

奶牛个体采食量监测系统研究进展

李尚汝 张鑫玥 孙雨坤 张永根*

(东北农业大学动物科学技术学院,哈尔滨 150030)

摘要: 奶牛的个体采食量反映了奶牛的身体健康和生产状态,准确测定奶牛个体采食量在奶牛的营养健康和生产实践中具有十分重要的意义。本文全面总结了规模化牧场自动测定和分析奶牛采食量在发情、疾病、断奶、饲料配方和选种选育方面的重要作用,综述了可用的监测设备,即视频监控系统、近红外光谱分析和可穿戴传感器的研究现状和展望。

关键词: 奶牛;采食量;监测;智能化

中图分类号:S823

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)11-5075-06

能量摄入量是高产奶牛产奶量的主要限制因素,由饲料的净能和采食量决定^[1]。采食量是奶牛最重要的管理因素之一,它直接决定了奶牛的维持和生产需要。然而群体采食量或平均采食量并不能反映个体奶牛采食量的波动,个体奶牛采食量的影响因素除年龄、胎次、饲料成分、饲养管理和环境之外,奶牛的身体状况也有很大的影响。

精准畜牧业的核心原理是利用信息技术实时监测动物的环境、体征变化、运动和行为习惯^[2],主要的实现方法包括:图像分析、声音分析、传感器分析、数据分析与算法,在评估奶牛实时位置、体况以及健康等方面均有应用^[3-6]。虽然个体奶牛的采食量是经营者监测的一项重要指标,但受技术、设备和成本的限制,能够有效监测个体采食量的方法十分有限。随着精准畜牧业的发展,迫切需要开发准确且方便的测定采食量的方法,以向经营者提供可靠的管理决策。因此,本文就采食量测定重要性及应用、现有牧场自动化个体监测装备、国内外采食量测定技术和方法的研究进展情况进行综述。

1 测定奶牛个体采食量在牧场管理中的重要性及应用

1.1 采食量与发情

近年来,在繁殖效率下降的背景下,发情检测变得越来越重要。传统检测方法包括观察爬跨行为、奶牛阴道黏液和外阴肿胀程度等,需要观察每头奶牛,劳动强度大,而且一旦发现不及时会严重影响奶牛繁殖。Lukas等^[7]研究发现,奶牛采食量受发情的影响很大,可以通过监测采食量的波动来预判早期繁殖状态的变化。Halli等^[8]发现在奶牛发情当天,采食量减少了10.3%。近年来,奶牛智能化系统通常通过监测奶牛的活动量是否增多来检测发情^[9-10],对采食量的监测也可以作为一种辅助手段,预判奶牛发情,从而减少误判、漏判的发生。

1.2 采食量与疾病

个体奶牛的采食量受疾病的影响很大,如生殖疾病(难产、胎衣不下、子宫炎),代谢疾病(酮病、产褥热),消化系统疾病(肠炎、瘤胃动力下降、皱胃移位、瘤胃酸中毒)和与乳房相关的疾病(水肿、乳头损伤、乳房炎)均与采食量呈负相关^[11-14]。Moyes等^[15]指出,奶牛采食量一直是反映泌乳早

收稿日期:2020-04-18

基金项目:国家奶牛产业技术体系(CARS-36)

作者简介:李尚汝(1996—),女,山东潍坊人,硕士研究生,研究方向为反刍动物生产。E-mail: lisr1010@163.com

*通信作者:张永根,教授,博士生导师,E-mail: zhangyonggen@sina.com

期能量动员变化程度与疾病风险相关的金标准之一,如患有产后疾病的奶牛,在产前14天时监测发现采食量已显著减少^[16]。因此,个体采食量可以作为早期疾病的潜在监测手段,在预警、预判异常方面提供数据支持。

