



有关塑料的十大事实与 再生塑料产业绿色发展建议

陈伟强^{1,2*}，简小枚^{1,2}，王永刚³，石磊⁴

1. 中国科学院城市环境研究所，中国科学院城市环境与健康重点实验室
2. 中国科学院城市环境研究所，厦门城市代谢重点实验室
3. 中国物资再生协会再生塑料分会
4. 清华大学环境学院，国家环境保护生态工业重点实验室



发布单位：中国科学院城市环境研究所

Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences

中国科学院·城市环境研究所

资源循环与城市代谢研究组

厦门·福建



团队介绍

研究内容：面向园区、城市、国家以及全球等中宏观社会经济系统，利用大数据、遥感及智能决策等技术，模拟和预测城市化、工业化及信息化时代由人类活动导致的物质和能量的时空演变，探索和识别代谢过程的科学规律及其驱动机制，核算和分析相关的生态、环境及经济效应，为发展循环经济、建设生态文明和推动可持续发展寻求科学基础和决策依据。

研究组长：陈伟强，博导，中国科学院城市环境研究所研究员。主要从事资源循环、城市代谢及生态环境大数据研究。

研究组网站地址：<https://wqchen.org>

联系方式

陈伟强，邮箱：wqchen@iue.ac.cn

简小枚，邮箱：xmjian@iue.ac.cn

联系地址

福建省厦门市集美区集美大道 1799 号

目 录

0	前言	2
1	全球及我国塑料生产与使用的十大事实	4
	1.1 全球塑料生产与消费量呈指数型持续增长	4
	1.2 全球已生产的塑料仅有小部分被循环利用	4
	1.3 全球废塑料产生和回收量预计将持续增长	5
	1.4 塑料生命周期不同阶段产生不同环境影响	6
	1.5 废塑料和再生塑料具有资源环境双重属性	7
	1.6 中国已成为全球塑料生产和消费第一大国	8
	1.7 中国为处理全球废塑料做出巨大历史贡献	9
	1.8 中国面临塑料废弃导致的全球最严峻挑战	10
	1.9 塑料生产与贸易的全球格局面临根本性变化	11
	1.10 塑料循环利用是生态文明的要求与重要组成	12
2	再生塑料产业绿色转型与可持续发展建议	13
	2.1 积极应对全球废塑料贸易格局的变化，禁止低质低值原料进口	13
	2.2 大力加强我国废塑料回收体系的建设，完善固体废物管理制度	13
	2.3 建立流向监管系统，促进再生塑料产业的集中化和清洁化发展	13
	2.4 提高再生塑料行业的科技水平，促进废塑料高质高值循环利用	14
	2.5 构建塑料的全生命周期物质流分析和环境影响评价大数据平台	14
3	结语	15

摘要

自 2018 年 12 月 31 日起，我国全面禁止废塑料进口，使得再生塑料产业受到巨大冲击。要正确地确定再生塑料产业的定位，应全面深入地认识塑料产业的历史与现状。本文总结了有关塑料的十大事实，指出：（1）全球塑料生产与消费量以及废塑料的产生量持续增长，但是大部分废塑料并没有得到有效循环利用；（2）塑料在其全生命周期的不同过程具有不同类型的环境影响；（3）废塑料具有资源和环境二重属性，其循环利用在节约资源和减少碳排放的同时，也造成了极大的区域性环境和健康影响；（4）我国为全球废塑料的再生利用做出了巨大贡献，但也面临全球最严峻的由塑料废弃所造成的挑战；（5）废塑料的全球贸易格局面临根本性的转型。在此基础上，本文提出促进我国再生塑料产业绿色发展的五个建议：（1）坚决禁止和抵制低质低值废塑料的进口；（2）加快建设和完善我国国内的废塑料回收和流通体系；（3）建立废塑料流向监管系统，促进再生塑料产业的集中化和清洁化发展；（4）提高再生塑料行业科技水平，促进废塑料的高质高值利用；（5）构建塑料的生命周期物质流分析和环境影响评价大数据平台。

关键词：再生塑料；循环经济；固废贸易；生命周期评价；物质流分析；产业绿色发展

0 前言

塑料是以单体为主要原料合成的高分子化合物，具有较高的分子量和可塑性^[1]。塑料与钢铁、木材和水泥一起构成了当代社会的四大基础材料，可应用到工业、农业、交通和信息等诸多领域。由于具有低成本、易制造等优点^[2]，塑料及其制品大量地渗透到人类生活的方方面面，极大地提高了人们的生活水平。但是，由于通常具有不可降解性，塑料的废弃容易造成近乎永久的环境问题^[3]。

废塑料是在工业、农业和生活的各种用途中被使用过之后淘汰或替换下来的塑料的总称^[4]。近年来，随着塑料生产和消费量的持续增长，废塑料的产生量也急剧增加，造成污染物的大量排放和严峻的环境问题。以重量计，在中高收入国家，塑料在城市固体废物产生量中所占的比重已从 1960 年的不到 1% 增加到 2005 年的 10% 以上^[5]。再生塑料是指将回收的废塑料进行预处理、熔融造粒、改性等加工处理后得到的塑料原料。对废塑料进行再生利用是塑料产业可持续发展和建设循环型社会的重要内容。

从 20 世纪 90 年初开始，由于廉价的劳动力、较低的环保要求和强劲的国内需求等历史条件，我国再生塑料产业依靠从发达国家进口废塑料作为原料而逐步发展起来，到 2001 年左右已经使我国成为全球最大的废塑料进口国和再生塑料生产基地。以 2017 年为例，中国再生塑料产量达 1288 万吨，占全国塑料总产量的 15.2%^[6]。然而，由于生产工艺的落后、管理水平的低下以及海关和环保管制未能及时跟进，我国从发达国家进口了大量塑料类“洋垃圾”，并且国内许多再生塑料生产工厂或园区在区域尺度上造成了极大的环境污染和健康危害。再生塑料产业给政府和人民群众留下了“粗放、落后、污染、低端”的印象。

