

双碳目标下 PLA 多场景应用产业链生态治理协同机制创新

徐慧丹 陈思铭 郑德武 毕梦婷 陈日城

阳光学院, 福建 福州 350015

摘要: 双碳目标的提出推动我国产业绿色转型进入攻坚阶段, 聚乳酸 (PLA) 作为可降解生物基材料的核心品类, 在一次性餐具、吸管及农用地膜等场景的规模化应用成为破解塑料污染与实现碳减排的关键路径。本文基于产业链生态治理与协同治理理论, 结合 PLA 产业发展现状, 系统分析其在多场景应用中面临的技术瓶颈、成本压力、标准缺失及主体协同不足等治理困境。以一次性可降解餐具、吸管与农用地膜为实证案例, 从主体协同、要素协同、流程协同三个维度构建 PLA 产业链生态治理协同创新机制, 并提出政策保障、技术支撑、市场引导等配套措施, 为推动 PLA 产业链高质量发展、助力双碳目标实现提供理论参考与实践路径。

关键词: 双碳目标; PLA; 产业链生态治理; 协同机制; 可降解材料

DOI: 10.64649/yh.shygl.2026010003

1 引言

1.1 研究背景

全球气候变化加剧推动绿色低碳发展成为国际共识, 我国提出“2030年前碳达峰、2060年前碳中和”的双碳目标, 为产业结构优化与生态环境治理指明方向^[1]。塑料污染作为全球性环境问题, 传统石油基塑料的难降解特性导致碳足迹居高不下, 据统计, 零售、快递、外卖三大领域一次性塑料废弃物中仅 27% 得到回收, 69% 被焚烧或填埋, 加剧了碳排放与环境压力^[2]。聚乳酸 (PLA) 以玉米、土豆等可再生资源为原料, 在工业堆肥条件下可完全降解为二氧化碳和水, 碳足迹较传统石油基塑料降低 85%, 含 100% 回收料的 PLA 更能实现负碳足迹, 成为替代传统塑料的核心解决方案。

当前, PLA 已在一次性可降解餐具、吸管、农用地膜等领域实现规模化应用, 全球 PLA 产能已突破 300 万吨/年, 中国以 120 万吨/年产能位居全球首位。但在双碳目标全面推进的背景下, PLA 产业链仍面临核心技术依赖进口、成本高企、标准不统一、回收体系不完善等问题, 产业链各主体间协同不足导致生态治理效能低下。因此, 探索 PLA 多场景应用产业链生态治理协同机制创新, 对破解产业发展瓶颈、提升碳减排效益具有重要现实意义。

1.2 研究意义

理论意义: 本文结合双碳目标要求, 将产业链生态治理理论与协同治理理论融入 PLA 产业研究, 构建多维度协同创新机制, 丰富了生物基材料产业治理的理论体系, 为产业链绿色转型相关研究提供新视角。

实践意义: 针对 PLA 在一次性可降解餐具、吸管与农用地膜应用中的产业链治理痛点, 提出切实可行的协同机制与保障措施, 可推动

产业链各环节高效协同, 降低生产成本, 提升 PLA 材料的市场竞争力, 助力塑料污染治理与双碳目标实现。

2 双碳目标下 PLA 产业链生态治理现状与协同困境

2.1 PLA 产业链发展现状

PLA 产业链涵盖上游原料供应 (玉米、甘蔗、土豆等生物质资源)、中游材料生产 (乳酸发酵、丙交酯合成、PLA 聚合)、下游应用加工 (餐具、吸管、地膜等制品生产) 及末端回收处置 (堆肥降解、机械回收等) 环节。当前, 我国已形成以安徽丰原、金丹科技等企业为龙头的 PLA 产业集群, 上游原料产能充足, 广西、河南等省份依托本地生物质资源优势, 加速推进 PLA 产业化进程。在应用端, 随着“限塑令”等政策推进, 一次性可降解餐具、吸管已在餐饮行业广泛应用, 农用地膜在甘肃、安徽等地区的试验示范取得显著成效, 实现了作物增产与残膜污染治理的双重效益。

双碳目标推动下, PLA 产业迎来政策红利期, 广西、河南等省份出台专项政策, 通过“揭榜挂帅”、财政补贴、产业研究院建设等方式, 支持 PLA 技术创新与产业链完善。同时, PLA 材料的低碳优势凸显, 道达尔能源科碧恩的 Luminy[®] PLA 系列产品碳足迹较传统塑料降低 85%, 为下游企业实现碳减排目标提供了有效路径。

2.2 PLA 产业链生态治理协同困境

我国 PLA 产业存在“卡脖子”技术问题, 80% 的丙交酯制备技术依赖进口, 核心生产设备双螺杆反应器进口价格涨幅达 220%, 且非粮原料加工技术不成熟, 秸秆等原料收储困难、产品收率不稳定^[3]。科研机构与企业间协同创

