

中国式现代化背景下农业固体废弃物治理模式的探索*

汪笑溪 杜瑞莹 王毅凡 (浙江大学中国农村发展研究院,杭州,310058)

谭 荣 (浙江大学公共管理学院,杭州,310029)

摘要:本文基于系统治理理论,聚焦农药包装废弃物、废弃农用薄膜、农作物秸秆及畜禽粪污四类主要农业固体废弃物,系统梳理中国的治理现状。研究发现,政府、市场主体与农户在协同治理中仍面临责任边界模糊、利益补偿机制缺位等结构性难题。通过比较欧美主要发达国家的治理实践,提炼其在明确责任分工、健全利益补偿机制的基础上推动多方协同治理制度化的典型经验。结合中国国情,本文提出四方面优化路径,旨在为完善农业固体废弃物治理体系提供政策参考,提升资源化利用效率与治理效能;建立多主体参与的农业固体废弃物治理模式;分类施策,构建多元化资源利用路径;强化科技支撑与适用性技术推广应用;推动信息技术集成应用,提升治理系统化水平。

关键词:农业固体废弃物;系统治理;资源化利用;农业绿色发展

一、问题的提出

随着中国式现代化的全面推进,农业绿色转型与生态文明建设已被纳入国家战略。在农业生产过程中,农业固体废弃物是最突出的负外部性问题之一。其有效治理不仅关乎农业生态系统的健康运行,也是实现“高质量发展”和“人与自然和谐共生”目标的重要支撑。一方面,农业是社会经济发展的基础产业,其高质量发展对中国社会经济高质量发展具有关键支撑作用。提升农业生产可持续性是实现农业高质量发展的核心路径(黄修杰等,2020;杜志雄等,2021),这不仅要求在农业生产中合理利用资源,还要求保护生态环境。农业固体废弃物的有效治理有助于协调资源利用与生态保护,是推动农业可持续发展的重要方面。通过推进减量化使用、资源化利用和无害化处置,可有效提升农业系统的可持续性与环境友好性(Alengebawy

等,2023;Xu等,2024;Riddech等,2025;Ahmad等,2025;汪笑溪等,2025;Wang等,2025)。另一方面,实现人与自然和谐共生要求统筹推进物质文明建设和生态文明建设,农业固体废弃物治理正是这一战略在农业生产领域的具体体现。农业固体废弃物治理作为农业面源污染防治与资源循环利用的关键环节,不仅直接影响农村生态环境质量,也体现了生态文明建设在基层落地的系统性与长期性(杜祥琬,2022;Wang等,2022,2025;赵敏娟等,2025)。

根据《国家固体废物名录(2021年版)》,农业固体废弃物是指在农作物种植、林业、畜牧业和渔业等农业生产过程中产生的固体废弃物,具有种类多样、成因复杂、治理链条长等典型特征,治理难度较大。本文聚焦于农业生产环节中最具代表性和

* 项目来源:科技部国家重点研发计划重点专项课题“应对全球变化的治理机制与政策”(编号:2020YFA0608604),国家自然科学基金面上项目“碳中和目标下中国农业食物系统温室气体减排与粮食安全协同路径研究”(编号:72273126),国家自然科学基金重点项目“温室气体减排、空气污染治理的健康效益评估和协同政策设计”(编号:72134006),浙江省金华市“无废城市”数字化应用成果研究项目(编号:TY2022-FW279-ZFCG279)。谭荣为本文通讯作者

污染负荷的四类固体废弃物,包括农药包装废弃物、废弃农用薄膜、农作物秸秆以及畜禽粪污。这四类废弃物是当前政策关注的重点对象,也是资源化潜力与环境风险并存的关键治理对象*。当前,中国农业固体废弃物治理仍面临较大压力。以农作物秸秆为例,2023年其产量达到8.7亿吨,可收集量超过7.3亿吨^①。由于规范化利用渠道不足,部分地区仍存在秸秆露天焚烧或无序堆放现象,不仅造成资源浪费,也成为区域季节性空气污染的重要来源。相关测算显示,其释放的污染物对当地形成重度雾霾的贡献率高达20%^②。2023年,农用塑料薄膜使用量达241.6万吨,其中地膜使用量为137.5万吨,覆盖面积超过1776.4万公顷。残膜回收体系不健全导致的“白色污染”对土壤结构与作物根系生长构成潜在威胁。2023年,全国农药使用总量达115.5万吨,农药包装废弃物年均产生量超12万吨^③,若处理不当,可能引发浅层地下水污染及土壤生态退化,带来长期环境风险。此外,2024年全国畜禽粪污年产生量已突破38亿吨^④。

在此背景下,农业固体废弃物治理正从以末端处置为主转向涵盖源头减量、过程管控与资源化利用的全链条管理模式。在此过程中,政府引导、市场主体及农民参与、科技支撑的多元协同治理体系逐步形成(李军等,2025)。近年来,中央与地方层面出台的一系列政策推动了这一协同治理体系建设,以提升治理的系统性,服务农业绿色低碳转型与生态文明建设的战略需求。然而,一个突出的现实问题是:尽管顶层设计已明确指向“多元协同治理”,但实践层面却面临协同机制不畅的问题。中国农业固体废弃物种类多样、分布广泛,区域自然条件、产业结构和发展水平差异显著,导致治理需求复杂、路径多元。现有治理体系在技术适配性、

经济可持续性与制度协同性等方面仍存在短板,资源化利用水平不均衡,回收处理链条衔接不畅,监管责任落实不到位。这种“碎片化”“分散化”的治理模式制约了资源利用效率与环境治理绩效的整体提升。随着政策导向从重末端处理向全过程治理转变,农业固体废弃物治理已逐步由单一的技术性或环保性任务,上升为涉及组织创新、制度完善与治理现代化的系统性议题。

目前关于农业固体废弃物处理技术和政策领域的研究已积累大量成果(Wang等,2021;Prado等,2025),但其多关注单一废弃物类型,缺乏对农业固体废弃物治理体系的整体性与系统性分析,导致相关政策建议虽针对性强但普适性不足,难以支撑跨类别、系统化的治理决策。为此,本文构建了一个系统性分析框架,以弥补既有研究在整体治理视角上的不足。该框架基于“系统治理”理论,融合系统分析方法,整合废弃物类型、治理流程与参与主体等关键维度(见图1),为多元主体协同机制与治理路径设计提供理论支撑。具体而言:(1)多类型废弃物维度,将农药包装废弃物、废弃农用薄膜、农作物秸秆与畜禽粪污纳入统一分析框架,通过比较揭示其治理模式的共性与差异;(2)多环节流程维度,遵循全生命周期理念,涵盖从源头减量、分类收集、贮运处置到资源化利用全过程,关注环节衔接,识别潜在断点;(3)多元参与主体维度,聚焦政府、市场、农户与社会组织的角色分工与利益协调,识别影响协同治理效果的制度性约束;(4)系统治理路径维度,整合三个维度并提炼系统性、可操作的协同治理策略。四个维度相互关联、共同构成一个系统性分析框架,既有助于识别治理过程中的关键瓶颈和制度约束,也为全过程、多主体协同治理的机制分析与路径优化提供支持。

