

甘肃省农业农村厅印发

《甘肃省动物疫病强制免疫计划(2026—2030年)》



■资料图片

一、总体要求

坚持人病兽防、关口前移,预防为主、应免尽免,对严重危害畜牧业生产和人民群众身体健康的重点动物疫病实施强制免疫,落实完善免疫效果评价制度,强化疫苗质量管理和使用效果监测,确保“真苗、真打、真有效”。强制免疫动物疫病的群体免疫密度应常年保持在90%以上,应免畜禽免疫密度应达到100%,高致病性禽流感、口蹄疫和小反刍兽疫抗体合格率保持在70%以上。

二、病种和区域

(一)高致病性禽流感。对全省饲养的鸡、鸭、鹅、鹌鹑等家禽,进行H5+H7亚型高致病性禽流感免疫。符合国家相关规定条件的养殖场户经县级农业农村(畜牧兽医)部门批准同意并逐级报省农业农村厅备案后,可不实施免疫。

(二)口蹄疫。对全省饲养的牛、羊、骆驼、鹿等家畜进行O型和A型口蹄疫免疫;猪进行O型口蹄疫免疫,原则上不实施A型口蹄疫免疫。开展非免疫无疫小区建设的养殖场户经县级农业农村

(畜牧兽医)部门批准同意并逐级报省农业农村厅备案后,可不实施免疫。

(三)小反刍兽疫。对全省饲养的羊进行小反刍兽疫免疫。开展非免疫无疫小区建设的养殖场户经县级农业农村(畜牧兽医)部门批准同意并逐级报省农业农村厅备案后,可不实施免疫。

(四)布鲁氏菌病。种畜禁止免疫。在7市28县区继续对羊实施区域强制免疫,其他县区的羊采取检测净化措施。在检测评估的基础上,对奶牛、肉牛以场群为单位实行申报免疫,养殖场经逐级报市级农业农村(畜牧兽医)部门同意后采取免疫措施,但须做好免疫牛的调运监管工作。羊布病免疫县根据检测评估结果实行动态调整。

(五)包虫病。在甘南州碌曲县、玛曲县、夏河县等牧区县对羊进行区域免疫,免疫县根据评估结果实行动态调整。

各地可根据辖区内狂犬病、炭疽、猪瘟、新城疫、牛病病毒性腹泻、羊传染性胸膜肺炎等动物疫病流行情况,在科学监测评估基础上,按照农业农村部相关病种免疫技术规范和动物疫病应急实施方案,组织开展易感动物免疫。

三、主要任务

(一)制定免疫方案。各市(州)应按

照本计划要求,结合本地实际,及时制定辖区内强制免疫计划实施方案。对散养畜禽,采取春秋两季集中免疫与定期补免相结合的方式实施免疫;对规模养殖场及有条件的地方,实施程序化免疫。发生狂犬病、炭疽等动物疫病时,根据疫情应急处置和防控需求,及时进行风险免疫。

(二)推进“先打后补”。要积极稳妥推进强制免疫“先打后补”改革,不断优化改革方案,创新工作机制,简化工作流程,扩大改革覆盖面。对牧区、山区和兽医社会化服务体系不健全、暂不具备改革条件的地区,继续实行省级集中招标采购强制免疫疫苗,确保中小养殖场户的免疫密度和质量。

(三)加强技术指导。省动物疫病预防控制中心根据全省动物疫病流行态势,分年度制定免疫技术指南,加强技术指导。各地要加大政策宣传力度,提升养殖场户的自主免疫意识和能力,定期开展技术培训,做好基层防疫人员防护。

(四)规范记录报告。各市(州)要指导养殖场户履行好强制免疫义务,按照强制免疫计划和技术指南实施免疫接种,建立免疫档案,做好免疫记录。指定专人负责统计汇总强制免疫信息,每月

将免疫情况报省动物疫病预防控制中心,春秋两季集中免疫期间对免疫进展实行周报告制度。各地要加快推进动物疫病免疫信息化建设,推动免疫服务全流程数字化管理,依托信息系统和智能终端采集上报免疫数据。

