

猪厂育肥舍智能化垫料处理与环境调控系统

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： 本研究围绕高床养猪育肥舍的垫料车间粪污处理环节，构建了一套智能化控制系统。系统依托先进的物联网、大数据分析 & 智能传感技术，实现了粪污收集、固液分离、翻堆发酵及气体调控等全过程自动化管理。核心设备包括高床滚筒翻堆机、大流量鼓风机、固液分离机及环控除臭系统，结合 PLC 编程及远程监测功能，优化垫料发酵过程，提高粪污资源化利用效率。经过不同规模养猪场的测试，系统整体运行稳定，各设备无故障率达 90% 以上，为现代化养殖提供了高效、环保的粪污管理方案。

关 键 词： 高床养猪；粪污处理；育肥舍；垫料车间；物联网

Intelligent Padding Processing and Environmental Control System for Pig Fattening House

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： This study constructs an intelligent control system focusing on the manure treatment link in the padding workshop of the high-bed pig fattening house. Relying on advanced Internet of Things, big data analysis, and intelligent sensing technology, the system achieves automatic management of the entire process of manure collection, solid-liquid separation, compost turning, and fermentation, and gas regulation. The core equipment includes a high-bed roller compost turner, a high-volume blower, a solid-liquid separator, and an environmental control and deodorization system. Combined with PLC programming and remote monitoring functions, the system optimizes the padding fermentation process and improves the utilization efficiency of manure resources. After testing in pig farms of different scales, the overall operation of the system is stable, and the trouble-free rate of each device is over 90%, providing an efficient and environmentally friendly manure management solution for modern aquaculture.

Keywords： shigh-bed pig farming; manure treatment; fattening house; padding workshop; Internet of Things

引言

养殖业的集约化和规模化发展，使得粪污管理成为提升养殖效益和减少环境污染的关键环节^[1-5]。特别是在育肥猪饲养阶段，由于猪只体重增加和饲料消耗量提升，粪污排放量显著增加，传统的粪污处理方式已难以满足环保和资源利用的需求。如果粪污管理不当，不仅会导致养殖场恶臭气体积累，影响猪群健康，还可能通过渗透和排放污染水源和土壤，对生态环境造成不良影响^[6-7]。

近年来，智能化技术的引入为粪污处理提供了新的思路。物联网、大数据分析、自动化控制和环境监测技术逐步应用于现代畜牧业，能够实现粪污处理的精细化调控，提高处理效率，降低环境污染。通过实时监测垫料湿度、温度和氧气含量，并结合自动化翻抛、曝气和固液分离等技术，粪污处理可以更加高效、可持续^[8-12]。

针对育肥舍垫料车间的粪污处理特点，本研究构建了一种基于智能控制的高床养猪粪污育肥舍垫料车间管理系统。该系统整合软硬件设施，利用智能监测与控制算法，实现粪污资源化、自动化处理，并优化养殖环境。本研究的目标是通过该系统的推广，提升粪污处理效率，降低环境污染，为规模化、现代化养殖提供高效的粪污管理方案。

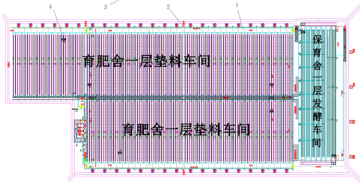
基金项目：广东省普通高校青年创新人才类项目 (2021KQNCX121) 项目名称：基于物联网的畜禽高床养殖粪污综合处理系统

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、育肥舍一层垫料车间智能管理方案

为适应现代农业可持续发展需求，并结合广东地区的养殖特点，本研究选取河源市某食品集团的养猪场作为示范基地，联合多所科研机构，经过长期探索与试验，形成了一套适用于育肥舍的智能化粪污处理模式。该模式基于高床发酵生态养殖理念，旨在通过智