在此背景下，我国从 2013 年开始加强对废塑料进口的监管，并分别于 2017 年 8 月和 2018 年 4 月宣布禁止生活来源废塑料和工业来源废塑料的进口（图 1）。中国废塑料进口禁令的出台，不仅引起长期以来不公平、不合理地向我国转移废塑料污染的部分发达国家的恐慌，也迫使我国一些长期依赖进口废塑料的再生塑料企业不得不关门或转型。然而，只要存在塑料的生产和消费，废塑料的产生就不可避免，因而再生塑料产业作为实现废塑料循环利用的重要环节就是必不可少的。非常明确的是，我国再生塑料产业要实现长期和持续的发展，不能延续过去依赖进口废塑料并且简单粗放不顾及环保和健康要求的老路，而应当在充分认识新时代的发展趋势、目标与要求的条件下，依靠科技进步和管理水平提高，在实现废塑料循环利用的同时，成为“集约、先进、干净和高端”的产业



和发展循环经济、建设生态文明的重要力量。本文将在阐释全球以及我国塑料生产与使用的十大重要事实的基础上，提出促进再生塑料产业绿色发展的若干建议。

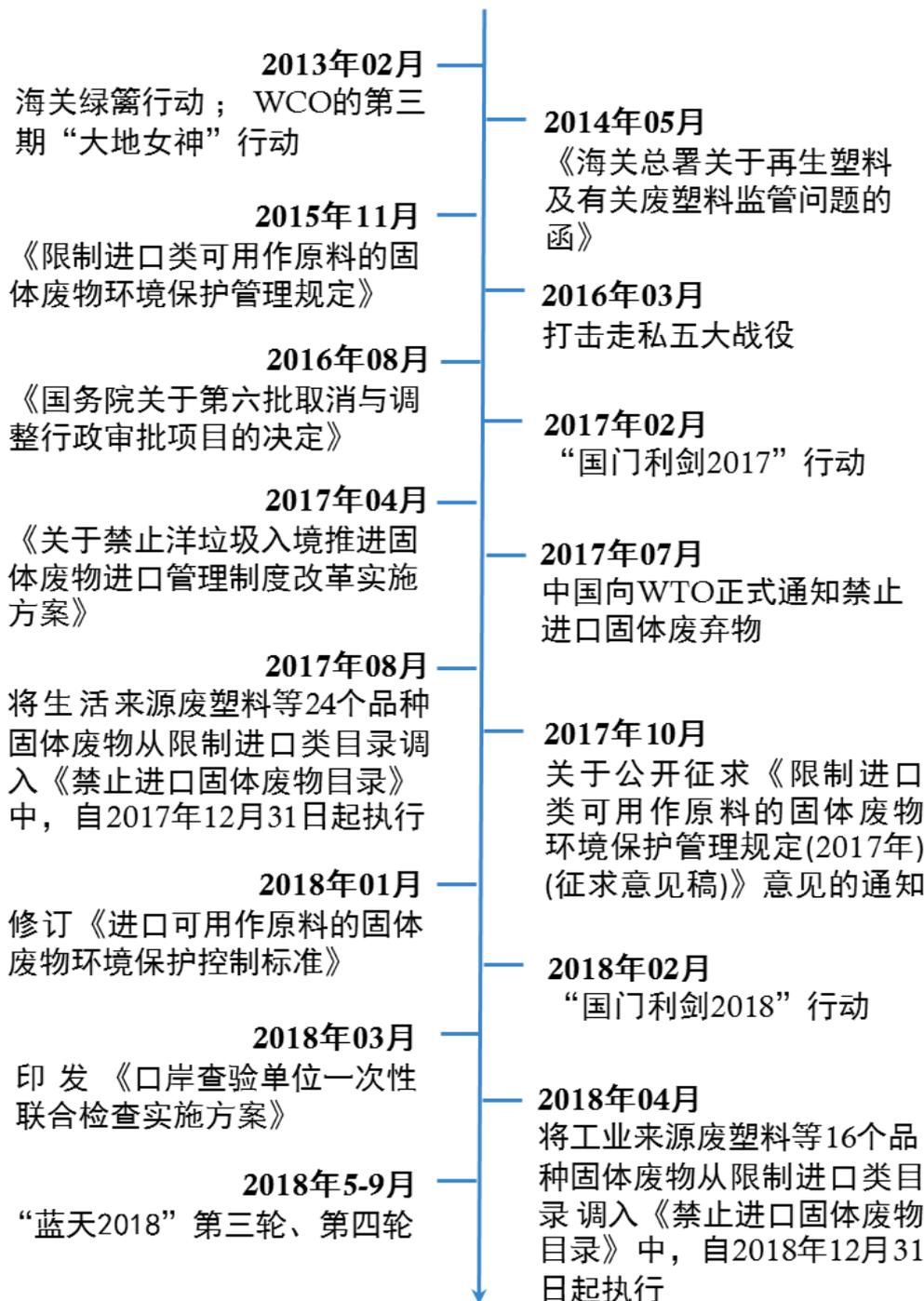


图 1 2013 年以来我国废塑料进口管理政策的演变^[7]

1 全球及我国塑料生产与使用的十大事实

1.1 全球塑料生产与消费量呈指数型持续增长

塑料的大规模生产与使用大约开始于 1950 年。1950-2015 年期间，全球塑料产量呈现持续快速增长的趋势，从 0.02 亿吨增加到 3.22 亿吨，累积产量达 83 亿吨（图 2）。同时，全球塑料生产的时空分布不均，各地区间差异较大。1950-2010 年期间，塑料生产主要集中在欧洲和北美地区。2010 年以后，中国的生产量持续增长并逐渐超过欧洲和北美。2015 年，中国塑料产量为 0.75 亿吨，占全球总产量的 23%，而欧洲和北美所占的比例都只有 16%。随着产业的持续发展和塑料制品生产技术的进步，如果没有全球性的禁止塑料公约或规则，预计全球塑料需求与生产量将继续增长。