1.3 采食量与犊牛断奶

断奶时由于从液体饲料过渡到固体饲料,犊牛会产生应激,因此通常表现出生长速度减慢、能量摄入减少的现象,通过延长饲喂牛奶的时间,可以提高犊牛日增重^[17]。然而,犊牛之间在适应固体饲料的能力上存在很大差异,因此何时断奶,应根据每头犊牛的实际采食固体饲料的情况判断。监测犊牛个体采食量主要使用犊牛饲喂器,该设备可以根据每头犊牛的实际情况和营养需要进行个性化饲喂。Neave等^[18]认为,在犊牛早期的诸多特征中(如饮水行为、学习行为、采食行为、活力等),固体采食量是预测犊牛断奶时间最重要的因子,根据个体犊牛采食固体饲料的量确定它们的断奶时间,有助于实现早期断奶,同时减少断奶对能量摄入和体重增加的负面影响。

1.4 采食量与饲料配方

采食量与产奶量结合,可以用来评估每头奶牛在特定泌乳阶段的经济价值,从而改进整个经营决策,提高生产效率^[19]。饲料成分的理化特性及其相互作用对泌乳奶牛的采食量有很大影响,影响采食量的饲料特定理化特性包括纤维含量、淀粉和纤维的水解性、颗粒大小及脆性、青贮pH及发酵产物、脂肪浓度和特性、蛋白质含量和瘤胃降解率等。如牧草的采食量和消化率在很大程度上受纤维含量的影响,特别是中性洗涤纤维(NDF),Harpar等^[20]试验证明,不可消化NDF(INDF)含量会显著影响采食量、饲料消化率和代谢能,同时,采食量也是一种评估INDF含量的重要指标。

1.5 采食量与选种选育

剩余采食量(RFI)是奶牛实际采食量与根据其用于维持和生产所预测的采食量之间的差值。许多地区将RFI作为奶牛选种选育的标准,可以有效评价动物饲料利用率、群体代谢水平以及品种选育^[21]。研究表明,低RFI牛的屠宰性能、营养代谢和瘤胃功能均优于高RFI的牛^[22-24]。Tempelman等^[25]研究泌乳牛RFI的遗传变异特性,结果表明,RFI的遗传力随哺乳时期和地区的变化而

有差异,且存在一定的遗传变异,但是RFI基因组选育仍表现出了成效。因此,监测个体奶牛的RFI,根据其高低进行优秀种公牛的选育,可以改良牛群的饲料利用率,提高生长性能。

2 测定奶牛采食量的设备及方法

目前,监测个体奶牛采食量的方法主要是射频识别技术与称重料槽相结合,该方法具有较高的精确度和准确度,广泛运用于奶牛的饲养试验或研究中。然而该技术存在成本高、所需空间大且不利于规模化管理的缺陷,难以投入到商业牧场中。因此,需要更多的研究去开发成本较低、实用性强的采食量监测系统。

2.1 视频监控系统

利用三维视频监控饲料体积预测采食量的技术已被开发出来,奶牛场中基于相机的监测技术多数是在特定的照明条件下进行的:飞行时间距离成像传感器是基于激光测距仪或闪光式光源构建的照明系统,通过计算发射的光脉冲在某一位置反弹并返回传感器的时间,换算为距离以产生深度信息,同时结合传统的相机拍摄,就能将物体的三维轮廓以特定的方式呈现出来^[26-27]。然而该系统受到在给定时间内捕获的数据点数量和相对有限的视野的限制。结构光照明(SLI)系统是将光成像投射到被监测的场景上,根据已知投射成像的变形来创建深度和表面信息^[28]。同时,基于SLI原理,特定的相机利用近红外激光照明器投射伪随机点的点阵图案对场景进行编码,并发送到传感器中加以计算,提取3D深度数据,然后将数据代入特定公式中计算。然而,由于对太阳光的敏感性等原因,这些监测系统还没有在商业牧场中使用。Bloch等^[29]使用由放置在不同位置的RGB(红、绿、蓝)相机,从各种角度拍摄的多张照片来创建被监测场景的3D模型,监测饲料形状和体积的变化以此来预测采食量,该相机对太阳光的敏感度较低。Bezen等^[30]利用图像的深度信息和RGB信息,构建卷积神经网络模型以预测个体奶牛的采食量,结果显示,该系统对采食量预测的绝对误差为0.127 kg,均方误差为0.034 kg²,饲料通道奶牛识别准确率为93.65%。该研究是第1次对非特定照明系统的开放牛舍进行采食量的预测,且表明使用方便、低成本的相机进行个体饲料摄入量测量具有潜在的优势。