* 相较而言,尾菜和尾果虽亦属农业固体废弃物范畴,但主要产生于采后处理及流通销售等环节(如田间采收残余、批发市场分拣损耗),其管理属性可能随流通过程演变为城乡生活垃圾(如厨余垃圾),与本文关注的典型生产环节废弃物在治理机制上存在差异。基于研究边界清晰性和分析框架一致性的考虑,本文未将尾菜和尾果纳入研究范围

① 数据来源:中国农业大学农学院。我院张海林、赵鑫团队在秸秆资源利用潜力及秸秆还田技术优化相关研究领域取得系列进展, https://cab.cau.edu.cn/art/2024/11/14/art_48172_1044570.html

② 数据来源:人民网。全国多地连日雾霾严重 秸秆焚烧是否为祸首, <http://politics.people.com.cn/n/2015/1021/c70731-27720962.html>

③ 数据来源:国家统计局农村社会经济调查司。中国农村统计年鉴2024。中国统计出版社,2024

④ 数据来源:央视网。变废为宝绘就绿水青山,为畜牧业绿色转型按下“加速键”——第三届畜牧业可持续发展大会暨畜禽粪污资源化利用大会在青岛成功召开, <https://business.cctv.com/2025/05/30/ARTIVmFi4i5M6BAOEgwu3tG2250530.shtml>

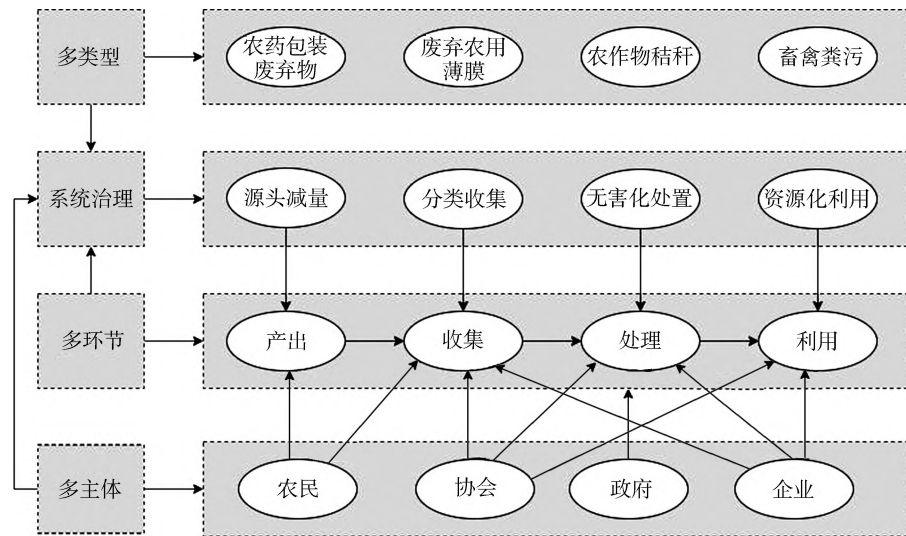


图1 农业固体废弃物治理分析框架

二、中国农业固体废弃物的治理现状和现存问题

在中国式现代化“协同推进人与自然和谐共生的现代化”的总体要求下,农业固体废弃物治理正从传统的末端清运,转向构建涵盖源头减量、分类收集、资源化利用与协同监管的全过程、系统性治理体系,旨在统筹资源循环利用与生态环境改善。为实现这一战略转型,中国陆续出台《关于推进农业废弃物资源化利用试点的方案》《农药包装废弃物回收处理管理办法》等一系列政策文件,初步构建了以政府主导、市场运作、农民参与、社会协同为特征的多元共治机制。随着相关制度建设持续推进,设施建设、技术示范与模式推广取得一定进展,政策工具的组合运用逐步加强。农业农村部2025年1月的统计数据显示,全国农膜和农药包装废弃物的回收处置率分别达到80%和78.9%,畜禽粪污综合利用率达到79.4%,秸秆综合利用率维持在88%以上^①。其中,2023年农药包装废弃物回收率较上年提升8.5个百分点^②。尽管近年来中国在农业固体废弃物治理方面取得阶段性进展,政策支持力度持续加大,但对照国家治理体系现代化

和中国式现代化目标要求,四类农业固体废弃物在治理过程中仍普遍存在系统机制不畅的问题,具体表现为三个方面。首先,在制度与机制层面,尽管初步建成了覆盖广泛的回收网络并显著提升了回收率,但在收集、转运、处理等关键环节仍存在衔接不畅、责任不清、协同效率偏低等问题,制约了系统治理效能的提升。农业固体废弃物具有空间分布分散、产生周期性强、参与主体多元等特点,现有制度安排在部门职责衔接、治理链条闭环管理以及激励机制设计方面仍显不足。其次,在行为主体层面,农民作为治理实践的重要参与者,其参与度仍有待提升。一方面,部分农户环保意识薄弱,未充分认识到废弃物回收的重要性;另一方面,现有回收流程复杂、成本较高且激励机制欠缺,导致农民参与积极性不足(Wang等,2016;Hao等,2024)。最后,在技术供给层面,当前回收与资源化处理技术尚未实现标准化与规模化,部分技术成本较高、适用性不强,难以支撑将废弃物高效转化为资源的目标(Wang等,2016)。

① 数据来源:中华人民共和国农业农村部发展规划司. 加快推进农业废弃物资源化利用, https://jhs.moa.gov.cn/lfsz/202501/t20250117_6469257.htm

② 数据来源:中华人民共和国农业农村部. 对十四届全国人大二次会议第1381号建议的答复, https://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/202407/t20240729_6459819.htm

(一) 农药包装废弃物

在中国式现代化背景下,农业绿色发展是高质量发展的核心内涵,而农药包装废弃物治理作为农业面源污染的重要治理对象,其治理成效直接关系到农村生态环境质量和公共健康安全。中国农药包装废弃物的治理重点正由源头减量向回收处理体系建设转变。《到2020年农药使用量零增长行动方案》《关于推进农业废弃物资源化利用试点的方案》和《关于切实做好农药包装废弃物回收工作的通知》等政策文件的相继出台,强化对源头减量和末端回收处理的协同推进。与此同时,配套法规体系也在不断完善。例如《农药包装废弃物回收处理管理办法》明确界定了农药生产者、经营者和使用者在回收处理过程中的义务和责任,并推动专业服务主体的市场化参与(宋洋等,2025)。截至2020年,中国农药包装废弃物的回收率和处理率逐步提升(任宗杰等,2021),全国已建设农药包装废弃物回收站点42万个;其中,农药经营门店设置的回收站点25.8万个,行政村设置的回收站点13.5万个,其他回收站点2.7万个^①。

