试验研究

基于 RAA–LFD 技术的猪传染性胃肠炎病毒检测方法研究

仇德洋[1]，王海燕[1]，陈 虎[1]，张 晴[1]，李桂梅[1,2,3*]

（1.青岛农业大学动物医学院，山东 青岛 266109；2.山东省新兽药创制协同创新中心，山东 青岛 266109；3.山东省兽药诊断试剂工程技术研究中心，山东 青岛 266109）

摘要：为建立一种快速、简便且适用于基层的猪传染性胃肠炎病毒（TGEV）检测方法，本研究针对 TGEV N 基因保守序列设计特异性引物和探针，建立了逆转录–重组酶介导核酸扩增–侧流层析试纸条（RT–RAA–LFD）检测方法，并对反应时间及温度进行系统优化。结果显示，该方法在 37 ℃ 孵育 15 min 即可完成对 TGEV 核酸的识别与扩增。以 TGEV 阳性质粒为阳性对照，猪繁殖与呼吸综合征病毒（PRRSV）、伪狂犬病毒（PRV）、猪水疱病病毒（SVDV）为阴性对照进行特异性验证，结果显示，仅 TGEV 检测结果为阳性，其他病毒核酸均呈阴性，表明该方法具有良好的特异性；敏感性评价结果显示，该方法对 TGEV 的最低检测限为 1.27×10^{1} copies/μL，而 GB/T 36871–2018 检测方法最低检测限为 1.27×10^{3} copies/μL，说明 RT–RAA–LFD 检测方法比 GB/T 36871–2018 检测方法有更好的敏感性。应用建立的方法对青岛市部分养殖场采集的 34 份临床样本进行检测，共检出阳性样本 4 份，阳性检出率为 11.76%，而 GB/T 36871–2018 RT–PCR 方法仅检测出 3 份阳性，阳性检出率为 8.82%。该方法无需复杂的仪器，可在 37 ℃ 的条件下 15 min 完成对样本的检测，结果准确、灵敏，为基层兽医单位提供了一种切实可行的 TGEV 现场检测技术方案。

关键词：猪传染性胃肠炎；逆转录；重组酶介导核酸扩增；侧流层析试纸条

中图分类号：S852.651 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0001-07

猪传染性胃肠炎（Porcine transmissible gastroenteritis, TGE）是由猪传染性胃肠炎病毒（Transmissible gastroenteritis virus, TGEV）引起的一类急性、具有高度传染性的疾病。TGEV 是一种猪肠道病原性冠状病毒，属于冠状病毒科，可引起猪急性肠道疾病[1]，于 1946 年在美国首次报道，此后，该病一直发生在世界各地的生猪产地[2]。临床症状主要表现为呕吐、腹泻、脱水，病死率高达 100%[3]，给全球养猪业造成了严重的经济损失[4-5]。TGEV 传统的检测方法虽然可以作为诊断依据，但由于其操作时间长，过程复杂，不适用于快速检测要求[6]。随着 PCR 技术的成熟，且 RT–PCR 具有高灵敏性与特异性、反应迅速等特点，已被广泛应用于动物传染病检测[7-9]。但 PCR 技术对于基层工作人员具有一定的局限性，因此建立快速、简单且适用于基层的检测方法对 TGE 的防控以及畜牧业的发展具有非常重要的意义。

重组酶介导的等温扩增（recombinase-aided amplification, RAA）技术是一种新型的等温扩增技术，能够在温度恒定的条件下实现核酸的快速扩增[10]。由于该技术不需要精密的仪器设备，更适用于基层，并且具有高灵敏性、强特异性、反应时间短等优点，现已广泛应用到各种病毒、细

基金项目：山东省生猪产业技术体系项目（SDAIT-08-07）

*通讯作者：201201054@qau.edu.cn

菌等的快速检测中[11-13]。侧流层析试纸条（lateral flow dipstick，LFD）作为一项用于可视化观测扩增产物的检测技术，运作原理是凭借层析式双抗体夹心法，实现对核酸扩增产物的快速甄别。重组酶介导核酸扩增-侧流层析试纸条（RAA–LFD）方法具有良好的结果易读性、对设备与实验操作人员要求低[14]，并且整个操作过程只需 15 ~ 20 min 即可用肉眼读取结果，能够满足非实验室场景的需求，方便基层工作人员随时随地开展快速检测工作，不受专业实验室场地、设备条件的诸多限制，即使在相对简陋、资源有限的基层环境中，也能高效、便捷地运用该技术完成检测任务。

为建立一种适用于基层的 TGEV 现场快速检测方法，本研究针对 TGEV 的 N 基因保守序列设计引物和探针，建立了逆转录–重组酶介导核酸扩增–侧流层析试纸条（RT–RAA–LFD）检测方法，为 TGEV 的快速检测提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 病毒 PEDV、TGEV、PoRV 三联弱毒疫苗，购自哈尔滨维科生物技术公司；猪繁殖与呼吸综合征病毒（porcine reproductive and repiratory syndrome virus, PRRSV）、伪狂犬病毒（pseudorabies virus, PRV）、猪水疱病病毒（swine vesicular disease virus, SVDV），由青岛农业大学预防兽医实验室保存。

1.1.2 主要试剂、仪器和样本 RT–RAA–nfo 核酸扩增试剂（试纸条型）和一次性核酸检测试纸条，购自杭州众测生物技术有限公司；病毒核酸提取试剂盒，购自宝日医生物技术（北京）有限公司；质粒提取试剂盒、DNA 片段纯化试剂盒，购自天根生化科技（北京）有限公司；核酸染料，购自生工生物工程（上海）股份有限公司；琼脂糖，购自 Biowest 公司；NanoDrop 2000、PCR 仪，购自 Applied Biosystems。34 份疑似腹泻临床样本，采自山东省青岛市各大养殖场。

1.2 方法

1.2.1 病毒核酸的提取 将稀释完的三联弱毒疫苗用 FTA™洗脱卡经改良的方法进行核酸提取（以下统称为“膜片”），具体操作步骤如下：首先，取适量样品裂解液（裂解液成分包括平衡酚、3 M 醋酸钠、3 ~ 8 M 异硫氰酸胍和 TRIzol）和组织样本依次加入 1.5 mL 离心管中，采用研磨棒充分研磨（约 30 ~ 90 s）后，向研磨液中加入膜片（2 ~ 3 mm），搅动使其充分吸收。然后，将膜片放入装有 200 ~ 500 μL 95%乙醇的漂洗管 A 中，轻轻搅动膜片 5 ~ 10 s。再将膜片取出并放入装有 500 μL 75%乙醇的漂洗管 B 中，搅动膜片 10 ~ 20 s 后，将膜片取出，使用滤纸条将膜片上的乙醇吸干并晾干（约 15 ~ 30 s）。最后，将膜片移至装有 10 μL 无酶无菌水的 0.2 mL EP 管中，轻弹并振荡 EP 管底部 10 ~ 30 s，此溶液即为样本核酸。