2.2 近红外光谱分析

红外反射光谱分析是测量电磁辐射与物质的相互作用,分析化学组成等信息的技术。使用近红外光谱仪对粪便样本进行分析,以确定牛、羊等草食动物的饲料成分、消化率和动物产品的成分含量已被广泛研究。近年来,近红外光谱分析技术的应用为奶牛采食量预测提供了新的可能。有研究表明,利用近红外光谱测定粪便中的烷烃浓度间接预测采食量^[31-32],和利用粪便近红外光谱建立方程直接预测采食量,其准确性均不高,主要原因在于没有足够的样本支撑,以开发准确和通用的预测方程来校正粪便近红外光谱分析模型。Shetty 等^[33]针对该技术准确性较低的问题,提出一种递归加权偏最小二乘的方法选择模型,对牛奶成分进行近红外光谱分析,但未能较好地改善。随后,Dórea 等^[34]利用机器学习贝叶斯网络选择波长作为预测的协变量,建立了一种采食量预测的非线性模型,该模型预测的相关性和均方误差分别为 0.83 和 2.15 kg/d,同时该方法的应用验证表明,机器学习算法对预测采食量具有较高的准确性。

2.3 可穿戴设备

近年来,基于可穿戴传感器的智能监测系统,因其成本低且易于与其他信息与通信设备(例如计算机和无线网络)集成而得到越来越广泛的应用^[35]。监测奶牛行为的不同传感器被安装到耳标、项圈或笼头中,这为采食量预测提供了新的可能。采食量是某段时间内采食次数和每 1 口大小(每口饲料的质量)的乘积,采食次数也可以根据采食频率和采食时间(或放牧时间)来预测^[36]。从理论上讲,这 4 个变量可以用来预测草食动物的采食量,许多学者在这些指标的测量上做了很多工作。Oudshoorn 等^[37]分别使用安装在项圈顶部的二维和三维加速度器采集的数据预测放牧时间,与人工测得采食次数并换算为采食频率相结合,以建立牧草采食量的模型。Pahl 等^[38]利用鼻羁压力传感器监测奶牛的采食时间、采食频率和咀嚼时间,代替了人工监测采食次数,同时该研究证明采食时间或者咀嚼行为均可作为采食量的预测提供可用数据。Pereira 等^[39]用一种装有三维加速度器、无线电芯片和温度传感器的耳标对奶牛行为进行分类,该耳标可利用专有算法量化耳朵和头部的运动,通过专有模型将传感器数据分类为

反刍、采食、休息或其他行为(发情等)。

3 智能化采食量测定研究进展及建议

国外对奶牛智能化研究和应用比较深入,诸如耳标、项圈等传感器产品和采食量预测理论模型以及牧场计算机管理信息系统等已被广泛研究,研发出了已在市面推广使用的监测设备。例如,RumiWatch 是一种集鼻羁压力传感器、计步器、数据记录器和评估软件于一体的采食和运动监测系统^[40]。MooMonitor+项圈监测系统使用纳米技术测量奶牛的颈部运动,能够区分奶牛行为^[41]。SensOor 和 Smartbow 是 2 种监测采食行为的耳标传感器^[42-43],Smartbow 内部安装了集成加速度器,数据以 10 Hz 的频率通过链接接收器实时发送到本地服务器;SensOor 内置三维加速度器,并配有无线电芯片和温度传感器,数据通过无线网络发送到计算机,进行特定的分析。

