



# 中国零碳图景下的 再生资源利用产业机遇

2021. 6



# 作者与鸣谢

## 作者

李抒苡

吴彦君

陈济

## 其他作者

李婷

## 联系方式

李抒苡 [sli@rmi.org](mailto:sli@rmi.org)

## 版权与引用

李抒苡,吴彦君,陈济,**中国零碳图景下的再生资源利用产业机遇**, 落基山研究所, 2021

## 鸣谢

本报告作者特别感谢中国循环经济协会对本报告撰写提供的洞见观点与宝贵建议。

# 关于我们

## 关于落基山研究所

落基山研究所是一家于1982年创立的专业、独立的非盈利机构。我们致力于通过提供市场化解决方案推动全球能源系统转型，以实现 $1.5^{\circ}\text{C}$ 温升的气候目标，创造清洁、繁荣的零碳共享未来。我们在全球开展工作，与企业、政策制定者、社区和非政府机构合作，识别并规模化推广能源系统转型解决方案，旨在大幅降低温室气体排放。落基山研究所在中国北京、美国科罗拉多州巴索尔特和博尔德、纽约市、加州奥克兰及华盛顿特区设有办事处。



# 目录

**05** 前言

**06** 再生资源利用在中国零碳图景中的贡献

**09** 零碳图景下的再生资源利用市场潜力

**16** 零碳图景下的再生资源产业发展趋势

**22** 参考文献

# 前言

中国提出的碳中和目标为推动中国加速零碳能源转型提供了强劲的政策动力。基于落基山研究所2019年发布《中国2050:一个全面实现现代化国家的零碳图景》报告（以下简称零碳图景报告）的有关分析，再生资源利用将从源头减少对相关产品和服务的需求，是最有效且成本最低的脱碳手段。本文在零碳图景报告的基础上，重点分析了中国零碳图景下，再生资源利用对实现碳中和目标的贡献以及碳中和目标给再生资源利用产业带来的机遇。



# 再生资源利用在中国 零碳图景中的贡献



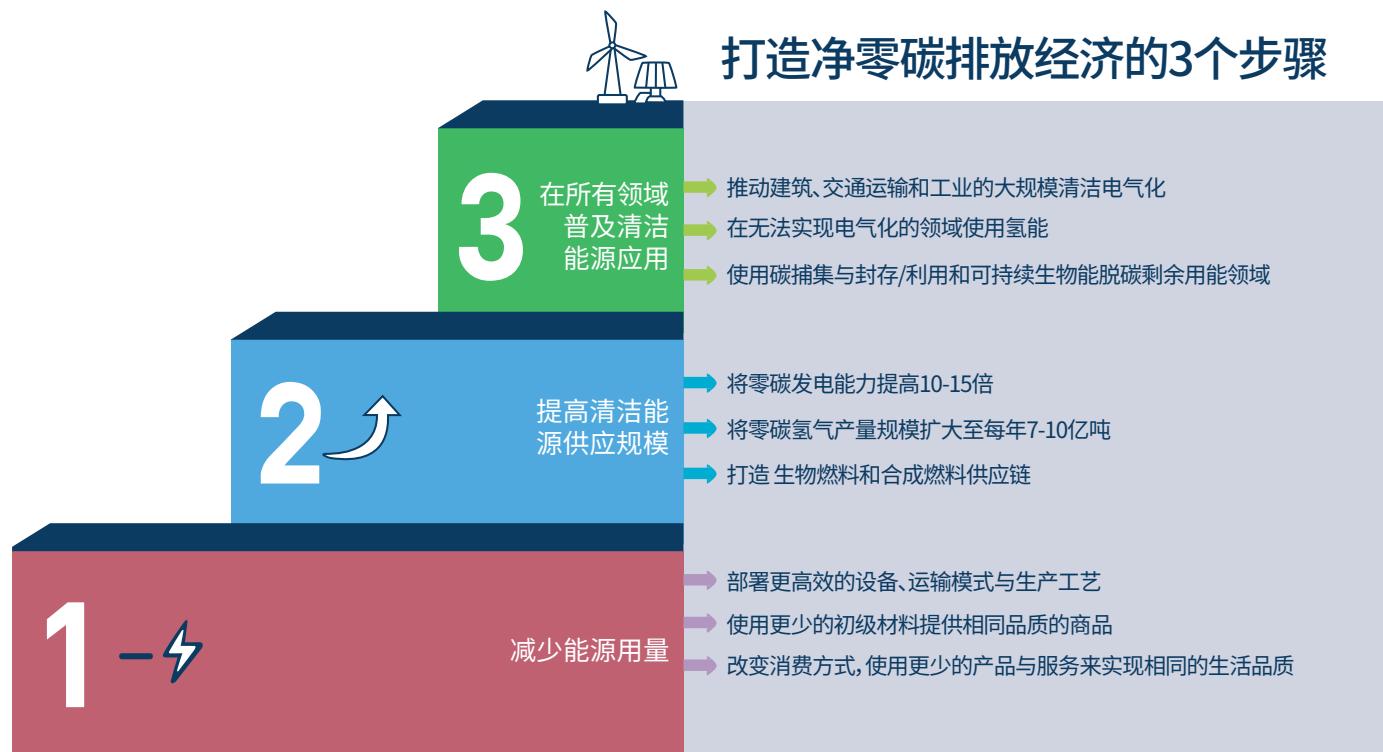
# 再生资源利用在中国零碳图景中的贡献

全球各研究机构考虑实现碳中和或零碳转型的路径已基本趋同，即在能源消费侧尽可能减少服务和产品的需求、提高生产资料效率和能效以及大规模电气化和实施清洁能源替代（如生物质和氢能），在能源供给端尽可能使用风光水等可再生能源替代化石能源发电，并部署碳捕集、封存和利用（CCUS）技术对最终无法替换的化石能源所产生的二氧化碳进行处理。可以看出，消费侧的需求减量是实现零碳转型的重要手段。能源转型委员会2020年发布报告《践行使命-打造全球零碳经济》提出的实现零碳的三步骤，更是将减少能源用量作为所有零碳措施的基础和前提。再生资源

利用正是需求减量、能源用量减少的关键抓手，为支持零碳发展提供了系统性的解决方案。

再生资源利用为支持零碳发展提供了一个系统性的解决方案，既有助于碳减排，又能创造巨大的经济和社会价值。从全球看，根据艾伦·麦克阿瑟基金会和Material Economics的研究，仅在钢铁、铝、水泥、塑料和食品五个行业进一步推广再生资源利用，到2050年的温室气体年碳排放将减少93亿吨<sup>1</sup>，相当于目前全球交通部门的碳排放量。根据我们的研究，中国相关再生资源利用产业的发展可在2020到2050年间实现400亿吨碳减排，对零碳转型贡献率超30%。

