
快递包装未来10年 碳达峰之路 怎么走 ？

2021-2030
Study Report

中国石油化工股份有限公司化工事业部
中国石化化工销售有限公司
中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院
同济大学生态文明与循环经济研究所
浙江省长三角循环经济技术研究院

中国快递业
绿色包装碳减排潜力
研究报告

目录

目

录

目

录

目

录

目

录

目

01

Page 01

引言

02

Page 03

2020 年快递包装材料消耗特征

- 2.1 快递包装特征调研分析
- 2.2 快递规模分析
- 2.3 快递包装消耗分析

03

Page 09

快递包装全生命周期碳排分析

- 3.1 目标和功能单元
- 3.2 系统边界
- 3.3 清单和数据来源
- 3.4 快递包装全生命周期碳排放分析

04

Page 17

循环快递包装问题与对策

- 4.1 背景介绍与情景假设
- 4.2 情景假设与数据来源
- 4.3 结果

CONTENTS

Page 25

05

快递循环包装问题及对策

5.1 快递循环包装大规模推广的难点痛点

5.2 主要观点及建议

Page 31

06

快递塑料包装末端循环方案：

化学再生实现塑料全生命周期闭路循环

附件

S1：包装废弃物流向比例

S2：快递包装材料全生命期碳排因子

参考文献

编委

目录

引言

01



”

中国网络购物的发展直接导致了快递业务规模不断扩大。尤其 COVID-19 疫情发生以后，中国快递业务增长更为迅速，2021 年我国快递量达到 1083 亿件，人均快件从 2000 年的 0.01 件增长到 2021 年的 76.71 件。快递量迅猛增长带来了大量的包装废弃物，特别是塑料类包装废弃物，引发社会各界广泛关注。

由于塑料类快递包装废弃物回收困难、再生成本高、再生利润低，造成当前我国快递包装废塑料约 99%（质量比）混入生活垃圾，不仅加大了环境承载压力，也造成了资源浪费。绝大多数快递塑料包装都是由不可降解的 PE 或 PP 组成，类型除塑料袋之外，还包括塑料胶带、发泡箱、编织袋以及塑料填充物。

循环包装和可降解包装是解决一次性塑料包装袋问题的潜力方式，目前我国快递企业已逐步聚焦绿色循环包装，但其应用和全国快递总量相比，还远没有达到规模化效应。

快递业发展与经济发展息息相关，在长三角、珠三角和京津冀等地区发展较快，在西部地区发展相对缓慢。我国亟需合理客观地建立一套科学和标准化的核算体系与方法，核算出快递包装材料的消耗规模及其碳排放量，通过区域性的对比统计研究，有针对性地提出快递塑料包装绿色化治理建议。

基于上述背景，本报告首先以 2020 年为例分析了省级尺度快递包装材料的消耗量，分析了 2020 年快递包装全生命期的温室气体排放环境影响，然后测算了 2021-2035 年中国快递业的循环塑料包装和可降解塑料包装的消耗潜力，探讨了上述快递绿色包装推广应用过程中可能遇到障碍，最后基于塑料化学法循环提出了快递包装塑料的潜在治理方案和相关政策建议。

“

2020 年 快递包装材料 消耗特征

02

2.1 快递规模分析

2020 年全国快递服务企业业务量为 833.6 亿件。排名前五的广东、浙江、江苏、山东和河北这五个省（市 / 自治区）快递规模合计达到 548.6 亿件，其快递业务量合计占全部快递业务量比重的 65.8%。全国人均快递使用量最高的四个省（市 / 自治区）分别为浙江、广东、上海和北京，其中浙江以人均 278 件居全国之首，其次为广东，人均 175 件。

快递主要以异地快递为主，2020 年共有异地快递 693.6 亿件，占全国快递总量的 83.2%。快递业务主要发生在东部地区，我国东部地区快递业务量合计占全国总量的 79.4%。

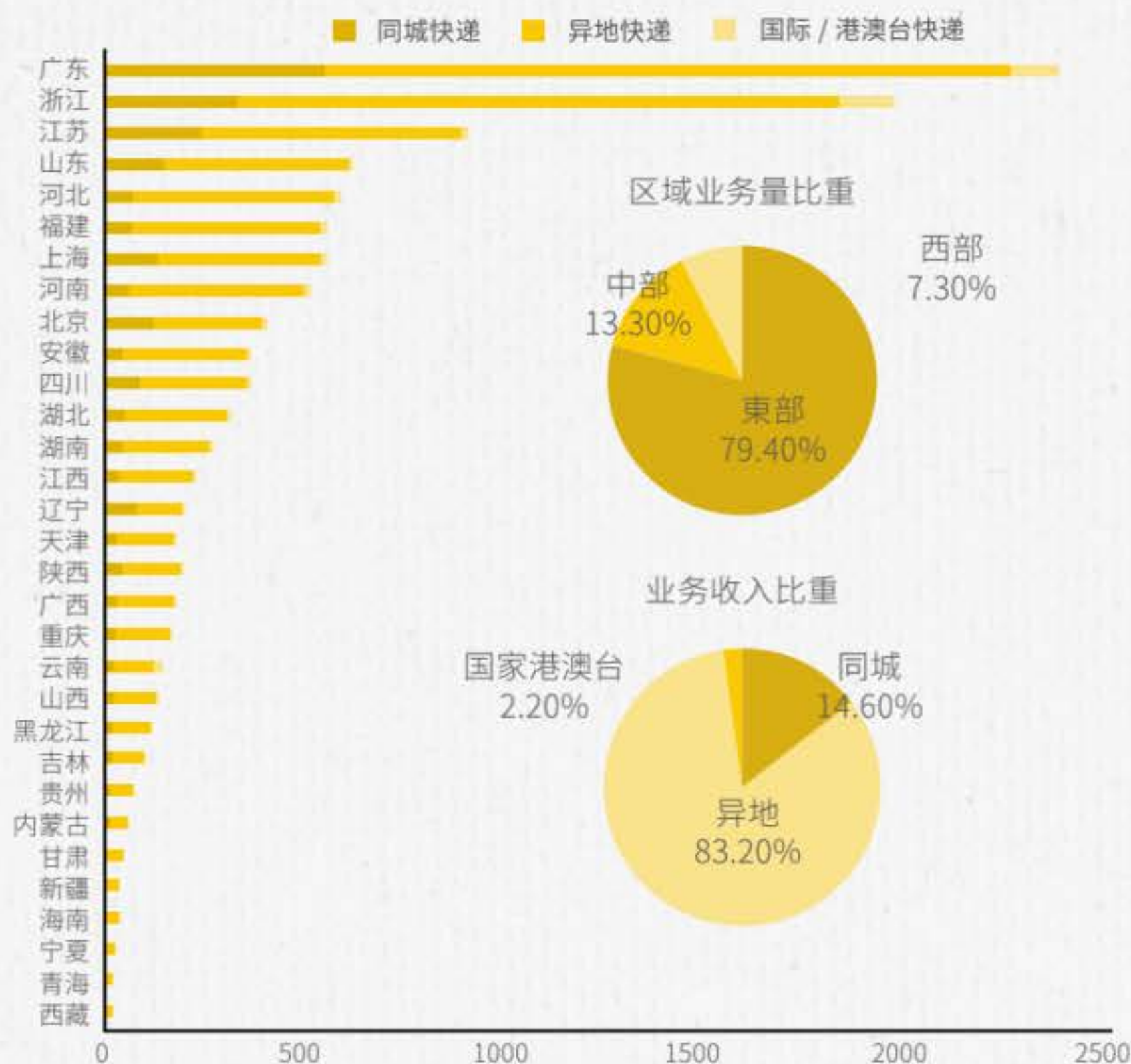


图 1 2020 年快递服务业务统计
(注：数据来源于国家及省（市 / 自治区）邮政管理系统统计数据)

2.2 快递包装特征调研分析

快递包装材料基于材质可分为纸类包装和塑料类包装，其中瓦楞纸箱和一次性塑料袋是最主要的快递包装类型。如图 1 所示。快递塑料类包装主要包括一次性塑料袋、编织袋、珠光袋和泡沫箱，其中一次性塑料袋是最主要的软包装类型（30.4%）。塑料包装材料的类型包括聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）等。一次性塑料袋的塑料材质为 PE，其中新料制作的塑料袋市场占比只有 1.49%（多为纯色塑料袋），新料和循环再生料参照一定比例复合生产的杂色塑料袋（多为粉色、浅绿色）和完全用循环再生料生产的深色塑料袋（多为褐色、黑色和深蓝色等）市场占比分为 25.5% 和 72.91%。