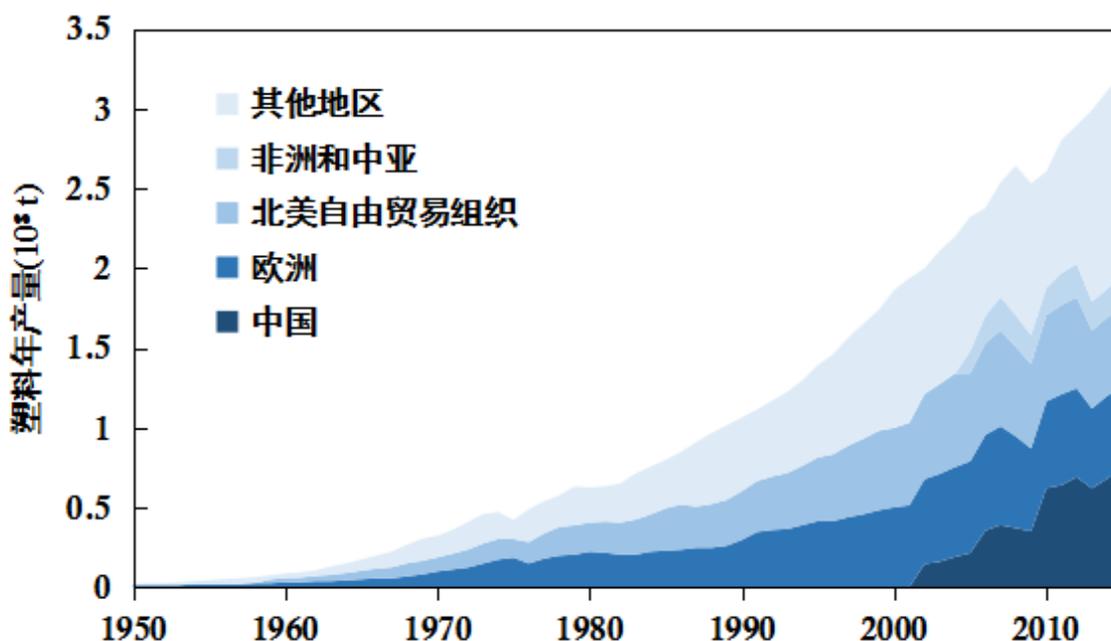


图 2 1950-2015 年全球主要地区的塑料生产量^[8,9]

1.2 全球已生产的塑料仅有小部分被循环利用

由于具有易受污染、种类复杂等特性，人类生产的绝大部分塑料并没有被持续循环利用，而是已经被废弃、焚烧或者填埋。根据美国学者的研究：截至 2015 年，全球累计已产生 63 亿吨废塑料，其中 12% 已经被焚烧，79% 已经被填埋或废弃到自然环境，只有 9% 被循环利用^[5]。如图 3 所示，以包装用塑料为例，2013 年全球产量为 7840 万吨，直接废弃率为 32%、填埋率为 59%，仅有 21% 被

回收再利用，形成了巨大的废物流^[10]。如果不能大大提高塑料的回收利用率，预计到 2050 年累计会有 120 亿吨的废塑料被填埋、焚烧或丢弃到自然环境^[5]。这不仅导致可再生塑料资源的巨大浪费，还将对城市固体废物管理系统和自然生态环境带来巨大压力。



图 3 2013 年全球包装用塑料的物质流（单位：万吨）

1.3 全球废塑料产生和回收量预计将持续增长

废塑料是一种重要的可循环利用的再生资源，也是城市固体废弃物中增长最快的部分，回收一吨废塑料，可以节约 3 吨石油，从这个角度看，再生塑料具有很高的环境经济价值^[11]。1980 年以来，全球各主要地区的废塑料回收量呈现快速增长的趋势，其中我国废塑料的回收量明显高于其他国家（图 4）。根据美国环保局的数据，2009-2013 年我国废塑料的回收率为 23%-29%，高于日本、欧洲及美国等发达国家^[12]。废塑料的回收利用是完善塑料经济产业链的关键，随着再生塑料回收和贸易量的持续增长，再生塑料资源化将成为必然趋势。

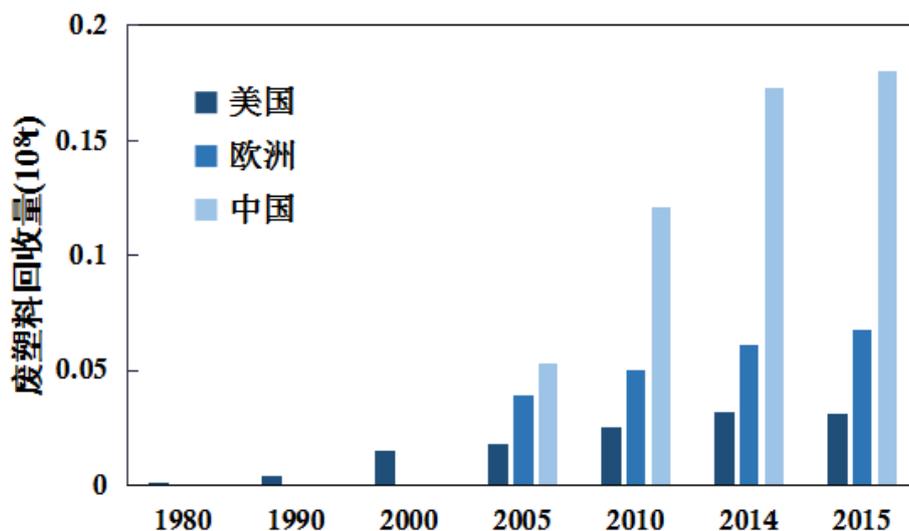


图 4 全球各地区废塑料的回收量

注：数据来自美国环保局官方网站^[13]。

1.4 塑料生命周期不同阶段产生不同环境影响

塑料在社会经济系统中会经历包括原材料开采、塑料及其制品的生产、使用及废弃、回收、废塑料预处理以及循环再生的全生命周期，而且在生命周期的不同阶段产生不同的环境影响（图 5）。在原材料开采阶段，需要占用土地以及消耗大量的资源和能源比如石油。在塑料及其制品的生产阶段，除了能耗和水耗，从生产过程中还会产生大气和水体污染物的排放，2012 年全球因生产塑料产品排放的二氧化碳达 3.9 亿吨^[14]。在使用和废弃阶段，有一部分塑料会被焚烧填埋，另一部分则进入到环境中，引起海洋、大气和土壤污染。特别地，部分废塑料最终进入海洋，经紫外光照射后形成微塑料，可能对海洋生物的生长、发育和繁殖造成危害^[15, 16]，比如导致鱼类的代谢紊乱、组织病变以及存活率降低^[17]。在回收和再生阶段，部分地区由于工艺的落后和管理的缺位导致区域性的土地侵占、环境污染和生态破坏，直接带来极大的视觉和嗅觉的观感冲击，并可能引致严重的健康风险^[18]。同时，含塑料废旧产品和废塑料的破碎、清洗和造粒等加工工艺也导致资源和能源消耗，并产生大气、水体和土壤污染物的排放。