(五)评估免疫效果。各市(州)要坚持常规监测与随机抽检相结合,加强免疫效果监测评估,并向社会公布评估结果。对畜禽群体抗体合格率未达到规定要求的,及时组织补免,确保免疫效果。对辖区内的免疫副反应、免疫抗体水平不达标和免疫失败等情况,应及时进行调查处理。省农业农村厅将定期组织开展调研指导,视情况组织随机抽检,并通报相关结果。

四、监督管理

(一)规范疫苗使用。各地应按照《甘肃省动物强制免疫疫苗管理办法》规定,建立健全疫苗验收、领取、保管、发放和监督管理等制度,完善疫苗使用台账,实行专人、专库、专账管理,规范疫苗运输、保存和使用。健全疫苗报废、疫苗空瓶回收等制度,做好废弃疫苗无害化处理工作。对免疫过程中因疫苗副反应造成零星死亡的,各地要及时联系疫苗生产厂家,由疫苗生产厂家通过商业保险

等形式统一给予赔偿,赔偿资金支付程序要合法合理,相关认定材料、档案要规范保存。

(二)加强监督管理。对拒不履行强制免疫义务、因免疫不到位引发动物疫情的单位和个人,当地农业农村(畜牧兽医)部门应当依法处理并追究相关单位个人的责任。要加强辖区内兽用疫苗和诊断产品生产经营企业监督管理,督促企业严格执行兽药生产质量管理规范或兽药经营质量管理规范,严格落实兽药二维码追溯制度,严厉打击制售假劣疫苗行为。

(三)强化责任落实。各地要严格落实重大动物疫病防控责任体系,各级农业农村(畜牧兽医)部门具体组织实施强制免疫计划,负责监督指导养殖场户履行强制免疫义务。各级动物疫病预防控制中心负责开展强制免疫效果评价。各地要积极参与国家财政补贴资金管理,确保强制免疫、免疫效果监测评价、疫病监测和净化、购买防疫服务、人员防护等经费落实到位,按照《农业防灾减灾和水利救灾资金管理办法》规定,加强动物防疫经费的使用管理,保证经费专款专用,不得挪用或截留,确保完成强制免疫工作任务。

(来源:甘肃省农业农村厅)

精准营养技术在奶牛智慧化养殖中的应用研究进展

□杨世婷 李霜 贺腾飞 龙沈飞

精准营养技术作为奶牛智能养殖的关键环节,依托物联网、大数据与人工智能,通过个性化精准喂养与精细化管理,依据奶牛个体在生理阶段、环境条件及生产潜能等方面的差异,动态调配日粮成分与投喂量,以实现提高产奶量和饲料转化率、降低养殖成本的目标。本文从感知层、传输层、决策层和执行层4个层面,概述了当前奶牛精准营养的研究进展,阐述了不同层面关键技术和设备的应用和原理,以期为我国奶牛产业的精准营养技术创新和产业智慧化发展提供参考。

奶牛营养需求的差异性

1. 不同生理阶段的营养需求

奶牛在不同生长阶段的生理代谢与营养需求呈现动态变化,一般将奶牛生长阶段分为泌乳期和非泌乳期。非泌乳期主要包括犊牛、青年牛以及空怀奶牛。0—6个月的犊牛饲喂时需重视犊牛免疫系统的建立,保证及时摄取初乳并调配合适的过渡料。同时,犊牛对蛋白质含量要求较高,液体饲料中的蛋白质含量应达到20%—28%。研究发现,犊牛饲喂19.6%粗蛋白质(CP)含量的开食料时生长性能最佳。6月龄后的育成牛生长发育旺盛,尤其是乳腺组织和瘤胃功能快速发育。此阶段要重视日粮中的精粗比,提供优质干草,保证瘤胃健康发育;同时也要保证营养均衡,蛋白质水平维持在13%—14%,每日补充适量精料,但要控制能量摄入,防止过肥。而对于空怀奶牛,要注意维持体况,此时饲料的精粗比应维持在50:50,避免因过肥或过瘦降低受胎率。同时必须保证日粮中矿物质元素(如钙、磷、铜、锌)与维生素的充足供给,以保障空怀期奶牛正常的繁殖生理机能。