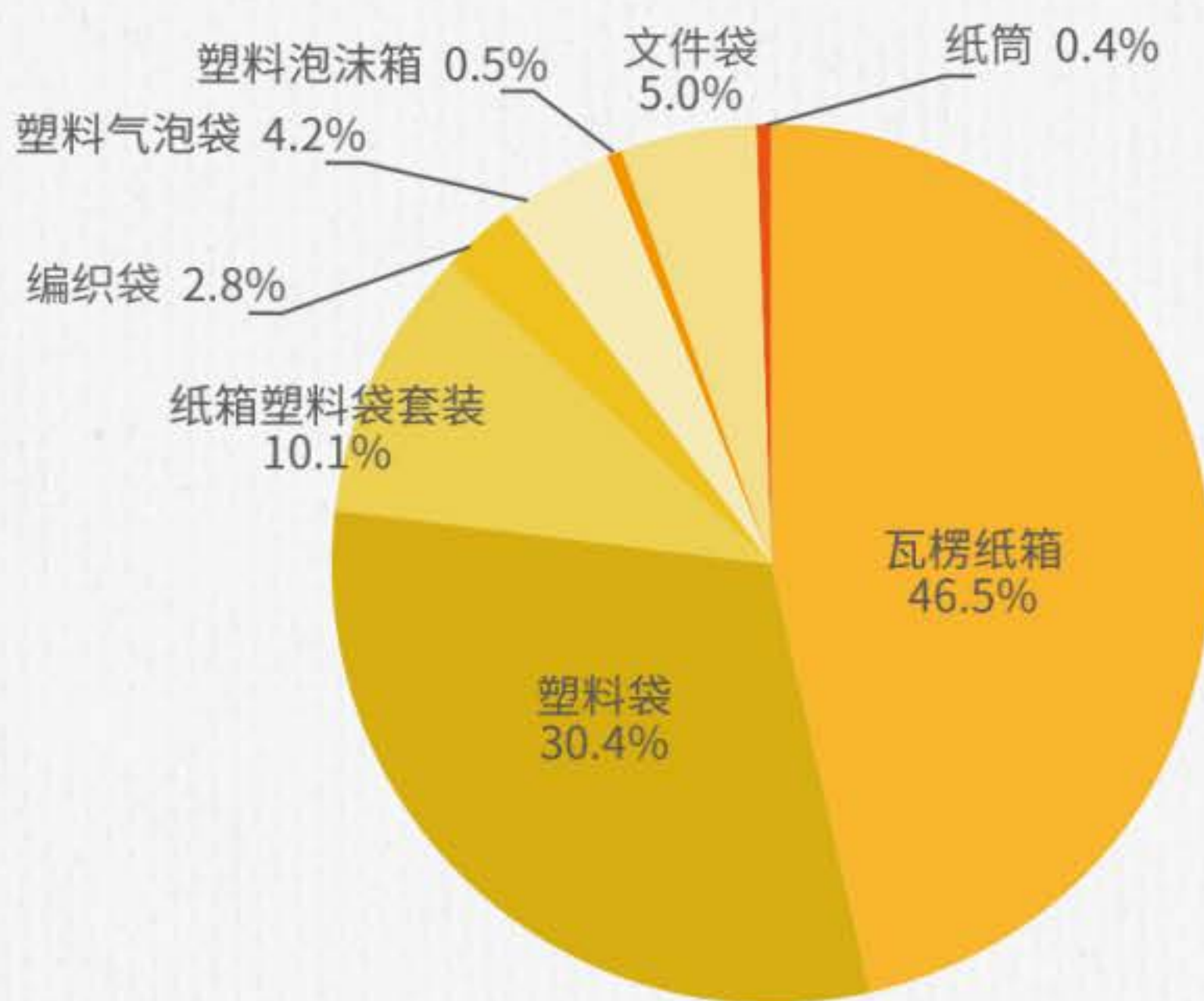
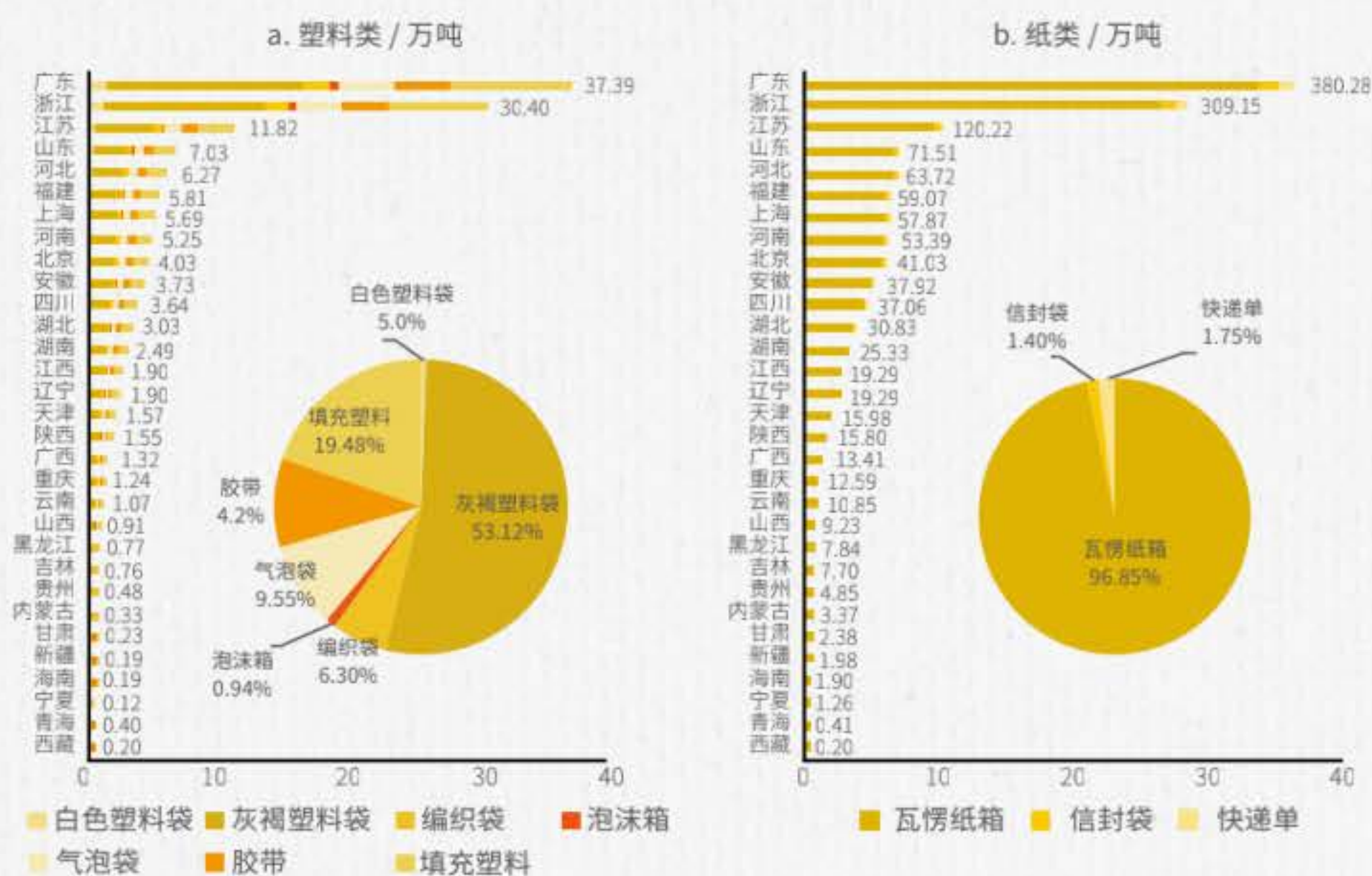


图 2 快递包装类型比例（基于件数）

2.3 快递包装消耗量分析

随着快递业务量的增长，我国快递包装废弃物产生量也逐年增长，从2018年到2020年的两年间增长了646.8万吨，增长率接近70%。2020年，我国各类快递包装产生总量合计为1576.8万吨（这一数值在2018年仅为930万吨^[1]）。其中塑料类包装材料为141.15万吨，占快递包装材料质量比重的8.95%，纸质类快递包装材料1435.70万吨，占快递包装材料的91.05%。快递塑料包装材料中一次性塑料袋膜占比高达63.46%，其中质量占比最高的是灰褐色（包括黑色、灰色及褐色）塑料袋，占比83.7%，多用再生塑料制成。

快递包装废弃物产生量与快递业务规模有较大关联。2020年，北京、上海、江苏、浙江、福建、广东六省市共产生约1063万吨快递包装，其中纸类和塑料类分别约为968万吨和95万吨。仅广东一省塑料类包装消耗量就达到37.38万吨，约占6省市塑料类包装消耗总量的40%。如图3所示，纸类包装废弃物约为塑料类包装消耗量的10倍，例如广东省纸类包装废弃物为380.2万吨，塑料类包装废弃物为37.38万吨，前者是后者的10.17倍。



2020年我国人均快递塑料包装消耗量为1 kg，相当于每人一年在快递包装上消耗了100个超市中号塑料袋（一个中号的超市塑料袋重量大概10g左右）。人均纸类包装消耗量为10.17kg，合计人均年快递包装消耗为11.17 kg。如图4，快递包装废弃物产生量最高的前四个省（市/自治区）分别为浙江、广东、上海和北京。其中浙江省人均纸类和塑料类消耗量分别为47.81 kg和4.7 kg。排在第五位的是福建省，人均快递包装消耗总量达15.59 kg,是全国均值的1.39倍。



图4 2020年快递包装人均消耗量：(a) 塑料类；(b) 纸类

“2.0 版限塑令”要求 2022 年前在浙江等六省市率先禁止使用一次性快递塑料包塑料袋，而该六省市也同时是塑料包装人均消耗排名全国前六的地区。如图 5，六省市人均快递塑料消耗值分别为：浙江 4.7 kg，广东 3.0 kg，上海 2.3 kg，北京 1.8 kg，福建 1.4 kg 和江苏 1.4 kg。可以看到，浙江省人均快递塑料包装消耗量尤为突出，这相当于浙江省每人一年在快递包装上消耗了 470 个超市中号塑料袋。

