

废旧塑料的再利用—— 新的发展机会

在全球背景下塑料废物管理的展望



目录

1	全球背景下城市固体废物—— 一个持续增长的世纪(从20 世纪60年代到21世纪50年)
8	具有“黄金”未来的可回收材料
13	塑料：自20世纪60年代以 来，作为一种有价值的城市 固体废物回收有显著增长
15	塑料回收成为关键的长期投资机 会
21	政策机制是废物回收和再利 用的关键催化剂

不争的事实

22亿吨城市固体废物

关键挑战：

到2050年，每年从城市固体废物中回收的价值可能超过8000亿欧元。

3700亿欧元/年

全球塑料废物的价值每年可增加12倍，2050年将达到3700亿欧元。

45%回收

前提是我们能将全球塑料废物的回收率从今天的10%提高到2050年的45%。

全球背景下城市固体 垃圾

一个持续增长的世纪(从1960年
—2050年)

1/

垃圾是我们星球唯一不断增长的资源

摘要：受人口统计和消费趋同的推动,城市固体废物量（包括城市生活垃圾、污泥,工业企业产生的废旧物等）预计将继续增长,到2050年会增加一倍,达到40亿吨,主要集中在亚洲和新兴国家。

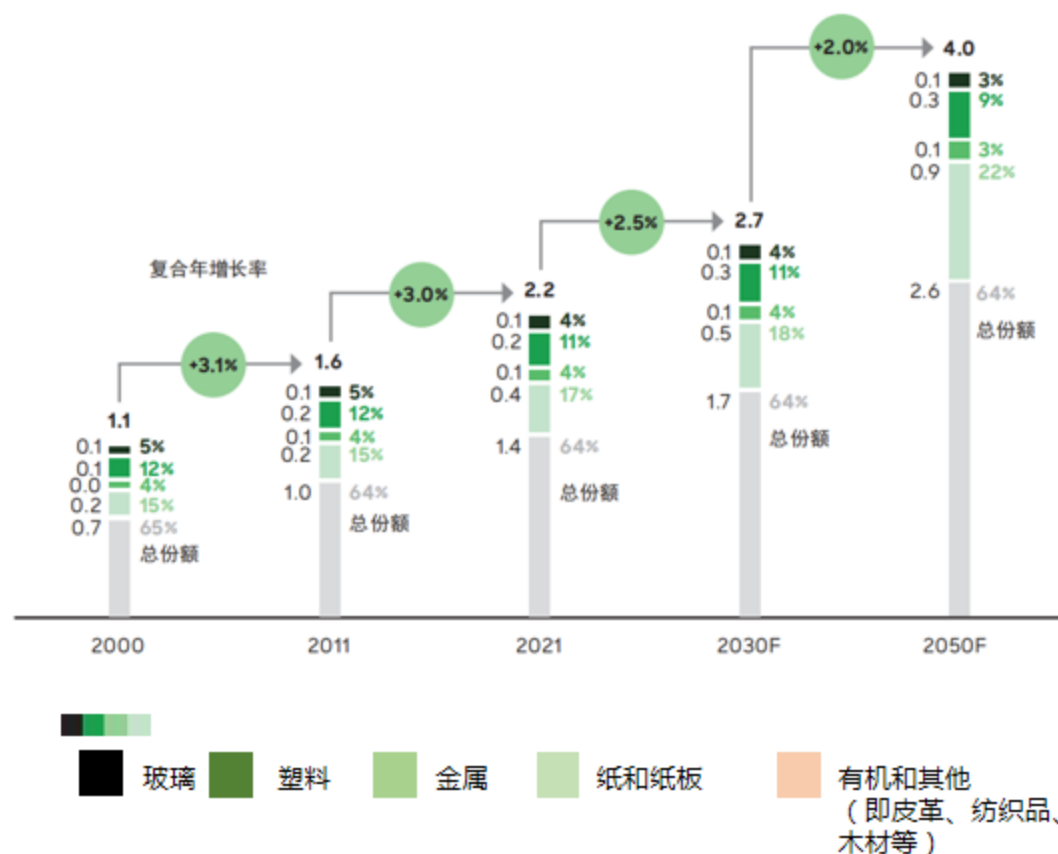
“垃圾是地球唯一不断增长的资源”是一位联合国官员在上世纪60年代发表的声明,该声明至今有效,在未来仍然有效。

在20世纪70年代至90年代期间,由于全球人口的增长、经济的发展和（便利）消费的增加,全球城市固体垃圾（MSW）的数量以每年约8%的速度增长。自上世纪90年代以来,一些发达经济体的人均都市固体垃圾增长速度一直在放缓,相当或低于GDP增长率。这种放缓是由于家庭经常消费的产品数量达到“峰值”,以及人们对环境问题的意识日益增强。后者既引起了民众的关注,也引起了政府限制垃圾产生和加强垃圾回收的努力。

目前全球产生的都市固体垃圾的平均量约为人均每年250公斤。发展中经济体（人均价值低于200公斤）和发达经济体（欧洲人均价值>500公斤或美国人均价值>800公斤）之间存在显著差异。与此同时,在发展中经济体中,垃圾量（总体和人均）的增长速度与1970年代至90年代在发达经济体中观察到的速度相似（8-9%）。

受人口增长和大众消费的共同（历史）驱动因素的推动,我们预计到2050年,全球城市固体废物量将在未来几十年以约2-3%的年增长率继续增长,从而使全球城市固体垃圾总量从今天的约20亿吨增加到2050年的约40亿吨,翻一番。

A 2050年全球城市固体废物和主要可回收物（纤维、金属、塑料、玻璃）量展望[百万吨]

