

生猪养殖废弃物资源化利用研究

王健胜

天水市科学技术普及工作队, 741000

摘要: 随着我国养殖业的迅猛发展, 尤其是中小型养猪场的广泛分布, 养殖废弃物的处理与资源化利用问题日益成为环境保护和农业可持续发展的焦点。中小型养猪场由于规模较小、设施相对落后, 往往缺乏有效的废弃物处理系统, 导致粪便、尿液等废弃物对周边环境造成污染。为减轻环境污染压力, 提高资源利用效率, 本研究详细分析中小型养猪场的废弃物污染现状, 探讨了猪粪生物质能源化、肥料化、饲料化利用等资源化技术, 针对案例治理成效展开深入研究, 以期为此类养殖场的废弃物管理和农业生态循环提供理论支持和实践指导。

关键词: 养猪场; 养殖废弃物; 资源化利用; 废弃物管理; 生态循环

DOI: 10.63887/fns.2025.1.2.20

生猪养殖废弃物资源化利用是指将猪粪、猪尿等废弃物转化为可再利用的资源, 实现循环农业和生态农业的目标。农业面源污染已成为我国三大环境污染之一, 而畜禽养殖废弃物则是农业面源污染的重要来源。近年来, 我国政府高度重视生猪养殖废弃物的资源化利用, 《国务院办公厅关于促进畜牧业高质量发展的意见》明确提出要推进畜禽养殖废弃物资源化利用, 并防止因资源化利用不当而导致环境污染。在政策推动下, 我国生猪养殖废弃物资源化利用行业取得了显著进展, 技术模式呈现多样化特征, 包括堆肥利用、能源化利用等多种形式。随着环保意识的提高和技术的不断进步, 生猪养殖废弃物资源化利用行业将迎来更加广阔的发展前景。

1 中小型养猪场废弃物污染现状

伴随养殖业的迅猛扩张, 集约化养殖场的数量显著增长, 尽管如此, 中小型养殖模式依然构成该行业结构的主体部分。中小型养殖场在布局与构建层面普遍显现出设计科学性不足的问题, 特别是在城市边缘区域, 随意排放废弃物现象频发, 致使生态环境遭受日益严峻的污染挑战。众多中小规模养殖场普遍缺乏完

善的污染物治理设施, 即便少数场所安装了处理设备, 其技术水准也较为初级, 无法实现污染物的安全处置与循环利用。目前, 生猪饲养产业已发展为农业非点源污染的重要来源, 其环境影响范围呈现持续扩张态势。中小型养猪场产生的污染类型主要涵盖粪尿排放、污水外排以及气体逸散等方面, 其中粪尿污染尤为突出, 单头生猪每日排尿量可达 5~6 公斤, 排泄物中含有大量有机质、无机盐类、微生物种群及寄生虫卵, 倘若管理不善或随意倾倒, 势必对土壤生态系统、水体环境以及空气品质造成严重损害。养殖场面临的水体污染问题主要源自持续的畜舍冲洗作业, 过程中生成大量富含粪便成分及有毒有害物质的废水^[1]。若未经适当预处理即直接排放, 此类废水将严重威胁地表水与地下水体的安全, 引发水体富营养化现象及有害物质、重金属含量超标的生态风险。

2 猪场废弃物资源化利用技术

2.1 猪粪生物质能源化利用

2.1.1 生物燃气生产

生物燃气作为一种可再生特性的能源, 经由厌氧消化工艺转化而来, 其主要组分包括甲烷与二氧化碳, 鉴于猪粪富含有机物质, 被视

为优质的生物燃气生产底物。通常情况下，一头成年猪每日可排泄 2 至 4kg 的猪粪。将猪粪转化为生物燃气，不仅能有效管理养殖场的有机废弃物，减轻对环境的负面影响，还能为能源结构转型提供环保型替代选择，有效缓解传统化石燃料的消耗压力。整个工艺体系由原料前处理、无氧发酵转化以及气体回收应用系统三大核心模块构成。其中，原料前处理环节尤为关键，主要功能是分离粪便中的固态杂质，调控物料含水率与营养配比，从而提升后续发酵过程的转化效率。在厌氧消化阶段，微生物群落分解有机物质，生成甲烷、二氧化碳等气体产物。发酵过程中，温度条件、pH 值水平及微生物种类对生物燃气的产量与品质具有较大的影响。生物燃气的收集与利用系统由气体收集单元、储存设施及净化装置构成，共同确保生物燃气得以安全且高效地加以应用。

