

数智化驱动下烟台地区奶牛三大病综合防控体系构建与实践成效

成 冲

（山东省烟台市海阳市行村镇畜牧兽医站，山东烟台 265100）

摘 要：烟台作为国家优势奶源带，受温带季风气候影响，奶牛腐蹄病、乳房炎和子宫内膜炎三大疾病高发，严重制约当地奶牛养殖业发展。本文基于烟台格润富德牧场620头泌乳牛2019—2024年的实证数据，提出“环境调控-智能预警-精准干预”三位一体防控体系。实践表明，通过数智化管理技术的应用，可使腐蹄病检出时间提前72 h；通过应用IgY抗体疗法可使临床型乳房炎治愈率提升至76.5%；围产期益生菌干预可使子宫内膜炎发病率降低34%。该模式为胶东半岛奶牛健康养殖提供了技术范本。

关键词：烟台奶牛养殖；三大病防控；数智化管理；养殖技术

文章编号：1671-4393（2026）01-0065-06

DOI:10.12377/1671-4393.26.01.10

Construction and Practical Effectiveness of an Integrated Prevention and Control System for Three Major Dairy Cow Diseases in the Yantai Region Driven by Digital Intelligence

CHENG Chong

（Animal Husbandry and Veterinary Station, Xingcun Town, Haiyang City, Yantai Shandong 265100）

Abstract: As a national advantageous milk source region, Yantai is characterized by a temperate monsoon climate, which contributes to the high incidence of three major diseases in dairy cows, foot rot, mastitis and endometritis seriously restricting the development of local dairy farming. Based on empirical data from 620 lactating cows at Yantai Gerun Fude Ranch from 2019 to 2024, this paper proposed a tripartite prevention and control system of "environmental regulation-intelligent early warning-precision intervention". Practice has shown that the application of digital intelligence management technologies enables the detection time of foot rot to be advanced by 72 hours; the use of IgY antibody therapy can increase the clinical cure rate of mastitis to 76.5%; and probiotic intervention during the perinatal period can reduce the incidence of endometritis by 34%. This model provides a

作者简介：成 冲（1978-），男，山东烟台人，本科，高级兽医师，研究方向为畜牧养殖。

technical template for healthy dairy farming in the Jiaodong Peninsula.

Keywords: Yantai dairy farming; prevention and control of three major diseases; digital intelligence management; breeding technology

烟台地区是我国重要的奶源带，奶牛养殖业集约化程度高。但受到温带季风气候影响，夏季平均湿度高达82%，冬季极端低温低至-12℃，这种环境应激加剧了奶牛三大病的发生。据监测数据显示，当地牧场腐蹄病发病率达32.6%，高于全国均值5.8个百分点；乳房炎所致淘汰占比25.7%；子宫内膜炎导致受胎率降低约40个百分点^[1]。这些数据凸显了烟台地区奶牛养殖面临的严峻疾病挑战。

在此背景下，格润富德农牧科技股份有限公司（简称“格润富德”）存栏620头，通过引入数智化管理系统，构建覆盖环境、监测、干预各环节的综合防控体系，2019—2024年期间实现了三大病综合发病率降低35.2%，单产提升1.8吨的良好成效。本文系统总结该牧场的实践经验和关键技术，对推动烟台乃至胶东半岛奶牛养殖业的产业升级具有重要的参考价值。

1 疾病流行特征与区域关联性

腐蹄病是由坏死杆菌等病原菌侵入蹄部损伤组织引发的化脓坏死性炎症，病牛常表现出跛行、蹄间溃烂、角质分解并伴有恶臭分泌物等症状，且产奶量锐减。烟台地区雨季（6—9月）腐蹄病发病率较旱季高48%。这主要是因为高湿度环境下，蹄匣含水量增加，当含水量超15%时，角质抗压强度下降37%，使得蹄部更易受到损伤和感染^[2]。此外，雨季时牛舍内的粪便和污水难以及时清理，为病原菌的滋生和传播提供了有利条件，进一步增加了腐蹄病的发病风险。