图1 打造净零碳排放经济的3个步骤

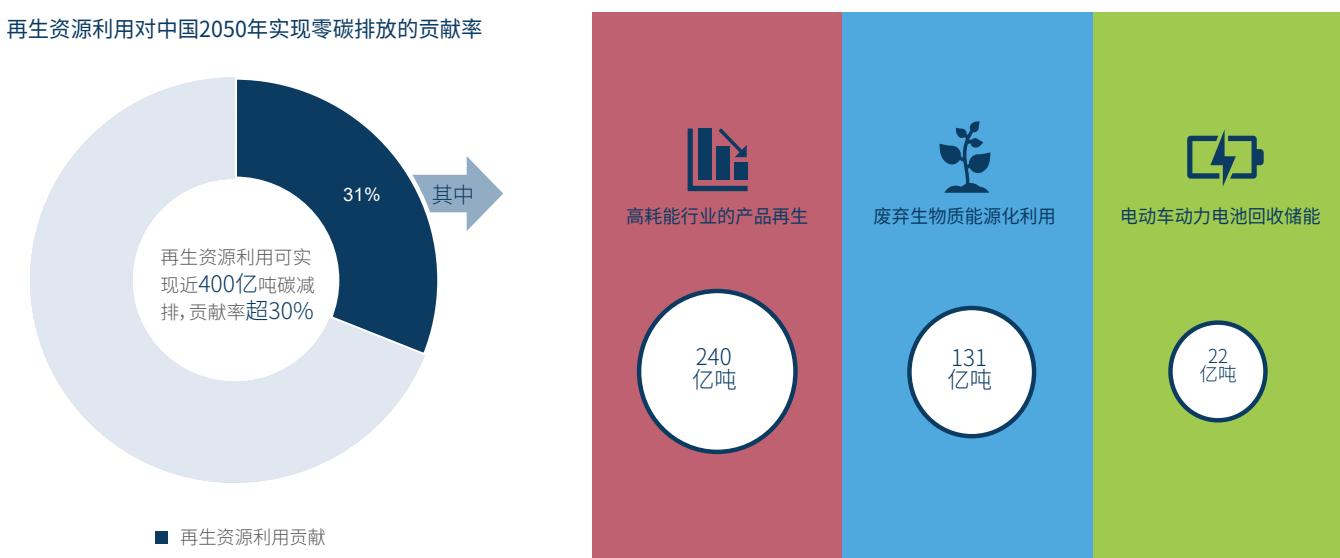


来源：能源转型委员会，《践行使命-打造全球零碳经济》

中国再生资源利用的涵盖范围广、细分领域多，我们综合考虑与上述零碳能源转型思路的相关度以及这些领域的市场潜力后，识别出高耗能行业（钢铁、水泥、铝和塑料）的产品再生、废弃生物质（秸秆、林业废弃物、生活垃圾和畜禽粪便）能源化利用以及电动车动力电池回收用于储能等三大领域开展研究。本研究测算，

若中国要在2050年实现零碳排放，那么在2020年到2050年需达成的累计减排量中，这三个资源再生利用领域可实现近400亿吨碳减排，贡献率超过30%。同时，到2050年，这三个重点领域还可形成近3万亿元的巨大市场。

图2 三大重点领域资源再生的减排贡献和市场规模



来源：落基山研究所分析

# 零碳图景下的再生资源利用市场潜力



# 零碳图景下的再生资源利用市场潜力

从全球趋势看，随着越来越多的国家设定了碳中和或零碳目标，各国对循环经济和再生资源利用市场潜力的信心不断增强。相关研究表明，以欧洲为例，仅在交通、建筑环境和食品领域实行以再生资源利用为主要特征的循环经济，到2030年的年经济效益将达到1.8万亿欧元<sup>2</sup>。总体来看，和零碳转型其他关键技术领域相比，再生资源利用整体的技术和商业成熟度较高，有

望在近期内取得较可观的投资回报。未来5年将是再生资源利用规模化和投资价值变现的井喷期，利益相关方应抓住机遇，摘取这一“低垂的果实”。

**在中国，如三大重点领域实现再生资源利用，到2050年可形成3万亿元市场。**

图3 中国零碳图景下的再生资源利用重点领域突破口及市场规模

重点领域	重点细分领域	关键突破口	2050市场规模
高耗能行业的产品再生	废钢铁回收利用	<ul style="list-style-type: none"><li>确保废钢供应、废钢回收的垂直整合，重点关注EAF钢铁生产规模持续扩大的趋势</li></ul>	7130亿元
	废水泥回收利用	<ul style="list-style-type: none"><li>关注建筑垃圾回收利用政策目标较严的地域作为混凝土回收利用市场，同时大力发展熟料回收技术</li></ul>	240亿元
	废铝回收利用	<ul style="list-style-type: none"><li>提升废铝处理为符合合金成份、性能要求的技术水平和成本经济性</li></ul>	6430亿元
	废塑料回收利用	<ul style="list-style-type: none"><li>完善废塑料收集处理系统，鼓励废塑料物理回收商业模式和化学回收技术创新</li></ul>	3340亿元
	其他（其他废有色、废纸、轮胎等）	<ul style="list-style-type: none"><li>从设计、使用、丢弃、处理、回收再用全生命周期角度出发的技术和商业模式</li></ul>	4280亿元
废弃生物质的能源化利用	秸秆和林业废弃物能源化利用	<ul style="list-style-type: none"><li>覆盖收集、加工、运输、利用的全产业链建设，推动多途径、高附加值利用</li></ul>	3430亿元
	生活垃圾回收和能源化利用	<ul style="list-style-type: none"><li>完善生活垃圾分类系统，包括收集设备、封闭式运输和末端处置等</li></ul>	1800亿元
	畜禽粪便回收和能源化利用	<ul style="list-style-type: none"><li>发挥畜禽粪便资源优势、终端渠道资源优势，提升能源化利用技术水平</li></ul>	630亿元
	动力电池回收用于电力系统储能	<ul style="list-style-type: none"><li>可大规模利用的商业模式创新、梯级和资源化利用等技术突破</li></ul>	1145亿元

