国内外奶牛抗炎镇痛管理研究进展与实践应用

孔令博[1]，张建康[2]，何 微[1]，杨 旭[3]，王 晶[1*]，聂迎利[1*]

1 中国农业科学院农业信息研究所，北京 100081
2 利津县动物疫病预防控制中心，山东东营 257400
3 勃林格殷格翰动物保健（上海）有限公司，上海 200040

摘 要：本文系统综述了2015—2025年间国内外在奶牛抗炎镇痛管理领域的研究进展与实践应用。从奶牛常见炎症（如乳房炎、子宫炎、产后炎症、犊牛炎症）的识别方法入手，详细阐述了疼痛的主观与客观评估体系，包括行为观察、生理指标检测及新兴技术如红外热成像、P物质检测等的应用。在管理策略方面，重点介绍了非甾体抗炎药物（NSAID）、局部麻醉、中草药疗法、物理治疗及多模式镇痛等方法的实际应用与效果；还分析了抗炎镇痛措施对奶牛生产性能（产奶量、乳成分、繁殖性能、淘汰率等）的积极影响，并探讨了当前推广过程中面临的经济成本、认知缺口与政策限制等挑战；提出未来应加强疼痛教育、优化政策支持、推动标准化管理，以实现奶牛健康、福利与经济效益的协同提升。

关键词：奶牛；炎症；疼痛管理；非甾体抗炎药物（NSAID）；多模式镇痛；动物福利；生产性能；评估方法

文章编号：1671–4393（2025）09–0097–11 DOI:10.12377/1671–4393.25.09.15

中国乳业线上阅读

0 引言

奶牛在养殖过程中常因疾病（如跛行、乳房炎、子宫炎）或管理操作（如去角、去势、剖腹产）经历炎症与疼痛。尽管部分疼痛情境难以避免，但科学的疼痛管理对保障动物福利、提升健康水平及促进奶业可持续发展具有重要意义[1]。目前，许多发达国家已建立系统化的疼痛管理政策与行业规范。例如，美国FARM计划强制要求去角操作必须联合使用局部麻醉与非甾体抗炎药物（NSAID），并对牧场跛行率设定了明确的限制标

作者简介：孔令博（1988–），女，北京人，硕士，副研究馆员，研究方向为农业情报分析与知识服务；
张建康（1982–），男，山东利津人，本科，高级兽医师，研究方向为畜牧兽医；
何 微（1987–），女，湖北武汉人，硕士，副研究馆员，研究方向为情报分析与知识服务；
杨 旭（1988–），男，山东济南人，硕士，研究方向为兽医产科学。
*通信作者：王 晶（1984–），女，内蒙古满洲里人，硕士，助理研究员，研究方向为动物医学、奶业市场分析；
聂迎利（1971–），女，北京人，博士，副编审，研究方向为农业经济管理。

准[1]；加拿大proAction体系将疼痛管理纳入强制性国家认证要求[2]；英国“红色拖拉机”计划通过第三方审核与突击抽查方式，强制实行全面的镇痛管理[3]。爱尔兰虽未出台统一强制措施，但行业实践中镇痛药物使用率较高，且《动物福利法》对去角镇痛作出了专项规定[4]。相比之下，中国尚未出台全国性强制法规，但已在团体标准、地方规范和企业实践中积极推进。2021年发布的《农场动物福利要求奶牛》团体标准[5]及甘肃省去角技术操作规程[6]等，标志着疼痛管理标准化工作的启动。部分大型乳品企业及牧场已将NSAID等抗炎镇痛措施写入企业SOP，显著减少了抗生素使用并提升了牛群健康水平[7，8]。本文基于2015—2025年间国内外相关文献，从疼痛情境、管理方法、评估指标及实践现状等方面对奶牛炎症与疼痛管理进行综述，以期为推动疼痛管理的标准化与普及提供参考。

1 奶牛相关炎症的识别方法

1.1 乳房炎

目前，国内外检测奶牛乳房炎主要基于传统检测方法和红外热成像技术[9]。基于红外热成像技术检测奶牛乳房炎主要是区分奶牛乳房温度的变化以验证奶牛是否患病。提取奶牛关键部位的温度主要有人工框定和自动提取两种方法。其中，人工框定需要在热红外图像中选出奶牛关键部位，进而获取奶牛关键部位温度，此法费时费力，且存在工作量大的问题。因此，近年来将计算机视觉技术与红外热成像技术相结合实现奶牛关键部位的自动化温度提取成为当前研究的热点[10]。

1.2 子宫炎（子宫内膜炎）

子宫炎（子宫内膜炎）的诊断以临床症状与实验室检查为核心依据。临床典型症状包括产犊后21 天内出现化脓性或恶臭棕红色子宫分泌物、体温超39.5 ℃及产奶量下降，辅助诊断手段主要涵盖以下四类[11]：一是直观检查类，又分为阴道检查、直肠检查与超声检查；二是细胞学检查。三是分子生物学诊断，包括PCR技术、环介导等温扩增技术（LAMP）、基因芯片技术。

1.3 奶牛产后炎症

美国研究人员针对奶牛产后健康制定了多项诊断标准：胎衣不下指分娩24 h后胎衣仍悬垂于阴门外；异常阴道排出物依据颜色（红–褐–黑）及腐败气味判断，存在炎症可能性，但主观差异大；体温异常阈值为≥39.5 ℃，部分牧场在夏季或对新产牛下调至39.2 ℃，发热提示可能存在炎症或疼痛；异常体征还包括食欲减退、瘤胃充盈不足、产奶量骤降、精神沉郁及弓背等[12]。

