人工智能与传感器技术在奶牛养殖业中的应用与挑战

李潘潘[1]，王昌雷[1]，李兴栋[1]，杨 萍[2]，刘玉升[3]，陶家树[4*]

1 郓城县农业农村局，山东菏泽 274000
2 山东省农业科学院，山东济南 250100
3 山东农业大学，山东泰安 271018
4 山东省畜牧总站，山东济南 250100

摘 要：本文评估了人工智能（AI）与传感器技术在奶牛养殖业中的应用潜力，着重剖析物联网（IoT）在长途家畜运输中的创新应用，特别是在家畜识别与普查方面的进展。这些技术显著提升了运输过程中的精确可追溯性，尤其在监控奶牛行为模式和实时体重变化等方面成效显著。通过应用这些技术，不仅提升了动物福利、减少了供应链误差、提高了生产力，还推动了市场准入范围的扩大，进而增强了全球竞争力。然而，技术的推广面临个体化管理、经济分析、数据安全、隐私保护、技术适应性、人员培训以及可持续性等诸多挑战，且这些挑战与动物福利、数据滥用和环境影响等伦理议题紧密相关。本研究提出了技术整合的成功框架，并强调持续学习和适应的重要性。AI和传感器技术在推动奶牛养殖行业朝着更可持续、高效方向发展的潜力日益凸显。

关键词：精准养殖；智能农业；数字化家畜管理；动物福利技术

文章编号：1671–4393（2025）06–0059–08 DOI:10.12377/1671–4393.25.06.10

中国乳业线上阅读

0 引言

奶牛养殖业在全球农业体系中占据着举足轻重的地位，但同时也面临着诸多严峻挑战，尤其是在疾病防控、动物福利保障和供应链管理等方面承受着巨大压力。若不能有效应对这些挑战，将直接对产业的生产力和可持续发展造成不利影响[1]。近年

基金项目：山东省重点研发计划资助（2023LZGC018）

作者简介：李潘潘（1987–），男，山东金乡人，硕士，农艺师，研究方向为农业技术；
王昌雷（1983–），男，山东郓城人，本科，农艺师，研究方向为农业技术；
李兴栋（1984–），男，山东郓城人，大专，助理农艺师，研究方向为农业技术；
杨 萍（1980–），女，山东济南人，博士，研究员，研究方向为农业农村经济；
刘玉升（1964–），男，山东莒南人，博士，教授，硕士生导师，研究方向为资源利用与植物保护。
*通信作者：陶家树，山东德州人，硕士，正高级畜牧师，研究方向为家禽育种及技术。

来，人工智能（AI）和传感器技术的迅猛发展，为传统奶牛养殖业带来了全新机遇，特别是在奶牛养殖出口领域。通过推动形成更精准、高效、可持续的养殖管理模式，AI与传感器技术有望显著改善行业运营状况，全面提升整体竞争力[2]。

奶牛养殖出口行业不仅涉及复杂的物流管理环节，还面临着动物在长时间运输过程中对环境压力的适应难题，如温度波动、空间限制以及饲料供应不足等问题。这些因素常常对动物健康和福利产生负面影响，尤其是在家畜计数和喂养管理方面，传统方法容易出现误差，给管理工作带来诸多困难。随着全球奶制品和家畜需求的不断增长，优化运输与出口流程变得愈发重要[3]。在奶牛养殖过程中，“挑食牛”的管理难题一直困扰着养殖从业者。这类奶牛因喂养问题常常出现营养不良、生产力下降和疾病易感性增加等状况，其不良行为还会对整个生命周期产生不利影响[4]。传统管理模式在解决此类问题时效率较低，且难以提供个性化的干预措施。而AI通过行为监控、体重管理和个体计数等功能，能够提供精确的数据支持，有助于及时调整养殖策略，进而提升动物健康水平和生产能力[5]。

