

猪厂保育舍粪污发酵与生物降解系统

夏娟¹, 张花哲¹, 徐小杰¹, 张炳超^{2*}

1. 广州商学院 信息技术与工程学院, 广东 广州 511363

2. 广东省现代农业装备研究院, 广东 广州 510630

摘 要： 本研究针对高床养猪保育舍的粪污处理需求，设计并优化了一种智能化发酵车间控制系统。该系统采用自动化硬件设备，包括刮粪机、立式搅拌机、潜污泵、液体猪粪搅拌布料机、液压滚筒翻堆机及高压漩涡风机，实现粪污的收集、混合、喷洒、翻堆及曝气全过程的自动控制。软件控制系统结合 PLC 编程和物联网技术，精确调节各设备运行状态，并实时监测发酵槽内物料的水分、温度和含氧量。数据通过云端存储与分析，优化处理策略，提高粪污降解效率。在多个不同规模的养猪场进行测试后，系统表现出良好的稳定性，各设备无故障运行率超过 90%，有效提升了猪舍环境质量，为智能化养殖提供了技术支撑。

关 键 词： 高床养猪；保育舍；发酵车间；物联网

Fermentation and Biodegradation System for Manure in Piglet Nurseries

Xia Juan¹, Zhang Huazhe¹, Xu Xiaojie¹, Zhang Bingchao^{2*}

1. School of Information Technology and Engineering, Guangzhou College of Commerce, Guangzhou, Guangdong 511363

2. Guangdong Provincial Academy of Modern Agricultural Equipment, Guangzhou, Guangdong 510630

Abstract： In response to the manure treatment needs of high-bed pig farming nurseries, this study designed and optimized an intelligent fermentation workshop control system. The system employs automated hardware equipment, including a manure scraper, vertical mixer, submersible sewage pump, liquid pig manure mixing and spreading machine, hydraulic roller compost turner, and high-pressure vortex blower. This allows for automatic control of the entire process of manure collection, mixing, spraying, compost turning, and aeration. The software control system combines PLC programming and IoT technology to precisely adjust the operating status of each device and monitor the moisture, temperature, and oxygen content of the material in the fermentation tank in real-time. Data is stored and analyzed via the cloud, optimizing treatment strategies and improving manure degradation efficiency. After testing at several pig farms of different scales, the system demonstrated good stability, with a trouble-free operation rate of over 90% for all equipment. This effectively improved the environmental quality of the pig houses and provided technical support for intelligent farming.

Keywords： high-bed pig farming; nursery; fermentation workshop; Internet of Things

引言

随着畜牧业生产规模的不断扩大，粪污处理问题成为行业面临的重大挑战之一。特别是在集约化养猪模式下，粪污管理的效率不仅影响环境保护，也直接关系到养殖效益和可持续发展^[1-4]。传统的粪污处理方式多依赖人工操作和简单机械设备，不仅劳动强度大、处理效率低，还可能导致环境污染问题难以有效控制^[5-6]。

近年来，智能化技术的应用为畜禽粪污处理提供了新的解决方案。物联网、大数据分析、人工智能等新兴技术的引入，使得粪污处理系统能够实现自动化、精细化和智能化管理。基于智能控制系统的粪污处理方案可以精准调节温湿度、氧气含量等环境参数，优化发酵过程，提高粪污分解效率。此外，数据分析技术能够对历史运行数据进行优化，动态调整系统参数，以适应不同的养殖环境^[7-11]。

针对上述需求，本研究提出了一种基于物联网和智能控制技术的高床养猪保育舍发酵车间控制系统。该系统集成软硬件方案，实现粪污的高效收集、自动翻堆、曝气调控等功能，以提高粪污处理效率，减少环境污染，并优化猪舍内部生态环境。通过该系统的推广应用，可为规模化、集约化养殖场提供高效、环保的粪污处理解决方案，推动畜牧业向绿色可持续方向发展。

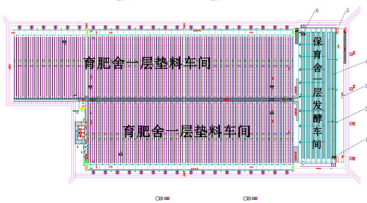
基金项目：广东省普通高校青年创新人才类项目 (2021KQNCX121) 项目名称：基于物联网的畜禽高床养殖粪污综合处理系统。

作者简介：夏娟 (1992-)，女，湖北武汉人，讲师，硕士研究生；

通讯作者：张炳超 (1989-)，男，山东东营人，高级工程师，硕士生导师。邮箱：8856121.hi@163.com

一、一层保育舍发酵车间智能管理方案

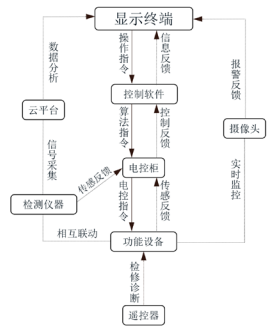
为顺应现代农业发展要求，并结合广东省区域特点，本研究选取河源市某食品集团的养猪场作为示范基地，联合多所科研院校，在长期探索、实验和实践的基础上，构建了一种高床发酵型生态养殖“零排放”模式。本研究围绕保育舍发酵车间的粪污处理展开，旨在提高粪污资源化利