1.4 犊牛相关炎症

养殖户通常通过临床症状进行现场识别：若犊牛出现脐部红肿、渗液和恶臭可判断为脐炎，但仅30%农户会采取结扎和碘酊消毒；出现咳嗽、流鼻液或腹式呼吸则怀疑呼吸道炎症，农户常以呼吸频率超过40 次/min作为判断依据；消化道炎症则主要通过粪便的颜色、黏稠度和气泡进行腹泻评分（0～3分）。实验室诊断指标包括白细胞计数（＞12×10^9 个/L提示全身炎症，与全身炎症参数SP正相关）、血清淀粉样蛋白A（SAA＞150mg/L，灵敏度高）以及影像学检查（如脐静脉直径＞6mm或肝脓肿≥1cm，用于确诊脐炎和肝脓肿）。在实际应用方面，犊牛出生0～24 h内需进行脐带消毒、红外测温和每日粪便观察，异常即时采血送检；3～14日龄阶段建议每周1 次SAA快速试纸条检测（10 min内完成），阳性个体转入抗生素治疗；所有数据应记录犊牛编号、日龄、症状评分、白细胞、SAA及处置措施，以支持群体分析。

2 奶牛的疼痛识别

目前没有单一指标可独立用于疼痛评估，主观评估依赖观察者经验，因此需加强人员培训。客观

中国乳业线上阅读

评估需结合多种指标使用，避免误判。未来将开发适用于现场的自动化、非侵入式工具（如自动识别疼痛表情、行为、红外热成像等），以提升犊牛疼痛管理的智能化、自动化水平。

2.1 奶牛疼痛识别维度与标准

炎症与疼痛是影响奶牛福利、健康与生产性能的核心风险因素，但因动物无法用语言表达，必须依赖客观、可重复的评估体系对其疼痛程度进行识别与判定。目前，兽医界对国际疼痛协会（IASP）给出的疼痛分级定义达成共识，并且ISAP明确提出痛感具有多维属性，因此应该从不同角度综合评判疼痛情况，以便及时采取相应干预措施。各个国家与业内组织也在不断对疼痛判定维度与标准进行细化研究，具体情况见表1。

2.2 奶牛疼痛主观评估方法

主观评估方法无需过多设备参与，可以嵌入产后、去角、育成、配种、产奶等养殖全链条，适合专业兽医和养殖户在任何栏位、任意时段开展工作，通过疼痛评分或异常行为迅速发现高风险个体，结合其他检查方法采取隔离、治疗或调整饲养方法等措施，具有提成本、少设备、发现快等优势。但主观评估方法过于依赖养殖人员经验，不同人员间存在主观差异。奶牛疼痛的主观评估方法如表2所示。

2.3 奶牛疼痛客观评估方法

随着传感器、组学与影像技术的普及，奶牛疼痛评估正由完全主观的评价与打分迈向与“数据说话”相融合的多维打分方式。目前奶牛疼痛的客观评估方法包括皮质醇、P物质、机械痛阈、记录仪器、红外成像、生产性能指标监测等。研究认为单一客观指标评价可能存在评估局限性，多维度、低成本、多模态的组合检测方式是未来发展趋势。奶牛疼痛客观评估方法及优劣势如表3所示。

2.4 基于 P 物质的奶牛疼痛评估方法

P物质（Substance P，SP）是一种由11 个氨基酸组成的神经肽，主要分布于感觉神经元C纤维末梢及中枢突触。组织受损后，伤害性刺激引发Ca^{2+}内流，促使SP释放并与NK−1受体结合，导致血管扩张、血浆外渗和中枢敏化，加剧痛觉传递。因此，血清或唾液中SP浓度升高可视为疼痛的特异性分子标志，具有神经源性且较少受环境应激干扰[14]。

在奶牛疼痛评估中，SP相较于皮质醇等传统指标具有以下优势：（1）高特异性：主要源于伤害感受器，疼痛关联性强；（2）早期响应：术后30 min

表 1 奶牛疼痛识别维度与标准

维度	具体标准	来源依据
主观分级	0= 无痛，10= 可想象的最痛（NRS）	IASP 定义，兽医共识
行为标准	踢腿、面部扭曲、姿势异常、磨牙、被毛粗乱	兽医长期临床经验总结
疾病 / 操作评分	犊牛去势、去角、脐带手术：9 分；蹄部截肢、剖腹产：9 分；骨折、分娩、剖腹产；难产均为最高级别疼痛（高于 8 分）	巴伐利亚兽医调查（n=274）；中国奶牛从业者调查（n=666）[13]

表 2 奶牛疼痛主观评估方法

方法	具体方式	优点	缺点
行为图谱（Ethogram）	记录特定行为变化（如姿势、耳朵摆动）	可长期记录行为变化	需大量样本、人工分析耗时、观察者偏差
视觉模拟评分（VAS）	100 mm 直线，0 为无痛，10 为最痛	简单、敏感	需经验丰富的观察者，主观性强
数字评分量表（NRS）	0 ~ 10 分评分，现场打分	易于使用	不同研究间评分标准不一致
面部表情评分（Facial Grimace Scale）	观察耳、眼、面部肌肉、鼻孔变化	非侵入、快速	需动物安静，受年龄、疾病、应激干扰等影响