1.2.2 引物的设计与筛选 根据 NCBI GenBank 中近 5 年发布的 TGEV（华毒株）N 基因序列（GQ374565.1），使用 Primer Premier 5.0 软件设计了针对 TGEV 的保守区域的特异性引物和探针，在下游引物的 5′端用生物素（Biotin）标记，探针的 5′端标记 FAM 基团，中间用四氢呋喃残基 THF 替换核苷酸，3′末端标记聚合酶延伸阻断集团 C3–spacer。引物和探针序列见表 1，引物和探针所在位置如图 1 所示。根据 GB/T 368710–2018 合成 TGEV RT–PCR 检测的引物，如表 2 所示。

1.2.3 引物筛选及标准阳性质粒的构建 以三联疫苗提取的 TGEV 核酸为模板，对 TGEV 的引物进行筛选（具体反应体系如表 3）。根据产物在琼脂糖凝胶电泳的条带亮度和有无杂带情况确定最佳的引物配对，对最佳条带切胶回收后，将产物纯化并与 pMD18–T 载体连接，再转化到 DH5α 感受态细胞，挑取白色单菌落，最后进行摇菌并

提取阳性质粒，根据拷贝数计算公式：6.02×10^{23}　　/mL，得出 TGEV 的标准阳性质粒拷贝数。拷贝数/摩尔×（浓度）/（MW g/mol）= 拷贝

表 1　引物和探针序列

引物名称	引物序列（5′→3′）	片段长度/bp
TGEV F1	ATAGGTAATAGGGACCAACAGATTGGTTAT	123
TGEV R1	ATGAGGTCCAGTGCCTAAGTAGTAGAAGAA	
TGEV F1	ATAGGTAATAGGGACCAACAGATTGGTTAT	125
TGEV R2	GCATGAGGTCCAGTGCCTAAGTAGTAGAAG	
TGEV F2	CCAAAGGAATAGGTAATAGGGACCAACAGA	131
TGEV R1	ATGAGGTCCAGTGCCTAAGTAGTAGAAGAA	
TGEV F2	CCAAAGGAATAGGTAATAGGGACCAACAGA	133
TGEV R2	GCATGAGGTCCAGTGCCTAAGTAGTAGAAG	
TGEV pro	FAM–CGCTATCGCATGGTGAAGGGCCAACGT AAA[THF]AGC TTCCTGAAAGAGA–C3	

表 2　参照 GB/T 36871-2018 设计的 TGEV RT-PCR 引物

引物名称	引物序列（5'→3'）	片段长度/bp
TGEV F	TTACAAACTCGCTATCGCATGG	528
TGEV R	TCTTGTCACATCACCTTTACCTGC	

图 1　TGEV RT-RAA-LFD 引物和探针

表 3　RT–PCR 反应体系（25 μL）

组分	体积/μL
Prime Script 1 Step Enzyme Mix	2.0
2×1 Step Buffer	12.5
F 引物（10 pmol/μL）	0.5
R 引物（10 pmol/μL）	0.5
RNA 模板	1.0
灭菌 ddH_2O	8.5
总体积	25.0

1.2.4　RT–RAA–LFD检测方法的建立　根据众测 RT–RAA–nfo 核酸扩增试剂使用说明书中的体系（50 μL）：反应干粉一管，A Buffer 25 μL，F（2 μM）2.0 μL，R（2 μM）2.0 μL，Pro（2 μM）0.6 μL，ddH_2O 12.9 μL，RNA 5 μL，B Buffer 2.5 μL，将 50 μL 反应体系加入装有干粉的检测单元管中充分混匀，其中 B Buffer 要在 TGEV RNA 后加入，盖上管盖，上下颠倒轻甩 5 ~ 6 次后低速离心，再将检测单元管放入 42 ℃

恒温水浴锅中孵育 30 min，反应结束后，使用 300 μL 无菌水对产物进行稀释，最后利用一次性核酸试纸条进行检测。一次性试纸条的结果判定：阳性样品试纸条的质控线与检测线均出现清晰可见的红色条带，表明样本中含有待检测的核酸片段；阴性样品则仅有质控线出现清晰可见的红色条带，表明样本中不含目的核酸片段，或其数量低于试纸条的最低检出量。以 TGEV 的阳性质粒为模板，ddH_2O 作为空白对照，配制 TGEV RT–RAA–LFD 检测方法的预反应体系。

1.2.5 RT–RAA–LFD 扩增体系中时间和温度的优化 以 TGEV 的阳性质粒为模板进行扩增，水浴锅的温度保持 39 ℃ 不变，分别在水浴锅中反应 10、15、20、25 min，进行时间的优化，根据扩增后在 LFD 试纸条检测线（T）显示条带的深浅确定最佳的反应时间。确定最佳反应时间后对温度进行优化，最佳时间不变，分别在金属浴 36、37、38、39 ℃ 中进行反应，根据扩增后在 LFD 试纸条检测线（T）显示条带的深浅确定最佳的反应温度。

1.2.6 RT–RAA–LFD 特异性检测 以 TGEV 的阳性质粒为阳性对照，ddH_2O 作为阴性对照，对 PRRSV、PRV 和 SVDV 病毒核酸进行 RT–RAA 特异性扩增，根据扩增后在 LFD 试纸条检测线（T）显示条带的有无，确定 TGEV 的 RT–RAA–LFD 检测方法的特异性。

1.2.7 RT–RAA–LFD 敏感性检测 以 TGEV 的阳性质粒为模板，依次进行 10 倍梯度稀释，选择 TGEV 1.27×10^7 copies/μL ~ 1.27 copies/μL 作为反应模板。对 TGEV 质粒进行扩增，根据扩增后在 LFD 试纸条检测线（T）显示条带的深浅，确定最低检测的拷贝数；再根据 GB/T 36871–2018[15] 规定的 RT–PCR 方法进行检测，将两者的最低检测限进行比较。

1.2.8 RT–RAA–LFD 临床样品检测与数据分析 对采集的 34 份疑似腹泻的临床样本分别进行 RT–RAA–LFD 和 GB/T 36871–2018[15]检测，比较两种方法的检出率，判定该方法的可行性。

2 结果

2.1 RT–RAA–LFD 检测初步方法的建立

以 TGEV 的阳性质粒为模板，ddH_2O 为阴性对照，使用 RT–RAA–LFD 检测方法对其进行检测。结果如图 2 所示，TGEV 的阳性组质控区（C 线）和检测区（T 线）都出现较深的红色条带。阴性对照质控区（C 线）也出现红色条带，检测区（T 线）未出现红色条带。这表明 TGEV RT–RAA–LFD 检测方法初步建立。

