

宜宾地区肉鸡养殖智能化环控系统的本地化适配研究

徐超¹ 姜法铭² 黄小燕³ 罗国宏⁴

宜宾职业技术学院现代农业学院, 四川 宜宾 644000

摘要: 随着农业现代化步伐的加快, 环境智能调控技术逐渐成为规模化畜禽养殖可持续转型的重要支撑。宜宾地处西南丘陵过渡带, 自然条件多变, 养殖格局复杂, 具备典型的本地化适配挑战与推广代表性。基于此, 本文围绕该地区肉鸡养殖场景的实际特征, 系统梳理了智能化环控系统的功能架构设计与感知决策逻辑, 构建了基于温湿动态调控与环境变量识别的本地化模型。该路径的探索回应了技术与现实之间的适配鸿沟, 也为类似生态区块的系统转型提供了可迁移参考。

关键词: 宜宾地区; 肉鸡养殖; 智能化环控系统; 本地化适配

DOI: 10.63887/fns.2025.1.4.13

引言

在气候复杂、资源条件受限的中西部地区, 传统依赖经验调控的模式逐渐难以满足生产稳定性和安全性要求。同时, 智能感知、边缘计算与自动控制等技术的加速融合, 为畜禽养殖环境管理方式的系统性重构提供了现实支撑。区域型环境控制系统的设计难点, 不仅在于技术结构本身的复杂度, 更在于其在不同地理场景中的可植入性与可持续性。在众多待优化的区域中, 宜宾以其典型的地貌类型、生态压力与养殖多样性, 成为观察智能化系统本地部署机制的重要窗口。

1 宜宾地区肉鸡养殖环境的系统性分析

第一, 从自然生态方面的视角看, 宜宾划归亚热带湿润季风气候区, 每年平均气温在 17°C 左右, 湿度常年一直维持在 80% 附近, 气候大体上偏湿热。由于地势起伏错落、坡地成群, 鸡舍的分布往往受地形条件制约, 一般会存在通风不流畅、采光不充分等情况。尤其是春秋两个季节, 白天与夜晚温差偏大, 鸡舍内部的温度波动较大, 湿气大量积聚, 极易使病原大量滋生。这些生态情况说明, 如果继续照旧沿用标准化、静态化的环控系统模型, 往往在宜宾难以实现精准贴合。所以, 系统设计需充分汲取本地微气候变化的特征, 融入动态响应手段, 才能成功应对复杂环境波动当中的禽舍管理需求。

第二, 从产业组织格局角度, 宜宾肉鸡养殖模式

眼下正经历从传统分散到集约化、多元化的转型。过去是以家庭户零星散养为主, 养殖过程借助个人经验, 技术干预不多。近年来, 合作社托管、企业代养等模式相继兴起, 部分乡镇已构建起村集体牵头、专业公司运营的管理模式。这种组织方面的改变虽说促进了管理效率, 然而也引出了设备配置有别、人员素质参差不齐的问题, 造成不同类型养殖主体在可用性、成本控制和界面友好性方面对系统提出了差异化要求。

第三, 从理论进化的层面看, 环境控制系统的引入已不只是针对传统设备的升级, 更凸显了养殖模式朝数据驱动、实时响应体系的迈进。在日常的实际养殖中, 环境变量与鸡群健康之间的关系不是线性关系, 而是由多个动态因子一同起作用。以传统模式为背景, 管理者借助经验调节温湿度, 但当环境产生剧烈波动或养殖密度变高时, 这种方式一般难以处理突发的风险。智能环控系统凭借部署感知单元、引入控制算法、设立数据反馈机制, 可高效提升调控的及时性与稳定性, 降低应激情形, 增进饲料的利用水平。

2 智能化环控系统的功能设计与结构构建

2.1 系统整体架构设计与功能分层构建

本系统采用“四层一体”的分层集成结构, 涵盖感知层、传输层、控制决策层与执行层, 以实现从环境数据采集到智能响应控制的全流程闭环。

在感知层, 系统部署多类型环境传感器(温湿度、

一氧化碳、氨气、光照强度等)及行为识别模块(视频监测、声音分析等),用于实时获取舍内外环境与鸡群状态数据。传输层采用 LoRa+Wi-Fi 双模通信机制,确保在山区鸡舍内信号传输稳定,并具备短距离故障自动切换功能。控制决策层基于本地边缘计算设备完成初级模型推理,并可按需接入云端 AI 控制逻辑。执行层则对接风机、水帘、加热器、照明系统等终端控制设备,完成具体调节动作。