泌乳期是影响奶牛生产效益的关键阶段,对于维持奶牛健康与高产至关重要。根据产后时间与产奶量曲线,可将奶牛泌乳期划分为围产期、泌乳前期(高峰期)、泌乳中期和泌乳后期,每个阶段的营养与管理策略都需要精准调整。泌乳期奶牛的采食量会随时间发生变化,尤其是干物质摄入量(DMI)。同时,奶牛对CP、钙(Ca)、磷(P)、中性洗涤纤维(NDF)等营养物质的需求会有较大的波动。

2. 不同环境条件下的营养需求

奶牛的采食需求还与其所处的环境有关。在夏季,环境的温度和相对湿度会显著升高,导致奶牛出现热应激。热应激会影响奶牛机体能量代谢与激素分泌,进而造成奶牛采食量下降,影响奶牛的生产性能。当牛舍温湿度指数高于72时,每升高1个单位,产奶量减少约0.2千克,且温度越高降幅越大。为缓解热应激,应适当降低日粮粗纤维含量,提

高精料比例,并添加脂肪以提高能量水平;同时需控制CP水平,以减少热消耗。在冬季,由于环境温度大幅度下降,当环境温度低于5℃时,奶牛为了应对环境温度的变化,维持体温,机体会发生一系列变化,奶牛采食量增加,但饲料转化率下降,奶牛产奶量下降。据哈尔滨与北京地区的调查,冷应激导致的产奶损失分别占整个泌乳期产量的8.3%和7.5%;Broucek等研究进一步指出,冷应激下奶牛DMI增加5%—7%,而每生产1千克牛奶所需的干物质和可消化粗蛋白均提高12%。因此,处于冷应激的奶牛要增加能量供给,如添加脂肪,提高日粮能量水平。

智能饲喂技术与设备创新

为适应不同阶段、不同环境以及不同个体的奶牛营养需要,传统的人工饲喂方式效率低下、精准度差,难以实现个体化的精准营养供给与管理,无法满足现代集约化牧场对精细化、智能化与高效健康养殖的发展需求。精准营养技术借助物联网、大数据和人工智能等现代技术和先进研究成果,构建起一套涵盖感知功能、决策功能与执行功能的智能化养殖管理系统。目前已有系统应用于奶牛牧场。位于湖北省襄阳市南漳县的云上牧歌万头奶牛智慧产业园,依托物联网与大数据平台实现奶牛精准营养,通过优化青贮饲料配比,全株青贮玉米利用率达95%,蛋白转化率提高25%,单牛日产奶量达40千克。

常见的精准营养技术有个体识别与监测技术、饲料营养成分精准检测与评估技术、精准配方设计与优化技术、精准饲喂执行技术等。在实际应用中,这些技术通过多系统协同配合,实现奶牛营养的精细化管理。以精准饲养实践为例,其完整流程整合了配方设计、投喂采食监控、智能管理与健康检测等多项技术,其根本目标在于通过精确控制营养供给,实现真正的个体化饲喂。根据精准营养中各技术与设备的功能与特点,可将精准营养技术划分为感知层、传输层、决策层和执行层。

1. 感知层

感知层是智慧养殖的重要基础,其通过传感器或机器视觉实时收集每头奶牛个体状态及其生活环境的的第一手数据,为后续的精准确喂决策提供科学依据。多维感知技术则是感知层的关键技术,其能够监控奶牛的生理健康与行为信息,并将采集到的数据经传输层上传至决策层。

传统感知设备通常利用穿戴设备采集奶牛行为数据,耳标、项圈是牧场中最常见的穿戴式设备。项圈中通常配备压力传感器、加速度传感器、三轴传感器、声音传感器等多种传感器,通过收集奶牛颈部加速度、压力的变化以及咀嚼时