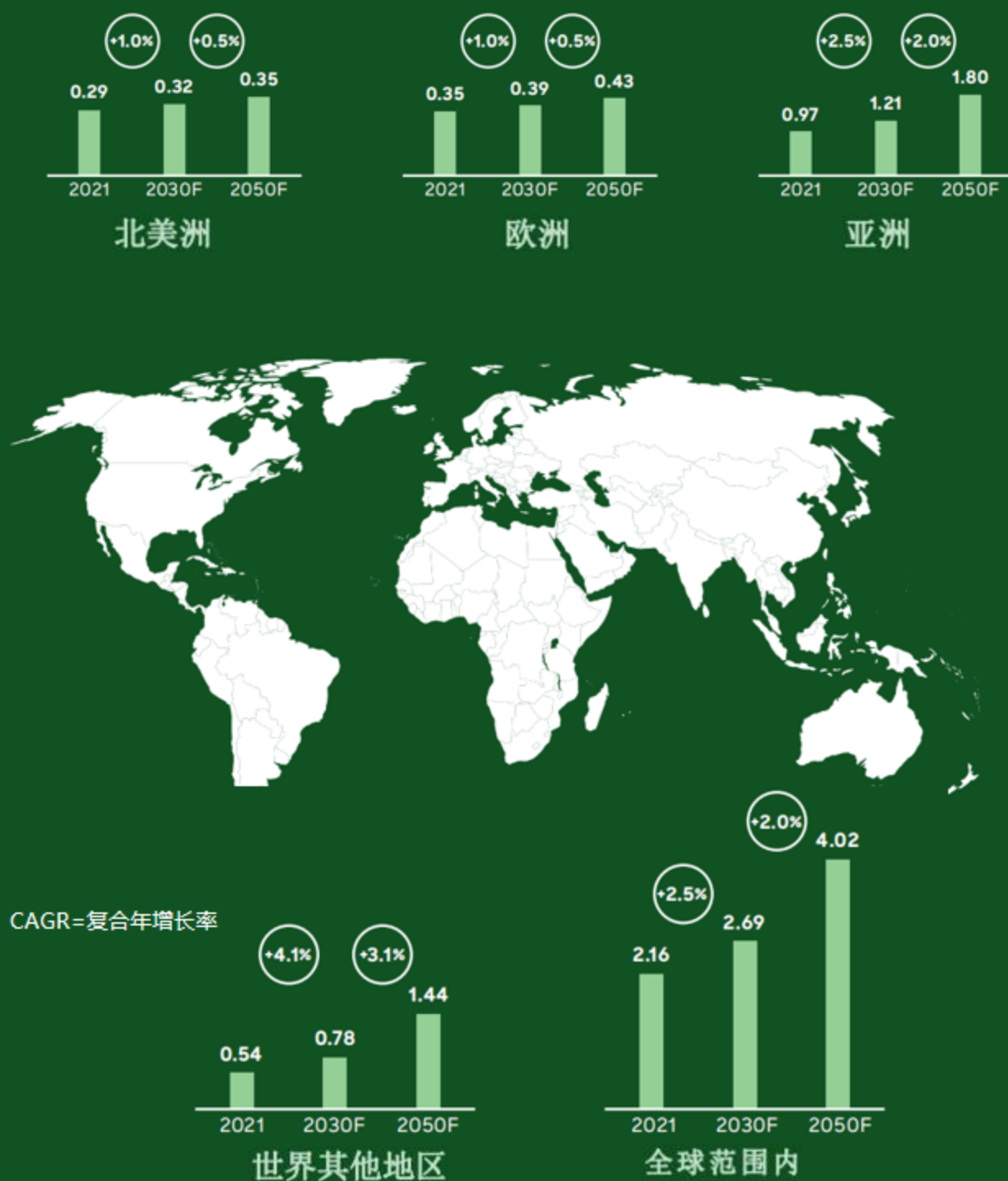


资料来源：经合组织、世界银行、欧洲塑料协会、PRE、罗兰贝格

随着发展中经济体的经济增长和消费行为的成熟，都市固体废物的组成将继续演变，从较高比例的有机垃圾和不可回收垃圾（在发展中经济体）到更高比例的干燥可回收材料（在发达经济体）。例如，今天城市固体废物中四种回收最多的非有机成分（纤维、金属、塑料、玻璃）累计占全球城市固体废物的35%，我们预计这一比例在2050年之前（相对）保持不变。受电子商务、可持续发展趋势和纤维在城市固体废物中所占份额的增加（随着经济的发展）的推动，我们估计全球纤维垃圾的复合年增长率（CAGR）为6-7%。相反，我们估计其他可回收材料的增长率会放缓。例如塑料、金属或玻璃。

从地理上看，可以合理地假设，在人口和经济增长较高的地区，城市固体垃圾数量将以更快的速度增长。在这种情况下，到2050年，全球40亿城市固体废物近一半的销量预计来自亚洲，约35%来自非洲和拉丁美洲。

B 城市固体废物处理量，2050年按地区的预测

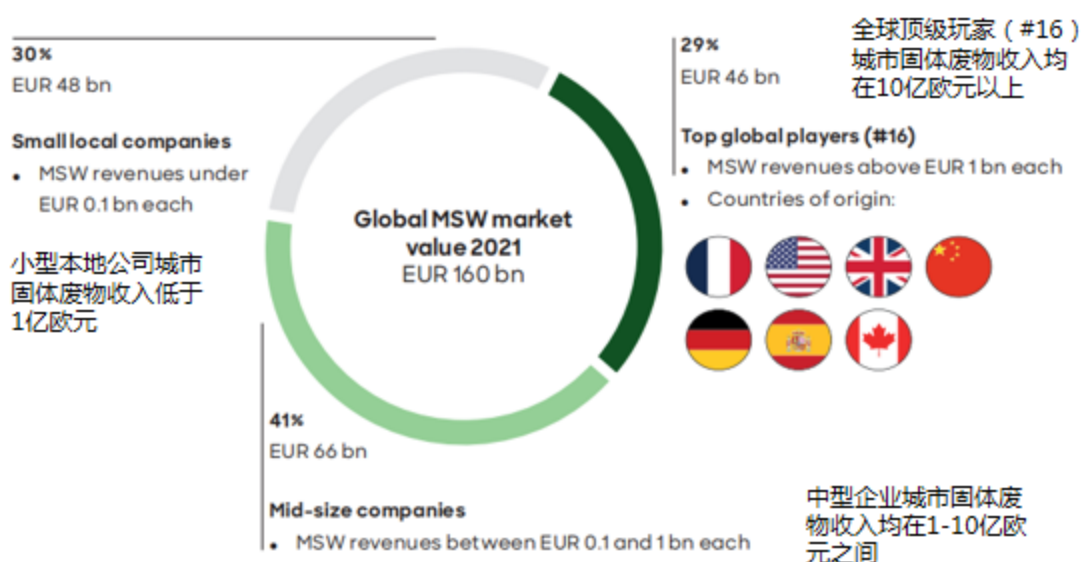


1) 美国和加拿大；2) 非洲、南美洲和中美洲、中东、大洋洲

资料来源：经合组织，世界银行，欧洲塑料公司，RPE，罗兰伯格

城市固体废物的管理传统上一直是地方企业的事情，历史上是地方/市政作为管理单位，大多数隶属于国家管理体系。随着时间的推移，资本和生产率/效益的不断提升，某些私营公司已经获得了竞争优势，取代那些“速度较慢”的国有企业。这种情况下，那些私营公司有机会在区域内或有时甚至在国际上扩张。今天，在全球范围内，只有有限数量(数百家)的城市废物管理公司年收入超过1亿欧元，年收入超过10亿欧元的公司只有不到20家，这些顶级的国际城市废物管理公司从规模经济中获利，获得了全球城市固体废物市场29%的份额。

C 目前全球城市固体废物市场结构，按公司类型划分 (仅限MSW业务)



- 1)估计数字为MSW衍生收入的百分比，来自集团级的直接员工总数-不包括承包商或其他关联公司；
- 2)根据报告的详细分析，考虑了来自MSW的收入；不包括水、污水、污泥和工业废物的收入；
- 3)1亿欧元以上的年收入；
- 4)1亿欧元以下的年收入。