该架构具备良好的横向扩展性和纵向升级能力。各层独立运行,通过标准化接口协议进行通讯,确保在系统维护、升级或模块替换过程中不会影响整体功能运行,满足“长期可用、快速响应”的实际应用需求。

2.2 环境感知单元的布置逻辑与数据管理机制

感知层作为整个系统的输入端,其部署逻辑直接决定了控制精度与系统稳定性。结合宜宾地区地形起伏大、气候湿度高的特征,系统在传感器布设上采用“点面结合,纵向分层”的策略,即在不同空间维度设立环境节点,同时考虑鸡舍纵向气体分布层级差异。

具体而言,温湿度传感器布点以每 20 平方米布设 1 组为基准,重点区域(如进风口、粪沟上方)增加密度配置。氨气与一氧化碳传感器则设于鸡舍底部 0.5 米处,以捕捉有害气体积聚情况,光照传感器则在舍

内中部屋顶设置,用于校准日照不足时的人造光源补偿阈值。系统通过节点多样化部署与空间多点感知,形成高密度、多维度的环境数据网络。

为提高系统鲁棒性,平台引入双重数据采集机制:即“主节点+从节点”并行布设,主节点采集关键数据并上传至主控平台,从节点用于本地缓存与临时替补,防止因主节点故障导致数据中断。在采样频率设计上,温湿度设定为 5s/次,有害气体为 10s/次,行为识别模块每分钟抓取 3 帧影像数据并转化为数字指标流。

数据管理方面,系统采用边缘缓存与云端同步并行模式。边缘侧保留近 48 小时滚动数据缓存,用于短时故障补偿;云端平台则支持按日、周、月构建历史环境模型,形成养殖过程中的“微气候画像”,为模型优化与环境预警提供基础。

2.3 控制决策模型的本地化参数优化方法

针对宜宾地区气候“高湿、低光、温差大”的三重特征,系统在控制模型上进行参数重构,重点解决传统模型“延迟响应”“频繁启停”“误触发”三大问题。

在温控方面,原有恒温启动模型对昼夜波动的适应能力不足,易出现过度干预现象。本系统引入温度趋势判别函数 $\Delta T(t)$:

$$\Delta T(t) = \frac{T_t - T_{t-3}}{3}$$

其中 T_t 为当前时刻温度, T_{t-3} 为三分钟前温度值。当 $\Delta T(t)$ 大于设定变化阈值(例如 $0.8^{\circ}\text{C}/\text{min}$)且超过绝对温度临界值时,风机或加热器才被启动。该策略有效减少了日落或清晨阶段因短时变温引起的无效控制。

在通风系统方面,结合宜宾山区鸡舍风压低、湿气重的问题,模型设置了“湿度优先级”机制。即当湿

度超过 80%时,即便温度未达通风阈值,亦提前开启低档通风模式,并搭配间歇式排湿策略,防止湿度积聚诱发霉变或呼吸道疾病。

此外,系统还构建了基于环境累积指数(ESI)的联动控制函数,以动态调整鸡舍内光照、湿热、氨气等综合状态。该指数定义如下:

$$ESI = \alpha \cdot RH + \beta \cdot NH_3 + \gamma \cdot L$$

其中 RH 为相对湿度, NH_3 为氨气浓度, L 为光照强度, α 、 β 、 γ 为可调节的权重参数。当 ESI 超过预设警戒值时,系统自动联合触发多通道调节策略,实现多参数间的协同控制响应。

通过上述模型重构与控制逻辑优化,系统能够在面对本地非线性气候扰动时,保持稳定、节能与响应及时三者之间的动态平衡,极大提升了实地部署的适应能力与运行效率。

3 系统试点验证与运行成效评估

3.1 试点场景选取原则与部署实施路径

为验证系统在不同类型鸡舍中的适配能力与部署稳定性，试点场景选取坚持“地形代表性、养殖模式典型性、技术基础可接入性”三原则，最终选取宜宾翠屏区一处封闭式标准鸡舍与高县一处半开放式山地鸡棚作为部署对象。前者地势平坦，具备完善的电力与网络设施，适合测试系统功能完整性；后者位于丘陵缓坡地带，通风条件不佳，通信环境复杂，更贴近多数本地中小规模养殖场现实。

系统部署遵循“接口改造最小化、安装路径标准化、运行中断最短化”三项要求。以标准鸡舍为例，施工团队在原有风机控制电路基础上增加了智能继电器模块，并通过无线信道将环境感知终端与边缘计算控制器连接于统一节点；整套系统硬件改造时间控制在 4 小时