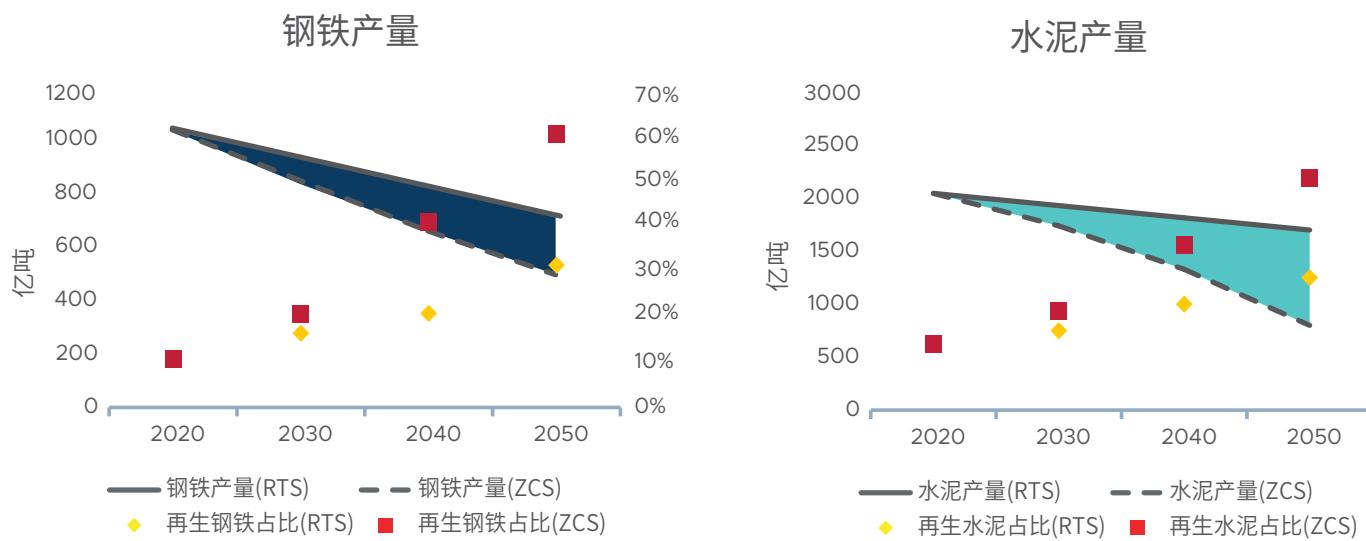
来源：落基山研究所分析

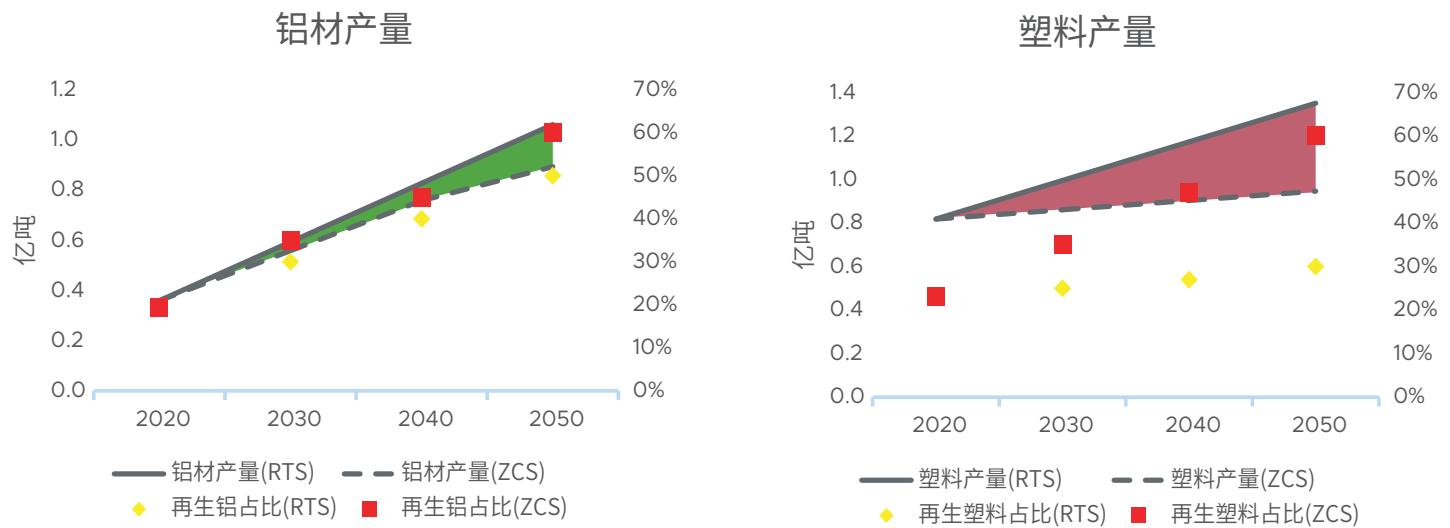
## 高耗能行业的产品再生：到2050年，钢铁、水泥、铝和塑料行业的产品需求减量幅度可达16%~53%，且再生产品占总产量比例可高达60%，碳减排潜力达230亿吨。

钢铁、水泥、铝和塑料等工业原材料的生产过程会产生大量能源消耗和碳排放，实现零碳或大规模脱碳的难度大。目前行业普遍认可的实现上述高耗能产业脱碳手段包括加强资源再生实现需求和生产物料减量化、进一步提高能效、提高电气化水平、氢能和生物质等清洁能源替代、部署碳捕集、封存和利用(CCUS)等脱碳技术。与其他脱碳手段相比，加强资源再生利用明显具有技术成熟度高、投资回报大、现有资产利用性强等优势。上述行业主要可挖掘以下两个方面的资源再生潜力：一是减少对原材料或初级产品的需求，主要手段包括(1)在设计和消费环节减少浪费而降低单位产品的原材料需求，和(2)通过共享的商业模式和增加产品使用寿命来降低获得单位服务所需的产品量；二是减少单位原材料或初级产品的碳排放，主要手段为提升回收材料生产替代初级产品的占比。