AI与传感器技术借助实时监控与数据分析，助力养殖管理向数字化、自动化方向转型，从而大幅提高动物福利、生产力以及供应链效率。射频识别（RFID）、物联网（IoT）等技术的应用，正在为奶牛养殖出口行业带来革命性变革，尤其在健康管理、资源优化和市场竞争力提升等方面发挥着关键作用[6]。本文旨在深入探讨这些技术如何推动奶牛养殖出口行业的转型，并分析其在提升效率和实现可持续发展方面的潜力。

1 AI与传感器技术在家畜管理中的应用

1.1 应用与挑战

AI与传感器技术正推动着各个领域的技术革新，奶牛养殖出口行业也不例外。作为传统农业领域的重要组成部分，奶牛养殖业正日益感受到这些先进技术带来的变革性影响。AI与传感器技术不仅改变了养殖管理的操作方式，还在重塑着行业的发展路径。

在牛群中，部分个体由于缺乏主动性，在集体喂养环境下难以顺利到达喂食槽，导致食物摄入量较低，这类牛被称为“挑食牛”[7]。这种行为对动物的健康和生产力有着深远的负面影响，通常会引发营养不良、体重下降、生产效率降低以及疾病易感性增强等问题，严重时甚至可能缩短其生命周期[8]。特别是在运输过程中，“挑食牛”因营养摄入不足，面临着更高的健康风险，使得问题进一步加剧。因此，及时识别和有效管理“挑食牛”成为提高动物健康水平和生产力的关键所在。传统管理方式主要依赖人工观察和干预，不仅耗时费力，而且难以保证准确性和及时性。然而，随着AI与传感器技术的引入，“挑食牛”的管理难题有望得到显著改善。AI可以通过视频监控和运动传感器对牲畜的行为模式进行分析，从而精准识别“挑食牛”，并根据实际情况调整喂养策略。

1.2 供应链中的优化作用

AI与传感器技术通过自动化跟踪动物的喂食行为，包括停留时间、喂食频率和摄食量等，利用AI算法对采集到的数据进行分析，能够实时识别存在喂养困难的动物，实现早期干预[9]。这一技术革新不仅提高了家畜管理效率，还为保障动物健康、提升生产力和改善动物福利提供了重要的数据支撑。通过RFID标签和智能项圈等设备，AI能够追踪并分析动物行为，有效解决了长期以来困扰奶牛养殖业的喂养问题，显著提升了动物福利和养殖效益[10]。

此外，AI与传感器技术在体重监测和供应链管理方面也发挥着重要作用。传统的体重测量方式依赖人工称重，存在精度低、效率差的问题，而AI与传感器技术能够提供更加精准、高效的解决方案，推动数据采集和分析向自动化方向发展。AI可以实时监控饲料和水的消耗情况，预测健康风险，及时识别疾病爆发的迹象，并推荐相应的预防措施，进

中国乳业线上阅读

一步优化供应链管理[11]。通过精确的实时监控，AI与传感器技术能够对供应链的各个环节进行精准洞察，尤其在牲畜计数、物流预测、库存管理等方面展现出巨大的应用潜力[12]。RFID和AI的结合，不仅能够确保产品在国际市场上的可追溯性，满足安全和质量要求，还能提供有关市场趋势、消费者偏好以及价格波动的数据，为企业的战略规划和市场拓展提供有力支持。

2 AI与传感器技术在家畜管理中的发展趋势

2.1 机遇与挑战

随着AI与传感器技术的持续进步，家畜管理正逐步迈向智能化发展的新阶段。机器学习、IoT、大数据分析等技术的集成应用，使得家畜管理系统能够实现实时数据监控和精准分析。AI的应用为动物健康评估、生产力监测、疾病预测以及供应链优化提供了有力的数据支持，有效提升了决策效率和操作精准性。

