

现代畜牧业转型升级中的智慧牧场建设模式探讨

杨桦 周惠 斯日古冷 闫炜 刘艳成
兴安盟现代畜牧业试验区创建服务中心

DOI:10.32629/as.v8i12.3578

[摘要] 面对资源约束趋紧、疫病风险加剧、环保要求提高、劳动力成本上升以及消费市场对高品质畜产品需求增长的多重挑战,传统粗放式的畜牧业生产模式已难以为继。以物联网、大数据、人工智能、机器人技术为核心的智慧牧场建设,成为驱动现代畜牧业转型升级的核心引擎。本文首先剖析了现代畜牧业转型升级的内在动因与外在压力,明确了智慧牧场的概念内涵与核心特征。在此基础上,系统构建了“精准感知层、高速传输层、智能决策层与自动执行层”四层技术架构模型。进而,结合国内外实践,提炼并深入探讨了“基于精准管理的生产增效模式”、“基于数据驱动的疫病防控与健康管理模式”、“基于循环理念的绿色环保模式”以及“基于全链条追溯的品牌增值模式”四种典型建设模式。最后,针对当前智慧牧场建设面临的技术成本、数据壁垒、人才短缺及标准缺失等关键瓶颈,提出了相应的对策建议。研究表明,智慧牧场建设是畜牧业高质量发展的必然路径,其多模式发展有助于产业根据自身禀赋实现差异化、可持续升级。

[关键词] 畜牧业转型升级; 智慧牧场; 精准养殖; 疫病防控; 技术架构; 建设模式

中图分类号: DF413.3 **文献标识码:** A

Discussion on the construction mode of smart pasture in the transformation and upgrading of modern animal husbandry

Hua Yang Hui Zhou Siriguleng Wei Yan Yancheng Liu

Xing'an League Modern Animal Husbandry Experimental Zone Creation Service Center

[Abstract] Faced with multiple challenges such as tightening resource constraints, increasing disease risks, higher environmental requirements, rising labor costs, and increasing demand for high-quality livestock products in the consumer market, the traditional extensive livestock production model is no longer sustainable. The construction of smart ranches centered on the Internet of Things, big data, artificial intelligence, and robotics technology has become the core engine driving the transformation and upgrading of modern animal husbandry. This article first analyzes the internal driving forces and external pressures of the transformation and upgrading of modern animal husbandry, and clarifies the concept, connotation, and core characteristics of smart pastures. On this basis, the system has constructed a four layer technical architecture model consisting of a precision perception layer, a high-speed transmission layer, an intelligent decision-making layer, and an automatic execution layer. Furthermore, based on domestic and international practices, four typical construction models were extracted and deeply explored: "production efficiency model based on precision management", "data-driven disease prevention and health management model", "green environmental protection model based on circular concept", and "brand value-added model based on full chain traceability". Finally, corresponding countermeasures and suggestions were proposed to address the key bottlenecks faced by the current construction of smart pastures, such as technological costs, data barriers, talent shortages, and lack of standards. Research has shown that the construction of smart pastures is an inevitable path for the high-quality development of animal husbandry, and its multi-mode development helps the industry achieve differentiation and sustainable upgrading according to its own endowments.

[Key words] transformation and upgrading of animal husbandry; Smart Ranch; Precision farming; Disease prevention and control; Technical architecture; construction mode

引言

畜牧业是关系国计民生的重要基础产业,是现代农业体系的重要组成部分。然而,长期以来,我国畜牧业发展在很大程度上依赖于资源消耗和劳动力投入,普遍存在生产效率不高、疫病防控压力大、环境污染突出、质量安全追溯难等深层次问题。随着“人口红利”的消退、环保法规的收紧(如“禁养区”划定、排放标准提升)以及非洲猪瘟等重大动物疫病的常态化威胁,传统模式的生存空间被急剧压缩。与此同时,消费者对畜产品的需求正从“吃得饱”向“吃得好、吃得健康、吃得放心”转变,这倒逼产业必须向质量效益型和环境友好型转变。