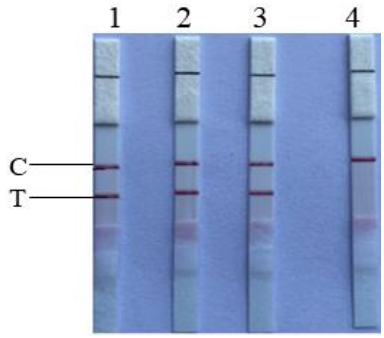

图 2 TGEV RT–RAA–LFD 预实验
1 ~ 3. TGEV 阳性质粒；4. 阴性对照。

2.2 引物的筛选及标准阳性质粒的构建

使用“膜片法”提取的核酸作为 RT–PCR 反应的模板进行 TGEV 的引物筛选，通过条带的亮度和清晰情况确定 TGEV 最佳的引物配对为 F1R2（图 3）。对筛选出的最佳配对引物进行切胶回收送至生物公司测序，将测序结果与 GenBank 基因库相对应的序列进行比对，对 TGEV 序列的同源性进行分析，选用与 TGEV 同源性较高的片段对应的引物。将纯化后产物与 pMD18–T 载体连接，转化到 DH5α 感受态细胞中后挑取白色单菌落，摇菌提取阳性质粒，根据拷贝数计算公式：6.02×10^{23} 拷贝数/摩尔×（浓度）/（MW g/mol）= 拷贝/mL，得出 TGEV 的标准阳性质粒拷贝数，TGEV 1.27×10^9 copies/μL。

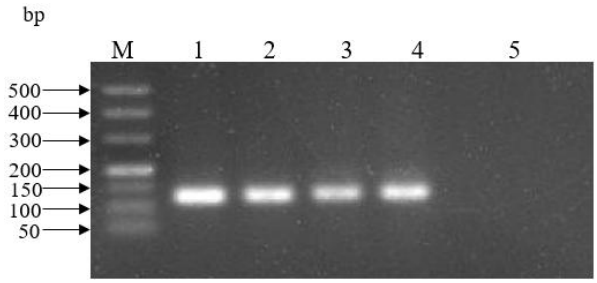

图 3 RT–PCR 引物筛选

泳道 M. 500 bp DNA Marker；1 ~ 4. TGEV–F1R1、F1R2、F2R1、F2R2 引物扩增目的条带；5. 阴性对照。

2.3 RT–RAA–LFD 扩增体系中时间和温度的优化结果

水浴锅的温度控制在 39 ℃ 进行反应，以 TGEV 阳性质粒为模板，分别在金属浴中反应 10、15、20、25 min。当孵育 10 min 时，如图 4 所示，试纸条检测线（T）出现的红色条带没有孵育 15 ~ 25 min 时的条带清晰；当孵育时间在 15 ~ 25 min 时，通过裸眼观察试纸条的 T 线没有明显变化，表明在 15 min 时就可完全孵育。确定最佳反应时间为 15 min 后，进一步优化反应温度。分别于 36、37、38、39 ℃ 的水浴条件中进行反应（图5），结果显示，36 ℃ 时，试纸条检测线（T 线）显色清晰度明显低于 37 ~ 39 ℃；反应温度为 37 ~ 39 ℃ 时，试纸条检测线所显示的条带深浅无明显变化，表明反应温度达到 37 ℃ 时即可实现完全孵育。

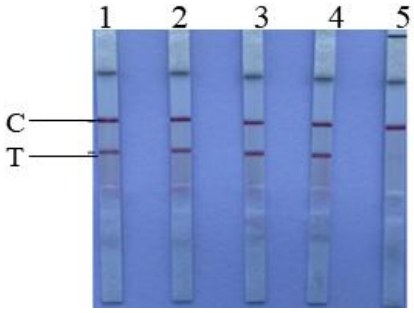

图 4 反应时间优化

1 ~ 4. TGEV 反应时间分别为 10、15、20、25；5. 阴性对照。

2.4 RT–RAA–LFD 特异性检测结果

以 TGEV 的阳性质粒为阳性对照，ddH_2O 作为阴性对照，分别以 PRRSV、PRV 和 SVDV 病毒核酸作为对照，进行 RT–RAA–LFD 反应，如图 6 所示，只有 TGEV 的阳性模板的试纸条检测线（T）出现明显的红色条带，说明 TGEV RT–RAA–LFD 检测方法具有良好的特异性。

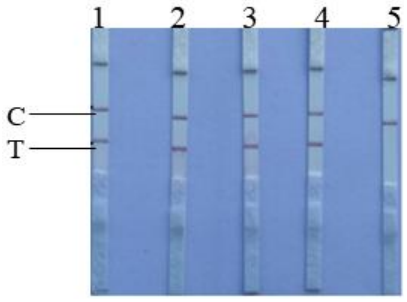

图 5 反应温度优化

1 ~ 4. TGEV 反应温度分别为 36、37、38、39 ℃；5. 阴性对照。

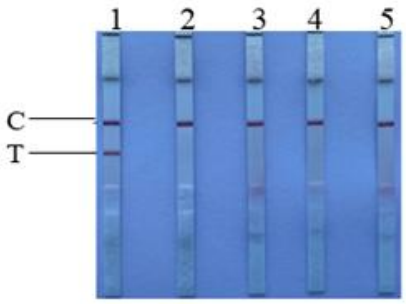

图 6 RT-RAA-LFD 特异性试验

1. TGEV 阳性质粒；2 ~ 4. PRRSV、PRV 和 SVDV；5. 阴性对照。

2.5 RT–RAA–LFD 敏感性检测结果

以 TGEV 1.27×10^7 copies/μL ~ 1.27 copies/μL 作为反应模板，在温度为 37 ℃ 的金属浴中反应 15 min。结果显示，RT–RAA–LFD 检测方法最低可以检测到 1.27×10^1 copies/μL（图 7）。采用 GB/T 36871–2018 中规定的 RT–PCR 方法进行检测，结果显示，GB/T 36871–2018 检测方法最低可以检测到 1.27×10^3 copies/μL（图 8），表明建立的 RT–RAA–LFD 方法敏感度比 GB/T 36871–2018 中 RT–PCR 方法高 100 倍。

2.6 临床样本检测

分别采用 RT–RAA–LFD 和 GB/T 36871–2018 两种方法对 34 例临床样本进行检测，结果如表 4 所示，使用 RT–RAA–LFD 方法检测 TGEV 时，