尽管进展显著,当前农药包装废弃物治理仍面临三大治理难题。首先,治理体系协同效率不高。建立覆盖全过程的收集、转运、处理体系需多元协同,但受限于农户和企业空间分布广泛、组织化程度较低等客观条件,政府监管执行力受到制约(罗娟,2018;任宗杰等,2021)。此外,全链条治理体系建设依赖于持续的财政投入、技术支撑与人力资源,成本压力显著(罗娟,2018;任宗杰等,2021)。其次,农户参与度不足。受传统习惯与认知限制,部分农户环保意识薄弱,参与积极性不高,制约了回收体系的运行效率与规模扩张(李志涛等,2015;魏珣等,2018)。最后,技术支撑体系尚不健全。当前回收处理技术在残留清除与环境安全控制方面仍存在技术瓶颈,企业技术水平难以满足安全处置要求,存在引发次生污染的潜在风险(李志涛等,

2015;罗娟,2018)。

(二) 废弃农用薄膜

废弃农用薄膜治理是实现农业清洁生产和绿色增产的关键一环。中国式现代化强调生产方式现代化与生态环境治理并重,这对废弃农用薄膜治理提出了更高的要求。中国多措并举,通过源头减量、产品替代和回收处理等措施对废弃农用薄膜加以治理。《农膜回收行动方案》《关于加快推进农用地膜污染防治的意见》《关于进一步加强塑料污染治理的意见》等政策文件的相继发布,强调源头减量化、产品标准化和资源利用化,并配套实施相关技术标准以推动废弃农用薄膜治理。为确保政策的有效执行,相关部门完善了农用薄膜残留检测制度并加快市场监管制度建设。《农用薄膜管理办法》明确了农用薄膜生产者、销售者和使用者处理废弃农用薄膜的责任和义务,建立起涵盖政府监管与社会协同的制度框架,从制度上强化了废弃农用薄膜回收的可操作性与可持续性。近年来,中国废弃农用薄膜回收率稳步提升,治理体系初具规模。

尽管治理体系不断完善,废弃农用薄膜治理仍面临五大制约因素。第一,新国标地膜的推广面临阻力。尽管新国标地膜具有更高环保性能,但高成本显著抑制了其市场普及率(薛颖昊等,2021)。同时,因行业准入门槛较低,非达标地膜产品仍大量存在,进一步削弱了标准产品的替代能力(靳拓等,2020)。第二,可降解农膜的技术瓶颈突出(闵超等,2020;马兆嵘等,2020)。其推广面临双重制约:一是过高的成本抑制了农户的采纳意愿。普通农膜、加厚农膜的亩均成本分别约为50~60元、70~80元,而可降解农膜的亩均成本高达150~160元^②。二是降解性能不稳定,受环境影响大,易出现“降解过早”或“降解不彻底”等问题,导致环境污染(马兆嵘等,2020)。第三,废弃农用薄膜回收技术仍显薄弱。机械回收设备成本高、适应性差,导致作业效率低、含杂率高,难以满足资源化利用

^① 数据来源:中华人民共和国农业农村部. 对十三届全国人大五次会议第2466号建议的答复, https://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/202207/t20220721_6405309.htm

^② 数据来源:中华人民共和国农业农村部. 减少农田“白色污染”重庆今年将推加厚地膜100万亩、可降解地膜20万亩, https://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/202207/t20220721_6405309.htm

的质量要求(薛颖昊等,2021)。第四,农户回收意愿较低。农户对废弃农用薄膜残留污染认知不足,且缺乏有效的经济激励与行为引导,其回收参与度不高(王莉等,2018)。第五,经济效益驱动不足。废弃农用薄膜回收过程投入大、收益低,再利用产品市场接受度有限,回收链条经济可行性不高,因此其产业化与市场化发展受到制约(王莉等,2018;靳拓等,2020)。

(三) 农作物秸秆

农作物秸秆资源化利用是构建农业内部循环、实现生态优先和绿色低碳发展的重要抓手,其治理绩效直接关系到中国式现代化进程中对资源节约型农业体系的构建要求。中国农作物秸秆的治理重点经历了从“秸秆禁烧”到“以用促禁”,再到“全面利用”的转变(田宜水,2020)。《“十四五”全国农业绿色发展规划》提出,要推进秸秆“五化”综合利用。目前除东北地区外,主要农业生产区秸秆露天焚烧已基本得到有效控制(覃诚等,2019)。

目前农作物秸秆的治理还存在五大关键问题。第一,农作物秸秆还田效率不足。秸秆还田过程中存在过量投放、粉碎不充分等问题(姜珊等,2021),叠加现有机械适应性差、作业成本高等因素,其作业效率受到严重影响(姜珊等,2021;董莹等,2024)。第二,种养分离现象日益严峻。受土地流转与城乡结构演变影响,传统农户主导的种养结合格局加速解构,而新型农业经营主体尚未有效建立种养循环机制,阻碍了秸秆的饲料化利用(孙宁等,2016;毕于运等,2019)。第三,秸秆离田利用技术不成熟、应用局限性显著。现有技术的地域适宜性差,限制了其广泛应用(孙宁等,2016;于法稳等,2018)。据京津冀及周边地区的调查测算,秸秆离田成本每亩为60~120元,大致相当于单季作物纯收入的15%~30%,在缺乏专项补贴的情况下推广困难^①。在山西省襄汾县的案例研究中,通过田间调查与实验分析发现,在县域尺度下,生物炭的制备成本约为1107元/吨;若不计算秸秆原料成本,制备成本仍需507元/吨(Wang等,2025)。同时,秸秆加工产品的市场竞争力较弱,经济效益欠佳,

抑制了秸秆深加工产业的成长潜力(毕于运等,2019;赵馨馨等,2019)。第四,收储运体系建设难度大。农户数量多、耕地分散、秸秆体积庞大等因素共同推高了物流成本,严重制约收储运网络体系化构建(王红彦等,2016)。第五,农户价值认知不足。部分农民对秸秆综合利用的认知与行为动机不足,参与意愿不高,成为政策落地与机制运行的主要制约因素(于法稳等,2018;Yan等,2021;薛颖昊等,2023)。

(四) 畜禽粪污

畜禽粪污治理直接关系到农业可持续发展和农村人居环境改善,是实现中国式现代化“人与自然和谐共生”目标的重要支撑点(王明利等,2025)。中国畜禽粪污的治理工作先后经历了末端治理阶段、总量控制阶段,以及以资源化利用为主的精细化管理阶段(刘振涛等,2025)。为了推进畜禽粪污的治理,相关部门先后印发了《关于推进农业废弃物资源化利用试点的方案》《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》等政策文件,强调建立健全畜禽粪污资源化利用制度,并且出台了《畜禽养殖污染防治管理办法》《畜禽规模养殖污染防治条例》《畜禽养殖业污染防治技术规范》等指导性文件,进一步规范治理工作。

目前畜禽粪污治理主要面临三大挑战。首要挑战在于种养结合模式的脱节,这是中国养殖行业普遍存在的问题(谷保静等,2021;金书秦等,2024;刘振涛等,2025)。由于多数养殖场缺乏足够的配套耕地,难以实现粪污的田间还田与就地转化,需依赖成本较高的外运处理或自行建设设施,加重了治理负担(舒畅等,2019)。其次,资源化利用能力不足。受资金和场地的双重限制,养殖场在粪污资源化的基础设施建设方面进展缓慢(赵汝东等,2020;林斌等,2022;汪笑溪等,2024)。在肥料化利用方面,有机肥的加工运输成本高且质量参差不齐,加之施用技术要求和长效性特点,农民的使用意愿较低(舒畅等,2019;周海滨等,2022)。而能源化利用虽前景广阔,却因初始投资成本高、运行效益不佳等经济障碍而进展受限(Yan等,2021)。