资料来源：ORBIS全球数据库，标准普尔全球，公司网站，年度报告，市场研究，罗兰伯格



拥有“黄金”未来的可
回收城市固体废物

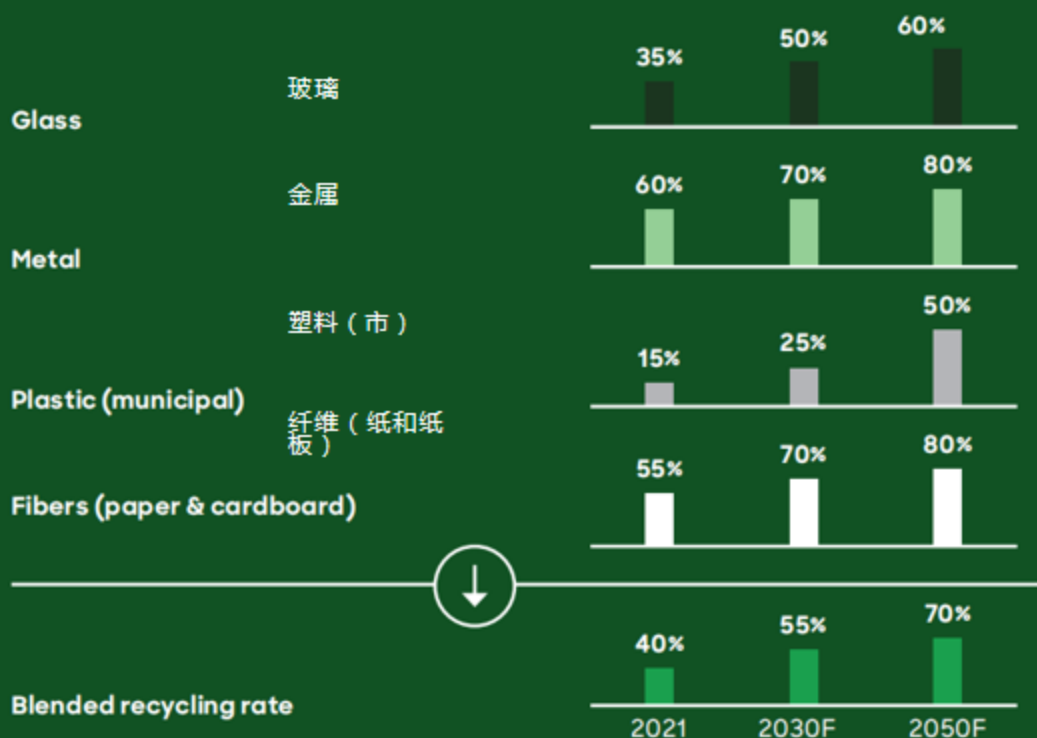
2/

摘要:可回收城市固体废物(塑料、玻璃、纤维和金属)在全球总城市固体废物中的份额预计将保持相对不变。与此同时,在监管和可持续发展需求的推动下,废物材料的再循环率预计将加速增长。这两种影响将使城市固体废物(MSW) 的市场价值从目前的1600亿欧元提高到8600亿欧元(其年增长率为6%)。

城市固体废物的处理不当对环境造成非常不利的影响,它释放很多潜在的气体到空气中,如垃圾露天焚烧或未过滤垃圾填埋气体所产生的甲烷和二氧化碳排放,以渗滤液的形式渗入环境(对土壤、水、生态系统等产生影响)。因此,市政部门和私营机构越来越注重改善废物管理,改善收集、分类、回收/再利用和管理剩余废物的安排。因此,城市固体废物的可回收量在过去30年里有所增加,例如,对于关键的四种可回收物(塑料、玻璃、纤维和金属),全球综合回收率已达到约40%。

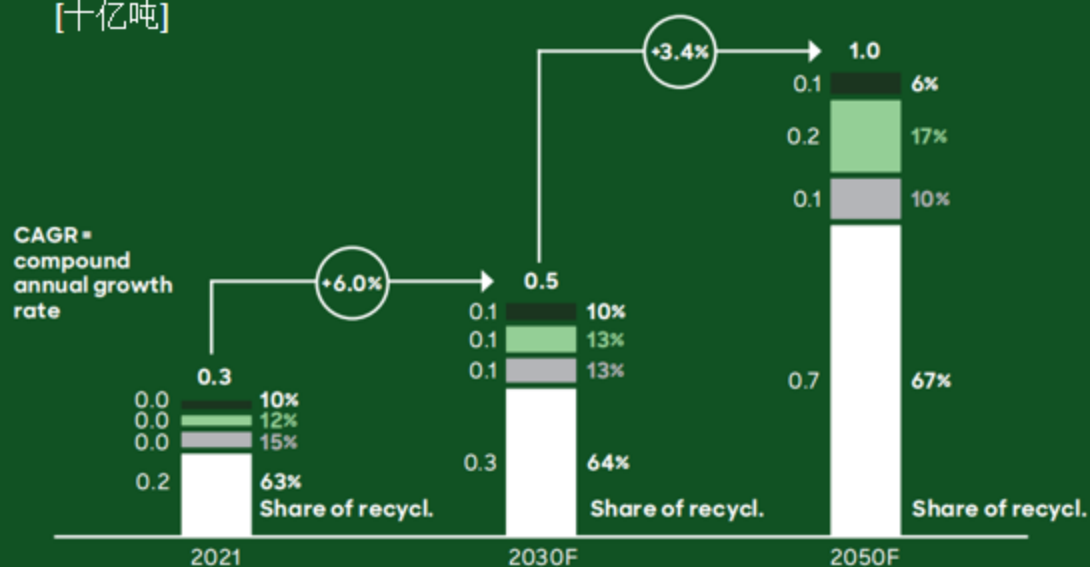
D 城市生活垃圾中主要可回收物的回收率和回收量:玻璃、金属、塑料和纤维

重点可回收物前景，回收率[%]



重点可回收物前景、回收量

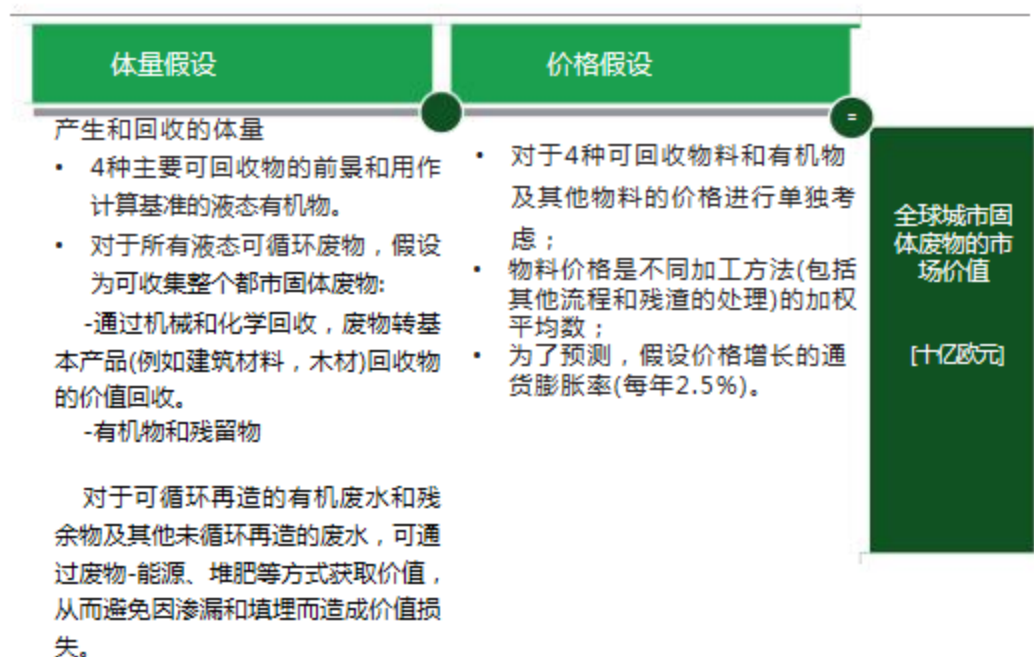
[十亿吨]



资料来源：经合组织、世界银行、欧洲塑料协会、PRE、罗兰贝格

我们预计，到2050年，四种可回收材料(纤维，金属，塑料，玻璃)的总体回收率将增加到70%左右(混合比率)，这是因为法规 and 政策的进步，消费者对基于可持续性的产品和包装的需求增加，以及原始材料的替代。这种演变将导致主要四种可回收材料(纤维，塑料，金属和玻璃)的回收量从约3亿吨增加到约10亿吨(相当于约4%的年增长率)。