出现 4 份阳性，阳性率为 11.76%；GB/T 36871–2018 方法检测 TGEV 时，出现 3 份阳性，阳性率为 8.82%。这些数据表明，RT–RAA–LFD 方法检出阳性率比 GB/T 36871–2018 高。

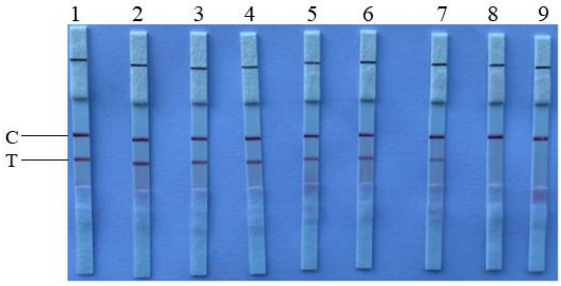

图 7　RT–RAA–LFD 敏感性试验

1 ~ 8. TGEV 浓度 1.27×10^{7} copies/μL ~ 1.27 copies/μL 的阳性质粒；9. 阴性对照。

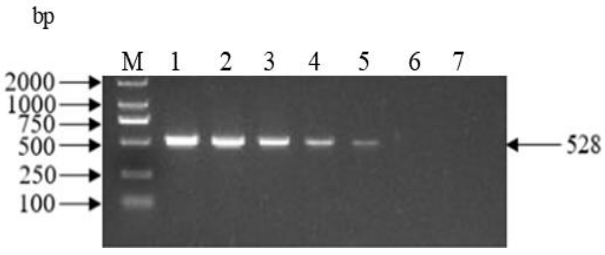

图 8　GB/T 36871–2018 敏感性试验

1 ~ 6. TGEV 浓度 1.27×10^{7} copies/μL ~ 1.27×10^{2} copies/μL 的阳性质粒；7. 阴性对照。

表 4　RT–RAA–LFD 与 GB/T 36871–2018 RT–PCR 临床样本检测结果比较

	RT–RAA–LFD 检测 TGEV	GB/T 36871–2018 检测 TGEV
检出阳性样本数/份	4	3
检出阴性样本数/份	30	31
样本总数/份	34	34
阳性检出率	11.76%	8.82%

3　讨论

1946 年美国首次报道 TGEV，我国于 1956 年发现该病，随后各个省份开始报道[1]。TGEV 是生猪养殖中一种常见的传染病，病死率高达 100%，并在世界各地广泛流行，对养殖业造成了巨大的损失[2-3]。国内外学者对 TGEV 的检测方法进行了诸多研究，而分子生物学中的 PCR 检测 TGEV 技术是目前使用最为广泛的方法。

Kim 等[3]建立了检测 TGEV 和 PEDV 的双重 RT–PCR 方法；随后邹勇等[16]建立了鉴别 TGEV、猪流行性腹泻病毒（PEDV）和轮状病毒（RV）的三重 RT–PCR 方法；Zhao 等[17]建立了同时检测 PEDV、TGEV、RV 和猪圆环病毒 2 型（PCV2）的多重 RT–PCR 方法。基于 RT–PCR 技术所建立的方法对 TGEV 进行检测时，均具有良好的特异性和敏感性等优点，因此在动物疫病检测领域应用广泛。然而，RT–PCR 技术需要精良的仪器设备和规范的操作，不适用于基层检测 TGEV。而本试验建立的 RT–RAA–LFD 方法同样具备高特异性和良好的敏感性，且仅需要在 37 ℃的环境下反应 15 min 即可用肉眼观察结果，相较于 RT–PCR 技术无需专业的仪器设备和专业的实验人员，具有更灵活的使用条件，适用于基层人员对 TGEV 的检测。但是由于此方法敏感性强，因此开盖时容易形成气溶胶污染问题，所以应该避免多次开盖。

此外，焦韵洁等[18]等根据 TGEV M 基因的保守序列设计了 LAMP 引物，以羟基萘酚蓝（HNB）为指示剂，建立了快速检测 TGEV 的可视化环介导等温扩增方法，该方法同样具有良好的特异性和敏感性，且最佳反应条件为 63 ℃ 45 min，而本试验所建立的 TGEV RT–RAA–LFD 检测方法的最佳反应条件为 37 ℃ 15 min，相较于 LAMP 方法用时更短，所需温度更容易实现，且 RT–RAA–LFD 方法所用的试纸条比 HNB 更容易保存，因此，TGEV RT–RAA–LFD 检测方法相较于 TGEV LAMP 检测方法更适用于基层检测。

4　结论

本研究基于 TGEV N 基因保守序列设计引物与探针，成功建立了 TGEV RT-RAA-LFD 检测方法，并对反应条件进行了优化。最佳反应条件为 37 ℃ 孵育 15 min。此方法对 TGEV 的最低检测限为 1.27×10^{1} copies/μL，且与其他病毒无交叉反应，具有良好的敏感性和特异性；同时，在整个操作过程中无需精密仪器，肉眼判读结果。因

此，此方法可以在资源条件有限的基层使用，为 TGEV 的快速检测和流行病学调查提供了有效的技术手段。

参考文献

[1] Doyle L P, Hutchings L M. A transmissible gastroenteritis in pigs[J]. J Am Vet Med Assoc, 1946, 108: 257-259.

[2] Pritchard G C. Transmissible gastroenteritis in endemically infected breeding herds of pigs in East Anglia, 1981-85[J]. Vet Rec, 1987, 120（10）: 226-230.

[3] Kim L, Chang K O, Sestak K, et al. Development of a reverse transcription-nested polymerase chain reaction assay for differential diagnosis of transmissible gastroenteritis virus and porcine respiratory coronavirus from feces and nasal swabs of infected pigs[J]. J Vet Diagn Invest, 2000, 12（4）: 385-388.

[4] Zhang X, Zhu Y., Zhu X, et al. ORF3a deletion in field strains of porcine-transmissible gastroenteritis virus in China: A hint of association with porcine respiratory coronavirus[J]. Transbound Emerg Dis, 2017, 64: 698-702.

[5] Xue R, Tian Y, Zhang Y, et al. Efficacy and immunogenicity of a live L. acidophilus expressing SAD epitope of transmissible gastroenteritis virus as an oral vaccine[J]. Acta virol, 2019, 63（3）: 301-308.

[6] Brian D B, Chang R Y, Hofmann M A, et al. Role of subgenomic minus-strand RNA in coronavirus replication[J]. Arch Virol, 1994, 9: 173-180.

[7] Pritchard G C, Paton D J, Wibberley G, et al. Transmissible gastroenteritis and porcine epidemic diarrhoea in Britain[J]. Vet Rec, 1999, 144: 616-618.

[8] Guo R L, Fan B C, Chang X J, et al. Characterization and evaluation of the pathogenicity of a natural recombinant transmissible gastroenteritis virus in China[J]. Virology, 2020, 45: 24-32.