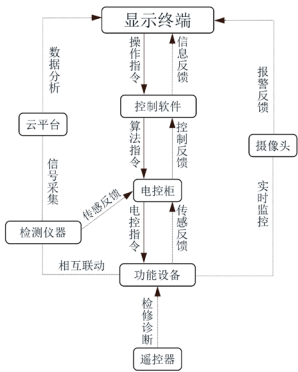


能控制优化粪污分解、资源化利用及环境调

> 图1 一层育肥舍垫料车间布局图

控，最终实现粪污“零排放”目标。本研究围绕育肥舍垫料车间的粪污处理展开，如图1所示。

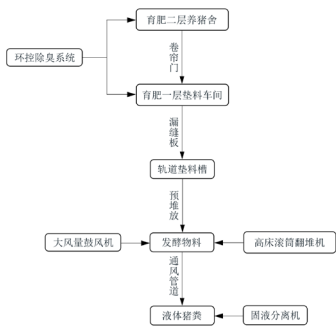
本系统涵盖育肥舍一层垫料车间的智能化管理，涵盖粪污收集、固液分离、翻堆发酵及空气质量调控等环节。猪舍及车间各功能区均安装了智能传感设备，并通过无线或有线网络实现远程监控，使管理人员能够实时掌握粪污处理状态。数据可同步传输至云端，通过大数据分析优化操作参数，提高管理精度，如图2



> 图2 育肥舍垫料车间控制系统工作原理图

二、育肥舍一层垫料车间处理系统设计

育肥舍采用双层结构，二层猪舍的排泄物通过全漏缝水泥板直接进入一层预设的垫料区域。粪污在垫料中分解发酵，同时利用高床滚筒翻堆机实现物料翻抛，使粪污与垫料充分混合。系统结合大风量鼓风机进行定时曝气，促进好氧发酵过程，提高粪污降解速率。多余液体粪污沿预设管道流入污水暂存池，并通过固液分离系统处



> 图3 育肥舍一层垫料车间作业流程图

（一）设备集成与自动化控制

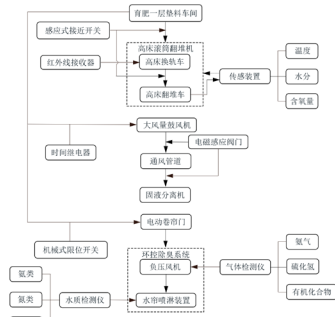
育肥舍垫料车间的硬件控制系统涵盖多个核心功能模块，旨

在优化粪污的处理效率，降低环境污染，并提升养殖环境质量。首先，高床滚筒翻堆机配备了一整套智能传感装置，可实时监测垫料的温湿度、氧气浓度及其他关键参数。该设备结合菌液喷洒系统，在翻抛过程中精准控制发酵环境，促进粪污快速降解并优化垫料质量。其次，通风与固液分离系统相互联动，通过大风量鼓风机提供定时曝气，使垫料内的有机物充分分解，同时利用液位探针及时间继电器精准控制污水流向固液分离设备。该分离系统能够高效去除液体中的固体杂质，确保污水处理更加高效。此外，空气质量优化模块通过负压风机和水帘喷淋系统协同工作，依据气体传感器反馈数据，动态调节风机转速及喷雾量，保障育肥舍空气质量。所有设备均由PLC系统进行统一调度，并配备远程监控及自动报警系统，确保运行稳定性和智能化管理。

（二）智能监测与远程调控

育肥舍垫料车间的软件系统集成了智能监测与自动控制功能，能够对粪污处理各环节进行精准调节。首先，在智能翻抛作业方面，换轨车到达指定垫料槽后，红外感应系统会自动触发翻堆机启动，对垫料进行均匀翻抛。整个过程中，传感器持续采集温湿度及氧含量等关键数据，并根据实时反馈调整翻抛深度与翻堆路径，以确保粪污的充分分解。

在曝气与菌液管理方面，系统根据检测到的环境数据智能调节鼓风机的运行时长及风量分配，并同步控制菌液喷洒装置，对需要额外促进发酵的区域进行精准施肥。针对污水管理，固液分离系统能够检测污水储存



> 图4 育肥舍一层垫料车间系统软件控制流程图

池液位，并依据设定的触发阈值自动启停分离设备，提高水资源利用率，减少环境污染。

空气质量调控方面，负压风机与喷雾系统根据气体传感器反馈的氨气、硫化氢等污染物浓度数据，自动调节排风速度和喷雾量，以确保车间空气质量符合环保要求。所有数据均可存储至云端，并支持历史数据分析，以便后续优化粪污处理策略。如图4所示。