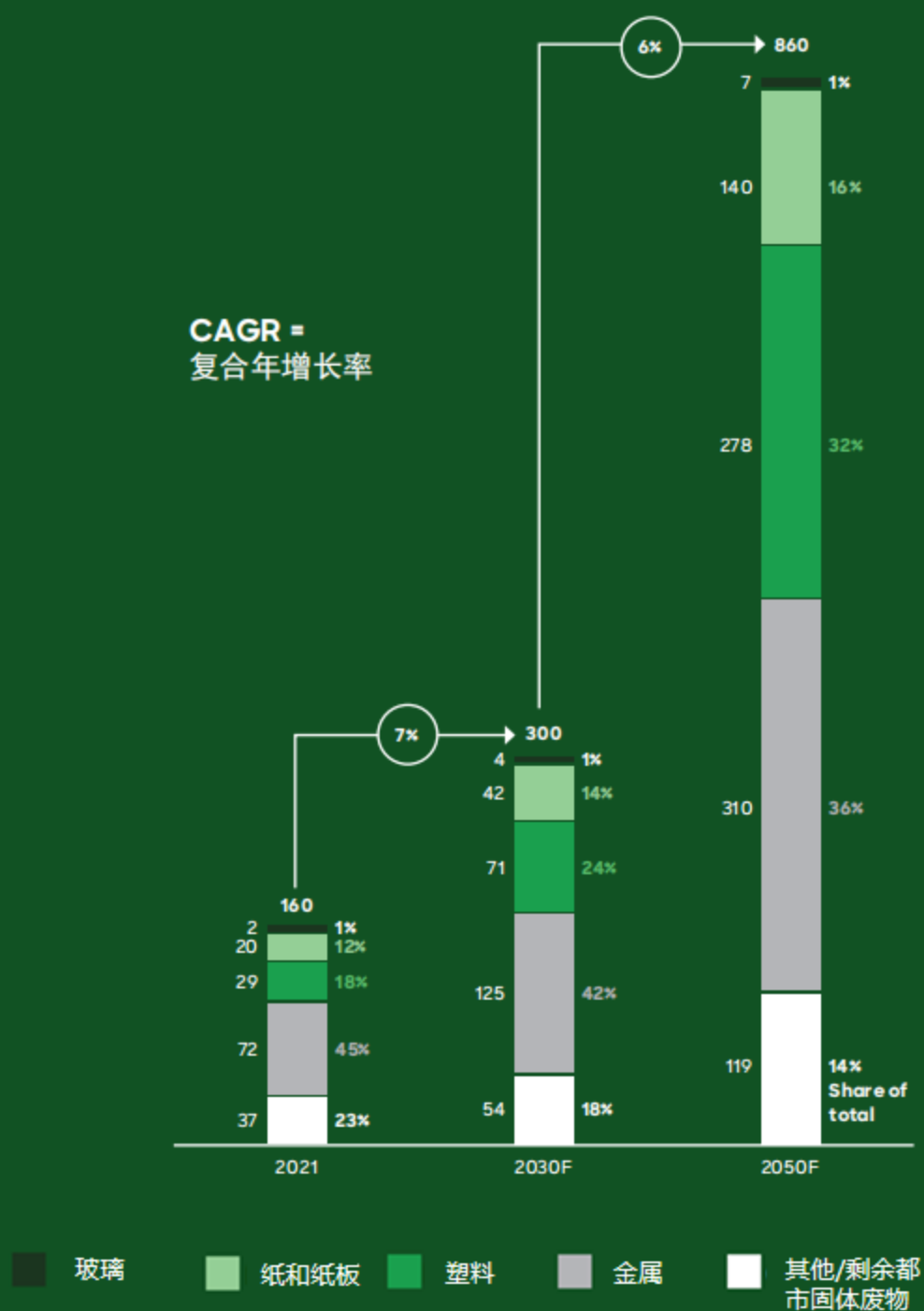
E.城市固体废料市场价值估算的方法盒



资料来源：经合组织，世界银行，欧洲塑料公司，PRE，罗兰贝格

据估计，由此产生的城市废物总市场价值(固体可回收物和液态的可循环有机废物)将以复合年增长率6-7%增长，从2021年的1600亿欧元增长到2050年的8600亿欧元，主要是由回收物的数量和较小幅度的价格上涨所驱动。由于回收量供应预计会弥补2021的差距，以回收需求的长期性看，从现在到2050年回收价格将会有一个缓慢的增长率(约2.5%)，与通货膨胀一致。与此同时，预计回收质量(例如，食品级或类似用途)将随着源头垃圾分拣比例的增加而提高(即使在发展中国家)。因此，由于全球回收需求和供应被假定为相互平衡，相同质量水平情况下，总体长期价格将下降。

F 城市固体废物全球市场价值现状及2050年展望，按主要组成部分划分[10亿欧元]



资料来源：经合组织、世界银行、欧洲塑料协会、PRE、罗兰贝格



塑料：作为一种能循环使用的城市固体废物，自20世纪60年代以来废物回收显著增长

3/

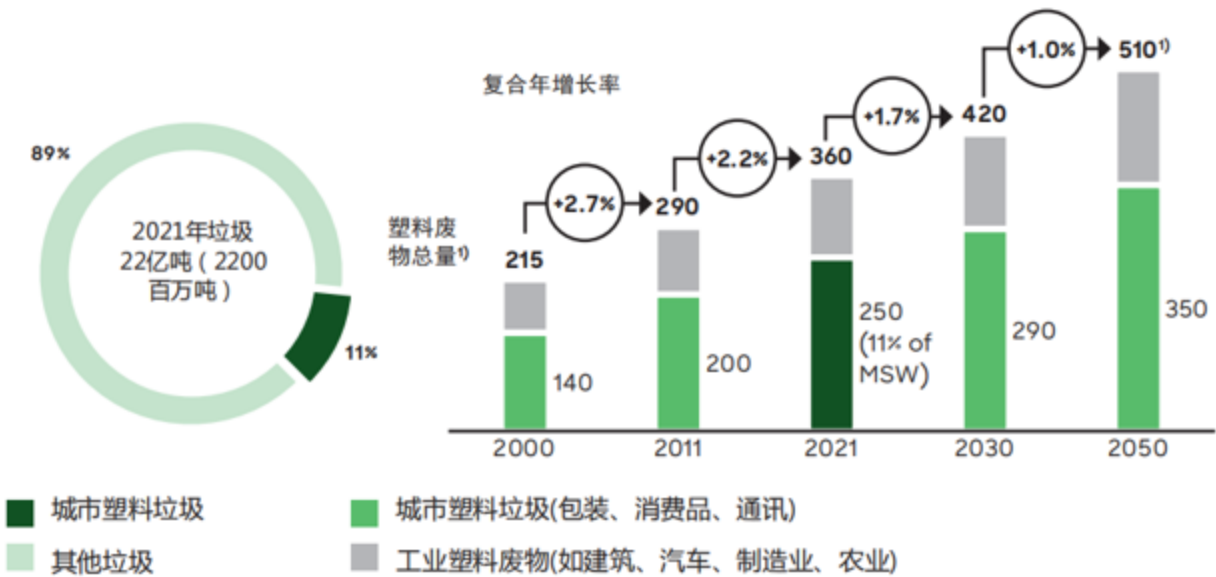
摘要:塑料生产仍然与消费增加相关。因此，塑料废弃物的数量在未来几十年将继续增加，但速度比历史上要慢得多(1%)。

城市塑料废物量约占每年产生的城市生活垃圾量的11%，每年约产生2.5亿吨。除了约2.5亿吨城市塑料(主要是包装，玩具和其他消费者和家庭产品)外，还有约1.1亿吨工业相关活动(例如建筑，汽车，其他制造业和农业活动)产生的工业塑料废物。**鉴于这项研究的重点是所有塑料废物的报废/回收解决方案，我们将考虑今天产生的所有3.6亿吨塑料废物(来自城市和工业废物)。**

塑料从20世纪60年代开始出现，将消费品和包装材料从重量更轻、功能更弱的(保护性)材料转变为塑料。随着塑料的出现，解决了产品有效期和物流效率低下的局限性，大规模消费才成为可能。在塑料出现之前，消费市场高度本地化。另一方面，由于塑料废弃物分解时间长(几百年)，微塑料对野生动物的影响较大，以及燃烧时释放毒性，塑料废弃物处理对环境已构成日益严峻的挑战。