[9] Carman S, Josephson G, Mcewen B, et al. Field validation of a commercial blocking ELISA to differentiate antibody to transmissible gastroenteritis virus（ TGEV ）and porcine respiratory coronavirus and to identify TGEV-infected swine herds[J]. J Vet Diagn Invest, 2002, 14（2）: 97-105.

[10] Kim O, Choi C, Chae C. Detection and differentiation of porcine epidemic diarrhoea virus and transmissible gastroenteritis virus in clinical samples by multiplex RT-PCR[J]. Vet Rec, 2000, 146（22）: 637-640.

[11] 朱芬花. 应用 RT-PCR 检测猪传染性胃肠炎病毒的研究[J]. 中国畜牧兽医, 2012, 39: 91-93.

[12] 张坤, 何启盖. 猪流行性腹泻病毒、猪传染性胃肠炎病毒和猪 A 群轮状病毒多重 RT-PCR 检测方法的建立及临床应用[J]. 畜牧兽医学报, 2010, 41: 1001-1005.

[13] 吕蓓, 程海荣, 严庆丰, 等. 用重组酶介导扩增技术快速扩增核酸[J]. 中国科学: 生命科学, 2010, 40（10）: 983-988.

[14] Li X N, Shen X X, Li M H, et al. Applicability of duplex real time and lateral flow strip reverse~transcription recombinase aided amplification assays for the detection of Enterovirus 71 and Coxsackievirus A16[J]. Virol J, 2019, 16（1）: 166.

[15] 农业农村部. 猪传染性胃肠炎病毒、猪流行性腹泻病毒和猪轮状病毒多重 RT-PCR 检测方法：GB/T 36871-2018[S]. 北京：中国标准出版社，2018.

[16] 邹勇, 钱永清, 唐永兰, 等. 2003. 猪流行性腹泻、猪传染性胃肠炎和猪轮状病毒 RT—PCR 鉴别诊断技术研究[J]. 上海农业学报, 2003, 19（2）: 82-84.

[17] Zhao J, Shi B J, Huang X G, et al. A multiplex RT—PCR assay for rapid and differential diagnosis of four porcine diarrhea associated viruses in field samples from pig farms in East China from 2010 to 2012[J]. J Virol Methods, 2013, 194（1-2）: 107-112.

[18] 焦韵洁, 张欣, 朱海鹏, 等. 猪传染性胃肠炎病毒可视化 RT-LAMP 检测方法的建立[J]. 中国兽医学报, 2020, 40（7）: 1272-1285.

（收稿日期：2025-01-08）

肠炎沙门氏菌感染对雏鸡 FABP1 和 LGALS3 基因表达的影响

齐 骥，任艳茹，刘 龙，王园美，李显耀*

（山东农业大学动物科技学院，山东 泰安 271018）

摘要：为探究肠炎沙门氏菌（*Salmonella*，SE）感染对鸡不同组织中 *FABP1* 和 *LGALS3* 基因表达的影响，以 2 日龄肠炎沙门氏菌阴性汶上芦花鸡为试验对象，经口服灌喂感染后，于第 7 天进行屠宰，根据粪菌量分为易感组和抗性组，分别采集肝脏、脾脏、盲肠等组织样品，采用实时荧光定量 PCR 检测两组中 *FABP1* 和 *LGALS3* 基因的表达水平，分析其表达规律。结果显示，FABP1 在肝脏和盲肠组织中表达量趋势相似，易感组表达量均显著高于抗性组（$P<0.05$）；而 LGALS3 在肝脏和脾脏组织中表达量趋势相反。结果表明，*FABP1* 和 *LGALS3* 基因在肠炎沙门氏菌感染鸡中起重要作用，并表现出组织特异性，为阐明其作用机制提供了基础数据。

关键词：肠炎沙门氏菌；*FABP1*；*LGALS3*；基因表达

中图分类号：S858.31 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0008-05

肠炎沙门氏菌（*Salmonella enteritidis*，SE）是一种在全球范围内普遍流行的病原菌，不仅危害人类健康还影响着畜禽业的发展[1]。该菌是引起肠道疾病的主要致病菌，可以通过粪便、水源等污染食物导致公共卫生安全问题[2]。肠炎沙门氏菌病对畜牧业造成了重大损失[3]。该菌先通过胃肠道粘膜入侵机体后继发全身感染[4]。肠炎沙门氏菌感染成年鸡群会导致鸡肉品质下降，生长发育缓慢，饲料利用率下降[5]。成年鸡感染肠炎沙门氏菌后死亡率不会大幅度升高，但种鸡感染会影响种蛋质量以及雏鸡健康，进而造成养殖场持续的利益损失[6]。有研究发现肝脏、脾脏和盲肠组织在肠炎沙门氏菌感染后出现明显的免疫反应，这三种组织是肠炎沙门氏菌定植和侵袭机体的场所，其中盲肠是定植的场所，肝脏和脾脏是受感染的部位[7-8]。

FABP 基因家族调控动物体内的脂类代谢通路和维持内环境稳态[9]。其中 *FABP1* 三级结构形成的内部腔体最大，使其蛋白分子可结合 2 个长链脂肪酸（Long chain fatty acid，LCFA）分子[10]。*FABP1* 具有促进 LCFA 吸收并将脂质储存和分解脂肪酸的作用，还可以通过启动核受体转录结合方式激活脂类和糖类代谢通路，其中对糖类的代谢通路的影响原因可能在于当葡萄糖与 *FABP1* 基因发生结合时，*FABP1* 的构象发生变化有利于蛋白与脂质配体的结合进而提高代谢速率[11]。*LGALS3* 基因编码的蛋白是一种 β–半乳糖苷结合蛋白，按结构划分亚族，*LGALS3* 又是唯一嵌合体亚族的成员[12]。有研究发现，*LGALS3* 可以多通路延长细胞存活时间，通过共有基序 NWGR 与 BCL2 结合调控线粒体的完整性[13]。*LGALS3* 可以分泌到细胞外进入体液发挥作用，进而调节细胞的生长、转化和防御机制[14]。前期研究发现 *FABP1* 和 *LGALS3* 在肠炎沙门氏菌感染后表达量发生显著变化，然而对于抗性和易感组的表达量变化规律还不清楚。汶上芦花鸡是山东省优良地

基金项目：山东省农业良种工程（2023LZGC018）；山东省家禽产业技术体系（SDAIT-11-02）；国家重点研发计划（2022YFD1300102）；山东省乡村振兴科技创新提振行动计划（2024TZXD023）