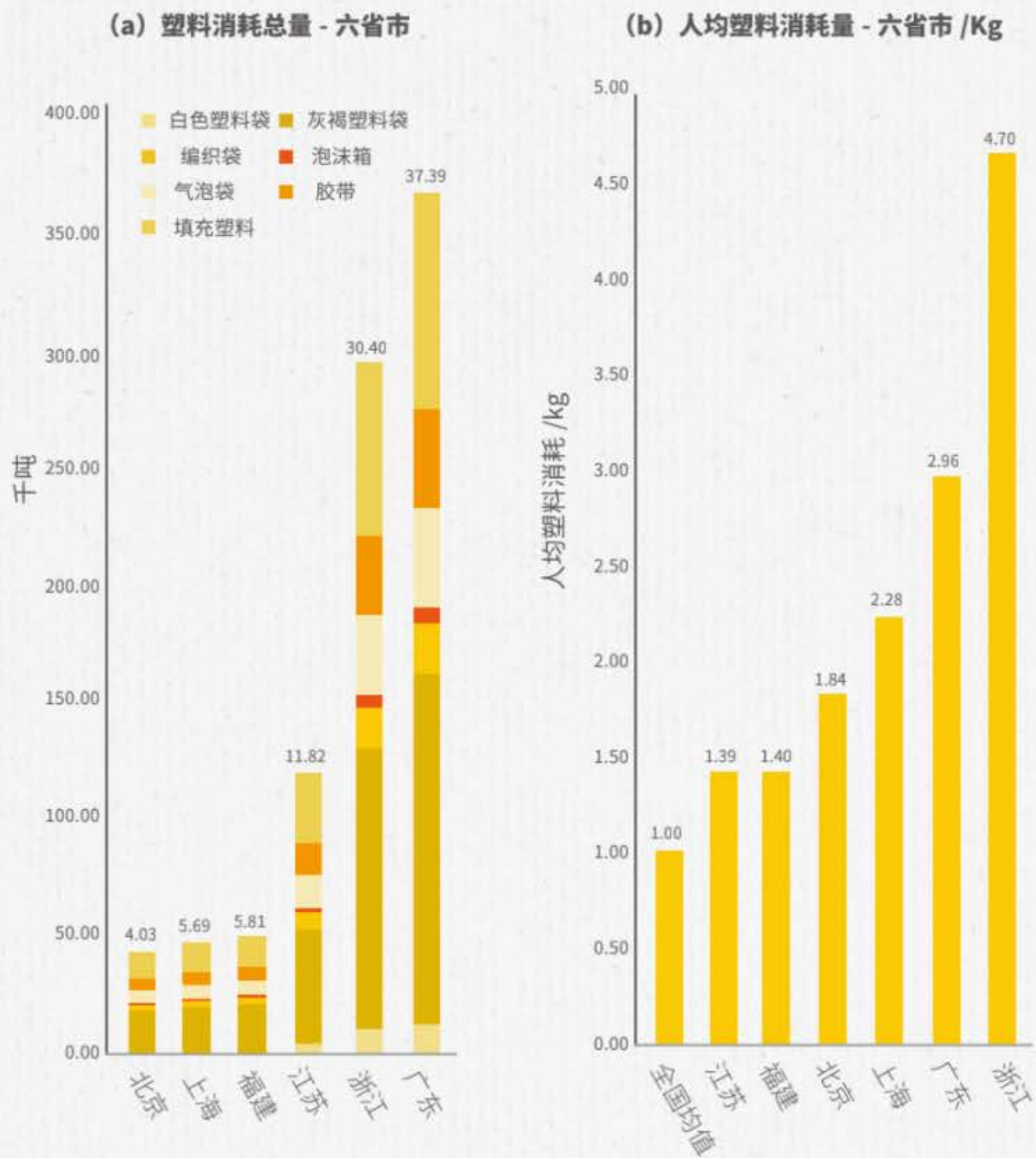


图 5 2020 年六省市快递包装塑料消耗情况：(a) 塑料消耗总量；(b) 人均塑料消耗量

快递包装 全生命周期 碳排分析

03

3.1 目标和功能单元

本报告通过构建 LCA（生命周期）评价方法模型量化快递包装全生命期的碳排放量。本次研究对象为各类快递包装材料，包括瓦楞纸箱、快递信封袋、一次性塑料快递袋、编织袋和泡沫箱等，以及三种辅助包装材料快递运单、胶带和填充塑料，功能单元为 2020 年我国所有快递包装材料消耗。

3.2 系统边界

本报告测算 2020 年我国快递包装全生命期的碳排放，具体包括原材料供应、加工生产和废弃物处理三个阶段。快递包装使用阶段（即运输阶段）、包装材料研发、业务出差、货物储存、设备折旧与报废、维修和维护与清洁、法律服务、市场营销和行政办公运作等过程产生的碳排放不在系统边界之内。本次研究的生命周期各阶段介绍如下：

1) 原材料阶段：

快递包装生产过程中投入的主要原材料在上游生产制造过程所产生的碳排放；

2) 加工生产阶段：

将原材料生产加工成为快递包装所产生的碳排放；

3) 废弃物处理阶段：

对使用过的快递包装材料进行回收、再生利用以及最终处置（填埋或焚烧）所产生的碳排放。

3.3 清单和数据来源

本项目基于碳排因子法测算不同类型包装材料全生命周期过程中的碳排放。所应用数据包括：快递包装消耗类型及消耗量；快递包装废弃物流向比例和流量、包装材料全生命周期各阶段的碳排放因子。其中包装材料的消耗类型和消耗量见章节 2.2 中相关数据；Su 等通过 8000 多单快递包装废弃物调研获取了 2018 年中国快递包装废弃物流向数据 [2]。本报告假设该流向比例数据不随时间和地点发生变化，适用于 2020 年中国快递包装废弃物流向分析，详见附件 S1；碳排放因子来源于中国快递包装行业标注、专业数据库（ebalance 和 GaBi 软件）和部分快递包装企业投入产出分析表，详见附件 S2。

快递包装全生命周期各个阶段（s）的温室气体排放量：

$$C_{(2020)} = \sum_m \sum_j \sum_s L_{m,j,s} * M_{m,j} * E_{m,s} \quad (1)$$

其中 C_{2020} 指 2020 年快递包装全生命期碳排放总量， $L_{m,j,s}$ 指 j 尺寸 m 类型包装材料在 s 阶段得件数； $M_{m,j}$ 是指 j 尺寸 m 类型包装材料在单价得质量； $E_{m,s}$ 指不同包装材料（m）在全生命周期不同阶段 s（包括原材料供应、包装材料生产制造过程和回收处理阶段）的碳排放因子。

3.4 快递包装全生命周期碳排放分析

通过公式 (1)，计算得到 2020 年我国快递包装材料全生命周期各阶段碳排放量，测算发现，2020 年中国快递包装碳排放总量为 2395.84 万吨 CO₂E，需要种植相当于一个北京市土地面积（16410 平方千米）的树木才能抵消上述碳排放量。如图 6，2020 年由快递包装材料生产所产生的碳排放为 437.42 万吨 CO₂E；废弃物处理阶段的碳排放总量为 265.39 万吨 CO₂E，其中填埋和焚烧导致的碳排放分别为 174.41 万吨 CO₂E 和 90.97 万吨 CO₂E。目前能够再生利用的快递包装废弃物主要是瓦楞纸，2020 年我国通过对快递包装废弃物再生利用共减排 36.77 万吨 CO₂E。

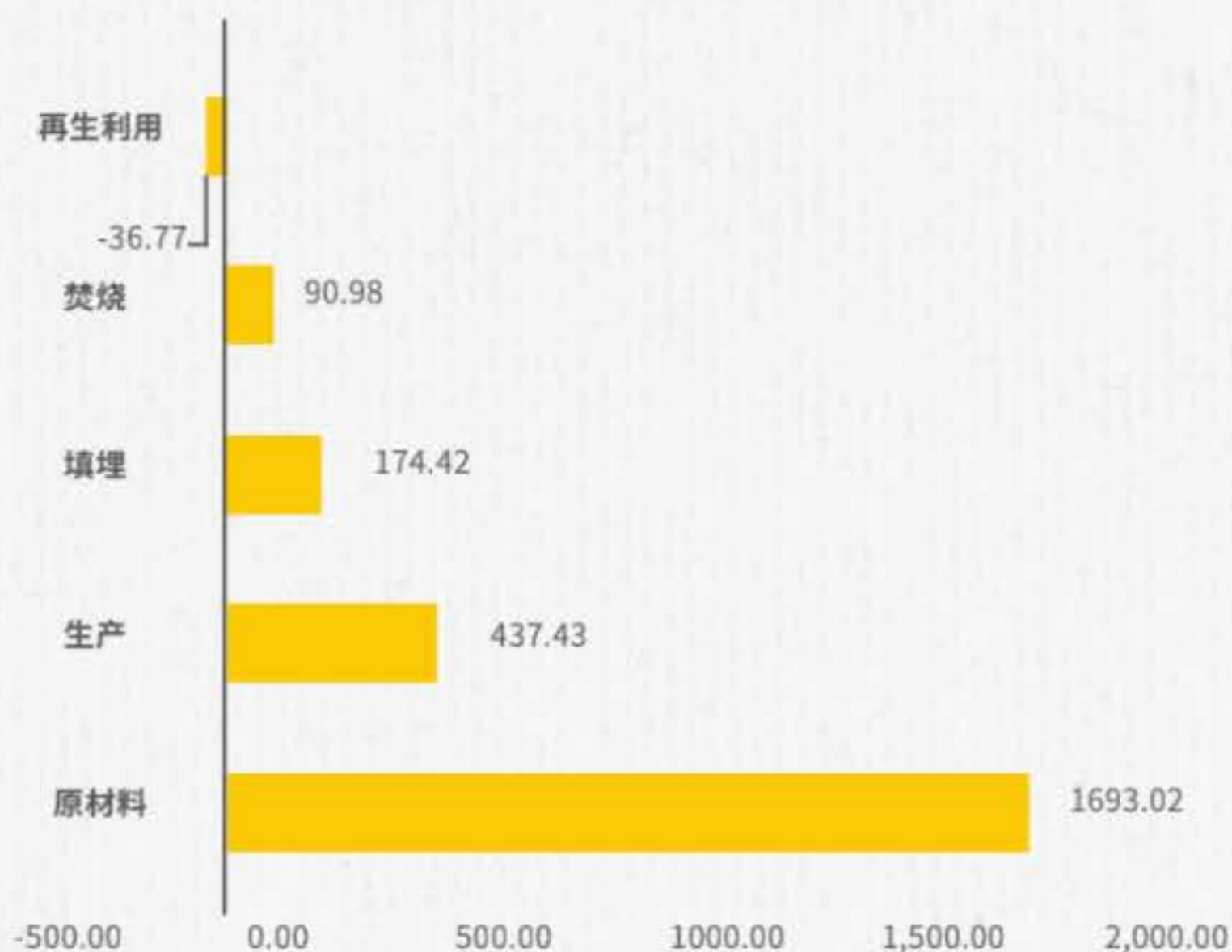


图 6 2020 年快递包装碳排放总量 / 万吨

我国快递包装全生命周期碳排放在较大程度上受到包装在原材料和加工生产阶段碳排放的影响，电商平台和快递公司须研发、推广和应用可多次循环使用的绿色包装，降低一次性快递包装的规模。图7展示了2020年快递包装在原材料和加工生产阶段的碳排放比重，可以看到，瓦楞纸箱占比是最高的，接近75%。其次是一次性塑料袋，占11.57%。其他主要的碳排放来源是填充塑料、快递单和信封袋，分别占4.18%，2.98%和2.39%。