在RMI的2050零碳情景下，钢铁、水泥、铝和塑料行业的产品需求减量幅度可达16%~53%，且产品的回收再用潜力将得到充分释放。钢铁领域，年产量将由目前的约10亿吨下降到2050年的4.75亿吨，以废钢铁为原料的短流程钢占钢铁总产量的比例将从目前的仅10%左右上升到60%<sup>3</sup>，达到目前发达国家的水平。这意味着初级钢的年产量将从目前的9亿吨下降到2050年的1.9亿吨，与参考情景比贡献100亿吨减排量（2020年到2050年累计值，以下同）；水泥方面，年产量将从目前约24亿吨下降到2050年的8亿吨，且再生水泥将占到总水泥产量的35%，与参考情景比贡献75亿吨减排量。回收的水泥一方面可以用作再生混凝土、路基材料、回填材料等，其成本和使用新水泥相比具有一定优势；另一方面，随着技术进步，可从建筑垃圾中回收未熟化的水泥进行再用；在铝材方面，尽管中国铝材年产量将从目前3600万吨上升到约8900万吨，但再生铝占比将从16%增长到2050年的60%，与参考情景比贡献24亿吨减排量；对于塑料而言，年产量将从目前的8200万吨小幅上涨到9500万吨，但再生塑料占比将从目前的23%左右上升到2050年的60%，与参考情景比贡献30亿吨减排量。

图4 钢铁、水泥、铝和塑料行业的产量趋势和回收潜力





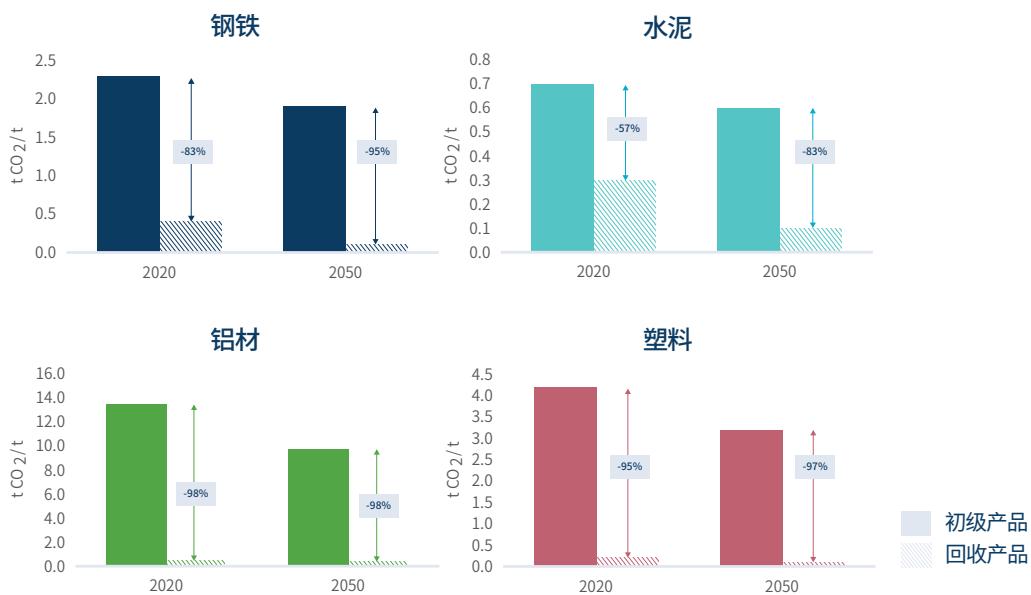
注：参考情景（RTS）下，技术进步、经济发展和人口增长趋势保持不变，产品产量主要由经济结构和生活水平决定，无显著的需求减量措施和回收水平提升；零碳情景（ZCS）下，中国在2050年实现零碳排放，有较显著的需求减量措施和回收水平提升。图中数据为粗略测算。

来源：落基山研究所分析

相较初级产品生产而言，充分利用再生资源的生产路径中，再生产品的碳排放强度比传统路径生产的初级产品低至少60%<sup>4</sup>。通过需求减量和充分释放回收再用

潜力，这些高耗能行业可在2050年前实现高达230亿吨碳减排。2050年，高耗能行业的产品再生能够将零碳情景下的碳排放较参考情景降低50%以上。

图5 钢铁、水泥、铝和塑料初级产品和再生产品的碳排放强度对比

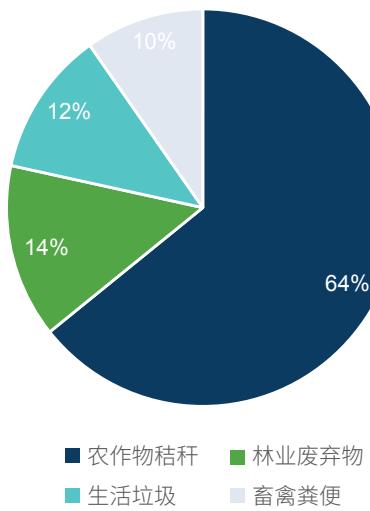


来源：Material Economics, The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation (2018)

**废弃生物质能源化利用：农作物秸秆、林业废弃物、生活垃圾和畜禽粪便的能源化利用潜力高达至少3.7亿吨标煤/年，将在2050年前贡献130亿吨的碳减排，2050年市场规模接近6000亿元。**

图6 中国废弃生物质能源化利用潜力

100% = 3.7亿吨标煤



来源：落基山研究所分析

废弃生物质可以有多种综合利用途径，包括以材料、物料的形式被利用，以及以能源的形式被利用等，具有多种可能的再生利用场景。本研究仅以能源化利用为例，对中国废弃生物质的再利用潜力进行大致估算。中国的废弃生物质能源化利用主要是指对农作物秸秆、林业废弃物、生活垃圾和畜禽粪便的能源化利用：

- 中国秸秆的能源化利用主要集中于“四化一电”，即固化、炭化、气化、液化和发电，既能解决秸秆随意丢弃产生的环境污染问题，又能提供清洁能源，是秸秆综合利用的重要途径之一。目前，全国主要农作物秸秆产生量8.05亿吨，可收集量6.74亿吨，利用量5.85亿吨，能源化利用率占比8.3%。<sup>5</sup>在RMI的零碳情景下，通过完善相关管理机制、加速技术研究和对产业化、规模化、集约化发展的推动，中国秸秆能源利用规模有望达到2.4亿吨标煤。除此外，秸秆还能进行肥料化、饲料化、原料化、基料化等利用，同样具有广阔的市场潜力。

- 目前，中国每年森林采伐、木材加工等林业废弃物约1.4亿吨，林木修枝等产生的林业废弃物1亿吨，按利用率50%算，能源化利用后相当于4200万吨标煤。<sup>6</sup>

在RMI的零碳情景下，通过一体化等手段提高收集和利用率，保障充足的林业废弃物供应，中国林业废弃物能源利用规模有望超过5000万吨标煤。

- 生活垃圾方面，2018年中国城市生活垃圾清运量达到了2.28亿吨，<sup>7</sup>以垃圾焚烧发电处理为主。随着发电规模的进一步持续扩大，RMI的2050零碳情景分析认为生活垃圾的能源利用规模将超过4300万吨标准煤。市场规模达到1800亿元，其中运营市场占60%，设备等投资占40%。