然而，这些技术的应用也伴随着一系列挑战。传感器的广泛普及和设备数量的不断增加，使得数据量呈指数级增长，这给数据存储、处理和分析带来了巨大压力。大量的实时数据需要强大的存储系统和高效的计算能力作为支撑[13]。同时，如何将复杂的数据转化为具有实际指导意义的见解，成为当前技术应用过程中的核心问题之一。技术整合和系统兼容性也是一大难题。现有的家畜管理系统与新兴智能化技术之间可能存在兼容性问题，导致系统整合困难，或者需要投入高昂的更新成本。此外，数据安全和隐私问题不容忽视[14]。随着数据的高度集成和共享，保护数据安全、防止数据泄露和滥用显得尤为重要。为有效应对这些问题，需要建立更加完善的数据保护机制，加强网络安全防护措施，并确保数据处理流程的透明度和合规性。总体而言，AI与传感器技术虽然能够显著提升管理效率，但要实现其全面应用，仍需克服技术复杂性、数据处理能力和安全性等多重挑战。

2.2 迈向可持续竞争力的畜牧业

通过AI与传感器技术的应用，畜牧业能够优化资源利用、提升生产力，并降低对环境的影响，从而在全球市场中构建更强的竞争力。精准的动物健康监测系统不仅能够提前预警疾病，减少对抗生素的依赖，还能有效改善动物福利，降低养殖成本。同时，AI可以优化饲料和水资源的使用，减少浪费和过度消耗，进一步降低成本，减缓环境退化。通过实时数据分析和预测，养殖场能够更准确地掌握生产状态，合理调配劳动力，优化供应链管理，减少损失和浪费，进而提高经济效益和产品质量[15]。

随着全球对可持续产品的需求不断增加，消费者对环保和伦理养殖的关注度日益提升，这为采用AI技术的畜牧业带来了巨大的市场机遇。然而，要实现这一目标，行业需要经历深刻的转型。技术不应仅仅被视为提高生产力的工具，更应成为实现可持续发展的关键手段。政府和行业组织需要为技术研发和部署提供政策支持，促进公共和私营部门之间的协作，推动技术的普及和应用。在此过程中，技术的普及不仅是提升行业竞争力的手段，更是推动全球畜牧业朝着可持续方向发展的核心驱动力。

2.3 大数据与深度学习在乳制品牲畜出口中的应用

在乳制品牲畜出口行业，随着市场对高效率和高透明度的需求日益增长，实时监控动物健康、分析动物行为变得愈发重要。AI，尤其是大数据和深度学习技术，能够有效处理和分析来自IoT、GPS追踪器和传感器等多源数据，显著提升牲畜管理的精度和效率[16]。深度学习作为一种先进的机器学习技术，通过模拟人脑神经网络的工作方式，能够处理大规模、高维度的数据，为乳制品家畜出口提供精准的健康监测、时空分布预测和生产力分析。

然而，深度学习技术在乳制品行业的应用仍面临诸多挑战。首先，深度学习模型的训练需要标注

中国乳业杂志上网版

大量数据，这对数据的收集和标注提出了较高要求，且成本相对较高。其次，深度学习模型的调优和应用需要具备深厚技术背景的专业人才，而目前这些技术在农业领域的普及程度仍显不足。最后，深度学习算法的“黑箱” 特性也限制了其在农业决策中的应用。尽管存在这些挑战，深度学习技术在乳制品行业依然具有巨大的发展潜力。通过深入的实时分析，深度学习技术可以帮助养殖业经营者精准预测家畜的健康状态、行为模式以及市场需求变化，从而优化管理决策、提高生产力，促进可持续养殖[17]。深度学习技术在乳制品家畜出口行业的广泛应用，需要克服数据质量、技术应用的可解释性以及行业人才不足等问题。随着技术的不断进步和跨领域合作的深入开展，未来乳制品牲畜出口行业将更加依赖数据驱动的智能化管理模式，以实现更可持续和高效的运营。