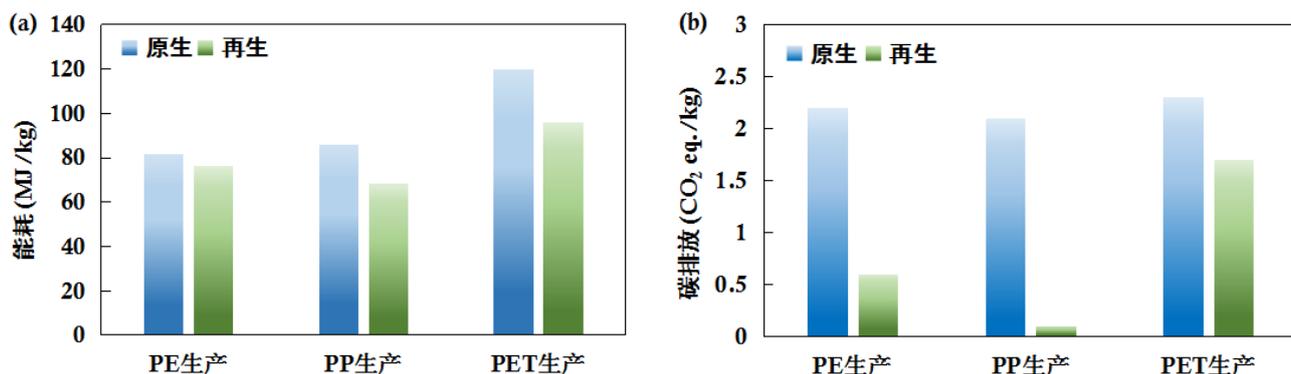
生命周期阶段	原料	生产	使用	回收	处理	再生
视觉嗅觉				■		
健康风险				■	■	
海洋污染			■			
大气污染			■		■	
水体污染			■			■
土壤污染			■		■	
噪声污染						
资源消耗	■	■				■
能源消耗	■	■				■
土地占用	■					■

注：“■”影响程度高；“■”影响程度低。

图 5 塑料生命周期不同阶段的主要环境影响类型示意图

1.5 废塑料和再生塑料具有资源环境双重属性

如果排除回收和循环再生过程的区域性环境与健康风险，回收并利用废塑料生产再生塑料具有资源和环境双重效益。一方面，循环利用废塑料可以减少石油或生物基原材料的消耗，带来资源节约效益；另一方面，利用废塑料生产再生塑料比利用石油生产原生塑料具有降低能耗和减少二氧化碳排放的环境效益。以聚丙烯塑料（Polypropylene, PP）生产为例，生产原生塑料的能耗强度为 85.9 MJ/kg，而生产再生塑料的能耗强度为 68.4 MJ/kg，后者比前者低 20.4%；生产原生塑料的碳排放强度为 2.1 kg CO₂ eq./kg，而生产再生塑料的碳排放强度则为 0.1 kg CO₂ eq./kg（图 6）。然而，由于管理水平和技术工艺的落后，废塑料的回收和再生塑料的生产经常导致多种区域性的环境影响和健康风险。这使得再生塑料产业遭到极大的诟病，并因此而在许多区域成为不受欢迎的产业。鉴于废塑料所具有的上述资源与环境双重属性，需要从多角度辩证和综合地分析再生塑料产业的成本和效益；既不能只强调其资源节约和碳减排的效应，也不能只看到其在某些区域造成的负面影响。

图 6 不同塑料生产过程的能量消耗及温室气体排放强度^[19]

1.6 中国已成为全球塑料生产和消费第一大国

近年来，我国塑料行业迅猛发展，塑料生产量稳居全球第一。从图 7 可以看出，2016 年中国热塑性塑料和聚氨酯的产量占全球总产量的 29%，远高于其他地区，中国已成为全球塑料生产和消费第一大国。塑料的消费伴随着大量的废弃，中国也逐渐成为废塑料产生和回收大国，2010 年我国废塑料产生量为 2800 万吨，2013 年废塑料产生量为 3292 万吨，增长了 14.9%。国家统计局数据显示：2010 年和 2016 年我国废塑料回收量分别为 1200 万吨和 1878 万吨^[20]，六年间增长了 36.1%。根据《工业绿色发展规划(2016-2020)》的要求，到 2020 年，我国废塑料回收利用率需达到 2300 万吨。



图 7 2016 年全球热塑性塑料和聚氨酯的产量分布

注：数据来自 Plastics Europe, 2016^[21]。



1.7 中国为处理全球废塑料做出巨大历史贡献

自 1977 年以来，全球废塑料贸易的数量不断增长。发达国家成为主要的废塑料出口国，而发展中国家成为全球废塑料的主要进口地区。如图 8 所示，在 1992-2016 年期间，全球所有国家废塑料出口量从 91 万吨增加到 1559 万吨，我国在出口量基本为零的情况下，进口量由 30.6 万吨增加到 734 万吨。在此期间，我国（含香港）累计进口废塑料 1.7 亿吨，占世界总出口量的 72%。其中，2016 年我国废塑料进口量达到 734 万吨，出口量仅有 23 万吨，净进口量占当年全球总出口量的 45.6%。