产生的声波,监测奶牛采食时间、反刍次数、饮水等行为信息。耳标也是常见的奶牛监测设备,研究发现,耳标传感器监测反刍和采食行为的时间占比与人工观察无显著差异,且相关性高($r=0.72, 0.88$)。耳标不但可以有效记录奶牛反刍数据,还能够帮助识别奶牛异常情况。研究发现,基于耳标的加速度计传感器中收集到的数据(奶牛每日躺卧、咀嚼和活动时间)进行分析后发现,热应激奶牛每天多花大约15分钟咀嚼和进行活动,这一发现有助于牧场精准识别需要干预的热应激奶牛。

然而,穿戴项圈和耳标会对奶牛造成不同程度的应激,同时设备也极易损坏,导致数据缺失。随着科技的进步,为了降低成本和监测难度,及时监测奶牛的健康状况,感知设备逐渐从穿戴式设备升级为图像处理的机器视觉。相较于穿戴式设备,非接触式的机器视觉在个体识别、发情监测、体况评估上更加方便。非接触式的机器视觉在奶牛个体身份识别、发情监测、跛行识别方向、体况评分方面应用的准确率较高,但机器视觉对采食行为的识别准确率不高,仍有巨大的发展空间。在复杂环境下,应用多种模型与技术融合可以实现轻量化实时检测,提高识别精度,从而提高机器视觉的准确性。

2. 传输层

在奶牛智慧养殖中,数据传输与储存是将感知层、决策层与执行层串联起来、发挥作用的基础和关键。在奶牛精准营养技术中,数据传输主要依赖于无线传感器网络,其结构可以分为传感模块、数据传输模块、通信模块和云平台。在传输层中,各传输模块依托不同通信技术协同运作,实现数据采集、传输与处理。在传感模块中,熊强强等设计了一种基于LoRa(远距离无线电)的群养奶牛监控系统,在不超过2.5千米的传输范围内,系统丢包率可控制在15%以内,兼顾了远距离通信与可靠性需求;刘忠超等利用Wi-Fi无线网络与主控处理器的功能,直接驱动红外温度传感器采集奶牛体温数据。在数据传输模块,冯栋栋等利用Wi-Fi网络汇总感知数据,通过MQTT(消息队列遥测传输)协议进行数据传输,并借助Node-Red工具(可视化编程工具)实现数据的可视化。在通信模块,有线网络作为基础架构提供稳定支撑,如刘忠超等开发的奶牛发情监测系统采用以太网完成远程通信任务,保障了数据传输的可靠性;而在阳信亿利源5G数字化牧场实践中,平台依托5G高速度与低时延的特性,集成多类传感器与智能耳标,实现海量数据的连续采集与远程交互。而在面向通信基础设施薄弱的偏远地区时,张泽龙等采用卫星物联网与LoRaWan(远距离广域网)构建了“LoRa终端+卫星回传”的混合通

信系统,实现了对牲畜多维度信息的有效采集与远程传输。最终,所有数据汇集至云端平台,由平台统一接收并处理牧场景海量数据,进行数据的云端集成与智能分析。

3. 决策层

决策层是奶牛精准营养技术的关键层,决策层将感知层采集奶牛数据进行分析处理,进而优化饲料配方。奶牛饲料预测技术产生前,利用软件模型对奶牛日粮进行准确评估是充分发挥奶牛生产性能的重要手段。1951年,Waugh首次将线性规划方法应用于动物营养研究领域,打破了传统依赖经验设计配方的局限;1961年,Charles等在线性规划方法的基础上进一步创新,研发出目标规划技术,进一步完善了配方优化的理论体系;1964年,计算机饲料配方正式出现,日粮设计迈入机械化计算新阶段;进入20世纪80年代后,相关技术进一步细化,专门用于计算日粮核心指标的计算机程序被成功开发,可精准核算日粮中的干物质、粗蛋白质、总消化养分、粗纤维含量,测算配方成本,为规模化、标准化的饲料生产奠定了技术基础。