3 AI 与传感器技术的交汇点分析

AI与传感器技术的结合已成为畜牧管理的重要组成部分。在现代畜牧管理中，传感器为动物健康监控提供了丰富的实时数据，而AI则通过大数据分析和模式识别，从复杂的数据中提取有价值的信息。AI的应用不仅局限于提高生产力，在动物福利保障、资源优化配置和环境保护等方面也发挥着越来越重要的作用。尽管该技术的发展为畜牧行业带来了革命性进步，但其实际应用仍然面临技术成熟度、设备可靠性、数据安全性等多重挑战。这些问题的解决需要技术、管理及伦理等多个领域的协同努力。AI与传感器的结合展现出巨大潜力，未来有望在提高养殖效率、保障动物福利、推动绿色农业发展等方面发挥更加积极的作用[18]。

3.1 传感器技术的应用与挑战

传感器技术在畜牧管理中的应用主要可分为可穿戴传感器和基于环境的传感器两大类。可穿戴传感器通常安装在动物身上，能够实时监测动物的生理状态，如体温、心率等，以及行为特征，如进食模式、运动状态等。这些传感器能够提供详细的生理和行为数据，帮助养殖人员及时发现动物的健康问题，提高动物福利水平。同时，基于环境的传感器，如视频监控设备、热成像传感器和加速度计等，能够实时监控动物所处环境的温湿度、气流、噪音等参数，为动物健康管理提供环境背景数据[19]。

尽管传感器技术为畜牧管理带来了诸多便利，但其广泛应用仍面临不少挑战。传感器设备的耐用性和稳定性一直是困扰养殖场长期运营的难题。可穿戴设备可能会给动物带来不适，长期佩戴可能引发应激反应，甚至导致动物受伤。此外，环境传感器的安装和维护成本较高，尤其是在复杂环境中，设备的可靠性和精准性可能受到影响[20]。

3.2 AI 在畜牧管理中的应用

AI通过对传感器采集的大量数据进行深度分析，能够识别动物健康、行为和环境之间的潜在关系[21]。借助机器学习算法，AI可以实现自动化健康监测、疾病预测和行为识别。例如，AI 能够根据奶牛的进食频率和时间预测其健康状态，分析乳品质量的变化，甚至在疾病或压力初期就能及时发现[22]。此外，AI在畜牧业中的应用还涉及精准喂养、饲料优化以及管理决策智能化等方面。通过对数据的分析，AI可以动态调整喂养策略，确保动物的营养需求得到满足，从而提高生产力。

虽然AI的应用前景十分广阔，但其面临的数据质量问题和算法精度问题不容忽视。AI模型的准确性依赖于大量的高质量数据，特别是在大规模养殖场中，如何高效地收集、清洗和处理这些数据，是AI能够实现高效应用的前提条件[23]。

3.3 多传感器模态集成与数据融合

多传感器模态集成是当前畜牧管理技术发展的重要趋势。单一类型的传感器通常只能从有限的角度提供数据，而多传感器集成能够从多个维度对动物健康和行为进行全面监控。例如，将可穿戴传感

中国乳业线上阅读

器采集的动物生理数据、环境传感器采集的环境数据以及视频监控提供的行为数据相结合，能够更精准地评估动物的健康状态。这种多模态数据融合技术，不仅可以提高数据的覆盖面和精确度，还能在不同数据源之间进行相互验证，减少单一数据源可能带来的误差和不确定性[24]。此外，多传感器模态集成的另一个优势在于能够提供更多维度的信息，从而为AI算法提供更丰富的训练数据，提高AI分析模型的准确性和可靠性。未来，随着技术的不断进步和数据处理能力的提升，传感器和AI的结合将能够实现更加精细化的动物健康管理和生产优化[25]。