乳房炎主要由病原微生物经乳头管侵入乳腺组织引起，临床表现为乳房红肿热痛、乳汁絮状沉淀或脓性分泌物，不仅导致产奶量下降，还会造成乳

汁药物残留，威胁乳品安全。在烟台地区，7—8月体细胞数（SCC）≥50万/mL的乳区比例达35.7%，且与环境温度呈显著正相关（ $r=0.82$ ， $P<0.01$ ），高温环境成为乳房炎高发的重要诱因^[3]。高温天气下，奶牛散热困难，机体抵抗力下降，同时病原微生物在温暖环境中繁殖速度加快，增加了感染的可能性。另外，高温还会影响奶牛的食欲和采食量，导致营养摄入不足，进一步降低机体的免疫力，使得乳房炎更容易发生。

子宫内膜炎是产后奶牛常见的生殖系统疾病，由分娩或配种过程中病原微生物入侵引起。中国农科院调查显示，该病占奶牛生殖系统疾病的比例高达65%，会导致受胎率下降30%~50%，产犊间隔延长至120天以上^[4]。烟台地区1—2月分娩牛子宫内膜炎发病率（41.2%）显著高于6—7月（26.5%）（ $P<0.05$ ），这与冬季冷应激导致奶牛免疫抑制有关^[4]。冬季气温低，奶牛为了抵御寒冷，能量消耗增加，导致机体免疫功能下降，对病原微生物的抵抗力减弱。同时，冬季牛舍通风条件相对较差，空气污浊，病原微生物浓度较高，也增加了子宫内膜炎的发病几率。

2 综合防控技术与实践

2.1 腐蹄病防控体系

2.1.1 环境与营养干预

在环境控制方面，格润富德进行了高架牛舍改造，采用漏缝地板（缝隙2.5 cm），不但使牛舍内的粪便和污水能够及时排出，有效改善了牛舍环境，而且使蹄部接触污水面积减少70%，减少了奶牛蹄部与污水和粪便的接触时间，降低了蹄部感染病原菌的风险。

在营养强化方面，有机锌是蹄部角质形成所必需的微量元素，能够促进角质细胞的增殖和分化，提高蹄底角质的强度和硬度；生物素则参与碳水化合物、脂肪和蛋白质的代谢，对蹄部角质的健康具有重要的维护作用。格润富德通过在日粮中添加有机锌（40 mg/kg）和生物素（20mg/头·天），使蹄底角质强度得到显著提升（表1）。从表中可以清晰看出，与常规日粮组相比，营养强化组蹄底厚度增加了26.4%，角质含水量降低了19.7%，溃疡发生率降低了39.7%。

表 1 营养干预对奶牛蹄质参数的影响（n=200）
Table 1 Effect of Nutritional Intervention on Hoof Quality Parameters in Dairy Cows (n=200)

指标	常规日粮组	营养强化组	改善率 (%)
蹄底厚度 (mm)	7.2±0.8	9.1±1.1	+26.4
角质含水量 (%)	18.3±2.1	14.7±1.6	-19.7
溃疡发生率 (%)	29.5	17.8	-39.7

数据来源：格润富德牧场，2024

定期修蹄也是腐蹄病防控的关键措施。每年春秋两季各进行一次全群修蹄，及时矫正变形蹄，避免负重不均导致蹄裂和损伤。修蹄时，专业的修蹄人员会根据奶牛蹄部的生长情况，对蹄底进行打磨和修整，使蹄部受力均匀。

2.1.2 分级诊疗

局部处理是腐蹄病治疗的核心环节。将患牛保定后，吊起患肢，先用1%高锰酸钾或2%复合酚溶液彻底清洗蹄部（高锰酸钾和复合酚具有较强的杀菌作用，能够有效杀灭蹄部的病原微生物），再清除坏死腐烂组织。若发现深层化脓，需用小刀扩创引流，随后用硫酸铜粉或松馏油棉球填塞创腔。硫酸铜粉具有收敛和杀菌的作用，能够促进创面的愈合；松馏油则具有防腐、消炎和止痛的功效，能够保护创面免受进一步感染。

