

信义山证汇通天下

证券研究报告

塑料及制品

可降解材料行业深度报告

领先大市-B(首次)

政策、技术、产业齐发展，可降解材料替代大势所趋

2023年4月18日

行业研究/行业深度分析

塑料及制品板块近一年市场表现



资料来源：最闻

首选股票

评级

688203.SH

海正生材

增持-B

相关报告：

【山证新材料】海正生材（688203.SH）：率先突破丙交酯实现量产，国内聚乳酸行业龙头

【山证新材料】新材料板块小幅震荡，合成生物学应用有望持续增长-新材料周报

分析师：

叶中正

执业登记编码：S0760522010001

邮箱：yezhangzheng@sxzq.com

研究助理：

冀泳洁 博士

邮箱：jiyongjie@sxzq.com

王锐

邮箱：wangrui1@sxzq.com

投资要点：

➢ “白色污染”是全球性重大挑战，可降解塑料是重要解决方案。2022年我国产生废弃塑料 6300 万吨，其中回收量、填埋量和焚烧量分别占比 30%/32%/31%，直接遗弃占比 7%，对环境造成严重破坏。塑料污染最终通过食物链影响各类生物和人类，据澳大利亚纽卡斯尔大学研究称，每个人一周内约等于食用一张信用卡大小的塑料。可降解材料使用后可以在自然条件下降解成对环境无害的物质，主要用于替代直接遗弃到自然界中的塑料。

➢ 可降解材料乘政策东风，下游需求有望超百万吨。2020 年我国发改委出台史上最严“禁塑令”，以 2020 年底、2022 年底和 2025 年为三大关键时间节点推进，随后各省市相继出台禁塑政策。在双碳大背景和禁塑政策推动下，可降解塑料替代传统塑料势在必行，根据我们的测算，到 2025 年，快递包装、外卖包装、塑料购物袋和农用地膜四大主要下游应用领域对可降解塑料的需求超 200 万吨，未来空间十分广阔。

➢ PLA 和 PBAT 为主流可降解材料，根据下游应用场景掺杂改性使用。2021 年全球生物可降解塑料产量 155.3 万吨，其中 PBAT、PLA 和淀粉基材料的产量占比较大，分别占比 30%、29%、26%。PLA 和 PBAT 因其良好的力学性能和相对其他可降解材料较低的价格，成为目前国内主流的两类可降解塑料产品。PLA 质地偏硬、脆性大，韧性较差；PBAT 延展性好成膜性能优异，力学强度较低，二者根据下游应用场景掺杂使用，主要呈互补关系。

➢ PLA 来源于生物质原料，被认为是最具市场前景的可降解材料。PLA 来源于植物，通过玉米、蔗糖等发酵产生乳酸，乳酸聚合形成聚乳酸，下游主要用于吸管、膜袋材料、3D 打印等领域，另外，由于 PLA 具有良好的可纺性，长期应用价值有望体现在纺织领域。目前市场上主要通过两步法“乳酸-丙交酯-聚乳酸”合成 PLA，由于丙交酯技术壁垒高、量产难度大，目前国内外实现 PLA 规模化量产的企业只有四家。

➢ 投资建议：随着疫情放开，消费复苏，可降解塑料行业在政策驱动下有望加速发展。PLA 作为生物基可降解材料，技术壁垒高，市场竞争格局较好，我们建议关注海正生材和金丹科技：

1) 海正生材在聚乳酸技术方面积累近 20 年，率先打破国外技术封锁，是国内首家实现 PLA 规模化生产的企业。公司目前拥有 4.5 万吨 PLA 产能，另外有 2 万吨产线处于试车状态，IPO 募投的年产 15 万吨聚乳酸项目将于 2024 年底投产，现有客户意向采购量覆盖公司扩增后产能比例较高，未来业



请务必阅读最后一页股票评级说明和免责声明

1



更多免费行业报告

并购家

www.ipoipo.cn

绩增长确定性高。

2) 金丹科技的乳酸及乳酸盐产能居全球第二，是国内乳酸行业龙头，公司沿着乳酸产业链向下游拓展，积极进行一体化布局，并且成功攻克丙交酯技术难关。2022 年 2 月公司发布可转债募投 7.5 万吨聚乳酸项目，有望在 2025 年打通玉米-乳酸-丙交酯-聚乳酸全产业链，为公司业绩贡献增量。

风险提示：政策推进不及预期；疫情影响经济恢复不及预期；在建项目进度不及预期；市场竞争加剧风险；技术更新迭代风险。

目录

1. 可降解塑料乘政策东风，发展大有可为.....	7
1.1 白色污染亟待解决，可降解塑料是重要解决方案.....	7
1.2 “禁塑令”趋严，可降解塑料替代传统塑料大势所趋.....	8
1.3 可降解塑料增长空间广阔，主要下游需求超百万吨.....	10
1.3.1 快递包装领域.....	11
1.3.2 外卖餐具领域.....	12
1.3.3 塑料购物袋领域.....	14
1.3.4 农用地膜领域.....	15
2. PLA 和 PBAT 为主流材料，生物基 PLA 被认为最具市场前景.....	16
2.1 PLA：最具市场前景的生物基可降解材料.....	18
2.1.1 双碳战略势在必行，生物基材料有望贡献核心力量.....	18
2.1.2 PLA 中间体丙交酯突破难度大，先发者优势深厚.....	22
2.2 PBAT：延展性优异的石油基可降解材料.....	25
3. 可降解塑料行业重点标的.....	29
3.1 海正生材：率先突破丙交酯实现量产，国内聚乳酸行业领军者.....	29
3.2 金丹科技：乳酸行业龙头，布局聚乳酸打通全产业链.....	31
4. 风险提示.....	31

图表目录

图 1： 我国塑料制品产量变动情况.....	7
图 2： 2022 年中国废弃塑料处理占比分布情况.....	7
图 3： 生物可降解塑料降解过程示意图.....	8
图 4： 2016-2021 年中国生物降解塑料产量和销量变动情况.....	11

图 5: 2021 年中国生物降解塑料产品结构（按销售收入计算）	11
图 6: 中国规模以上快递业务量变动.....	12
图 7: 2018 年中国塑料类快递包装废弃物（单位：万吨）	12
图 8: 2018-2022 年美团外卖业务交易情况.....	13
图 9: 2020 年中国外卖行业市场份额分布情况.....	13
图 10: 2017-2021 年中国外卖行业市场规模及占餐饮行业比重情况.....	13
图 11: 家庭塑料消费（大宗消费）构成.....	14
图 12: 中国人口总数.....	14
图 13: 2014-2019 年中国农用地膜使用量.....	15
图 14: 2016-2020 年中国地膜覆盖面积.....	15
图 15: 按原料来源不同的塑料类别.....	17
图 16: 2021 年全球生物可降解塑料产量结构.....	17
图 17: 生物碳循环示意图.....	20
图 18: 聚乳酸生产和降解全过程.....	20
图 19: 聚乳酸在下游传统领域和新兴领域的应用.....	21
图 20: 2020 年到 2021 年国内聚乳酸市场占有率变化.....	22
图 21: 全球主要聚乳酸企业的漫长产业化历程.....	24
图 22: PBAT 主要的合成方法.....	26
图 23: PBAT 原材料拆分.....	27
图 24: BDO 价格走势.....	27
图 25: PTA 和 AA 价格较为稳定.....	27
图 26: PBAT 生产成本构成占比.....	27
图 27: 2015-2020 年中国 PBAT 产量及增长率.....	28

图 28: 2022 年中国 PBAT 产能占比分布情况.....	28
图 29: 我国 PBAT 市场均价变动.....	28
图 30: 2020 年到 2021 年国内聚乳酸市场占有率变化.....	30
图 31: 海正生材营收和归母净利润变动情况.....	30
图 32: 海正生材聚乳酸销量变动情况（万吨）	30
图 33: 金丹科技营收和归母净利润变动情况.....	31
图 34: 金丹科技分产品营收结构（亿元）	31
表 1: 传统塑料与生物降解塑料对比.....	8
表 2: 国内禁塑时间表.....	9
表 3: 2020 年“禁塑令”涉及的塑料制品种类.....	9
表 4: 快递包装对可降解塑料的需求预测.....	12
表 5: 外卖包装对可降解塑料需求预测.....	13
表 6: 塑料购物袋对可降解塑料需求预测.....	15
表 7: 可降解塑料主要下游应用领域需求测算（单位：万吨）	16
表 8: 不同的塑料降解方式对比.....	16
表 9: 可降解材料性能对比.....	17
表 10: 中国生物基材料行业相关支持政策.....	18
表 11: 聚乳酸纤维与其他材料的性能比较.....	21
表 12: 聚乳酸制备方法对比.....	23
表 13: 丙交酯生产工艺中的几个关键步骤参数.....	23
表 14: 2021 年全球聚乳酸现有产能和规划产能具体建设情况.....	25
表 15: 2022 年中国 PBAT 投产产能情况.....	29

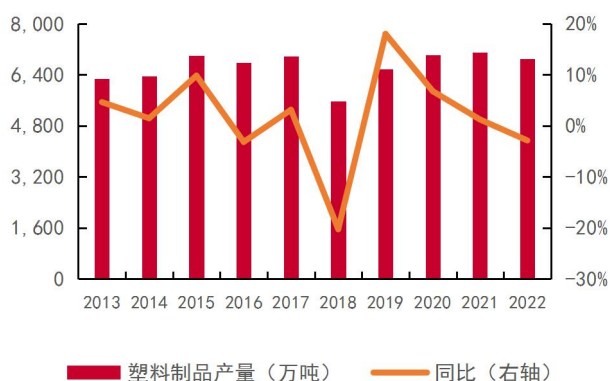
表 16: 2023 年中国 PBAT 预计投产产能和计划建成装置产能情况.....	29
--	----

1. 可降解塑料乘政策东风，发展大有可为

1.1 白色污染亟待解决，可降解塑料是重要解决方案

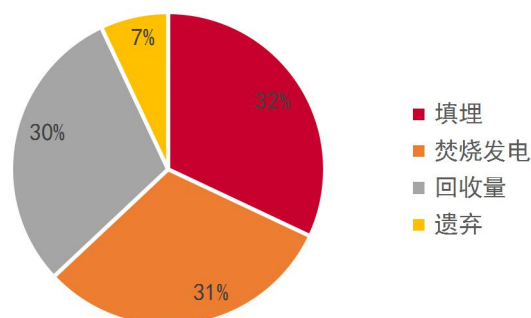
我国废弃塑料产生量大、回收比例低，白色污染问题严重。塑料是现代化工行业最重要的材料之一，然而使用后的废弃塑料制品具有数量大、分布广、难回收等特点，形成了全球都非常关注的“白色污染”问题，不仅污染环境、危害健康，还占用宝贵的土地资源。根据国家统计局统计，2022年，我国塑料制品总产量6901万吨。根据中国物资再生协会再生塑料分会统计，2022年我国产生废弃塑料6300万吨，其中回收量仅有1890万吨，占比30%，而填埋量为2016万吨、焚烧量1953万吨，分别占比32%和31%，直接遗弃的占比7%。焚烧易产生有毒有害气体，从而对大气造成污染，填埋会占用大量土地资源，并严重妨碍地下水的流通与水的渗透，直接遗弃到大自然的塑料制品降解时间需要几百年，这几种方式都对自然环境造成严重破坏。