^① 数据来源:人民日报·秸秆利用,下气力培育产业链——目前全国秸秆每年产量9亿多吨,综合利用率超过82%,http://www.kj.s.moa.gov.cn/hbny/201904/t20190418_6185503.htm

此外,缺乏统一的技术规范与精准施肥指导,导致农户仍依赖经验方式施用粪肥,易造成资源浪费与环境风险(林斌等,2022;汪笑溪等,2024;黄雅捷等,2025)。第三,小规模养殖场往往得不到专门的

政策支持,且其经营者多为老龄农户,专业知识相对匮乏。在这些因素共同作用下,他们对畜禽粪污资源化的主动参与度极低(赵汝东等,2020)。

三、国外农业固体废弃物治理经验与模式总结

农业固体废弃物治理是诸多国家和地区共同面临的重要挑战。一些国家在该领域起步较早,建立了较为完善的治理体系与运行机制。随着中国式现代化的持续推进,中国农业发展正从增产导向转向质量提升与生态协调并重的发展阶段,对农业生态环境治理提出了更高要求。在此背景下,借鉴国际先进经验并结合中国国情,探索农业固体废弃物治理的有效路径,具有现实意义。尽管发达国家的治理模式存在差异,但普遍通过制度化设计,清晰界定政府、市场与农户三者之间的责任分工与利

益协调,以保障治理机制的稳定性和可操作性。其核心经验可归纳为:治理主体权责明确、市场化机制有效嵌入以及政策执行闭环管理。如图2和图3所示,针对识别的中国农业固体废弃物治理的主要障碍,本文聚焦两类典型治理模式:一是农药包装废弃物和废弃农用薄膜治理中的收转运(或收储运)模式;二是农作物秸秆和畜禽粪污治理中的资源化利用模式。本文通过比较国际治理经验,提炼其治理机制特征,旨在为中国农业固体废弃物治理体系的优化提供参考。

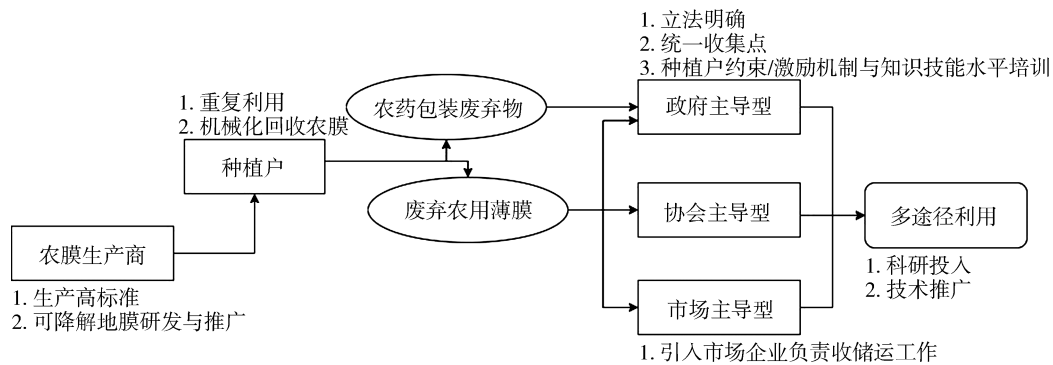


图2 农药包装废弃物与废弃农用薄膜的治理模式

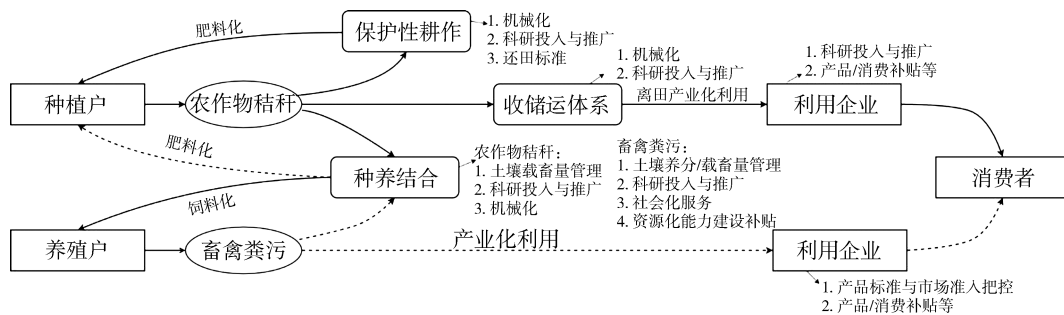


图3 农作物秸秆与畜禽粪污的治理模式

(一) 农药包装废弃物治理

美国、德国、巴西、加拿大和比利时是农药包装废弃物治理的先行者,他们在治理的收集和转运环节中注重建设政府、协会、企业、农户等多元主体共

同参与的收转运体系,并形成了政府主导型和市场主导型两类治理模式。为提升农户的参与度,这些国家实施了兼具约束与激励的政策措施,并配套开展专业技能培训,以提升农户的环保意识与实际操

作能力。在废弃物处置阶段,这些国家注重多元化利用路径,强调通过科技创新赋能,加大对废弃物转化技术研发的投入,并积极推动先进技术的实地应用与普及。

1. 多元主体参与建设收转运体系。在构建农药包装废弃物的收转运体系时,这些国家注重政府、协会、企业、农户等多元主体的共同参与,通过精细协调确保各参与方的利益均衡和责任清晰,从而塑造出两种典型治理模式:政府引导型和市场驱动型。政府引导型模式依托于严格的法律法规框架,确立了“污染者负担”的基本原则。例如,美国借助《超级基金法》,对特定化工品制造商征税,专项用于环境修复(黄泽宇,2013)。加拿大则依据包装数量向农药制造商征收回收费用(李志涛等,2015)。澳大利亚则根据废弃物的重量向农户征收回收处置费(何在中等,2013)。政府利用这些资金设置标准化收集站点,要求农户在彻底清洗后送交废弃物,之后委派签约企业进行集中回收处理。在此模式中,政府同时通过制定农户约束机制和开展教育培训,提升其参与的程度和能力,例如巴西法律强制农户提交已清洁的包装换取农药购买许可(黄泽宇,2013),并要求生产者在包装上标注回收指南,联合经销商开展农户培训(何在中等,2013)。市场驱动型模式则赋予私营企业回收处理的全权责任,依赖市场的自发调节机制以降低成本、提升效率。德国的“绿点”企业即为一例,其他企业通过支付授权费以获得“绿点”标志使用权,而“绿点”企业利用收取的资金进行指定标志产品的回收处理(黄泽宇,2013)。

