清洗、破碎、熔融、造粒等工序加工重制；物理改性则是根据不同原料的特性有针对性地加入改性剂，增强其使用价值。有些膜类塑料不用水洗，而是处理成为干燥状态下的结块。

物理回收下游使用包括化纤，编织袋等。随着品牌商对于 PCR 的提升，瓶到瓶在中国开始成为新的应用领域。

化学循环技术：也叫高级回收再生，指使用已有的和新兴的技术可以使使用后的塑料回到它们基本的化学构成可以作为新塑料，化学品，石油或



其他产品。其品质与新料相似，减少使用化石燃料的资源。如从使用过的塑料提取超低硫柴油可以降低 58% 水耗，96% 传统石油^[29]。包括热分解油技术、高炉喷吹技术、共焦化技术、热能利用技术等。更针对于处理成分复杂、不易分离以及混合处理效果差的塑料制品。

化学回收不会替代物理回收，它们是互补的。化学回收适用于一些分选和物理处理很困难的塑料。还有一些如食品接触级材料。工艺技术有纯化、除去添加剂、去分子化，分子键被打破成单体再结合，可以是多种塑料或者混合塑料。以后的产品用途会很广泛^[30]。在中国目前还处于研发阶段。

能量回收：是将废弃物中的塑料按照能量焚烧，每年中国城市清运垃圾中，还有大量的塑料。

升级再生：循环经济是指一种新的经济模型，材料可以在使用后可再用而非弃置。这与传统经济差别很大，尽量减少塑料填埋或者流入大海或者自然中。升级再生的思想是不仅避免塑料影响环境，还要把塑料废弃物再生为比原产品价值更高的新产品，来实现循环经济。例如 对于 19 升聚碳酸酯水桶的回收，生产聚碳酸酯的聚合物企业与生产水的品牌公司及聚碳酸酯回收企业合作，提高回收过程中的可追溯性和回收品质，回收再生塑料应用于电子电气、家电及汽车行业，构建增值再生价值链。

6.4 包装塑料回收 1. 塑料袋

再生应用案例

塑料袋大部分的材料都来自于两种，主要来源于石油和天然材料来源。其生产工艺分为可降解和非可降解塑料。目前塑料袋占到全部塑料软包装的 12%，大约 196 万吨，树脂材料为 LLDPE 或 LDPE。

塑料袋作为一次性塑料的回收问题对于海洋的污染是最大的问题。2018 年全国快递业共消耗塑料袋约 245 亿个，2017 年为 150 亿个，除部分塑料袋可以作为可再生材料回收再利用之外，废弃的塑料制品大部分进入社会固体废弃物处理系统，绝大部分用于焚烧发电，很小一部分做填埋、堆肥处理。

为了减少塑料污染，许多国家和地区政府都开始禁止使用传统塑料袋，只允许使用和生产“生物降解塑料”塑料袋，即应是可以完全降解为自然界中存在的物质的塑料。虽然石油基塑料仍然占据市场主导地位，但利用可再生资源生产的塑料有所增长。这些产品通常被称为“生物降解”或“生物基塑料”。

自从 2008 年中国“限塑令”实行 10 多年来，塑料袋管理取得了一定效果，但是作用非常有限，执行力逐年削弱。大型超市、商场销售明码标价的塑料购物袋的使用量明显下降，然而超市内蔬果区免费提供的手撕保鲜袋的使用



量却大大增加，每类蔬菜单独使用，或者当购物袋、垃圾袋使用。还有一个重点是农贸市场，由于农贸市场面广量多，现场监管要耗费大量的人力物力，随着监管力度减弱，使用多为超薄塑料袋。2019年1月政府出台新的政策，更加严格地禁止塑料袋的生产，并推动可降解塑料袋。

目前存在的问题是，原因一是塑料替代品的吸引力不足，二是生物基塑料不是塑料污染的解决方案，因为它们面临着同样的生命终止后的末端处理挑战。并且在回收处理不当的情况下，生物基塑料也与化石基塑料一样，有可能成为塑料污染。如果进行适当的获取和回收处理，它们可能会比化石基塑料更具有环境优势；三是虽然政策出台，但在实际执行过程中缺乏有效的监管；四是政策自身的局限性，只针对了超市和集贸市场所用的塑料袋，对于其他行业所用到的塑料袋，并没有太多的要求和关注。一些有颜色的塑料袋还含有芳烃，铅等物质，遇油、遇热容易渗出，对健康有一定影响。

海南在国家政策出台之后，2008年底就开始执行限塑令，标准是参照国家的标准，限塑的规格比国家的规格略高，效果并不好。2018年4月，海南省人大的提案，开始提出关注岛内问题。海南现在新的规定，全面禁止生产销售使用一次性不可降解塑料的制品，对象很明确，指的是用石油基原料生产的聚乙烯PE、PP、PVC和PS等制品。也从政策上鼓励和支持可降解的PLA，PBAT，还有PHA等新型的塑料材料。

“可生物降解”采用的是天然材料以替代石油所做成的塑料袋，如由可再生资源制成的生物塑料，包括玉米淀粉、木薯根、甘蔗或是由糖和脂质经过细菌发酵转化而成的天然聚羟基脂肪酸(PHA)，大部分降解需要高温条件，虽然最新研究发现，在海洋自然环境中，PHA经过一段时间可以降解^[31]。这种名称可能会让消费者误认为这些袋子适用于家庭堆肥或能够自然而然地在环境中迅速分解。实际上，大多数可生物降解塑料只能在高温下分解。只有焚烧厂才能满足这些条件，自然环境中很少能实现。塑料袋的可降解替代品，与不可降解的材料相比，其价格是三倍以上，经济性是非常实际的挑战。

从全生命周期角度，对于塑料袋，纸袋和可堆肥的塑料袋三种材质的比较有很多研究^[32]，从环境影响表现方面，由于塑料袋质量轻，要比纸袋在能耗和水耗方面少(表4)。纸袋作为替代品，其溶水性好，不对动物产生缠绕。其他替代产品，如无纺布袋，也是聚丙烯材料，布袋都必须重复10次以上，甚至百次以上才能起到替代作用。



© Michel Gunther / WWF

表 4. 不同材质袋的环境影响

	袋子种类（等同于 1000 个纸袋的承载量）		
	纸袋（30% 再生纤维）	可堆肥塑料袋	PE 塑料袋
总能量使用（MJ）	2622	2070	763
化石燃料使用（kg）	23.2	41.5	14.9
市政固废（kg）	33.9	19.2	7.0
温室气体排放（CO ₂ 当量吨）	0.08	0.18	0.04
水使用（Gal）	1004	1017	58

2. 快递和电商包装

电商是快递的主要源头，有 80% 的快递都来源于电商提供的包裹，全国现有 2.1 万多家国家邮政局正式注册的快递企业，快递行业把绿色发展的定位放在比较高的地位。中国最大的电商是阿里系，其次是京东，随着未来的发展，整个电商行业垂直平台会越来越多。随着生活方式的变化，越来越多的人越依赖电商，快递的包装和电商的包装，最集中的是在办公楼宇，可以和厨房垃圾进行有效的隔离，因此办公和工厂区域的塑料包装物可以做到回收。

中国的快递量现在是美国的两倍，2018 年全国快递业共消耗编织袋约 53 亿条、塑料袋约 245 亿个、封套约 57 亿个、包装箱约 143 亿个、胶带约 430 亿米，国内使用的包装胶带一年可以缠绕地球 1077 圈。快递量 2017 年达到了 400 亿件，一周的业务量相当于 2007 年业务量的两倍，由此带来了包装的问题越来越多，包装废弃物约为 40% 的比例^[27]。2017 年 400.6 亿件快递产生约 800 万吨废弃物，占全国生活垃圾总量的 2%。约 90% 的纸质包装物通过各种方式得以再利用，进入垃圾体系并最终填埋的纸制品已经很少。目前，快递包装的问题主要集中在塑料制品（包装袋、胶带等）。

快递中采用电子运单节约了纸张和实现了信息化。电子运单 320 亿份，占比 80%，节约传统纸质面单 210 亿张，且电子运单的材料成本仅为传统快递运单的三分之一左右。在此基础上，不少企业进一步推进电子运单减量化。

各大企业纷纷推出可重复使用的包装，主要集中在环保中转袋、包装箱、塑料袋、封套等方面。推出共享快递盒、循环快递袋，或推出快递纸箱回收服务等。此外，还有电商启用“绿仓”，这些绿色仓库，使用的都是免胶带的快递箱和 100% 可降解的快递袋。

3. 外卖包装物

中国外卖行业发展十分迅速，在线订单数的规模，在保持持续的增长，环境的影响也越来越受到关注，国内两个外卖平台平均每天产生将近 3~4

千万个打包盒，还有日常所需要的一些生鲜盒。

外卖行业对环境影响的一个特征是贯穿行业的全过程，包装物从生产、运输到消费者的使用，到最终的废弃处置，每个环节都可能涉及到环境影响，而不仅仅是最终产生的固废垃圾。第二，影响会涉及到多种环境介质，不能忽视其他能源消耗，大气污染和其他环境的介质^[33]。

在总量上，外卖的数量虽然很多，绝对量只占塑料的4%。以北京市为例，餐盒包括PS餐盒，纸质餐盒，铝箔餐盒。PP的勺子和叉子比例也非常高。在包装袋（HDPE）这一材质，在整个外卖包装种占比约为80%，与其他城市相比要低，是很大的优势。从综合指标来表示，生产环节和固废处理环节被认为是最重要的环境污染来源，运输环节基本上是5%。生产环节基本上可以占到50%。

目前市场上发泡塑料餐盒基本已经被淘汰，更多使用聚丙烯餐盒，中餐的特点造成餐盒需要耐高温高油，这也使得PP比其他可降解塑料更具有优势。而目前外卖餐盒对于材质缺乏易回收再生标准，市面上餐盒材质不统一、颜色多样，对于回收不利。此外，清理餐盒将厨余与餐盒分开是困扰餐盒回收的难点。在PP塑料餐盒回收可行性探索方面，外卖平台的公益项目在广州开展试点，并联合共享单车及产业上下游合作伙伴将回收来的塑料外卖PP餐盒经过回收、清洁、熔融造粒、改性造粒、熔炼注塑、性能检测等多个环节制成了单车挡泥板，并研发推出了使用回收的奶茶PP塑料杯制成包括手机壳、编织袋及行李牌等系列联名产品。外卖平台还在教育公众减少塑料使用上面做很多工作，比如已推行的在外卖订单上不选用一次性餐具，进行更多有趣的引导激励。

4. PET 瓶（聚对苯二甲酸乙二醇酯） 回收再生的价值链

中国是全球最为重要的PET生产国和消费国^[34]。PET，聚对苯二甲酸乙二醇酯，PET在化工行业中属于聚酯，PET主要用于瓶级，纤维级和薄膜级。PET材料的特殊性质，提供了轻量化的选择，独特的容器设计、透明度高、保质期长、使用特殊的添加剂或多层结构并且可回收，使得PET用作包装材料的市场份额已经产生了巨大的增长。

PET瓶的回收和再利用在中国形成了独特的以拾荒人群为主体的回收模式，以下游的纺织行业使用为主的再生模式。由于生产原材料的缺口，也形成了一批以进口PET瓶为主要原料来源的加工和贸易企业。PET塑料的物理循环过程一般分为破碎，将不同类别的塑料瓶子进行分选，预清洗和漂洗机进行清洗，干燥等设备进行干燥运用PET瓶片造粒机进行造粒。

从2018年起全面禁止废塑料进口，整个PET回收的链条发生很大变化。由于再生PET进口量锐减，部分企业开始采购新料聚酯切片用于再生化纤生产。以往的PET价值链中，垃圾回收是一个低门槛、低成本行业，从业人员素质都很低，回收行业的竞争造成降低成本。回收来源基本是靠物业管



理和拾荒人群，宾馆酒店和学校及办公场所的 PET 瓶比例占到约 50%（图 13），也给后面的专业独立回收带来很大机遇。回收和分选和打包站，都是靠拾荒人群的劳动，没有环保成本和对工人的保护，物流效率很低，瓶片销售到化纤企业，再生产品没有很高附加值，使得这种模式已经难以为继（图 14）。随着品牌企业的加入，对于高品质可追溯的 PET 瓶的要求，城市垃圾分类，环保执法，致使拾荒人群逐步消失，取而代之的是出现了再生企业进入回收站行业并建立正规的符合环保要求的打包站，如东莞的回收再生企业在东莞设立打包站，负责回收周围城市包括深圳和广州的 PET 瓶，打通 PET 瓶回收渠道和扩大再生市场（图 15），为企业带来更广阔的市场和利润，具有中国特色的 PET 回收体系正在出现（图 14）。

PET 回收的成本中，有一部分的是由于瓶子自身设计问题所导致增加的，比如 PET 瓶的易循环设计亟待规范，缺乏检测标准规范，目前再生 PET 颗粒国家标准已在修订中，此外还缺乏高端食品级材料和上下游再生市场的信息分享平台。