图 1：我国塑料制品产量变动情况



资料来源：国家统计局，山西证券研究所

图 2：2022 年中国废弃塑料处理占比分布情况



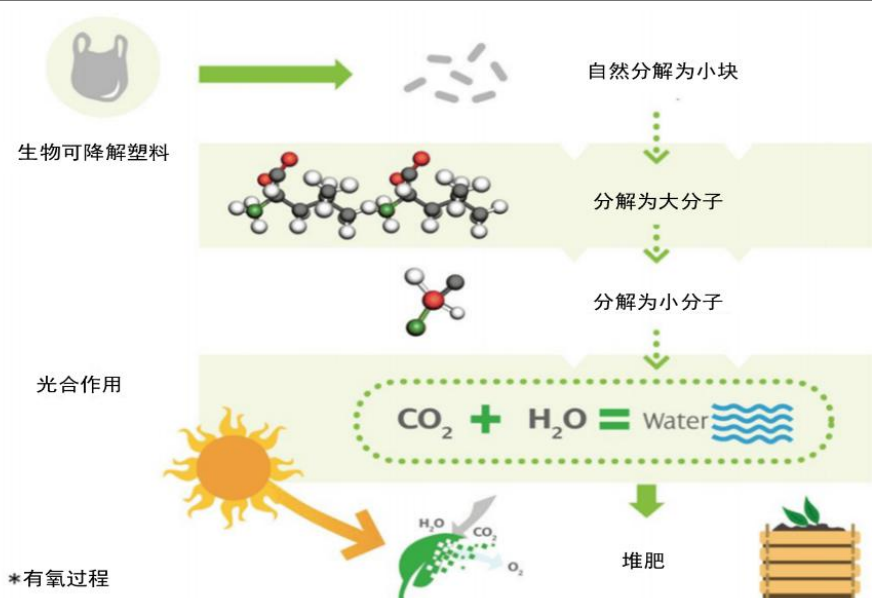
资料来源：中国物资再生协会再生塑料分会，山西证券研究所

塑料污染是全球性的重大挑战，悄无声息地威胁着地球生物的健康。2022年3月，在联合国第五届环境大会续会上通过了“终止塑料污染的决议”，该决议通过建立一个政府间谈判机制到2024年达成一项具有国际法律约束力的协议，涉及塑料及其制品的生产、设计、回收和处理等各个环节。终结塑料污染需要各国的共同努力，以可持续的方式来管理塑料制品的生命周期。塑料在其生命周期的各个阶段都会对环境造成破坏：传统石油基塑料在生产阶段会产生包括甲苯、二甲苯、乙苯在内的多种有机污染物，这些污染物最终会进入大气和水源，是引起全球气候变化的温室气体。在使用结束后，废弃塑料会进入土壤、水源和海洋，通过食物链影响各类生物和人类。2021年，微塑料颗粒首次出现在胎盘中。可见，塑料对人类健

康的影响已经极为严重。

可降解塑料降解时间短，是应对“白色污染”的重要解决方案。可降解塑料是指其制品的各项性能可满足使用性能要求，在保存期内性能不变，而使用后在自然环境条件下能降解成对环境无害的物质的塑料，其能够通过堆肥处理转化为肥料、二氧化碳和水，种植出含糖或淀粉的作物后，通过发酵或者化工加工就又能转化成用于生产高分子材料的有机分子。这样的可降解循环可以大幅减少废弃塑料对环境造成的影响，同时也是实现资源循环和利用的有效途径。与传统塑料相比，生物降解塑料在一定条件下只需较短时间就可由自然界中微生物作用进行降解，而传统塑料则需要长达几个世纪的时间进行降解，且降解产生的物质会对环境造成巨大污染，可降解塑料有望大幅替代传统塑料。

图 3：生物可降解塑料降解过程示意图



资料来源：科思德塑胶公司官网，山西证券研究所

表 1：传统塑料与生物降解塑料对比

	生物降解塑料	传统塑料
生产原料	石油、微生物、淀粉、玉米秸秆等	石油、废旧塑料
微生物降解	可微生物降解	不可微生物降解
降解时间	短至 60 天，长到 5、6 年	2、3 百年或者更长时间
生产成本	较高	低

资料来源：公开资料整理，山西证券研究所

1.2 “禁塑令”趋严，可降解塑料替代传统塑料大势所趋

我国出台史上最严“禁塑令”。国家发展改革委员会、生态环境部在 2020 年 1 月 19 日出台史上最强“禁

塑令”《关于进一步加强塑料污染治理的意见》（以下简称《意见》），计划到 2020 年底，我国将率先在部分地区、部分领域禁止、限制部分塑料制品的生产、销售和使用；到 2022 年底，一次性塑料制品的消费量将明显减少，可降解塑料将替代该类产品；到 2025 年底，可降解塑料产品开发应用水平进一步提升，重点城市塑料垃圾填埋量大幅降低，塑料污染得到有效控制。

表 2：国内禁塑时间表

主要产品	时间	地区	应用场景	要求
不可降解塑料袋	2020	直辖市、省会城市、计划单列市城市建成区	商场、超市等场所、餐饮打包外卖服务、展会活动、集贸市场	禁止使用规范和限制使用
	2022	全部地级以上城市建成区和沿海地区县城建成区	商场、超市等场所、餐饮打包外卖服务、展会活动、集贸市场	禁止使用规范和限制使用
	2025	全部地级以上城市建成区和沿海地区县城建成区	集贸市场	禁止使用
一次性塑料餐具	2020	全部地级以上城市建成区、景区	餐饮行业 餐饮堂食	禁止使用不可降解一次性塑料吸管、餐具
	2022	县城建成区、景区	餐饮堂食	禁止使用不可降解一次性塑料餐具
	2025	地级以上城市	餐饮外卖	不可降解一次性塑料餐具消耗强度下降 30%
宾馆、酒店一次性塑料用品	2022	全国	星级宾馆、酒店	不再主动提供一次性塑料用品
	2025	全国	所有宾馆、酒店	不再主动提供一次性塑料用品
快递塑料包装	2022	北京、上海、江苏、浙江等省市	邮政快递网点	禁止使用不可降解一次性塑料包装袋、编织袋
	2025	全国	邮政快递网点	禁止使用不可降解一次性塑料包装袋、编织袋

资料来源：国家发改委、生态环境部《关于进一步加强塑料污染治理的意见》，山西证券研究所

“禁塑令”比旧版“限塑令”更为严格。2008 年旧版“限塑令”规定禁止生产、销售、使用超薄塑料袋，并实行塑料袋有偿使用制度，但塑料袋价格便宜且购物方便，政策推出后效果甚微。2020 年出台的“禁塑令”与之相比更为严格，扩大了塑料制品等管控范围，同时以生产和销售两个环节为抓手彻底堵漏，并以明确的目标时限分步式实现政策落地。本次“禁塑令”的推出，一方面限制不可降解塑料的使用，另一方面鼓励支持可降解塑料、纸质等可降解、非塑材质实施替代，这将加速可降解塑料对传统塑料的替代。

表 3：2020 年“禁塑令”涉及的塑料制品种类

塑料制品	政策要点
禁止、限制使用的塑料制品	
不可降解塑料袋	商场、超市、药店、书店等场所以及餐饮打包外卖服务和各类，展会活动禁止使用，分为 2020、2022 和 2025 年三个时间节点，分别对应直辖市、省会城市、计划单列市城市建成区、全部地

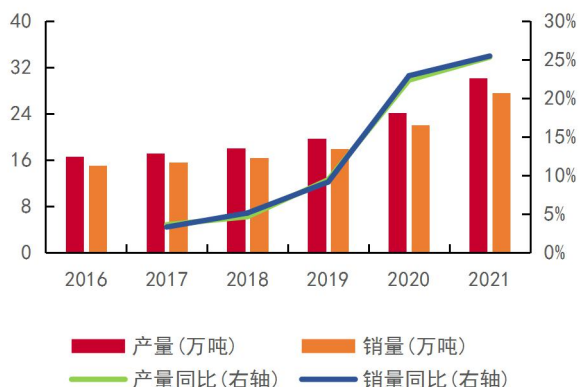
塑料制品	政策要点
	级及以上城市建成区和沿海地区县城建成区、上述区域的集贸市场。
一次性塑料餐具	到 2020 年底，全国范围餐饮行业禁止使用不可降解一次性塑料吸管：地级以上城市建成区、景区景点的餐饮堂食服务，禁止使用不可降解一次性塑料餐具。到 2022 年底，县城建成区、景区景点餐饮堂食服务，禁止使用不可降解一次性塑料餐具。到 2025 年底，地级以上城市餐饮外卖领域不可降解一次性塑料餐具消耗强度下降 30%。
宾馆、酒店一次性塑料用品	到 2022 年底，全国范围星级宾馆、酒店等场所不再主动提供一次性塑料用品，可通过设置自助购买机、提供续充型洗洁剂等方式提供相关服务：到 2025 年底，实施范围扩大至所有宾馆、酒店、民宿。
快递塑料包装	到 2022 年底，北京、上海、江苏、浙江、福建、广东等省市的邮政快递网点，先行禁止使用不可降解的塑料包装袋、一次性塑料编织袋等，降低不可降解的塑料胶带使用量。到 2025 年底，全国范围邮政快递网点禁止使用不可降解的塑料包装袋、塑料胶带、一次性塑料编织袋等。
禁止生产、销售的塑料制品	
超薄塑料购物袋、超薄农膜	禁止生产和销售厚度小于 0.025 毫米的超薄塑料购物袋，厚度小于 0.01 毫米的聚乙烯农用地膜。
医疗废物造塑料	禁止以医疗废物为原料制造塑料制品
进口废塑料	全面禁止废塑料进口
一次性发泡餐具等	到 2020 年底，禁止生产和销售一次性发泡塑料餐具、一次性塑料棉签；禁止生产含塑料微珠的日化产品
含塑料微珠日化产品	到 2022 年底，禁止销售含塑料微珠的日化产品。

资料来源：生态环境部《关于进一步加强塑料污染治理的意见》，山西证券研究所

1.3 可降解塑料增长空间广阔，主要下游需求超百万吨

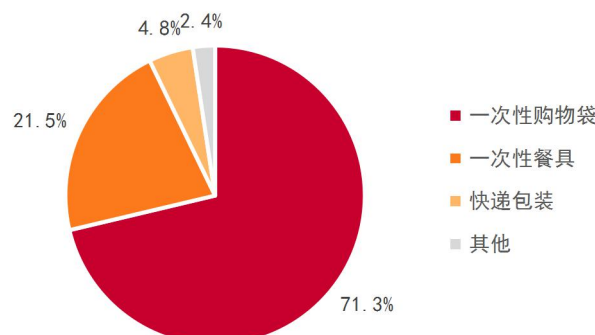
可降解塑料渗透率受政策驱动显著，下游应用领域拓展空间巨大。2019 年以前，我国生物降解塑料产量和销量增长较为缓慢，而自 2020 年“禁塑令”和双碳政策推出后，我国生物降解塑料产量和销量出现明显大幅增长，2021 年产量和销量分别为 30.2、27.6 万吨，增速均超 20%，随着“禁塑令”的深入推进，我国生物可降解塑料需求增长空间广阔。根据中商产业研究院数据，2021 年中国生物降解塑料产品销售收入占比最高的为一次性购物袋，占比高达 71.3%，其次为一次性餐具和快递包装，分别占比 21.5%和 4.8%，政策驱动效应显著，随着可降解塑料在上述应用领域的持续替代，社会对可降解塑料的接受度不断提高，未来可降解塑料有望在更多下游领域实现渗透。