中国乳业线上阅读

表 3 奶牛疼痛客观评估方法

方法	检测手段	疼痛特异性	优点	缺点
皮质醇（Cortisol）	血液、唾液、毛发中检测应激激素	中（易受应激干扰）	广泛使用、反应迅速	也受操作、环境等非疼痛因素影响
P 物质（Substance P）	神经肽，与疼痛传导相关	高（优于皮质醇）	可区分疼痛与操作应激	样本处理复杂，稳定性差，推荐与皮质醇联合
机械痛阈（MNT）	用压力仪测量局部痛觉阈值	高	客观、可重复	需训练操作者，局部测量，需个体基线值
加速度计（Accelerometer）	记录活动量、躺卧、步态等	中	长期、非侵入、自动化	设备可能影响行为，疾病 / 应激亦可影响
计步器（Pedometer）	记录步数或尾巴摆动	–	简单、低成本	受环境干扰，适合特定操作
红外热成像（IRT）	眼温	中	非接触、快速	成本高，受应激、疾病影响，受环境温度干扰
心率与心率变异性（HR/HRV）	反映交感 / 副交感神经活动	–	非侵入、实时	也受非疼痛因素影响
采食量（Feed Intake）	自动饲喂系统记录	–	可反映健康状态	受疾病、应激影响，非疼痛特异性
日增重（ADG）	体重变化反映慢性应激	–	易测量	非疼痛特异性，影响因素多

即可检出峰值；（3）可量化性：ELISA检测灵敏度高（＜10 pg/mL），适于现场快速监测。其关键评估维度及特点见表4。

3 减少炎症疼痛的主要方式

奶牛抗炎与镇痛的方法主要包括物理治疗和药物治疗。物理治疗包括冷疗与热疗，药物治疗主要是使用局部麻醉药和NSAID。

加拿大ACER咨询公司综述了奶牛炎症与疼痛的主要情境和目前主要的管理策略[15]。奶牛的疼痛主要集中发生于乳房炎、分娩与难产、腹部手术、去角、跛行、子宫炎等疾病或牛场管理行为中，NSAID已成为重要的管理手段。不同疼痛情境下的表现和推荐管理策略如表5所示。

3.1 NSAID

NSAID的使用已成为奶牛抗炎与镇痛的主要手段之一。国内外研究人员对NSAID的类型、给药方式、推荐剂量和使用情境等进行了总结（表6）。常用药物包括氟尼辛葡甲胺、酮洛芬、美洛昔康等。氟尼辛葡甲胺属于低选择性NSAID，半衰期3～8 h，需要反复给药。酮洛芬无差别抑制环氧化酶通路，且半衰期很短，仅为0.42 h左右。美洛昔康具有COX-2高选择性，已许可在许多欧洲国家和加拿大用于牛，其在低产泌乳牛的消除半衰期为23～27 h，在高产泌乳牛为17.5 h。

在不同疼痛情境下，兽医与养殖户实际采用的

表 4 基于 P 物质的奶牛疼痛评估维度

关键维度	结果	对疼痛评估的启示
基线浓度	健康犊牛中位值：516 pg/mL（范围 229 ～ 1615）	个体变异大，难以设定统一参考值，需个体基线对照
性别差异	公犊显著高于母犊（554vs 489 pg/mL）	研究需统一性别，避免混杂
年龄差异	犊牛 < 成年奶牛（516 vs 984 pg/mL）	年龄分层必须控制，否则误判疼痛阈值
炎症干扰	SP 与白细胞计数正相关	炎症也可升高 SP，需联合其他指标排除假阳性

中国乳业线上阅读

表 5 奶牛疼痛情境与响应的管理策略

疼痛情境	疼痛表现	推荐管理策略
乳房炎	触觉敏感、心率呼吸频率升高、皮质醇升高	NSAID（美洛昔康、氟尼辛葡甲胺）、支持治疗、冷疗
分娩 / 难产	频繁卧起、采食减少、自我梳理减少	NSAID（如酮洛芬、美洛昔康）、早期干预
子宫炎（子宫内膜炎）	弓背、心率变化	NSAID（美洛昔康、氟尼辛葡甲胺）、支持治疗
腹部手术（如剖腹产）	采食减少、卧卧时间少、甩尾多、心率变异降低	局麻药、NSAID（美洛昔康、酮洛芬）
去角	心率和皮质醇升高，采食减少	局麻药、NSAID、育种无角牛
跛行	行走迟疑、转移体重、弓背、步态异常	修蹄、NSAID、步态评分与早期干预、冷疗
去势	踢腿、皮质醇升高、体重增加缓慢、姿态异常	局麻药、NSAID、多模式镇痛
消化系统疾病（如犊牛腹泻）	嗜睡、奶量下降、卧躺时间延长	NSAID（美洛昔康、氟尼辛葡甲胺）、支持治疗
呼吸系统疾病	同上	NSAID、支持护理

表 6 NSAID 类型及使用特点 [16，17]

药物类型	药物名称	给药方式	推荐剂量	使用情境
COX 非特异性抑制剂	氟尼辛葡甲胺	注射	2.2 mg/kg（静脉）	乳房炎、呼吸道、腹部手术后
	酮洛芬	注射	3 mg/kg（肌注 / 静注）	跛行、创伤、子宫炎、术后
	双氯芬酸钠	注射	2.2 mg/kg（肌注）	乳房炎辅助治疗、跛行
	卡洛芬 [18，19]	注射	1.4 mg/kg（皮下）	发热、急性支气管肺炎、急性乳房炎、内毒素血症、跛行等
COX–2 选择性抑制剂	美洛昔康	注射	0.5 mg/kg（皮下 / 静脉）	分娩后、去角后、术后、乳房炎等

镇痛药物略有差异，但总体来说，NSAID的使用逐渐广泛。对可采集到的数据进行分析结果可知，在处理跛行、难产、腹部手术等情况时，超过50%的兽医和养殖户选择使用NSAID进行镇痛处理；在进行去角和去势时，兽医比养殖户更注重奶牛的疼痛管理，局部麻醉使用率略高于NSAID；但NSAID在奶牛乳房炎中的使用尚不充分，兽医和养殖户的采用率仅在30%左右。