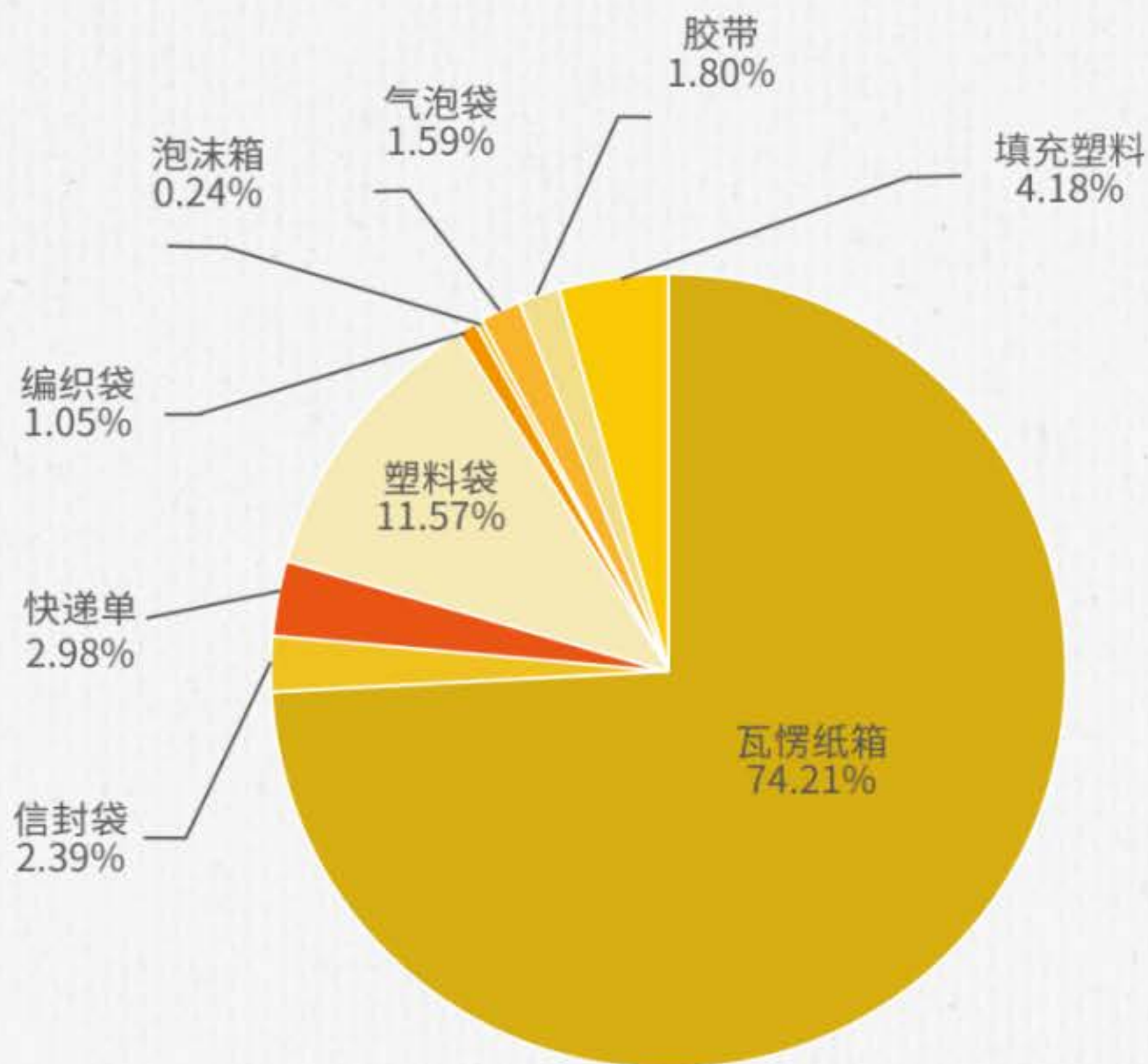


图7 各类快递包装在原材料和加工生产阶段的碳排放占比

图 8 展示了快递包装废弃物处理阶段的碳排放量。其中瓦楞纸在废弃物处理阶段碳排放量为 176.30 万吨 CO₂E，其中通过填埋和焚烧产生的碳排放分别是 158.26 万吨 CO₂E 和 53.49 万吨 CO₂E，而通过再生利用瓦楞纸可以降低碳排放 35.47 万吨 CO₂E。塑料包装燃烧处理将产生大量的温室气体。以一次性塑料袋为例，通过燃烧处理产生的温室气体排放量为 21.23 万吨 CO₂E，通过填埋处理产生温室气体排放量仅为 5.42 万吨 CO₂E。



图 8 2020 年快递包装分类型处理阶段碳排放

塑料类包装材料的末端处理方式对整个包装材料全生命周期碳排放影响较大。若是将所有包装材料的填埋和焚烧处理的比例都降低为 10%，将再生处理的比例提高到 80%，则 2020 年快递包装全生命周期碳排放有望降低 67.5 万吨。对比图 9 和图 10 发现，降低塑料包装填埋和焚烧比例将有助降低焚烧和填埋处理所造成的碳排放，而提高所有塑料包装材料的再生处理规模，将导致塑料再生所导致的碳排放降低规模从 36.77 万吨 CO₂E 上升到 43.46 万吨 CO₂E。可见循环再生回收利用是有效降低一次性快递袋和泡沫箱的有效途径。若是提高塑料再生利用的比例至 80%，将导致一次性塑料包装袋全生命周期碳排放从 21.23 万吨 CO₂E 下降到 3.87 万吨 CO₂E。

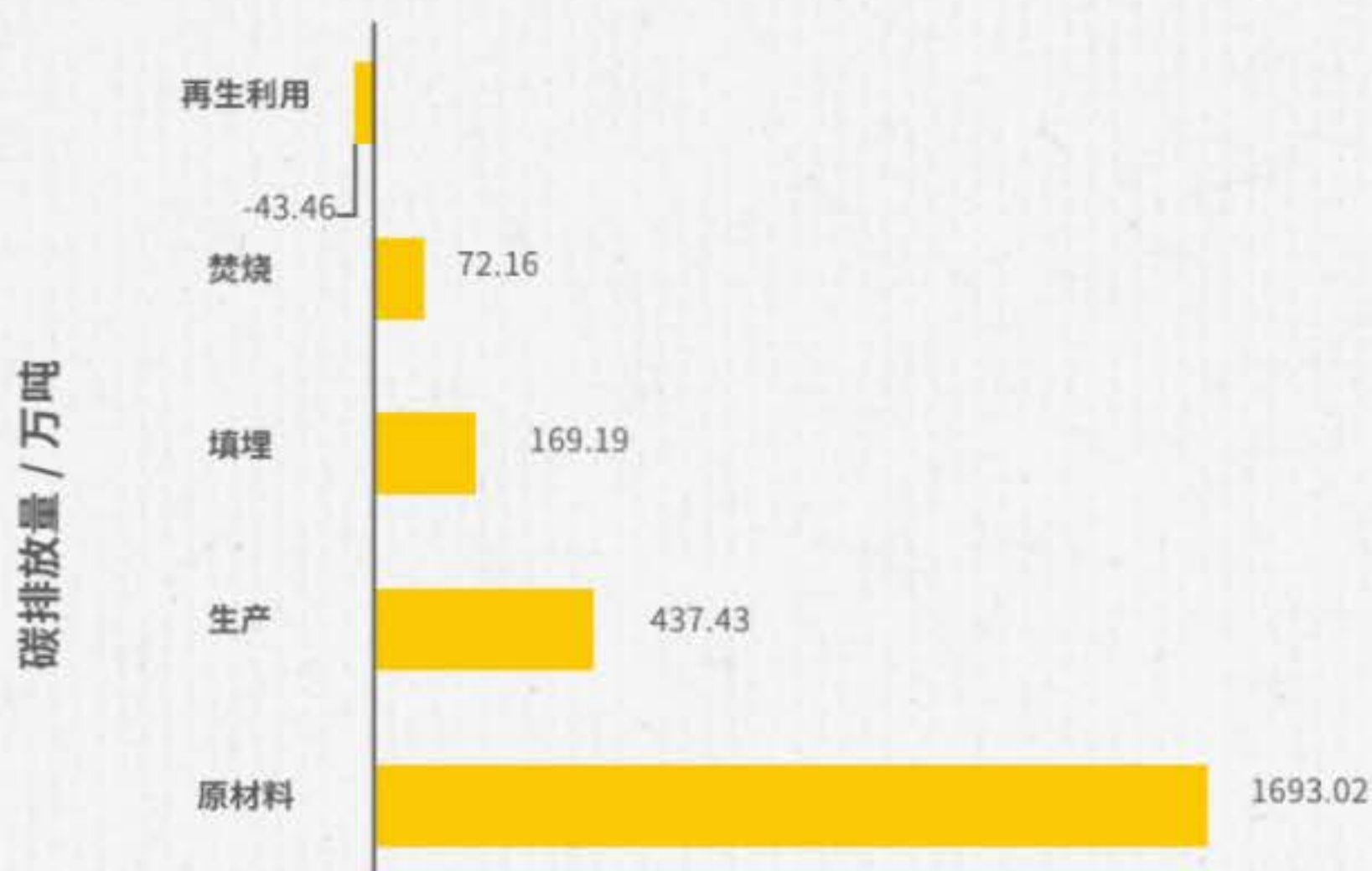


图9 塑料末端处置情景的2020年快递包装碳排放总量



图10 塑料末端处置情景的2020年快递包装分类型处理阶段碳排放

本报告同时基于省级尺度快递规模估算了各个省快递包装全生命周期碳排放。如图11所示，2020年广东省快递包装全生命碳排放最高。广东、浙江、江苏、山东和河北的排放占全国快递包装温室气体排放总量的65.93%。可见快递包装碳排放地区差异性较大，我国亟需在广东、浙江等地进行快递包装绿色化治理，通过源头减量和末端治理相结合的方式降低快递包装碳排放。