图 4：2016-2021 年中国生物降解塑料产量和销量变动情况



资料来源：中商产业研究院，山西证券研究所

图 5：2021 年中国生物降解塑料产品结构（按销售收入计算）



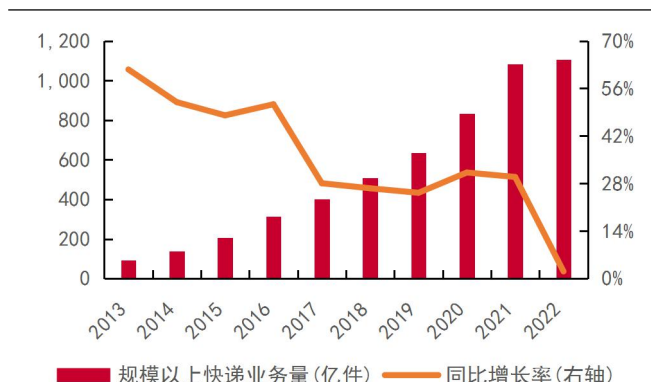
资料来源：中商产业研究院，山西证券研究所

1.3.1 快递包装领域

快递行业的高速增长带来大量的生物可降解塑料替代需求。随着我国电子商务的普及，我国快递行业步入高速发展阶段，2021 年之前，根据国家邮政局数据，我国规模以上快递业务量增速持续维持在 20% 以上，远高于 GDP 增速，而 2022 年由于疫情封控等原因，快递行业受到较大冲击，当年规模以上快递业务量同比仅增长 2.11%，但由于我国快递业务量的高基数，2022 年我国规模以上快递业务量高达 1100 多亿件。在快递业务量快速增长的同时，也产生了大量的废弃快递包装，由于难以收集回收，约 99%（质量比）直接混入生活垃圾被填埋或焚烧。根据绿色和平《中国快递包装废弃物产生特征与管理现状》中的数据统计，2018 年，我国快递行业共消耗塑料类包装材料 85.18 万吨，其中塑料薄膜袋占比达 81.5%，而其中大部分都是不可降解塑料，随着“禁塑令”的深入推进，快递塑料类包装将大规模被生物可降解塑料替代。

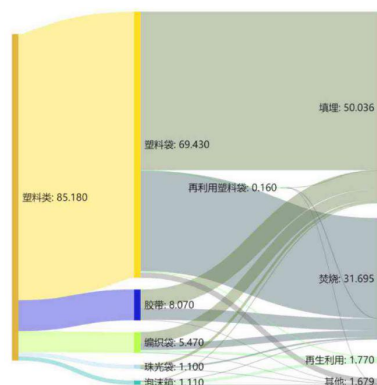
到 2025 年，快递包装领域对可降解塑料的需求接近 40 万吨。根据《意见》规划，到 2025 年底，全国范围邮政快递网点禁止使用不可降解的塑料包装袋、塑料胶袋、一次性塑料编织袋等。在政策的严格实施下，假设全国范围内可降解塑料替代率从 5% 逐步上升至 15%，同时假设快递行业消耗的塑料包装物与快递业务量维持同比例上升，其中快递业务量按照 10% 的年均复合增速计算，由此可测算出到 2025 年可降解塑料替代量为 37.08 万吨。

图 6：中国规模以上快递业务量变动



资料来源：国家邮政局，山西证券研究所

图 7：2018 年中国塑料类快递包装废弃物（单位：万吨）



资料来源：绿色和平《中国快递包装废弃物》，山西证券研究所

表 4：快递包装对可降解塑料的需求预测

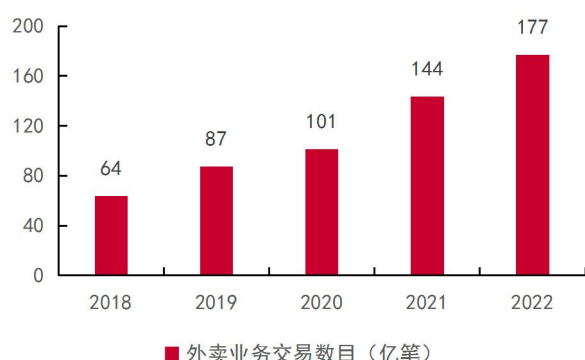
年份	快递业务量（亿件）	塑料类包装重量（万吨）	可降解塑料替代率	可降解塑料需求量（万吨）
2022	1105.80	185.75	-	-
2023E	1216.38	204.33	5%	10.22
2024E	1338.02	224.76	10%	22.48
2025E	1471.82	247.23	15%	37.08

资料来源：国家邮政局，绿色和平《中国快递包装废弃物产生特征与管理现状》，山西证券研究所

1.3.2 外卖餐具领域

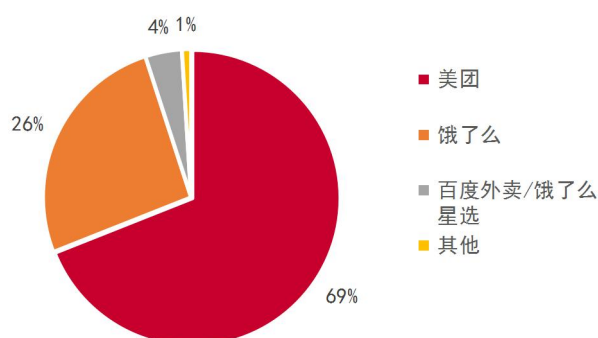
国内外卖行业持续高增长，2022 年市场规模达到 9417 亿元，2023 年有望进入万亿规模。自 2012 年餐饮外卖行业在中国爆发以来，我国外卖行业持续高速增长。截至 2021 年，我国外卖行业市场规模达到 8117 亿元，同比增长 22.1%，2022 年市场规模为 9417 亿元，同比增长 19.8%，增速仍维持在较高水平。根据中研网数据，2020 年美团和饿了么分别占据外卖行业 69% 和 26% 的市场份额。另据《2022 年美团及其产业链研究报告》，美团在 2022 年的外卖领域市场份额逼近 70%。中国外卖市场逐渐成熟，经过数十年的发展，已经形成了较为成熟的市场与较为稳定的竞争格局。2022 年美团外卖业务交易数目 177 亿笔，据此可大致测算 2022 年全国外卖业务交易数目为 252 亿笔，按每笔交易需要一份外卖餐具计算，整个外卖行业所需外卖餐具超 200 亿份。

图 8：2018-2022 年美团外卖业务交易情况



资料来源：，山西证券研究所

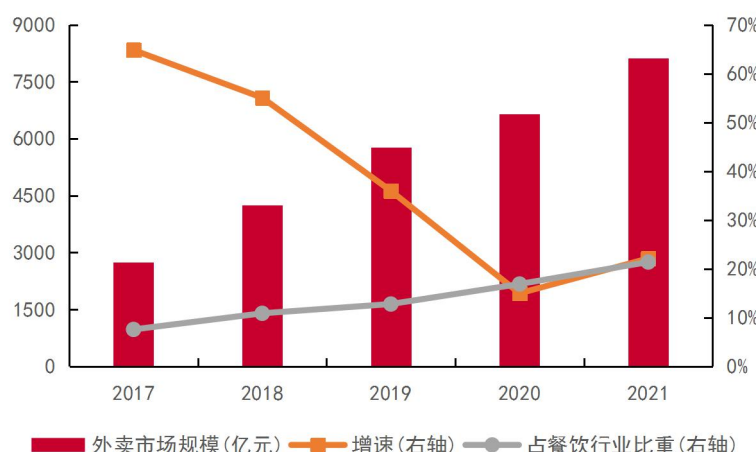
图 9：2020 年中国外卖行业市场份额分布情况



资料来源：智研咨询，山西证券研究所

到 2025 年，外卖包装领域对可降解塑料的需求超 40 万吨。国家发改委和生态环境部在《意见》提出，到 2025 年底，地级以上城市餐饮外卖领域不可降解一次性塑料餐具消耗强度下降 30%，据此假设 2025 年可降解塑料替代率为 30%。近几年，我国外卖行业增速虽有放缓，但仍在 20% 左右，此外，我国外卖行业市场规模占餐饮行业比重仍然较低，2021 年仅为 21.4%，仍有较大增长空间。到 2025 年，按照我国外卖行业年均复合增长率约为 10% 左右，根据论文《基于行业全产业链评估一份外卖订单的环境影响》，假设每单外卖消耗 2 个塑料餐盒，每个餐盒重 20g，平均每单外卖中餐勺重 2g，外卖包装袋重 5g，合计每单外卖塑料餐具消耗 47g，预计 2025 年外卖行业对可降解塑料的需求为 47.29 万吨。

图 10：2017-2021 年中国外卖行业市场规模及占餐饮行业比重情况



资料来源：华经产业研究院，山西证券研究所

表 5：外卖包装对可降解塑料需求预测

年份	外卖订单数 (亿笔)	平均每单塑料消耗量 (万吨)	可降解塑料替代率	可降解塑料需求 (万吨)
2022	252	118.44	-	-

年份	外卖订单数（亿笔）	平均每单塑料消耗量（万吨）	可降解塑料替代率	可降解塑料需求（万吨）
2023E	277.2	130.28	20%	26.06
2024E	304.92	143.31	25%	35.83
2025E	335.41	157.64	30%	47.29

资料来源：国家发改委，《基于行业全产业链评估一份外卖订单的环境影响》，山西证券研究所

1.3.3 塑料购物袋领域

超市购物袋是塑料袋使用最为频繁的场景。目前，一次性不可降解塑料袋的替代品主要有纸袋和可降解塑料袋，纸袋虽然成本低于可降解塑料袋，但纸袋的强度明显弱于可降解塑料袋，不适合大量购物场所。随着禁塑令的深入推进，可降解塑料袋对于一次性不可降解塑料的替代将逐渐加速。根据发改委和生态环境部《意见》，2020 年底首先在直辖市、省会城市、计划单列城市建成区禁止不可降解塑料袋的使用，到 2022 年底，实施范围扩大至全部地级以上城市建成区和沿海地区县城建成区；到 2025 年底，上述区域的集贸市场禁止使用不可降解塑料袋。

我国塑料袋年消费量超 700 万吨。根据《中国塑料的环境足迹评估》的数据统计，我国家庭年均消费 86kg 塑料，其中有 82kg 为大宗消费，而大宗消费中有 18%来自于超市、市场购物场景，以户均人口 2.92 人/户换算，人均塑料袋消费量为 5.05kg/年，根据国家统计局数据，2022 年我国总人口为 14.12 亿人，据此可测算出我国 2022 年塑料袋消费量约为 713.06 万吨。

图 11：家庭塑料消费（大宗消费）构成

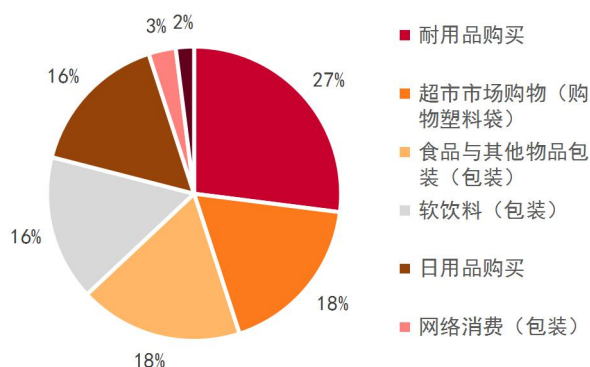


图 12：中国人口总数



资料来源：《中国塑料的环境足迹评估》，山西证券研究所

资料来源：，山西证券研究所

根据政策指引，到 2025 年塑料购物袋领域对可降解塑料的需求超 100 万吨。《意见》中提到先在部分地区禁止使用不可降解塑料，然后逐渐扩大范围，基于此，我们假设政策覆盖范围至 2025 年达到 60%，可降解塑料的渗透率达到 30%。由于我国人口总数在可预见的 3 年内大概率维持稳定，人均塑料袋消费量也

难以发生太大变化，所以我们假设 2022 年至 2025 年我国塑料袋消费量保持在 713.06 万吨的水平，据此可以测算出到 2025 年塑料购物袋对可降解塑料的需求量为 128.35 万吨。

表 6：塑料购物袋对可降解塑料需求预测

年份	塑料袋消费量（万吨）	政策推行力度	可降解塑料渗透率	可降解塑料需求（万吨）
2022	713.06	-	-	-
2023E	713.06	40%	20%	57.04
2024E	713.06	50%	25%	89.13
2025E	713.06	60%	30%	128.35