3.2 局部麻醉

局部麻醉是奶牛生产与管理中常用的镇痛方式，可用于短期疼痛缓解，尤其是去角、去势、剖腹产等操作。局部麻醉起效快，镇痛作用可持续几小时。局部麻醉的镇痛原理是药剂作用于Na^+通道，能够阻止神经冲动或动作电位的产生和传播，从而防止疼痛的发生。典型的局部麻醉剂包括普鲁卡因、利多卡因等。普鲁卡因主要用于炎症部位的封闭治疗。利多卡因使用更为广泛，该药给药后5 min内即可缓解疼痛，且效果可持续长达2 h。然而，实际许多操作需要更长时间的镇痛，如去角后的疼痛会在手术完成后持续2 h以上，并且存在感染风险，因此经常与NSAID配合使用，创造更加系统和持久的镇痛抗炎方案。

3.3 中草药疗法

中草药对于奶牛抗炎、镇痛的治疗主要用于奶牛乳房炎，少数研究在子宫炎、关节炎、腐蹄病上应用。中草药治疗以清热、解毒、消肿、通乳、去腐为主要治疗目的[20]，结合中兽医学与药学理论，

中国乳业线上阅读

由里及表达到标本兼治的目的，同时调整奶牛机体的功能。常用的镇痛抗炎中草药包括蒲公英、黄芩、红姜、玉米须等[21]，给药方式包括饲喂、灌服、灌注、外敷等。

3.4 物理疗法

物理疗法有冷疗和热疗[22]。冷疗通过冷刺激治疗炎症，可控制炎症发展（如收缩血管、减少渗出以消肿）并镇痛（如降低神经传导性），适用于急性无败性早期炎症（如创伤、扭伤、腱炎、蹄叶炎）及急性乳房炎的冰敷缓解；热疗则利用40～45 ℃的温热刺激，适用于急性炎症消退期，可促进局部充血、改善血流、减轻水肿，并通过舒适感镇痛，同时增强组织代谢、酶活性和白细胞吞噬能力以提升抵抗力，但不适用于出血倾向或明显水肿的炎症。

3.5 多模式镇痛

多模式镇痛采用“不同机制、不同靶点、协同增效”的策略，通过联合局部麻醉药（如利多卡因或布比卡因，用于快速阻断外周痛觉）和NSAID（如美洛昔康，抑制炎症反应及中枢敏化），实现术中即时镇痛与术后持续抗炎镇痛的协同增效，达到“1+1>2”的效果。该方式不仅覆盖术中和术后锐痛，也有效控制延迟性炎性痛，延长镇痛时间，提升动物福利与生产效率。典型应用如犊牛去角术，先局部神经阻滞实现术中无痛，再配合美洛昔康系统给药，提供24～48 h持续镇痛[23]。

4 NSAID在奶牛生产中的使用

4.1 乳房炎奶牛

乳房炎是奶牛最常见的感染性疾病，发病率高（如美国每100 头泌乳牛中约有25 例临床病例），可引起疼痛、生理指标异常及行为改变。尽管NSAID在缓解乳房炎疼痛、炎症和改善生产性能方面效果显著，但目前其在临床中的应用仍不普及：美国仅13%的患病牛使用，爱尔兰仅26%的养殖户和42%的兽医常规使用，丹麦使用率较高（2021年达72%），显示推广潜力巨大。

多项研究证实NSAID具有抗炎、镇痛和抗氧化多重效益：氟尼辛葡甲胺（FDA唯一批准用于奶牛的NSAID）可降低氧化应激，增强抗氧化能力，联合抗生素使用时效果更优[25]；酮洛芬或美洛昔康与抗生素联用，能显著改善乳房症状、精神状态、繁殖性能及产奶量恢复，缩短病程，提高治愈率[26、27]；美洛昔康还可减轻乳房水肿、发热和疼痛，促进瘤胃收缩[28]；酮洛芬连续使用5 天有助于奶牛产奶量更快恢复至75%，降低淘汰风险[29]。综上，NSAID的使用不仅提升奶牛福利，也对生产效益有积极影响，值得进一步推广应用。

4.2 胎衣不下奶牛

胎衣不下又称胎衣滞留，临床表现为奶牛分娩后在12~24 h的时限内胎衣未排出，可能引发子宫炎、不孕症等并发症，已成为奶牛淘汰的重要原因。我国研究人员对双氯芬酸钠对奶牛胎衣不下的作用效果进行分析，发现非选择性COX抑制剂能够同时抑制COX−1和COX−2，COX−1受到抑制影响前列腺素的正常合成，而且前列腺素又存在促进胎衣排出的作用，前列腺素的缺乏导致母牛胎衣排出困难。因此在对新产牛胎衣不下进行镇痛时，应选择美洛昔康等高选择性的NSAID，其对COX−2的抑制作用远高于COX−1，这类药物在新产牛镇痛抗炎方面更具应用潜力，应优先选择应用[30]。

4.3 子宫炎奶牛

奶牛子宫炎主要由化脓性放线菌、大肠杆菌等引起，表现为异常分泌物、繁殖障碍及疼痛，产后2 天内10%～30%奶牛发生子宫细菌污染。目前虽缺乏NSAID用于子宫炎镇痛的直接证据，但在动物福利和耐药性问题背景下，NSAID辅助抗生素治疗渐受重视[31]。