2.1.2 生物柴油生产

猪粪转化为生物柴油，不仅提升了猪场废弃物资源化利用率，还显著降低了对化石燃料的依赖，有效减轻环境负担。整个过程由步骤完成，首先对猪粪进行固液分离，去除其中的杂物、异物以及水分，为后续的物质提供良好的原料。接着经过除湿和烘干处理后降低猪粪的水分含量，使猪粪的饲料易于抽提油脂。猪粪油脂提取过程是最为关键的，通常采用溶剂浸提法或者超临界流体提取法。这两个工艺能够有效的将猪粪抽提所得出的干化的固体猪粪的油脂进行抽提处理。油脂经抽提以后获取猪粪中油脂，经过进一步的提取油脂后可以用于酯交换中，借助碱类催化剂对油脂进行碱化操作与醇类进行化学反应，使其产生生物燃料和甘油产物。其中的酯交换反应主要是为了提高油脂的利用效率，让制出的产物具有稳定的性能，良好的燃烧性质。另外，产生的生物燃料需要经过加工清理除去其中的杂质以提高生物燃料的纯度，确保其符合用油要求，经过最后的加工处理，可以作为替代能源直接使

用或者在传统的柴油燃料中加入一定的量的生物燃料，达到降低石油化石能源消耗以及减轻大量温室气体排放的效果。

2.2 猪粪肥料化利用

2.2.1 制造有机肥

猪粪资源化处理作为循环农业的重要环节，其肥料化改造实现了废弃物的高值利用。这种有机质转化过程能够提取粪便中蕴含的氮磷钾等植物必需养分，形成具有显著农用价值的生物肥料。该技术体系不仅缓解了养殖污染问题，同时构建了种养结合的生态循环模式^[2]。整个生产工艺包含原料预处理、生物发酵、腐熟稳定和成品加工四个关键步骤。在预处理环节，采用机械脱水与筛分技术对原料进行除杂和水分调节。发酵阶段将猪粪与植物残体（如秸秆、木屑等）按比例混合，通过调控氧气条件促进微生物代谢活动，在此过程中产生的高温不仅能杀灭有害生物，还能加速有机质的矿化分解。当物料呈现均匀的深褐色且无明显异味时，表明已达到腐熟标准。最终通过成型造粒和低温干燥等工艺，制成符合农用标准的有机肥料，这种产品能显著改善土壤结构，促进农作物健康生长。

2.2.2 猪粪生物活性物质提取

猪粪的肥料化利用不仅限于堆肥与有机肥料的生产，还涉及生物活性物质的深度开发。猪粪内含多种具有农业应用潜力的生物活性成分，包括植物生长调节剂、抗氧化剂及抗菌肽等，在促进作物生长、增强抗逆性及延长农产品保鲜期等方面展现出显著效果。生物活性物质的萃取流程包括预处理、萃取、分离纯化及应用四个主要步骤。预处理阶段，采用固液分离技术去除杂质及多余水分。萃取阶段，运用有机溶剂萃取、水蒸馏法或超临界流体萃取等先进技术，从预处理后的猪粪中高效提取目标活性物质。通过色谱层析、离心分离、膜过滤等高精度分离纯化技术，对萃取液进行深度处理，获得高纯度的生物活性物质。最后，将

提取的生物活性物质应用于农业生产实践，如植物生长调节剂可显著促进作物生长发育，抗氧化剂及抗菌肽则有助于提升作物的抗病能力及延长产品货架期。

2.3 猪粪饲料化利用

2.3.1 猪粪蛋白饲料

猪粪基高蛋白饲料的制备旨在将猪粪转化为适宜畜禽饲养的优质蛋白质源，该过程融合发酵技术、蛋白质水解工艺等关键技术，提升猪粪中的蛋白质含量及其生物利用率。将预处理后的猪粪与精选发酵微生物（如酵母菌属、曲霉菌属等）混合^[3]，在适宜的好氧或厌氧条件下进行发酵，利用微生物的生物降解作用，将猪粪中的有机物质转化为富含蛋白质的生物物质，同时有效降低有毒物质含量，提升饲料安全性。