常用的局部用药包括收敛杀菌剂（10%硫酸铜或5%福尔马林蹄浴，每次3~5 min，每日1~2 次，连续3 天）和抗生素制剂（青霉素20 万单位+鱼肝油 50 mL乳剂创腔灌注）。硫酸铜和福尔马林蹄浴可以通过浸泡蹄部，杀灭蹄部表面的病原微生物，同

时起到收敛作用，促进蹄部组织的恢复。青霉素鱼肝油乳剂则可以通过创腔灌注，直接作用于感染部位，发挥抗生素的杀菌作用，同时鱼肝油能够滋润创面，促进愈合。

对于III级病变（伤及真皮），采用“血竭-白芨凝胶”替代抗生素进行中药靶向治疗，创面愈合时间缩短至（9.2±1.4）天，远低于对照组的（14.6±2.1）天（*P*<0.01），疗效显著^[5]。血竭具有活血化瘀、止血生肌的作用，白芨具有收敛止血、消肿生肌的功效，两者制成的凝胶能够在创面上形成一层保护膜，防止病原微生物的入侵，同时促进创面的肉芽组织生长和上皮细胞再生，加速创面愈合。

对于重症感染病例，即病牛出现全身症状，如发热、食欲不振等时需要采用全身给药的方式进行治疗，如抗生素静脉滴注，配合解热镇痛药等。

2.2 乳房炎绿色防控

环境卫生管理是防控乳房炎的基础。合理设计牛床，铺垫充足清洁垫草；及时清理运动场粪尿、积水，防止病原微生物滋生；牛舍每周用0.1%新洁尔灭或复合酚溶液喷雾消毒一次。清洁的环境能够减少病原微生物的数量，降低奶牛感染乳房炎的风险。垫草要保持干燥清洁，定期更换，避免奶牛乳房与潮湿、污染的垫草接触。运动场的粪尿和积水要及时清理，防止病原微生物在其中滋生繁殖。

2.2.1 挤奶流程标准化

标准化的挤奶流程有效降低了乳房炎的感染风险。格润富德执行“五步消毒法”：①45℃电解水冲洗（细菌杀灭率99.2%）；②前药浴（0.5%碘伏，接触≥30 s）；③弃头三把奶；④机械挤奶（真空压42 kPa，脉动比60:40）；⑤后药浴（3%次氯酸泡沫）。45℃电解水冲洗能够去除乳房表面的污垢和病原微生物，同时不会对乳房造成刺激；前药浴使用的碘伏具有广谱杀菌作用，能够杀灭乳房表面的病原微生物，且作用时间较长；弃头三把奶可以排出乳导管内的病原微生物和污染物，减少感染的机会；机械挤奶的参数设置合理，能够避免对乳房造成损伤；后药浴则可以在挤奶后对乳头进行消毒和

保护，防止病原微生物侵入。

2.2.2 定期监测与生物制剂应用

加州乳房炎试验是一种快速检测乳房炎的方法，通过检测乳汁中的体细胞数来判断奶牛是否感染乳房炎。格润富德每月进行1次加州乳房炎试验（CMT）或体细胞计数检测，对阳性牛及时干预，避免发展为临床型乳房炎。对检测结果为阳性的牛，要及时采取隔离、治疗等措施，防止疾病传播。

格润富德在干奶期给奶牛乳区注入缓释型头孢噻肟油剂（10 mL/区），缓释型头孢噻肟油剂能够在干奶期缓慢释放药物，持续发挥杀菌作用，有效预防干奶期乳房炎的发生，使新感染率降至8.3%，远低于对照组的23.7%（ $P<0.01$ ）^[1]。