研究表明，联用美洛昔康可增加子宫炎奶牛采食行为，但干物质采食量短期内减少[32]；氟尼辛葡

中国乳业线上阅读

甲胺能减轻子宫组织损伤和炎症，促进退热和子宫复旧[33]；酮洛芬可缓解炎症反应，但对产奶量和繁殖性能无显著影响。另一方面，部分研究指出NSAID可能存在不良反应，如产后24 h内使用氟尼辛葡甲胺可能增加胎衣不下和死产风险，美洛昔康也可能对乳腺细胞生存能力产生抑制作用[34]。因此，未来需进一步评估NSAID缓解子宫炎疼痛的实际效益与潜在副作用，并调研其临床使用意愿和频率。

4.4 分娩 / 难产奶牛

分娩对母牛和犊牛均为强烈疼痛事件，但目前相关研究仍较有限，现有研究多集中于发生率为2%～10%的难产情况[35]。难产奶牛表现为采食减少、姿势转换频繁，助产后站立时间延长及自我梳理减少，这些行为均可作为疼痛评估的指标。

研究表明，产后使用适量NSAID可降低急性期蛋白和β-羟丁酸水平，减轻全身炎症与代谢应激，改善母牛舒适度和犊牛活力。行为上，使用酮洛芬或美洛昔康可促进母牛休息、增加活动和采食[36]；生产方面，NSAID可提升乳成分（乳脂、乳蛋白和乳糖）[37]及305 天全程产奶量（如美洛昔康日增4 kg，水杨酸钠日增3.5～8.0 kg），并降低亚临床乳房炎风险[38，39]；繁殖性能如首次配种时间和配种次数也有所改善；犊牛初乳摄入、日增重及吸吮反射均得到提高，目前小样本未发现肾毒性等不良反应，但仍属超说明书使用。需注意的是，氟尼辛葡甲胺可能增加胎衣不下、子宫炎和死产风险，乙酰水杨酸也可能提高胎盘滞留率，因此需谨慎选择药物并积累长期安全性数据。

4.5 剖腹产与开腹手术奶牛

多模式疼痛管理（联合不同药理类别药物）是预防奶牛急性与术后疼痛的有效策略。局部麻醉药通过降低组织敏感性常用于术中镇痛，而NSAID也被证实对剖腹产、开腹及其他腹部手术具有镇痛益处。研究表明，左侧真胃变位术后使用酮洛芬可促进奶牛提早采食[40]；瘤胃造瘘术中及24 h后使用酮洛芬可减少疼痛行为（如甩尾），并提高舒适侧卧概率[41]；术后连续使用酮洛芬（静脉注射后口服）可改善心率变异性，提示疼痛减轻和交感神经活动降低[42]。尽管如此，即使使用NSAID，部分疼痛迹象仍然存在，因此仍需进一步研究以优化术后疼痛管理方案。

4.6 跛行（腐蹄病）奶牛

跛行是奶牛常见疾病，全球13%～55%的奶牛因此受影响，其疼痛表现为重心转移、步态异常及生理指标变化，较易识别。国外NSAID用于跛行疼痛管理已较普遍，如英国、爱尔兰60%～70%的兽医在超过一半蹄底溃疡病例中使用NSAID[43]，仅9%的美国兽医和养殖户从未使用全身镇痛药治疗跛行。

传统疗法（如修蹄、蹄垫）常不足以治愈严重蹄病。研究表明，结合NSAID（如酮洛芬或美洛昔康）可有效减轻疼痛、促进康复：酮洛芬能改善四肢承重和跛行评分[44]，联合修蹄及蹄垫可提升产奶量、降低持续跛行风险[45]；美洛昔康辅助治疗可显著提高繁殖性能（如6周受胎率和最终妊娠率），但跛行评分作为镇痛效果指标可能不敏感，需开发更优评价方法[46]。

4.7 犊牛去角

为防止牛角造成伤害，犊牛常通过热烧灼、腐蚀性药剂或手术等方式去角，这些操作均会引起强烈疼痛，若不进行疼痛管理，将导致犊牛心率加快、采食减少和皮质醇升高等应激反应。

局部麻醉（如利多卡因）仅能提供约2 h的镇痛，而实际疼痛持续时间更长。因此，美国AABP[47]和加拿大CVMA[48]等组织推荐联合使用局部麻醉与NSAID进行多模式镇痛。我国农业农村部已于2020年批准美洛昔康用于缓解犊牛去角后疼痛。研究表明，联合使用利多卡因和美洛昔康可显著降低皮质醇水平、提高疼痛耐受阈值，有效控制急性和炎症疼痛[49]。2025年研究进一步显示，去角前连续7 天口服美洛昔康（1 mg/kg）比传统术前注射更能减少炎

中国乳业编辑部

症长期刺激、改善采食行为，但其对生产性能的影响尚待评估[50]。

5 炎症和疼痛管理对生产性能的影响

研究结果显示，炎症与疼痛会导致奶牛生产性能各指标出现异常[51, 52]。在产奶量上，亚临床乳房炎（SCC>20 万/mL）体细胞数量每升高10 万单位，日产奶量下降0.5～1.2 kg；在乳成分上，患有隐性乳房炎的奶牛，其乳脂率、乳蛋白分别下降0.1%～0.3%；在繁殖性能上，患有临床乳房炎的奶牛首次配种受胎率下降15%～25%，空怀天数延长20～40 天；在犊牛增重方面，如犊牛去角时不采取镇痛抗炎手段，犊牛日增重将下降50～80 g，恢复期延长2～3 天。而使用抗炎镇痛管理可以起到如下作用。

5.1 产奶量与乳成分

国内外研究表明，有效的镇痛管理能够提升产奶量并改善乳成分。如围产期1 次口服美洛昔康（1 mg/kg）即可使奶牛在泌乳6～21 周内保持额外4.8 kg/d的产奶优势；对隐性乳房炎牛只，及时使用NSAID进行干预可减少SCC、恢复乳合成效率，试验牧场90 天累计增产340kg[53]；在乳房炎奶牛接受抗炎镇痛处理后，乳脂率、乳蛋白分别回升0.1%～0.3%，酪蛋白基因表达随炎症下降而同步恢复[54]。