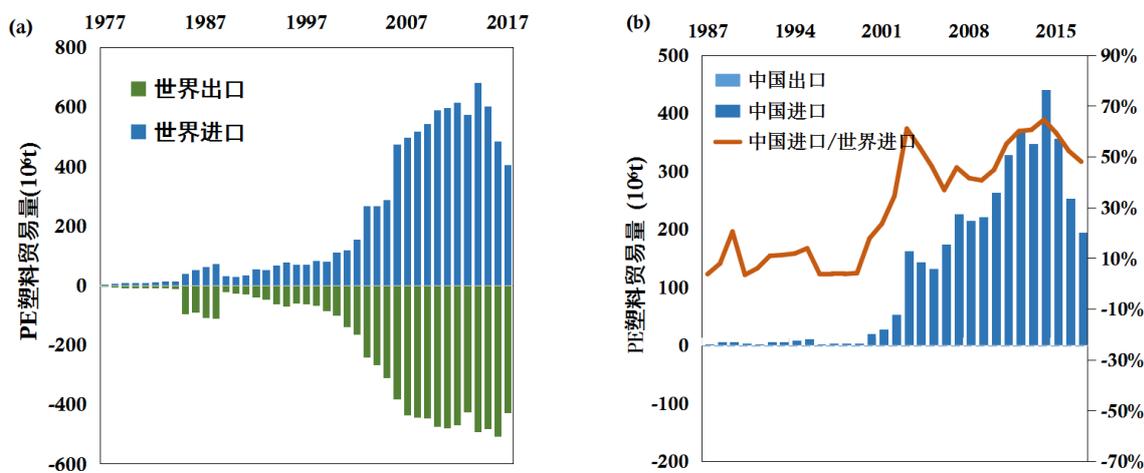
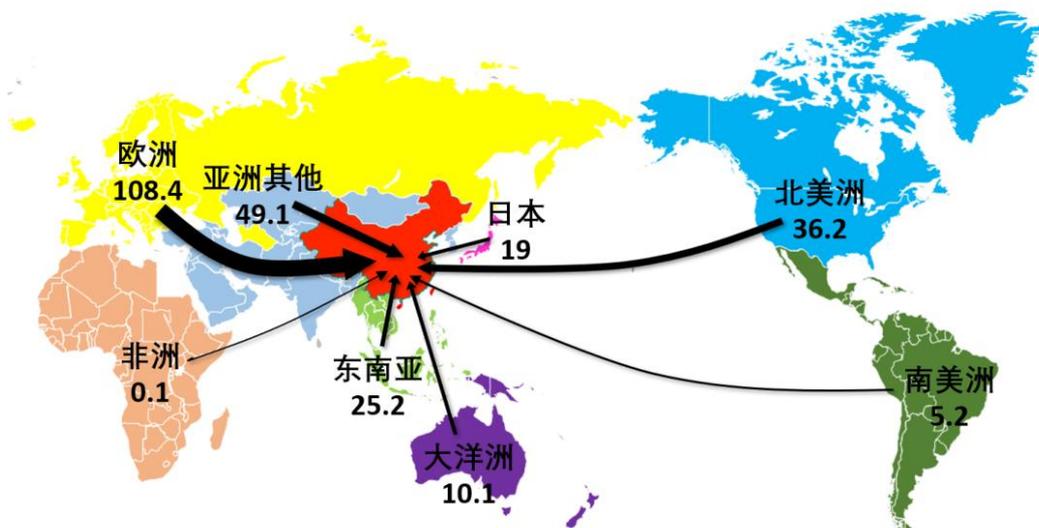


图 8 1977-2017 年全球废塑料贸易量及我国废塑料进出口量

以废 PE 塑料为例，2016 年我国进口废 PE 的主要来源地包括欧洲、北美和日本（图 9），中国在 2017 年之前成为全球毫无争议的废塑料消纳基地，为废塑料的最终处理处置和循环利用做出了全世界最大的贡献。伴随着固体废物进出口贸易的污染流动，中国很大程度上承接了来自发达国家的环境污染转移。为此，国务院办公厅印发《2017 年起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》，提出全面禁止洋垃圾入境，完善进口固体废物管理制度。

图 9 2016 年中国废聚乙烯塑料进口量和来源 (单位: 10^4 T)

注：数据来自联合海关贸易数据库^[22]。

1.8 中国面临塑料废弃导致的全球最严峻挑战

随着废塑料产生量的大幅度增加，其带来的环境问题日益引起人们的关注。2015 年，美国佐治亚大学的 Jambeck 等人评估了各国排入海洋的废塑料数量，认为中国在 2010 年的人为排放量高达 500 万吨，远高于全球其他地区并对全球海洋污染和生态失衡造成极大的影响^[23]。这一研究结论已成为世界各国和发达国家对我国进行指责与攻击的重要依据，给我国造成了巨大的舆论压力。本文作者并不认同 Jambeck 等人的结论，因为其研究方法、模型和参数是粗糙和不严谨的。但是我们应该认识到，长期以来我国作为废塑料进口大国，通过牺牲广东清远等典型区域的生态环境为发达国家承接了巨大的污染转移。同时，我国近年来已经成为全球最大的塑料生产和消费国，并且随着外卖和快递产业的飞速发展，确实产生了越来越多的塑料垃圾；另一方面，由于我国的垃圾分类和回收体系尚不够健全，的确造成了大量的塑料废弃与排放。遗憾的是，我国在这方面还严重缺乏基础科学研究，尚未建立全国尺度的废塑料排放清单。因此在面临 Jambeck 等人的不科学结论所造成的不利影响时，存在着无法科学和有理有据地进行反驳的窘境。

1.9 塑料生产与贸易的全球格局面临根本性变化

1988 年以来，全球废塑料贸易的规模在不断增长。中国在 1997-2016 期间逐渐成为最大的废塑料进口国，废塑料累计进口量占全球进口总量的 45%，是全球废塑料进口第一大国（图 10）。