图 13. 传统回收方式占比图

■ 居民家庭 ■ 宾馆酒店 ■ 交通站点
■ 学 校 ■ 办公场所 ■ 公共场所

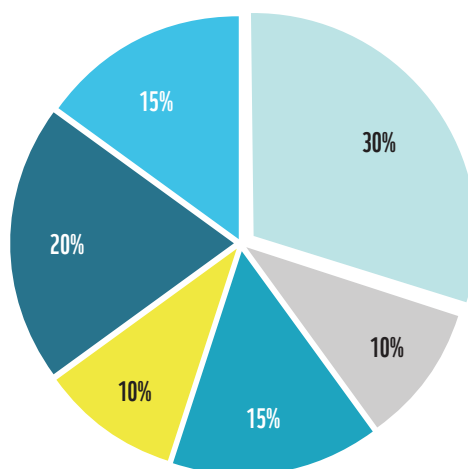




图 14. PET 回收价值链

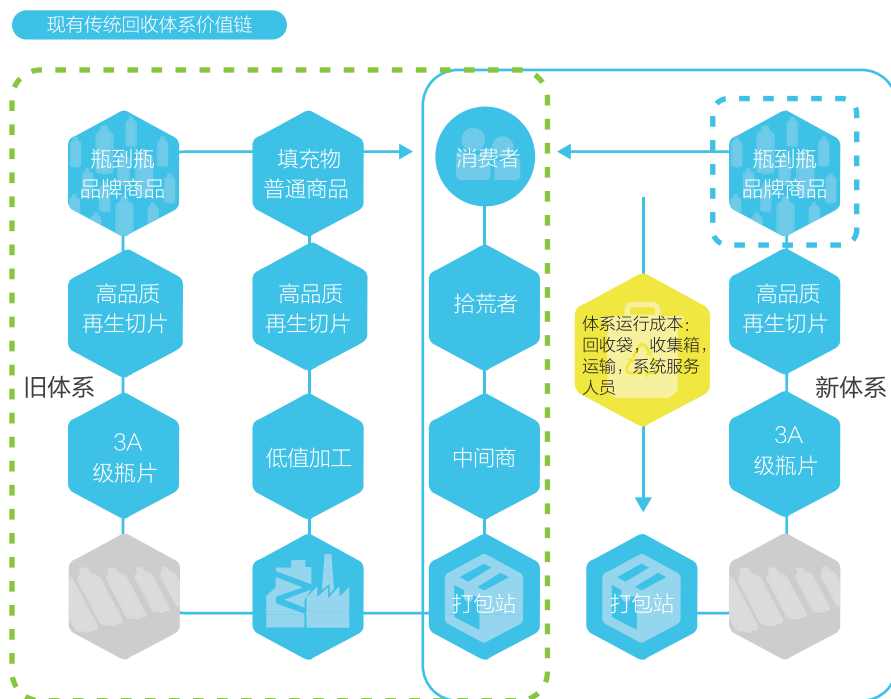
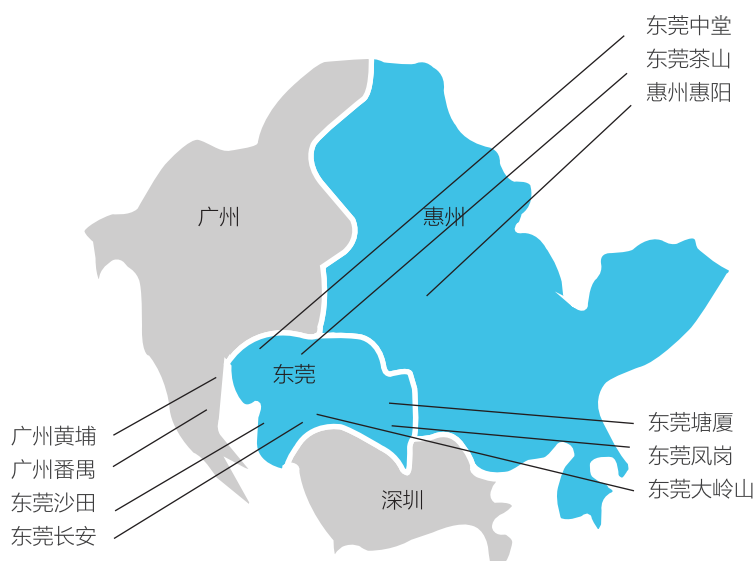


图 15. 再生行业布局新型打包站



原属于食品接触类的塑料包装、制品和材料，经单独回收处理，达到国家食品卫生标准的，可用于制造食品接触类的包装、制品或材料，并应标明为再生塑料制造”。

中国之前并没有对于瓶到瓶的需求，回收再生主要用于化纤产品。而这一新需求，实在一些大品牌商提出的塑料全球承诺后给中国市场提出的新要求，对于中国的回收体系带来挑战。在国内还无法使用食品级接触材料的情况下，国内市场已经出现了高级瓶片，技术上已经可以做到瓶到瓶，中国企业存在的薄弱技术环节就是 PET 再生颗粒的增粘技术，而能否增粘将直接关系到再生 PET 颗粒的性能。

再生塑料用于食品接触级材料在中国目前还面临着很大挑战。不同来源的塑料统一经过处理而实现达到食品接触级的安全水平，这对再生行业是一个挑战。包括原材料中的污染物、生产时加入的添加剂等能否进入食品中或进入食品中达到的限值等要求是检验再生塑料用于包装是否合格的重要指标。

随着禁止使用回收再生塑料规定的全面废止，中国对于回收塑料的监管处于相关法规与标准缺失的放开阶段。由于回收塑料不属于食品相关产品新品种，卫生监管部门不对其进行安全性评估，而市场监管部门对食品相关产品生产许可告知承诺制的推行，在一定程度上降低了市场准入门槛，面对再生制品标准的缺失，事中、事后监管难以发挥作用，可能会带来更大的食品安全风险。

中国回收再生塑料用于食品接触制品经历了从法律明确禁止到实践中个案允许，再到目前尚无明确规定的发展进程。1990 年原卫生部颁布的《食品用塑料制品及原材料卫生管理办法》第 7 条规定：“凡加工塑料食具、容器、食品包装材料，不得使用回收塑料”，该规章于 2010 年被宣布失效。2006 年 6 月原国家质量监督检验检疫总局在《关于开展食品用塑料包装容器专项整治的紧急通知》中，针对个别企业使用回收塑料生产奶瓶的违法行为，强调“回收塑料生产加工企业不准将回收塑料销售给食品包装容器生产企业”。随后在颁布的《食品用塑料包装、容器、工具等制品生产许可审查细则》第二（二）4.1.4 款规定：“原材料不得使用回收料及受污染的原料”。该规定于 2018 年 12 月被新成立的国家市场监督管理总局颁布的《食品用塑料包装容器工具等制品食品相关产品生产许可实施细则》替代，新规定里没有关于使用回收再生塑料的内容。此外，2007 年原国家环境保护总局发布的推荐性行业标准《废塑料回收与再生利用污染控制与技术规范（试行）》第 6.2 款规定：“不宜使用废塑料制造直接接触食品的包装、制品或材料。原属于食品接触类的塑料包装、制品和材料，经单独回收处理，达到国家食品卫生标准的，可用于制造食品接触类的包装、制品或材料，并应标明为再生塑料制造”。从行业标准性质上而言不具有强制力。在禁止回收再生塑料用于食品接触制品的规定生效期内，实践中出现了一个特例，2008 北京的一家回收再生企业使用再生 PET 材料生产饮料瓶通过了原卫生部与原质检总局的评估与批准。成为国内首家合法合规使用再生塑料用于食品接触包装制品的企业。随后原质检总局发布《关于再生瓶级聚酯切片用于生产食品包装有关问题的通知》，允许该类回收再生塑料用于食品包装生产。

中国一系列的食品接触材料新国家安全标准要求，生产原料要符合：

GB 4806.1-2016	《食品接触材料及制品通用安全要求》的基础性条款
GB 4806.6-2016	《食品接触用塑料树脂》
成品符合	
GB 4806.7-2016	《食品接触用塑料材料及制品》
GB 9685-2016	《食品接触用塑料树脂》

添加剂：符合《食品接触材料及制品用添加剂使用标准》

食品接触制品的安全性意味着它能保持适当的纯度，其化学物质的迁移不会超出法律规定的限量，保障食品成分与感官性状不发生危害人体健康的变化。随着技术的发展和评估方法的完善，以 PET 为代表的材料，因其惰性的化学特质适合进行再生利用，以及塑料再生技术不断取得突破，在美国、欧盟、日本等国家或地区取得法律认可和符合法规要求的回收塑料可作为食品接触材料进行使用。

2008 年欧盟出台了在欧盟成员国中具有强制效力的《欧盟再生塑料法规》（EC No 282/2008），明确提出“从 2030 年起，30% 的再生塑料用于饮料瓶的生产，2025 年起，25% 的再生 PET 用于 PET 瓶的生产，到 2029 年，90% 的塑料瓶进行单独回收”。欧盟的 (EC) No 282/2008 法规中规定了企业的再生塑料生产工艺需要获得欧盟许可才能用于生产食品接触材料，欧洲食品安全局 (EFSA) 还会负责制定再生过程安全评估指南和开展相关评估工作；美国聚酯容器资源协会（National Association for PET Container Resources, NAPCOR）与塑料回收协会（Association of Plastic Recyclers, APR）发布的 2017 年美国消费后的 PET 容器回收的报告中提到“回收的 PET 容器有 21% 用于生产新的食品接触制品与饮料瓶”。美国食品药品监督管理局 (FDA) 负责对再生塑料应用于食品包装的评估，由其发布的食品接触材料用再生塑料的许可评估指南对制造商的责任和再生材料污染计算方法。

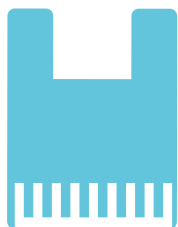
随着众多企业和联盟的推动，企业纷纷承诺实现 100% 可回收，和使用一定比例的再生塑料，除了国家政策法规层面，国际市场上食品接触塑料制品的使用者，如众多食品企业和快消品牌公司都承诺与实践了对再生塑料的使用^[35]。随着再生技术研发的进步，逐步实现从再生料与原生料按一定比例的混合生产，到 100% 由再生料进行生产。国际与国内市场与产业的发展，促使我国对食品接触塑料包装制品的再生利用进行法律规制^[36]。

中国目前对于瓶到瓶的需求随着品牌企业的要求在出现，也正在研究国际经验，在中国目前垃圾还没有分类的情况下，虽然仍有很大的难度，但已有达到国际再生 PET 材料的企业出现，可以探索制定再生 PET 材料的食品

安全国家标准，完善关于特定类别再生塑料材料的食品安全国家标准，在确保食品安全的基础上推动食品接触塑料包装制品的再生利用。

5. 塑料编织袋

塑料编织袋广泛运用于各领域，材质为 PP，PP 的 40% 用于编织袋。普通的塑料编织袋回收需要人工去筛选，粉碎和涤洗，造粒等工序，劳动强度大，人工损耗多，产生的废水和废气对环境污染大，这也是环保对再生企业加大力度的主要原因。其中，树脂复合编织袋、特殊树脂编织袋等塑料编织袋回收更加困难，物资损耗严重。随着国内需求的迅速增长，和出口量的日渐增加，大量塑料编织袋回收问题被国内外客户和相关单位所关注。我国每年编织袋生产量为 1100 万吨。



废旧编织袋回收利用在节约资源、减轻环境污染的同时，也提供了大量工作和创业机会，为我国经济发展起到了至关重要的作用，废旧编织袋再生利用产业已成长为经济发展中不可或缺的资源型环保产业。我国有 6 万左右的家庭式废旧编织袋处理作坊，因各种因素的制约，导致很多企业经营不规范、资源利用率低、环境污染严重。随着新环保法的实施，使得前期粗放暴力发展的废旧编织袋行业，因为环保不合格，全国大量地区的供应废旧编织袋企业面临关停。

产业特点：

1) 产业结构调整持续升级，在中小规模生产企业受到市场冲击的同时，大型的塑编近年加大了组织结构调整，特别是大型国有塑编企业和大型化工、商贸等集团化附属塑编企业，加大兼并重组力度，扩大生产规模，集团化发展增长效益提高产能。中小规模企业萎缩严重，特别是产能落后的微小企业影响最大。大部分塑编企业通过技术创新，不断开发新塑编产品，提升产品品种的多样化，拓展塑编制品的应用领域。同时塑编企业通过加强管理，延伸产业链，拓展相关的领域，并开展了多种化经营，推动了企业科学发展的进程。

2) 技术研发成果显著。已有 PET 编织袋已经投入了市场，相关的设备是由国外生产的，编织袋的强度远远超过了 PP 和 PE，而且是用瓶盖料，成本略低。

3) 《易回收塑料编织袋团体标准》2019 年开始实施。该标准的制定，通过采用与大体相同数值的热封胶带封口，和环保水性水墨印刷等新工艺，水性油墨 VOCs 含量低 2%，分散剂为水，无毒，无害，印刷应用过程不添加任何有机溶剂，不含有可溶性 AS，可溶性 BA 等多种重金属，并在食品包装中不会污染食品，解决了塑料编织袋后续回收处理时去色难的问题。塑料编织袋热封胶带，该胶带以 PP、PE 编织支为底部基材，涂以高分子聚合物，经涂布，分解后制成的具有低温热封、耐候性优良、无需缝纫，直接热粘合到袋体上下口。可以规范包装用于回收塑料编织袋，大幅度回收效益，提高塑料编织袋的经济效益。

4) 纸塑复合(去纸留塑)时机成熟,通过最新工艺的发展,纸袋诞生于上个世纪,主要用于达到避光、防滑、防漏的问题,主要用于工程塑料和聚苯乙烯的包装,耗纸近百万吨。

6. EPS 泡沫塑料

EPS 包装,是白色的泡沫,很多保温材料都会用这个材料,全球产量 1200 万吨,再利用 350 万吨,回收率为 30%。根据 2018 年的《中国塑料工业年鉴》,中国聚苯乙烯 2017 年总消费量为 330.2 万吨,其中发泡聚苯乙烯约占 45% 为 150 万吨其中包装占 45%,基本回收为 67 万吨^[37]。