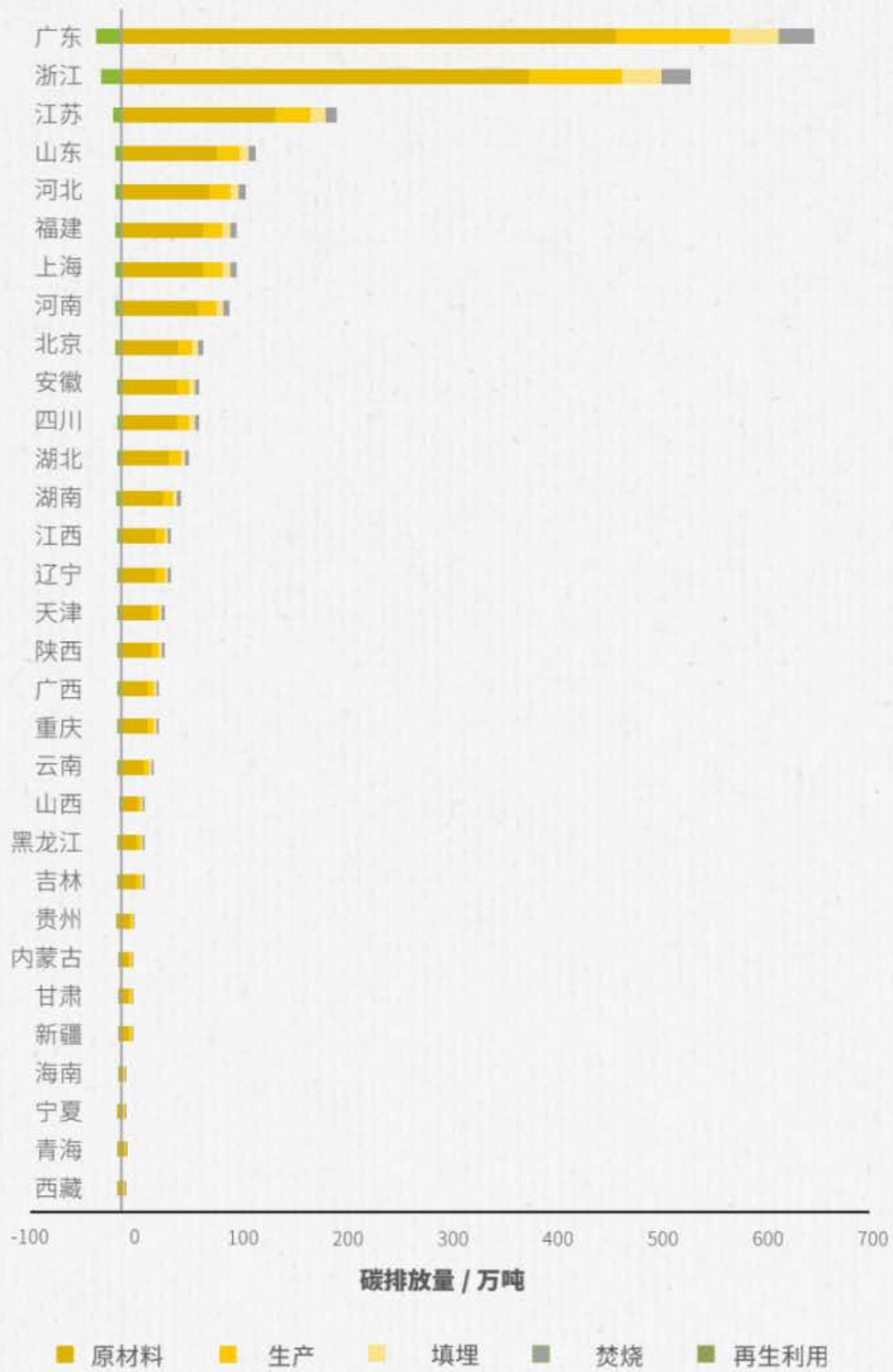


图 11 中国快递包装包装全生命期碳排放量 / 万吨

2021-2030 快递塑料包装消耗 及碳排放预测

04

4.1 背景介绍与情景假设

本报告以 2021-2035 年中国快递业务量为研究对象，采用物质流方法估算塑料包装材料的消耗量，并通过情景分析估算替代材料的消耗量，最后对快递塑料包装回收范式进行探讨。

4.2 情景假设与数据来源

4.2.1 包装类型市场占比情景假设

“2.0 版限塑令”在限制一次性塑料袋的同时，提倡使用可降解塑料袋或循环塑料袋。如表 1 所示，本报告设置了 14 种不同材料替代比例背景，进而分析在相关情境下塑料快递包装的消耗量。项目组假设快递循环袋可以循环 5 次、10 次和 15 次，对于可降解塑料袋采用聚乳酸材质快递袋相关数据。本节所指塑料袋包装包括常规一次性塑料袋、气泡袋和混合包装中的外层塑料。其中 BAU (Business As Usual) 情景是指不采取任何措施的情况下塑料包装的消耗量。

情景	一次性 塑料袋 /%	循环包装			可降解包装 %
		A-5 次	B-10 次	C-15 次	
情景 BAU	100	0	0	0	
情景 I	0	100	100	100	0
情景 II	0	75	75	75	25
情景 III	0	50	50	50	50
情景 IV	0	25	25	25	75
情景 V	0	0	0	0	100

表 1 塑料快递包装情景假设

为了预测未来塑料快递包装消耗量，首先要预测快递业务规模。如图 12，基于 Wang 等预测 [3]，在 2030 年之前中国快递业务总量还将迅猛增长。2025 年中国的快递业务规模将达到 1852 亿件，到 2030 年将快速增长到 2323 亿件，未来十年塑料类包装快递也将迎来爆发潮，到 2030 年塑料类包装快递量将达到 1105 亿件（包括混合包装）。

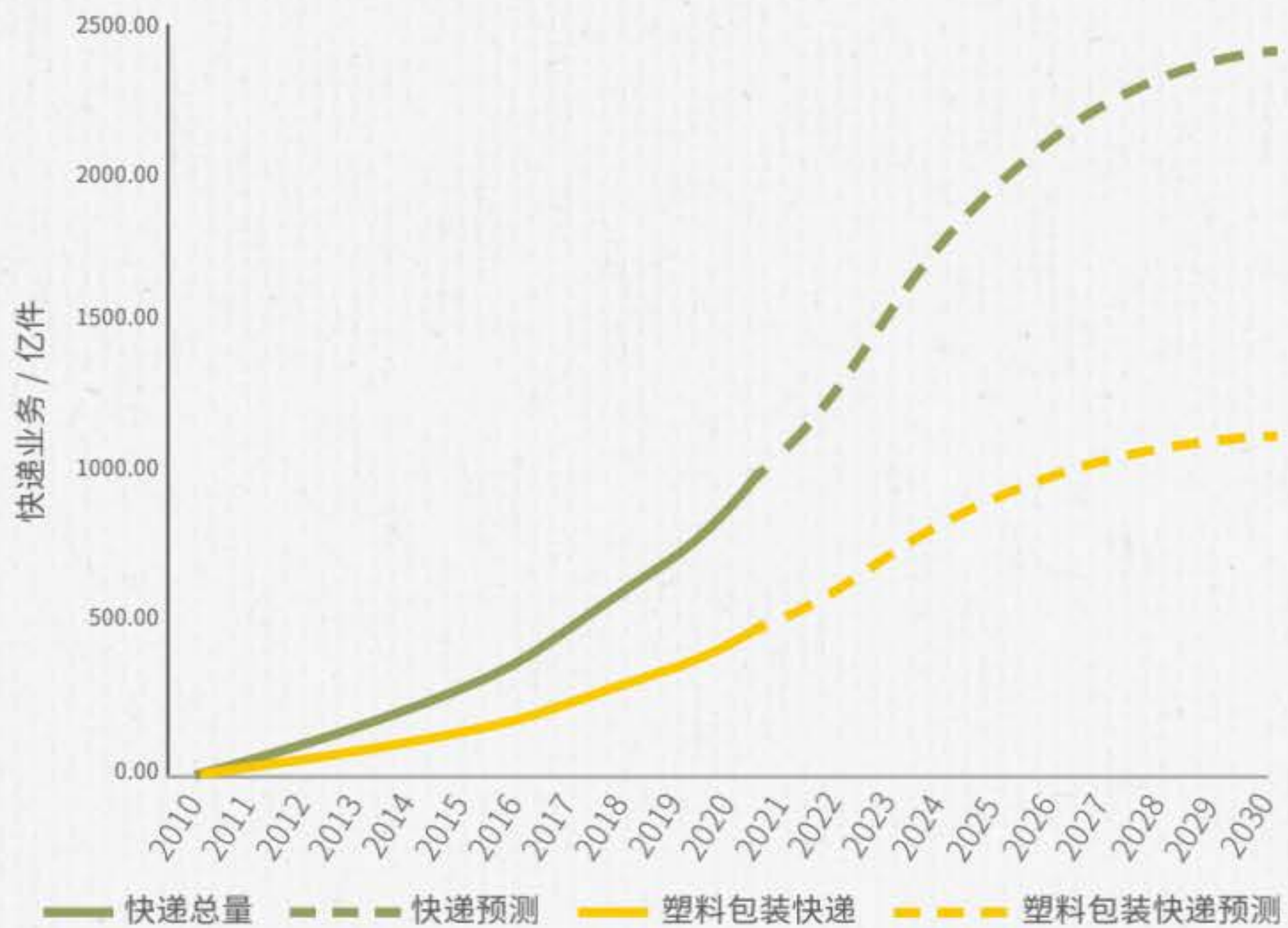


图 12 快递业务总量和塑料袋包装快递量预测

4.2.2 塑料包装流向 情景设置和碳排因子

可降解塑料袋或循环塑料袋在末端的 EOL 阶段具有不同的处理方式。本报告基于多份文献调研分析设置了各种塑料包装材料的 6 种类流向情景，具体如下：

- 1) 情景 C-BAU:** 一次性塑料使用后，EOL 阶段按照 68.4% 填埋，29.4% 和 2% 的模式进行废物处理；
- 2) 情景 C-I-A:** 塑料包装循环使用 5 次，EOL 阶段全部回收后通过化学法处置再生利用；
- 3) 情景 C-I-B:** 塑料包装循环使用 10 次，EOL 阶段全部回收后通过化学法处置再生利用；
- 4) 情景 C-I-C:** 塑料包装循环使用 15 次，EOL 阶段全部回收后通过化学法处置再生利用；
- 5) 情景 C-V-L (Landfill) :** 可降解塑料使用一次后，EOL 阶段全部通过 60% 生物降解性 (Biodegradability, BD) 的垃圾填埋场进行填埋；
- 6) 情景 C-V-C(Composting):** 可降解塑料使用一次后，EOL 阶段全部通过 60% BD 的堆肥场进行堆肥；