- 畜禽粪便方面，较有前景的发展模式为以大规模养殖场沼气工程为主体，对畜禽粪便进行厌氧发酵，所生产的沼气用于燃烧发电。目前中国畜禽粪污资源化率仍不足60%，<sup>8</sup>但畜禽养殖业的规模化发展将为集中处理畜禽粪便提供便利。

本研究测算，到2050年，上述四种废弃生物质能源化利用潜力至少高达3.7亿吨标煤/年，市场规模达到6000亿元，累计碳减排量超过130亿吨。

## 电动汽车电池回收用于储能：电动汽车动力电池回收市场将持续扩张，到2050年回收动力电池将成为电力系统储能主力之一，市场规模可达至少1145亿元。

电动汽车的废旧动力电池回收利用一般分为梯次利用和拆解利用两种形式。梯次利用即由于电池容量降低使其在电动车中无法正常发挥作用，但电池没有报废，仍可用于电力系统储能等其他应用。拆解利用则是将电池进行资源化处理，回收有利用价值的再生资源，如钴、锂等金属。在零碳能源转型中，废旧动力电池的回收再用能为电力系统储能提供相当大的储能容量。落基山研究所预测，考虑到部分废旧电池将直接进行拆解回收或用于其他用途，若有50%用于电力系统储能，到2050年，废旧电池回收用于电力系统储能的理论潜力将接近590GWh，相当于在电力系统储能总容量的37%。如果这部分潜力被充分利用，将为电力系统提供更多的灵活性资源，为更多煤电退役创造条件，从而为电力部门脱碳提供支撑。按照此逻辑测算，通过回收废旧动力电池用于电力系统储能产生的煤电替代所带来的碳减排，在2020年到2050年间累计将达到8亿吨，且2050年市场规模可达至少1145亿元。



# 零碳图景下的再生资源产业发展趋势



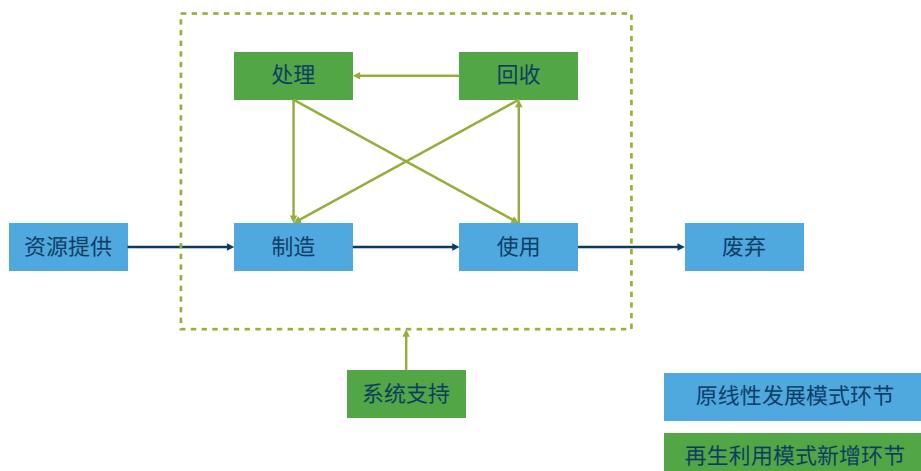
# 零碳图景下的再生资源产业发展趋势

再生资源利用的功能是改变传统的线性发展模式，形成资源利用的闭环。传统的线性发展模式涉及的各环节包括资源提供、制造、使用和最后的废弃。而再生资源利用的模式除了上述环节之外，还包括回收、处理和再用等。相应地，组成和参与各环节的利益相关方除了线性发展模式中的资源提供者、制造者、使用者外，还包括了两个类型的相关方：1) 包括回收者、处理器、再用者在内的解决方案提供者、2) 促进整个循环链条更有效发展的系统支持者（见图7）。

再生资源利用在重点产业的引入，不仅将有助于实现中国的零碳图景，还将促进产业形态的升级，在供给、消费、辅助服务等多个环节创造新的市场，产生巨大的

商业价值。在零碳图景下，资源再生利用相关市场的开启将为不同的参与方带来相应的机遇，这些机遇既来自新环节的产生，也来自新业态下的各环节间的互动。产业发展不再仅仅是单一的“资源提供-制造-使用-废弃”线性发展模式，而是通过新增的循环链条，形成一个全新的网状业务生态，我们将看到各行业产业链形态的发展呈现多元化、互联化和透明化的特点，使得身处新生态中的商品制造者、解决方案提供者和系统支持者有机会找到相比线性发展模式的新增市场，实现业务增长和影响力提升的双赢。本章节将分析各细分领域的产业形态潜在的发展趋势，以及各利益相关方的作用机制和相应的机遇。

图7 再生资源利用模式中的各环节和相关方



来源：落基山研究所分析

# 废钢回收利用：

**未来，中国废钢资源量充足，将助推废钢回收产业链规模化、规范化发展。**2020年中国废钢量超过2.2亿吨/年，2020年后，随着国内废钢供应量的增长，国内废钢供应将基本满足国内转炉和电炉厂的需求，2030年超过3.05亿吨/年。<sup>9</sup>从废钢来源看，随着中国进入工业化后期，城市建设的钢材资源大量积累。同时，汽车和家电耐用品等迎来淘汰期带来了充足的社会废钢资源。尽管自产废钢量减少，但废钢资源总量仍在不断增加。此外，可预见的废钢进口限制放开也将提供一部分的废钢资源。与此同时，国内钢铁自给率的压力也为加速废钢回收利用赋能。由于国内铁矿开采成本较高、品位较低，国内铁矿供给无法大幅释放增量，难以成为提升铁金属自给率的重要支撑点。