3.4 AI 算法的进展与挑战

AI在畜牧管理中的应用，依赖于强大的数据处理和分析能力。目前，机器学习和深度学习算法已成为分析畜牧数据的重要工具，尤其在动物健康监测和行为识别方面展现出良好的应用前景[25]。然而，尽管这些算法在处理大规模数据集时表现出色，但在畜牧领域的应用仍面临一些挑战。例如，现有的算法大多针对单一类型的数据，而动物健康管理通常需要对生理、环境、行为等多维度数据进行融合分析。因此，如何开发能够同时处理多种类型数据的算法，成为未来AI发展的关键方向。此外，AI模型的可解释性问题也是亟待解决的难题。目前，虽然AI能够提供高效的预测和决策支持，但由于其决策过程缺乏透明度，操作人员难以理解算法的工作原理，这在一定程度上影响了其在实际操作中的应用。为此，未来AI算法的优化应更加注重可解释性、精确性以及跨模态数据融合能力[26]。

3.5 技术适应性与人员培训

在AI与传感器技术的推广过程中，技术适应性与人员培训至关重要。首先，牲畜对新技术的适应情况直接影响着技术的应用效果。特别是在使用穿戴式传感器时，动物可能会因设备的重量、异物感或不适而产生应激反应，进而对其行为和健康造成影响[27]。因此，在设计和实施这些技术时，必须充分考虑动物的适应过程，采用逐步引导的方式帮助其适应新设备。其次，人员培训同样不可或缺。AI与传感器技术的使用涉及复杂的数据采集、处理和分析过程，这就要求工作人员具备相关的技术操作能力和数据解读能力。系统的培训不仅可以提高操作人员的技术水平，还能确保他们在面对设备故障或异常情况时能够及时发现并进行调整，保障技术的高效运行[28]。

3.6 数据安全、隐私保护与经济考量

伴随AI与传感器技术的广泛应用，数据安全与隐私保护已成为亟需攻克的关键议题。传感器持续采集动物健康、行为等多维数据，在数据存储、传输与使用全流程中，必须构建严密防护体系，杜绝未经授权的访问与滥用风险。与此同时，AI技术的运行高度依赖海量个人及企业数据，如何筑牢养殖场与消费者的数据隐私保护屏障，已成为技术普及进程中的核心挑战。此外，尽管这些技术具备显著的效益潜力，但硬件采购、软件部署及人员培训等初期高昂投入，使得在保障数据安全与隐私的前提下，开展科学的经济评估、确保投入产出平衡，成为畜牧业引入新技术时不可回避的关键抉择。

3.7 持续监控与技术评估

AI与传感器技术的深入应用，使建立健全持续监控与评估机制成为必然要求。技术的成功落地不仅需要在实施环节精心部署，更要在应用过程中通过常态化的评估与监控实现迭代优化[29]。以动物健康监控系统为例，持续的性能评估能够敏锐捕捉系统潜在问题，为技术升级提供精准方向。此外，评估体系需涵盖运营效率、经济效益、环境影响等多个维度，全方位确保技术应用能够实现长期可持续发展。随着技术不断革新，未来的监控与评估机制将朝着智能化、自动化方向演进，为畜牧管理提供更精准高效的决策支撑。

3.8 IoT 应用相关挑战与解决方案

IoT与传感器技术在畜牧业领域的广泛应用，

中国乳业杂志社版权

为动物健康监测与管理提供了实时、精准的数据支持[30]。然而，技术落地过程中面临诸多挑战，数据安全隐患、隐私保护难题以及基础设施建设短板尤为突出。同时，IoT系统的稳定运行依赖于稳定的网络连接与强大的数据处理能力，这无疑大幅增加了技术部署与后期维护的成本和难度[31]。为突破这些瓶颈，需从技术创新、管理优化、政策引导等多维度协同发力，推动IoT技术在畜牧业实现更广泛、更深入的应用。