2.3.2 猪粪菌草饲料

猪粪-菌草复合饲料的生产利用菌草的生物分解与养分吸收能力，生产出富含营养成分的饲料产品。生产过程中，严格控制生产参数与筛选适宜菌种是保证饲料质量与安全的基石。预处理阶段与猪粪基高蛋白饲料相似，侧重于杂质的去除与水分含量的调整^[4]。根据畜禽的营养需求，将猪粪-菌草复合饲料与其他饲料组分科学配比，形成营养均衡、易于消化吸收的饲料产品。

3 案例分析

某生猪养殖小区占地 95.96 亩，年出栏 16560 头。养殖粪污经过六级沉淀池、高位异位发酵床和简易快速堆肥发酵处理，用于农业种植，实现废弃物的资源化利用，形成高效的种养循环农业模式。

3.1 养殖粪污治理工艺流程及技术特点

3.1.1 粪污收集工艺

在养殖小区内，依据“粪污源头减量”的总体策略，已全面实现雨水与污水、饮用水与废弃水的有效分离。具体而言，已建设完成总

长 2050m 的雨水与污水输送管道系统。为提升水资源利用效率，该小区引入嵌入式墙体饮水系统。在粪污收集方面，采用干式清理工艺，并配备 40 组自动化刮粪设备。养殖作业中产生的粪便与尿液，经由设计的缝隙地板流入排粪沟内。自动化刮粪设备依据预设时间表进行作业，将新鲜粪污收集至暂存池中，不仅提升了养殖效率，也有效维护了养殖场的整体环境卫生。

粪污收集工艺：养殖小区严格遵循“粪污源头减量”的基本原则，通过雨水与污水、饮用水与废弃水的有效分离，显著降低了粪污的总体产生量。每日定时运行的自动化刮粪设备，不仅为猪只创造了良好的生长环境，也对养殖场的环境卫生维护起到积极作用。

3.1.2 粪污处理工艺

在湿润气候和传统农业模式下，该养殖小区实施综合粪污处理策略。结合六级沉淀池发酵、高位异位发酵床和简易快速堆肥发酵工艺，铺设 5000m⁵⁰PE 管道至田间。同时，建设了 300m³ 粪污暂存池、3338m³ 六级沉淀池、3096m³ 发酵床，配备 4 台翻耙机和 1 台干湿分离机。

3.1.3 六级沉淀池厌氧发酵技术

养殖排泄物经干湿分离后，导入六级沉淀池进行厌氧发酵处理，加速其腐熟化进程。鉴于湿润气候与较低年均气温（14.9℃），特别是秋冬季节异位发酵床升温缓慢、处理效率受限的问题，采用沉淀池发酵暂存策略，确保春季与秋季耕作高峰期有足够的发酵产物回归农田，支持农业生产。此过程需至少储存 60 天，满足腐熟化要求。

3.1.4 高位异位发酵床技术

新鲜粪浆（干湿混合物）被输送至高位异位发酵床进行处理，通过机械翻耙与人工设计的发酵系统，实现养殖废物的初步转化。该养殖小区发酵床日处理能力达 40t，床体高度提升至 2.2m，增设曝气及回流沟系统维持适宜

发酵温度。发酵床垫料采用周边农田作物秸秆，并添加微生物发酵剂，构建人工微生物有氧发酵系统，有效抑制害虫与病菌生长，降解有机物质为氧气、二氧化碳等，形成初级有机肥料，随后送至有机肥加工厂进行深加工。

3.1.5 简易快速堆肥发酵技术

根据粪污产量峰值设置来消化粪污产峰，利用简易、快捷的堆肥发酵工艺处理固态粪污，进行粪污有氧发酵处理，添加发酵菌剂，通过特定菌群和兼好氧性的菌群共同发酵，在人为控制水分、碳氮比、通气量的环境下，消化固态粪便中的有机物，实现矿物质化、腐殖化、无毒化的目的。其工艺过程考虑到地方的农业耕作模式和山区的交通便捷环境，专门针对粪污产峰状态消化固态粪便时进行循环利用，具备发酵反应速度及时间短的优势，消化固态粪便中的有机物，满足还田、土地调理、农产品养分补给需求。