资料来源：《中国塑料的环境足迹评估》，国家发改委，山西证券研究所

1.3.4 农用地膜领域

我国农用地膜使用量大，地“魔”不得不防。农用地膜是继种子、化肥和农药之后的又一项重要生产资料，可以起到增温、保水、防虫和防草等作用，使用农用地膜可将种植作物生产率提升 20%~50%。为了满足我国与日俱增的粮食生产需求，地膜在过去 40 年间被广泛使用。据中国农村统计年鉴（2019）统计，2018 年，我国农用地膜使用量 140.9 万吨，约占全球地膜使用量 70%。2018 年我国地膜覆盖面积 17764.67 千公顷，约占中国耕地面积的 13%，占世界地膜覆盖面积约 90%。虽然地膜提高了作物的生产率，但地膜的长期大量使用和缺乏有效的回收处理导致了严重的“白色污染”问题。

图 13：2014-2019 年中国农用地膜使用量

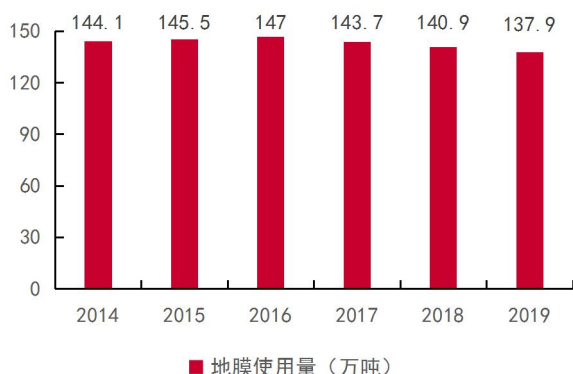
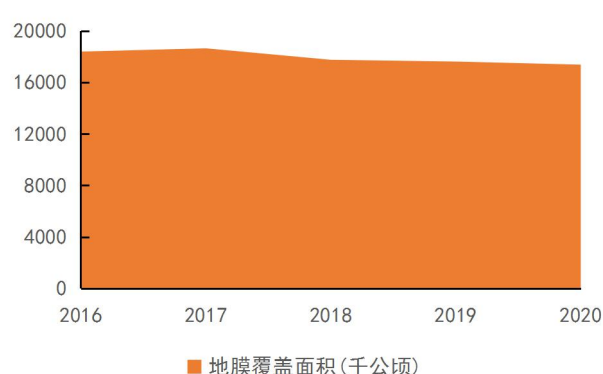


图 14：2016-2020 年中国地膜覆盖面积



资料来源：中国农村统计年鉴，山西证券研究所

资料来源：智研咨询，山西证券研究所

到 2025 年，农用地膜领域对可降解塑料需求超 20 万吨。2022 年 1 月，生态环境部、农业农村部等发布《农业农村污染治理攻坚战行动方案（2021-2025 年）》，提出推进全生物可降解地膜有序替代，在不同类型区域建设试验示范基地。2022 年下半年，内蒙古出台农用地膜补贴政策，推广 10 万亩全生物降解地膜，每亩补贴 120 元，补贴后可降解地膜综合价格为 160 元/亩，与普通地膜相比具有竞争力，可降解地膜渗透

率有望持续提升。若按照农用地膜使用量维持 2019 年 137.9 万吨的水平，到 2025 年，按照 15%渗透率计算，农用地膜对可降解塑料的需求量为 20.69 万吨。

综上四个主要下游应用领域对可降解塑料的需求，预计到 2025 年可降解塑料因替代传统塑料产生的需求超 200 万吨，若按照当前可降解塑料 1.5-2 万元/吨的平均售价进行测算，届时我国可降解塑料的市场规模超 300 亿元。

表 7：可降解塑料主要下游应用领域需求测算（单位：万吨）

	快递包装领域	外卖包装领域	塑料购物袋领域	农用地膜领域	合计
2025E	37.08	47.29	128.35	20.69	233.41

资料来源：国家发改委，生态环境部，山西证券研究所

2. PLA 和 PBAT 为主流材料，生物基 PLA 被认为最具市场前景

生物降解塑料为当下市场主流降解塑料种类。可降解塑料主要分为光降解塑料、生物降解塑料和光/生物双降解塑料，其中光降解塑料生产工艺简单、成本低，但需要充足的光照才能降解，存在很大的局限性；光/生物双降解塑料是一种结合了生物降解与光降解双重特点的可降解塑料，拥有两种降解方式的优点，但技术难度与规模化生产难度大，相关应用产品稀少，而生物降解塑料降解性能优异，生产工艺和成本处于三者的中间水平，是目前主流的降解塑料种类。

表 8：不同的塑料降解方式对比

降解方式	特点	优点	缺点	代表产品
生物降解	通过自然界中存在的作用，将塑料完全分解为可参与生态循环的小分子化合物，不对环境造成危害	降低能源消耗量与碳排放量，降解彻底	原料供应不足，生产工艺复杂，成本更高	PLA，PBAT，PHA，PBS
光降解	在光照/紫外线作用下大分子链逐渐分解，聚合物长分子链破碎为低分子量碎片，最后碎片被彻底氧化为二氧化碳和水。可分为共聚型光降解和添加光敏剂的光降解两种。	生产工艺简单，成本低	降解过程受环境影响大，失去光照降解即停止	光降解 PE、PS、PVC 等共聚物，光敏性聚合物
光/生物双降解	结合生物降解与光降解双重特点的可降解塑料	拥有两种降解方式的优点	技术难度与规模化生产难度大	目前尚无

资料来源：中商情报网，山西证券研究所

PLA 和 PBAT 是市场应用最广的生物可降解塑料。生物降解塑料根据原材料来源不同可分为生物基生物降解塑料和石油基生物降解塑料，其中生物基生物降解塑料包括 PLA、PHA 等，石油基生物降解塑料包

括 PBAT、PCL、PBS 等。根据欧洲生物塑料协会数据，2021 年全球生物可降解塑料产量 155.3 万吨，其中 PBAT、PLA 和淀粉基材料的产量占比较大，分别占比 29.91%、29.44%、25.55%。PLA 和 PBAT 是目前国内主流的两类可降解塑料产品，PLA 具有优良的生物相容性与生物可降解性，是目前产业化较快的生物降解材料；PBAT 分子链具有良好的柔性，成膜性能优异，主要用于膜袋类塑料制品；PHA 具有良好的生物相容性，可完全降解，但当前 PHA 的生产成本很高，超过了其他大部分可降解塑料，暂时用于医疗器械等高附加值领域；PBS 性能较好，具有良好的耐热性与力学性能，也可完全生物降解，但我国的丁二酸产能有限，因此 PBS 未能大规模生产。

图 15：按原料来源不同的塑料类别

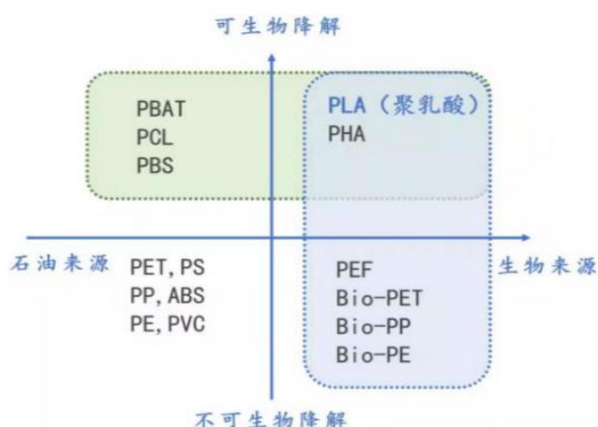
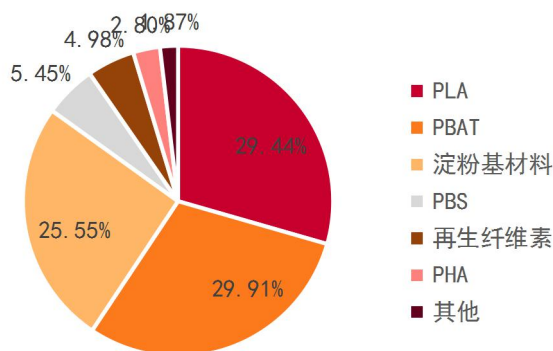


图 16：2021 年全球生物可降解塑料产量结构



资料来源：海正生材招股说明书，山西证券研究所

资料来源：欧洲生物塑料协会，山西证券研究所

表 9：可降解材料性能对比

		PLA	PHA	PBS	PBAT	PCL
材料性能	耐热性	低	高	高	低	低
	成膜性	中等	较容易	容易	容易	容易
	硬度	高	低	较低	低	低
	力学强度	高	低	较高	低	低
	耐久性	高	较低	中等	中等	较低
	透明度	高	较高	较低	低	中等
市场价格（万元/吨）		2.1-2.5	5.1-6.2	3.3-4.5	1.3-1.5	4.2-4.5
主要应用方向		食品容器、餐具及包装、膜袋产品、3D 增材纤维等	食品容器、餐具及包装	膜袋类、注塑餐具等	膜袋类、注塑餐具等、淋膜等	医疗辅助、3D 增材等

资料来源：海正生材招股说明书，公开资料整理，山西证券研究所

PLA 和 PBAT 是市场应用最广的生物可降解塑料，因二者性能存在差异，在下游应用中主要呈互补关系。生物降解塑料根据原材料来源不同可分为生物基生物降解塑料和石油基生物降解塑料，其中生物基生物降解塑料包括 PLA、PHA 等，石油基生物降解塑料包括 PBAT、PCL、PBS 等。根据华经产业研究院数

据，2021 年全球生物可降解塑料产量 155.3 万吨，其中 PBAT、PLA 和淀粉基材料的产量占比较大，分别占比 29.91%、29.44%、25.55%。PLA 和 PBAT 因其良好的力学性能和相对较低的价格，成为目前国内主流的两类可降解塑料产品，PLA 具有优良的生物相容性与生物可降解性，是目前产业化较快的生物降解材料；而 PBAT 分子链具有良好的柔性，成膜性能优异，主要用于膜袋类塑料产品；PHA 具有良好的生物相容性，可完全降解，但当前 PHA 的生产成本很高；PBS 性能较好，具有良好的耐热性与力学性能，也可完全生物降解，但我国的丁二酸产能有限，因此 PBS 未能大规模生产。PLA 质地偏硬、脆性大，但韧性较差，PBAT 延展性好、成膜性能优异，但力学强度较低，二者在终端制品中掺杂改性使用，根据不同的应用场景掺杂比例有所差异，主要呈互补关系。

对于可降解材料而言，成本仍然是制约渗透率提升的主要因素。传统石油基塑料如 PP、PE 的价格在 8-9K 左右，目前可降解塑料的市场价格在传统塑料的 1.5-4 倍左右。可降解塑料的原料主要来源于昂贵的生物基材料，生产工艺复杂，体量规模较小，在成本和综合性能上相较于传统塑料仍处于劣势。但随着企业扩产，技术升级，目前可降解塑料的价格相较于 2020 年来说已经有回落。短期内可降解材料的推广受政策驱动较大，主要用于对价格敏感度较低的传统塑料领域。

2.1 PLA：最具市场前景的生物基可降解材料

2.1.1 双碳战略势在必行，生物基材料有望贡献核心力量

生物基材料优势突出，是新材料发展的重要方向。生物基材料是利用谷物、豆科、秸秆、竹木粉等可再生生物质为原料制造的新型材料，如生物塑料、生物质功能高分子材料等。与用煤、石油等不可再生能源为原料生产的传统化工材料产品相比，生物基材料具有原料可再生、减少碳排放、节约能源等优势，部分品类还具有良好的生物可降解性，如 PLA、PHA、PGA 等，是国际新材料产业发展的重要方向。

双碳战略势在必行，生物基材料替代传统石油基材料是大趋势。目前，我国双碳政策的实施与发展重点在于新技术与新材料的应用。为促进我国生物基材料进一步发展，近年来国家陆续出台多项政策，为生物基材料行业的发展提供支持 with 规划指导，如《加快非粮生物基材料创新发展三年行动方案》、《“十四五”工业绿色发展规划》、《“十四五”生物经济规划》等。生物基材料被纳入“中国制造 2025”新材料前沿研究项目，在国家政策规划持续推进下，我国生物基材料行业发展前景广阔。