在乳房炎治疗上，格润富德牧场采用了生物制剂IgY抗体，其是一种特异性抗体，能够针对性地杀灭引起乳房炎的病原微生物，具有疗效好、副作用小等优点^[6]。试验证明，应用“乳炎康IgY抗体”，可以实现临床治愈率达76.5%，乳区转阴率90.7%（表2）。从表中可以看出，IgY抗体疗法在治愈率、复发率和弃奶期方面均优于青霉素灌注和头孢噻肟注射，尤其是弃奶期为0，大大降低了对乳品生产的影响。

表 2 不同药物对乳房炎疗效的对比（n=120 乳区）

Table 2 Comparative Efficacy of Different Drugs for Mastitis Treatment (n=120 Udder Quarters)

治疗方案	治愈率 (%)	21 天复发率 (%)	弃奶期 (天)
青霉素灌注	61.8	28.3	7.5
头孢噻肟注射	67.2	19.6	5.0
IgY 抗体疗法	76.5	9.4	0

数据来源：格润富德牧场，2024

2.3 子宫内膜炎精准防控

2.3.1 产房精细管理与围产期关键干预

产房管理是预防产后感染的第一道防线。产房的消毒工作至关重要，要采用有效的消毒方法，如紫外线照射、化学消毒等，确保产房内的病原微生物数量降至最低。清洁干燥的垫草能够为母牛提供舒适的生产环境，减少感染的机会。临产前用清水和0.1%高锰酸钾溶液清洗和消毒，能够去除母牛后躯及外阴的病

原微生物，降低产后感染的风险。助产过程中，操作人员需要严格消毒手臂和器械，减少病原微生物入侵的机会，同时避免粗暴牵引造成产道损伤。

在围产期关键干预中，益生菌调控效果显著。健康奶牛子宫内优势菌群为乳酸杆菌，通过饲料或饮水中添加乳酸菌制剂，如嗜酸乳杆菌，可抑制致病菌生长。产后灌服嗜酸乳杆菌CFU $\geq 1\times 10^{10}$ /头·天，子宫内大肠杆菌定植量降低2.4log10（相当于降低了99.6%）^[7]。同时，也要预防产后代谢病，产前21天添加丙酸钙（150 g/天），补充奶牛体内的钙元素，可使临床低血钙症发生率降至4.1%，远低于对照组的18.9%（ $P<0.01$ ）^[8]。

2.3.2 产后监护与靶向灌注技术

产后恶露的排出情况是判断子宫恢复状况的重要指标。密切观察恶露的颜色、气味和量的变化，能够及时发现子宫内的感染情况。正常恶露应在产后15~18天排净，对恶露滞留或异味者，应用温生理盐水500 mL低压冲洗子宫，以够清除子宫内的污染物和病原微生物，促进子宫的恢复。此外，配种前应严格消毒奶牛外阴，对阴道分泌物异常者先治疗再配种，以提高受孕率。

对急性期子宫内膜炎奶牛，可采用靶向灌注技术，如卢格氏液（碘25 g+碘化钾25 g+水500 mL）1:4稀释灌注；卢格氏液具有强烈的杀菌作用，能够有效清除子宫内的脓性分泌物和病原微生物，对急性期子宫内膜炎具有显著的治疗效果。脓性分泌物清除率达100%^[4]；而对慢性期子宫内膜炎奶牛，可在配种前8 h灌注3%碳酸氢钠50 mL，3%碳酸氢钠溶液能够调节子宫内的酸碱度，改善子宫内环境，有利于精子的存活和受精，从而提高受孕率。试验表明，该方法可使受孕率提高至62.3%，高于对照组的41.7%（ $P<0.05$ ）^[4]。

3 数智化驱动的“烟台模式”