5.2 采食量与日增重

使用2%利多卡因于犊牛术前进行角基神经阻滞，术后使用单剂量美洛昔康进行疼痛抗炎管理，结果显示，疼痛评分由7～9分下降至3分以下，与对照组相比，犊牛采食时间延长30%，日增重增加52 g[55]。

5.3 繁殖性能

加拿大埃尔伯塔大学在奶牛产犊后0～12 h肌注卡洛芬（2.2 mg/kg），并在日粮中添加过瘤胃ω-3脂肪酸（EPA 20 g/d）。结果显示，奶牛产后7 天β-羟丁酸下降20%，产后30 天产奶量增加2.3 kg/d，首次配种成功率提高12%[56]；美国爱荷华州立大学研究人员发现产前口服一次美洛昔康的奶牛相对于对照组，产奶量更高[56]。

5.4 淘汰率

使用修蹄、美洛昔康、硫酸铜蹄浴的综合方法治疗奶牛腐蹄病。结果显示淘汰率降低18%，产奶恢复提前4～5 天，牧场经济效益显著提升[55]。

5.5 经济回报

勃林格殷格翰公司开展的《2021年中国奶牛疼痛调研》[57]显示，犊牛去角使用“局麻+美洛昔康”，哺乳期日增重平均提高52 g，断奶体重多1.5～2.0 kg；按千头犊牛、哺乳期60 d估算，仅增重部分即可带来8 万～10 万元额外收益。勃林格-优然牧业“碳减排项目”证实，乳房炎牛只经镇痛抗炎治疗后，单产提高且碳排放下降10%，项目整体投入产出比达到1∶5。加拿大安大略省的研究显示，使用NSAID的牧场每头犊牛去角成本增加约人民币15 元，但因日增重提升及淘汰率下降，牧场层面投入产出比可达1∶3～1∶5。

6 结语

抗炎镇痛管理目前已经逐渐成为行业共识，但在推广奶牛炎症和疼痛管理过程中，仍面临多重挑战：部分从业者出于对NSAID药物经济成本的顾虑，倾向于规避镇痛投入，需通过科学的投入产出分析展现其长期效益，引导建立“精准识别-资源聚焦-疗效优先”的管理模式，提升整体经济效益；同时，行业存在明显的疼痛认知缺口，许多兽医及牧场主低估了疾病和操作所致疼痛的严重性及其对福利、健康与生产的负面影响，应加强疼痛教育、推广标准化疼痛评估工具，提升一线人员识别与应对能力；此外，政策限制如某些地区要求NSAID必须

中国乳业线上阅读

处方使用，也阻碍了疼痛的及时干预，建议在保障用药安全的前提下优化法规，允许牧场合规备药，以实现急性疼痛的快速处理，减轻动物痛苦与经济损耗。全面推动疼痛管理，需在成本认知、专业知识和政策支持三方面协同推进。

参考文献

[1] US National Dairy Farm. ANIMAL CARE REFERENCE MANUAL（Version 5）[EB/OL].https://nationaldairyfarm.com/wp-content/uploads/2024/09/FARM-14787-2023-Animal-Care-Standards-Reference-Manual.pdf，2024-09.

[2] Canadian dairy farmers. proAction Reference Manual 2023[EB/OL].https://www.dairyfarmers.ca/proaction/resources/overview，2023-07.

[3] Red Tractor Dairy Assurance. DAIRY STANDARDS 2021[EB/OL].https://redtractorassurance.org.uk/wp-content/uploads/2021/08/RTStandardsV5_Dairy_SINGLES.pdf，2021-11.

[4] Browne N，Conneely M，Hudson C. Use of non-steroidal anti-inflammatory drugs and attitudes to pain in pasture-based dairy cows：A comparative study of farmers and veterinarians[J]. Frontiers in Veterinary Science，2022，9:912564.

[5] 中国农业国际合作促进会.T/CAI 004-2021 农场动物福利要求 奶牛[S].

[6] 甘肃省地方标准.DB62/T 4995-2024 牛去角技术操作规程[S].

[7] 中国乳业，乳业资讯网.对话光明牧业张峥臻：抗炎镇痛新策略让兽医“清闲”，让牧场增效，实现健康、福利与效益三赢！[EB/OL].https://mp.weixin.qq.com/s/c8dp8UH9RQl6phAcmztWbA，2025-07-10.

[8] 中国乳业，乳业资讯网.原生态牧业抗炎镇痛实践专访：理念革新与精准施策[EB/OL]. https://mp.weixin.qq.com/s/I0x6yt1nxfMfMSj1sDTGig，2025-06-30.

[9] 初梦苑，刘晓文，曾雪婷，等.奶牛乳房炎自动检测技术研究进展[J]. 农业工程学报，2023，39（11）：1-12.

[10] 郭荣美. 基于热红外图像的奶牛乳房炎自动检测方法研究[D].保定：河北农业大学，2023.

[11] 王媛媛.聚集诱导发光材料在奶牛子宫内膜炎致病菌检测及抗炎机制研究中的应用[D].兰州：甘肃农业大学，2022.

[12] Espadamala A，Pallarés P，Lago A，et al. Fresh-cow handling practices and methods for identification of health disorders on 45 dairy farms in California[J]. Journal of Dairy Science，2016，99（11）:9319-9333.