EPS 有自己的特点,很干净,生活来源多,商业来源多。然后从外观上来讲, EPS 很大很轻,泡沫塑料 98% 是空气使其无法运输,必须先就地压缩,而经过压缩一块有 20 到 25 公斤重,再装到集装箱里, 40 柜集装箱的话可以装 25 吨,如果没有经过压缩最多装 800 到 900 公斤。

中国 EPS70% 用在化纤领域,各种长纤和短纤。快递的胶带基材全部是 EPS,还有拉杆箱,还有工程塑料的应用, EPS 造粒后可生产的产品,相框,镜框,装饰线条,保温板,衣架、鞋底。因为下游有着丰富的多层级的应用,上游的废料才变得有价值。

中国拥有 EPS 回收全链条的企业,它的模式是产业链垂直一体化的典型案例。企业在全球拥有超过 100 个的网点收购 EPS,在中国的两个生产基地制造相框,通过全球的连锁超市向全球分销。布点的前提是销售它的压缩机,把轻抛的 EPS 进行运输,解决了 EPS 回收的一个非常大的难题,非常成功的商业化。

7 生物基和可降解塑料

可降解是指一类由自然界存在的微生物如细菌、霉菌(真菌)和藻类的作用而引起降解的塑料。理想的生物降解塑料是一种具有优良的使用性能、废弃后可被环境微生物完全分解、最终被无机化而成为自然界中碳素循环的一个组成部分的高分子材料。

可降解塑料已经面世 20 年,但仍处于婴儿期。目前全球已经拥有 100 万吨的可降解塑料产能。好的一面是这些塑料可以在半年的时间内分解,这与其它可堆肥材料如纸张的分解时间类似。可降解高分子材料的需求今后五年将在 2017 年 33.5 万吨的基础上每年增长 9%。高分子材料减少碳排放的能力将增加公众对材料的接受度,其碳积分能抵消其高成本。消费者的习惯和立法也会帮助人们接受成本较高的高分子材料。

降解塑料的用途主要有两个领域:一是原来使用普通塑料的领域。在这些领域,使用或消费后的塑料制品难于收集回对环境造成危害,如农用地膜和一次性塑料包装,二是以塑料代替其他材料的领域。在这些领域使用降解塑料可带来方便,如高尔夫球场用球钉,热带雨林造林用苗木固定材料。

生物基材料按照目前的数据，全国一年的用量大概在 3-5 万吨，相比塑料行业来讲可以忽略不计。目前生物基材料价格每吨是 2.5 万，PET 和 PP 的价格在每吨 1.2 万元，普通塑料袋的价格大约为每吨 1.1 万元，生物基材料在市场上推广不容易，跟塑料合并处理也不容易回收。一些专家认为，生物基材料比较适合用在不容易推动回收系统的城市和乡镇，直接送到填埋场，可以解决当下污染的问题。

七、产业设备和园区

中国塑料包装企业分为从头部企业包括上市公司和细分领域龙头企业为主，它们是行业创新引领的标杆，主要服务的对象是规模较大的终端客户企业，核心优势是供应链稳定性强、自发创新意识明显；第二类次头部企业，为一些准上市公司，它们通常在某一个区域或某一个细分领域成为行业领头羊，具有一定的自主研发和创新能力，核心优势是品质明显处于行业前列；还有具有明星产品的中小企业，这类企业通常在若干具体包装产品上具有较好的行业应用优势，具有自主知识产权；而小微企业，占据了整个塑料包装行业的绝大多数，这类企业核心优势是服务和响应时间灵活。



中国塑料包装企业普遍面临“高投入、低产出”的发展瓶颈，往上发展空间有限，是导致塑料包装企业单体规模普遍偏小的重要原因。由于客户群体结构通常比较分散，中小微企业通常单体规模小，自主创新能力有限，服务半径低，供应链整合能力低，在整体供需匹配度不精准、产能布局不均衡的现状下，小微企业在我国不少区域获得了很好的发展，他们一方面自己不断开发新的客户，另一方面不断寻求成为其他供应链企业或贸易企业的或 OEM 工厂的帮助。伴随着产业互联网的发展，小微企业灵活排产和快速响应的优势得到一定程度的激发，然而随着国家对生产安全性要求的越来越高、环评要求的提高、以及智能包装工厂的日益兴盛，整个需求端向头部企业和次头部企业聚集已成为不可逆转的趋势。也正因为如此，产业资本近年来大举进军相对传统的包装行业。

这些对于塑料包装生产企业的规模、技术水平、污染程度都要确定量化指标，通过这些指标对塑料包装企业进行环境评价。使达标的企业进行扶植，对不达标企业进行关停并转。消除某些地方的一刀切的监管模式。2018 年年底，泰兴市和中环联合认证中心签署了“泰兴中环联合绿色包装产业示范区”，培育绿色包装产业集群。在下游的中国废塑料综合利用行业发展状况，也进入了一个行业整体的转型调整期，国际企业在进入固废行业，产业结构已经发生变化，并且在探索新型的集成园区的建设。行业和企业的运行状况都进行了环保技术改造，开始探索一种新的可再生废塑料种类和先进的技术，做出很多努力。

工信部 2018 年 1 月 1 日起实施《废塑料综合利用行业规范条件》，明确了行业新建、已建的三大重点类型企业在废塑料处理能力上的门槛。《规

范条件》所指的废塑料综合利用企业，主要包括 PET 再生瓶片类企业、废塑料破碎清洗分选类企业以及塑料再生造粒类企业。

表 5. 废塑料综合利用行业规范条件

企业类型	年废塑料处理能力	已建企业
PET 再生瓶片类新建企业	不低于 30000 吨	不低于 20000 吨
废塑料破碎、清洗、分选类新建企业	不低于 30000 吨	不低于 20000 吨
塑料再生造粒类新建企业	不低于 5000 吨	不低于 3000 吨

作为环保要求门槛高的行业，在资源利用方面，《规范条件》明确了“资源综合利用及能耗”，如对回收的废旧塑料，“不得倾倒、焚烧与填埋”；再生加工相关生产环节，要求每吨废塑料综合电耗低于 500 千瓦时；而 PET 再生瓶片类企业与废塑料破碎、清洗、分选类企业，每吨废塑料综合新水消耗低于 1.5 吨。

2010 年，国家发改委和科技部等 14 个部门联合发布《循环发展引领行动》中指出 75% 的国家级园区和 50% 的省级园区开展循环化改造。到 2020 年，主要资源产出率比 2015 年提高 15%，主要废弃物循环利用率达到 54.6% 左右。资源循环利用产业产值达到 3 万亿元。新型园区建设的探索正在逐步起步，在华北、华东，特别是集中在东部地区，已经有很多工业园区开始启动这一项工程。

2010 年，国家发改委和科技部等 14 个部门联合发布《循环发展引领行动》中指出 75% 的国家级园区和 50% 的省级园区开展循环化改造。

国内目前有安徽界首市光武循环经济工业区，河北定州北方工业园区等一批塑料再生循环经济产业园。光武循环经济工业区从上世纪 80 年代的废塑料收购转型为成资源循环利用的产业链，由简单加工转型升级为发展循环经济。已入驻企业 196 家，吸纳就业 5.5 万人。2016 年界首市生产总值增幅居安徽全省第一，规模以上工业增加值增幅居全省第三，已成为我国中部地区最大的再生塑料集散地，也是中部地区最大的再生塑料回收、加工、利用、供应中心，并形成了一条完整的废旧塑料分拣、清洗、造粒、改性塑料、注塑制品、压延产品的再生塑料产业链条。

北方循环经济示范园区，位于河北定州，利用沙荒地发展成为国家级循环经济示范园区，京津冀地区协同发展的重点示范园区，整个规划总占地约 20000 亩，总投资 400 亿元。重点发展橡塑回收加工、精深再制造、废旧机械电子拆解再利用、报废汽车拆解再制造、物流运输与仓储、节能环保新能源六大产业。还将重点发展废旧物资精深加工、有色金属高值化利用、资源循环利用示范基地、循环经济技术开发和成果转化、环保装备制造、环保智慧物流、节能环保新能源、京津及雄安产业转移区等八大产业。



第二部分 塑料包装回收的 国际经验

ROUTE.

les Personnes
le font à leurs
Risques et Pe

CLOTURE ANTI-POLLUTION

Ce dispositif protège
l'ENVIRONNEMENT
en captant les envois des
papiers et matières plastiques
émanant du
C.T.B.R.U.

PRIVEE

Engageant

ails

C.T.B.R.U
de
MARSEILLE

一、从线性到循环经济

目前塑料经济是一个典型的线性系统，即生产使用后就弃置。从经济的角度来看，在短暂一次使用后，95%的塑料包装就失去了价值，相当于每年损失了800–1200亿美元的经济价值^[2]。来自塑料包装的环境外部成本结合生产排放的温室气体，每年损失达400亿美元，超出塑料包装产业利润。从环境的角度来看，全球中已有超过1.65亿吨的塑料进入海洋系统当中。

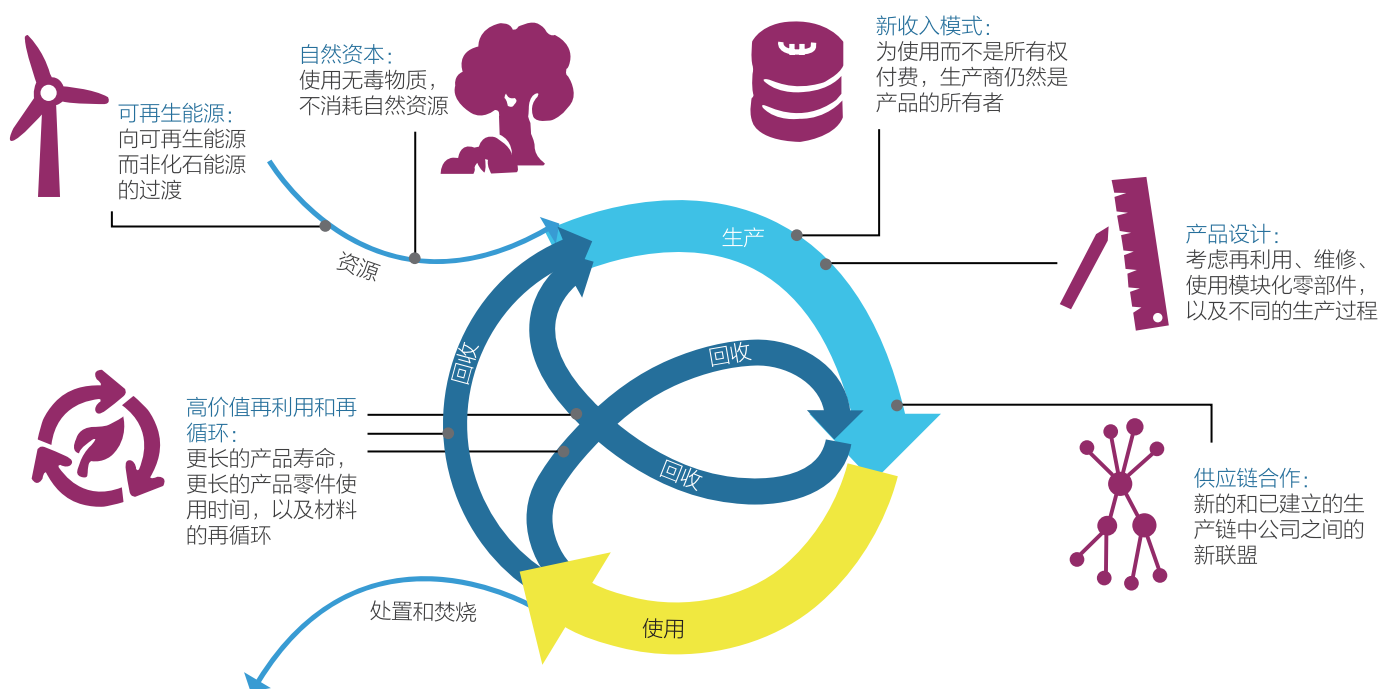
对于循环经济，科学文献和专业期刊中有100多种不同定义，是因为这一概念由不同的研究人员和专业人员小组应用。定义通常侧重于原材料的使用或系统的改变。关注资源使用的定义通常遵循3-R方法：

Reduce 减少（最少使用原材料）

Reuse 重用（最大限度地重用产品和组件）

Recycle 回收（原材料的高质量再利用）

图 16. 循环经济元素



循环经济的重点是资源在生产链各个环节的优化利用和再利用；从原材料的开采到消费。

循环经济的元素包括（图 16）：

- **闭环：**循环经济需要封闭的物质循环，全生命周期的每一个环节都相互联系，形成一个网络，其中一个环节的行为影响其他环节，必须考虑到短期和长期的后果，以及整个价值链的影响。
- **资源高效：**使在经济中流通的材料的价值最大化；尽量减少材料消耗，特别需要关注的原始材料、有害物质和废物流（如塑料、食品、电气和电子产品）；
- **零废弃：**防止产生废物，减少废物和产品中的有害成分。

循环经济的重点是资源在生产链各个环节的优化利用和再利用；从原材料的开采到消费。由于全球人口不断增长和繁荣程度不断提高，资源变得越来越稀缺。这就是为什么尽可能有效地利用现有资源变得越来越重要。还有新的机会——新市场、更多的合作和减少资源的使用。