*通讯作者：xyli@sdau.edu.cn

方鸡种，具有适应性强、耐粗饲、产量高等特点[15]。本试验以汶上芦花鸡为研究对象，旨在探究肠炎沙门氏菌易感雏鸡与抗性雏鸡体内肝脏、脾脏和盲肠三种组织中 *FABP1* 和 *LGALS3* 的表达规律，为今后深入研究鸡对肠炎沙门氏菌感染抗性的调控机制提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料

样品采集，本研究选用山东金秋农牧科技股份有限公司的 2 日龄肠炎沙门氏菌阴性汶上芦花鸡 20 只，每只接种 0.3 mL 浓度为 3.03×10^8 cfu/mL 的肠炎沙门氏菌菌液，通过 SS 琼脂涂布检测含菌量，根据检测粪便含菌量的高低，选取含菌量高的 5 只鸡为易感组，含菌量最低的 5 只鸡为抗性组。接种后第 7 天采集肝脏、脾脏、盲肠等组织样品于液氮中暂时保存，移至–80 ℃ 冰箱保存，用于后续相关试验分析。

1.2 方法

1.2.1 RNA 提取及反转录 采用 Trizol 法[16]提取组织 RNA 样品。利用琼脂糖凝胶电泳对提取的 RNA 样品进行质量检测，并利用 Denovix DS-11 紫外分光光度计测定浓度。检测合格后，利用反转录试剂盒（购自南京诺维赞公司）先配制去除基因组 DNA 反应液，42 ℃ 2 min 去除基因组 DNA。再吸取 16 μL 的第一步反应液加入 4 μL 的 5×No RT Control Mix 进行反转录，按照（50 ℃，15 min；85 ℃，5 min）程序反转录得到 cDNA。所获 cDNA 产物于–20 ℃ 冰箱保存备用。

1.2.2 实时荧光定量 PCR 利用 DNAMAN 6.0 和 NCBI 网站设计引物（表 1），委托上海生工生物工程技术服务有限公司合成引物；利用 SYBR qPCR Master Mix 定量试剂盒（购自山东思科捷生物有限公司）通过荧光定量 PCR 仪（赛默飞，美国）检测相对表达量。反应程序为：预变性 1 个循环（94 ℃，30 min）；循环反应 40 个循环（60 ℃，15 s；72 ℃，25 s；95 ℃，15 s）；熔解曲线 1 个循环（60 ℃，60 s；95 ℃，15 s）。

表 1 实时荧光定量 PCR 引物信息

基因名称	引物序列（5′→3′）	GenBank 登录号
GAPDH	F：ACATGGCATCCAAGGAGTGAG R：GGGGAGACAGAAGGGAACAGA	NM_204305.2
FABP1	F：CATTGGGGAAGAGTGTGAGATGGAG R：TCGTCATTGTATGGGTGATGGTGTC	NM_204192.4
LGALS3	F：CATCGTTCACTGCTACCTTG R：GCTCATAACCATCACGGG	NM_001302800.2

1.3 试验结果处理与分析

本试验选用 *GAPDH* 作为内参基因，通过 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 方法计算目的基因 *FABP1* 和 *LGALS3* 的相对表达量，利用 t 检验对试验数据进行检验，$P<0.05$ 表示差异显著，$P<0.01$ 则表示差异极显著。利用 GraphPad prism 8.3 绘制柱状图。

2 结果

由图 1 结果可知，利用测定样本粪便中含菌量的对数值将样本分为易感组和抗性组，两组含菌量存在极显著差异。

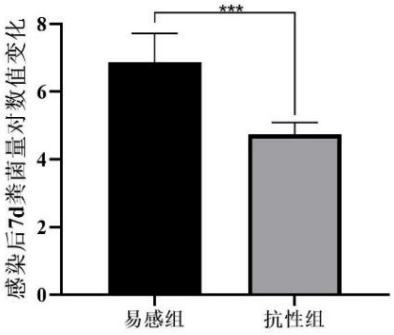

图 1 感染后第 7 天粪菌量的对数值

由图 2 的试验结果可知，*FABP1* 和 *LGALS3* 在肠炎沙门氏菌感染后第 7 天肝脏中均有表达，但在抗性组和易感组表达量存在差异。抗性组与易感组比较分析可知，肝脏组织中易感组 *FABP1* 的相对表达量显著高于抗性组（*P*<0.05），易感组 *LGALS3* 的相对表达量极显著高于抗性组（*P*<0.01）。

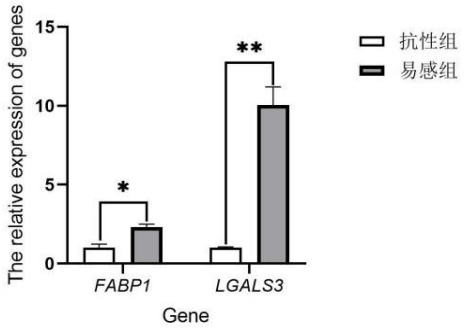

图 2　*FABP1* 和 *LGALS3* 在肝脏中的相对表达量
** 表示差异极显著（*P*<0.01），* 表示差异显著（*P*<0.05）。

由图 3 可知，*FABP1* 和 *LGALS3* 在接种肠炎沙门氏菌后 7 天脾脏中均有表达，抗性组和易感组相对表达量存在差异。抗性组与易感组之间进行比较分析可知，脾脏组织中易感组 *FABP1* 的相对表达量与抗性组相比差异不显著（*P*>0.05），抗性组 *LGALS3* 的相对表达量显著高于易感组（*P* < 0.05）。

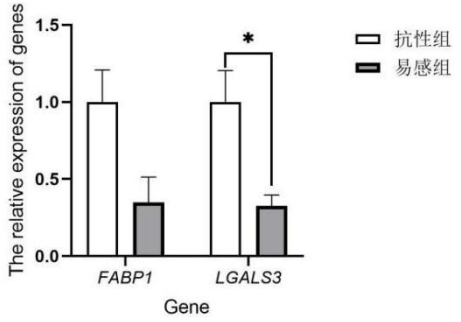

图 3　*FABP1* 和 *LGALS3* 在脾脏中的相对表达量
* 表示差异显著（*P*<0.05）。

由图 4 可知，*FABP1* 和 *LGALS3* 在接种肠炎沙门氏菌后第 7 天盲肠中均有表达，抗性组和易感组表达量存在差异。抗性组与易感组间比较分析可知，盲肠组织中易感组 *FABP1* 的相对表达量显著高于抗性组（*P*<0.05），易感组 *LGALS3* 的相对表达量与抗性组相比差异不显著（*P*>0.05）。