新机制不完善,实验室技术向产业化转化效率低,如PHA(与PLA共混使用的生物基材料)从克级制备到吨级量产的工程化转化能力缺失,导致产能规划与实际产量差距较大。

PLA生产遵循“10倍法则”,工程化放大过程中成本飙升,玉米基PLA成本受粮食价格波动影响剧烈,非粮路线虽可降低成本,但技术尚未完全成熟。上游原料供应与下游需求存在错配,中小企业因原料采购成本高、批量小,难以形成规模效应;下游企业因PLA制品价格高于传统塑料,使用积极性不足,导致产业链上下游协同发展动力不足。

PLA制品回收处置环节与生产、消费环节协同不足,缺乏“生产-消费-回收-再利用”的闭环体系。在一次性餐具、吸管场景,回收渠道分散,分类回收难度大;在农用地膜场景,虽有试点地区实现较高回收率,但全国范围内回收点数量不足、回收成本高,且回收后资源化利用技术不成熟,导致PLA材料循环利用效率低下^[4]。此外,不同地区回收政策不统一,跨区域协同治理机制缺失,进一步制约了全流程协同效能。

3 双碳目标下PLA产业链生态治理协同机制创新框架

基于PLA产业链协同困境,结合双碳目标要求,构建“主体协同-要素协同-流程协同”三位一体的协同机制创新框架,推动产业链生态治理效能提升。

3.1 主体协同机制:构建多元共治网络

借鉴ESG推动产业链协同绿色转型的数字机制,构建PLA产业链数字化协同平台,整合公家的策略信息、企业生产数据、科研机构技术成果、消费者需求反馈等资源,实现信息共享与高效对接。建立“公家-企业-科研机构”联合攻关机制,针对丙交酯制备、非粮原料加工等核心技术瓶颈,开展产学研协同创新,设立专项基金支持技术研发与工程化转化。

3.2 要素协同机制:优化资源配置效率

构建“基础研究-应用开发-产业化应用”技术创新链,推动科研机构与企业菌种改良、工艺优化、设备研发等方面深度合作。重点突破非粮化生产技术,推广广西“柔性糖平台”干法生物炼制技术,以蔗渣、秸秆为原料降低生产成本;提升PLA改性技术,解决耐热性不足、加工窗口狭窄等问题,拓展应用场景。

建立多元化资本投入机制,整合公家财政资金、产业基金、社会资本等资源,重点支持核心技术研发、产业链配套设施建设与回收体系完善。推广广西“揭榜挂帅”前资助模式,明确技术成果落地要求,提升资金使用效率;引导金融机构开发绿色金融产品,为中小企业提供信贷支持,缓解成本压力。

构建“环境友好性+功能适配性”双维度PLA标准体系,加快制定不同应用场景的降解标准、性能标准与检测方法,推动与国际标准接轨。依托数字化协同平台,建立碳排放核算与追溯体系,实现PLA产业链全生命周期碳足迹可视化,为双碳目标考核提供数据支撑。同时,加强标准宣贯,提升企业合规意识与消费者认知度。

3.3 流程协同机制:打造闭环循环体系

构建“原料基地-加工企业”一体化供应体系,依托广西、河南等生物质资源富集区,建设非粮原料收储与预处理基地,解决秸秆收储困难、质地差异大等问题。推动上游原料企业与中游生产企业签订长期合作协议,稳定原料供应价格,保障产业链原料安全。

推广安徽丰原“玉米芯-乳酸-PLA-纤维”全产业链模式,实现上下游企业集聚发展,缩短原料运输半径,降低物流成本。鼓励中游生产企业与下游制品企业协同开展产品研发,根据不同应用场景需求,定制化生产PLA材料,提升产品适配性。

构建“分类回收-集中处置-资源化利用”闭环体系,在一次性餐具、吸管场景,推动餐饮企业、商超与回收企业合作,建立便捷回收渠道;在农用地膜场景,推广新野县“农户上交-机构回收-资源化利用”模式,结合试点项目建设回收点,提升回收效率。推动回收企业与中游生产企业协同,完善PLA制品机械回收与化学回收技术,实现资源循环利用。

4 多场景应用实证分析——以一次性可降解餐具、吸管与农用地膜为例

4.1 一次性可降解餐具与吸管场景

随着外卖行业快速发展,2024年我国外卖行业市场规模达15254亿元,一次性餐具、吸管需求量巨大。该场景下PLA制品面临成本高、回收分散、消费者认知不足等问题,亟需强化企业与公家、消费者的协同,完善回收体系。

在主体协同方面,多地公家出台政策鼓励餐饮企业使用PLA制品,连锁餐饮企业(如蜜雪冰城)率先推广可降解吸管与餐具,同时联合回收企业建立回收渠道;科研机构与企业协同开发低成本PLA改性材料,提升产品性能。在要素协同方面,通过公家财政补贴降低企业使用成本,建立PLA餐具降解标准与检测体系,规范市场秩序。在流程协同方面,构建“餐饮企业-消费者-回收企业-生产企业”闭环,餐饮企业设置专用回收箱,消费者主动分类投放,回收企业集中处置后将再生原料反馈给生产企业,实现资源循环。