随着我国养殖规模的不断扩大以及物联网技术和互联网技术的发展,国内的奶牛智能化养殖近年来也得到越来越广泛的关注。田富洋等^[44]利用单片机控制系统,将奶牛在采食过程中颞窝部的振动特性转化为相应的方波脉冲信号,计算奶牛的吞咽次数,与食团质量结合从而判定奶牛采食量,然而该设备体积大,安装和使用均不方便。刘文博等^[45]设计了 1 套奶牛采食量自动记录系统,该系统利用耳标识别个体,并装有精确的饲料计重仪,依据奶牛在采食前与采食后饲料的变化量来确定其采食量,通过 ZigBee 网络将数据上传,该系统在恶劣天气下的精准确度可达 99%,然而该方法限制每头奶牛的采食范围,会使奶牛产生应激,影响自由采食。周雅婷等^[46]用三维加速度传感器识别奶牛的采食行为,并通过一维卷积神经网络算法得出肉牛的单位采食量,再根据肉牛总采食量计算公式得出肉牛总采食量,同时,还可将采食异常的肉牛进行预警,可以帮助经营者及时检测出异常牛只的健康状况以及制定合理的营养方案,该模型的总准确率为 80.99%,而且不影响牛的正常采食。

随着我国牧场规模的扩大和智能化发展,未来将逐渐形成 1 套对牧场营养进行全面的系统评估的科学技术体系,并根据评估的结果对牧场的营养和管理策略进行调整。纵观国内外研究进展,奶牛的实际采食量主要依赖其他相关指标建

立相关性分析或通过专有算法进行预估,因此,未来如果能利用基于精准畜牧业最新的机器学习、人工智能等方法和现有设备采集到的数据加以计算分析,开发出一种采食量预测模型,并附装于操作简单、方便管理的监测设备(如项圈、耳标等)中,则将实现奶牛采食量的实时预测,为奶牛场经营管理提供可靠的决策支持。

4 小 结

精准畜牧业强调监测个体活动的重要性,个体采食量的波动直接反映了奶牛的身体状况和生产状态。称重料槽测量精度较高,但该方法存在成本高、占地面积大且投料困难的缺陷;视频监控系统与近红外光谱技术对奶牛无应激且成本低、操作方便,但预测采食量的准确性较低;可穿戴设备对奶牛应激小、使用较为方便,可以根据采食时间或反刍行为预测采食量。未来仍需关注预测模型算法的优化,数据样本和采食量相关特性的扩充和丰富,为牧场数字化奠定基础。

参考文献:

- [1] ALLEN M S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle [J]. *Journal of Dairy Science*, 2000, 83 (7) : 1598-1624.
- [2] 谭益. 基于 Storm 的奶牛发情实时监测系统设计与实现 [D]. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [3] SUN Y K, HUO P J, WANG Y J, et al. Automatic monitoring system for individual dairy cows based on a deep learning framework that provides identification via body parts and estimation of body condition score [J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102 (11) : 10140-10151.
- [4] GUO Y Y, HE D J, SONG H B. Region detection of lesion area of knee based on colour edge detection and bilateral projection [J]. *Biosystems Engineering*, 2018, 173 : 19-31.
- [5] 孙雨坤, 岳奎忠, 李文茜, 等. 图像信息技术在奶牛生产中的应用 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30 (5) : 1626-1632.
- [6] MEUNIER B, PRADEL P, SLOTH K H, et al. Image analysis to refine measurements of dairy cow behaviour from a real-time location system [J]. *Biosystems Engineering*, 2018, 173 : 32-44.
- [7] LUKAS J M, RENEAU J K, LINN J G. Water intake and dry matter intake changes as a feeding management tool and indicator of health and estrus status in dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2008, 91 (9) : 33850-3394.
- [8] HALLI K, KOCH C, ROMBERG F J, et al. Investigations on automatically measured feed intake amount in dairy cows during the oestrus period [J]. *Archives Animal Breeding*, 2015, 58 (1) : 93-98.
- [9] LØVENDAHL P, CHAGUNDA M. On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2010, 93 (1) : 249-259.
- [10] BENAÏSSA S, TUYTTENS F A M, PLETS D, et al. Calving and estrus detection in dairy cattle using a combination of indoor localization and accelerometer sensors [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, (168) : 105153.
- [11] BAREILLE N, BEAUDEAU F, BILLON S, et al. Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows [J]. *Livestock Production Science*, 2003, 83 (1) : 53-62.
- [12] PLAIZIER J C, KRAUSE D O, GOZHO G N, et al. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences [J]. *The Veterinary Journal*, 2008, 176 (1) : 21-31.
- [13] ØSTERGAARD S, GRÖÖHN Y T. Concentrate feeding, dry-matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows [J]. *Livestock Production Science*, 2000, 65 (1/2) : 107-118.
- [14] ALLEN M S, VETERINARIA PIANTONI P. Metabolic control of feed intake: implications for metabolic disease of fresh cows [J]. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 2013, 29 (2) : 279-297.
- [15] MOYES K M, LARSEN T, INGVAARTSENING-BARSTEN K L. Generation of an index for physiological imbalance and its use as a predictor of primary disease in dairy cows during early lactation [J]. *Journal of Dairy Science*, 2013, 96 (4) : 2161-2170.
- [16] BRAUN U, BUCHLI H, HASSIG M. Eating and rumination activities two weeks prepartum to one month postpartum in 100 healthy cows and cows with peripartum diseases [J]. *SAT Schwzer Archiv Fur Tierhklunde*, 2017, 159 (10) : 535-544.
- [17] DE PASSILLÉ A M, RUSHEN J. Adjusting the weaning age of calves fed by automated feeders according to individual intakes of solid feed [J]. *Journal of Dairy*