[13] 勃林格牛事. BI 2021年奶牛疼痛调研结果发布[EB/OL]. https://mp.weixin.qq.com/s/DoceEDLx06suuPZFQsJQ4g，2021-07-17.

[14] Wang G，Zheng H，Hou J，et al.The Role of Leukotriene B4 in Cow Metritis[J]. Journal of Veterinary Research，2023，67：99-104.

[15] Roche S，Saraceni J，Zehr L，et al.Pain in dairy cattle：A narrative review of the need for pain control，industry practices and stakeholder expectations，and opportunities[J]. Animals，2025，15（6）：877.

[16] 赵欢欢，潘源虎，王湘如，等.兽用非甾体抗炎药的应用现状[J].动物医学进展，2020，41（2）：114-119.

[17] Brentnall C，Cheng Z，McKellar Q A，et al.Potency and selectivity of carprofen enantiomers for inhibition of bovine cyclooxygenase in whole blood assays[J].Research in Veterinary Science，2012，93（3）：1387-1392.

[18] Defoirdt T，Sorgeloos P，Bossier P.Alternatives to antibiotics for the control of bacterial disease in aquaculture[J].Current Opinion in Microbiology，2011，14（3）：251-258.

[19] Brentnall C，Cheng Z，Mckellar Q A，et al.Potency and selectivity of carprofen enantiomers for inhibition of bovine cyclooxygenase in whole blood assays[J].Research in Veterinary Science，2012，93（3）：1387-1392.

[20] 王春华.奶牛乳房炎的病因及中药治疗要点[J].江西畜牧兽医杂志，2019（6）：52-53.

[21] Li X，Xu C，Liang B，et al.Alternatives to antibiotics for treatment of mastitis in dairy cows[J].Frontiers in Veterinary Science，2023，10.

[22] 王永宝，李艳侠，赵海君.奶牛炎症的分类及治疗[J].养殖技术顾问，2007（10）：34-35.

[23] Furumoto K，Ogita K，Kamisaka T，et al. Effects of Multimodal analgesic protocol，with buprenorphine and meloxicam，on mice well-being：A dose finding study[J]. Animals，2021，11：3420.

[24] Browne N，Conneely M，Hudson C. Use of non-steroidal anti-inflammatory drugs and attitudes to pain in pasture-based dairy cows：A comparative study of farmers and veterinarians[J]. Frontiers in Veterinary Science，2022，9：912564.

[25] Walker C C，Brester J L，Sordillo L M.Flunixin meglumine reduces milk isoprostane concentrations in Holstein dairy cattle suffering from acute coliform mastitis[J].Antioxidants，2021，10.

[26] 寇贺红，付良凯，江国亮，等.非甾体抗炎药联合抗菌药治疗奶牛临床型乳房炎的临床试验[J].中国奶牛，2023（11）：36-40.

[27] McDougall S，Abbeloos E，Piepers S，et al.Addition of meloxicam to the treatment of clinical mastitis improves subsequent reproductive performance[J]. Journal of Dairy Science，2016，99：2026-2042.

[28] Fitzpatrick C E，Chapinal N，Petersson-Wolfe C S，et al. The effect of meloxicam on pain sensitivity，rumination time，and

中国乳业线上阅读

clinical signs in dairy cows with endotoxin–induced clinical mastitis[J]. Journal of Dairy Science，2013，96：2847–2856.

[29] Shpigel N Y，Chen R，Winkler M，et al. Anti–inflammatory ketoprofen in the treatment of field cases of bovine mastitis[J]. Research in Veterinary Science，1994，56：62–68.

[30] 马应虎，朱飞飞，祁金忠，等.非甾体抗炎药双氯芬酸钠对奶牛胎衣不下的作用效果研究[J]. 中国奶牛，2025（6）：17–22.

[31] 屈阳，崔璐莹，王亨，等. 非甾体类抗炎药在奶牛产后疾病中的应用[J]. 畜牧与兽医，2021，53（7）：122–126.

[32] Lomb J，Neave H W，Weary D M，et al. Changes in feeding，social，and lying behaviors in dairy cows with metritis following treatment with a nonsteroidal anti–inflammatory drug as adjunctive treatment to an antimicrobial[J]. Journal of Dairy Science，2018，101：4400–4411.

[33] Newby N C，Leslie K E，Dingwell H D P，et al. –The effects of periparturient administration of flunixin meglumine on the health and production of dairy cattle[J]. Journal of Dairy Science，2017，100（1）：582–587.

[34] Caldeira M O，Bruckmaier R M，Wellnitz O. –Meloxicam affects the inflammatory responses of bovine mammary epithelial cells[J]. Journal of Dairy Research，2019，102（11）：10277–10290.

[35] Kov á cs L，K é z é r F L，Szenci O. Effect of calving process on the outcomes of delivery and postpartum health of dairy cows with unassisted and assisted calving[J]. –Journal of Dairy Science，2016，99：7568–7573.

[36] Gladden N，Ellis K，Martin J，et al. –Administration of ketoprofen affects post–partum lying behaviours of Holstein dairy cows regardless of whether parturition is assisted[J]. –Veterinary Record，2021，189：e300.

[37] Swartz T H，Schramm H H，Bewley J M，et al. Meloxicam administration either prior to or after parturition：Effects on behavior，health，and production in dairy cows[J]. –Journal of Dairy Science，2018，101：10151–10167.

[38] Gladden N，McKeegan D，Ellis K. Use of non–steroidal anti–inflammatory drugs at calving[J]. –Livestock，University of Glasgow，2022：102–109.

[39] Shock D A，Renaud D L，Roche S M，et al. –Evaluating the impact of meloxicam oral suspension administration at parturition on subsequent production，health，and culling in dairy cows：A randomized clinical field trial[J]. –PLoS ONE，2018，13：e0209236.