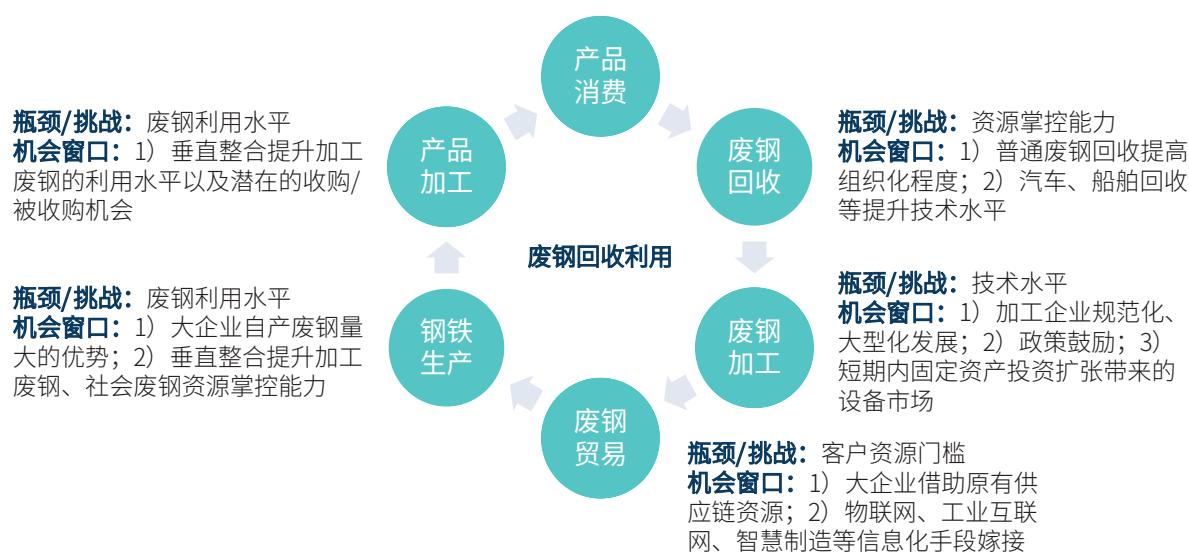
《关于推动钢铁工业高质量发展的指导意见》（征求意见稿）也提出了2025年国内铁金属自给率达到45%的目标。随着废钢资源加快释放和铁金属自给率提升要求的明确，各路资本已加快对废钢产业的布局，尤其是集中在上游拆解回收和中游加工环节。在这一趋势下，大钢企要发挥垂直整合优势，通过掌握和配置废钢资

源渠道，减少对铁矿石的依赖。而对于废钢回收企业来说，突破口在于专业度和规范度的提升，同时也可关注和大钢企进行整合的机会。

## 随着钢铁行业电炉钢生产比例提升，以废钢为原料的分布式生产模式出现并逐渐发展。

与长流程炼钢的大规模发展模式不同，以废钢为原料的短流程钢铁生产会带来新的分布式生产商业模式。这种模式具有经济性高、规模灵活、选址多样等优势。在这一新商业模式下，投资和运营成本可根据产能和产量需求灵活调整，方便紧邻原料或市场的分布式生产模式的培育。利用废钢的电炉生产在东南沿海等废钢资源较丰富的地区将更为常见。长期来看，随着未来中国钢铁产量预期的下降，如果基于废钢的短流程生产更有成本经济性，国内还可能出现钢铁产能转移。同时，内陆电炉钢生产可充分利用分布广泛的废钢，并就近生产成品钢。

图8 废钢回收利用产业链各环节挑战和机会窗口



来源：落基山研究所分析

## 水泥回收利用：

### 由于水泥生产和运输的本地化特点，未来水泥回收再生市场将具有明显的地区属性。

本地化特点意味着相关的机遇主要来自以下两个方面。首先，具有示范意义和引领作用的区域性政策目标会对本地市场的率先崛起起到较大的推动作用。对于有明确而强力的政策支持的地方，市场潜力更容易被开发。全国目前已有35个建筑垃圾治理试点城市，部分省市已提出较高的建筑垃圾回收利用目标。相关政策目标的明确，将推动形成建筑垃圾的早期市场，为有限的投融资资源优化配置提供参考。第二，由于以水泥为代表的建筑垃圾的产生和回收过程没有地区差异，区域性的资源回收利用模式的可复制性较高，可较容易地借鉴一个试点的经验，推广更多试点。短期来看，回收利用链条的形成需要政策支持和试点项目的探索，形成可行的模式；长期来看，以水泥为代表的建筑垃圾回收将逐步形成成熟产业。

## 废铝回收利用：

### 由于再生铝具有较好的经济性和环境友好性，市场扩张趋势明显。

铝金属有较强的抗腐蚀性，可以多次循环利用，可回收能力强，因此使用回收的废铝生产铝合金比用原铝生产具有显著的经济优势。在环境友好性方面，与生产等量原铝相比，再生铝能耗仅为前者的3%~5%，每生产1吨再生铝，可节约3.4吨标准煤，14吨水，减少固体废弃物排放20吨。<sup>10</sup>此外，目前交通领域已经是再生铝的最大市场，在汽车轻量化的趋势下，再生铝的需求还有望被进一步拉动。

目前，铝的回收和再利用已相对实现规模化和规范化，但回收环节还有待进一步提高效率，有望出现新的业态整合模式。在十三五期间，铝的回收利用水平进步较快，已形成集团性的再生铝企业，如新格集团、立中集团、顺国集团等。同时，已有相应的行业规范创造良好的市场发展环境。然而，由于再生铝需求量大且增长迅速，在再生铝回收环节，即便正在快速整合，但由于回收环节仍相对分散和低效，还无法满足加工利用企业的需求。在此趋势下，有望形成有序的、大规模的再生

铝供给体系。其中一大机遇在于产业链中新环节的出现，例如，集中式、区域性的废铝回收和配送中心的出现，取代零散的回收点；另一机遇在于上下游产业链的整合和交易环节的精简。例如，铝生产企业整合废铝回收和处理环节，直接利用废铝原料；又如，电子产品企业、汽车企业等下游铝需求方直接对接再生铝企业，形成原料供应的闭环。

## 塑料回收利用：

对于塑料而言，回收再利用潜力的充分释放将大大降低塑料生产对初级原料的需求。到2050年，我国再生塑料占总产量的比例将达到60%，而目前的水平仅为23%左右。同时，塑料的应用涵盖了大量面向消费者的行业，回收再利用将促进更多创新和创意产业的商业化，既成为企业在可持续发展主题下的竞争优势，也成为推动循环经济发展的力量。

### 随着中国居民生活水平的提高，塑料需求量将继续保持总体增长趋势，未来塑料回收产业的资源供应充足，但需要完善的回收链条和不断提升的技术水平来撬动市场。

目前，中国的年人均塑料消费量在45kg左右<sup>11</sup>，是主要发达国家的一半左右。随着生活水平的持续提升，塑料需求量还将继续上涨，塑料回收产业市场规模可观。塑料回收利用潜力的释放主要来自于两方面，即由回收体系完善带动的物理回收水平提升，和由技术进步驱动的化学回收市场的扩张。目前，中国的塑料回收基本是工艺较简单的物理回收，存在产品降级等短板，无法产出附加值较高的塑料产品，而化学回收将成为塑料回收中更大的利润池。我们预计，2030年将是塑料物理回收潜力充分释放、化学回收市场开始快速增长的节点。从技术趋势看，能将废塑料回归到分子层级进行重新组织从而拓宽产品类型的化学回收会是未来的一大重点。