3.9 公众认知与利益相关者的参与

随着科技在畜牧业的深度渗透，消费者对动物福利、环境可持续性及食品安全的关注度与日俱增。在乳制品行业，AI与传感器技术的应用不仅能够显著提升生产效率，还能有力推动动物福利改善与生态环境保护，进而提升食品安全与质量水平[32]。但当前消费者对新技术的认知尚存在一定滞后，加强公众科普教育与沟通交流迫在眉睫。通过积极传播技术应用带来的利好，消除公众疑虑，能够有效促进技术的广泛接受与应用。此外，政府、科研机构、企业、消费者等多元利益相关者的深度参与，将为技术应用凝聚强大合力，实现多方共赢的良好局面[33]。

4 结论

AI与传感器技术正引领牲畜出口行业经历深刻变革，在奶牛养殖管理领域成效斐然。这些技术不仅实现了“挑食牛”自动化管理、动物体重精准追踪与高效计数，还显著提升了生产效率、优化了供应链体系并改善了动物福利水平。然而，行业转型之路并非坦途，技术复杂性、隐私保护困境、资金投入压力及专业人才短缺等多重挑战并存。因此，牲畜出口行业亟需加速从传统运营模式向数据驱动、自动化管理的现代化模式转型。AI与传感器技术作为行业转型的核心驱动力，将经济发展、环境保护与动物福利有机融合，在提升行业可持续性与竞争力方面发挥关键作用。为保障这一变革顺利推进，持续关注技术创新、强化政策扶持力度、深化利益相关者合作势在必行。

参考文献

[1] Gao J，Li X，Zhang G，et al.Probiotics in the dairy industry—Advances and opportunities[J].Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety，2021，20（4）：3937–3982.

[2] Siachos N，Neary J M，Smith R F，et al.Automated dairy cattle lameness detection utilizing the power of artificial intelligence；current status quo and future research opportunities[J].The Veterinary Journal（1997），2024，304：106091.

[3] Pei X，Li J，Zhou L，et al.Spatiotemporal characteristics and influencing factors of non–CO2 greenhouse gas emission intensity from China's livestock sector[J].Science of the Total Environment，2025，958：178191.

[4] Weigele H C，Gygax L，Steiner A，et al.Moderate lameness leads to marked behavioral changes in dairy cows[J].Journal of Dairy Science，2017，101（3）：2370–2382.

[5] Berry D P，Evans R D，Kelleher M M.Prediction of genetic merit for live weight and body condition score in dairy cows using routinely available linear type and carcass data[J].Journal of Dairy Science，2021，104（6）：6885–6896.

[6] Aquilani C，Confessore A，Bozzi R，et al.Review：Precision livestock farming technologies in pasture–based livestock systems[J].Animal（Cambridge，England），2022，16（1）：100429.

[7] Neethirajan S.Affective state recognition in livestock—Artificial intelligence approaches[J].Animals（Basel），2022，12（6）：759.

[8] Fuentes S，Gonzalez Viejo C，Tongson E，et al.Biometric physiological responses from dairy cows measured by visible remote sensing are good predictors of milk productivity and quality through artificial intelligence[J].Sensors（Basel，Switzerland），2021，21（20）：6844.

[9] Neethirajan S.Transforming the adaptation physiology of farm animals through sensors[J].Animals（Basel），2020，10（9）：1512.

[10] Gupta S，Kuehn L A，Clawson M L.Early detection of infectious bovine keratoconjunctivitis with artificial intelligence[J].Veterinary Research（Paris），2023，54（1）：122.

[11] Hajnal É，Kovács L，Vakulya G.Dairy cattle rumen bolus developments with special regard to the applicable artificial intelligence（AI）Methods[J].Sensors（Basel，Switzerland），2022，22（18）：6812.

[12] Lenzi J，Barnas A F，Elsaid A A，et al.Artificial intelligence for automated detection of large mammals creates path to upscale drone surveys[J].Scientific Reports，2023，13（1）：947.