在此背景下,以新一代信息技术赋能产业变革的智慧农业成为全球共识。智慧牧场作为智慧农业在畜牧领域的实践形态,通过将牲畜、设备、环境、管理人员进行全面连接与数据化,并利用智能算法进行优化决策与自动控制,旨在实现养殖生产全过程的精准化、智能化、生态化和可追溯化^[1]。它不仅是技术工具的简单叠加,更是一场涉及生产方式、经营理念和管理体系的深刻革命。因此,系统探讨智慧牧场的建设模式,对于引导我国畜牧业因地制宜、科学有序地实现转型升级具有重要的理论和现实意义。

1 智慧牧场的内涵、特征与技术架构

1.1 内涵与核心特征。智慧牧场,是指利用物联网、云计算、大数据、人工智能、无线通信等现代信息技术,集成应用于牧场的环境控制、精准饲喂、疫病监测、粪污处理、产品溯源等各个环节,实现牧场生产、经营、管理的数字化、网络化、智能化和可视化的新型牧场形态^[2]。

其核心特征体现在:

(1)全面感知:通过各类传感器、摄像头、RFID电子耳标等,实现对个体牲畜的身份、生理指标(体温、心跳、反刍)、行为特征(采食、运动、发情),以及圈舍环境(温湿度、氨气、光照)的7×24小时不间断数据采集。(2)智能决策:基于采集的海量数据,通过云计算平台和人工智能模型(如机器学习、深度学习)进行分析处理,实现发情期自动鉴定、疾病早期预警、饲喂配方动态优化、生长曲线预测等,将经验驱动转变为数据驱动的科学决策。(3)精准执行:依据智能决策指令,通过自动化、智能化装备如精准饲喂站、智能分群门、环境调控设备、挤奶机器人、清粪机器人等,实现对个体或群体的精准营养供给、精细化环境控制和自动化生产操作。(4)全程可溯:从饲料原料、养殖过程、屠宰加工到冷链物流、销售终端,全链条信息被记录并关联至最终产品,消费者通过二维码即可获取详尽的溯源信息,极大地增强了品牌信任度。

1.2 四层技术架构模型。智慧牧场的建设依赖于一个稳定、高效的技术架构支撑,可抽象为以下四层:

(1)精准感知层:是系统的“神经末梢”,包括部署于牧场各处的传感设备(温湿度、气体、视频监控)、穿戴于牲畜身上的智能终端(电子耳标、项圈、蹄环)以及移动巡检设备(无人机、巡检机器人)。(2)高速传输层:是系统的“信息神经网络”,

负责将感知层数据稳定、低延迟地传输至云平台。根据牧场规模与地形,采用有线(工业以太网)与无线(4G/5G、LoRa、NB-IoT、Wi-Fi)相结合的混合网络方案。(3)智能决策层(云平台/数据中心):是系统的“智慧大脑”,通常部署在云端或本地服务器。它整合并存储全牧场数据,利用大数据分析、AI模型和业务逻辑规则,提供生产管理、健康监测、环境调控、成本分析、风险预警等核心应用服务。(4)自动执行层:是系统的“四肢”,接收决策层的指令,通过PLC(可编程逻辑控制器)或直接指令驱动各类自动化执行机构,如自动饲喂系统、风机湿帘、喷雾消毒装置、机器人等,完成具体的生产操作。

这四层架构环环相扣,形成一个“感知-传输-分析-控制”的闭环,实现了物理牧场与数字虚拟空间的实时交互与智能调控。

2 智慧牧场建设的主要模式探析

基于不同的产业痛点、资源禀赋和发展目标,智慧牧场的建设在实践中演化出多种模式,各有侧重,相互融合。

模式一:基于精准管理的生产增效模式

该模式的核心目标是“降本增效”,通过精细化管理和自动化装备,直接提升劳动生产率、饲料转化率和资源利用率。

实践路径:

精准营养与饲喂:为每头牲畜建立电子档案,结合其品种、日龄、体重、生理阶段及实时体况数据,通过智能饲喂站或TMR(全混合日粮)精准配送系统,实现“一对一”的日粮配方与精准投喂,避免营养过剩或不足,显著降低料肉比/料蛋比。

自动化生产作业:在奶牛场广泛应用挤奶机器人,实现24小时自愿挤奶,提升产奶量和牛群福利;在生猪、禽类养殖场,应用自动清粪系统、自动集蛋线、自动巡检机器人,将人从重复、繁重、肮脏的劳动中解放出来^[3]。

环境智能调控:基于环境感知数据,自动联动环控设备(风机、湿帘、加热器、光照系统),将畜舍环境常年维持在最佳区间,减少应激反应,促进动物生长。

适用性与价值:尤其适用于劳动力成本高昂、追求规模化生产效益的大型养殖企业。其价值直接体现在饲料成本的节约、人力成本的降低和单位产出效率的提升上。

模式二:基于数据驱动的疫病防控与健康管理模式

该模式的核心目标是“防病于未然”,通过智能化监测手段,实现从“治疗为主”到“预防为主”的根本性转变。

实践路径:

个体健康监测:利用智能项圈或耳标监测牲畜的体温、活动量、反刍次数/时长等关键生理行为指标。AI算法通过分析这些数据的异常波动(如体温持续偏高、活动量骤降、反刍减少),能够在临床症状出现前24-48小时发出疾病早期预警(如蹄病、乳腺炎、呼吸道疾病)。

群体疫情预警:结合环境数据(如氨气浓度骤升)和群体行为分析(如扎堆、食欲减退),建立流行病学模型,对群体性疫病风险进行区域化预警。

智能诊断与用药指导:集成图像识别技术,通过摄像头自动

识别牲畜体表异常(如皮肤病变、跛行),甚至连接便携式检测设备辅助诊断。系统可结合历史用药记录,为兽医提供精准的用药建议,避免抗生素滥用^[4]。

适用性与价值:对所有规模的牧场都至关重要,尤其是在疫病风险高发区域。其价值在于大幅降低死亡率、淘汰率和兽药成本,保障生物安全,从源头提升畜产品质量安全水平。

模式三:基于循环理念的绿色环保模式

该模式的核心目标是“生态可持续”,将养殖废弃物转化为资源,破解环保约束难题。

实践路径:

粪污量化监测与过程管控:在粪污收集、贮存、处理的关键节点安装流量计、液位传感器和成分检测设备,实时掌握粪污产生量与理化特性。

智能化处理与资源化利用:根据监测数据,智能控制厌氧发酵罐的进料、搅拌和温度,优化沼气产率;对沼液进行精准养分分析,通过智能灌溉系统,根据土壤墒情和作物需肥规律,实现“种养结合”的精准还田,避免面源污染。利用物联网监控堆肥发酵过程的温湿度,提升有机肥品质。

环境排放实时监控:在牧场边界安装在线监测设备,对关键气体(NH₃、H₂S)和污水排放指标进行实时监控与预警,确保达标排放^[5]。

适用性与价值:是牧场应对环保高压、实现可持续发展的必由之路。其价值不仅在于满足合规要求、避免环保处罚,更在于将“污染物”转化为“新能源”(沼气和“有机肥”),创造额外的经济效益和生态效益。

模式四:基于全链条追溯的品牌增值模式

该模式的核心目标是“优质优价”,通过透明化生产链,建立消费者信任,赋能品牌价值。

实践路径:

养殖过程数据绑定:将个体牲畜在智慧牧场中产生的所有关键数据(品种来源、饲料信息、用药记录、健康档案、屠宰时间等)与其唯一的身份标识码(如二维码)进行绑定。

区块链赋能可信追溯:利用区块链技术去中心化、不可篡改的特性,将养殖、屠宰、加工、物流、销售各环节的数据上链,确保溯源信息的真实性与公信力。

消费端可视化查询:消费者通过扫描产品包装上的二维码,即可在手机端清晰查看该产品的“前世今生”,甚至能看到养殖过程的实时视频片段,获得极强的消费安全感与体验感。

适用性与价值:特别适用于定位于中高端市场、致力于打造差异化品牌的养殖企业或合作社。其价值在于打破消费者与生产者之间的信息壁垒,通过信任建立品牌忠诚度,最终实现产品的价值提升和市场竞争力的增强。

3 智慧牧场建设面临的挑战与对策

尽管前景广阔,但我国智慧牧场建设仍处于从“盆景”到“风景”的推广阶段,面临诸多挑战:

(1)前期投资成本高昂,中小养殖户参与难:智能装备和系

统集成的一次性投入巨大,投资回收期较长,限制了资金实力较弱的中小散户的参与。(2)数据孤岛与标准化缺失:不同厂商的设备与系统接口不一,数据格式互不兼容,导致数据难以互通共享,形成“信息孤岛”。行业缺乏统一的数据采集、传输和应用标准。(3)复合型专业人才严重短缺:智慧牧场需要既懂畜牧兽医专业知识,又熟悉信息技术应用的“新牧人”。目前高校培养体系交叉融合不足,此类人才市场供给严重不足。(4)技术成熟度与适用性问题:部分技术(如某些行为识别算法)在复杂、开放的牧场环境中稳定性不足;一些解决方案“水土不服”,未能充分考虑我国多样的养殖品种、地域条件和养殖习惯。

对策建议:

(1)创新金融与政策支持机制:政府应加大财政补贴、贴息贷款力度,鼓励社会资本参与,探索“设备融资租赁”、“云服务订阅”等轻资产模式,降低中小养殖主体初始投入门槛。(2)加快标准体系建设与平台互联互通:由政府或行业协会牵头,制定智慧牧场数据、接口、装备的行业或国家标准。鼓励建设开放、共赢的第三方产业云平台,推动数据在不同应用间的安全有序流动。(3)深化产教融合,加强人才培养:推动农业院校与信息技术院校、龙头企业联合办学,设立交叉学科,开展定向培养和在职培训,构建多层次的人才培养体系。

4 结论

智慧牧场建设是现代畜牧业突破资源环境约束、应对市场风险、提升核心竞争力的战略选择。它并非单一的技术改造,而是一个涵盖技术、管理、模式和理念的系统性重构。本文提出的“生产增效、健康管理、绿色环保、品牌增值”四种建设模式,分别回应了产业在效率、安全、生态和价值四个维度的核心诉求,为不同基础、不同目标的牧场提供了差异化的转型升级路径。未来,随着技术的不断成熟、成本的持续下降以及支持体系的日益完善,这四种模式将更加深度地融合,推动畜牧业从传统的劳动密集型产业,迈向以数据为关键生产要素、以智能决策为核心竞争力的现代化智慧产业,为我国乡村振兴和农业强国建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1]王强,李敏.自主创新设备创建智慧管理牧场的思路与实践[J].现代畜牧科技,2025(2):132-135.
- [2]梁媛.基于数据驱动的一类具有信息效应的传染病模型研究[J].运筹与模糊学,2024(2):690-701.
- [3]陈晨,赵旭.5G+物联网在奶牛智慧牧场精准饲喂中的应用[J].中国畜牧杂志,2025,61(5):210-215.
- [4]刘畅,吴伟.智能项圈在肉牛健康监测与疫病预警中的应用研究[J].农业工程学报,2024,40(18):198-205.
- [5]黄莉,陈明.智慧牧场环境智能调控系统优化设计[J].畜牧与兽医,2023,55(8):89-94.

作者简介:

杨桦(1988—),男,满族,内蒙古兴安盟人,本科,农艺师(拟转畜牧师),主要研究方向:为畜牧业现代发展模式研究推广。