2. 多途径利用。在完成农药包装废弃物的集中收集后,这些国家普遍采取粉碎和清洗工序,进而将之转化为可多途径利用的基础材料。例如,加拿大将净化处理后产出的塑料颗粒应用于高速公路护栏的制造或作为能源回收的原料(李志涛等,2015)。德国则创新性地将此类废弃物投入水泥窑作为燃料,或通过先进技术将塑料转换为乙醇(何在中等,2013)。农药包装废弃物多元化利用的基石,在于对科研的持续且针对性的投入。巴西为此提供了示例,其成立了国家级空容器处理研究所,该机构专注于农药包装废弃物的管理与处理技术,与农药行业上下游主体紧密合作,协同制造商、

销售商及农户,共同推进废弃物的高效循环利用,并为之提供坚实的科技支撑(何在中等,2013)。

(二) 废弃农用薄膜治理

日本、美国及欧盟在废弃农用薄膜治理中构建了多利益相关方协作机制,重视多元化利用路径,形成政府引导、市场驱动和协会主导三类治理模式,与农药包装废弃物管理相呼应。同时高度重视源头减量,推广高性能农膜以强化前端控制,实现全过程治理目标。

1. 多元主体参与建设收转运体系。在废弃农用薄膜的管理上,这些国家延续了农药包装废弃物治理中多元主体协同的策略,并进一步创新性地融入了协会主导的新模式。协会在此扮演着核心协调者的角色,连接政府、农户、生产者、销售商及回收企业等,形成闭环管理体系,负责提供费用征收、统一回收处理和公众教育等全方位任务。以日本的农用塑料回收处理促进委员会为例,它成功构建了涵盖农民、政府、制造商及回收企业的协作体系,明确了各参与方的权利与责任(胡珏等,2019),彰显了协会主导模式的高效协同优势。在这一治理架构中,政府通过《废弃物处理与清扫法》和《促进再生资源利用法》赋予行业协会明确的法律地位与管理权限,要求农民将废弃农用薄膜交送至指定回收点,并规定农民需支付一定的回收处理费用,以支持回收处理机构的运营。同时,协会负责回收体系的全面组织与管理,包括回收点的布局规划、回收时间安排、物流协调及与专业处理企业的合同签订等事务,确保回收流程的规范化与高效执行。为了激发农民的参与积极性,协会与经销商合作,通过将回收费用附加在农膜销售价格中,从而有效避免农民因拒绝支付回收费用而导致的非法处理。协会还定期开展宣传与培训活动,指导农民规范收集、分类整理与打包废膜,增强其资源回收意识与操作能力。在资金保障方面,协会依据农膜销售数量向农膜制造商收取“回收处理协调费”,从而建立起以“生产者责任延伸制度”为核心的可持续筹资机制,推动实现农膜全生命周期的环境管理与责任共担。

2. 多途径利用。在技术革新与资源化利用方面,这些国家取得了显著成就,为废弃农用薄膜拓展了资源化利用路径。日本通过专业的处理流程,

将废弃农用薄膜转化为高质量的再生颗粒及高能固态燃料,用于发电等领域(刘程锦等,2020)。美国则聚焦于高温裂解技术,将废弃农用薄膜转化为石油等可再利用能源,进一步拓展了资源化利用的边界(刘程锦等,2020)。

3. 建立和完善产品标准。为了从根本上减少废弃农用薄膜的产生与提升回收效率,这些国家不断优化地膜生产标准并推广机械化回收技术。日本、美国及欧盟对地膜厚度设定了严格规范,分别是0.02~0.1毫米、0.025~0.25毫米和0.025~0.2毫米(刘晓永等,2019),并倾向于采用不易破损的较厚地膜,配合机械化捡拾,大大简化了农户的回收操作,降低了回收难度与成本(靳拓等,2020)。此外,推广使用高质量、可重复使用的地膜,从源头上减少了农膜需求量,进而实现了更加可持续的农业固体废弃物管理(靳拓等,2020)。

(三) 农作物秸秆治理

美国、日本、德国及丹麦在秸秆资源化利用方面形成了以自然循环与工业化转化并重的双轨路径,前者涵盖直接还田与过腹还田,后者聚焦于燃料化、基质化与原料化等多元利用。其治理模式主要包括保护性耕作中的直接还田、种养一体化中的过腹还田,以及离田利用与高效收储运体系耦合推进,并通过完善标准体系、推广机械化和加强科研支撑,构建起系统化的秸秆治理机制。

1. 秸秆直接还田与保护性耕作相结合。秸秆直接还田是指将秸秆切短或粉碎后均匀覆盖于地表或深翻进土壤(孙宁等,2016),这一做法的广泛应用与保护性耕作的推广紧密相关。保护性耕作是以减少风蚀、提高土壤肥力和抗旱能力等为目的所采取的一系列环境友好型现代农业耕作技术,被许多国家大力推广(仇焕广等,2020;Wang等,2021),而秸秆还田是其中的核心实践(仇焕广等,2020)。结合免耕或少耕技术,秸秆覆盖有效提升了土壤保护效能(孙宁等,2016)。欧美多数国家将超过60%的秸秆用于直接还田(王红彦等,2016)。为优化直接还田作业,这些国家采取了标准制定与机械化提升双管齐下的策略。例如,日本普遍采用半喂入联合收割机加装后置式切碎机,在收割过程中同步完成秸秆切碎与地表均匀撒布,从而实现高效的收割还田同步作业,显著提升还田作

业效率(谢杰等,2022)。根据不同耕地条件,日本推广差异化还田方式,如在湿地采用拖拉机牵引犁具实现30厘米以上深翻还田,在旱地则使用旋耕设备进行15厘米深度混埋处理。此外,各国还推出财政补贴、低息贷款和农机服务等激励措施,如日本的补贴政策涵盖从设备购置到后期服务的全过程(谢杰等,2022)。

2. 秸秆过腹还田与种养结合利用相结合。秸秆过腹还田是指将秸秆加工成饲料后饲喂畜禽,再将畜禽产生的粪污还田的一种方式(孙宁等,2016)。由于秸秆富含纤维素和半纤维素,在经过适当加工处理后,可以成为优质的饲料来源(孙宁等,2016)。各国在推广过腹还田时强调种养结合、设定合理的土地承载量和养分管理计划,以确保秸秆的有效利用(孙宁等,2016)。欧美约20%的秸秆被用于生产饲料(王红彦等,2016)。为提升过腹还田效率,各国制定了详细的操作规范,推广机械化作业并加强政策支持。西欧多国推广使用集成化打捆机,而日本实现了秸秆处理的全程机械化(谢杰等,2022)。政策上,日本对种植饲料作物以及自行收集和打包秸秆的农户给予补贴,并定期召开农户培训会议,帮助农户掌握饲料生产技术(谢杰等,2022),体现了对技术创新和农户培训的重视。

3. 秸秆离田产业化与收储运体系建设相结合。在秸秆离田产业化利用方面,以丹麦、德国和美国为代表的国家积极探索生物质能源(例如秸秆发电、沼气和纤维素乙醇),以及非能源领域的综合利用,例如建材、纸浆和饲料的生产(孙宁等,2016;Duque-Acevedo等,2020;Yan等,2021;谢杰等,2022;Prado等,2025)。这些国家构建了高效、标准、智能的秸秆收储运系统,为产业化利用提供坚实基础(孙宁等,2016)。日本在该领域发展尤为突出,实现了从收割、打包、存储到运输的全程机械化(谢杰等,2022)。此外,上述国家建立了以合同为基础的稳定秸秆供需体系(孙宁等,2016;谢杰等,2022),以充分发挥收储运体系的作用。