欧盟委员会表示，向循环经济的转变是：“为欧洲带来转变经济和创造新的可持续竞争优势的机会”。

艾伦麦肯阿瑟基金会(2016)提出的“新塑料经济学”提出用循环经济来^[38]：

打造一个有效的“使用后”塑料经济——提供回收，加大对复用包装、可降解包装的利用；

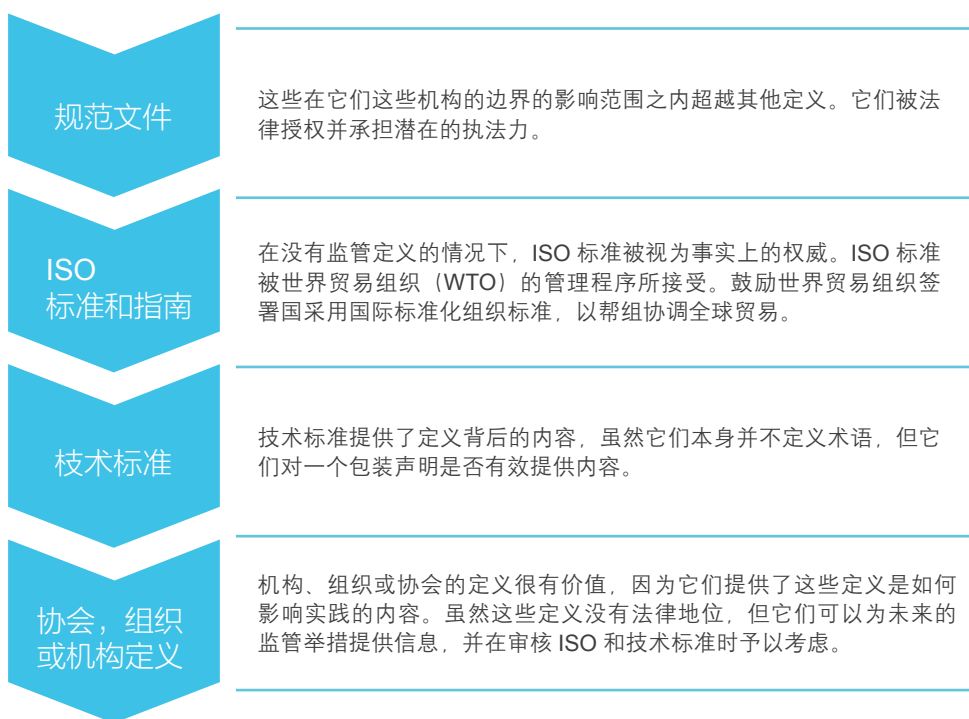
大量减少塑料“泄漏”——通过改善目标国家使用后基础设施，通过让材料保留在系统中来增加经济吸引力，减少塑料包装的负面影响；

与塑料化石原料脱钩——主要通过对可再生塑料的研发，如：生物基塑料。

2018 年 10 月底，艾伦·麦肯阿瑟基金会和联合国环境署共同发起“新塑料经济全球承诺”，目前，已有 400 多家全球领先公司企业加入，这些企业代表全球 20% 塑料包装生产量，该承诺联合企业、政府和各非政府机构，承诺到 2025 年 100% 实现可回收，可堆肥，使用超过 25% 的再生材料。

对于建立技术体系，需要首先建立法律规则体系，如在没有法律规范定义的情况下，ISO 标准作为权威体系，如 FTC 的绿色指南，ISO 18604，14021。ISO 标准得到 WTO 的认可，成员国都可以接受，以协同全球贸易。技术标准提供在定义后有效的具体内容。机构，组织或者协会的定义也是很有价值的，可作为实践的指南。尽管这些定义没有法律效益，这些可以帮助于管理机构在制定和审核技术标准时采纳（图 17）。

图 17. 包装定义的法律结构



二 法律法规和生产者责任延伸制（EPR）

生产者责任延伸制（EPR）即生产者对产品的责任延伸到产品生命周期的消费后阶段，来自于 1975 年瑞典政府《废弃物循环利用和管理议案》，1998 年经合组织（OECD）出版了《EPR 框架报告》^[39]，定义 EPR 为一种环境政策方法，生产者责任政策的特点是“将责任（物质和 / 或经济责任；全部或部分责任）转移到生产者的上游，远离地方政府；并提供激励鼓励生产者在设计产品时考虑到环境因素。”

美国 EPR 的研究机构 2012 年发布一个更适用的 EPR 定义，指出 EPR 是一种强制性的产品管理方式，至少包括生产者对其产品的责任延伸到产品及其包装的消费后管理的要求^[41]。

EPR 政策有两个相关特点：（1）在政府监督下，将财政和管理责任转

移到生产商的上游，而不是公共部门；（2）鼓励生产商将环境因素纳入其产品和包装的设计中。

EPR 的责任也在不断丰富，最初只有环境损害责任——生产商在生产时，尽量采用可再生的材料，尽量使用对环境危害小的材料。后发展出生产商要对产品的回收和处置的成本负责。再后，责任超出了产品本身，在建设回收系统上，生产者要开发技术。这些都做到之后，在产品的全生命周期里，生产商还要对社会披露产品信息。

参与包装链的所有实体都有责任减少产品及其包装的生命周期影响^[35]。但 EPR 认为，主要责任在于生产商或品牌商，因为他们做出的设计和营销决策最直接地影响包装。如果生产商知道他们有责任承担报废成本，他们就不太可能设计和在市场上投放难以回收的包装，因为这将增加回收或处置成本。

**指令有两个目标：
首先是源头预防，
一开始就防止产生
包装废物；如果一
定要有包装，要重
复使用、再生和其
它方式的回收利用
包装废物。**

在这个发展过程中，EPR 凝结出两个内涵，第一个是产品全生命周期的理念；另一个是公共废弃物管理体系的创新。生产者责任延伸法通过大幅提高所有消费后包装的回收率、通过生产者收费提供急需的额外资金以改善国家的回收基础设施、开发收集材料的新市场来解决许多这些回收问题、推动更好的产品包装设计选择。

做到这一切并不容易。欧洲的 EPR 法律是推动自愿项目失败后的结果。欧洲回收与再循环协会在 20 世纪 80 年代在 8 个欧盟国家开展包装回收试点项目，但由于缺乏公平竞争的环境，该项目未能成功。领先的公司首先在自愿项目方面尝试了“除 EPR 以外的一切”，但无法实现他们的目标。因此，这些国家制定了公共政策，要求它们对其包装负责。

欧洲推动 EPR 有其很强的经济和社会原因。由于人口老龄化和小家庭的趋势导致更多的包装商品，市场上的包装数量增长了 10%，表明包装与国内生产总值（GDP）的增长脱钩。回收利用为欧洲的生产提供了原材料，使成员国减少了对原始资源的依赖，废物管理和回收利用行业对经济贡献重大。2009 年，这些行业在欧盟创造了 950 亿欧元的收入，并创造了 120 万至 150 万个就业机会^[1]，并预测“随着欧盟对原材料的需求持续增长，鉴于欧盟对许多原材料的进口依赖，回收利用的作用将变得越来越重要。”

欧盟于 2018 年修订了废弃物框架指令（WFD）和包装废弃物指令（PPWD）（94/62/EC）。EPR 自 1994 年发布以来，欧盟的 PPWD 一直是包装回收率稳步增长的关键驱动因素，要求成员国制定包装废弃物的预防、再利用和回收法规。指令有两个目标：首先是源头预防，一开始就防止产生包装废物；如果一定要有包装，要重复使用、再生和其它方式的回收利用包装废物。受德国法令的影响，每个国家都可以决定如何执行该指令，但必须达到规定的回收和再利用目标。该指令规定了一系列报废废弃物管理选项，使预防废弃物成为最高目标，然后是再利用和再回收，其他形式的回收（包括焚烧和能量回收），最后通过填埋或焚烧处理而不进行能量回收。它并没有强制实施 EPR，但大多数国家颁布了相关政策，要求企业支付部分或全部

EPR 制度在商业模式上目前也开始向盈利模式转变，这是因为当今废弃物管理已越来越受到投资商和企业界的关注，这将不再是一个非盈利的工作，

收集和回收成本。有 15 个欧盟国家要求这些项目 100% 的生产者提供资金，10 个国家是分担成本，2 个国家拥有可交易信贷，另外 2 个国家使用包装税。分担成本是工业和地方政府之间分摊；工业强制费用是按照价值链分，由每个环节负责的主体分担。这些费用包括回收包装与市政废弃物之外，单独对回收的包装进行分选进入回收的物质流；消费者意识提升^[42]。

该指令最初设定了包装废物回收率为 50% 至 65% 的目标，包括到 2001 年 6 月达到的 25% 至 45% 的回收率。这一目标又修订两次。最近一次修订将回收目标提高到了 55%，包括到 2008 年玻璃、纸和纸板包装的 60%，金属的 50%，塑料的 22.5%。2012 年，欧盟 64.6% 的旧包装被回收。但这其中，塑料包装的回收再生率为 37%，远低于纸和纸板包装的 83%^[34]。2014 年，欧盟设立了新目标，要求到 2030 年，所有在欧盟市场上使用的塑料包装要可重复使用，或者能够有效地回收。到 2030 年，欧洲产生的塑料废料要有一半以上是可回收的，塑料包装废物的循环利用达到与其他包装材料相当的水平。为了达到这个目标，EPR 作为政策工具确定了 EPR 制度后，几乎所有的成员国都将回收目标的责任分配给了生产商，生产商再为自家的旧包装制定目标。在最初签署该指令的 12 个国家中，所有国家都达到或超过了 2008 年包装材料 55% 的目标。近年来，表现最好丹麦包装回收率为 84%；比利时为 78.9%；荷兰为 72.4%；德国为 70.5%；奥地利为 69.9%。最近加入欧盟的国家有更多的时间来实现这些目标，但欧盟 27 国的平均包装回收率已经达到 61%。

德国的废弃物回收体系立法已近 30 年，日本的循环经济法也有 20 年。这些国家和地区的法律法规各有特点，不过都反映了当今可持续废弃物管理的理念，尤其是废弃物管理优先级：预防 > 循环前准备 > 循环利用 > 处理过程中能源回用和 > 最终处置。

费用根据生产商投放市场的包装重量收取，越轻费用越低，这促使生产者激励材料优化。通常，出售的再生产品的收入用于抵消生产商和进口商对 EPR 计划的所支付的费用。

EPR 制度在商业模式上目前也开始向盈利模式转变，这是因为当今废弃物管理已越来越受到投资商和企业界的关注，这将不再是一个非盈利的工作，会出现更多的商业性的竞争提供更多废弃物管理服务，但目前还没有很清晰的框架。

国家层面也有别的制度，一类是增加成本，如垃圾收费、填埋费（税）、押金返还制度等。目前以填埋费（税）、垃圾收费等应当较为广泛和成功。一类是给予经济激励，主要有提供优惠贷款、补助金等。至少还有 47 个国家制定了某种形式的使用过包装法规，要求公司承担共同或全部责任。除欧盟 27 个成员国外，加拿大、以色列、日本、韩国等国被授权使用 EPR 包装。

三、各国塑料回收体系

3.1 美国

美国已经针对一些产品类别制定了 EPR 法律和政策。在 32 个州，70 多个生产者责任法已经生效，涵盖 10 类产品，包括电池、手机、油漆、农药容器、地毯、电子产品、恒温器和荧光灯，但不包括包装。

电子产品生产者责任法特别成功地遏止了由于消费者快速更换电子设备而产生的电子废物的浪潮。这些法律有效的原因是既有最低回收目标，也有便利性要求。对回收率有积极影响的其他因素包括促进各种类型（回收商、零售商、政府）的回收和垃圾填埋禁令，还受益于包括非常广泛的可回收产品（计算机、电视、手机、显示器等）。



在 32 个州，70 多个生产者责任法已经生效，涵盖 10 类产品，

各州和直辖市有权管理当地的固体废物，但他们在资助这些方案方面面临着更大的财政困难。地方政府及其纳税人没有足够的财政资源，能够负担把这些废弃物从处理送到回收处的费用。

各州不能跟上回收步伐的还有一个原因是近年来新包装形式的增长。几十年前，包装产品是由单一材料制成的，通常是纸、玻璃、塑料或金属。现在有很多种塑料包装，其中一些是生物基和石油基的组合。复合材料的种类很多，一般不能回收利用。地方的回收技术必须越来越复杂，以跟上世界的步伐，然而在这个赤字时期这是不现实的。因此将责任转移到生产商身上，要求他们设计可以使用现有技术回收的产品，或者开发、管理和资助新材料的回收技术，美国 APR（塑料回收协会）在这方面发挥了很大作用。

鉴于这些担忧，许多州和地方政府已经采取行动支持 EPR 立法。纽约、加利福尼亚州、太平洋西北部、德克萨斯州、佛蒙特州已经通过了 EPR 框架立法的原则^[41]。

目前主要使用的回收系统有 2 种，单流回收流和双流回收流。单流系统是指把纸板等纤维类材料和塑料混合，玻璃，铝等混在一起回收，这样要降低回收成本。而双流回收系统提供的回收系统完全独立于收集固体废物的收集系统，在源头的分类很细，使得其后端应用好，但成本高。

无论单流回收系统，还是街边回收箱，双流回收，在分析源头分类采用哪种回收体系更合适，是在经济学和环境影响分析后得出的。选择什么样的回收体系，与回收成本和末端材料应用有着很大的关系。单流回收系统可以减少人力成本和交通成本，而回收到更多的原材料。越上游的回收越节约成本，如果是再生塑料，就节省了新料开采、运输、制造过程。这个环境影响大约是 10-20 倍（表 6）。