[13] Matthews D，Pabiou T，Evans R D，et al.Predicting carcass cut yields in cattle from digital images using artificial intelligence[J].Meat Science，2022，184：108671.

中国乳业线上阅读

[14] Cabrera V E，Barrientos-Blanco J A，Delgado H，et al.Symposium review：Real-time continuous decision making using big data on dairy farms[J].Journal of Dairy Science，2020，103（4）：3856-3866.

[15] Aguilar-Lazcano C A，Espinosa-Curiel I E，R í os-Mart í nez J A，et al.Machine learning-based sensor data fusion for animal monitoring：Scoping review[J].Sensors（Basel），2023，23（12）：5732.

[16] Macinnes J I.“Big Data” in animal health research—Opportunities and challenges[J].Animal Health Research Reviews，2020，21（1）：1-2.

[17] Duruz S，Vajana E，Burren A，et al.Big dairy data to unravel effects of environmental，physiological and morphological factors on milk production of mountain-pastured Braunvieh cows[J].Royal Society Open Science，2020，7（7）：200638.

[18] Jeon E，Jang S，Yeo J M，et al.Impact of climate change and heat stress on milk production in Korean Holstein cows：A large-scale data analysis[J].Animals（Basel），2023，13（18）：2946.

[19] Franceschini S，Grelet C，Leblois J，et al.Can unsupervised learning methods applied to milk recording big data provide new insights into dairy cow health？[J].J Dairy Sci，2022，105（8）：6760-6772.

[20] Lee D，Yoo D，Kim H，et al.Negative association between high temperature-humidity index and milk performance and quality in Korean dairy system：big data analysis[J].Journal of Animal Science and Technology，2023，65（3）：588-595.

[21] Burns A，Wilmer H，Miller R S，et al.Precision animal husbandry：Using artificial intelligence for camera traps to optimize animal production and management decision support systems[J].Animal Frontiers，2025，14（6）：68-71.

[22] Wang S，Jiang H，Qiao Y，et al.The research progress of vision-based artificial intelligence in smart pig farming[J].Sensors（Basel，Switzerland），2022，22（17）：6541.

[23] Rebez E B，Sejian V，Silpa M V，et al.Applications of artificial intelligence for heat stress management in ruminant livestock[J].Sensors（Basel，Switzerland），2024，24（18）：5890.

[24] Arshad M F，Burrai G P，Varcasia A，et al.The groundbreaking impact of digitalization and artificial intelligence in sheep farming[J].Research in Veterinary Science，2024，170：105197.

[25] Mar C C，Zin T T，Tin P，et al.Cow detection and tracking system utilizing multi-feature tracking algorithm[J].Scientific Reports，2023，13（1）：17423.

[26] Hendriks S J，Qasim M，Edwards J P.Relationships between paddock-level pasture mass and cow data derived from GPS and behavior-monitoring on-animal sensors in rotationally grazed dairy systems[J].Journal of Dairy Science，2025，108（2）：1644-1658.

[27] Summerfield G I，De Freitas A，Van Marle-Koster E，et al.Automated cow body condition scoring using multiple 3D cameras and convolutional neural networks[J].Sensors（Basel，Switzerland），2023，23（22）：9051.

[28] Aub é L，Mialon M M，Mollaret E，et al.Review：Assessment of dairy cow welfare at pasture：measures available，gaps to address，and pathways to development of ad-hoc protocols[J].Animal（Cambridge，England），2022，16（8）：100597.

[29] Gonz á lez-S á nchez C，S á nchez-Brizuela G，Cisnal A，et al.Prediction of cow calving in extensive livestock using a new neck-mounted sensorized wearable device：A pilot study[J].Sensors（Basel，Switzerland），2021，21（23）：8060.

[30] Cerri R L A，Burnett T A，Madureira A M L，et al.Symposium review：Linking activity-sensor data and physiology to improve dairy cow fertility[J].Journal of Dairy Science，2020，104（1）：1220-1231.