3.2 种养结合

该养殖小区推行四项创新种养结合模式，促进农业生态系统可持续发展。其一，与生物肥料企业建立战略合作，将发酵床产生的初级有机肥进行精加工，转化为标准化肥料产品用于农作物种植。其二，承租邻近 650 亩耕地实施轮作制度，种植辣椒、时令蔬菜、高粱及玉米等作物，并建设 4500 米 PE 管道网络，将经过六级沉淀处理的养殖废弃物直接输送至农田作为天然肥料。其三，与周边 550 亩黄桃种植基地达成协议，将部分养殖排泄物通过简易堆肥工艺转化为果树专用追肥^[5]。其四，收集农作物副产物（包括辣椒秆、高粱秆、玉米秆等），经粉碎处理后作为发酵床基质原料，既避免了秸秆焚烧带来的环境问题，又形成了“养殖废弃物-发酵处理-沉淀净化-堆肥转化-种植利用”的闭环产业链，实现了种养环节的高

效衔接与生态平衡。

3.3 治理成效

养殖小区采用多元化无害化处理技术，成功转化养殖粪污为农业资源，达成“零排放”与“无污染”环保目标，优化了周边农田土壤结构，减少了化肥用量，降低了成本，提升了经济效益，成为粪污高效处理与资源化利用的示范。2023 年，生猪出栏量达 14 万头，通过精细化水资源管理，节水约 2000t。全年产生的粪污总量约为 8400 吨，其中采用异位发酵床技术处理约 2600 吨。通过销售初级有机肥产品（发酵垫料）210 吨，平均售价 350 元/吨，实现经济收益 7.35 万元；采用简易快速堆肥工艺生产的有机肥产量达 800 吨，平均售价 300 元/吨，创造经济效益 24 万元。经六级沉淀池发酵处理的沼液应用于 600 亩辣椒等蔬菜种植基地，减少化肥使用量约 3000 公斤，带动蔬菜种植增收约 60 万元。此外，回收再利用种植秸秆，避免了焚烧污染，促进了农业生态系统可持续发展。该养殖小区不仅实现了环境友好型生产，还显著提高了经济效益，为同类养殖企业提供了宝贵经验。

4 结语

中小型养猪场废弃物污染问题严峻，但通过资源化利用技术可有效缓解。猪粪可转化为生物燃气、生物柴油等清洁能源，或制成有机肥、高蛋白饲料等农业资源。某养猪场采用六级沉淀池、异位发酵床、简易快速堆肥发酵技术处理猪场废弃物，废弃物得到了有效的利用，形成种植和养殖循环农业模式。该模式不仅改善了土壤结构，降低了化肥使用量，还提升了经济效益，为养殖粪污处理提供了有益示范。通过实施无害化处理技术，该养殖小区成功实现了“零排放”与“无污染”的环保目标，促进了农业生态系统的可持续发展。

参考文献

- [1]江光辉,王颖,闵继胜.供需视角下养殖废弃物还田利用的种养协同治理机制研究[J].干旱区资源与环境,2024,38(10):177-190.
- [2]施朝辉.淮安市淮安区生猪养殖废弃物资源化利用的现状 & 思考[J].畜牧业环境,2024,(12):152-153.
- [3]蒲朝伦.绿色养殖理念下生猪养殖废弃物资源化利用模式分析[J].畜牧业环境,2024,(14):42-43.
- [4]张光玺,贺成龙.贵州省遵义市播州区生猪规模养殖场粪污资源化利用典型案例分析[J].中国猪业,2023,18(06):170-172.
- [5]陈社新.猪场废弃物资源化利用及环境友好型养殖技术探讨[J].中国猪业,2023,18(06):166-169.

作者简介:王健胜(1984—),男,汉族,甘肃甘谷人,副高级职称,研究生学历,专业为动物生产系统与工程专业。身份证号码:620523198407012593