表 10：中国生物基材料行业相关支持政策

时间	法律法规及政策名称	发布部门	主要相关内容
2016 年 12 月	《“十三五”生物产业规划》	发改委	推动生物制造规模化应用：提高生物制造产业创新发展能力，推动生物基材料、生物基化学品、新型

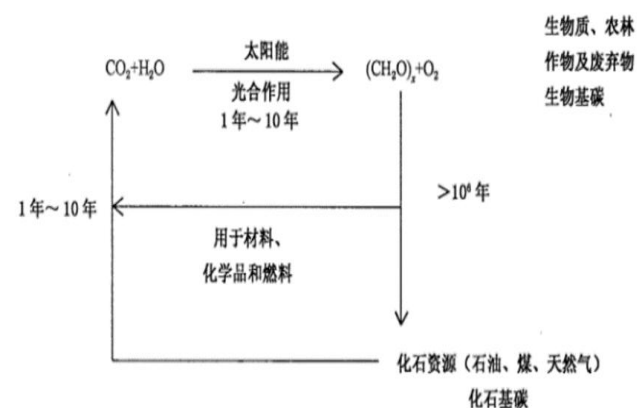
时间	法律法规及政策名称	发布部门	主要相关内容
			发酵产品等的规模化生产与应用，推动绿色生物工艺在化工、医药、轻纺、食品等行业的应用示范。
2017 年 4 月	《“十三五”材料领域科技创新专项规划》	科技部	将耐高温聚乳酸以及包括聚乳酸在内的全生物基聚酯列入规划
2018 年 11 月	《战略性新兴产业分类（2018）》	国家统计局	将聚乳酸所属的生物基新材料制造列入战略性新兴产业
2019 年 4 月	《产业结构调整指导目录（2019 版）》	发改委	鼓励生物可降解塑料及其系列产品开发、生产与应用
2021 年 11 月	《“十四五”工业绿色发展规划》	工信部	将绿色低碳材料推广列入工业碳达峰推进工程,推广低碳胶凝、节能门窗、环保涂料、全铝家具等绿色建材和生活用品，发展聚乳酸、聚丁二酸丁二醇酯、聚羟基烷酸、聚有机酸复合材料、椰油酰氨基酸等生物基材料。
2021 年 12 月	《“十四五”原材料工业发展规划》	工信部、科技部、自然资源部	将推进生物基材料全产业链制备技术的工程化列为技术创新重点方向；实施关键短板材料攻关行动，支持材料生产、应用企业联合科研单位，开展生物基材料、生物医用材料等协同攻关。
2022 年 4 月	《关于化纤工业高质量发展的指导意见》	工业和信息化部、国家发展和改革委员会	绿色制造体系不断完善，绿色纤维占比提高到 25% 以上，生物基化学纤维和可降解纤维材料产量年均增长 20% 以上，废旧资源综合利用水平和规模进一步发展，行业碳排放强度明显降低。
2022 年 5 月	《“十四五”生物经济发展规划》	国家发展和改革委员会	重点围绕生物基材料、新型发酵产品、生物质能等方向，构建生物质循环利用技术体系，推动生物资源严格保护、高效开发、永续利用，加快规模化生产与应用。
2022 年 9 月	《原材料工业“三品”实施方案》	工信部等四部门	丰富新材料品种，实施关键基础材料提升行动，完善新材料生产应用平台，优化上下游合作机制，聚焦高性能、功能化、差别化的新材料产品，重点发展高温合金、高性能特种合金、稀土功能材料、生物基和生物医用材料等关键基础材料。
2023 年 1 月	《加快非粮生物基材料创新发展三年行动方案》	工业和信息化部、国家发改委等六部门	到 2025 年，非粮生物基材料产业基本形成自主创新能力强、产品体系不断丰富、绿色循环低碳的创新生态，非粮生物质原料利用和应用技术基本成熟，部分非粮生物基产品竞争力与化石基产品相当，高质量、可持续的供给和消费体系初步建立。

资料来源：公开资料整理，山西证券研究所

聚乳酸性能优异，是最具市场前景的生物基可降解材料。与传统塑料和其他可降解塑料相比，聚乳酸性能突出：第一是生物降解性，聚乳酸因其主链上有大量酯键-COOR，是有机物中最容易断裂的化学键，故易于降解。PLA 在堆肥条件下 8-25 周即可降解，即使在自然条件下 3-5 年也会完全降解，而传统塑料降

解的时间在百年以上。**第二是安全性**，PLA 来源于植物，主要是玉米、蔗糖等制成乳酸，而乳酸本就是人体内的单体，故食物安全性很高。**第三是原油替代性**，PLA 来源于生物质材料，降低对石油资源的依赖，是资源优化的方向。**第四是减碳特性**，21 年工信部《“十四五”工业绿色发展规划》中明确提出将聚乳酸作为绿色低碳材料推广。同时，与其他可降解材料相比，PLA 本身材料性能优异，具有硬度高、力学性能好、透明度高、成本相对较低等特点。

图 17：生物碳循环示意图



资料来源：GB/T 41638.1-2022，山西证券研究所

图 18：聚乳酸生产和降解全过程



资料来源：丰原生物官网，山西证券研究所

聚乳酸作为可降解材料，目前主要用于一次性石油基塑料的替代，短期内需求受国内外政策影响较大。PLA 下游主要应用于吸管、膜袋类产品、一次性餐具、3D 打印等领域。据海正生材招股说明书统计，2021 年国内 PLA 消费量为 4.8 万吨。根据聚如如资讯统计，2022 年中国聚乳酸表观消费量约 7.5-8 万吨，其中，净进口 1.2 万吨（约进口 2 万吨，出口 8000 吨）。政策方面，2022 年 10 月，国家邮政局强调，2025 年底确保全国范围邮政快递网点使用不可降解的塑料包装袋、塑料胶带、一次性编织袋等。2023 年 2 月，国家标准《生物基塑料的碳足迹和环境足迹第一部分：通则》正式实施。2023 年 4 月，《中华人民共和国和法兰西共和国联合声明》中提到，中法两国重申各自碳中和/碳达峰承诺；中法两国反对塑料污染（包括微塑料污染）。国内塑料行业标准日趋完善，随着疫情放开，消费复苏有望带动 PLA 需求上涨。根据海正生材招股说明书预测，到“十四五”末期仅快递、外卖、地膜和塑料这四个领域对聚乳酸的需求量就将达到 112.7 万吨，而目前国内的消费量不到十万吨，聚乳酸行业发展空间广阔。

图 19：聚乳酸在下游传统领域和新兴领域的应用



资料来源：海正生材招股书，山西证券研究所

聚乳酸具有良好的成纤性，除了一次性塑料的替代之外，聚乳酸的长期应用价值有望体现在纺织领域。塑料垃圾会带给人们直接的视觉冲击，但人类肉眼看不见的微塑料也在扩散。学界将直径小于 5mm 的塑料颗粒、纤维和薄膜定义为微塑料。每次清洗含有合成纤维面料的衣物可以产生 2000 颗塑料微珠。2019 年，美国三藩市河口研究所在一份研究报告中指出，每年至少有 7 万亿颗塑料微粒通过旧金山湾进入大海，这些塑料微粒大部分来自衣物清洗和卫生用品的使用。最终塑料会通过食物链进入人体，据澳大利亚纽卡斯尔大学研究称，每个人一周内约等于食用一张信用卡大小的塑料。聚乳酸纤维性能优异，具有质量轻、强度高、抑菌性好、回弹性好、难燃烧、抗紫外线等优良特性，可以纯纺，也可以与棉、粘胶、莫代尔、天丝、竹纤维、羊毛等混纺，具有较好的化学惰性，对许多溶剂包括干洗剂稳定。聚乳酸纤维排螨率达到 86%，对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、白色念球菌的抑菌率高达 98%，其保温性是棉花蚕丝的 1.8 倍，且更为透气不易发霉，更适合潮湿的南方地区。聚乳酸制成的衣物柔软舒适、吸湿排汗、抗紫外线且抑菌能力强，未来有望在纺织领域部分替代涤纶/聚酯等产品。

表 11：聚乳酸纤维与其他材料的性能比较

纤维总类	尼龙 6	涤纶	聚乳酸 PLA	粘胶	棉	真丝	晴纶	羊毛
密度 g/cm ³	1.14	1.39	1.25	1.52	1.52	1.34	1.18	1.31
熔点℃	215	255	130-175	-	-	-	320	-
强度 g/d	5.5	2.4-7.0	2.0-6.0	2.5	4.0	4.0	3.6	1.6
公定回潮率%	4.5	0.4	0.6	13	8.5	10	2	15
弹性恢复率%	89	65	93	32	52	52	50	69

纤维总类	尼龙 6	涤纶	聚乳酸 PLA	粘胶	棉	真丝	晴纶	羊毛
燃烧热量 MJ/kg	3.1	25-30	19	17	17	-	31	21
极限氧指数%	20-24	20-22	25-27	17-19	16-17	-	18	24-25
抗紫外线	差	一般	好	差	较差	较差	极好	一般
光折射率	1.52	1.54	1.35-1.45	1.52	1.53	1.54	1.50	1.54
水接触角 $^{\circ}$	70	82	76	-	-	-	82	-

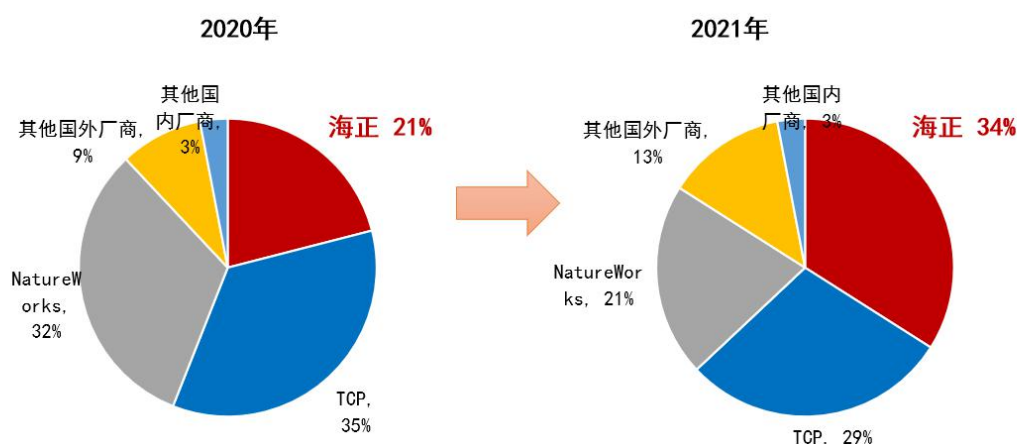
资料来源：安徽丰原生物纤维股份有限公司，山西证券研究所

聚乳酸行业在国内刚刚起步，目前处于政策导入期，发展空间大。根据海正生材招股说明书预测，到“十四五”末期仅快递、外卖、地膜和塑料这四个领域对聚乳酸的需求量就将达到 112.7 万吨。长期来看，在纺织领域，聚乳酸有望承担起重要替代角色，而 2022 年国内 PLA 总需求量仅在 7 万吨左右，聚乳酸行业发展空间广阔。

2.1.2 PLA 中间体丙交酯突破难度大，先发者优势深厚

目前全球实现聚乳酸量产的公司仅有四家，海外的两家分别是美国的 NatureWorks 和欧洲的 TCP，国内的是海正生材和丰原生物。据海正生材招股说明书统计，2021 年国内聚乳酸消费量为 4.8 万吨，海正在国内的销量为 1.64 万吨，国内市占率为 34%。2021 年度，TCP 和 NatureWorks 占据的境内市场份额分别为 28.56%和 21.40%，2021 年国内行业集中度 CR3 超 80%。受限于 PLA 中间体丙交酯的高技术壁垒，目前国内仅有海正生材和丰原生物实现从乳酸到聚乳酸的规模化量产，其中海正生材是目前唯一一家上市的聚乳酸企业，丰原生物处于辅导上市阶段。