[31] Stygar A H，Frondelius L，Berteselli G V，et al.Measuring dairy cow welfare with real-time sensor-based data and farm records：a concept study[J].Animal（Cambridge，England），2023，17（12）：101023.

[32] Knight C H.Review：Sensor techniques in ruminants：more than fitness trackers[J].Animal，2020，14（S1）：s187-s195.

[33] Wang Y C，et al.Non-invasive cattle body temperature measurement using infrared thermography and auxiliary sensors[J].Sensors（Basel，Switzerland），2021，21（7）：2425.

Application and Challenges of Artificial Intelligence and Sensor Technology in Dairy Cattle Farming

LI Panpan[1]，WANG Changlei[1]，LI Xingdong[1]，YANG Ping[2]，LIU Yusheng[3]，TAO Jiashu[4*]

[1]Yuncheng County Agricultural and Rural Bureau，Heze Shandong 274000

[2]Shandong Academy of Agricultural Sciences，Jinan Shandong 250100

中国乳业编辑部

[3]Shandong Agricultural University，Tai'an Shandong 271018
[4]Shandong Provincial Animal Husbandry Services，Jinan Shandong 250100

Abstract: This paper assessed the application potential of artificial intelligence（AI）and sensor technology in the dairy cattle farming industry，with a focus on analyzing the innovative applications of the Internet of Things（IoT）in long-distance livestock transportation, especially the progress in livestock identification and census. These technologies have significantly enhanced the precise traceability during transportation，particularly in monitoring the behavioral patterns of dairy cows and real-time weight changes. By applying these technologies，animal welfare has been improved，supply chain errors have been reduced，productivity has been increased，and market access has been expanded，thereby strengthening global competitiveness. However，the adoption of these technologies faces challenges such as individualized management，economic analysis，data security，privacy protection，technological adaptability，personnel training，and sustainability，and these challenges are closely related to ethical issues such as animal welfare，data abuse，and environmental impact. This study present a successful framework for technological integration and emphasized the importance of continuous learning and adaptation. The potential of AI and sensor technology in advancing the dairy cattle farming industry towards a more sustainable and efficient future is becoming increasingly evident.

Keywords：precision farming；smart agriculture；digital livestock management；animal welfare technology

▲上接58页

analyzed. [Result]（1）Changes in milk production：After giving birth to lambs，the milk production of female camels gradually increased.The highest milk production in July reached 4.62 kg/d，and then gradually decreased. The lowest milk production in March of the following year was 2.43 kg/d.The milk production in summer（June August） was significantly higher than other seasons.（2）Milk composition analysis：The fat content of milk is 3.27%～5.77%，and it is significantly higher in autumn and winter than in spring and summer.The milk protein content ranges from 3.81% to 4.48%，and the lactose content ranges from 5.08% to 6.33%，reaching its lowest point in winter.（3）Correlation analysis of milk production and milk composition：Milk production is significantly negatively correlated with milk fat rate（$P<0.05$），significantly positively correlated with lactose rate（$P<0.05$），and positively correlated with fat free solids rate，milk protein rate，and ash content rate（$P>0.05$）.The milk fat content is significantly negatively correlated with the fat free solids，ash content，and lactose content（$P<0.01$），and significantly negatively correlated with the milk protein content（$P<0.05$）.The non fat milk solids content is significantly positively correlated with the milk protein content，ash content，and lactose content（$P<0.01$），and the milk protein content is significantly positively correlated with the ash content and lactose content（$P<0.01$）.The ash content is significantly positively correlated with the lactose content（$P<0.01$）. [Conclusion]The postpartum milk production of camels gradually increases，reaching its peak at 3～5 months，and then gradually decreases thereafter.The changes in milk composition are closely related to management，milk production，and feeding level.

Keywords：Bactrian camel；milk production；milk composition；season；relevance

中国乳业线上阅读