- Science, 2012, 95(9): 5292–5298.
- [18] NEAVE H W, COSTA J H C, BENETTON J B, et al. Individual characteristics in early life relate to variability in weaning age, feeding behavior, and weight gain of dairy calves automatically weaned based on solid feed intake [J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102(11): 10250–10265.
- [19] HALACHMI I, EDAN Y, MOALLEM U, et al. Predicting feed intake of the individual dairy cow [J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(7): 2254–2267.
- [20] HARPER K J, MCNEILL D M. The role INDF in the regulation of feed intake and the importance of its assessment in subtropical ruminant systems (the role of INDF in the regulation of forage intake) [J]. *Agriculture*, 2015, 5(3): 778–790.
- [21] 霍鹏举, 王玉洁, 孙雨坤, 等. 剩余采食量在反刍动物生产中的研究进展 [J]. *动物营养学报*, 2019, 31(1): 63–69.
- [22] NASCIMENTO M L, SOUZA A R D L, CHAVES A S, et al. Feed efficiency indexes and their relationships with carcass, non-carcass and meat quality traits in Nellore steers [J]. *Meat Science*, 2016, 116: 78–85.
- [23] LUO G L, NKRUMAH J D, BASARAB J A, et al. Linkage of microbial ecology to phenotype: correlation of rumen microbial ecology to cattle's feed efficiency [J]. *FEMS Microbiology Letters*, 2008, 288(1): 85–91.
- [24] CONNOR E E, HUTCHISON J L, OLSON K M, et al. Triennial lactation symposium: opportunities for improving milk production efficiency in dairy cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 2012, 90(5): 1687–1694.
- [25] TEMPELMAN R J, SPURLOCK D M, COFFEY M. Heterogeneity in genetic and nongenetic variation and energy sink relationships for residual feed intake across research stations and countries [J]. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98(3): 2013–2026.
- [26] SHELLEY A N. Incorporating machine vision in precision dairy farming technologies [D]. Ph. D. Thesis. Kentucky: University of Kentucky, 2016.
- [27] GONZÁLEZ L A, BISHOP-HURLEY G J, HANDCOCK R N, et al. Behavioral classification of data from collars containing motion sensors in grazing cattle [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2015, 110: 91–102.
- [28] SHELLEY A N. Monitoring dairy cow feed intake using machine vision [D]. Master's Thesis. Kentucky: University of Kentucky, 2013.
- [29] BLOCH V, LEVIT H, HALACHMI I. Assessing the potential of photogrammetry to monitor feed intake of dairy cows [J]. *Journal of Dairy Research*, 2019, 86(1): 34–39.
- [30] BEZEN R, EDAN Y, HALACHMI I. Computer vision system for measuring individual cow feed intake using RGB-D camera and deep learning algorithms [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, 172: 105345.
- [31] GARNSWORTHY P C, UNAL Y. Estimation of dry-matter intake and digestibility in group-fed dairy cows using near infrared reflectance spectroscopy [J]. *Animal Science*, 2004, 79(2): 327–334.
- [32] JOHN A J, CLARK C E F, FREEMAN M J, et al. Review: milking robot utilization, a successful precision livestock farming evolution [J]. *Animal*, 2016, 10(9): 1484–1492.
- [33] SHETTY N, LØVENDAHL P, LUND M S, et al. Prediction and validation of residual feed intake and dry matter intake in Danish lactating dairy cows using mid-infrared spectroscopy of milk [J]. *Journal of Dairy Science*, 2017, 100(1): 253–264.
- [34] DÓREA J R R, ROSA G J M, WELD K A, et al. Mining data from milk infrared spectroscopy to improve feed intake predictions in lactating dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(7): 5878–5889.
- [35] ARCIDIACONO C, PORTO S M C, MANCINO M, et al. Development of a threshold-based classifier for real-time recognition of cow feeding and standing behavioural activities from accelerometer data [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, 134: 124–134.
- [36] GALLI J R, CANGIANO C A, MILONE D H, et al. Acoustic monitoring of short-term ingestive behavior and intake in grazing sheep [J]. *Livestock Science*, 2011, 140(1/2/3): 32–41.
- [37] OUDSHOORN F W, CORNOU C, HELLWING A L F, et al. Estimation of grass intake on pasture for dairy cows using tightly and loosely mounted di- and tri-axial accelerometers combined with bite count [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2013, 99: 227–235.
- [38] PAHL C, HARTUNG E, GROTHMANN A, et al. Suitability of feeding and chewing time for estimation of feed intake in dairy cows [J]. *Animal*, 2016, 10(9): 1507–1512.
- [39] PEREIRA G M, HEINS B J, O'BRIEN B, et al. Vali-