现已开发的奶牛饲料预测技术大多根据奶牛采食量与产奶量预测奶牛饲料采食量,应用统计方法和机器学习方法进行饲料预测。统计方法能够对数据中的线性关系进行拟合;而机器学习能够对非线性数据序列进行建模分析。Quigley等为了预测荷斯坦奶牛(3—114日龄)的日DMI,开发了非线性(指数)模型和线性模型2种预测模型。非线性指数模型能充分利用年龄、代谢能缺口、环境温度、日粮中洗涤剂纤维和精粗比等信息,实现精密的预测($R^2=0.92$)。若无法获取温度或日粮成分数据,则可选用简化线性模型,仍能提供可靠预测。但在现实情况下,奶牛的饲料消耗既不是非线性也不是非平稳模式,此时需要混合机器学习模型来进行预测。张博等基于经验模式分解和长短期记忆网络,提出了组合改进的自适应噪声完全集成经验模式分解、随机森林与改进的LSTM模型,即ICEEMDAN-RF-ILSTM(用于奶牛饲料消耗预测的机器学习/深度学习融合模型),来预测奶牛的饲料消耗状态,其决定系数 R^2 、平均绝对百分比误差与均方根误差分别为0.993、2.576%和0.596%,能有效预测饲料消耗状态。

考虑到影响奶牛采食消耗的因素不仅限于饲料,不少研究在预测奶牛采食量时加入了其他因素。何开兵等引入昼夜节律相位和瘤胃环境状态监测构建了一个多层次、基于生理机制的动态计算框架,该系统能够动态调整粗饲料消化率与基础代谢能,并依据泌乳阶段和瘤胃pH波动阈值,精准调控饲料配比与投喂时间。刘广利等采集奶牛个体信

息、环境数据及历史生产数据,利用双胞胎支持向量回归构建营养需求预测模型,并结合多目标优化算法,动态生成最优饲料配比方案。传统的奶牛DMI预测模型,大多基于产奶量和维持需要来计算。但问题在于,这类模型未能区分不同的泌乳阶段,无法区分奶牛在泌乳早期、高峰期等特定阶段的特殊能量需求。Souza等将日粮填充效应引入了奶牛DMI预测,开发了两阶段的非线性混合效应模型,该研究提出的非线性混合效应模型在预测泌乳奶牛DMI方面表现出色,其效果显著优于NRC模型(奶牛营养需要模型)。

4. 执行层

执行层是智能饲喂技术的执行终端,负责执行决策层的命令,实现对养殖过程的精准、自动化管理。目前的智能饲喂技术主要是在全混合日粮(TMR)饲喂技术上的发展。TMR饲喂技术是根据分群奶牛的营养需求,将适量的粗饲料与添加剂按比例均匀搅拌,从而得到营养均衡的饲料。优质的TMR设备与相应的技术措施,保证饲料的均衡营养配比。常见的TMR设备可根据其固定方式分为3类,即固定式TMR、牵引式TMR、自走式TMR。TMR饲喂保证了奶牛群体的营养需求,但无法根据奶牛个体具体差异实现精准饲喂。TMR技术与智能识别装备结合,通过自动识别奶牛个体,按奶牛产奶量高低为其精确配比精饲料并进行补充,实现高产奶牛个体规律、精准补饲,最终实现从传统群体饲喂模式转换为个体精准饲喂。马保伟等设计了一款自走式奶牛精确饲喂机,该设备通过激光识别奶牛个体,利用螺旋输送机实现饲料的精确配比与投喂,并可通过喷头加温调节饲料湿度。采用单片机控制系统集成传感器与执行机构,实现对奶牛个体化精准饲喂。同时,张勤等针对现有推料机器人无法满足奶牛个性化采食需求的问题,提出一种基于YOLOv4(一种目标检测算法)和二维码的智能推料方法。通过识别与跟踪牛头和二维码,实现牛一码匹配定位,并依据余料分布控制推板角度,完成精准送料。