3.1 智慧管理系统架构

格润富德牧场构建了完善的智慧管理系统，包含三大模块^[9]。

3.1.1 个体健康云平台

个体健康云平台是智慧管理系统的核心。电子耳标内置了传感器和无线通信模块，能够实时采集奶牛的各项生理参数和行为等23项数据，并将这些数据传输到云平台。云平台对数据进行分析 and 处理，生成奶牛的健康报告和预警信息，工作人员可以通过手机APP或电脑终端随时查看。通过对这些数据的分析，能够及时发现奶牛的健康异常，如蹄病、乳房炎等疾病的早期症状，为精准治疗提供依据。

3.1.2 环境智控系统利

环境智控系统能够根据牛舍内的温湿度变化自动调节风机和喷淋设备的运行，确保牛舍内的环境条件始终处于适宜的范围内。夏季高温时，风机和喷淋设备启动，降低牛舍内的温度和湿度；冬季低温时，关闭风机，保持牛舍内的温度。适宜的环境条件能够减少奶牛的应激反应，提高机体的免疫力，降低疾病的发生率。

3.1.3 挤奶数字中台

挤奶数字中台与挤奶设备相连，能够实时监测挤奶过程中的各项参数，如乳汁流量、体细胞数等。当发现异常奶样时，数字中台会自动发出预警，并将异常奶样的信息传输到工作人员的终端，工作人员可以及时对奶牛进行检查和处理，2023年拦截乳房炎乳区1.2万次，有效保障了乳品质量。同时，挤奶数字中台还能够对挤奶数据进行统计和分析，为牧场的管理决策提供依据。

3.2 农牧循环生态链

粪污是牧场的主要废弃物之一，若处理不当会对环境造成污染。纳米膜好氧发酵技术是一种高效的粪污处理技术。格润富德牧场通过纳米膜好氧发酵45天，将粪污转化为优质有机肥。同时，牧场采用种养结合模式，奶牛的粪便经过处理后又作为肥料用于紫花苜蓿的种植，其粗蛋白含量达22.3%^[10]，为奶牛提供了高品质的饲料。这种农牧循环生态链不仅提高了资源的利用效率，还降低了养殖成本，实现了经济效益和生态效益的双赢。

3.3 成效

通过以上措施，格润富德模式在各方面均有显著改善。与传统牧场相比，腐蹄病发病率从32.6%降至10.8%；乳房炎淘汰率从25.7%降至9.3%；子宫内膜炎治愈率从76.5%提升至94.2%；年产奶量从9.2吨/头增至11.0吨/头（表3）。这些数据充分证明了格润富德模式的有效性和优越性。

表 3 三大疾病综合防治成效			
Table 3 Comprehensive Prevention and Treatment Outcomes for Three Major Diseases			
指标	传统牧场	格润富德模式	改善幅度
腐蹄病发病率(%)	32.6	10.8	-21.8 百分点
乳房炎淘汰率(%)	25.7	9.3	-16.4 百分点
子宫内膜炎治愈率(%)	76.5	94.2	+17.7 百分点
年产奶量(吨/头)	9.2	11.0	+1.8

数据来源：烟台奶业协会年度报告，2024

4 现存挑战与区域推广建议

4.1 现存挑战

尽管烟台地区在奶牛三大病防控方面取得了一定成效，但仍面临一些挑战。

一是技术落地存在瓶颈，智能化改造成本达380元/头^[9]，中小牧场难以承受。智能化改造成本过高是制约中小牧场采用先进防控技术的主要因素。格润富德等大型牧场由于资金实力雄厚，能够承担智能化改造的费用，但对于许多中小牧场来说，这是一笔不小的开支，使得他们难以引入先进的设备和技术，导致疾病防控水平相对较低。

二是耐药性问题逐渐凸显，乳房炎源金黄色葡萄球菌对青霉素耐药率升至45.6%^[11]，给疾病治疗带来一定难度。耐药性问题是当前奶牛养殖业面临的普遍问题。由于长期大量使用抗生素，乳房炎源金黄色葡萄球菌等病原微生物对常用抗生素的耐药性不断增强，治疗效果逐渐下降。这不仅增加了疾病治疗的难度和成本，还可能导致乳汁中抗生素残留超标，影响乳制品的质量和安