> 图1 一层保育舍发酵车间布局图

用率，同时降低环境污染，如图1所示。

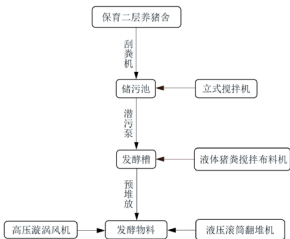
本系统的核心控制单元主要负责保育舍一层发酵车间的自动化管理。系统利用物联网和智能监测设备，对粪污的收集、处理、发酵等环节进行精准控制。在猪舍和发酵车间的各个关键位置均安装了智能监控设备，并通过有线或无线网络实现远程数据传输，使管理人员能够通过移动终端实时查看粪污处理状态。整个系统的运行状态也可在控制中心大屏幕上动态展示，确保管理者能够及时掌握设备运作情况并进行调整，如图2所示。



> 图2 保育舍发酵车间系统工作原理图

二、保育舍一层发酵车间处理系统设计

系统的主要运行流程包括：刮粪机收集二层保育猪的粪尿，随后立式搅拌机和潜污泵对粪污进行均匀混合并输送至液体猪粪搅拌布料机，该设备沿轨道均匀喷洒粪污至发酵槽内。接着，液压滚筒翻堆机翻抛槽内物料，促进发酵和有机物分解，同时高压漩涡风机提供充足氧气，提升好氧发酵效率。保育舍一层发酵车间作业流程，如图3所示。通过智能物联网平台，所有设备可进行远程监控与操作，系统根据实时数据调整运行参数，提高粪污降解效果。该系统的实施不仅提升了养殖场粪污处理的智能化水平，同时降低了运营成本，为养殖企业提供了绿色环保的粪污管理方案。



> 图3 保育舍一层发酵车间作业流程图

（一）发酵车间智能控制系统硬件设计

发酵车间的控制系统由多个功能模块组成，以确保各个环节的稳定运行。第一部分包括刮粪机、立式搅拌机、潜污泵及高压漩涡风机等设备，这些设备通过控制电柜统一管理。其中，刮粪机由机械限位开关与时间继电器协同控制，确保粪污按计划清

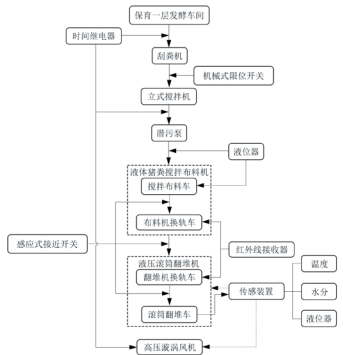
理；立式搅拌机和潜污泵的启停则由液体猪粪搅拌布料机的液位感应装置控制；高压漩涡风机采用时间继电器进行周期性调节，以优化曝气时间和风量。第二部分是液体猪粪搅拌布料机的移动控制系统，该系统由布料机换轨车和搅拌布料车组成，二者通过液位感应器和接近开关联动控制，确保粪污均匀喷洒至发酵槽内。第三部分是翻堆系统，由翻堆机换轨车和滚筒翻堆机组成。滚筒翻堆机配备传感器，可检测物料的水分、温度及氧气含量，并根据检测数据调整翻堆深度和位置。

液体猪粪搅拌布料机和翻堆系统均配备卷缆器供电，同时安装无线遥控设备，支持远程手动操作。布料机换轨车和翻堆机换轨车配有电动推杆及红外感应接收器，确保自动换槽操作的顺利进行。所有控制柜均安装报警指示灯，并通过 PLC 控制设备运行逻辑及故障诊断。

（二）发酵车间智能控制系统软件设计

系统软件通过多种自动化控制方式，实现对发酵车间各设备的协调运行。刮粪机的运动轨迹和清理周期由机械限位开关和时间继电器设定，同时检测是否存在异物堵塞轨道或钢丝绳断裂等故障。液体猪粪搅拌布料机启动时，触发储污池旁的限位开关，依次激活立式搅拌机与潜污泵，将液体粪污输送至布料箱体。布料箱体内的液位器监测液体粪污的存储情况，并在达到设定上限时停止泵送。布料机换轨车在接收到信号后进行水平移动，红外线接收器感应到信号后，控制电动推杆将换轨车与发酵槽墙轨道精准对接。随后，搅拌布料车沿发酵槽轨道均匀喷洒粪污，完成后退回至起点，并重复该过程，直至所有发酵槽布料完毕。

当发酵槽末端的接近开关感应到搅拌布料车信号后，翻堆机换轨车随即移动，红外线感应触发电动推杆，使换轨车与轨道对接。随后，滚筒翻堆车按照设定路线翻抛槽内物料，并在翻抛过程中通过传感装置检测多个位置的水分、温度及氧气含量。翻堆机换轨车逐步移动至下一发酵槽，直至所有翻堆作业完成，相关数据上传至云端，形成可视化分析报告。翻堆作业完成后，高压漩涡风机根据传感数据反馈，智能调整曝气时间、频率及位置，优化好氧发酵条