图 20：2020 年到 2021 年国内聚乳酸市场占有率变化

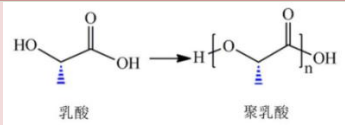


资料来源：海正生材招股说明书，山西证券研究所

丙交酯开环聚合是生产高品质大分子量聚乳酸的主要方法。聚乳酸的制备方法总体上可以分为两种：

一种是由“乳酸—丙交酯”与“丙交酯—聚乳酸”两阶段构成的“两步法”工艺（或称“间接法”），采用“两步法”工艺生产聚乳酸，第一步是将乳酸进行脱水酯化，制得乳酸低聚物，再将乳酸低聚物环化制得丙交酯，并对丙交酯进行提纯得到高纯度丙交酯；第二步是将丙交酯进行开环聚合，即可得到纯聚乳酸。另一种是乳酸直接缩聚成聚乳酸的“一步法”工艺（或称“直接法”），采用“一步法”工艺生产制成的聚乳酸分子量较低，不能满足下游产品对聚乳酸材料机械性能、耐久性等方面的需求，并且无法有效抑制生产过程中的可逆反应，产品的收率较低，两步法为目前生产聚乳酸的主要方法。

表 12：聚乳酸制备方法对比

方法	制备	优点	缺点	反应原理图
直接聚合法（一步法）	以乳酸单体直接脱水缩聚	生产工艺简单、转化率高、成本低	不易得到高分子量的聚合物	
丙交酯开环聚合法（两步法）	先将乳酸脱水生成丙交酯、再开环聚合制得聚乳酸	可用于 PLA 大规模的生产、可控制产物的分子量	生产工艺繁琐、成本高	

资料来源：海正生材招股说明书，山西证券研究所

丙交酯是 PLA 生产的核心中间体，技术和工艺壁垒高。目前，由乳酸单体聚合生产聚乳酸采用“两步法”工艺进行生产时，中间体丙交酯的合成和纯化反应条件苛刻、工艺复杂、技术要求较高。丙交酯的生产步骤主要包括利用乳酸先缩聚生成乳酸寡聚体，再将乳酸寡聚体解聚环化生成丙交酯。整个生产过程需要在高温、负压以及催化条件下进行，目前来看生产过程中的技术难点主要包括反应器材质要求苛刻、反应体系黏度过大、反应条件难以控制、催化剂难以选择以及综合收率难以提高等。由于必须用高纯度丙交酯才能合成分子量高、物理性能好的聚乳酸，因此，高纯度丙交酯的制造成为“两步法”工艺流程中的核心和难点，也是国内聚乳酸企业遇到的主要技术壁垒。

表 13：丙交酯生产工艺中的几个关键步骤参数

步骤	化学品	温度（℃）	压力（kPa）	反应产物指标要求	当前成本
乳酸预处理	—	60-80	3-5	乳酸浓度需超过 90%	低
乳酸缩聚	锌、锡类催化剂，有机胍类催化剂	140-160	20-60	乳酸寡聚体转化率需超过 90%	高
乳酸解聚	锌、锡类催化剂，有机胍类催化剂	180-250	1-5	粗丙交酯转化率需超过 90%	高
丙交酯提纯	—	180-250	1-5	聚合级丙交酯化学纯度需超过 99%，默认用于纺织的丙交酯光学纯度需超过 99%	适中

资料来源：《丙交酯产业现状及关键过程技术难点-佟毅等》，山西证券研究所

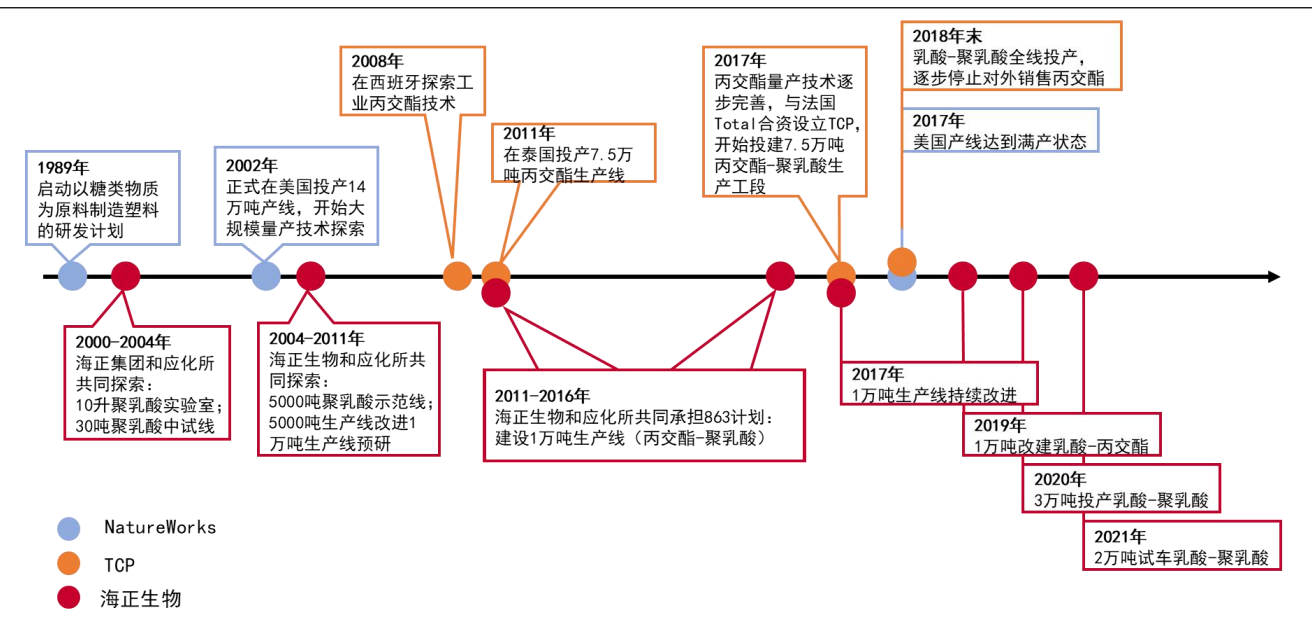
行业技术壁垒高，先发者优势显著。聚乳酸行业存在较高的进入壁垒，主要体现在以下三方面：

1) 行业学科跨度大，人才汇集难度大：聚乳酸生产过程有多个阶段，从玉米制成蔗糖，蔗糖发酵产生乳酸，乳酸预聚合形成丙交酯，丙交酯再开环聚合形成聚乳酸，整个生产过程涉及微生物发酵、化学工程、高分子聚合等多方面学科，需集齐各学科人才集中发力。

2) 投入大，回报周期长：若要将生产过程中的几个大环节组成一个系统，一次性资金投入很大，投资10万吨级别的聚乳酸产线需要10亿的初始投入，且建设期至少要三年时间。

3) 丙交酯规模化生产难度大：从历史经验来看，聚乳酸生产企业要实现万吨级规模的量产都摸索了数十年时间，从小试、中试到规模化生产一步步突破完善。NatureWorks 在 2002 年正式投产 14 万吨产线，2018 年才实现满产；TCP 从 2008 年攻坚丙交酯技术，2011 年在泰国投产丙交酯产线，2018 年实现乳酸到聚乳酸的全产线投产；海正生材 2004 年建成年产 30 吨聚乳酸小试生产线，花费十年时间与长春应化所实现丙交酯量产技术落地，2019 年实现万吨级规模化生产。

图 21：全球主要聚乳酸企业的漫长产业化历程



资料来源：公开资料整理，山西证券研究所

鉴于行业的高技术壁垒，我们认为后进入者突破难度较大，丙交酯的量产技术可能会限制国内聚乳酸新增产能的落地，国内新增规划产能可能会推迟。目前全球掌握“乳酸-丙交酯-聚乳酸”全部工段的企业仅有美国 NatureWorks、TCP 以及国内的海正生材、丰原生物四家。目前，NatureWorks 拥有 PLA 产能 15 万吨，TCP 拥有 7.5 万吨产能，丰原生物称拥有 10 万吨产能，海正生材拥有 4 万吨产能，全球总产能 36.5 万吨，国内产能 14 万吨。由于该行业前景广阔，国内企业积极向这一新兴市场拓展，加快布局步伐。根据海正生材招股说明书统计，未来 3 年我国聚乳酸生产线设计产能累计增量将超 100 万吨，但由于行业比较高的技术量产壁垒，我们认为新增产能实际落地时间可能会延迟，对于目前还没有丙交酯中试产线的企业来

说，若要实现聚乳酸规模化量产还为时尚早。

表 14：2021 年全球聚乳酸现有产能和规划产能具体建设情况

技术掌握情况	企业名称		聚乳酸产能情况	
			现有产能	新建产能情况
完整掌握两步法	NatureWorks		15 万吨/年	年产 7.5 万吨聚乳酸项目预计于 2024 年投产
	TCP		7.5 万吨/年	年产 10 万吨聚乳酸工厂预计于 2024 年投产
	海正生物		设计产能 4.5 万吨/年（其中 0.5 万吨/年为丙交酯投料），2021 年由于正在进行产能爬坡，实际产能 3.45 万吨/年	截至目前，年产能 2 万吨聚乳酸的生产线已处于试车阶段；此外，公司规划了年产能 15 万吨聚乳酸项目
	丰原生物		10 万吨/年	预计 2022 年上半年，在安徽的聚乳酸产能增加 30 万吨；另外在内蒙古和山东分别规划有 30 万吨和 10 万吨聚乳酸产能
掌握“两步法”部分工段	金丹科技	已掌握“乳酸—丙交酯”工段	丙交酯产能为 1 万吨/年，尚未形成聚乳酸产能	截至 2021 年 6 月，“年产 1 万吨聚乳酸生物降解新材料项目”实施方案仍在论证中；年产 1 万吨丙交酯项目已于 2022 年 1 月份转为固定资产
	中粮科技	已掌握“丙交酯—聚乳酸”工段	以丙交酯投料的聚乳酸产能为 3 万吨/年	3 万吨级丙交酯项目预计于 2023 年底投产
其他企业	普立思	未披露，已取得长春应化所出资的相关专利技术，尚未实现量产	—	拟建设 35 万吨聚乳酸产能，其中一期 5 万吨聚乳酸产能建设周期为 3 年
	联泓新科	具有“两步法”千吨级聚乳酸生产工艺技术，但尚未实现更大规模量产	千吨级聚乳酸产能	截至 2021 年底，已完成 28 万吨聚乳酸项目备案，其中 13 万吨聚乳酸项目已于 2022 年 4 月完成项目安全预评价，一期项目计划于 2023 年底前建成投产
	金发科技	未披露	-	截至 2022 年 4 月，3 万吨/年聚乳酸项目处于建设状态，预计于 2022 年第二季度投产，并将根据政策及市场情况，适时推进 6 万吨/年聚乳酸项目
	万华化学	未披露	-	其“年产 7.5 万吨聚乳酸一体化项目”于 2022 年 3 月进行环评公示

资料来源：海正生材招股说明书，山西证券研究所

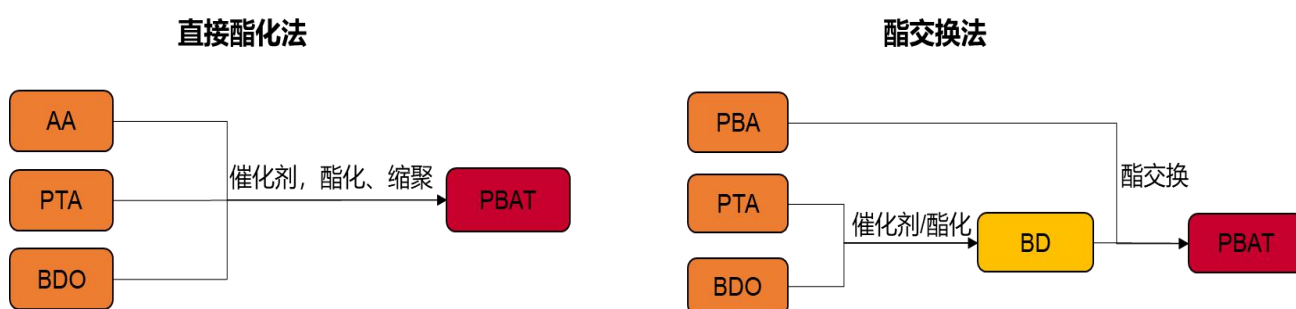
2.2 PBAT：延展性优异的石油基可降解材料

PBAT，又称聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯，是基于石油合成出来的高分子化合物，既有良好的延展性、断裂伸长能力、耐热性和抗冲击功能，又具有优良的生物降解性，是膜材料主体，广泛应用于塑料包装薄