表 6. 回收的环境收益（数据来源：US EPA, 2006）

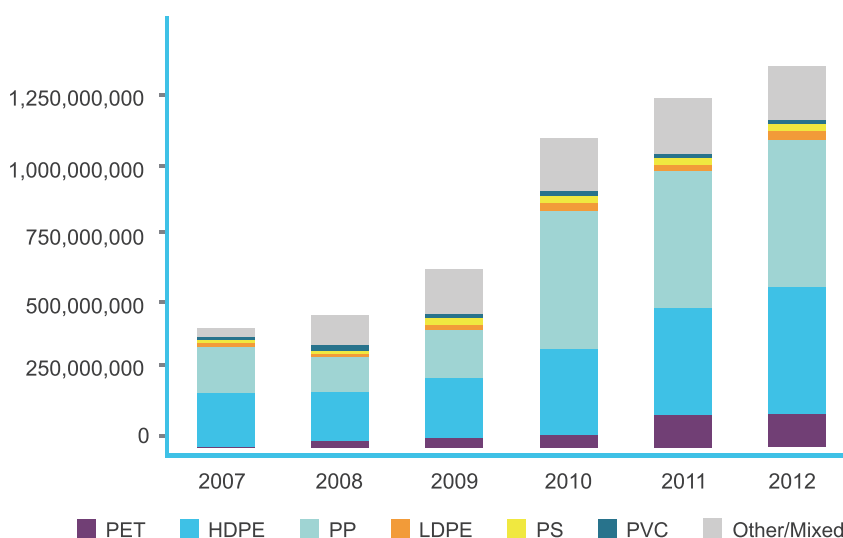
材料	节约能源（MBTUs/ 吨）	减少 GHG 排放 （MTCE/回收材料吨）
铝罐	207	3.7
HDPE/LDPE	51–56	0.38–0.47
PET	53	0.42

备注：MBTU：百万英国热量单位；MTCE：百万吨标煤或百万吨煤当量

在选择收集方式时，市政府和州政府在采用的回收系统主要包括：1）地方城市应分析单流收集系统将如何影响收集成本，包括：资本投资，如新垃圾箱，处理成本，国内终端市场（造纸厂、玻璃选矿厂、冶炼厂和塑料回收商）；对加工材料质量的影响；可供最终使用的选项数量，以及与销售再生材料，即其质量能在多大程度上维持需求等各种经济条件；2）城市应考虑所有其他更有效的收集方案，如双流等。

由于中国之前经济的高速发展对于原料的需求，废料无需很好的分类就可以出口。因此，美国采用了单流回收系统。美国的回收网点，即物质回收设施（MRF），全美各州共有 170 多个，27% 的居民可以接触到。从 2010 年起，美国包装业采用 EPR 的势头一直在增强。这主要是由于州和市的财务状况恶化，以及关注废弃材料的经济价值。人们越来越认识到，在其他世界市场（而非美国业务）承担责任的公司对消费后材料的需求不断增长，以及与气候足迹和海洋污染的联系。一些具有前瞻性思维的品牌，如可口可乐、雀巢水和百事可乐三大饮料品牌承诺，将回收 100% 的消费后瓶子。为了履行这一承诺，鉴于政治现实和日益增长的材料回收工作的复杂性，在美国实现这些目标的最实际办法是，要求所有在市场上投放包装材料的各方根据他们生产的材料水平做出贡献。从美国回收的硬塑料的构成可以看出回收量大幅上升，PP 比例最高，而且随着时间不断上升，HDPE 其次^[40]。

图 18. 美国硬包塑料回收量美国非瓶类硬包塑料回收



2014 年 10 个 省
份中有 4 个已经实
施了包装计划

3.2 加拿大

加拿大所有省份和两个地区都制定了某种形式的产品和包装的 EPR 框架立法。2014 年 10 个省份中有 4 个已经实施了包装计划——安大略省、魁北克省、马尼托巴省和不列颠哥伦比亚省。安大略省和魁北克省要求工业部门支付 50% 的成本，曼尼托巴省支付 80%，不列颠哥伦比亚省 100% 由生产商提供资金。与欧洲一样，加拿大的包装政策是在自愿解决方案的失败尝试中演变而来的。安大略省的路边回收蓝桶系统最初是由饮料行业提出的，由于行业不喜欢强制使用最低数量的可重复充装的瓶子，由此把它作为对于行业要求的替代方案。政府同意削减可再充装瓶子的配额，条件是软饮料行业要协助为恢复安大略省的路边回收提供资金。这造就了目前产业和市政资金共同承担的体系。加拿大目前各省级层面大约有 50 个产品都在使用这种产品管理模式。所有省份都有啤酒容器的押金系统，8 个省份有软饮料饮料容器回收计划。这也是一个双向路边包装回收系统和押金系统共存的系统。



德国 1991 年颁布
的包装条例规定行
业负责收集

3.3 德国

德国是第一个要求 EPR 进行包装的国家，德国采取行动是因为担心国家的垃圾填埋场面积不断减少，其中一个关键的目标是通过创建一个降低包装消耗的策略来减少资源的使用。德国的体系因其开创性的努力而受到赞扬，使生产商对回收和高回收率负责，但也因其复杂性和高成本而受到批评。

德国 1991 年颁布的包装条例规定行业负责收集、分类和回收消费后包

装的费用，赋予零售商从消费者手中收回产品包装的责任，但如果零售商的供应商有私立金融机构收集包装，则除了零售商收回产品包装的要求。零售商则迫使他们的供应商承担这一责任，因此，生产或进口包装的德国制造商和将包装投入流通的供应商或经销商签订专门的管理垃圾桶和包装回收商（PRO）。目前，欧盟成员国中有 33 个类似的 PRO 专业机构负责管理生产者责任。

名为 *Duales System Deutschland*（DSD）的 PRO 最初在德国管理包装回收系统。它是作为一个独立于固体废物收集的“双重”系统发展起来的。DSD 向制造商和分销商收取许可费，以便在包装上使用“绿点”或“Greuner Punkt”标志，表明该包装在该系统中被接受。每种材料的费用都是根据回收费用计算的。这鼓励制造商/填料商通过使用费用较低的可回收材料或减少包装数量来降低其费用。绿点建立了三种垃圾收集点的综合收集网络，最普遍的是路边系统，消费者将塑料、复合材料、铝和钢（但不是玻璃、纸或纸板）等包装放入绿点提供给家庭的黄色袋子或垃圾箱中。纸张和纸板被收集在一个单独的蓝色箱子里，从家里或附近的集装箱站收集。玻璃需要特殊处理，居民需要把玻璃带到社区里设置的特殊垃圾箱里，通常用颜色隔开。在销售绿点包装产品的零售商店，也为绿点废物提供收集站。材料收集后，由与 DSD 签订合同的废物管理公司进行分类，并送往回收设施。95% 的德国人口可以使用路边收集和其他方便的回收设施。这些站点也位于商业区，方便消费者在家外回收包装，分离材料的色标具有一致性，便于理解和参与。德国人积极参与，回收方便。该系统的另一个好处是，通过收集所有包装材料和塑料，德国已成为开发新的分类和回收技术的领头羊，特别是对于塑料等难以回收的材料。按照指令的要求，收集和要求回收所有不同类型的包装材料，推动了新技术的发展，特别是混合塑料技术的发展。

新的 EPR 法规在增加循环利用和减少消耗方面表现良好。由于包装重量轻，可再填充和压缩包装，以及复合塑料和更易回收材料的使用，包装消费量下降了 9%。1997 年，包装回收率飙升至 81%。复合材料和塑料包装下降了 50%，包装用塑料从 40%（体积）下降到 27%。到 2010 年，德国实现了 73.5% 的回收率，其中纸张和纸板包装的回收率为 91%，铝和钢的回收率为 91%。



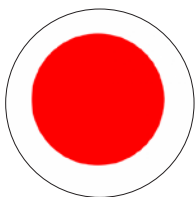
共有 589 个城市进行废物管理，约有 50 个城市间废物管理局。

3.4 比利时

比利时因其统一的包装体系和高回收率而被反复引用为 EPR 在包装方面的一个非常成功案例，但与其他欧盟国家相比，比利时也在很大程度上限制了实际回收的材料。与德国有单独的包装垃圾收集系统不同，比利时的生活垃圾收集是一项市政责任。比利时的三个地区签署了一项协议以保持立法一致。共有 589 个城市进行废物管理，约有 50 个城市间废物管理局。比

比利时有一项垃圾填埋指令，要求垃圾在处理前不得填埋。除佛兰德斯地区禁止焚化外，所有未被送去回收或堆肥的废物都被送去能量回收（焚化）。比利时对欧盟包装指令的执行规定了每个包装责任方（生产商、自有品牌零售商、进口商）有义务通过其自己的回收系统或经认可的组织实现年度回收和回收目标。经认可的家庭包装专业运营商（PRO）是 Fost Plus 公司，其拥有 5900 家成员公司，占市场的 93%，这意味着约 7% 的包装生产商没有支付费用。2010 年，家庭包装的回收率（考虑焚烧时）为 94.9%^[41]。

比利时注重通过系统的统一性以及与市政当局的持续沟通与合作，获得优质材料。PRO 回收体系中将 PMD（塑料，金属，饮料箱），纸张和玻璃与其他生活垃圾分离的系统减少了对废物流的污染，并确保回收高质量的材料进行再循环。这也降低了分类和设备维修成本。然而，也需要谨慎看待高回收率，因为该系统只回收塑料瓶子，留下大量其他类型的塑料包装需要焚烧。只有 39% 的 PET 塑料被回收利用，46% 被焚烧。比利时选择只收集能够获得市场价值的塑料，而不是像德国那样投资于创造塑料市场的新技术。



90 年代，日本提出了“环境立国”口号，为了实现“零排放”的“循环型社会”的理想

3.5 日本

日本的生活垃圾处理和循环利用体系经历了一个逐渐完善的过程，目前已经走在了世界的前列。为了构建循环型社会，尽量抑制废弃物的产生，把产生的废弃物作为资源进行循环利用^[43]。90 年代，日本提出了“环境立国”口号，为了实现“零排放”的“循环型社会”的理想，集中制定了一系列法律法规，这是日本资源循环利用率高，环境保护好的最重要保证。这些法律可以分为三个层次：第一层次为基本法，2001 年全面实施《建立循环型社会基本法》，在废弃物规范处理方面，2010 年修订《废弃物处理法》；在推进再生利用方面，2001 年全面修订《资源有效利用促进法》；第三层次是针对各种产品的性质制定的专项法律法规，如《容器和包装物回收再利用法》、《家用电器回收再利用法》、《食品回收再利用法》、《建筑及材料回收法》、《车辆再生利用法》、《绿色采购法》等。这些法律覆盖面广，操作性强，责任明确，对不同行业的废弃物处理和资源循环利用等作了具体规定，并相继付诸实施。

日本曾经是世界上第二塑料生产大国，废旧塑料的回收一直是困扰日本的严重社会问题，所以对废旧塑料的回收利用一直保持积极的态度。在容器包装循环利用制度下，日本容器包装循环利用协会作为指定法人，由特定企业支付再生费用 364 亿日元（2016 年度），提供给分类收集和再生企业。

日本的生活垃圾主要分为可燃垃圾，不可燃垃圾，粗大垃圾和资源垃圾（表 7），塑料归属在资源垃圾单独回收。



表 7. 日本垃圾分类

垃圾分类	品种	垃圾丢弃方法
(1) 可燃垃圾	厨余垃圾、报纸、纸箱、纸盒、杂志、旧布料、包装容器等。	放入市指定的垃圾袋丢弃
(2) 不可燃垃圾	金属、玻璃、破碎的家电制品、陶瓷器、塑料等	放入透明或半透明的塑料袋丢弃
(3) 粗大垃圾	白色家电类（电视机、空调机、冰箱 / 柜、洗衣机）、金属类、家具类、自行车、陶瓷器类、不规则形状的罐类、被褥、草席等。	首先，测量垃圾的大小。最长的部分的长度为 50cm 以上的物品被认定为大型垃圾，2m 以上以及 70kg 以上的物品不收集，需要预约大型垃圾受理中心处理。其次，按照长度交完粗大垃圾处理费用之后丢弃。
资源垃圾	饮料瓶、茶色瓶、无色透明瓶、可以直接再利用的瓶类	罐清空后冲洗，然后放入透明或半透明的塑料袋丢弃

日本垃圾人均排放量在容器包装循环利用法 2000 年全面实施，特别是在 2006 年容器包装循环利用法修订后快速下降，到 2016 年比 2000 年下降了 21.6%。

2016 年日本共生产树脂 1075 万吨，消费量为 980 万吨，物理回收方法为 206 万吨（23%），化学回收方法为 36 万吨（4%），能源回收方法为 516 万吨（57%），焚烧方法为 80 万吨（9%），填埋方法为 60 万吨只占 7%。在垃圾不断增长的情况下，填埋量不断减少，填埋场使用年限增加。



四 一次性塑料

欧盟委员会 2019 年通过禁止一次性塑料制品的提案，计划在 2021 年前在欧盟范围内禁止一系列已有其他材料替代物的一次性塑料制品，如没有替代物，欧盟也提议到 2025 年前将其使用率降低 25%，即在 2021 年前这些物品将不会继续出现在市场上。根据这个战略到 2030 年所有欧盟市场上的塑料包装物都要减少，第一，使塑料回收对企业来说是有利可图，扩大就业机会；第二是减少塑料浪费；第三，禁止塑料污染；第四，包括和世界各地的伙伴一起提出全球性解决方案，并制定国际标准。