**新一代消费者的可持续意识崛起，追求绿色产品和包装的意愿不断加强，将推动各大消费品公司开展减少塑料的使用、使用回收塑料和开展塑料回收行动。**根据凯度咨询的调研结果，93%的中国消费者认为厂商或品牌在减少白色垃圾上做得不够，而减量、替代以及重复利用塑料是他们认为厂商应该采取的重要措施。在这一趋势下，各厂商或品牌也已在产品研发、生产、营销和销售环节展开布局。例如，联合利华在近几年推出的全新品牌花漾星球，产品瓶身采用100%PCR再生塑料包装；科颜氏从2018年就开始推出空瓶回收计划，鼓励消费者将空瓶带到柜台进行回收，换取积分兑换礼品，为消费者参与空瓶回收提供持续激励；可口可乐公司不仅通过净滩公益活动聚集消费者参与废品回收，还通过与好瓶的合作，推出再生塑料制成的环保潮品，包括13个回收塑料瓶再生而来的“在乎衣”和24个塑料瓶再生而成的“24包”，其中24包每卖出24个还能为灾区多捐赠一顶救灾帐篷。这些来自于企业的行动，不仅让塑料回收成为现象，也通过多元的创意丰富了可持续和低碳生活的内涵，有助于促进消费者意识的不断强化，促进循环经济理念在大众和行业中的普及。

**同时，塑料回收利用产业的发展将催生新的商业服务形态，其动因包括新价值链环节的产生，以及新的互动关系的形成和加强。**塑料生产的下游企业，即消费品公司，通过对塑料回收和再生塑料使用方面日益增长的激励机制，催生了新的服务型企业。例如好瓶，专注于用塑料瓶再生出各类产品的方案解决，结合了塑料回收、设计、生产等环节。又例如，泰瑞环保公司着重回收过程，提供线下回收方案的设计、协调和执行，通过科颜氏、高露洁、欧舒丹、爱茉莉等公司的案例积累，逐渐形成在中国进行塑料回收的专业性。同时，在新的价值链中，互动关系的形成和加强也将为数字化技术的应用创造了新的市场需求，实现塑料回收的信息溯源、资源整合和行动调度。

## 废弃生物质的能源化利用：

从短期看，目前中国废弃生物质能源化的挑战在于这些生物质资源的收集难度和较高的成本，其主要原因是规模较小且较为分散的生物质来源。在未来，随着城市化进程的推进和社会经济结构的变化，潜在的土地集约化生产和农林牧场等的大规模承包模式，将显著提升废弃生物质资源的回收效率，成本也将大大降低。

**针对回收过程，未来机械化农林业的普及将推动回收利用一体化流程的打通。**在此趋势下，未来废弃生物质的大规模回收和利用可能会具有地域特点，即更可能存在大规模、集约化农业和牧业的地区可率先布局，充分利用废弃生物质资源丰富以及机械化应用空间大的优势。

**针对使用过程，废弃生物质再利用将会更偏重于高附加值应用。**在能源化利用方面，相应的机遇包括成型燃料、液体燃料、气体燃料生产等。其中，能有力推动规模化的技术重点将集中在两方面，一是新型燃料技术突破，包括农林牧废弃物制航空煤油、生物柴油和乙醇等；二是规模化工程建设，如生物天然气工程、大中型沼气工程以及大型生物质锅炉低氮燃烧关键技术等。

# 电动汽车动力电池回收：

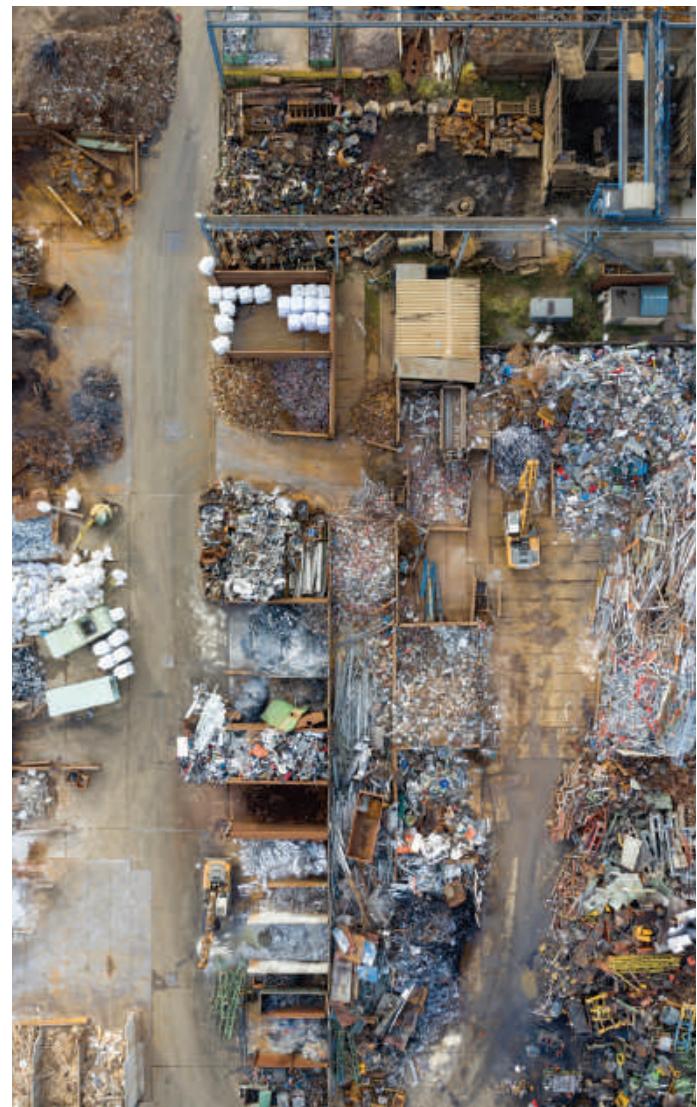
动力电池回收用于储能虽然市场前景广阔，但技术和市场仍处在萌芽期。该产业持续健康发展的两大着力点是持续的技术突破和进一步的市场规范。相应的产业形态发展机遇也将和这两方面息息相关。