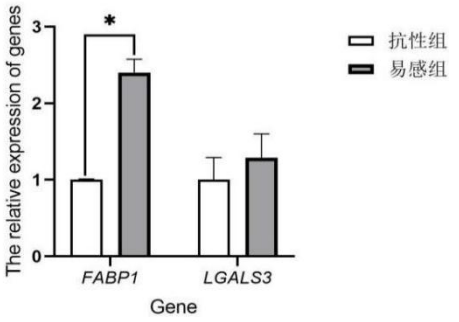

图 4　*FABP1* 和 *LGALS3* 在盲肠中的相对表达量
* 表示差异显著（*P*<0.05）。

鸡感染肠炎沙门氏菌后，*FABP1* 在易感组的肝脏和盲肠中都呈现相对表达量显著上升的趋势，*LGALS3* 在肝脏和脾脏中表达量显著变化，但表达规律呈现组织特异性。*LGALS3* 在感染后易感组的肝脏中相对表达量极显著上升而在脾脏中表达量显著下降。

3　讨论

肠炎沙门氏菌感染宿主广泛，雏鸡至成年鸡均可被感染，致病率高，还可以通过垂直传播传递给后代，已成为当前集约化养殖中主要的疾病来源之一[17]。肠炎沙门氏菌作为感染鸡的优势血清型，在养殖场中广泛传播，随着用药量增加，还出现了耐药性[18]。研究肠炎沙门氏菌感染抗性的遗传调控可为鸡肠炎沙门氏菌病的防控和抗病育种提供有效方法。

经研究发现，脂肪酸运输的 PPRA-α 信号通路下游受 *FABP1* 基因调控[19]。*FABP1* 基因对家禽的脂类代谢通路和氧化通路发挥着重要调控作用，*FABP1* 基因调控着家禽腹脂含量等相关性状[20]。在肝脏组织中易感组 *FABP1* 的表达量显著高于抗性组。球虫病与肠炎沙门氏菌感染家禽后均首先感染肠道。余海亮研究发现家禽感染球虫后 *FABP1* 出现显著上调，并且推测 *FABP1* 基因参与球虫感染鸡后机体免疫应答机制，这与本试验的研究结果类似[21]。苗秀秀的研究表明在感染后第 3 天盲肠 *FABP1* 蛋白显著下调，本研究结果中盲肠组织易感组 *FABP1* 的表达量显著高于抗性

组。在同一时间点，易感组感染后表达量在肝脏和盲肠中显著上升，这种趋势可能与 *FABP1* 参与易感个体感染肠炎沙门氏菌后的脂类代谢有关。*LGALS3* 具有特殊的结构域，能够与碳水化合物结合，并存在于与免疫相关的巨噬细胞、B 细胞和 T 细胞中[22]。*LGALS3* 特别是在肿瘤细胞转移和分化中起到关键作用，还有研究表明干细胞的调节与 *LGALS3* 相关联[23]。*LGALS3* 主要参与多个细胞过程，并对细胞的生长存活起重要作用，调节机体免疫微环境，也有研究发现 *LGALS3* 的表达与肝脏疾病有关[24]。本研究中肝脏组织中易感组 *LGALS3* 的表达量极显著高于抗性组，推测此基因在易感组相对表达量显著升高与机体对病原菌的反应应答机制有关，但 *LGALS3* 基因如何调节尚未清楚。家禽中添加益生元能有效抑制肠炎沙门氏菌的定植，Slawinska 的研究表明添加益生元可引起盲肠扁桃体 *LGALS3* 显著上调，表明该基因参与了免疫调节[25]。本试验在对照肠炎沙门氏菌的易感组和抗性组中，*LGALS3* 在肝脏和脾脏中表达量均显著变化，但在肝脏中易感组 *LGALS3* 的表达量极显著高于抗性组，在脾脏中抗性组 *LGALS3* 相对表达量显著高于易感组，呈现组织差异性。王园美通过研究肠炎沙门氏菌感染鸡的脾脏发现免疫相关基因随肠炎沙门氏菌接种后不同时间点发生表达量的变化，推测 *LGALS3* 在易感组和抗性组的脾脏和肝脏中的表达趋势不同可能是因为接种后时间点的差异造成的，但具体机制还需要进一步研究。综上所述，本研究揭示了感染肠炎沙门氏菌后第 7 天，汶上芦花鸡 *FABP1* 和 *LGALS3* 的表达水平以及感染后肝脏、脾脏和盲肠等不同组织的表达差异。为进一步研究肠炎沙门氏菌感染抗性的遗传选育提供了理论基础。本试验结果可为提高鸡肠炎沙门氏菌感染抗性提供基础数据。

4 结论

肠炎沙门氏菌感染后，鸡 *FABP1* 和 *LGALS3* 基因在易感组和抗性组肝脏、脾脏和盲肠中差异表达。*FABP1* 在肝脏和盲肠组织中对肠炎沙门氏菌感染易感性发挥重要调控作用。*LGALS3* 在肝脏中易感组极显著升高，而在脾脏中易感组显著降低，呈现组织差异性。

参考文献

[1] İnce S S, M ü ştak H K. Genotyping and antimicrobial resistance profiles of chicken originated Salmonella Enteritidis isolates[J]. Brazilian journal of microbiology, 2023, 54（1）: 499-507.

[2] Bahramianfard H, Derakhshandeh A, Naziri Z, et al. Prevalence, virulence factor and antimicrobial resistance analysis of Salmonella Enteritidis from poultry and egg samples in Iran[J]. Bmc veterinary research, 2021, 17（1）: 196.

[3] Jørgensen F, Mclauchlin J, Verlander NQ, et al. Levels and genotypes of Salmonella and levels of Escherichia coli in frozen ready-to-cook chicken and turkey products in England tested in 2020 in relation to an outbreak of S. Enteritidis[J]. International journal of food microbiology, 2022, 369: 109609.

[4] Wu G, Qi Y, Liu X, et al. Cecal MicroRNAome response to Salmonella enterica serovar Enteritidis infection in White Leghorn Layer[J]. Bmc genomics. 2017, 18（1）: 77.

[5] Zhang J, Luo W, Liu G, et al. High genetic similarity of Salmonella Enteritidis as a predominant serovar by an independent survey in 3 large-scale chicken farms in China[J]. Poultry science, 2021, 100（4）: 100941.

[6] Kogut MH, Swaggerty CL, Byrd JA, et al. Chicken-Specific Kinome Array Reveals that Salmonella enterica Serovar Enteritidis Modulates Host Immune Signaling Pathways in the Cecum to Establish a Persistence Infection[J]. International journal of molecular sciences, 2016, 17（8）: 1207.

[7] Zhen W, Shao Y, Gong X, et al. Effect of dietary Bacillus coagulans supplementation on growth performance and immune responses of broiler chickens challenged by Salmonella enteritidis[J]. Journal of poultry science. 2018, 97（8）: 2654-2666.