为加速秸秆离田利用的产业化进程,各国加大政策支持和科研投入,例如日本在收储运设备和技术上的研发投入,丹麦的可再生能源人才队伍建设,以及美国设立的生物能源研究中心(谢杰等,

2022)。同时,各国通过购机补贴、运输费用补偿、合同奖励及税收减免等措施激励市场参与(谢杰等,2022)。美国更是对秸秆纤维素乙醇直接提供产品补贴(王红彦,2016),推动了秸秆资源化利用的蓬勃发展。

(四) 畜禽粪污治理

美国、欧盟、新西兰与日本在畜禽粪污治理中构建了以肥料化与能源化为核心的资源化路径,并形成了两大治理模式,即肥料化与种养结合的深度融合,以及产业导向与政策配套的综合治理。其治理体系注重标准体系建设、技术研发投入与政策激励协同推进,体现出多维协作与系统治理特征。

1. 肥料化与种养结合利用相结合。种养结合不仅是农作物秸秆还田利用的主要途径,也是实现畜禽粪污消纳和资源化利用的关键途径(董红敏等,2019;姜珊等,2021)。这些国家通过推广种养一体化,高效实施粪污的肥料化利用,同时密切监测土地承载力与土壤养分平衡,以防止过度施肥引发的生态风险。例如,美国的大规模农场通过种养结合实现粪污的全面肥料化,并配以详尽的养管理规划,定期监测土壤与粪污的养分状况(迟景译等,2018)。新西兰则重点关注土壤的养分承载能力(刘沙沙等,2018)。

为了优化种养结合模式,各国积极增加科研投

入,例如美国开发的畜禽粪污综合养管理软件、液态粪肥施用系统及特制施肥技术(柳珊,2019)。新西兰依托其皇家研究机构,完成了土壤特性的全国性调研,并据此开发了农田营养预算工具(刘沙沙等,2018)。此外,通过行业协会和专家团队提供的技术咨询等社会化服务。例如,美国的养殖员工培训、资源化利用技术资格认证项目,以及德国的土壤养分测试与个性化施肥建议,显著增强了农户的实践能力(刘沙沙等,2018)。在政策层面,日本通过农业基础设施补贴,为现代化畜禽养殖场提供高达40%的建设成本补助(何龙斌,2013)。

2. 产业化利用与配套政策相结合。产业化利用是畜禽粪污资源化利用的另一重要途径。上述国家通过强有力的政策推动,加速畜禽粪污的产业化转化。德国早期即通过固定电价补贴促进沼气工程的发展,确保可再生能源电力的优先购入,并长期维持对可再生能源生产者的补贴政策,后期更重视小型沼气项目的推广及畜禽粪污作为原料的应用(刘沙沙等,2018)。同时,为确保产品质量,这些国家建立了严格的标准框架,例如日本针对树皮堆肥、家畜粪便堆肥等不同类型的有机肥料,均设定了具体的养分含量标准(谢文凤等,2020),以此保障产业化利用的高效与可持续性。

四、结论与政策启示

本文基于系统治理理论,构建“多类型废弃物—多环节流程—多元参与主体—系统治理路径”的分析框架,对中国农业固体废弃物治理问题进行系统剖析,并结合国际经验开展比较研究。研究发现,第一,治理体系内部的系统性协同不足是制约治理效能提升的关键瓶颈。当前中国农业固体废弃物治理面临的核心挑战,不仅在于技术与资金的制约,更在于制度、主体与流程之间协同机制的系统性缺失。具体表现为:在制度层面上,政策碎片化、部门职责交叉与监管缺位并存;在主体层面上,政府、企业、合作社与农户之间的责任分担与利益协调机制尚不健全;在流程层面上,收集、转运、处理与资源化利用各环节衔接不畅,链条断裂问题突出。

第二,国际经验表明,制度化的责任分担与利

益补偿机制是推动农业固体废弃物有效治理的重要基础。对美国、德国、日本等国家及欧盟的比较分析显示,其共性在于通过生产者责任延伸制度、行业自治组织主导、生态补偿与市场交易等制度安排,明确界定政府、企业、农户等主体的责任边界,并通过收益保障机制增强其参与意愿,推动治理系统向可持续方向演进。

第三,推动制度创新、技术应用与主体协同的有机联动,是提升治理整体性与响应能力的关键路径。有别于侧重单一技术改进或局部管理优化的传统路径,本文主张通过数字技术的应用,强化制度设计与主体协作,推动形成更加协同、透明和高效的治理模式。基于上述发现,本文提出如下政策建议。

(一) 建立多元主体系统参与的治理体系

针对农业固体废弃物种类繁多、治理链条复杂、参与主体多元等结构性特征,应建立政府主导、企业主责、农户参与、社会协同的多元共治机制,推动治理模式从单一主体驱动向协同治理转型。应强化政府在政策制定、监管执行和标准引导中的主导作用,建立健全涵盖强制回收、财政补贴、税收优惠以及标准体系建设在内的政策支持体系。明确企业在生产者责任延伸制度下的主体责任,鼓励其参与回收网络建设、处理技术升级和资源化利用。提升农户参与积极性,通过“上门收集”“订单式服务”等便捷方式,简化农户参与流程,并通过示范村推广,逐步扩大覆盖面。充分发挥行业协会、农民合作社等社会组织在组织协调、技术培训与市场对接中的桥梁作用,提升整体治理效率与系统稳定性。

(二) 分类施策,构建多元化资源化利用路径

在治理实践中,应基于农业固体废弃物的物质属性、污染风险与利用价值的异质性,建立“分类型治理、分路径利用”的分类治理模式。对于农药包装废弃物,应完善闭环回收体系,借鉴德国“绿点”制度经验,全面推行生产者责任延伸制度。在废弃农用薄膜治理方面,应加快生物降解地膜技术研发与推广应用,推动标准化替代与区域集中机械化回收相结合。秸秆资源化应统筹推进秸秆还田、能源化、饲料化等多元路径,加强收储运体系建设并优化区域协同机制。畜禽粪污治理则应围绕

“种养结合”理念,推动区域集中处理中心建设,实现粪肥还田标准化与市场化运作,全面提升农业内部循环利用水平。

(三) 强化科技支撑与适用性技术推广应用

科技创新是破解农业固体废弃物治理瓶颈的关键驱动力。应设立专项科技基金,重点支持关键技术研发与装备升级,包括可降解农膜材料、生物农药包装清洗设备、秸秆离田收储运机械以及粪污快速发酵等低成本和高适配性的技术装备。针对中小农户技术获取能力较弱的问题,可优先发展轻便化、模块化、易操作的技术产品,推动治理工具下沉基层。同时,依托“科技特派员+示范村”模式,构建“技术研发—中试验证—应用示范”的一体化推广链条,加快科技成果落地与规模化应用。