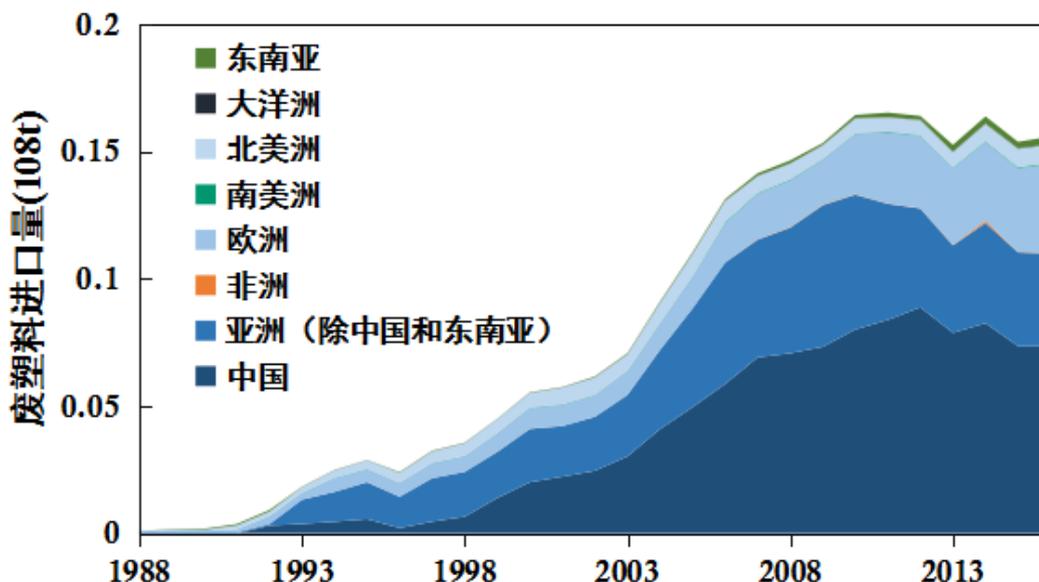


图 10 全球废塑料进口量

从各国的历史数据来看，进口固体废弃物不是中国特有的。在快速工业化和城市化的时代，日本、韩国以及我国台湾地区都曾经大量进口废塑料、废纸、废铝和废铜等再生原料，但是在经济发展到一定阶段之后，可能首先出现废旧原料进口量的下降，继而开始出口废旧原料的现象（图 11，a）。未来中国是否会与日本及韩国类似，从固体废弃物的消纳基地转为净输出国，现在还无法得出结论。但不可否认的是，由于废塑料禁令的提出，我国废塑料贸易已出现进口量逐渐降低的格局（图 11，b）。预计到 2030 年，将有 1.11 亿吨的废塑料因我国的禁令而无法出口到中国^[24]。因此，发达国家不得不寻求更好的方式来解决他们的废塑料堆积问题。同时，为了缓解我国面临的巨大资源环境压力，我国生态环境标准将不断提高，既有的资源循环利用基地可能不得不向其他国家或地区转移。中国乃至全球废塑料的贸易格局将发生根本性的变化。

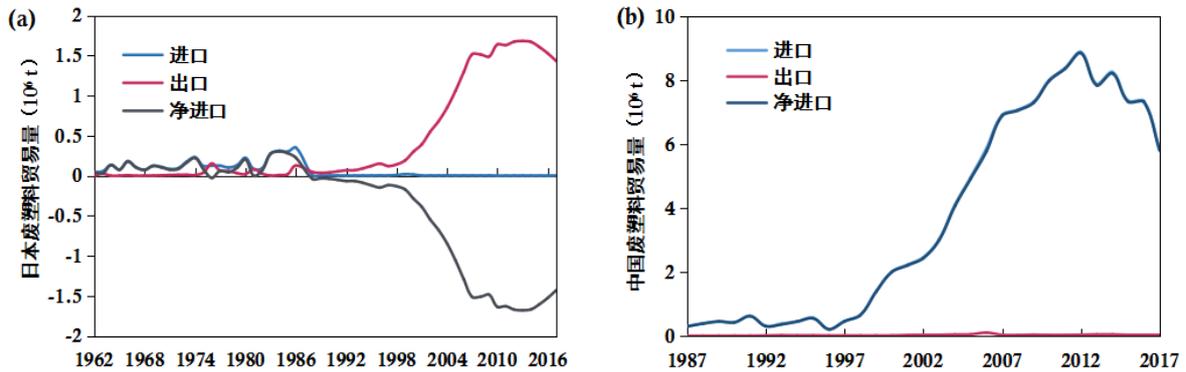


图 11 日本和中国的废塑料贸易格局

注：数据来自联合海关贸易数据库^[22]。

1.10 塑料循环利用是生态文明的要求与重要组成

在资源日益短缺的今天，对塑料进行循环利用已成为资源节约的重要手段和国际趋势。核算废塑料的循环利用潜力及其环境影响是发展塑料循环经济的必要前提。如何进行回收处理方式的选择，是塑料行业发展循环经济的重要内容。当前塑料回收方式主要有机械回收、化学回收及能量回收，其中机械回收是现阶段应用范围最广的处理模式，虽然传统回收方式受塑料价值和品质限制，回收效率比较低，但相对经济友好。近几年来，化学回收也逐渐成为高效、高值和环境友好的回收利用手段。通过辐射上下游，对相关产业的合成、加工、应用和废弃物处理采取全方位、全链条的化学处理，提升各产业的循环再生利用能力，比如将 PET 瓶用于纺织品的再生加工，对包括塑料回收产业、纺织业在内的产业起到了联结作用。这些方法的使用深入响应了循环经济、绿色制造与生态文明要求，有助于构建我国资源节约型、环境友好型社会。

2 再生塑料产业绿色转型与可持续发展建议

综上，废塑料是最重要的可再生资源之一，具有很高的循环利用价值。我国再生塑料行业尽管规模逐渐扩大，但仍存在许多制约行业绿色健康发展的的问题。在此，我们建议从五个方面促进再生塑料行业的绿色转型与可持续发展。

2.1 积极应对全球废塑料贸易格局的变化，禁止低质低值原料进口

长期以来，我国大部分再生塑料企业严重依赖进口废塑料。2018年的禁令实施后，全球废塑料贸易格局发生变化，再生塑料企业在面临困境的同时，应该认识到这是不可逆转的大势。因此，必须坚定不移地执行进口禁令政策，禁止废塑料特别是低值劣质废塑料的进口。同时，可以考虑通过与海外国家或地区建立合作，在提高技术和管理水平的同时进行部分产业和技术的转移，建设与发达国家废塑料来源地以及我国塑料消费市场联动的海外再生塑料生产基地，形成全球性的塑料循环经济系统。另外，应积极参与构建国内的废塑料回收体系，提高国内废塑料的回收率和供应量，建设国内的塑料循环经济系统。