为了更好地执行精准饲喂,TMR投料车上会配备智能化设备。识别与监控设备利用射频识别(RFID)装置对个体奶牛进行身份识别,并搭配称重传感器、光电传感器、近红外装置(用于实时分析饲料干物质含量)、GPS(用于投料车定位)等技术,全方位采集奶牛个体、饲料成分及设备状态等多源数据。在此基础上,精准下料控制模块(如双螺旋输送机)负责执行饲料的高精度、高效率投喂,该系统能够动态调整粗饲料消化率与基础代谢能,并依据泌乳阶段和瘤胃pH波动阈值,精准调控饲料配比与投喂时间。刘广利等采集奶牛个体信

息,环境数据及历史生产数据,利用双胞胎支持向量回归构建营养需求预测模型,并结合多目标优化算法,动态生成最优饲料配比方案。传统的奶牛DMI预测模型,大多基于产奶量和维持需要来计算。但问题在于,这类模型未能区分不同的泌乳阶段,无法区分奶牛在泌乳早期、高峰期等特定阶段的特殊能量需求。Souza等将日粮填充效应引入了奶牛DMI预测,开发了两阶段的非线性混合效应模型,该研究提出的非线性混合效应模型在预测泌乳奶牛DMI方面表现出色,其效果显著优于NRC模型(奶牛营养需要模型)。

小结与展望

奶牛智慧养殖是信息技术与传统畜牧业深度融合的典范,其不再是简单的“机械自动化”,而是通过实时数据驱动决策,实现对不同时期不同奶牛的个性化、精准化饲养与管理,最终让奶牛养殖变得更高效率、更精准、更可控。奶牛精准营养技术是智慧养殖中的重要环节之一,它实现了饲料营养供给与奶牛实际需求的最佳匹配,改变了传统饲养的“一刀切”模式,从群体喂养转变为个性化精准饲喂。奶牛精准营养通过应用机器视觉、TMR等关键技术,可以有效提高奶牛单产水平和饲料转化效率,从而降低每千克奶的生产成本。

尽管奶牛智慧养殖技术带来了革命性的前景,但在实际推广与应用过程中依然面临着诸多严峻挑战。首先是技术层面的挑战,其主要体现在数据获取与处理的复杂性上。牧场环境恶劣,传感器设备长期面临着湿度、氨气腐蚀、碰撞等严峻考验,其可靠性与耐久性不足,可能导致数据流中断或失真。而不同生产商提供的硬件设备与软件平台之间往往存在兼容性问题,缺乏统一的数据标准,形成了数据孤岛的问题,使牧场数据的整合与系统性分析变得困难。其次,虽然人工智能算法在特定场景下表现优异,但其模型在不同牧场中的使用仍不具有普遍性。一个基于特定牧场数据训练出的预测模型,在应用于不同品种、不同地域、不同管理模式的另一个牧场时,其准确性和可靠性可能会下降,这对技术迭代与发展提出了极高的要求。

未来,奶牛精准营养技术的发展将持续深化更多技术融合,人工智能模型通过吸收更多维度的数据将变得越发精准。研究重点也应从单一技术点,转向构建覆盖“个体—群体—环境”的全天候、一体化智能感知与决策系统。在数据层面,系统架构将从当前的“单点数据”向“全域智能”集成平台演化,彻底打破设备与系统间的数据孤岛,打破牧场资源、加工企业、监管部门之间的数据壁垒,构建完整数据产业链。在产业应用上,研究也应更加注重普惠性与适应性,研发适用于不同规模、不同养殖模式的解决方案,让不同经营规模的牧场都能以合理的成本享受到智慧化带来的技术红利。与此同时,研究更要关注生态保护,通过精准饲喂和环控减少甲烷排放,利用数字化手段管理粪污资源化,以及建立产品的全生命周期碳足迹追踪系统。(据《中国畜牧杂志》)