膜、农用地膜等膜材料中。

目前合成 PBAT 的方法主要有直接酯化法和酯交换法，生产技术壁垒不高，市场上可以买到完整工艺包。直接酯化法主要是以 PTA，AA 以及 BDO 为原料，在催化剂条件下直接酯化、缩聚反应制得 PBAT。酯交换法主要是以聚己二酸丁二醇酯(PBA)、PTA、BDO 为原料，在催化剂作用下先进行酯化反应或者酯交换反应生成对苯二甲酸丁二醇酯预聚体(BD)，再与 PBA 进行酯交换熔融缩聚制得。目前国内主要采用共酯化（直接酯化法）工艺，由于只需一个反应釜进行一次酯化反应，因此具有工艺流程短、原料利用率高、反应时间短、生产效率高的特点。该工艺技术壁垒较低，我国的技术发展已经趋于成熟，近几年受政策驱动，大量企业涌入 PBAT 行业，我国 PBAT 产能大幅增加，在全球居于领先地位。

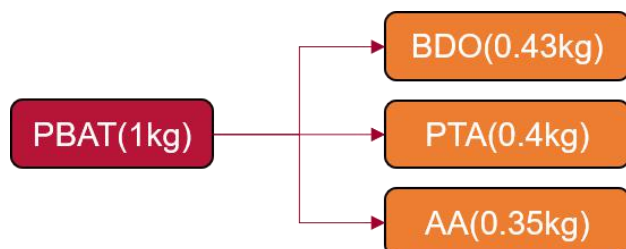
图 22：PBAT 主要的合成方法



资料来源：CNKI，山西证券研究所

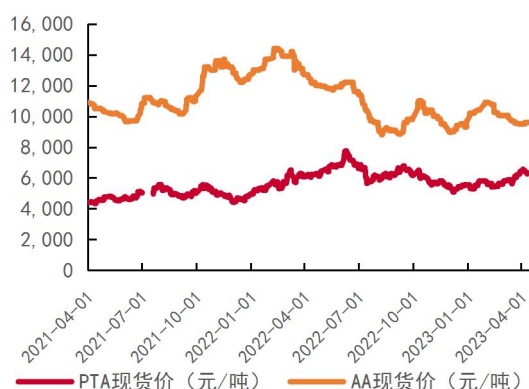
BDO 价格对 PBAT 的生产成本影响很大，拥有 BDO 产能的企业将脱颖而出。PBAT 由 BDO 和 PTA 以及己二酸 AA 合成，每生产 1 千克 PBAT 分别需要 430 克 BDO、400 克 PTA、350 克 AA，从原料的可获得性和成本来看，BDO 是最为关键的原料。据百川盈孚数据统计，2023 年 4 月 11 日 BDO、PTA、AA 市场价分别为 13750 元/吨、6350 元/吨、9600 元/吨，由此可大致计算出生产 1 吨 PBAT 的原料成本约为 11813 元。根据珠海万通 3 万吨 PBAT 项目环评报告，PBAT 的原材料成本占总生产成本的比例约为 72%，据此可大致测算出 PBAT 的总生产成本为 16407 元。当前 PBAT 市场均价约 1.3-1.5 万元/吨，其中 BDO 是成本占比最高的原材料，若 BDO 完全依靠外采则必然导致 PBAT 企业亏损，所以未来拥有 BDO 配套产能的企业将脱颖而出。

图 23: PBAT 原材料拆分



资料来源：华经产业研究院，山西证券研究所

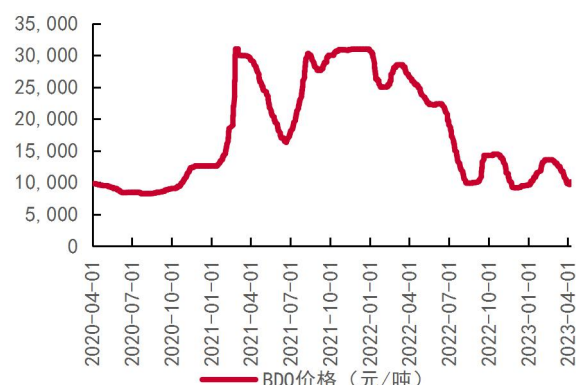
图 25: PTA 和 AA 价格较为稳定



资料来源：，山西证券研究所

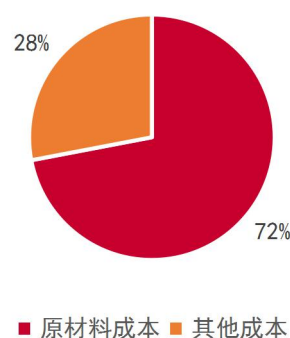
禁塑令驱动 PBAT 产量激增。2019 年之前，国内 PBAT 发展较慢，随着 2020 年“禁塑令”的发布，行业发展明显提速，2020 年 PBAT 产量激增至 13 万吨，同比增长 231.63%。目前，我国已经基本掌握 PBAT 的生产技术，采用酯化—缩聚反应进行工业化制备，并且随着技术的逐渐进步，成本可能进一步降低。PBAT 的低技术壁垒吸引了众多中小企业的进入，随之而来的是日益激烈的竞争，行业集中度相对较低。

图 24: BDO 价格走势



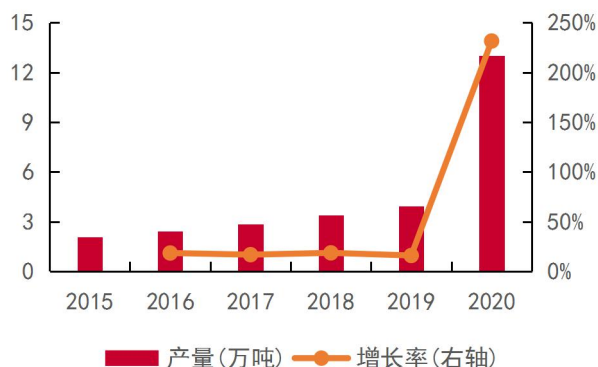
资料来源：百川盈孚，山西证券研究所

图 26: PBAT 生产成本构成占比



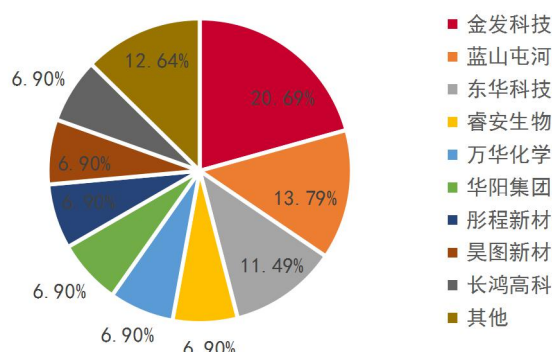
资料来源：珠海万通环评报告，山西证券研究所

图 27：2015-2020 年中国 PBAT 产量及增长率



资料来源：华经产业研究院，山西证券研究所

图 28：2022 年中国 PBAT 产能占比分布情况



资料来源：中国合成树脂协会，山西证券研究所

PBAT 价格乘坐过山车，下游需求未完全打开。自 2020 年“禁塑令”推出后，PBAT 需求大幅上升，由于供需错配，PBAT 价格呈现持续上升的态势，最高达到 3.5 万元/吨。PBAT 价格高企，盈利能力大幅上升，大量企业涌入 PBAT 行业，产能随之大幅增长，但近两年需求市场受疫情影响，叠加政策推进力度不及预期，导致 PBAT 市场价格持续下滑。目前主流牌号的均价已降至 1.3-1.5 万元/吨，部分公司市场价甚至低于出厂价。

图 29：我国 PBAT 市场均价变动



资料来源：百川盈孚，山西证券研究所

PBAT 产能扩张速度过快，2023 年产能超百万吨，恐有产能过剩的风险。由于 PBAT 生产壁垒不高，2020 年在“禁塑令”政策驱使下，强劲的市场需求和不足的产能促使很多企业开始介入 PBAT 行业。根据中国合成树脂协会生物降解树脂分会统计，2022 年国内 PBAT 已投产产能 87 万吨，其中产能规模较大的为金发科技和蓝山屯河，分别为 18 万吨/年和 12 万吨/年，同时预计到 2023 年国内将拥有 219 万吨的 PBAT

产能。2022 年中国 PBAT 实际产量 16 万吨，销售 14 万吨，其中内销 9 万吨，出口 5 万吨，库存 2 万吨，若在建和规划产能全部投产，可能会出现产能过剩问题。

表 15：2022 年中国 PBAT 投产产能情况

企业	金发	屯河	东华	睿安	万华	华阳	彤程	昊图	长鸿	康辉	华峰	金晖	莫高	仪征	合计
2022 年投产产能（万吨）	18	12	10	6	6	6	6	6	6	3	3	2	2	1	87

资料来源：中国合成树脂协会生物降解树脂分会，山西证券研究所

表 16：2023 年中国 PBAT 预计投产产能和计划建成装置产能情况

企业	康辉	维格瑞	金晖	瑞丰	道恩	宜化	彤程	宏源	望京龙	同德	开祥	金丹	恒通	昊源	合计
2023 年预计投产产能（万吨）	45	12	6	6	6	6	6	5	-	-	-	-	-	-	92
2023 年计划建成装置产能（万吨）	-	-	-	-	-	-	-	-	10	6	6	6	6	6	40

资料来源：中国合成树脂协会生物降解树脂分会，山西证券研究所

3. 可降解塑料行业重点标的

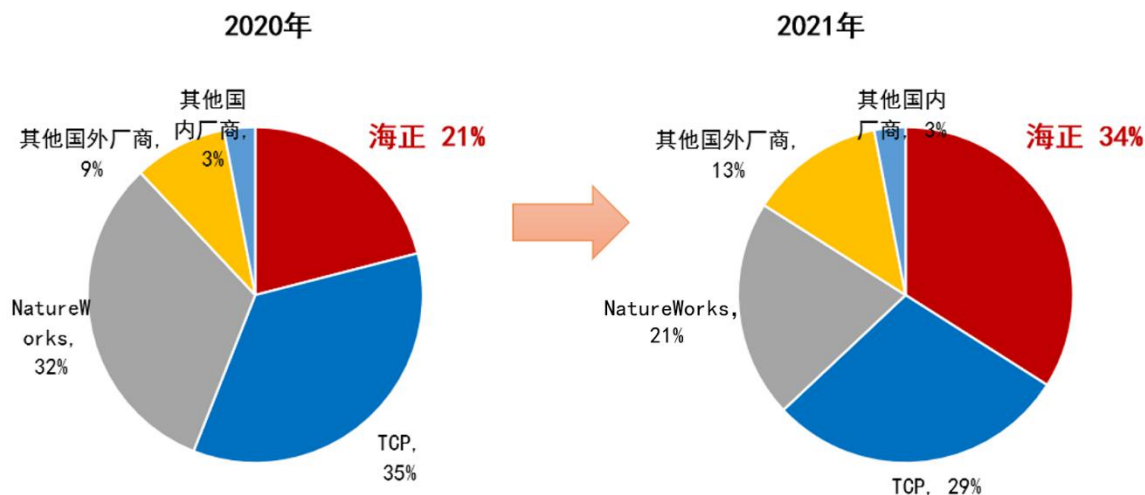
随着疫情放开，消费复苏，可降解塑料行业在政策驱动下有望加速发展。PLA 作为目前商业化较快的生物基可降解材料，被认为最具市场前景，行业技术壁垒高，市场竞争格局较好。从 2023 年来看，PLA 行业需求增长将主要来源于消费复苏带动的餐饮吸管替代、航空旅行的一次性餐具替代和快递包装袋的替代，我们建议关注具有先发优势的海正生材和一体化布局的金丹科技。