通过协同机制创新,PLA一次性餐具、吸管市场渗透率显著提升,部分地区回收利用率达30%以上;改性技术升级使PLA餐具耐热温

度提升至100℃以上,满足餐饮使用需求;成本较2020年下降20%,企业使用积极性增强。

4.2 农用地膜场景

我国年地膜覆盖面积约2.66亿亩,传统地膜残留污染严重,PLA农用地膜可完全降解,能有效解决残膜污染问题,但存在成本高、性能适配性不足等问题。该场景需强化公家、农业企业、科研机构与农户的协同,推动技术适配与回收体系完善。

在主体协同方面,公家通过地膜科学使用试点项目提供资金支持,建设示范基地;科研机构(如清华大学、中科院应化所)与农业企业协同研发适配不同作物的PLA地膜产品,推出6种低成本、高阻隔的新产品;农业合作社组织农户统一使用与回收地膜。在要素协同方面,优化PLA地膜生产工艺,降低成本,如甘肃省通过试点实现PLA地膜亩均增收680元;建立地膜降解性能评价标准,确保产品质量^[5]。在流程协同方面,构建“原料-生产-种植-回收-资源化”闭环,上游企业供应专用原料,中游企业生产定制化地膜,农户使用后交由回收点,回收企业加工成新型板材等产品,实现资源再利用。

PLA农用地膜在20多个省(区、市)的近百个县推广应用,西北地区马铃薯产量提高2.9%至19.9%,玉米产量增加2.3%,每亩可减少人工地膜捡拾费用50元至80元。试点地区地膜回收率达90%以上,残膜污染问题得到有效缓解,实现了经济效益与环境效益的双赢。

5 双碳目标下PLA产业链生态治理协同机制实施保障措施

5.1 政策保障:完善制度体系

制定PLA产业发展专项规划,明确发展目标与重点任务;完善税收优惠政策,对非粮路线PLA产品实施税收抵扣,降低企业成本;强化监管执法,严厉打击“伪降解”产品,规范

市场秩序。建立跨区域协同治理政策机制,统一回收标准与补贴政策,推动产业链跨区域协同发展。

5.2 技术保障:强化创新支撑

加大核心技术研发投入,支持科研机构与企业联合攻关丙交酯制备、非粮原料加工、回收利用等关键技术;建设省级以上PLA产业研究院与创新中心,提升技术创新与成果转化能力;引进国际先进技术,加强国际合作与交流,提升产业技术水平。

5.3 市场保障:培育绿色需求

推广绿色采购政策,鼓励公家机关、事业单位优先使用PLA制品;加强宣传教育,提升消费者绿色消费理念,引导消费者主动选择可降解产品;搭建PLA制品交易平台,促进上下游企业对接,扩大市场需求。

5.4 人才保障:强化队伍建设

依托高校与科研机构,培养PLA产业相关专业人才,涵盖材料研发、生产制造、环境治理等领域;建立企业与高校合作培养机制,开展技能培训,提升从业人员专业水平;引进高端技术与管理人才,为产业链协同发展提供人才支撑^[6]。

6 结论

双碳目标下,PLA材料在一次性可降解餐具、吸管与农用地膜等场景的应用具有重要的碳减排与环境治理价值,但当前PLA产业链面临核心技术瓶颈、成本高企、标准不健全、回收体系不完善等协同困境。本文构建的“主体协同-要素协同-流程协同”三位一体协同机制,通过明确多元主体角色、优化技术与资本等要素配置、打造全流程闭环循环体系,可有效破解产业链协同困境。多场景实证分析表明,该协同机制能提升产业链治理效能,实现经济效益与环境效益的双赢。

参考文献:

- [1] 梁桂华. 基于结构与效率优化调控的北京市碳减排潜力研究 [D]. 北京化工大学, 2023.
- [2] 蒋辉, 陈定江, 朱兵. 中国一次性塑料制品消费与废弃的系统测算 [J]. 环境科学研究, 2025, 38(02): 386-394.
- [3] 胡彪, 黄吉东, 苑凯, 等. 我国聚乳酸产业发展现状及对策建议 [J]. 塑料工业, 2025, 53(11): 10-16, 41.
- [4] 朱金唐, 石双友, 施永明, 等. 循环经济视角下聚乳酸的制备、回收和再利用 [J]. 纺织科学研究, 2024, (Z2): 26-30.
- [5] 李倩, 安洁, 石宝翠, 等. 残膜污染防治与可降解地膜生态环境影响评价 [J]. 山东农业科学, 2016, 48(12): 111-116.
- [6] 孙昕, 李燕, 吴洁. 种业振兴背景下江苏种业人才队伍建设思考 [J]. 中国种业, 2022, (10): 18-22.

作者简介: 徐慧丹(2006.03—), 女, 汉族, 福建, 本科, 研究方向: 人工智能、PLA产业链绿色治理、可降解材料。