上述 6 种情景下塑料包装碳排放因子合计整理如表 2 所示，其中 BUA 的碳排放量是基于 C-BAU (Carbon-Business As Usual) 情景下的加权值。C-I 系列中原材料和生产阶段碳排因子采用采用常规石油基塑料，分别为为 0.56 kgCO₂e/kg 和 2.68 kgCO₂e/kg，而处理阶段碳排因子采用中国石化相关化学法回收处置碳排因子：石油基化学法回收碳排因子是焚烧发电碳排因子的 57.2%，为 0.541kgCO₂e/kg。

序号	情景	EF/	单位	数据来源
1	C-BAU	3.58899	kgCO2e/kg	Gabi 数据库, 文献数据 ^[4]
2	C-I-A		kgCO2e/kg	Gabi 数据库,
3	C-I-B	3.77	kgCO2e/kg	中国石化石科院 研究数据
4	C-I-C		kgCO2e/kg	
5	C-I-L	3.7	kgCO2e/kg	文献数据 ^[5]
6	C-I-C	3.3	kgCO2e/kg	

表 2 各类包装塑料全生命期碳排因子

4.3 塑料包装消耗量及碳排放预测

4.3.1 塑料包装消耗量

图 13 所示，在 14 种情景假设中，情景 IV 和情景 V 采用可降解塑料包装的比例大于等于 75%，经测算上述情景下碳排放量比全部采用一次性塑料包装要高。而循环包装则是采用比例越高，减排效果越明显。可见，采用循环包装的模式远比可降解包装模式节约材料消耗，因而获得更少的碳排放。

用可降解塑料快递包装材料进行替代尽管降低了一次性塑料的消耗，但也直接推动了可降解包装塑料的增长，而目前常见的 PBAT、PLA 等可降解塑料共混的膜袋等制品在自然环境中还是难以实现自然降解。调研数据显示，PBAT 的密度为 1.18-1.3g/cm³、PLA 的密度为 1.25-1.28g/cm³，相比之下 PE 和 PP 的密度是 0.9-0.95g/cm³，即便同样厚度，“PLA+PBAT 膜袋”要比 PE 或 PP 制作的一次性塑料袋更厚进而消耗更多材料。

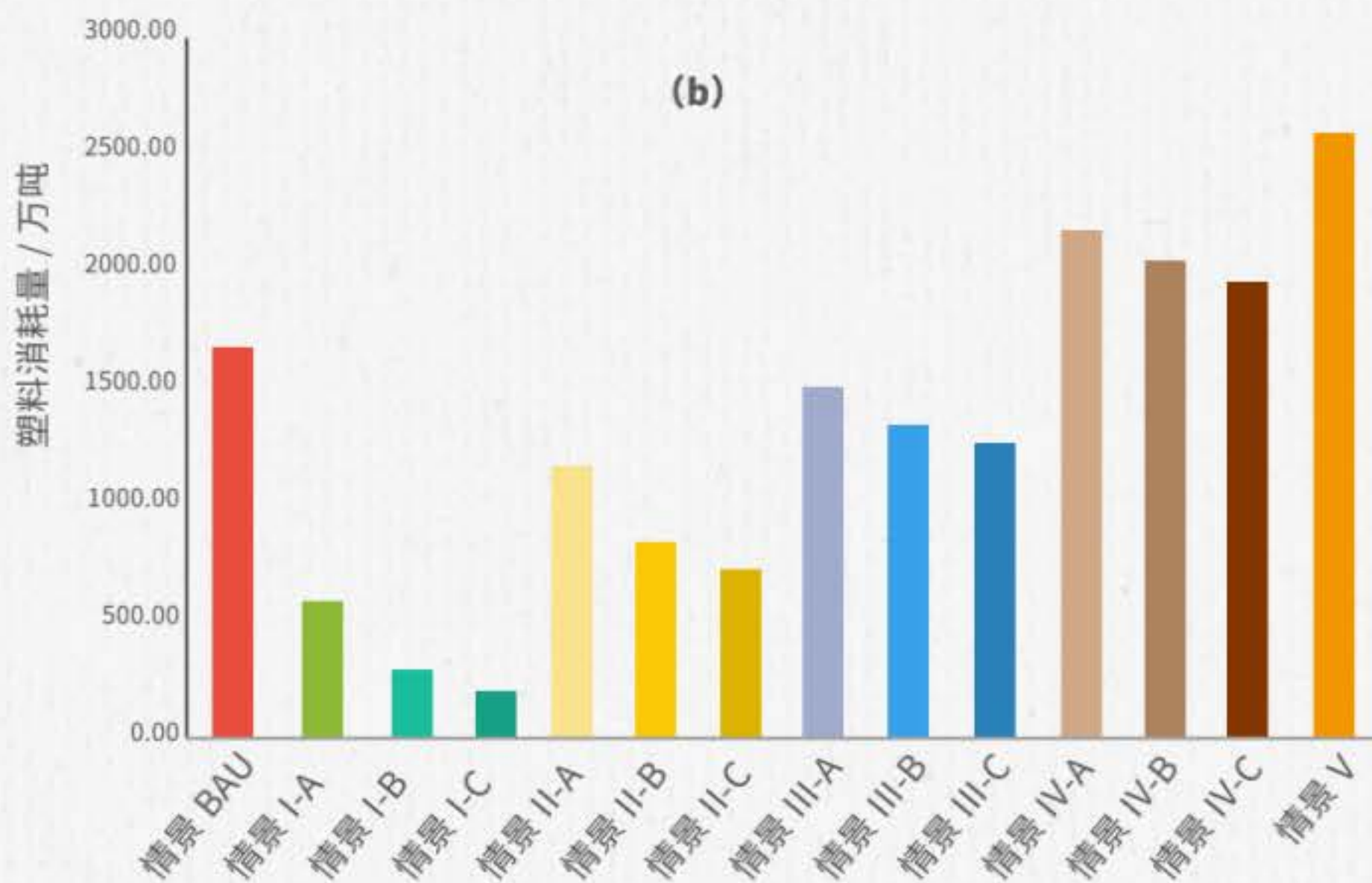
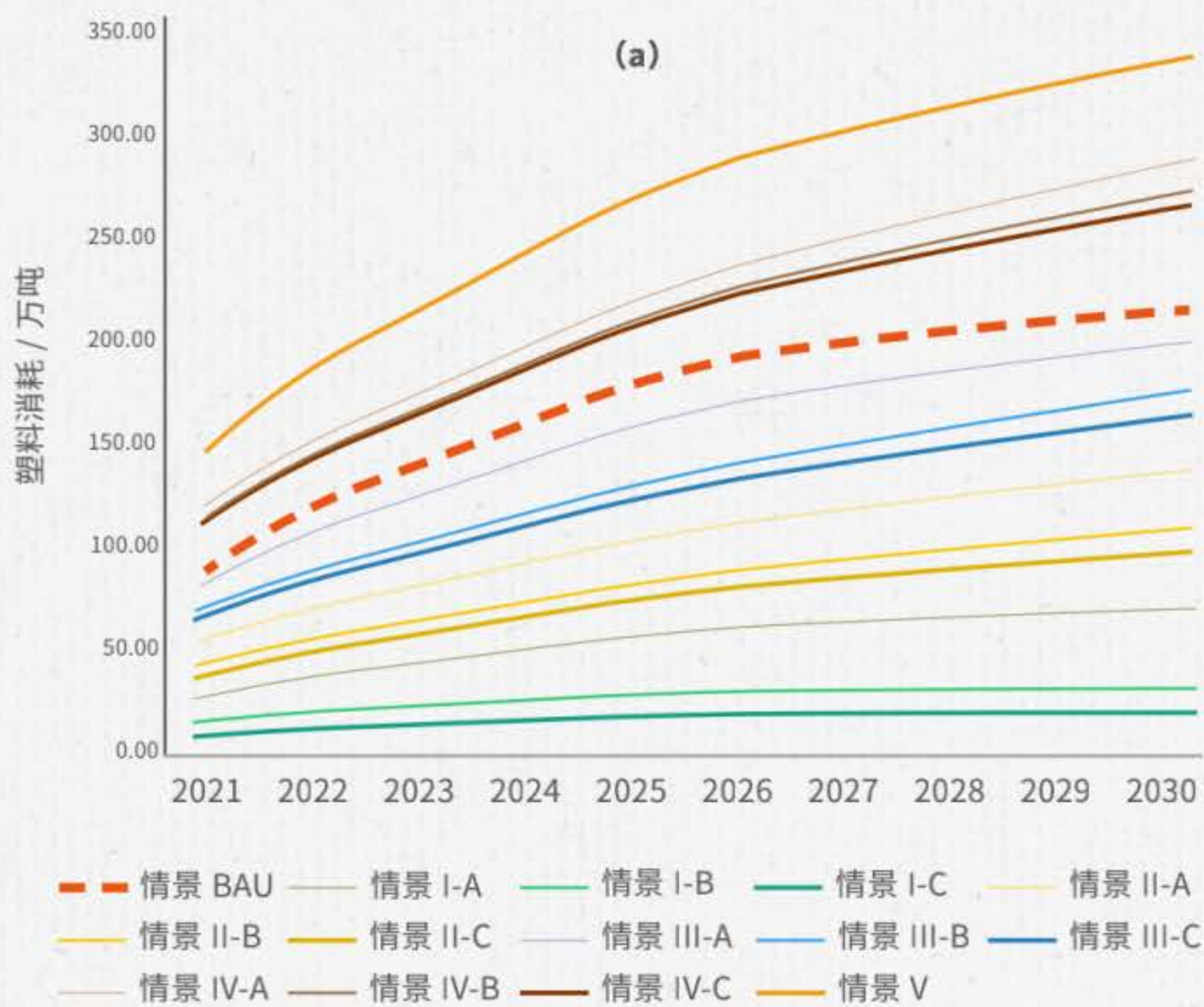