[40] The effect of administering ketoprofen on the physiology and behavior of dairy cows following surgery to correct a left displaced abomasum[J]. Journal of Dairy Science，2013，96：1511–1520.

[41] Newby N C，Tucker C B，Pearl D L，et al. –An investigation of the effects of ketoprofen following rumen fistulation surgery in lactating dairy cows[J]. Canadian Veterinary Journal，2014，55：442–448.

[42] Frondelius L，Hietaoja J，Pastell M，et al. –Influence of postoperative pain and use of pain medication on the behaviour of dairy cows after disbudding[J]. Journal of Dairy Research，2018，85：27–29.

[43] Remnant J，Tremlett A，Huxley J N，et al. Clinician attitudes to pain and use of analgesia in cattle：Where are we 10 years on?[J]. Veterinary Record，2017，181：400.

[44] Flower F C，Sedlbauer M，Carter E，et al. –Analgesics improve the gait of lame dairy cattle[J]. Journal of Dairy Science，2008，91：3010–3014.

[45] Kasiora K，Anagnostopoulos A，Bedford C，et al. Evaluation of the use of ketoprofen for the treatment of digital dermatitis in dairy cattle：A randomised，positive controlled，clinical trial[J]. –Veterinary Record，2021，190：e977.

[46] Mason W A，Laidlaw J. The effect of meloxicam at the time of treatment of hoof–horn lameness in pasture–grazing dairy cattle on time to lameness soundness，pregnancy risk and time to conception：A randomized control trial[J]. Journal of Dairy Science，2025.

[47] AABP. Guidelines for dehorning cattle[EB/OL].https://aabp.org/Resources/AABP_Guidelines/Dehorning–2019.pdf，2019–11.

[48] Canadian Veterinary Medical Association （CVMA）. Disbudding and Dehorning of Cattle–Position Statement[EB/OL].https://www.canadianveterinarians.net/policy–and–outreach/position–statements/statements/horn–management–of–cattle/，2025–07–15.

[49] Reedman C N，Duffield T F，DeVries T J，et al.Randomized control trial assessing the efficacy of pain control strategies for caustic paste disbudding in dairy calves younger than 9 days of age[J].Journal of Dairy Science，2020，103：7339–7350.

[50] Scerri T，Lomax S，Thomson P，et al. Medicated meloxicam pellets reduce some indicators of pain in disbudded dairy calves[J]. Animals，2025，15（11）：1641.

[51] 王蕾，李文科. 高质量发展背景下我国畜牧业提质增效制约因素分析及对策探讨[J]. 黑龙江畜牧兽医，2021（22）：1–5.

[52] 徐兴涛. 集约化养殖环境下奶牛乳房炎的防治措施分析[J]. 中国动物保健，2017，19（5）：55–56.

[53] Jimenez E，Spring J，Zarei P，et al. Prepartum anti–inflammatory therapies in Holstein dairy cows blocked by parity and body condition score group：Effects on metabolic stress，systemic inflammation，performance，and health[J]. Journal of Dairy Science，2024，107（12）：11425–11435.

中国乳业线上阅读

[54] 金梦冬，张靖，王博，等.乳房炎对奶牛乳成分、氧化应激水平、炎性因子含量昼夜节律性变化的影响[J]. 中国兽医学报，2023，43（9）：1924-1934.

[55] 中国乳业，乳业资讯网. 抗炎镇痛双管齐下！科学用药让犊牛少受罪多长肉[EB/OL].https://mp.weixin.qq.com/s/SdmFIh4gj1DsOsUGeWV6Yg，2025-06-19.

[56] Engelking L E.Investigating inflammation management of dairy cows during the calving transition period[D].University of Alberta，2023.

[57] 搜狐网，勃林格殷格翰. 关注疼痛管理，呵护奶牛健康|解读2021年奶牛疼痛调研结果[EB/OL].https://www.sohu.com/a/508369863_120099896，2021-12-15.

Research Progress and Practical Application of Anti-inflammatory and Analgesic Management in Dairy Cattle at Home and Abroad

KONG Lingbo[1]，ZHANG Jiankang[2]，HE Wei[1]，YANG Xu[3]，WANG Jing[1*]，NIE Yingli[1*]

[1]Agricultural Information Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081

[2]Lijin County Animal Disease Prevention and Control Center,Dongying, Shandong 257400

[3]Boehringer Ingelheim Animal Health (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200040

Abstract：This paper systematically reviewed the research progress and practical application of anti-inflammatory and analgesic management in dairy cattle both domestically and internationally from 2015 to 2025. Starting with the identification methods of common inflammatory conditions in dairy cows (such as mastitis, metritis, postpartum inflammation, and calf inflammation), it elaborated on subjective and objective pain assessment systems, including behavioral observation, physiological indicator detection, and the application of emerging technologies such as infrared thermography and substance P detection. In terms of management strategies, the practical application and effectiveness of methods such as NSAIDs, local anesthesia, herbal medicine therapy, physical therapy, and multimodal analgesia are highlighted. The positive impacts of anti-inflammatory and analgesic measures on dairy cow production performance (milk yield, milk composition, reproductive performance, culling rate, etc.) are analyzed. Additionally, challenges in current promotion efforts—such as economic costs, cognitive gaps, and policy limitations—are discussed. The paper proposed that future efforts should strengthen pain education, optimize policy support, and promote standardized management to achieve synergistic improvements in dairy cow health, welfare, and economic benefits.

Keywords：dairy cattle；inflammation；pain management；NSAID；multimodal analgesia；animal welfare；production performance；assessment methods

中国乳业线上阅读