以内，部署期间不影响正常饲养。图 3.1 所示为部署流程简图与节点布局结构图：

在半开放鸡棚中，由于基础条件薄弱，系统采用了简化型部署方案，仅布设温湿度、氨气与光照三类传感器，通信方式改为本地数据缓存+定时远程同步模式，同时控制逻辑以本地边缘计算为主，弱化云端依赖，以适应山地场景电信稳定性波动问题^[1]。

3.2 系统运行成效评估

系统部署运行后，连续对两个试点鸡舍进行为期 40 天的监测记录，并建立了“部署前—部署后”对比评估模型，以评估环境参数控制稳定性和能耗效率变化。

在标准鸡舍中，温度波动区间由原来的 $\pm 3.5^{\circ}\text{C}$ 降至 $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$ ，湿度变化区间由 $\pm 8\%$ 降至 $\pm 4\%$ ，氨气峰值浓度从 53 ppm 下降至 28 ppm，系统启停频率减少 23%。表 1 展示了主要环境参数对比情况：

表 1 智能化系统部署前后鸡舍关键环境指标对比

参数类型	部署前均值	部署后均值	波动幅度变化	优化率
温度波动 ($^{\circ}\text{C}$)	± 3.5	± 1.2	$\downarrow 65.7\%$	显著提升
湿度波动 (%)	± 8.0	± 4.1	$\downarrow 48.7\%$	显著提升
氨气峰值 (ppm)	53	28	$\downarrow 47.1\%$	显著提升
风机启停频率 (次/天)	19.3	14.8	$\downarrow 23.3\%$	控制更稳定

在山地鸡棚中，由于结构通风不佳，系统控制效果受限，但仍实现氨气浓度平均下降 19%，湿度波动减小 35%，尤其在连续阴雨天气期间，系统能自动提前激活通风排湿，有效遏制内部霉变风险。

同时，能耗效率方面，标准鸡舍月电耗从原有的 2160kWh 下降至 1680kWh，节能率为 22.2%；山地棚因设备功率较低，变化不显著。系统整体节能效果说明其适配本地复杂气候条件下，仍具备较高的控制精准性与能源利用效率^[2]。

3.3 用户体验调研与经济收益分析

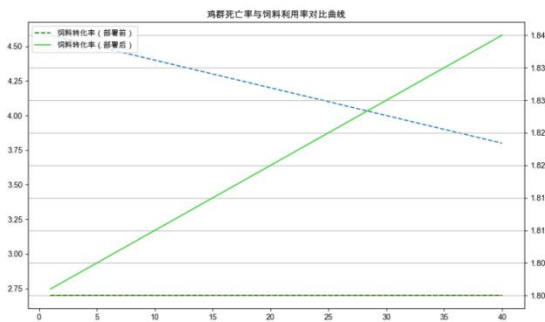
系统运行结束后，研究团队面向两类养殖主体开展用户满意度调研与经济效益评估，共回收有效问卷 23 份，并结合运行期实际记录数据进行交叉分析。

调研数据显示，受访用户中 91.3%认为系统“操作便捷、界面清晰”，78.2%表示“系统减少了日常巡检次数”，平均每日人工巡舍时间由 3.5 小时下降至 1.8 小

时。在使用体验中，合作社用户更倾向于数据可视化与远程监控功能，而个体农户则高度关注设备耐用性与维护周期。

经济收益层面，以标准鸡舍为例，部署后死淘率由 4.6%下降至 2.7%，饲料转化率提升 3.9%，平均每批次育成期缩短 1.8 天，合计每万羽可额外增加收益约人民币 870 元，节省人力支出约 1200 元；系统投资回收周期预计不超过 6 个月。图 1 为部署前后典型鸡群死亡率与饲料效率变化趋势图。

图 1 部署前后典型鸡群死亡率与饲料效率变化趋势



总体来看,系统在不同类型养殖场景下均表现出良好的运行稳定性与经济带动效果,尤其在提高环境控制精准度、降低人工负担与提升生产效益方面效果明显,为其在宜宾地区的进一步推广提供了扎实的实证基础^[3]。

4 宜宾地区肉鸡养殖智能化环控系统的本地化适配

4.1 差异化部署策略

在宜宾地区,肉鸡养殖场景具高度异质性,既有设施完备的标准鸡舍,也存在大量结构简陋的山地鸡棚及分散农户用型圈舍,统一推广方案显然无法兼顾各类场景的适应性和经济性。因此,有必要根据养殖单位的硬件基础、管理能力和投入能力,将系统划分为不同配置等级,实施分级化推广策略。