(四) 推动信息技术集成应用,提升治理系统化水平

顺应数字农业发展趋势,在农业固体废弃物治理中积极引入大数据、物联网、区块链等新一代信息技术,推动治理方式由粗放型向精细化与智慧化转变。应建立农业固体废弃物管理信息平台,实现回收量在线监测、处理设施负荷调度、补贴申报流程线上化等功能,提升治理过程的透明度与决策科学性。构建基于位置追踪与身份识别的废弃物溯源管理系统,实现农户行为可记录、信用可量化、政策激励可追溯。加强数据互联互通,推动治理系统的智能决策与绩效评估能力提升,为实现高效治理提供技术支撑。

参考文献

1. Ahmad, M. S., Ahmad, M. N., Muhammad, T., Khan, M., Jabbar, F., Alghamdi, S., Alhomrani, M., Alamri A., Shah, S. Utilizing Agricultural Waste in Brick Manufacturing for Sustainable Consumption and Circular Economy. *Scientific Reports*, 2025(1):22741
2. Alengebawy, A., Ran, Y., Ghimire, N., Osman, A., Ai, P. Rice Straw for Energy and Value-added Products in China: A Review. *Environmental Chemistry Letters*, 2023(5):2729~2760
3. Duque-Acevedo, M., Belmonte-Ureña, L. J., Cortés-García, F. J., Camacho-Ferre, F. Agricultural Waste: Review of the Evolution, Approaches and Perspectives on Alternative Uses. *Global Ecology and Conservation*, 2020(22):e00902
4. Ge, Y., Wu, H. The Impact of Uncertainty on Farmers' Adoption of Straw Returning Technology in Northwest China. *Frontiers in Environmental Science*, 2023(10):1078585
5. Hao, A., Yin, C., Léonard, A., Dogot, T. How to Enhance Agricultural Plastic Waste Management in China? Insights from Public Participation. *Journal of Integrative Agriculture*, 2024(6):2127~2143
6. Lyu, D. Research on Sustainable Usage of Straw in China. *Environment, Social and Governance*, 2024(1):1~11
7. Prado, E. R. L., Rial, R. C. Biohydrogen Production from Residual Biomass: The Potential of Wheat, Corn, Rice, and Barley Straw—recent advances. *Bioresource Technology*, 2025(432):132638
8. Riddech, N., Theerakulpisut, P., Ma, Y. N., Sarin, P. Bioorganic Fertilizers from Agricultural Waste Enhance Rice Growth Under Saline Soil

Conditions. *Scientific Reports*, 2025(15):8979

9. Wang, X., Lotze-Campen, H. China's Sustainable Food System Requires Concerted Efforts. *Nature Food*, 2025(6):17~18
10. Wang, B., Dong, F., Chen, M., Zhu, J., Tan, J., Fu, X., Wang, Y., Chen, S. Advances in Recycling and Utilization of Agricultural Wastes in China: Based on Environmental Risk, Crucial Pathways, Influencing Factors, Policy Mechanism. *Procedia Environmental Sciences*, 2016(31):12~17
11. Wang, Q., Cao, X., Jiang, H. Straw Application and Soil Microbial Biomass Carbon Change: A Meta-Analysis. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 2025(2), 2000386
12. Wang, S., Guo, J., Qiao, Y., Zhang, X., Sun, G., Guo, Y., Gu, Z., Cui, M., Wang, J., Ogino, K., Wang, B. Analysis of Economic and Environmental Benefits of Agricultural Straw Preparation for Biochar Returned to the Field: A Case Study at the County Scale in China. *BioResources*, 2025(3):5553~5560
13. Wang, X., Bodirsky, B. L., Müller, C., Chen, K., Yuan, C. The Triple Benefits of Slimming and Greening the Chinese Food System. *Nature Food*, 2022(9):686~693
14. Wang, X., Cai, H., Xuan, J., Du, R., Lin, B., Bodirsky, B. L., Stevanović, M., Collignon, Q., Yuan, C., Yu, L., Crawford, M., Beier, F., Xu, M., Chen, H., Springmann, M., Leip, M., Chen, D. M-C., Humpenöder, F., Von Jeeze, P., Fan, S., Soergel, B., Dietrich, J. P., Müller, C., Popp, A., Lotze-Campen, H. Bundled Measures for China's Food System Transformation Reveal Social and Environmental Co-benefits. *Nature Food*, 2025(1):72~84
15. Xu, Q., Zhang, T., Niu, Y., Mukherjee, S., Abou-Elwafa, S. F., Nguyen, N. S. H., Al Aboud, N. M., Wang, Y., Pu, M., Zhang, Y., Tran, H. T., Almazroui, M., Hooda, P. S., Bolan, N. S., Rinklebe, J., Shaheen, S. A. Comprehensive Review on Agricultural Waste Utilization Through Sustainable Conversion Techniques, With a Focus on the Additives Effect on the Fate of Phosphorus and Toxic Elements During Composting Process. *Science of the Total Environment*, 2024(942):173567
16. Yan, B., Yan, J., Li, Y., Qin, Y., Yang, Y. Spatial Distribution of Biogas Potential, Utilization Ratio and Development Potential of Biogas from Agricultural Waste in China. *Journal of Cleaner Production*, 2021(292):126077
17. 毕亚运, 高春雨, 王红彦, 王萍, 王亚静. 我国农作物秸秆离田多元化利用现状与策略. *中国农业资源与区划*, 2019(9):1~11
18. 迟景译, 牟少岩, 李敬锁, 王宏磊. 美国畜禽养殖废弃物治理经验及对中国的启示. *新疆农垦经济*, 2018(2):87~92
19. 董红敏, 左玲玲, 魏莎, 朱志平, 尹福斌. 建立畜禽废弃物养分管理制度 促进种养结合绿色发展. *中国科学院院刊*, 2019(2):180~189
20. 董莹, 王欢, 黄采妮. 农业社会化服务及其集成: 破解农户秸秆还田困境的机理与实证. *中国农村经济*, 2024(12):44~64
21. 杜祥琬. 固废资源化利用是高质量发展的要素. *人民论坛*, 2022(9):6~8
22. 杜志雄, 罗千峰, 杨鑫. 农业高质量发展的内涵特征, 发展困境与实现路径: 一个文献综述. *农业农村部管理干部学院学报*, 2021(4):14~25
23. 谷保静, 段佳莹, 任琛琛, 汪思彤, 王琛. 规模化经营推动中国农业绿色发展. *农业资源与环境学报*, 2021(5):709~715
24. 何龙斌. 日本发展农业循环经济的主要模式、经验及启示. *世界农业*, 2013(11):150~153
25. 何在中, 金书秦. 农药包装物回收制度安排和模式选择——基于国际经验的比较分析. *世界农业*, 2013(12):35~39
26. 黄修杰, 蔡勋, 储霞玲, 马力, 左喆瑜. 我国农业高质量发展评价指标体系构建与评估. *中国农业资源与区划*, 2020(4):124~133
27. 黄泽宇, 袁国轩, 宗高旭, 薛佳. 我国农药废弃物管理改革方向探索——基于对国外管理模式类型化比较研究. *农业经济问题*, 2013(1):104~109
28. 姜珊, 李衍素, 王娟娟, 贺超兴, 于贤昌, 王君. 我国秸秆还田技术发展现状. *中国蔬菜*, 2021(11):27~32
29. 金书秦, 张哲晰, 胡钰, 韩冬梅, 杜志雄. 中国农业绿色转型的历史逻辑、理论阐释与实践探索. *农业经济问题*, 2024(3):4~19
30. 靳拓, 薛颖昊, 张明明, 韩冬梅, 杜志雄. 国内外农用地膜使用政策、执行标准与回收状况. *生态环境学报*, 2020(2):411~420
31. 李军, 辛贤. 构建农业农村领域的政府与市场高效协同机制: 逻辑、边界与解决方案. *农经*, 2025(Z3):60~71
32. 李志涛, 王夏晖, 陆军, 高彦鑫, 李松. 国内外对农药包装废弃物回收的主要做法与经验. *环境污染与防治*, 2015(2):89~92+99
33. 林斌, 徐孟, 汪笑溪. 中国农业碳减排政策、研究现状及展望. *中国生态农业学报(中英文)*, 2022(4):500~515
34. 刘程锦, 缪畅, 肖围, 贺美, 曲宝龙. 农用塑料薄膜的资源化回收利用进展. *应用化工*, 2020(S2):213~215
35. 刘沙沙, 李兵, 韩亚. 国外几种典型畜禽养殖废弃物处理模式浅析. *农业技术与装备*, 2018(2):90~92
36. 刘振涛, 林英明, 周勋章, 申琳, 路剑. 中国畜禽粪污资源化利用政策演进历程、内在逻辑与发展趋势. *中国农业大学学报*, 2025(6):137~151
37. 马兆嵘, 刘有胜, 张芊芊, 应光国. 农用塑料薄膜使用现状与环境污染分析. *生态毒理学报*, 2020(4):21~32