- dition of an ear tag-based accelerometer system for detecting grazing behavior of dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 103(4): 3529–3544.
- [40] ROESSEN J, HARTY E, BEIRNE C. MooMonitor + smart sensing technology and big data—resting time as an indicator for welfare status on farms [J]. *ICAR Technical Series*, 2015(19): 19:99–102.
- [41] ZEHNER N, NIEDERHAUSER J J, NYDEGGER F, et al. Validation of a new health monitoring system (RumiWatch) for combined automatic measurement of rumination, feed intake, water intake and locomotion in dairy cows [C]//International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng. Valencia, Spain: [s.n.], 2012.
- [42] BIKKER J P, VAN LAAR H, RUMP P, et al. Technical note: evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity [J]. *Journal of Dairy Science*, 2014, 97(5): 2974–2979.
- [43] REITER S, SATTLECKER G, LIDAUER L, et al. Evaluation of an ear-tag-based accelerometer for monitoring rumination in dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(4): 3398–3411.
- [44] 田富洋, 李法德, 李晋阳, 等. 奶牛采食量检测仪的设计与技术研究 [J]. *仪器仪表学报*, 2007, 28(2): 293–297.
- [45] 刘文博, 王涛, 刘勇. 基于 ZigBee 的奶牛采食量自动记录仪 [J]. *自动化与仪器仪表*, 2014(10): 72–73, 75.
- [46] 周雅婷. 肉牛采食行为识别与采食量模型研究 [D]. 硕士学位论文. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018.

Research Progress of Monitoring System for Individual Feed Intake of Dairy Cows

LI Shangru ZHANG Xinyue SUN Yukun ZHANG Yonggen*

(College of Animal Science and Technology, Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China)

Abstract: The individual intake of dairy cows reflects the health and production status of the dairy cows. It is very important to accurately measure the individual intake of dairy cows in the nutrition and health of dairy cows and production practices. This paper comprehensively summarized the important role of automatic measurement and analysis of dairy cattle feed intake in estrus, disease, weaning, feed formulation and breeding selection, and reviewed the available monitoring equipment, that was video surveillance system, near-infrared spectroscopy analysis and wearable sensors research status and prospects. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(11): 5075-5080]

Key words: dairy cows; feed intake; monitoring; intelligent