三、运行测试与系统优化

为评估本系统的稳定性与适用性，本研究选取了不同规模的养殖场进行测试。通过与食品集团下属三家不同规模的养殖场合作，对各猪场的粪污处理设备进行了硬件升级与软件优化，完成系统安装与调试后，进行了为期一个月的试运行测试，重点检测设备的运行稳定性、功能适配性及系统自动化水平。

（一）育肥舍垫料车间设备性能评估

本次测试选取的三个养殖场分别包含40个、28个和18个育肥单元，每个养殖场均配备了高床滚筒翻堆机、大风量鼓风机、固液分离机及环控除臭系统。测试结果显示，各设备运行无故障

率均超过 90%，具体数据如表 1 所示。

表 1 育肥舍一层垫料车间控制设备运行无故障率（%）

猪场	高床滚筒翻堆机	大风量鼓风机	固液分离机	环控除臭系统
1 号	92.9	98.5	95.8	91.7
2 号	94.0	98.9	96.7	93.8
3 号	93.3	99.0	95.0	92.5

（二）运行分析与系统优化措施

测试结果表明，系统能够满足日常粪污处理需求，但仍存在若干可优化的环节。通过分析设备自动故障诊断数据与现场运行情况，发现部分问题主要源于以下方面：设备安装与硬件适配，部分翻堆机的接近感应开关位置需要进一步调整，以确保翻抛深

度均匀；控制算法优化，改进大风量鼓风机与固液分离机的联动逻辑，提高污水分离效率；维护与管理优化，加强操作人员培训，包括定期对刮粪机卷绕钢丝绳进行润滑维护，减少因设备磨损导致的故障率。后续将继续优化调整，提升系统运行的稳定性和处理效率，进一步提高粪污资源化利用水平。

四、结论

高床养猪育肥舍垫料车间控制系统依托智能化技术，实现粪污管理的自动化与精细化，优化粪污降解过程，提高环保性能。系统测试表明，该方案能够有效提升粪污资源化利用率，改善养殖环境，为规模化养殖提供高效、环保的粪污处理方案，同时具有良好的推广应用前景。

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] 肖思敏, 崔霞. 规模养殖场畜禽粪污处理和资源化利用的现状分析 [J]. 畜牧业环境, 2024, (02): 39-40.

[3] 谭显贵. 规模养殖场畜禽粪污处理和资源化利用现状分析 [J]. 畜牧业环境, 2023, (02): 53-55.

[4] 王吉根, 杨会国, 张云生, 等. 微生物菌剂在畜禽粪污好氧堆肥中的应用效果研究 [J]. 中国沼气, 2024, 42(06): 27-33.

[5] 杨鼎文, 周恒. 规模养殖场畜禽粪污处理和资源化利用的现状分析 [J]. 畜牧业环境, 2023, (20): 30-31.

[6] 孙文, 刘春生, 陈海林, 等. 畜禽养殖废弃物生产有机肥发酵技术及设备研究现状 [J]. 农业工程, 2024, 14(04): 9-13.

[7] 陈海林, 孙文, 刘春生, 等. 畜禽粪污卧式发酵滚筒设计与试验 [J]. 智能化农业装备学报 (中英文), 2024, 5(01): 64-70.

[8] 刘秋琳. 畜禽粪污收储运网络模型及试点研究 [D]. 清华大学, 2017.

[9] 张勇. 智能养猪数字化设备技术应用与推广探究 [J]. 猪业观察, 2024, (03): 52-54.

[10] 任道渠. 智能化环境控制在现代化养猪场中的应用 [J]. 猪业观察, 2024, (03): 55-57.

[11] 王兴家, 张霞, 穆元杰, 等. 基于物联网的猪舍环境监测系统 [J]. 现代农业装备, 2024, 45(3): 54-62.

[12] 曾庆东, 徐伟, 刘开红, 等. 规模养殖业的清洁生产——高床发酵型生态养猪技术研究 [J]. 现代农业装备, 2021, 42(1): 61-64.