具体而言,可将系统划分为基础型、标准型和托管型三个等级,分别面向低、中、高三个层次的养殖场景。基础型系统仅配置必要的温湿控制和通风模块,适用于不具备网络与数据处理能力的小型个体养殖户,强调“用得起”和“装得上”;标准型系统适用于合作社和中型集约化鸡舍,提供边缘决策与本地联动能力,保证运行稳定性;而托管型系统则服务于大型托管基地或农业平台运营单位,整合远程控制、数据建模和远端策略下发功能,支持跨场景多点集群管理^[4]。

4.2 模块化设计策略

在宜宾山区跟丘陵的地带,因为养殖设施的建筑形式差别明显,引发传统智能系统往往因为物理空间的限制、电路不相符、通信不稳定等状况,难以进行标准化的部署实施。就这一问题而言,系统设计采用软硬件模块高度解耦的方式,加大接口兼容性与适配的弹性空间。

硬件部分,全部感知单元、控制端口和供电模块都应当采用标准化结构与转接协议,利于按照鸡舍实际空间布局灵活地组合安装。如,空间受限制的斜坡鸡舍中,可采用分体式的布设模式,把传感器布置到关键节点,再把控制主板集中布置在屋角或设备间里,

借此减少施工扰动。

软件部分,控制系统应支持对界面实施简化处理,且允许用户在系统平台之内按照养殖类型、自身技能及操作习惯,抉择不同控制等级的菜单。如,针对一些文化水平不高的个体养殖户,只需留存“温度控制开关”“紧急除湿模式”这类关键的参数入口,针对进行托管的用户,可以开放全参数曲线设置以及远程数据回传接口,实现精细化管控的需求目标。

4.3 运维支撑与区域推广策略

除了技术部署,系统是否可在本地持续有效运行,还取决于背后服务支持体系是否完备。在实际应用中,用户使用智能系统时的体验,往往会因安装培训、故障处理、数据解释、远程协助等环节受到影响,所以必须搭建面向本地化需求的“服务闭环机制”。

一方面,建议在县域、乡镇这一级别设立专门的智能养殖服务小组,由当地农业主管部门、农技推广单位、平台服务商以及合作社组织一同介入,形成分工明确、反应迅速的技术支持网络。服务团队应当建立以“就近响应+远程诊断”为重点的双轨体系,对软硬件问题分类加以处理,降低因维修不及时造成系统闲置的概率。另一方面,借助地方财政或专项项目资金,支持养殖户参与系统初始阶段的培训,增强操作水平和故障判断意识,设立使用积分体系,对设备运行率、维护的情况、数据上传完整的程度等指标开展动态评判,对表现杰出的用户给予后续设备升级支持以及政策激励^[5]。

结语

综上所述,在地域复杂性高、养殖场景分化显著的区域中,唯有将控制结构的柔性设计、部署策略的分层推进与服务体系的区域嵌入有机联动,才能真正实现从技术应用到产业转型的有效衔接。通过精细化部署与本地服务闭环的构建,环境感知与生产逻辑不再割裂,环控系统开始具备响应场景差异的能力。这一过程不仅促成了养殖效率与管理稳定性的同步提升,也使得农业技术创新具备了持续扎根于区域生态肌理的现实可能。

参考文献

- [1]甄梦莹. 智能化, 生猪产业发展重要推动引擎[J]. 猪业科学, 2025, 42(06): 9.
- [2]王健, 蓝志斌. 浅谈肉鸡规模养殖技术集成及应用[J]. 吉林畜牧兽医, 2025, 46(06): 67-69.
- [3]袁曾壮, 任永业, 林瑞平, 等. 楼房养猪与智能化管理研究进展[J]. 浙江畜牧兽医, 2025, 50(03): 11-12.
- [4]杨卫华, 孙玉林. 智能化林下生态蛋鸡设施建设要点[J]. 家禽科学, 2025, 47(06): 126-128.
- [5]严品, 雷雅婷, 王欢, 等. 家禽养殖业的困境与出路: 挑战、创新与可持续发展[J]. 家禽科学, 2025, 47(06): 44-52.

作者简介: 徐超(1991-)男汉, 族, 四川宜宾人, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 家禽饲养, 疾病防控, 饲料配方及市场营销等。

姜法铭(1982-), 男, 汉族, 浙江江山人, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 动物疫病防治、养殖场经营管理、智能化养殖应用、畜牧机械化设计等。等。

黄小燕(1982-), 女, 汉族, 江苏南通人, 博士, 副教授, 主要研究方向: 中草药配伍及应用、教育学等。

罗国宏(2005-)男 汉族, 四川宜宾人, 大学专科在读, 主要研究方向畜禽养殖、乡村振兴等。

项目课题: 宜宾职业技术学院自然科学; 宜宾市肉鸡养殖户/场养殖技术现状调研; 项目编号 ZRYB24-07