1960年至1990年期间，发达国家的塑料废物数量以每年两位数的速度增长，只是在近25年中，增长速度有所放缓。发展中国家和新兴国家也有类似的趋势(30-40年)。例如，在过去10-15年，亚洲和非洲产生的塑料废物量以每年4-5% 的速度增长，而欧洲或美国的增长速度为1% 或更低，因此，全球塑料废物混合增长率为2-3%。

G 全球塑料废物量，2050年展望[百万吨]



1)包括城市生活垃圾塑料(如包装、消费和机构产品、运输包装)和非城市生活垃圾塑料(如电子、建筑、农业、汽车、工业)

资料来源:经合组织，世界银行，欧洲塑料协会，PRE，罗兰贝格

我们预计，由于各类利益相关者(政府、非政府组织和消费者)要求减少塑料产量(主要是不可回收塑料)，塑料废物产量的下降趋势将延续过去15年的趋势。然而，可回收塑料优于其他大多数塑料(从功能和环境的角度来看——它与其他材料的替代将最终导致更高的环境影响)。因此，我们设想到2050年之前的长期年增长预测为1-1.5%，这将导致2050年产生约5.1亿吨塑料废物(约3.5亿吨城市塑料废物和约1.6亿吨工业塑料废物)。

由于各利益相关方(政府、非政府组织和消费者)要求减少塑料产量(主要是不可回收塑料)的压力，塑料废物的产生将放缓，延续过去15年的趋势。然而，可回收塑料优于大多数其他塑料(从功能和环境的角度来看——用其他材料替代它最终会导致更大的环境影响)。因此，我们设想到2050年，长期年增长率预计为1-1.5%，这将导致2050年产生约5.1亿吨塑料废物(约3.5亿吨城市塑料生活垃圾和约1.6亿吨工业塑料废物)。



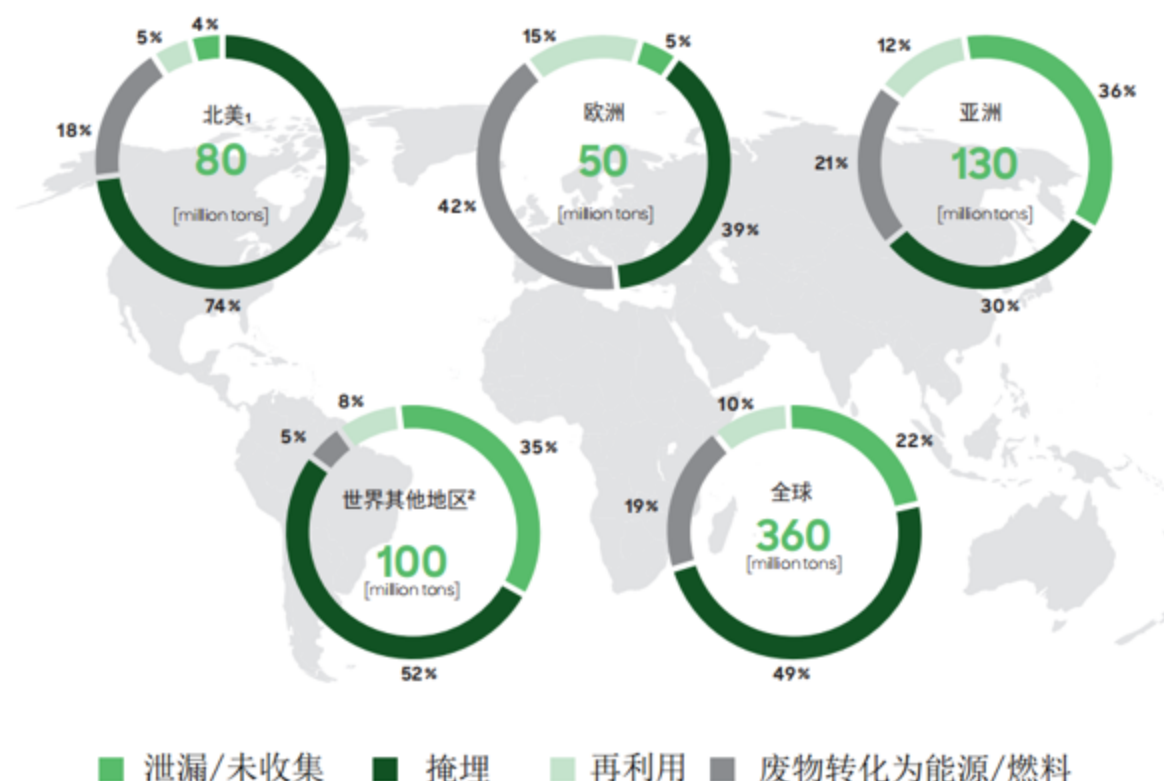
塑料回收将
成为长期投
资的一个关
键契机

4/

摘要：目前全球塑料垃圾总回收率约10%，预计到2050年将增加到约45%，主要是受可持续性需求、监管压力和市场力量(再生塑料替代原始塑料的价值)的推动。机械和化学回收具有良好的长期增长前景（复合年增长率分别为约5%和约14%）；废物转化为基本产品（如建筑、家具、木材等），主要在发展中国家/新兴国家增长。

目前，全球只有约10%的塑料废物被回收（约15%的城市塑料废物）。每年产生的塑料废物总量的90%要么被填埋、焚烧（WtE），要么泄漏到环境中并公开焚烧（70米，约占总量的20%）。

H全球塑料垃圾处理结果，按地区划分



1) 美国和加拿大；

2) 非洲、南美洲和中美洲、中东、大洋洲、非欧盟欧洲、欧亚大陆；

3) 塑料废物总量包括MSW塑料和非城市生活垃圾塑料废物；

4) 包括化学和机械回收、废物到基本产品（建筑材料、木材、燃料）

资料来源：经合组织，世界银行，欧洲塑料公司，PRE，罗兰贝格

欧洲是塑料废物回收的全球领导者，2021年的回收率约为15%。随着欧盟加强监管力度打击垃圾随意处理和环境污染，同时为包装和其他废物品类（如WEEE和纺织品）设定雄心勃勃的环保目标，这一比例预计将进一步上升。未来回收率加速增长有三个主要驱动因素：监管、私营部门的ESG/循环目标以及塑料废物作为原材料替代的内在价值：未来回收率的加速增长主要有三个驱动因素：监管、私营部门的ESG /循环度目标，以及塑料废物作为原始塑料替代原材料的内在价值：

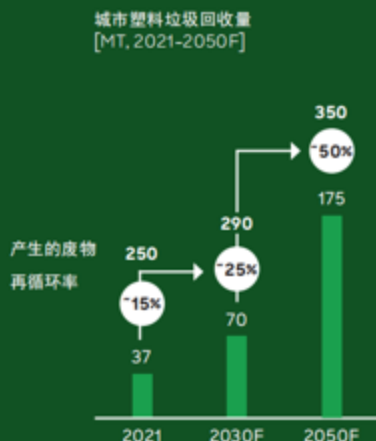
- **监管**是未来几十年回收率的核心催化剂，对基础设施建设的政策支持形式（补贴、最低承购价格保证），设定强制性目标（收集、回收），引入生产者责任延伸（EPR），饮料包装押金计划（DRS），或通过回收含量要求/目标刺激需求，并执行可回收性指南。
- 除了监管目标之外，**可持续性**也是推动回收率的关键，尤其是在没有相关法规的国家（大多数国家）；这通常采取支持现有地方倡议、转让专业知识和启动更重大投资的形式；最终，政策支持需要发挥作用，以加速进化的系统。
- **市场力量**是回收目标的第三个驱动因素，特别是与高价值塑料产业(例如PET, HDPE，商用薄膜)相关;然而，这些垃圾只占塑料垃圾总量的一小部分;因此，当涉及到推动其他塑料（如LDPE、PP等）的回收率时，市场力量通常没那么重要。