2.2 大力加强我国废塑料回收体系的建设，完善固体废物管理制度

禁令实施后，国内废塑料资源正规军回收处理电子工程塑料，游击队回收处理生活垃圾的大致格局仍然没有改变。这不仅让正规军在资源获得环节及长期发展方面缺乏足够的保障，也带来了许多环境问题。因此，我国需加快完善国内废塑料回收和流通体系，可采取的途径有：（1）前端应发展智能管理体系，实现“谁生产谁处理，谁购买谁交回，谁销售谁收集”的管理模式；（2）对于投放端，应大力宣传垃圾分类知识，培养公众环保意识，实现塑料的正确投放；（3）结合“互联网+回收”方式，构建具有中国特色的环境押金制回收体系，提升废塑料回收率；（4）整个回收体系的建设和运行，需要通过政府制定相应的规范、条例及标准，实现回收方式由粗放型向集约、系统型转变。

2.3 建立流向监管系统，促进再生塑料产业的集中化和清洁化发展

废塑料的回收利用除了前端规范化收集外，还需要后端加工再生企业的配合，但目前大部分废塑料流入家庭作坊式的非正规回收加工企业，正规回收企业不具有发展空间。这类非正规企业不具备完善的污染控制设备，易造成严重的环境影响。为了实现再生塑料产业整体最优和废物最小化，

推动再生塑料产业朝着集约型和清洁型发展，建议：（1）扩大企业规模，完善生产链，尽可能禁止“小散乱”企业，并联合中小型企业建立新的信息监管系统；（2）建立一个包括废品回收站、废品回收公司、拆解公司和资源处理加工企业在内的流向监管系统，从资源获得环节优先支持正规资源回收企业的发展；（3）依托流向监管系统，再生塑料产业进行规模化生产，实现原级循环利用，提高原材料利用率，实现污染物的集中控制和削减。

2.4 提高再生塑料行业的科技水平，促进废塑料高质高值循环利用

我国是塑料的生产和消费大国，除了提高废塑料回收率，更重要的是追溯上下游产业，在产业链上提高行业的整体科技水平：（1）在塑料生产加工环节，需考虑产品是否具有回收利用价值而进行生产加工，延长产品使用寿命，减少废弃量；（2）塑料应用环节需提倡循环使用，发展环境友好的新型回收利用技术，为相关再生材料和制品寻找合适的终端应用途径如农田水利、道路材料、室外设施等；（3）消费环节需进行科学设计，减少过度包装，制造可多次使用制品，以及一次性餐厨包装采用可生物降解高分子材料；（4）除机械回收外，在废物处理环节还应大力发展环境友好的化学回收利用技术，尽可能在高分子态回收利用，促进塑料循环再生和高值利用。

2.5 构建塑料的全生命周期物质流分析和环境影响评价大数据平台

塑料的流向受到价格、品类及回收工厂等多方面的影响。从国内市场看，由于塑料禁令的实施，废塑料回收本地化逐渐成为维持企业正常运行的重要途径。但由于缺乏不同品类废塑料的回收量数据，以及这些废塑料的去向不清楚，数据不容易跟踪，不便于管理和统计。基于此，政府、企业、行业协会及科研机构应团结协助，通过整合各方数据，建立塑料大数据中心：（1）借助成分分析和物质流分析方法，定量和动态追踪塑料在社会中的来源和去向，明确塑料生产和消费的数量、结构及其空间分布；（2）借助生命周期评价方法，研究塑料生产、废弃和循环利用阶段的各种环境影响，找出再生塑料的生态环境风险、效益及优化提升方案；（3）构建中国废塑料排放清单，阐明废塑料循环再生的生态环境效益和贡献，预测未来的发展趋势及评估产业风险，及时发现问题和寻求改进方向，推动中国塑料产业正向积极发展。

3 结语

随着我国《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》的执行，全球塑料贸易格局发生了根本性变化，我国再生塑料行业的管理和发展也进入了一个新阶段，展现出巨大的市场活力。但是，由于我国塑料回收产业缺少有效且全面的数据，缺乏科学的分析方法，再生塑料行业所具有的绿色和低碳属性未能得到正确的实施和认识，较低的管理和工艺水平所造成的环境污染也没有得到有效控制。为了再生塑料行业的可持续发展，政府机构及企业有必要同时采取多种政策措施。

- (1) 管控废塑料进口。再生塑料产业要认识到停止依赖进口废塑料这一趋势是不可避免的，应遵守废塑料进口的相关政策；
- (2) 促进废塑料回收。在我国国内废塑料产生量将持续增长的情况下，需要政府、企业和公众齐心协力，共同提升国内废塑料的回收率，实现塑料浪费和污染的减少与企业原材料国内供应量提升的双赢；
- (3) 规范再生塑料市场。再生塑料产业本身要刮骨疗毒、脱胎换骨、改造重生，要抛弃过去的脏、乱、差、低端，努力走向新的发展方向。行业协会要有带领中国再生塑料产业成长为全球再生塑料领头羊、信息中心以及标准制定者的雄心和能力，同时也需要科研单位和企业真正的互相配合、支持与协作；
- (4) 促进循环再生利用。在切实改造提升自身的基础上，提供定量化的依据，证明塑料循环利用以及再生塑料产业在促进资源循环利用、降低能耗和二氧化碳排放方面相比原生塑料的贡献，为行业正名；让再生塑料产业成为生态文明建设真正的生力军和组成部分，而非只富裕了小部分企业主，却因为污染环境而成为地方政府和老百姓讨厌的、人人喊打的产业；
- (5) 构建大数据平台。再生塑料产业要与科研单位相结合，研发有技术含量和不可替代的产品，以工匠精神，把每一项产品做精、做好。依托行业协会，支持行业协会与科研单位建立塑料的全球物质流与环境影响数据库，在整个行业尺度建立数据平台和信息服务，为产业的绿色健康发展提供风向标与晴雨表。