花旗银行 2018 年发布的一份针对一次性塑料的研究报告，指出由于欧洲的主导，世界范围内再生 PE 需求将会从 2017 年的 5% 增长到 2030 年的 7%，2020 年全球再生塑料市场的价值将会达到 1.2 万亿美元^[44]。

小结

国际上的生产者责任延伸制都建立在相关法律基础上，如 PPWD 和容器包装循环利用法，将塑料包装作为资源建立单独回收体系，或者其他资源废弃物一起回收。这些都与城市废弃物体系，市政体系，回收成本和再生产业有着非常大的关系。但每个国家选择的回收方式各不相同，需要与城市分类和规划结合，和不同的财政收费体系相关，而不是盲目地照搬照抄。各国都专门设有 PRO 包装回收商或者机构负责专门回收，以保证公正性和专业性。



第三部分

中国塑料包装物回收和再生行业面临的问题与挑战



一、需要明确塑料包装物回收再生责任和回收再生目标

城市固体废弃物成为影响城市环境的重要问题，垃圾围城是一个公共环境问题，这造成政府的负担越来越重，需要采用市场化的方式，借助生产商的力量来解决。中国独特的回收模式即整个塑料回收体系是拾荒人群 + 市政处理 + 末端回收再生行业，整个链条中的生产者和消费者是缺失的。这种独特体系是自发生长出来的市场形成的行业，以中小微企业为主，同时也提供了大量的就业人员和形成全球最大的塑料再生行业。这种模式中，生产商包括品牌商一直游离在回收体系之外，没有尽到源头预防、信息公开和回收处理的责任，销售者也没有起到回收和宣传责任。对于消费者，现在开始实施的垃圾分类已经开始承担一些责任，但长期坚持仍然任重道远。

中国目前还没有出台类似于欧盟 WFD 和 PPWD 的法规，虽然也发布了包括包装物等 4 类产品实施生产者责任延伸制度的政策，但包装物中并不包含塑料包装物。中国 EPR 制度的演进，从 2003 年的《清洁促进法》，到 2017 年的《生产者责任延伸制度推行方案》，是国内关于 EPR 制度的一个相当成文的政策，也是一个大的突破。方案设立了两个目标，分两个步骤走的战略，第一步走在 2020 年要让相关的政策体系初步形成，有回收目标和回收系统以及资金机制，产品生态设计取得重大进展，重点品种的废弃产品规范回收与循环利用率平均达到 40%。推行方案的基本原则是政府推动，由市场主导，市场发挥资源配置的作用。第二步目标到 2025 年，相关的法律法规基本完善，基本领域可以运行，再生利用的比例和循环利用的比例都要进一步提高。

EPR 推行到现在还是存在很多的问题，因为 2017 年才实施，虽然设定了目标，但是没有配套政策，很多包装还没有覆盖到重点行业，配套的实施条例更是寥寥无几。2017 年，发改委、科技部都发布了相关文件，国务院《禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》中也提出建立健全生产者责任延伸制。2019 年，国务院发布“无废城市”建设试点工作方案，提出限制生产、销售和使用一次性不可降解塑料袋、塑料餐具，扩大可降解塑料产品应用范围。但还没有真正提及建立生产者责任延伸制。

强制社会各主体为塑料污染做出改变和贡献，政策因素是起关键作用。2019 年 9 月 10 日中央深改委发布决议后，也预示着规范塑料循环利用行业，从生产流通消费各个环节，都要有新的制度出台。2020 年 1 月出台了应对塑料污染防治意见。与之前政策相比，中国 2020 年最新“限塑令”的进步在于



着眼于在整体性塑料循环产业链的构建。它提出了构建塑料回收管理体系和步骤，从不同的层面上发力，比如规范企业的生产，健全垃圾回收体系等。配套的监管、政策和科技研发方面也有了比较全面的框架和体系规划。

二、构建循环经济闭环 仍然尚待时日



塑料包装物代表的不是一个产品，而是整个产业链。运用循环经济模式以提高塑料包装回收的资源效率。但由于规模和技术资金的障碍，缺乏高附加值再生产品和市场需求。与前端生产品牌企业相比，后端回收系统上规模小，无法匹配大量的废弃物回收处理。由于没有建立后端回收的基础设施，垃圾分类刚刚开始，再生行业没有形成产业规模。

在对于塑料的意识上，没有树立将塑料作为资源化利用的思维，仍然认为只是一种可以焚烧的垃圾，这在政策上很难给与更多的支持。循环经济的核心思路是将塑料资源化利用，而不是焚烧填埋，必须制定明确的回收目标，以减少填埋，减少温室气体排放，才能促使各方参与。

打造塑料包装循环利用的闭环场景，就离不开全产业链的协同。传统的逻辑下，生产制造企业只管生产制造、物流配送企业负责物流配送、终端用户负责销售、消费者负责购买和使用、回收企业负责后端回收处置，这种开环连接模式下导致的最终结果是，包装材质、种类、结构负责多样，加之新消费群体个性化主张的生长，以及农村节日消费的习惯等使得包装个性化、多色化成为主流形态，这同时对包装的回收与再利用造成巨大困难。

塑料包装物虽然都是塑料，实际上包装材料非常广泛，从 PP，PE，到 EPS，每一种品类上下游的企业都是不同的，构建不同的闭环需要供应链的合作，回收专业和生产企业配合，而非笼统的政策就可以解决问题。一方面，上游企业对回收再生体系非常陌生，在产品绿色设计和可回收创新中，很难与下游企业建立足够的沟通，了解回收再生中的问题，以便在产品阶段进行改变。树脂占塑料包装产品成本的 50%，树脂生产商上可在新型树脂减少物品的重量和可回收材料上带来了更多机遇。一些树脂公司推出了基于可持续环保原材料的高分子材料。特别是欧洲企业，收购了回收公司，用于补充原生树脂需求的缺口。此外，闭环中缺乏零售业的参与。企业应从连锁店做起，形成包装企业、零售、连锁店的封闭式循环。企业销售的包装自己可

以回收，消费者消费之后可以送回来。

在总体上对责任主体进行明确，按照塑料产品的场景进行主要细分领域的责任明确，将是未来生产者责任延伸制度实施的基础。目前有的行业细分领域的责任关键环节在进行闭环的尝试，从某个或某些行业开始启动或许能创造一个新的模式。

三、塑料包装回收再生技术和标准尚待提高

对包装循环利用和回收制定强制性标准，推动塑料包装的标准化、减量化、可回收、易循环，是一项系统性工作。从现有的标准体系来说，与包装直接相关的强制性标准太少，推荐性标准较多。从包装价值链出发，包装要满足各个链条价值的实现，就必须满足一些基础性条件，而现有标准中多规定性能要求，主要是从“包装与产品”的关系出发来立标，未能从“包装与产品、包装与人、包装与环境”整个系统角度去考虑。以食品包装为例，终端客户企业会要求包装生产制造企业按照水蒸气透过性、氧气透过性来进行测试以评判其是否能实现其货架期要求。不同场景对包装的功能要求多样化，以及相似功能要求的包装实现手段各异，最终导致的是包装废弃物循环利用的困难。

包装材料需要简化，减少使用复合材料制造的一次性塑料包装制品。有些复合塑料包装，添加碳酸钙和化石粉，降低了生产成本，增强了强度，但对环保来讲是不利的。

包装行业的兼并重组正风起云涌，但目前塑料包装行业的生产极为分散，最顶层的4家公司占整个行业市场的28%左右，相比而言，玻璃包装方面前4家公司占到了95%的份额，饮料罐的前4家生产企业占到了市场总额的90%。塑料行业存在小型的小众企业。塑料包装涉及各种介质，从薄膜到盒子和瓶子托盘等，而玻璃和金属的包装物品则应用相对较窄。这都使得行业很难投入技术研发。

回收再生行业缺乏标准。塑料回收部分基本分成两个部分，一是回收之后，经过再利用的回收商，经过清洗，再把原料造粒卖给生产商，二是作为废塑料来使用。这个部分都要进行国家标准的认定，让这些原料符合食品包装或者工业包装来使用。



再生行业缺乏投资。一方面，废物采购没有进项发票，后端无法抵扣；另一方面，企业要遵守国家环保、安全和照章纳税等法律法规，导致中国的再生资源加工利用企业税赋超过社会平均税赋水平，基本上无法获取利润，加上塑料原料价格持续下跌，塑料循环利用已经进入全行业亏损的状态。总体来看，当前符合环境和安全、税务、劳动保护要求的绿色环保再生工厂在中国成为短缺，经营成本高导致正规化企业不能获利，缺乏新的投资进入，是制约行业发展的关键问题。

四、提高回收再生企业水平

中国的再生塑料行业基本是以中小企业为主，在规模、技术和资金方面都很难满足新的塑料循环再生对于产品高附加值，质量稳定，批量生产的需求。此外，再生材料贵于原生材料的现状，塑料废弃物不断增长，使得再生企业自身很难完成社会对于塑料回收利用的使命。现在已有国际企业入股或并购国内优质企业，再生设备行业和再生加工企业向回收端拓展到打包站或分拣中心，可为城市废弃物回收提供更好的塑料废弃物资源利用的解决方案。



© Jason Houston / WWF-US

An underwater photograph showing a large amount of plastic waste, including a large clear plastic bottle and a smaller white bottle, tangled with green seaweed and other debris in clear blue water. The scene illustrates environmental pollution.

第四部分

加强塑料包装物回收 利用防止环境污染的 建议



一、推动建立中国塑料包装生产者责任延伸制

对比国际经验，在中国推行 EPR 还面临很多挑战。首先是在立法方面，目前还没有一个类似欧盟的 WWFD 或者日本循环经济法的法律，目前还是依靠后端回收体系的利润空间，但已经难以为继。2018 年，中国开始禁止进口洋垃圾，国内再生塑料价格上涨，然而油价下降，导致新料与再生料价格倒挂的情况。建立回收体系的成本，更增加了再生塑料的成本，这些成本是不可能由再生行业来承担的。而中国选择何种方式与地方经济财务能力有关以及需要对企业生产者强制性收费。

欧盟法令是为减少填埋而提出塑料包装回收率目标，这是按照环境的要求，给生产商提出的要求。EPR 通过强制性要求，将塑料作为再生资源回收，由此出现专门的包装回收商，由生产者付费，单独回收，与市政回收体系分离。EPR 与市政体系结合的形式，还是建立完全的政府回收体系，或是市政回收体系 +EPR 系统，或者完全由企业来负担塑料包装物的回收，这些都需要更多的分析。

中国 2020 年最新“限塑令”与之前的政策相比更着眼于在整体性塑料循环产业链的构建，提出了构建塑料回收管理体系和步骤，从不同的层面上发力，比如规范企业的生产，健全垃圾回收体系等。配套的监管、政策和科技研发方面也有了比较全面的框架和体系规划。新一轮的“限塑”必定会对所有产业产生影响，推动各行各业考虑怎样去替代或者解决塑料的循环问题，仍需要一定的时间才能完成。这项《关于进一步加强塑料污染治理的意见》会成为之后法规法律的修订，以及地方政策的参考，例如新修订的《固废法》，海南省的《全面禁止生产、销售和使用一次性不可降解塑料制品实施方案》，以及各城市将要实行的垃圾分类等。

包装塑料首先要从市政回收体系中分出来，不要进入焚烧或者填埋，提高回收率是要切实考虑的问题。此外，塑料包装回收的运营也需要专业化，国外的资源废弃物是由包装回收商或者第三方来运营，中国的物资再生体系需要形成正规行业，提升行业技术水平和资源利用效率。在建立 EPR 回收渠道时，政府要制定各专项法律回收规范，完善强制回收名录，区别性推进押金和基金制度的实施，预付费等不同制度在不同行业的实施，开展区域性资源回收中心的建设。



二、构建塑料循环再生闭环体系

中国目前主要的塑料和垃圾量主要集中在长三角地区和珠三角地区和超大城市，应对废弃物的产生量，即物质流进行数据收集分析，了解各种废弃资源的流向，提高废弃物管理效率，建设后端废弃物处理基础设施。每个城市、地方的垃圾处理基础设施，政府应该有不同政策，而不是全国采用同样的政策。欧盟的指令也是发挥了这样的作用，各国再按各自情况制定不同的法律法规，明确回收再生率。在这个基础上，明确各个生产者所应承担的责任和义务。

消费后回收体系的构建，垃圾第一次分类最重要，因为这次分类已经解决了绝大多数分类的问题。2019年初政府发布‘无废城市’，2019年7月上海开始垃圾分类试点，北京等其他城市也相继开始，政府带动，从家庭垃圾开始。

在资金方面，每个责任主体所需要交付的费用，应有专门的管理。

三、推动标准体系建设

从制度层面推进可循环包装国家标准建立，制定更符合物流行业的绿色包装规范，推进绿色包装回收体系建成。

在《全球包装趋势》报告中指出，塑料循环回收，不含塑料也正在成为未来的趋势^[45]。包装需要轻量化，减少克重减少包装的使用，这也是一个趋势。

在包装行业中，不断有新的环保新技术出现。在节省资源方面，主要是提高产品耐老性能、延长寿命、多功能化、产品适量设计；在资源再利用方面，水溶性材料、可食薄膜；在减量化技术方面，主要是研究废弃塑料压缩减容技术、薄膜袋装容器技术。