从市场价值的角度来看，我们估计，在市政和工业产业链的回收量增加的推动下，所有价值链环节（收集、分类、回收）的塑料废物总量市场将增长12倍以上，从今天的约300亿欧元增长到2050年的约3700亿欧元。预计全球塑料回收物价格将长期稳定在通胀水平，因为目前的回收物需求缺口将被填补（假设到2050年塑料废物原料供应量以45%的回收率增加）

全球塑料废物量和价值前景、产生和回收，按流划分（市政与工业）

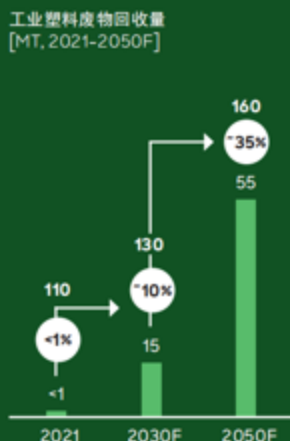
城市塑料废物回收的体量

[MT, 2021 - 2050F]



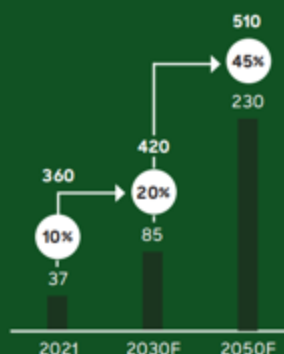
工业塑料废物回收的体量

[MT, 2021 - 2050F]



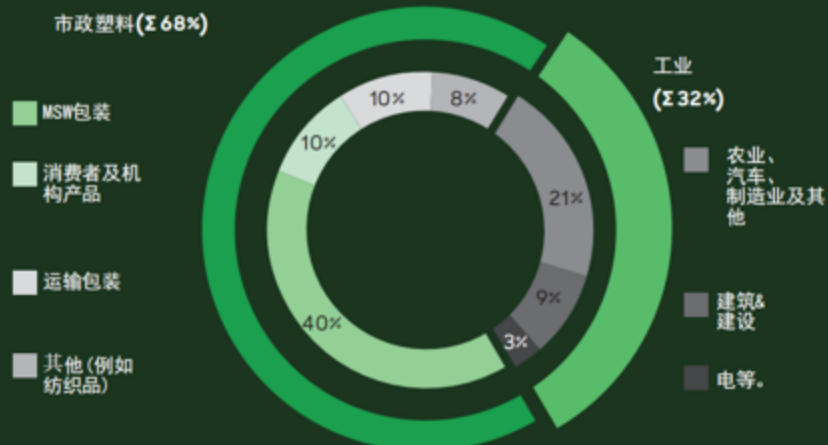
全球塑料总量回收体积展望

全球塑料回收总量展望



塑料垃圾的分流

[MT, 2021E]



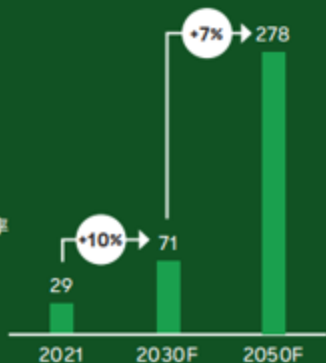
关键的观察

- 鉴于法规的重点，今天城市塑料废物的回收率大大提高
- 在法规及其适合回收的推动下(污染水平较低)，预计到2050年，工业塑料废物的回收率将加速增长。

城市塑料废物市场价值

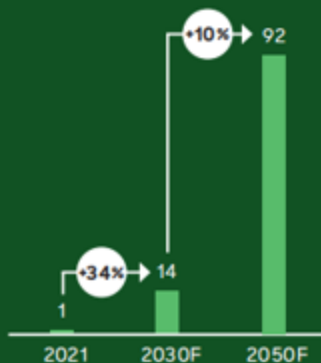
[EUR bn, 2021-2050F]

CAGR = 复合年增长率

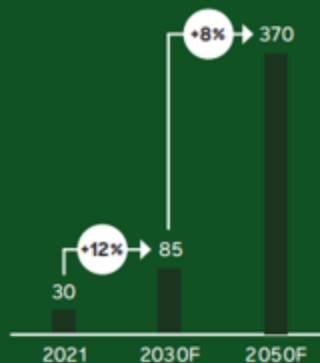


工业塑料废物市场价值

[EUR bn, 2021-2050F]



全球塑料回收市场价值展望



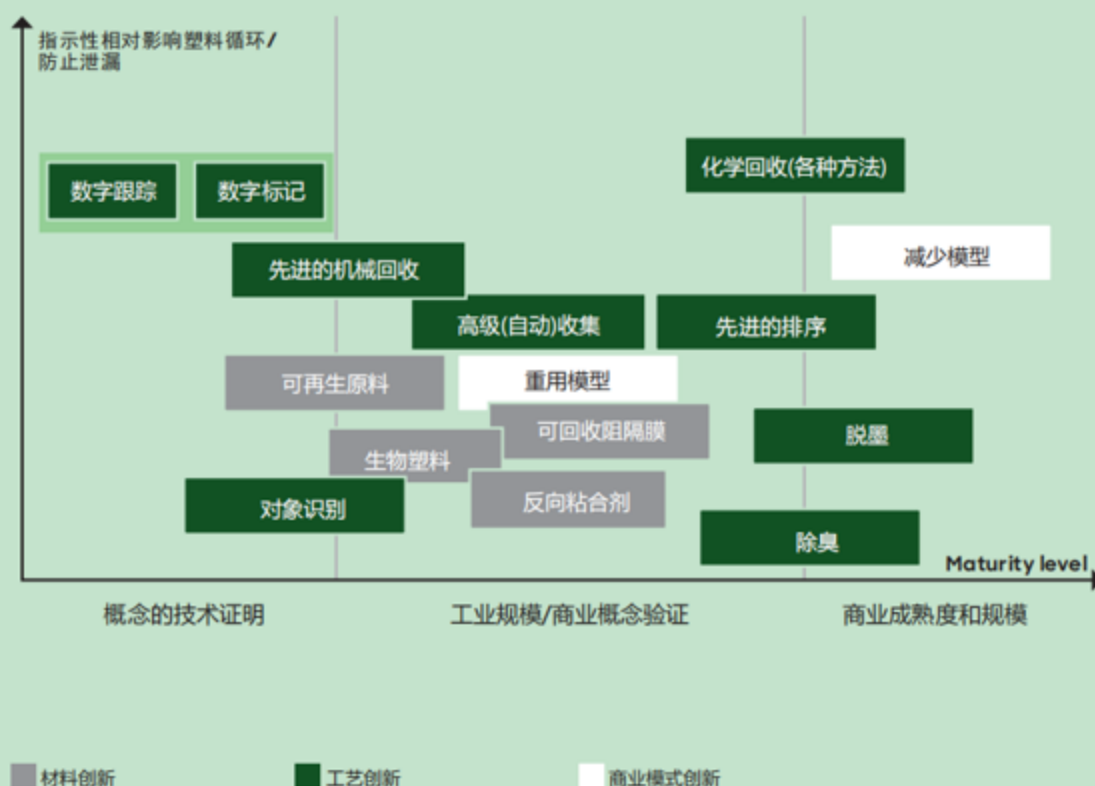
资料来源: 经合组织, 世界银行, 欧洲塑料协会, PRE, 罗兰贝格

目前的市场价值主要由人工回收和机械回收两部分组成，我们预计这两部分在2050年仍将是创造价值的核心部分。然而，我们看到，随着全球发展中国家的投资和发达国家的科技创新不断增加，价值创造从收集到分类的轻微转变。我们还预计，在所有类型的系统(成熟和欠发达)中，化学回收的加速增长的支持下，从废物到基本产品(建筑，家具)到化学回收的转变。