## 在政策层面，推动行业标准化进程的政策规范将为市场的构建创造有利环境。例如，

2020年1月，在国家层面发布《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件（2019年本）》和《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范公告管理暂行办法（2019年本）》，推动了溯源信息系统和废旧电池综合利用数据库的建立，这将提高不同种类、不同状态的电池信息的透明度。政策层面的规范对于处于早期萌芽阶段的动力电池回收产业来说，具有重要意义。

**在技术层面，关键技术突破点在于电池梯次利用中的电池一致性问题，相应的机遇是系统化解决方案的探索。**电池的一致性（即电池包内全部电芯全生命周期内全部特性参数的一致）是梯次利用项目顺利运行的关键。由于电池出厂时的性能设置不同，且使用时的充电方法、温度场均匀性、自放电差异等多重因素也存在差异，电动车动力电池在退役时电池容量分布极不均匀，跨度从初始容量的50%到80%不等，这将大幅增加后期的运维成本，也存在一定安全隐患。要解决这一问题，在动力电池性能衰减机理和电池健康状态评价等方面的工作尤为重要。

**在整个产业链层面，相应机遇在于打通上下游各环节的资源整合和布局。**在废旧动力电池回收领域，尚未出现优势明显的龙头企业。要挖掘规模化发展潜力，可留意产业链中不同企业整合的机会，例如梯级利用与拆解利用企业，电池生产企业与电池回收企业、再生利用企业与资源材料企业等。此外，还可以和第三方商业化服务平台和技术评估体系进行整合，探索多方合作共赢的模式。对于车企而言，由于下游需求充足，对于动力电池回收的布局，可帮助打开新的业务，利用电动车销售和服务网络优势，创造新的增长点。



# 产业机遇纵览：

总体而言，再生资源利用及其相关产业链条上的机遇，可来自基于既有价值链环节的创新空间开拓、全新环节的形成以及不同环节间的新的互动关系。相关机构可参考以下三个主要特征，把握未来的趋势，进一步探索相应的机遇。

**既有价值链环节的创新空间开拓：商品制造型企业为顺应国际和国内经济政策和市场趋势和应对竞争，在资源开采、产品生产和销售环节上进行创新。**在面向企业 (B2B) 的行业中，使用可循环的材料意味着降低对有限资源的依赖，这一举措能够增强企业的抗风险能力，给予企业应对政策法规先人一步的适应能力，并在部分情况下提供了降低成本的可能性。在面向消费者 (B2C) 的行业中，随着新生代消费群体的公民意识崛起以及社交媒体在人们生活中的大规模渗透，消费行为已不仅仅是交易行为，还是实现个人价值和展现自我人设的重要渠道。购买和使用可循环的产品或循环材料制成的产品，被看作是践行社会责任的行动，也是符合时尚潮流的生活方式。这股消费力量将促使以消费品公司为代表的企业将“循环经济”理念融入最源头的产品设计、选取可回收材料的上游供应商、优化生产流程的设计和运营、并通过营销和销售端的创意落地强化企业责任形象，以保持企业在新的竞争环境下拥有长期可持续增长的优势。不论是在面向企业还是面向消费者的行业，商品制造者参与循环经济生态的动机和战略选择各自不同，但循环经济理念本身的引入将激发创新，诞生商品设计、制造和销售等既有环节中的新机遇。

**全新环节的形成：要实现行业生态从线性模式到循环模式的转型，新的产业链环节必将形成，产生新的利润池，并成为原有产业链环节之间的桥梁。**这一方面提升了协同效率，长期能够降低整个价值网络的成本；另一方面通过要素之间的互动和组合，能够创造出新的市场需求。具体来看，有四种主要的新环节，包括重复利用、维修业务、物理回收和化学回收。与此相关的新业态可产生于

四种主要新环节中，可能是新业态中的利益主体往往是解决方案的提供者，例如泰瑞环保、LOOP等为制造型企业提供材料回收再生解决方案，也可能是面向消费者的二手商品或商品维修护理企业或平台，例如闲鱼等。这些商业形态完全不同于传统的生产和交易模式，将通过构建更深入和高频的产业环节互联，带来全新的增量市场。

**不同环节间新的互动关系：在以循环模式为特征的价值链中，各个环节之间的联系和互动本身也将诞生新的商业机遇。**而这一生态的搭建借力于信息的公开透明，以保证在一个更加复杂的生态中，所有环节之间的连接能够建立且有效运转。经历了新冠疫情之后，信息透明度被广泛讨论，在公共事务和商业环境下均得到了有效关注，同时数字化技术作为一种商业赋能手段，在企业管理中的应用也逐步推广。引入循环模式的产业生态，涉及到众多不同要素的组合、协同、追踪和评估，对整个价值网络的信息公开透明和支持性机制的完善具有很高的要求。在这一趋势下，政府平台将扮演强有力调度者角色，而数字化解决方案提供者和有关技术供应商将有机会进入这一新的市场，拓展B2C/B2B/B2G多元的业务形态，成为产业生态发展的赋能者，并实现自身的业务增长。

然而，再生资源利用很大程度上是经济行为，受市场空间及相关政策限制较大，不同品类废物、不同再生产品的市场空间存在较大差异，且在日益复杂的国内外形势变化条件下也存在一定不确定性。如果再产品本身属于过剩产能、落后产能，则预期的效益也不会产生，反而可能适得其反。在探索再生资源利用相关市场机遇的同时，也要注意到相关不确定性。

# 参考文献

1. Ellen MacArthur Foundation, Material Economics, Completing the Picture: how the circular economy tackles climate change (2019)
2. Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey & Co., Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe (2015)
3. 能源转型委员会、落基山研究所, 中国2050: 一个全面实现现代化国家的零碳图景 (2019)
4. Material Economics, The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation (2018)
5. 第二次全国污染源普查统计
6. 国家林业和草原局政府网
7. 《中国城市建设统计年鉴》
8. 农业部数据
9. 世界钢铁协会数据
10. 华宝证券, 再生铝行业研究专题报告 (2021)
11. IEA, The Future of Petrochemicals (2018)

李抒苡，吴彦君，陈济，中国零碳图景下的再生资源利用产业机遇，2021



除特别标注, 图片均来自istock和freepik .



北京市朝阳区景华南街5号远洋光华国际C座16层  
06、07、08A单元

[www.rmi.org](http://www.rmi.org)

© June 2021 RMI. 版权所有。Rocky  
Mountain Institute® 和RMI® 都是注册商标