图 13 快递包装消耗塑料袋预测：a. 年消耗量；b. 累计消耗量

4.3.2 塑料包装碳排放预测

基于上述 4.2 和 4.3 中塑料包装消耗量、废弃物流向和相关碳排放因子，各个情景下碳排放量如图 14 所示。

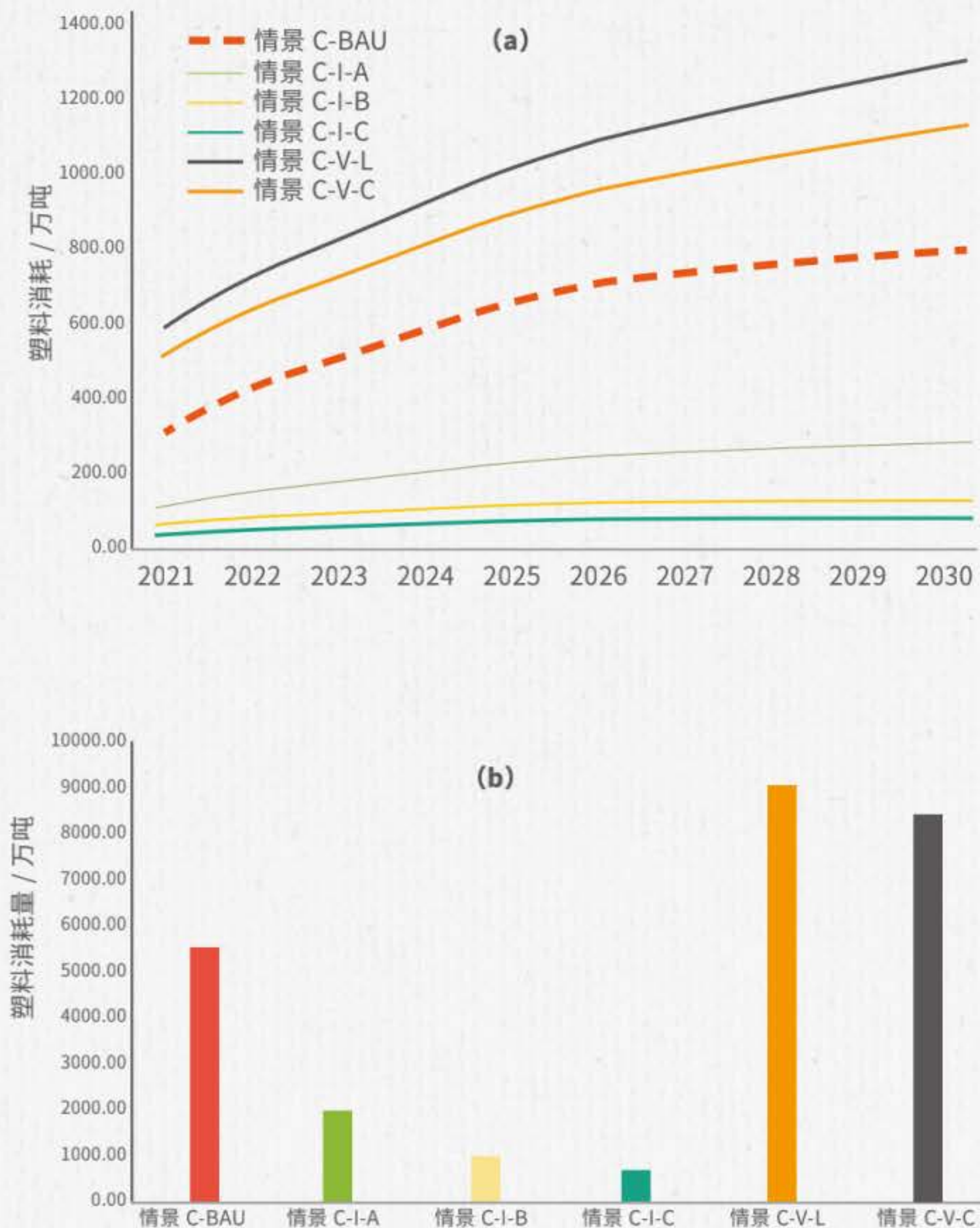


图 14 快递塑料包装导致的碳排放预测：a. 年碳排放量；b. 累计碳排放量

如图 14 所示，若对快递业产生的一次性塑料袋不做任何循环或替代，则 2021-2030 年我国快递业一次性塑料袋累计碳排放量将达到 5961.13 万吨，2025 年碳排放量将达 606.82 万吨 CO₂E，到 2030 年碳排放量将达 761.23 万吨 CO₂E。

尽管单件循环快递塑料袋的全生命期碳排因子要高于一次性塑料袋，但通过多次循环使用将大幅降低碳排放总量。如图 14，若是全部采用可循环 5 次的循环包装袋，且在末端处置阶段将循环袋全部回收后进行塑料化学法循环，则 2021 ~ 2030 年快递业塑料包装碳排放将降低到原来的 35.5%；若是循环包装袋的可循环次数提升至 10 次，末端处置同上，则 2021 ~ 2030 年快递业塑料包装碳排放将降低到原来的 17.7%；若循环包装袋的可循环次数提升至 15 次，末端处置同上，则 2021 ~ 2030 年快递业塑料包装碳排放将降低到原来的 11.8%。

可降解塑料在填埋和堆肥场景下都将产生温室气体排放。如图 14，若快递业将所有一次性塑料包装都替换为可降解塑料包装，且都通过在 60% 生物降解性的垃圾填埋场进行末端处理，则快递业在 2021-2030 年将增排 2324.36 万吨 CO₂E，即增排 57.4%。如果末端处置方式改为在 60% 生物降解性的堆肥场进行堆肥处理，则快递业 2021-2030 年将增排 2385.95 万吨 CO₂E，即增排 40%。

综上所述，考虑塑料包装材料末端处理方式，可降解包装材料不管是通过填埋还是堆肥方式产生的碳排放都偏高，且处理处置方式所需条件较为严格。相比之下，推广应用循环包装塑料不仅能够有效控制塑料废弃物产生，也能减少快递包装材料所导致的碳排放。

快递循环包装 存在问题 及应用探讨

05

5.1 快递循环包装 大规模推广的难点痛点

我国快递业绿色物流体系主要包括：电子面单基本实现全覆盖；全面应用“瘦身胶带”；中转环节循环包装普及应用；减少电商快件二次包装；探索行业快递包装回收解决方案；减少包材和填充物使用；快递网点配备快递包装回收装置等。循环快递包装是快递业绿色物流体系末端循环的解决方案之一。

可循环快递包装主要包括快递循环袋和快递循环箱；快递循环袋目前主要应用于 B 端的一次性编织袋，在 C 端几乎没有应用；快递循环箱在 C 端的应用以冷链循环箱替代一次性泡沫塑料箱最为普遍。

研究人员通过大范围市场走访和调研发现，相比于可降解模式，循环快递包装能大幅度的降低塑料的消耗，但是该推广过程中遇到很多困难。

C 端的常温循环快递包装目前在各快递企业应用比率极低，在应用最为广泛的快递企业之中也仅占其快递业务量的不到 1%。很多知名快递公司都推出了自己的循环快递箱，但大都处于观望阶段，性质上更多为活动性的推广，活动结束后没有持续性计划。部分企业通过包装回收活动、媒体传播等多种途径开展一些快递包装绿色化推广宣传活动，但在没有国家强制性要求的背景下，相关企业都不愿投入长期成本进行绿色化革新，推广宣传活动的实际效果不佳。

除循环包装箱外，对循环塑料袋的推广也并不顺利。不同于循环

箱需要占据大量的空间，塑料袋具有回收方便、成本低等优势。但目前无法推广的症结在于：快递塑料袋的主要使用者并非快递企业，而是电商企业，大量从个体电商发出的循环袋并没有再流回电商的逆向物流体系支持。另一方面，快递一次性塑料袋拥有极低的购买成本，这一成本中是没有包含环境影响的费用的，电商企业并无经济动力使用循环塑料袋。

国家发改委、生态环境部印发的《“十四五”塑料污染治理行动方案》给出了时间表。方案明确，到2025年，电商快件基本实现不再二次包装，可循环快递包装应用规模达到1000万个。但如何实现可循环快递包装的推广，仍存在三方面的困难：

第一、各方责任不明， 产生的成本没人买单

快递包装废弃物中由快递企业产生的仅占10-30%，绝大多数的包装来自生产商、电商及客户，主要以电商为主。生产企业、电商平台和商家、快递物流企业和消费者作为产业链各环节主体，都应承担绿色包装的责任。循环快递包装及其逆向物流都会产生成本，责任不明导致这些成本目前无人买单，循环利用无法形成闭环，目前的部分试点成效并不理想。

第二、缺少强制性的政策， 循环包装标准不一

目前对于循环快递包装的使用多为鼓励、引导性政策，缺少强制

性政策。C 端的快递循环包装产品规格、标准不一，有些循环包装每次使用导致的碳排放大于使用一次性包装，背离了循环经济的初衷。在后疫情时代公共环境卫生标准更加严格的情况下，循环箱 / 袋使用后清洗消毒的标准缺失。

第三、消费者使用习惯尚待形成

快递循环包装逆向物流体系构建有两个关键节点，从消费者到回收点，和从回收点到处理点。在习惯层面，长期的巨量化非绿色物流服务，已磨合形成生产制造、电商和物流企业及消费者的使用习惯，要改变这种习惯，需要一定时间。对于回收快递包装，部分消费者表示，“没听说过包装可以回收”或者“见过回收快递包装的，离家远，送过去也不方便”。部分快递企业将回收点设在了末端派件网点，虽然多在社区周边，但距离也有 1 ~ 2 公里，且现场拆解快递的消费者少之又少。因此消费者使用循环包装的习惯尚待形成。

5.2 主要观点及建议

推行生产者和消费者责任延伸制度，解决循环快递包装的大规模应用制度层面上的问题。循环快递包装的推行是一项系统工程，需要形成产业链和生态链，循环快递包装问题应和垃圾分类、减塑限塑政策结合起来整体进行考虑。循环快递包装谁来负责回收？怎么回收？产生的成本谁来付？政府、生产商、电商、快递公司、消费者在这个快递包装链条中都要承担哪些责任？

生产者和消费者责任延伸制度，使生产企业、商家、快递物流企业和消费者，都分别承担相应的责任和成本，使各个利益相关方达到协调和平衡。建议分品种、分场景地根据生产者和消费者责任延伸制度，推出循环快递包装应用的细化实施方案，在广东、浙江、江苏、山东和河北等快递包装碳排放量最高的省市自治区，先行开展试点。