投资者在评估塑料废物收集、分类和回收的财务可行性时，既考虑监管确定性和原料供应量，也考虑再生料的价格。再生料的价格波动较大，与原生塑料价格高度相关（通常比原生塑料价格高出5%至30%），同样受到跨国废物贸易流动的影响。欧洲塑料回收行业的近期挑战（具体表现为再生料价格下降导致利润率下降和市场份额丧失给进口再生料）证明了这些价格波动和贸易流动的情况。

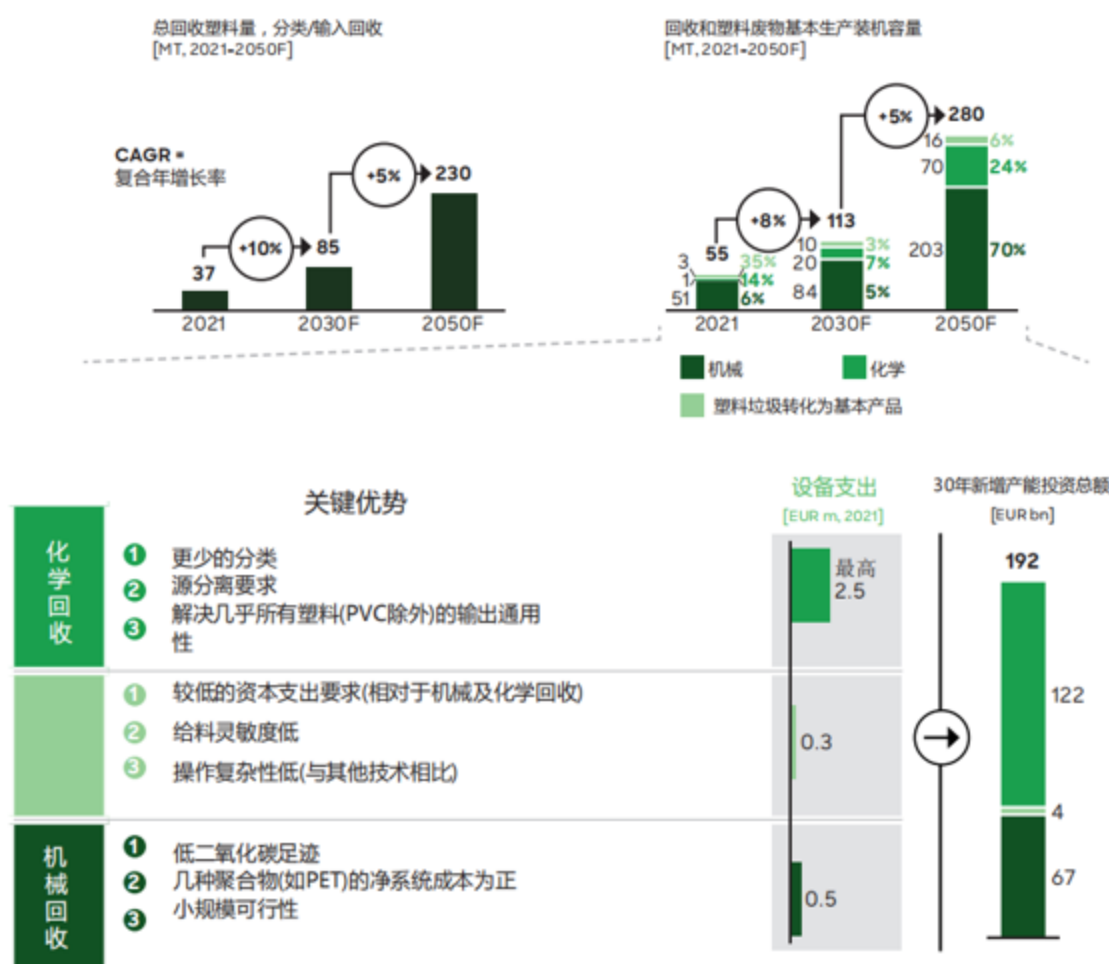
创新和技术是全球塑料废物市场预期加速增长的关键催化剂。在这种背景下，我们看到三种类型的创新作为推动因素：由化学工业驱动的创新（开发新型塑料，以降低对环境的影响）、过程/技术创新（专注于提高成本效率和生产率/产量）以及商业模式创新（旨在减少总体产生的塑料废物）。

J 创新作为关键推动因素-选择的例子（非详尽）



化学回收将增加其在管理塑料废物方面的重要性，特别是在原料足够集中的大型城市化国家(约50吨/厂的化学回收的经济可行性需要规模)。全球化学回收能力预计将从目前的约1亿吨增加到2050年的70亿吨(占总回收的24%)，主要是由于分拣和输出多功能性的要求较低。

K 按类型放大关键塑料废物回收



1) 1920亿/年。总投资超过29年，年化；2)除了新产能投资之外，还有大量额外的替换/大型维护投资，这里不考虑。

资料来源:经合组织，世界银行，欧洲塑料协会，PRE，终止塑料废物联盟，罗兰贝格

对于特定的高价值聚合物，机械回收即使在较小的规模下也能保持较低的环境影响和经济可行性的优势。因此，全球机械回收预计将以每年5-6%的复合年增长率稳定增长。

由于资本支出要求低和原料限制有限，预计塑料废物加工成基本产品(例如木材、建筑材料、家具等)也将整个回收组合中发挥作用，特别是在发展中/新兴国家。

总体而言，我们预计塑料废物回收(机械，化学和塑料废物转化为基本产品)的能力将在2021年至2050年间增加5倍以上，因此在未来几十年内需要总投资约1900亿欧元，即每年约60亿欧元。