> 图4 保育舍一层发酵车间系统软件控制流程图

件。系统具备自动诊断功能，如在运行过程中出现设备脱轨、滑动、电机过载等异常情况，便会触发报警，并允许操作人员通过无线遥控器手动调整设备状态，确保系统稳定运行。保育舍一层发酵车间系统软件控制流程，如图4所示。

三、保育舍发酵车间系统测试与优化

为验证高床养猪保育舍发酵车间控制系统的有效性，选取某食品集团旗下三个不同规模的养猪场作为测试基地。测试内容包括对粪污处理设备的硬件配置和软件系统升级，并进行1个月的试

运行，记录各设备的稳定性、功能执行成功率及系统适配性。

（一）发酵车间设备运行情况分

设备测试覆盖16个、12个和7个保育单元的三个养殖场，分别安装了刮粪机、立式搅拌机、潜污泵、液体猪粪搅拌布料机、液压滚筒翻堆机和高压漩涡风机等设备。各养殖场设备配置如下：

1号猪场（16保育单元）：刮粪机32台，立式搅拌机2台，潜污泵2台，液体猪粪搅拌布料机2台，液压滚筒翻堆机2台，高压漩涡风机12台。

2号猪场（12保育单元）：刮粪机24台，立式搅拌机2台，潜污泵2台，液体猪粪搅拌布料机2台，液压滚筒翻堆机2台，高压漩涡风机8台。

3号猪场（7保育单元）：刮粪机14台，立式搅拌机1台，潜污泵1台，液体猪粪搅拌布料机1台，液压滚筒翻堆机1台，高压漩涡风机5台。

检测结果显示，各设备的运行无故障率均超过90%，具体数据如表1所示。

表1 保育舍发酵车间设备运行无故障率（%）

猪场	刮粪机	立式搅拌机	潜污泵	液体猪粪搅拌布料机	液压滚筒翻堆机	高压漩涡风机
1号	92.7	90.0	90.8	90.5	90.0	98.2
2号	94.4	91.7	91.7	92.5	94.2	98.5
3号	95.2	93.3	91.0	91.7	92.7	98.4

（二）系统优化与改进

测试过程中，通过系统自动诊断和人工现场排查，发现部分问题涉及硬件安装、线路布局不合理及软件算法优化等方面。此外，部分场地条件限制和操作人员培训不足也对系统的稳定运行产生一定影响。

针对这些问题，系统优化措施包括：调整感应开关位置，优化翻堆机的感知精度，提高翻抛作业的准确性；优化控制算法，增强高压漩涡风机和翻堆机的联动性，提高曝气效果；加强设备维护培训，对刮粪机钢丝绳进行定期润滑和检修，降低设备故障率。

四、结论

本研究基于物联网、大数据和智能控制技术，构建了高床养猪保育舍发酵车间控制系统。系统采用传感设备和智能控制算法，实现对粪污处理过程的精准监测和远程管理。测试结果表明，该系统能够有效提高粪污处理效率，优化猪舍环境，并在智能化、规模化养殖场推广应用。随着系统优化的不断推进，该方案将在未来进一步提升粪污资源化利用效率，为现代畜牧业的可持续发展提供重要支持。

参考文献

[1] 张学汉, 陈彩芬. 畜禽粪污处理与资源化利用技术推广 [J]. 畜牧兽医科技信息, 2024, (06): 27-29.

[2] 宋美艳, 胡兴邦. 规模化畜禽养殖粪污资源化利用分析 [J]. 吉林畜牧兽医, 2022, 43(06): 127-128.

[3] 陈宏锐. 南方畜禽粪污资源化利用技术应用浅析 [J]. 广西畜牧兽医, 2024, 40(03): 132-133.

[4] 徐剑蓉. 畜禽粪污治理及资源化利用的实践与思考 [J]. 现代畜牧科技, 2024, (03): 105-107.

[5] 曲军. 畜禽粪污处理中的新兴技术和创新解决方案 [J]. 中国动物保健, 2024, 26(05): 113-114.

[6] 张士纯. 规模化畜禽养殖粪水分离装置设计与试验 [D]. 河北科技师范学院, 2024.

[7] 冯汝祥. 生猪规模化高效养殖与粪污资源化利用技术研究 [J]. 畜牧业环境, 2024, (03): 40-41.

[8] 余芳, 陈贞. 小型气象站在畜禽粪污资源化利用中的应用 [J]. 福建畜牧兽医, 2024, 46(05): 89-90.

[9] 付晓, 魏晓莉, 严士超, 等. 畜禽养殖环境智能监控研究现状及展望 [J]. 华南农业大学学报, 2024, 45(05): 672-684.

[10] 周昕, 冯钧哲, 徐杏, 等. 猪舍环境精准控制模型及其优化算法 [J]. 中国猪业, 2024, 19(03): 24-33.

[11] 曾庆东, 韦建吉, 杨浩君. 槽式发酵车间物料流动的自动化系统——基于链板式翻堆机的堆肥发酵系统 [J]. 现代农业装备, 2016(5): 37-40.