对于再生塑料产业，发布资源综合利用先进适用技术装备目录，加强技术引导，提升废塑料综合利用技术装备水平，推动其高质量资源化利用。实施废塑料综合利用行业规范条件，加强对企业生产布局、技术装备、产品质量的规范引导，积极培育行业龙头骨干企业。开展工业资源综合利用基地建设，鼓励废塑料综合利用产业集聚发展。



为更好地推动塑料回收再生，需要对塑料再生行业进行投入。建议落实好现有资源综合利用税收优惠政策，推动废塑料综合利用增值税、所得税优惠政策的落地实施。利用绿色制造、绿色信贷等手段，创新支持可降解塑料、再生塑料等产品的推广应用。加大政策扶持力度，给予规范化塑料资源综合利用企业减费降税、贷款贴息、上市绿色通道等支持，并在用地、用电、用水、设备器具购置等方面予以倾斜。加大对标准地膜使用回收利用的财政补贴力度。

从全产业链协同角度出发，构建“标准化基础上的个性化”总体框架逻辑，在这个逻辑框架下，包装生产制造企业和包装设计部门从源头就要考虑后端易于回收和再生利用、再次以食品企业为例应尝试开发短保质期产品从而降低其对包装本身性能（如阻隔性）的要求、物流企业应提升供应链配送效率减少消费者消费等待时间。只有全产业链协同一致，包装物的循环利用才有了价值基础。鉴于目前复合包装的应用在不断加强，需要研究如何替代复合性材料，达到产品所要达到的效果，来提高环保的效率。

在标准建设上，已开始加强制定从海洋塑料，到易循环设计，再生颗粒，还有再生材料的各种认证和检测的建立，以及与欧洲，美国等行业标准开展相互认可、兼容都尚待开始。随着对于海洋污染的关注，越来越多的企业和非政府组织参与到海洋运动中来，如运动品牌、化装品牌、日化品牌。对于采用从海洋回收塑料的需求也在增加，这也产生了对于海洋塑料认证的需求。再生材料认证也正在成为新的趋势，如美国的 SCS 认证（翠鸟）再生材料认证。中国也在加强和国际认证机构的对接，将国际认证引入中国。同时，建立中国海洋塑料再生利用管理体系，从源头减少趋海塑料的泄漏。

四、加强国际合作，贡献中国智慧和力量

塑料供应链与全球贸易体系都非常相关。中国作为最大的 PCR 回收再生国家，对于实现全球总体回收目标和气候变化减缓都是非常重要的。全球供应链的发展，这也需要全球合作，中国产能和技术，实践和应用都可与全球分享。中国的很多企业也走出去，已有中国企业在发达国家和东南亚国家建立塑料再生产能，提供高质量的再生塑料，以减少对海洋污染。

塑料包装物再生创新应用，如木塑和建筑、交通以及农村卫生环境改造，在改善民生、消除贫困、保护弱势群体、应对气候变化都发挥着作用。中国在这些方面已有很多很好的产业实践，应积极加入国际塑料污染治理行动公约，加强国际间的合作与交流，促进国与国之间相互沟通，贡献中国在固体废弃物资源化利用和塑料污染治理方面的经验。



五、减少对一次性塑料材料的需求

中国部分地区根据当地实际情况纷纷出台新的限塑令，与国家塑料污染防治行动不谋而合。2018 年中国聚乙烯进口量为 1380 万吨^[46]，和塑料薄膜一年的生产量数量级相当，焚烧或是填埋，这对于资源和外汇是一个很大的浪费。因此采取源头减量或者限制包括避免或减少对一次性塑料材料的需求，提高生产一次性塑料的成本，比如塑料袋是很有必要的，还有减少产品生产和流通环节的浪费和污染，以及通过增加重复使用次数或延长产品寿命，从而减少废弃物的产生。

重复使用可延长塑料产品的生命周期，从而减少塑料废弃物的产生。在科技和互联网快速发展的当下，创新的重复使用模式也将在用户喜好分析、个性化定制的加持下，体验会更加友好。活动与宴会里使用的一次性餐具是目前主要的塑料垃圾之一。为减少一次性餐具的使用，相关机构可以为消费者提供可重复使用的餐具出租和清洁服务，通过用高品质的可洗餐具代替一次性餐具，帮助活动组织者减少聚会活动上的固体废物。通过建设回收基础设施、开发循环材料的消费市场，都将有助于减少塑料污染。

六、寻求相关可替代、可循环塑料产品，推动行业绿色转型

废弃量大的一次性包装中推行各类绿色环保的包装制品将是一种必然的趋势。最佳的解决方案就是开发出既能批量低成本的生产，又使用绿色可降解的包装材料。目前较为成熟的可降解包装材料是 PBAT、PLA 以及 PCL 等，这些包装材料虽然都是可以完全降解，是绿色环保的包装材料，但无论是成本还是供应量，尚且不具备大规模推广应用的条件。其包装制品在多个领域能够替代常规塑料制品，如通过多层共挤出-吸塑工艺、注塑与吹塑成型工艺、吹膜工艺等生产出各类包装制品，能够应用于各类食品、化妆品、家居日化等快消行业。

产能充足且应用潜力较大的改性淀粉等生物降解材料由于其生产加工性

较差，需要生产厂家做更多的技术攻关，生产设备需做许多针对性的改造，且需面临天然材料存在一定的不稳定性等特点，生产工艺需随时依据材料的变化进行调整。

目前的一种暂时性的解决方案是在 PCL、PLA、PBAT 等生物可降解材料中共混一些改性淀粉材料，可根据一定的加工性能与产品性能要求选择共混比例，这样制造模式既具备一定的加工性能，成本也得到了一定程度的降低，且是可以完全可生物降解的。这类操作模式目前部分的解决了常规可降解材料难量产而改性淀粉等天然可降解材料难加工的社会性难题，但由于共混比例有限，使得该问题的解决仍然需要更多的研究与探索。

近年来，光降解塑料、生物降解塑料、水溶性塑料等新型降解塑料包装材料已经成为国内外包装材料研发的热点。在欧盟战略中，已明确提出不使用光氧化降解塑料。

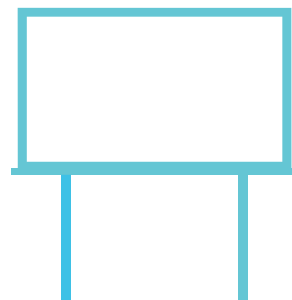
七、加强公众教育，促进城市社区“净塑行动”

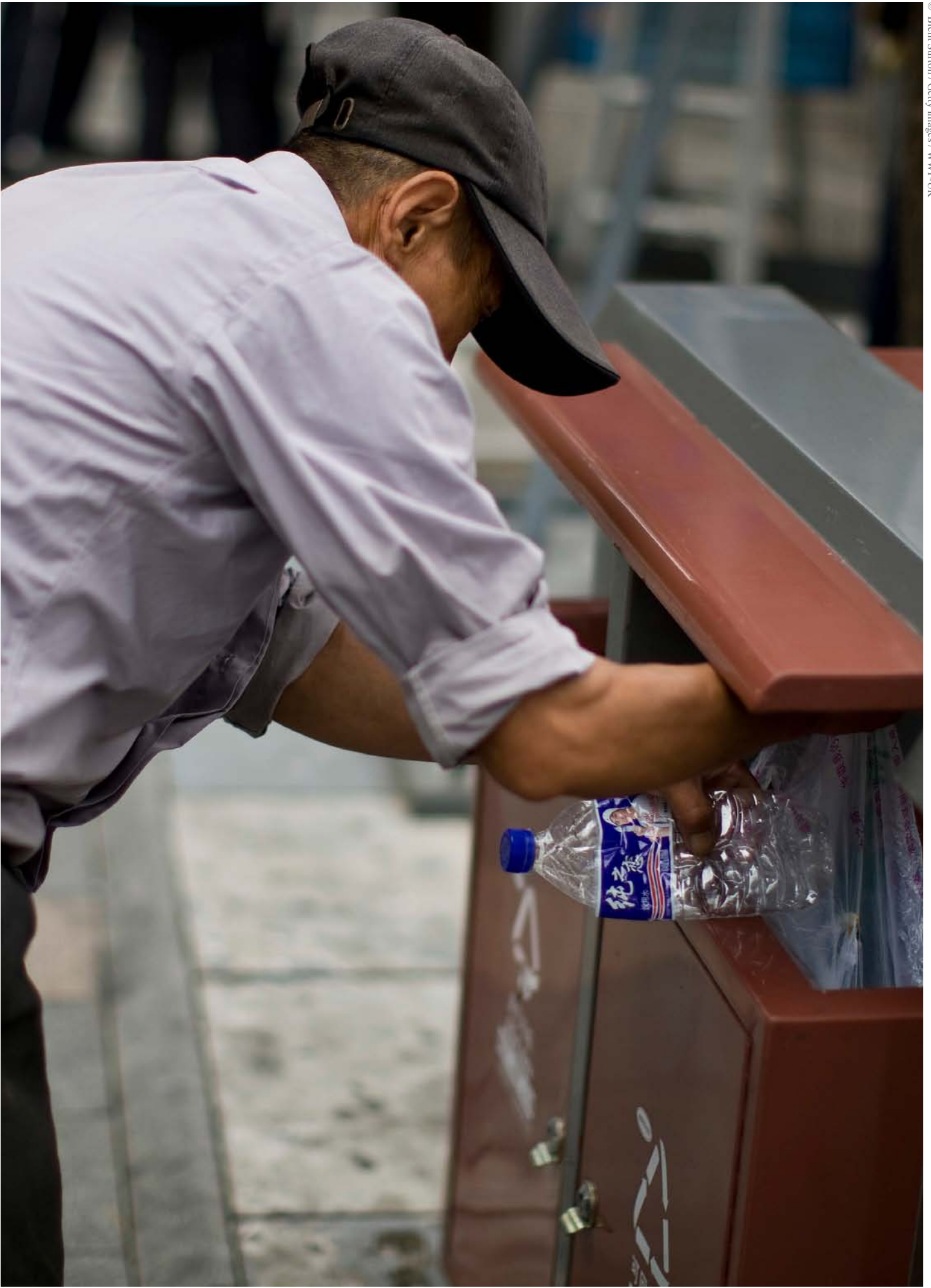
围绕着减少塑料，增加塑料的使用频率，如何去替代一次性，以及如何能够更好循环起来，作为消费者，也有着每个人的责任。中国消费已经占了中国总 GDP 的 50%，是经济生活的关键，每个人消费行为的改变最终能让产业发生巨变。塑料的问题实质是消费的方式改变的问题，而改变生活方式和消费行为成为最巨大和最艰难的工作。

公众对于塑料作为一种高分子材料的资源的认知，以及塑料对环境危害和管理的认知都缺乏专业性。在这方面，非政府组织受到专业知识局限，而行业和企业又不擅长对公众进行宣传。为此，需要更多地组织行业专业与非政府组织、教育机构的交流和活动。

社区，是一个非常重要的社会场景。美团调查发现 49% 的外卖是在社区里面发生的，一半都是在居民生活场景下。可以结合正在积极推进“无废城市”建设，与可持续社区，垃圾分类工一道，非政府组织可以在社区层面开展环保公益活动，让公众更多了解塑料。很多人都知道塑料的问题，但是不一定能产生行为的改变，真正减少使用一个餐盒和塑料袋，要反复进行影响。

在中国，WWF 一直为实现“净塑自然”而努力。2019 年，世界自然基金会（WWF）在全球发起“净塑自然”的号召，从支持全球减塑国际政策、推动企业践行循环经济与责任、助力城乡的废物管理等方面着手，配合提高社会对塑料问题意识的宣传教育工作，减少自然环境受塑料污染的危害。其中推动“净塑城市”在中国落地也是重点工作之一，这与中国政府启动的“无废城市”建设试点项目，不谋而合。未来，中国可以全方位加入“净塑城市”倡议，以城市之名，推动全球减塑的浪潮。







© Shutterstock/cydenw/WWF

附录 1. 塑料的分类

1. 根据塑料的用途不同分为通用塑料和工程塑料

通用塑料是指产量大、价格低、应用范围广的塑料，主要包括聚烯烃、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料五大品种。人们日常生活中使用的许多制品，包括包装都是由这些通用塑料制成。

工程塑料是可作为工程结构材料和代替金属制造机器零部件等的塑料。例如聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS 树脂、聚四氟乙烯、聚酯、聚砜、聚酰亚胺等。工程塑料具有密度小、化学稳定性高、机械性能良好、电绝缘性优越、加工成型容易等特点，广泛应用于汽车、电器、化工、机械、仪器、仪表等工业，也应用于宇宙航行、火箭、导弹等方面。

2. 根据塑料受热后的性质不同分为热塑性塑料和热固性塑料

热塑性塑料分子结构都是线型结构，在受热时发生软化或熔化，可塑制成一定的形状，冷却后又变硬。这种过程能够反复进行多次。如聚氯乙烯、聚乙烯、聚苯乙烯等。热塑性塑料成型过程比较简单，能够连续化生产，并且具有相当高的机械强度，因此发展很快。

热固性塑料的分子结构是体型结构，加工成型后，受热不再软化，因此不能回收再用，如酚醛塑料、氨基塑料、环氧树脂等都属于此类塑料。热固性塑料成型工艺过程比较复杂，所以连续化生产有一定的困难，但其耐热性好、不容易变形，而且价格比较低廉。