政策机制是

废物回收和再利用的关键催

化剂

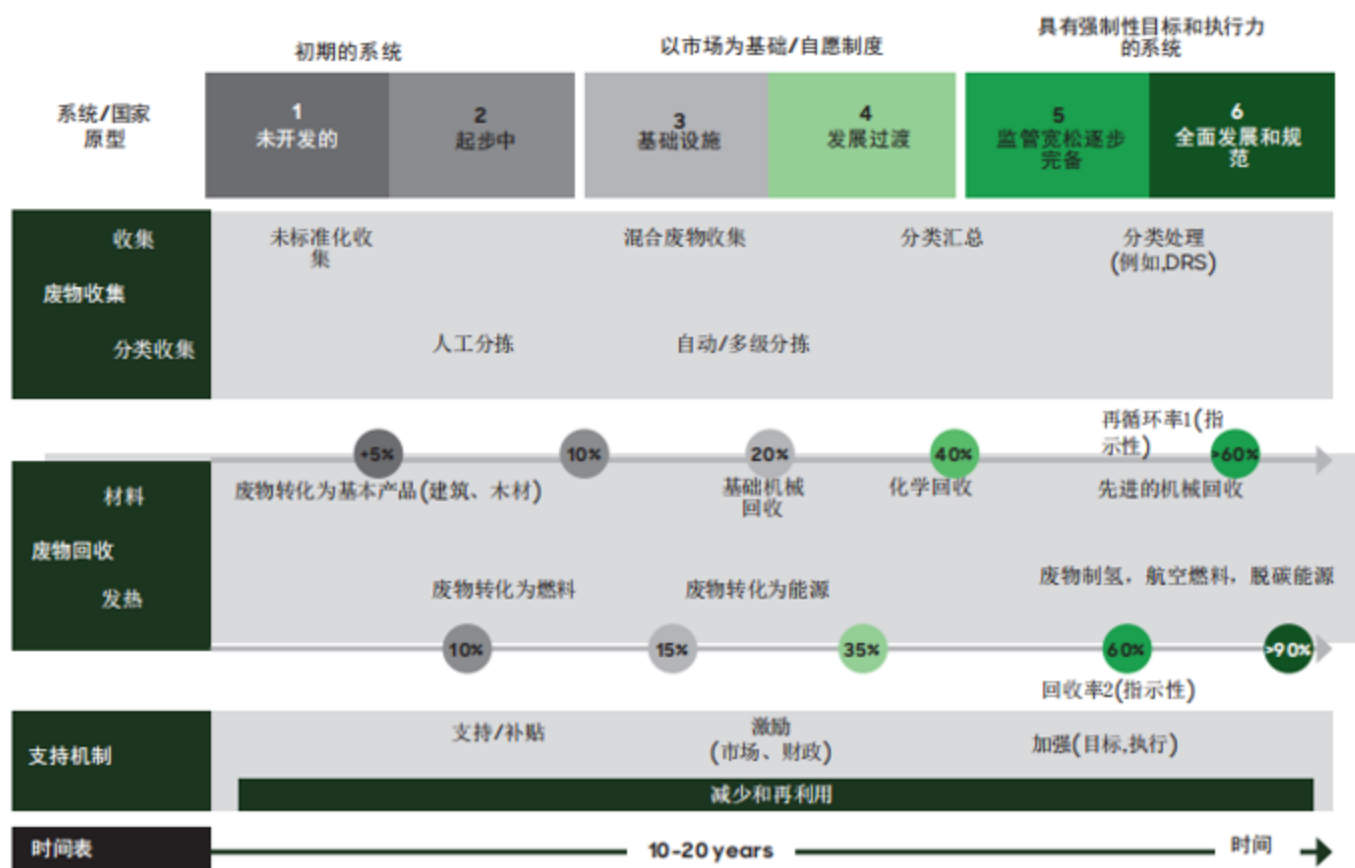
5/

摘要:政策框架是回收/回收率的关键驱动因素——根据每个废物管理系统的成熟阶段，不同的政策是最适合驱动系统演变的。其次，政策、资金、创新和生态系统发展也是系统进化的推动者。

从环境和经济的角度来看，政策机制是推动废物回收和回收的中心支柱。根据废物管理系统的成熟度阶段，在基础设施、市场功能和利益相关者意识方面，政策确实作为支持机制，以支持、激励和对废物（生态）系统施加一定的压力。从环境和功能的角度来看，全面减少塑料再利用的政策可以在所有系统原型中成功推广。

基于联盟开发的框架结束塑料废物和罗兰伯格城市固体废物管理系统的演变随着时间的推移，我们通常看到回收和回收率与基础设施发展水平的关键部分价值链（收集分类回收/回收）和政策框架。随着时间的推移，系统的典型进化需要10 -20年，而且有时只需要是线性的。

L 罗兰伯杰和联终止塑料废物 城市固体废物管理框架



1) 再循环率=物料回收率, 即再循环和废物制基产品; 2) 再循环率=材料+热回收率

资料来源罗兰贝格终止塑料废物联盟

从政策角度来看, 有几个因素对废物管理系统的演变具有结构性影响: 处置管理(在收集和填埋层面)、目标和激励(沿着价值链和所有关键利益相关者类别)以及执法监管。

除政策框架外, 我们亦订定一套额外的促进因素, 以推动废物循环再造及回收率:

- 在数据、指导方针、利益相关者激励和行为的协调以及专业知识方面发展废物生态系统。
- 资金(来自私人和公共或联合来源)在获取的便利性、资本成本和有效性方面。
- 流程自动化和数字化、材料和业务/运营模式方面的创新。

考虑到环境和经济因素，塑料废物管理的长期前景是积极的。预计未来30年将以两位数的增长率增长的市场将吸引大量投资，这可能进一步有利于创新螺旋并加速其发展。2050年全球都市固体废物市场前景假设废物管理框架支柱将在国家和超国家层面(例如区域或联合国)成功采用。这一机制框架在过去50年里在30-40个国家(欧洲、日本、韩国或加拿大)的实践中得到了应用的证据，这在一定程度上保证了这种演变将在未来30年内在全球范围内重演，从而产生预测的再循环和回收率以及相应的货币价值。

作者

Dragos Popa

Principal

+40 728 222824

dragos.popa@rolandberger.com

Dr. Darren Perrin

Director

+97156 416 2480

darren.perrin@rolandberger.com

贡献者

Mario Sanchez

Partner

+971 50 199 6428

mario.sanchez@rolandberger.com

Oliver Herweg

Partner

+49 160 7448322

oliver.herweg@rolandberger.com

Claire Pernet

Partner

+33 6 88 22 99 56

claire.pernet@rolandberger.com

Anton Draghici

Consultant

+40 728 222 820

anton.draghici@rolandberger.com

5.2024

ROLANDBERGER.COM

本出版物仅供一般指导之用。读者不应根据本出版物中提供的任何信息行事，除非得到具体的专业建议。
罗兰贝格有限公司对因使用本出版物中包含的信息而造成的任何损害概不负责。
©2024罗兰贝格有限公司版权所有。

全球专家

欧洲

Torsten Henzelmann

torsten.henzelmann@rolandberger.com
Office: Frankfurt

Lennart Lohrisch

lennart.lohrisch@rolandberger.com
Office: Munich

Amedeo Vaccani

amedeo.vaccani@org.rolandberger.com
Office: Zurich

Suejean Asato

suejean.asato@rolandberger.com
Office: Zurich

Mathieu De Kervenoael

mathieu.dekervenoael@rolandberger.com
Office: Paris

Claire Pernet

claire.pernet@rolandberger.com
Office: Paris

Bastien Simeon

bastien.simeon@rolandberger.com
Office: Paris

Darren Perrin

darren.perrin@rolandberger.com
Office: London

Hrishikesh Potey

hrishikesh.potey@rolandberger.com
Office: London

Dragos Popa

dragos.popa@rolandberger.com
Office: Bucharest

Benny Guttman

benny.guttman@rolandberger.com
Office: Gothenburg

Matthias Van Steendam

matthias.vansteendam@rolandberger.com
Office: Brussels

Juan-Luis Vilchez

juan-luis.vilchez@rolandberger.com
Office: Madrid

Andrea Bassanino

andrea.bassanino@rolandberger.com
Office: Milan

Pierluigi Troncatti

pierluigi.troncatti@rolandberger.com
Office: Milan

美洲

Dan Gabaldon

dan.gabaldon@rolandberger.com

Office: Philadelphia

Zachary Kaplan

zachary.kaplan@rolandberger.com

Office: Philadelphia

German Galvan

german.galvan@rolandberger.com

Office: Mexico

Georges Almeida

georges.almeida@rolandberger.com

Office: São Paulo

中东和非洲

Hani Tohme

hani.tohme@rolandberger.com

Office: Dubai

Mario Sanchez

mario.sanchez@rolandberger.com

Office: Riyadh

Filippo Ghizzoni

filippo.ghizzoni@rolandberger.com

Office: Abu Dhabi

Christophe Guillet

christophe.guillet@rolandberger.com

Office: Manama

Olivier Gillibert

olivier.gillibert@rolandberger.com

Office: Casablanca

亚洲

Dieter Billen

dieter.billen@rolandberger.com

Office: Kuala Lumpur

Rohit Bhatia

rohit.bhatia@rolandberger.com

Office: Singapore

Laurent Doucet

laurent.doucet@rolandberger.com

Office: Hong Kong