此外，专业技术人才缺乏也是一个不容忽视的

问题。数智化防控体系的运行需要专业的技术人员进行操作和维护，但目前烟台地区奶牛养殖业专业技术人才相对匮乏，许多牧场的工作人员缺乏相关的专业知识和技能，难以充分发挥智能化设备的作用。

4.2 优化路径与成效分析

一是推广“高架牛舍+自动刮粪”模式。该模式能够有效改善牛舍的环境条件，减少病原微生物的滋生和传播。高架牛舍便于通风和采光，自动刮粪系统能够及时清理粪便，保持牛舍的清洁干燥。这种模式的推广不仅有利于疾病的防控，还能够提高奶牛的舒适度和生产性能。

二是推广山东农科院研制的“腐蹄病三联苗”。该疫苗对烟台地区常见的腐蹄病病原菌具有良好的预防效果，保护率达82.3%。疫苗的应用能够提高奶牛的免疫力，降低腐蹄病的发病率，减少抗生素的使用量。

三是重视人才培养。烟台畜牧工作站已经逐步将其列入计划，年培训500人次，为牧场培养了一批专业的技术人员。这些技术人员掌握了CMT检测、子宫灌注等先进技术，能够及时发现和治疗奶牛疾病，提高了疾病的治愈率。

5 结论

烟台地区通过构建并实践“环境控制-智能预警-精准干预”三位一体的数智化防控体系，在奶牛主要疾病防控方面取得显著成效。该体系依托高架牛舍、智能环境调控、在线监测与预警、绿色制剂应用等关键技术，实现了腐蹄病、乳房炎和子宫内

膜炎发病率的显著下降，奶牛单产提升。建议通过“政策扶持+技术托管”相结合的方式，加快该模式在中小规模牧场的推广应用。未来应进一步研发低成本智能化装备，加强耐药性监测与绿色替代制剂推广，完善人才培养机制，推动奶业高质量、可持续发展。

参考文献

[1] 烟台市畜牧兽医站.2023年奶牛主要疾病流行病学调查报告[R].2024.

[2] 刘彩娟,王永信,任亮,等.奶牛腐蹄病的研究进展[J].中国乳业,2020(6):13-15

[3] 巩青军,王少丽,万守英.缓解奶牛热应激的营养调控措施[J].中国乳业,2022(4):19-22

[4] 乔彦杰,李红欢,余梦环,等.奶牛子宫炎的诊断、预警和新型预防治疗方法研究进展[J].中国动物检疫,2023,40(1):95-101.

[5] 魏勇.奶牛腐蹄病病因及常用防治浅谈[J].中国畜禽种业,2018(10):58-59

[6] 王富伟,梁冰纯,赵文鹏,等.河北地区奶牛场隐性乳房炎病原菌流行状况调查[J].中国兽医杂志,2022(2):17-21.

[7] 周佳丽,丁宝隆,马子明,等.奶牛子宫内膜炎与胃肠微生物相关性及其益生菌作用的研究进展[J].畜牧兽医学报,2024(8):3321-3330.

[8] 周兴龙.灌服钙剂配方对奶牛产后低钙血症预防的研究[J].中国乳业,2024(6):59-63

[9] 赖婉仪,陶欣月,杨庚新,等.奶牛乳房健康基因检测芯片在中国荷斯坦牛及巴基斯坦本地奶牛群中的应用研究[J].畜牧兽医学报,2024,55(10):4489-4499.

[10] 山东省饲草料检测中心.紫花苜蓿营养价值评定报告[R].2023.

[11] 张淑爱,邵伟利,樊华,等.山东部分地区奶牛金黄色葡萄球菌耐药性及毒力基因检测[J].中国动物检疫,2024,41(10):30-35.