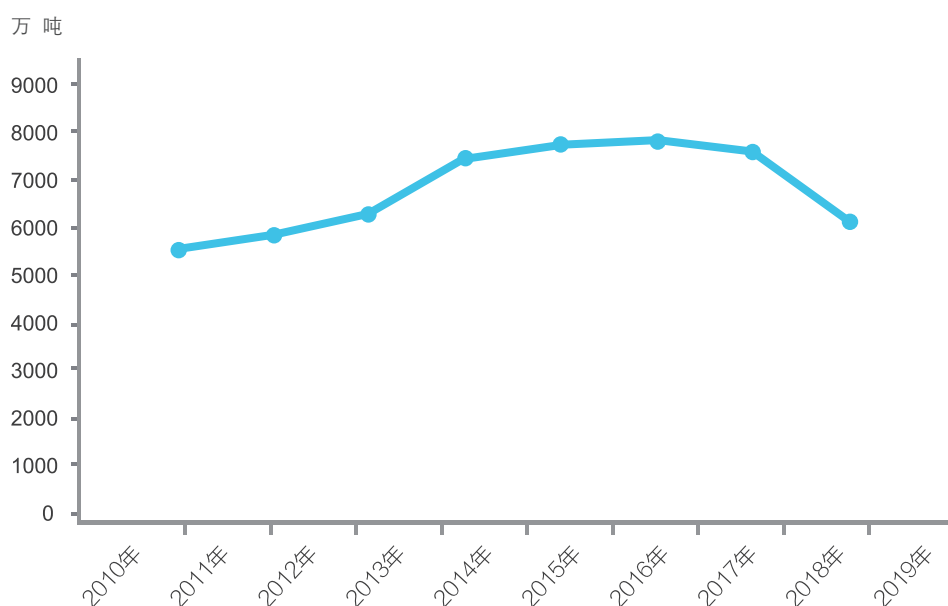
附录 2. 塑料包装分类

表：塑料包装分类

原材料	外形	用途
PET	瓶，薄膜	
	水和其他饮料的瓶子，清洁剂的分配容器，饼干盒	饮料，电子电器
聚氯乙烯 (PVC)	塑料瓶	食品包装
聚乙烯 (PE)	LDPE：袋子，托盘，容器，食物包装膜	
	HDPE：牛奶盒，冰袋，洗发液瓶，冰激凌盒	药品包装
	LLDPE：农膜、包装膜、注塑日用品	
聚乙烯 (PP)	微波炉盘子，冰激凌锥，薯片袋子，瓶子盖	食品、纺织品包装
ABS	塑料盖	液体包装
EVA(乙烯－醋酸乙烯共聚物)	软管	分装包装
PU(聚氨酯)	塑料袋	器械包装
PS	餐具，盘子，杯子	
EPS	热饮杯子，隔热食品包装，易碎品保护性包装	

附录 3. 中国塑料产量

图 19. 中国塑料制品产量（2011–2018 年）



塑料的原材料是合成树脂的聚合物，在其中添加填充剂、增塑剂、稳定剂，润滑剂，色料等辅助成分，特点就是质量比较轻，加工成型很方便，另外就是机械性能比较好。与金属、铝相比，塑料的加工温度一般在 100–200 度，金属要在 1000 度以上，铝大约为 600–700 度，塑料产品的能耗相对较低。塑料的相对密度和水的密度 1 相似，钢铁的密度是水的 7.8 倍，因此同样体积的物体，塑料要轻很多。

2018 年中国人均塑料消费量达到 82 千克（按总人口约为 13.4 亿人计）。与目前世界上发达国家的人均塑料消费大多在 120 千克以上，正在接近。从区域分布上，沿海东部是中国塑料的主要产区（图 3）。2018 年中国塑料制品产量排名前四名的地区是广东省、浙江省、江苏省、福建省（图 3），占全国总产量的 37.5%（数据来源：国家统计局）。东省的塑料棒管材、塑料包装箱及容器、塑料制品；浙江省的塑料薄膜、塑料造革；江苏省的泡沫塑料、塑料合成产量；辽宁省的塑料型材产量；山东省的农膜、塑料编织品。

缩写表

英文	中文
APR (Association of Plastic Recyclers)	美国塑料回收协会
AS	丙烯腈－苯乙烯树脂
CITI Bank	花旗银行
CPP	流延聚丙烯薄膜
Duales System Deutschland	德国绿点系统
EC (European Commission)	欧盟委员会
EFSA (European Food Safety Authority)	欧洲食品安全局
EMF (Ellen MacArthur Foundation)	艾伦·麦肯阿瑟基金会
US EPA (United States Environment Protection Agency)	美国环境保护署
EPR (Extended Producer Responsibility)	生产者责任延伸制
EPS (Expanded Polystyrene)	聚苯乙烯泡沫
European Recovery and Recycling Association	欧洲回收与再循环协会
FDA (Food and Drug Administration)	美国食品药品监督管理局
Flexible Plastics	软包装
FTC (Federal Trade Commission)	美国联邦贸易委员会
GDP	国内生产总值
GHG (Greenhouse Gas)	温室气体
HDPE	高密度聚丙烯
ISO	国际标准化组织
LDPE	低密度聚乙烯
LLDPE	线性低密度聚乙烯
MRF (Materials Recovery Facility)	物料回收设施
NAPCOR (National Association for PET Container Resources)	美国聚酯容器资源协会
OECD	经合组织

OEM	代工生产
OPS	定向聚苯乙烯薄膜
PA	尼龙（聚酰胺）
PBAT	生物可降解塑料，聚己二酸 / 对苯二甲酸丁二酯
PC	聚碳酸酯
PCL	聚己内酯
PE	聚乙烯
PET	聚对苯二甲酸乙二醇酯
PHA	天然聚羟基脂肪酸
PLA	聚乳酸
PP	聚丙烯
PPW(Plastic Packaging Waste)	塑料包装废弃物
PPWD (Plastic Packaging Waste Directive)	包装废弃物指令
Pre-Consumer Material	消费者前材料
Post-consumer material	消费者后材料
PCR (Post-consumer recycling)	消费者后回收
PS	聚苯乙烯
PTA/MEG	对苯二甲酸 / 乙二醇
PVC	聚氯乙烯
PRO	包装回收商
PX	对二甲苯
Rigid Plastics	硬包装
SCS	翠鸟认证
UNEP	联合国环境署
VOC	挥发性有机化合物
WFD (Waste Framework Directive)	废弃物框架指令
WTO	世界贸易组织
WWF	世界自然基金会

主要参考文献

- ^[1] Plastics – the Facts 2019. An analysis of European plastics production, demand and waste data.
- ^[2] WWF. Solving Plastic pollution through accountability. 2019
- ^[3] 联合国环境规划署报告《一次性塑料：可持续发展路线图》，2018
- ^[4] 国家统计局，2020. <http://data.stats.gov.cn/tablequery.htm?code=AA020C>
- ^[5] 商务部、发展改革委、国土资源部、住房城乡建设部和供销合作总社，《再生资源回收体系建设中长期规划（2015-2020年）》，2015.
- ^[6] 中国包装联合会统计工作部，2019，2020 全国包装行业经济运行概况，
- ^[7] Jambeck, Jenna R., and others (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, February 13, Vol. 347(6223).
- ^[8] Law, K.L., Starr, N., Siegler, T. R., Jambeck, J. R., Mallos, N. J., Leonard, G. H. The United States' contribution of plastic waste to land and ocean. Science Advances. 2020; 6.
- ^[9] Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., Russell, A. E. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? Science, 304(5672), 838-838. doi:10.1126/science.1094559
- ^[10] Song, J.; Hou, C.; Zhou, Y.; Liu, Q.; Wu, X.; Wang, Y.; Yi, Y., The flowing of microplastics was accelerated under the influence of artificial flood generated by hydropower station. Journal of Cleaner Production 2020, 255, 120174.
- ^[11] Xiong, X., Occurrence and fate of microplastic debris in middle and lower reaches of the Yangtze River – From inland to the sea. Science of the Total Environment 2019.
- ^[12] 中宇资讯，2019, <http://futures.eastmoney.com/a/201901091022981160.html>
- ^[13] 中宇资讯，2019, <http://futures.eastmoney.com/a/201901231032603022.html>
- ^[14] 消费日报，塑料包装：由硬到软的绿色转变，<http://xfrb.com.cn/article/news/13372900158559.html>

- ^[15] 马占峰, 姜宛君, 杨森, 中国塑料加工工业, 2018, Vol. 33, No. 6
- ^[16] Plastic Packaging Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Bottles, Bags, Wraps & Films), By Type (Rigid, Flexible), By Application (Food & Beverages, Industrial), And Segment Forecasts, 2018 - 2025
- ^[17] 中国产业信息, 2017, 2017 年中国塑料软包装产品产量分析及预测
- ^[18] 前瞻产业研究院, 2018, 2018 年农用薄膜行业发展现状分析 产品结构升级势在必行 <https://www.qianzhan.com/analyst/detail/220/180530-feaf9765.html>
- ^[19] Size, Growth, Opportunity and Forecasts 2011-2018 & 2019-2024, https://www.researchandmarkets.com/research/7qsqbl/global_pet_bottle?w=12
- ^[20] 禾子, PET 饮料包装优势明显, 引领饮料包装市场。福建轻纺, 2014 年 8 月
- ^[21] 金雅宁, 周炳炎, 丁明玉, 李丽, 2008, 我国包装废物产生及回收现状分析, 《环境科学研究》, Vol. 21, No.6
- ^[22] 中国生态环境部, 2020, 《2019 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》
- ^[23] 2018 年中国垃圾处理现状及 2019 年我国垃圾分类行业迎来市场开端、前景广阔 <http://huanbao.bjx.com.cn/news/20190718/993652.shtml>
- ^[24] 中国物资再生协会再生塑料分会, 2018, 2017-2018 中国再生塑料行业发展报告
- ^[25] ChinaReplas 中国塑料回收和再生大会【秋季】会刊, 2019
- ^[26] 马占峰, 张冰, 2008 年中国塑料回收再生利用行业状况, 中国塑料, 2009, Vol, 23 No.7.
- ^[27] 国家邮政局《邮政行业发展统计公报》, 2019.05.10
- ^[28] 国家邮政局《中国邮政快递绿色发展报告 (2018-2019) 》, 2019.06
- ^[29] Jeannette M. Garcia, Megan L. Robertson, The future of plastics recycling, Science, 17 Nov 2017: Vol. 358, Issue 6365, pp. 870-872
- ^[30] Accelerating Circular Supply Chains for Plastics. Closed-loop Partners, 2019
- ^[31] Leela Sarena Dilkes-Hoffman, Paul Andrew Lant, Bronwyn Laycock, Steven Pratt, 2019, The rate of biodegradation of PHA bioplastics in the marine environment: A meta-study, Marine Pollution Bulletin

- [32] Life Cycle Assessment for Three Types of Grocery Bags - Recyclable Plastic; Compostable, Biodegradable Plastic; and Recycled, Recyclable Paper Prepared for the Progressive Bag Alliance Chet Chaffee and Bernard R. Yaros Boustead Consulting & Associates Ltd. Boustead Consult.
- [33] 温宗国, 张宇婷, 傅岱石, 2019, 基于行业全产业链评估一份外卖订单的环境影响, 中国环境科学, 39 (9), 4017-4024.
- [34] Ruirui Zhang, Xiaotian Ma, Xiaoxu Shen, Yijie Zhai, Tianzuo Zhang, Changxing Ji, Jinglan Hong, 2020, PET bottles recycling in China: An LCA coupled with LCC case study of blanket production made of waste PET bottles. Journal of Environmental Management, Vol 260
- [35] Ellen MacArthur Foundation, Global Commitment 2019 Progress Report, 2019.
- [36] 于杨曜, 林路索, 2019, 我国食品接触塑料包装制品再生利用的法律规制: 以 PET 饮料瓶为例, 食品科学, 2019, Vol.40, No.19 370-277.
- [37] 中国塑料工业年鉴 2018, 中国塑料加工工业协会编制, 中国轻工业出版社。
- [38] Ellen MacArthur Foundation, 2016, New Plastics Economy.
- [39] OECD, 1998 Extended and Shared Producer Responsibility, Phase 2, FRAMEWORK REPORT
- [40] 2012 National Postconsumer Non-Bottle Rigid Plastic Recycling Report, Prepared by Moore Recycling Associates Inc. for the American Chemistry Council, March 2014
- [41] Unfinished Business: The Case for Extended Producer Responsibility for Post-Consumer Packaging, 2010, As You Sow
- [42] EUROPEN, 2015, Factsheet: Extended Producer Responsibility (EPR) for Used Packaging. www.europen-packaging.eu
- [43] Waste Management and Recycling in JAPAN, Ministry of the Environment, Government of Japan, June 2004
- [44] Unfinished Business: The Case for Extended Producer Responsibility for Post-Consumer Packaging, 2010, As You Sow
- [45] Mintel, Global Packaging Trends, 2019
- [46] 张文龙, 2018 年中国聚乙烯市场供需分析, 石化技术与应用, 2019, Vol 37, No. 4.

WWF 的使命是
遏止地球自然环境的恶化，
创造人类与自然和谐相处的
美好未来。



Working to sustain the natural
world for people and wildlife

together possible™

panda.org

© 2020
Paper 100% recycled

© 1986 Panda symbol WWF – World Wide Fund for Nature (Formerly World Wildlife Fund) ® “WWF” is a WWF Registered Trademark. WWF, Avenue du Mont-Bland, 1196 Gland, Switzerland Tel. +41 22 364 9111 Fax +41 22 364 0332.

For contact details and further information, please visit our international website at www.panda.org