将快递包装废弃物纳入地方垃圾分类和再生资源回收的建设体系中来进行治疗，解决循环快递包装的大规模应用执行模式上的问题。快递包装废弃物属于生活垃圾，生活垃圾污染防治的责任主体是地方人民政府，应纳入地方垃圾分类和再生资源回收的建设体系中来进行治疗。为此，应由地方政府来牵头作为产业链各方的链接“中枢”，推动循环快递包装协同和共享机制的操作范式的标准化、规范化，进行协同治理。

推行“一次性包装收费政策 + 循环包装押金制”。要解决循环快递包装“难于回收”的问题，需在电商企业和消费者端推行“一次性包装收费政策 + 循环包装押金制”。如，快递包装的一次性可降解塑料袋向消费者收费1元钱，但是如果消费者选用循环包装，押金3-10元不等，消费者取出快递内件后，把循环包装送到家附近的快递包装回收网点或驿站网点，押金再进行退还。用经济手段激励电商企业和消费者改变使用习惯。

支持有网点体系的企业成为城市公共环境服务商。快递公司网点能够较好地实现绿色配送、绿色回箱；大型石化企业加油站，可以成为废塑料循环回收体系的服务网点……可将上述网点纳入城市公共建设配套设施，在资金、用地上予以支持。



快递塑料包装 末端循环 方案推荐

化学再生实现
塑料全生命周期
闭路循环

06

绝大多数快递塑料包装都是 PE 或 PP 制品，常态下难以降解，除了塑料袋之外，还大量应用到塑料材质包括塑料胶带、EPS 发泡箱、PET 编织袋以及塑料填充物，目前对这些低值塑料进行物理再生缺乏经济性，因此无论是快递业，还是其他城市生活垃圾回收部门，其分选出的低值废塑料目前只通过焚烧处理，处理费约 300 ~ 600 元 / 吨，且极易造成二次污染。作为中国石油化工股份有限公司的直属研究院，石油化工科学研究院（以下简称“石科院”）开发的废塑料生产低杂质油品技术（SPWO-RPCC）技术利用废塑料加工为石化原料，再经过专有的后加工技术再次“变为”塑料，实现废塑料的闭合化学循环，同时副产芳烃等化工原料，为低值废塑料带来的“污染”治理提供了解决方案。

“白色污染” 形势严峻

SEVERE “WHITE POLLUTION”



塑料特点：用途广，产量大，寿命短，降解慢
 Characteristics of plastics: high yield, wide use, short lifetime and slow degradation



全国树脂 / 废塑料产量约
9574/6300 万 t/a
 95.74/60 million t/a resin
 / plastic wastes in China

全球废塑料年产量约 **3 亿吨**
 300 million t/a plastic
 wastes in the world



全国 **10-20 亿吨** 废塑料
 About 1 billion tons in China

全球约 **100 亿吨** 废塑料
 About 1 billion tons in the world

”

废弃塑料不处理，
地球终将变为“塑料星球”

IF PLASTIC WASTES ARE NOT TREATED,
THE EARTH WILL EVENTUALLY BECOME
A “PLASTIC PLANET”

“

据生态环境部统计，2019年中国废塑料产量约为6300万吨，全国废塑料存量约为10亿吨，全球废塑料总量约为80亿吨。废塑料的主要处理方式包括填埋（1/3）、焚烧（1/3）、回收及丢弃（1/3），填埋和焚烧均存在不可避免的缺陷。废塑料的回收利用技术包括物理再生和化学再生，物理再生难以达到原生塑料质量且原料适应性差；化学再生是指将废塑料转化为油品或化工原料的方法，被认为是唯一能实现可持续发展的方法，其中热解技术备受研究人员关注。

但绝大多数废塑料热解技术存在两方面的主要问题：一是热解油收率较低，二是所得热解油品质较差，大幅增加了油品后加工负担。为了解决上述问题，随着中国石化作为国内首家企业加入AEPW联盟，责成旗下石科院整合科研力量开发了废塑料化学循环成套技术，该技术对于快递业最为“头痛”的一次性塑料包装废弃物的循环利用，起到了重要作用。

为尽早实现相关技术的工业化应用，解决工程放大过程中存在的技术问题，石科院建设了中型验证装置并开展相关实验。经预处理的混合废塑料根据PVC含量的高低，分别采用不同的脱氯工艺流程进行深度脱氯，脱氯废塑料再送往连续热解单元进行热解反应，最大量生产低氯热解油；随后采用专有的深度加工技术制备塑料单体，同时副产芳烃等化工原料，塑料单体进一步聚合生产塑料产品，真正形成烯烃-塑料-废塑料-烯烃的闭合循环，实现塑料全生命周期的绿色循环，彻底解决“白色污染”。该技术适用于来自垃圾填埋场挖掘废塑料、城市生活垃圾中分离出的新鲜废塑料、各项工业生产过程中产生的废塑料、农业废塑料等无法物理再生或物理再生成本过高的废塑料。就种类而言，废塑料的主要组分为热塑性塑料中的通用塑料，可以是PE、PP、PS、PVC、ABS。

废塑料利用现状

UTILIZATION STATUS OF WASTE PLASTICS



1/3 填埋
LANDFILL



1/3 焚烧
INCINERATION



1/3 回收、丢弃
RECOVERY & DISCARD

处理方式 TREATMENT



循环利用 RECYCLING



物理方法
PHYSICAL METHODS



化学方法
CHEMICAL METHOD



能量回收
ENERGY RECOVERY

水解 HYDROLYSIS

氢解 HYDROGENOLYSIS

热解 **PYROLYSIS**
油品 Oil

气化 GASIFICATION
合成气 Syngas

氨解 AMMONOLYSIS

醇解 ALCOHOLYSIS

.....

反应过程相对简单、成本低

Reaction process is relatively simple and low cost

原料适应性广

Wide adaptability of raw materials

技术相对成熟

Technology is relatively mature

具有一定的市场竞争优势

Has certain competitive advantages in the market

石科院废塑料新型热解技术建立了第一套中型装置，预计 2022 年 6 月完成验证试验工作，并完成万吨级装置工艺包设计，具备开展工业装置建设条件。随着我国垃圾分类政策的逐步实行和快递业绿色发展进程的推进，该技术的示范成功可以实现废塑料的减量化、无害化和资源化处理，有利于政府的精细化管理。

日前，石科院开展了对低值塑料化学循环的碳足迹研究，研究结果见表 3。

表 3 10 万吨废塑料化学循环与燃烧发电碳排放对比

废塑料加工方案	化学循环	焚烧发电
总碳排放，t CO ₂	178127.3	311666 (燃烧碳排放)
万元产值碳排放， t CO ₂ (60 美元)	3.5	22.7

研究结果表明：废塑料采用化学循环法加工与焚烧发电相比：吨塑料碳排放降低幅度为 42.8%，单位产值碳排放降低幅度为 85 %，废塑料化学循环具有较强的碳减排竞争力。相比于焚烧发电，低值塑料进行化学法循环在碳排放上更具有优势。



附件

S1 包装废弃物流向比例

情景 BAU	填埋	焚烧	循环利用	合计	单位
瓦楞纸箱	10.5	4.5	85.0	100	%
信封袋	13.6	6.4	80.0	100	%
塑料袋	68.6	29.4	2.0	100	%
编织袋	66.6	31.4	2.0	100	%
泡沫箱	18.6	6.4	75.0	100	%
气泡袋	66.6	31.4	2.0	100	%
胶带	80.0	20.0	0.0	100	%

S2 快递包装材料全生命期碳排因子

Types	原材料		生产		填埋	焚烧	再生利用	数据来源
	EFs	数据来源	EFs	数据来源	EF			
瓦楞纸箱	0.88	中国 快递 包装 标准	0.257	中国 快递 包装 标准	1.084	0.855	-0.03	GaBi 数据库
信封袋	2.52		0.008		1.084	0.855	-0.049	
塑料袋	2.68		0.56		0.104	0.949	-0.068	
编织袋	1.97		0.537		0.096	1.72	-0.068	
胶带	1.97		0.795		0.096	0.446	-0.068	
泡沫箱	3.04	基于 GaBi 软件 测算	0.758	基于 GaBi 软件 测算	0.117	1.652	-0.061	
气泡袋	2.15	0.363	0.012	0.563	-0.068			

参考文献

- 1. Excell, C., Salcedo-La Viña, C., Worker, J., & Moses, E. (2018).** Legal Limits on Single-Use Plastics and Microplastics: A Global Review of National Laws and Regulation. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- 2. Su Yuehuan, Duan Huabo, Wang Zinuo, et al., (2020) .** Characterizing the environmental impact of packaging materials for express delivery via life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 274:122961.
- 3. Wang shengli, Zang, ZhiXiang (2020).** From restriction to prohibition: a new plastic restriction order. *Ecological Economy*, 36(05):9-12.
- 4. Su Yuehuan, Duan Huabo, Wang Zinuo, et al., (2020) .** Characterizing the environmental impact of packaging materials for express delivery via life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 274:122961.
- 5. Ptb, A. , Ul, A. , & Zm, B. . (2020).** Life cycle greenhouse gas emissions and energy use of polylactic acid, bio-derived polyethylene, and fossil-derived polyethylene. *Journal of Cleaner Production*, 277.

编委

编委会主任

杜欢政	同济大学生态文明与循环经济研究所
蔡志强	中国石油化工股份有限公司化工事业部
高永平	中国石化化工销售有限公司

调研与编写组成员

吕峥	国家发展改革委营商环境发展促进中心
陈锟	中国石油化工股份有限公司化工事业部
张永涛	中国石油化工股份有限公司化工事业部
刘健	中国石化化工销售有限公司
张哲民	中国石化石油化工科学研究院
文婧	浙江省长三角循环经济技术研究院
宋广翰	同济大学土木工程学院
郭巍	浙江省长三角循环经济技术研究院
刘建成	同济大学生态文明与循环经济研究所
毛志强	同济大学生态文明与循环经济研究所
闵庆峰	同济大学马克思主义学院
杜丰洋	浙江省长三角循环经济技术研究院

调研支持团队

钱斌 刘文志 惠耀楠 于洋 边欣 赵小平 陆慧贤 于海洋 严伟峰
周建文 孔繁盛 余爵 南景天 向尚 丁超兵 郝群 朱剑锋