3.1 海正生材：率先突破丙交酯实现量产，国内聚乳酸行业领军者

公司率先突破丙交酯技术，是国内聚乳酸行业龙头。公司于 2022 年 8 月 16 日在科创板上市，是一家掌握了纯聚乳酸制造和复合改性各环节核心技术，并实现多牌号聚乳酸规模化生产和销售的公司。公司是国内为数不多完整掌握“两步法”工艺的企业，已完成较为完整的“乳酸-丙交酯单体-聚乳酸-聚乳酸制品”全工艺流程的开发，自 2019 年下半年起，公司已可自供丙交酯，突破了原料缺乏的瓶颈。2021 年公司聚乳酸销量为 2.1 万吨，其中国内销量为 1.64 万吨，在国内市占率为 34%，与 2020 年度相比，市占率大幅提升，超过国际大型企业 NatureWorks 和 TCP 跃居国内第一。此外公司向海外销售量占我国聚乳酸出口

总量的 81%，产品广受国际客户的认可。

图 30：2020 年到 2021 年国内聚乳酸市场占有率变化

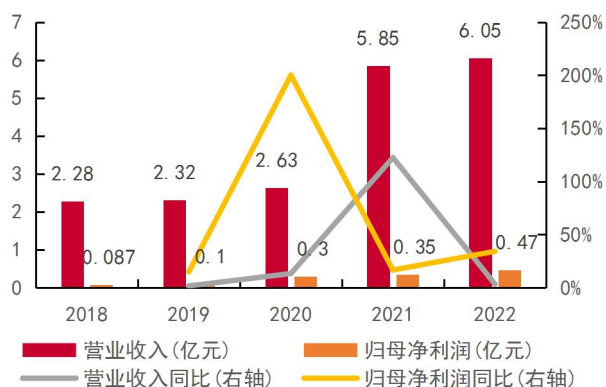


资料来源：海正生材招股说明书，山西证券研究所

公司积极扩建聚乳酸产能，下游客户认可度高。公司现有的聚乳酸设计年产能为 4.5 万吨，另有年产 2 万吨聚乳酸的生产线已处于试车阶段。公司 IPO 募投项目拟新建 2 条先进的聚乳酸生产线，设计新增聚乳酸产品年产能 15 万吨。项目建成投产后，公司的聚乳酸产能将从 6.5 万吨/年增长至 21.5 万吨/年。根据公司招股说明书统计，对于未来新增的聚乳酸产能，公司已经收到部分客户意向采购函，2023-2026 年客户意向采购量达到 6.29、9.09、12.04、13.68 万吨，现有客户意向采购量覆盖公司扩增后产能比例较高，产能完全释放后将大幅推动公司业绩增长。

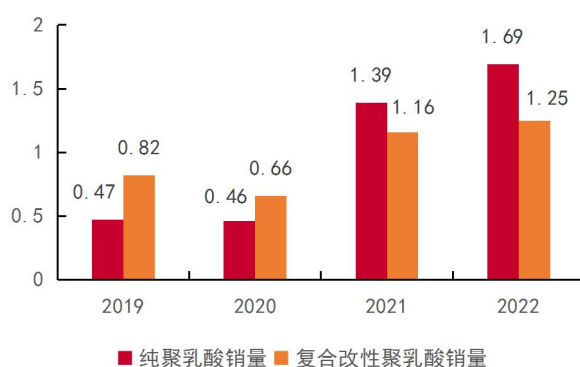
风险提示：原材料上涨的风险、产能扩张不及预期的风险、市场竞争加剧的风险、公司业务拓展受下游需求影响较大的风险、政策执行力度不及预期的风险。

图 31：海正生材营收和归母净利润变动情况



资料来源：，山西证券研究所

图 32：海正生材聚乳酸销量变动情况（万吨）



资料来源：海正生材 2022 年报，山西证券研究所

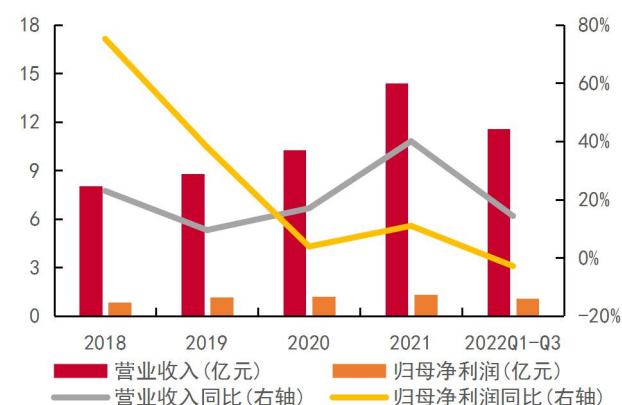
3.2 金丹科技：乳酸行业龙头，布局聚乳酸打通全产业链

公司乳酸及乳酸盐产能全球第二，国内市占率超 50%。公司主要从事乳酸及其系列产品的研发、生产和销售，主要产品包括各类乳酸、乳酸盐和乳酸酯等，产品广泛应用于食品、饲料、生物降解材料、工业、医药等领域。目前公司拥有乳酸产能 18.7 万吨，其中包括年产 5 万吨的高光纯乳酸产能。目前公司凭借可靠的乳酸产品质量及良好的服务，产品销往欧洲、日本、韩国、东南亚、美洲、大洋洲等 80 多个国家和地区。

国内乳酸行业龙头，向乳酸下游拓展布局聚乳酸。公司是国内乳酸行业龙头，沿着乳酸产业链积极进行一体化布局，进军乳酸下游丙交酯和可降解材料聚乳酸行业。公司年产 1 万吨丙交酯项目已攻克关键技术瓶颈，目前可以稳定生产出质量合格的丙交酯产品并具备大规模工业化扩产条件，该项目已于 2022 年 1 月转固。2023 年初公司发布可转债项目募投 7.5 万吨聚乳酸项目，未来打通聚乳酸之后，公司将成为拥有玉米-乳酸-丙交酯-聚乳酸全产业链的企业，产业链各环节环环相扣，上下游相互依托，一体化生产将带来显著的成本优势和规模优势。

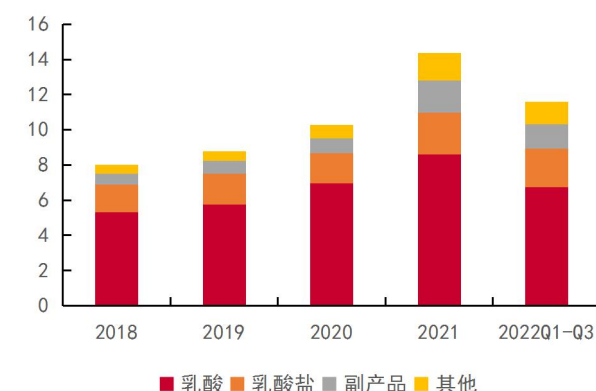
风险提示：原材料上涨的风险、产能扩张不及预期的风险、市场竞争加剧的风险、政策执行力度不及预期的风险。

图 33：金丹科技营收和归母净利润变动情况



资料来源：，山西证券研究所

图 34：金丹科技分产品营收结构（亿元）



资料来源：，山西证券研究所

4. 风险提示

政策推进不及预期：当前可降解塑料成本仍高于传统塑料，“限塑禁塑”政策的推行是可降解塑料发展的主要驱动因素，若政策实施力度不及预期，可降解塑料在下游各应用领域的需求将难以放量。

疫情影响经济恢复不及预期：受疫情影响过去 3 年收入放缓和今后收入预期减弱等因素影响，消费复

苏力度不及预期。

在建项目进度不及预期：下游厂商目前正积极扩建产能，但受资金、政策、自然环境等意外事件影响，厂商的在建项目可能难以如预期般投产、达产，届时可能导致可降解塑料价格居高不下，进而抑制需求。

市场竞争加剧风险：在禁塑令的驱动下，近几年越来越多的企业进入到可降解塑料行业，并纷纷大幅扩产，若未来需求难以大幅放量，可降解塑料可能会出现供给过剩，进而影响整个行业的健康发展。

技术更新迭代风险：目前对于传统塑料的最佳替代品为可降解塑料，但是不排除未来有性价比更高的新材料被研发出来，若出现性价比更高的新材料，可降解塑料可能会被替代。

分析师承诺：

本人已在中国证券业协会登记为证券分析师，本人承诺，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本人对证券研究报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规，研究方法专业审慎，分析结论具有合理依据。本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接接受到任何形式的补偿。本人承诺不利用自己的身份、地位或执业过程中所掌握的信息为自己或他人谋取私利。

投资评级的说明：

以报告发布日后的 6--12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。

无评级：因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见的结果的重大不确定事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。（新股覆盖、新三板覆盖报告及转债报告默认无评级）

评级体系：**——公司评级**

- 买入： 预计涨幅领先相对基准指数 15%以上；
- 增持： 预计涨幅领先相对基准指数介于 5%-15%之间；
- 中性： 预计涨幅领先相对基准指数介于-5%-5%之间；
- 减持： 预计涨幅落后相对基准指数介于-5%- -15%之间；
- 卖出： 预计涨幅落后相对基准指数-15%以上。

——行业评级

- 领先大市： 预计涨幅超越相对基准指数 10%以上；
- 同步大市： 预计涨幅相对基准指数介于-10%-10%之间；
- 落后大市： 预计涨幅落后相对基准指数-10%以上。

——风险评级

- A： 预计波动率小于等于相对基准指数；
- B： 预计波动率大于相对基准指数。

免责声明:

山西证券股份有限公司(以下简称“公司”)具备证券投资咨询业务资格。本报告是基于公司认为可靠的已公开信息,但公司不保证该等信息的准确性和完整性。入市有风险,投资需谨慎。在任何情况下,本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下,公司不对任何人因使用本报告中的任何内容引致的损失负任何责任。本报告所载的资料、意见及推测仅反映发布当日的判断。在不同时期,公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。公司或其关联机构在法律许可的情况下可能持有或交易本报告中提到的上市公司发行的证券或投资标的,还可能为或争取为这些公司提供投资银行或财务顾问服务。客户应当考虑到公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。公司在知晓范围内履行披露义务。本报告版权归公司所有。公司对本报告保留一切权利。未经公司事先书面授权,本报告的任一部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品,或再次分发给任何其他人,或以任何侵犯公司版权的其他方式使用。否则,公司将保留随时追究其法律责任的权利。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此声明,禁止公司员工将公司证券研究报告私自提供给未经公司授权的任何媒体或机构;禁止任何媒体或机构未经授权私自刊载或转发公司证券研究报告。刊载或转发公司证券研究报告的授权必须通过签署协议约定,且明确由被授权机构承担相关刊载或者转发责任。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此提示公司证券研究业务客户不得将公司证券研究报告转发给他人,提示公司证券研究业务客户及公众投资者慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

依据《证券期货经营机构及其工作人员廉洁从业规定》和《证券经营机构及其工作人员廉洁从业实施细则》规定特此告知公司证券研究业务客户遵守廉洁从业规定。

山西证券研究所:

上海

上海市浦东新区滨江大道 5159 号陆家嘴滨江中心 N5 座 6 楼

太原

太原市府西街 69 号国贸中心 A 座 28 层
电话: 0351-8686981
<http://www.i618.com.cn>

深圳

广东省深圳市福田区林创路新一代产业园 5 栋 17 层

北京

北京市西城区平安里西大街 28 号中海国际中心七层
电话: 010-83496336