38. 闵超,安达,王月,徐海红,王刘华,康明,王励博. 我国农村固体废弃物资源化研究进展. 农业资源与环境学报,2020(2): 151~160
39. 仇焕广,苏柳方,张祎彤. 风险偏好、风险感知与农户保护性耕作技术采纳. 中国农村经济,2020(7):59~79
40. 任宗杰,秦萌,袁会珠,李永平,黄啟良,郭永旺. 乡村振兴背景下做好农药包装废弃物回收处理工作的思考. 中国植保导刊,2021(4):81~84
41. 舒畅,乔娟. 我国种养一体化模式治理畜禽粪污的发展问题研究. 中国畜牧杂志,2019(8):146~150
42. 宋洋,宗义湘,白丽. 中国农药包装废弃物治理政策的演进脉络与工具选择——基于量化分析的视角(2001—2024). 中国农业资源与区划:1~15, <https://link.cnki.net/urlid/11.3513.S.20250513.1343.012>
43. 孙宁,王飞,孙仁华,王亚静,王红彦,王磊,毕于运. 国外农作物秸秆主要利用方式与经验借鉴. 中国人口·资源与环境,2016(S1):469~474
44. 覃诚,毕于运,高春雨,王亚静,周珂,王莹. 中国农作物秸秆禁烧管理与效果. 中国农业大学学报,2019(7):181~189
45. 田宜水. 我国农作物秸秆综合利用产业促进政策研究. 中国农业资源与区划,2020(9):28~36
46. 汪笑溪,蔡浩,宣佳琦,林斌,杜瑞莹. 多目标协同的中国农业食物系统减排与可持续转型. 浙江大学学报(人文社会科学版),2025(3):27~42
47. 汪笑溪,李佳珂,叶蕾,林斌. 中国农业非二氧化碳温室气体减排的政策措施、技术应用与对策启示. 中国生态农业学报(中英文),2024(11):1793~1804
48. 王明利,鄢朝辉,方正. 中国畜牧业高质量发展评价及提升路径. 农经,2025(Z3):40~59
49. 王红彦,王飞,孙仁华,高春雨,王亚静. 国外农作物秸秆利用政策法规综述及其经验启示. 农业工程学报,2016(16):216~222
50. 王莉,张斌,田国强. 农膜使用回收中的政府干预研究. 农业经济问题,2018(8):137~144
51. 魏珣,杜志雄. 农户参与农药包装废弃物回收工作的意愿及其影响因素——基于 Logistic 和半对数模型的实证分析. 世界农业,2018(1):109~116
52. 谢杰,邵敬淼,孙宁,王红彦,王亚静,毕于运,高春雨. 日本农作物秸秆综合利用经验借鉴. 中国农业资源与区划,2022(9):116~125
53. 谢文凤,吴彤,石岳骄,朱毅. 国内外有机肥标准对比及风险评价. 中国生态农业学报(中英文),2020(12):1958~1968
54. 薛颖昊,靳拓,周洁,魏莉丽,高海河,徐志宇. 典型区域地膜使用及回收再利用情况的调查分析——基于河北、内蒙古、四川调研数据. 中国农业资源与区划,2021(2):10~15
55. 薛颖昊,王亚静,尹建锋,孙仁华,徐志宇. 我国农作物秸秆利用生态补偿制度探索与实践. 中国农业资源与区划,2023(12):40~46
56. 于法稳,杨果. 农作物秸秆资源化利用的现状、困境及对策. 社会科学家,2018(2):33~39
57. 赵敏娟,贺婷,程量. 农业绿色低碳高质量发展的实践逻辑:全价值评估与多中心治理. 农经,2025(Z1):57~65
58. 赵汝东,董桓诚,黄华,刘玉涛,李骅. 我国畜禽粪污肥料化利用研究现状. 中国农机化学报,2020(5):151~156
59. 周海宾,丁京涛,孟海波,沈玉君,王健,张曦,程红胜,宋立秋,徐鹏翔,张明月,王鑫宇. 中国畜禽粪污资源化利用技术应用调研与发展分析. 农业工程学报,2022(9):237~246

Exploration of Agricultural Solid Waste Management Models under the Background of Chinese Path to Modernization

WANG Xiaoxi, DU Ruiying, WANG Yifan, TAN Rong

Abstract: Drawing on a systemic governance theory, this study focuses on four major categories of agricultural solid waste, pesticide packaging waste, discarded agricultural plastic film, crop straw and livestock manure, and systematically reviews the current governance in China. This analysis reveals structural challenges in collaborative governance among government, market actors, and farmers, particularly ambiguous responsibility boundaries and the absence of benefit compensation mechanisms. By comparing the governance practices of major developed countries in Europe and North America, this study identifies key experiences in institutionalizing multi-stakeholder collaboration, based on clear responsi-

bility allocation and well-established benefit compensation mechanisms. Building on these insights and tailored to China's national context, the study proposes four optimization pathways to improve the agricultural solid waste governance system, provide policy recommendations, and enhance resource utilization efficiency and governance effectiveness. The pathways include establishing a multi-stakeholder governance framework for agricultural solid waste, promoting category-specific strategies and diversified resource utilization pathways, enhancing scientific and technological support to accelerate the deployment of appropriate technologies, and advancing the integrated application of information technology to enhance the systematic level of governance.

Keywords: Agricultural solid waste; Systematic governance; Resource utilization; Green agricultural development

责任编辑:李 雪