参考文献

- [1] LASKAR N, KUMAR U. Plastics and microplastics: A threat to environment[J]. Environmental Technology & Innovation, 2019, 14: 100352.
- [2] GU F, GUO J F, ZHANG W J, et al. From waste plastics to industrial raw materials: A life cycle assessment of mechanical plastic recycling practice based on a real-world case study[J]. Science of Total Environment, 2017, 601: 1192-1207.
- [3] THAKUR S, VERMA A, SHARMA B, et al. Recent developments in recycling of polystyrene based plastics[J]. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 2018, 13: 32-38.
- [4] 中国物资再生协会再生塑料分会. 2017-2018 中国再生塑料行业发展报告[M]. 2018, 1-2.
- [5] GEYER R, JAMBECK J R, LAW K L. Production, use, and fate of all plastics ever made[J]. Science Advances, 2017, 3(7): e 1700782.
- [6] 国家统计局. 中国统计年鉴 2018[M]. 中国统计出版社, 2018.
- [7] 中国物资再生协会再生塑料分会. 2018-2019 中国再生塑料行业发展报告[M]. 2019, 22-23.
- [8] 中蓝晨光化工研究院有限公司《塑料工业》编辑部 L. 2007~2008 年世界塑料工业进展[J]. 塑料工业, 2009, 37(3): 1-33.
- [9] 刘朝艳. 2016~2017 年世界塑料工业进展(I)[J]. 塑料工业, 2018, 46(03): 1-12+32.
- [10] ELLEN-MACARTHUR-FOUNDATION. The New Plastics Economy_Rethinking the future of plastics[J]. World Economic Forum, 2016.
- [11] 再协. 废塑料行业发展空间巨大[J]. 中国资源综合利用, 2016, 34(4): 13-13.
- [12] 范满国. 我国可回收垃圾资源化分析[J]. 城乡建设, 2018, 02: 23-27.
- [13] UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. Facts and Figures about Materials, Waste and Recycling[J]. <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling>.
- [14] DRIS R, GASPERI J, MIRANDE C, et al. A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments[J]. Environment Pollution, 2017, 221: 453-458.
- [15] ROCHMAN C M, BROWNE M A, UNDERWOOD A J, et al. The ecological impacts of marine debris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived[J]. Ecology, 2016, 97(2): 302-312.

- [16] WAGNER M, SCHERER C, ALVAREZ-MUÑOZ D, et al. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know[J]. *Environmental Sciences Europe*, 2014, 26(1): 12.
- [17] 刘强, 徐旭丹, 黄伟, 等. 海洋微塑料污染的生态效应研究进展[J]. *生态学报*, 2017, 37(22): 7397-409.
- [18] SEVIGNE-ITOIZ E, GASOL C M, RIERADEVALL J, et al. Contribution of plastic waste recovery to greenhouse gas (GHG) savings in Spain[J]. *Waste Management*, 2015, 46: 557-567.
- [19] SHEN L W E, PATEL M K. Comparing life cycle energy and GHG emissions of bio-based PET, recycled PET, PLA, and man-made cellulose[J]. *Biofuels Bioproducts & Biorefining*, 2012, 6(6): 625-639.
- [20] 商务部. 中国再生资源回收行业发展报告 2017 [J]. *资源再生*, 2017, 5: 16-25.
- [21] PLASTICS EUROPE. *Plastics_the_Facts_2016*. <https://www.plasticseurope.org/en/resources>.
- [22] UNCOMTRAD. United Nations Commodity Trade Statistics Database. <https://comtrade.un.org/data>.
- [23] JAMBECK J R, GEYER R, WILCOX C, et al. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean[J]. *Science Advances*, 2015, 347(6223): 768-771.
- [24] BROOKS A L, WANG S, JAMBECK J R. The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade[J]. *Marine Policy*, 2018, 72: 219-230.



Ten Important Facts of Plastics and Implications for the Green Development of Plastics Recycling Industry in China

Wei-Qiang Chen^{1,2*}, Xiaomei Jian^{1,2}, Yonggang Wang³, and Lei Shi⁴

(1. Key Laboratory of the Urban Environment and Health, Institute of the Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen, Fujian 361021, China; 2. Xiamen Key Lab of Urban Metabolism, Institute of the Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen, Fujian 361021, China; 3. Plastics Recycling branch, China National Resources Recycling Association, Beijing, 100049, China; 4. State Environmental Protection Key Laboratory on Eco-industry, School of Environment, Tsinghua University, Beijing, 100084, China)

Corresponding author: Wei-Qiang Chen, wqchen@iue.ac.cn

Abstract: China has completely banned the import of plastics waste since December 31, 2019, which has resulted in great impact on plastics recycling industry. In order to determine the position of the plastics recycling industry correctly, we need to know the history and status of plastics industry thoroughly. This paper summarizes the ten important facts about the global sustainability challenges of plastics, and found that: 1) global plastic production, consumption and the generation of plastics waste have been growing exponentially, but the vast majority of plastics ever produced have been abandoned; 2) plastics have different types of environmental impacts in different processes of their life cycles; 3) plastics waste have dual properties of resources and environment. Recycling the plastics waste can save resources and reduce carbon emissions, however, plastics wastes also cause significant regional environmental and health impacts; 4) China absorbed about 40% of global plastics waste during 1992-2016, which had made a great contribution to the global recycling of plastics waste, while also has the biggest challenge caused by plastics waste; 5) the global trade pattern of plastics waste is facing the significantly transformation. On this basis, this paper put forward five suggestions on promoting the green development of plastics recycling industry, including: 1) resolutely prohibit and resist the imports of low-value and low-quality plastics waste; 2) accelerate the speed of construction and improvement of domestic plastics waste recycling and circulating system; 3) promote the centralized and clean development of the plastics recycling industry, and establish a regulatory system for the flows of plastics waste; 4) improve the technologies in plastics recycling industry, and promote the high-quality and high-value utilization of plastics waste; and finally, 5) build big data platform on the life cycle material flow analysis and environmental impact assessment of plastics.

Key words: Plastics recycling; Circular economy; Waste trade; Life cycle assessment (LCA); Material flow analysis (MFA); Green industrial development