[8] Meijerink N, van den Biggelaar RHGA, van Haarlem DA, et al. A detailed analysis of innate and adaptive immune responsiveness upon infection with Salmonella enterica serotype Enteritidis in young broiler chickens[J]. Veterinary research. 2021, 52（1）: 109.

[9] Wang Z, Yue YX, Liu ZM, et al. Genome-Wide Analysis of the FABP Gene Family in Liver of Chicken （Gallus gallus）: Identification, Dynamic Expression Profile, and RegulatoryMechanism[J]. International journal of molecular sciences, 2019, 20（23）: 5948.

[10] Yabut KCB, Martynova A, Nath A, et al. Drugs Form Ternary Complexes with Human Liver Fatty Acid Binding Protein 1（FABP1）and FABP1 Binding Alters Drug Metabolism[J]. Molecular pharmacology, 2024, 105（6）: 395-410.

[11] Guzmán C, Benet M, Pisonero-Vaquero S, et al. The human liver fatty acid binding protein （FABP1） gene is activated by FOXA1 and PPARα; and repressed by C/EBP α: Implications in FABP1 down-regulation in nonalcoholic fatty liver disease[J]. Acta biochimica et biophysica sinica, 2013, 1831（4）: 803-818.

[12] Xu WD, Wu Q, He YW, et al. Gene polymorphisms of LGALS2, LGALS3 and LGALS9 in patients with rheumatoid arthritis[J]. Cellular & molecular immunology, 2021, 368: 104419.

[13] Ruvolo PP, Hu CW, Qiu Y, et al. LGALS3 is connected to CD74 in a previously unknown protein network that is associated with poor survival in patients with AML[J]. Ebiomedicine, 2019, 44: 126-137.

[14] Dong R, Zhang M, Hu Q, et al. Galectin-3 as a novel biomarker for disease diagnosis and a target for therapy （Review）[J]. International journal of molecular medicine, 2018, 41（2）: 599-614.

[15] 王金忠, 陈月季, 杨娜, 等. 济宁百日鸡与汶上芦花鸡肌纤维早期生长发育分析[J]. 山东畜牧兽医, 2022, 43（01）: 1-5, 8.

[16] 赵亚男, 任艳茹, 谢宾, 等. 鸡脾脏 METTL3、METTL14 基因对肠炎沙门氏菌感染的表达调控[J]. 中国畜禽种业, 2024, 20（1）: 13-18.

[17] Gantois I, Ducatelle R, Pasmans F, et al. Mechanisms of egg contamination by Salmonella Enteritidis[J]. Fems microbiology reviews, 2009, 33（4）: 718-738.

[18] Thung TY, Mahyudin NA, Basri DF, et al. Prevalence and antibiotic resistance of Salmonella Enteritidis and Salmonella Typhimurium in raw chicken meat at retail markets in Malaysia[J]. Poultry science, 2016, 95（8）: 1888-1893.

[19] Wu J, Shao X, Shen J, et al. Downregulation of PPARα mediates FABP1 expression, contributing to IgA nephropathy by stimulating ferroptosis in human mesangial cells[J]. International journal of biological sciences, 2022, 18（14）: 5438-5458.

[20] Luo N, Shu J, Yuan X, et al. Differential regulation of intramuscular fat and abdominal fat deposition in chickens[J]. Bmc genomic data, 2022, 23（1）: 308.

[21] Yu H, Wang Q, Tang J, et al. Comprehensive analysis of gut microbiome and host transcriptome in chickens after Eimeria tenella infection[J]. Frontiers in cellular and infection microbiology, 2023, 13: 1191939.

[22] Dhirapong A, Lleo A, Leung P, et al. The immunological potential of galectin-1 and -3[J]. Autoimmunity Reviews, 2009, 8（5）: 360-363.

[23] Dong J, Zhang R, Xia Y, et al. The necroptosis related gene LGALS3 can be used as a biomarker for the adverse progression from chronic HBV infection to HCC[J]. Frontiers in immunology, 2023, 14: 1142319.

[24] Slawinska A, Plowiec A, Siwek M, et al. Long-Term Transcriptomic Effects of Prebiotics and Synbiotics Delivered In Ovo in Broiler Chickens[J]. Public library of science one, 2016, 11（12）: e0168899.

[25] Wang Y, Miao X, Li H, et al. The correlated expression of immune and energy metabolism related genes in the response to Salmonella enterica serovar Enteritidis inoculation in chicken[J]. Bmc veterinary research. 2020, 16（1）: 257.

（收稿日期：2024-12-23）

初配日龄、体重和背膘对后备大白母猪繁殖性能的影响研究

周 盼，刘 奇，李福川，张 勇，严鸿林*
（西南科技大学生命科学与工程学院动物科学系，四川 绵阳 621010）

摘要：本研究旨在考察初配日龄、体重和背膘对后备大白母猪第一胎繁殖性能的影响。试验以 371 头后备大白母猪作为研究对象，分别按照初配日龄、体重及背膘进行分组，待母猪分娩后记录其产仔数和仔猪初生个体重等繁殖性能数据并进行统计分析。结果显示，初配季节对大白母猪第一胎总产仔数和活产仔数等指标均无显著影响（P>0.05），但母猪冬季的死胎率显著高于秋季（8.10% vs. 5.42%，P<0.01）。初配日龄、体重和背膘对后备大白母猪第一胎繁殖性能均无显著影响（P>0.05），且与繁殖性能各指标之间无显著相关关系（P>0.05）。结果表明，配种季节在秋季的后备大白母猪的死胎率显著低于冬季配种的母猪；初配日龄范围在 219～333 d（平均初配日龄为 250 d），初配体重在 152～222 kg（平均初配体重为 178.4 kg）以及初配背膘在 10～29 mm（平均初配背膘为 16.9 mm）对后备大白母猪第一胎繁殖性能无显著影响，但是否会影响其后续及终身繁殖成绩有待进一步研究。

关键词：后备母猪；日龄；体重；背膘；繁殖性能
中图分类号：S828.5 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0013-06

母猪的繁殖性能是影响猪场经济效益的关键因素。繁殖性能的降低如断奶发情或妊娠失败往往是母猪淘汰的首要因素[1]。在美国的规模化猪场中，母猪的年淘汰率通常超过 50%，很多母猪在其第三或第四胎前即被淘汰[2]。而根据 2020 年发布的微猪数据年报，我国 2019 年种母猪的淘汰率达到 44.50%。母猪的高淘汰率一方面直接导致养殖企业经济效益的巨大损失，另一方面也提高了养殖场对后备母猪的需求。后备母猪繁殖寿命的延长不仅可以提高其终身繁殖成绩，还可以降低后备母猪的更新成本[3]。许多因素被证实可以影响后备母猪的繁殖性能，例如品种、营养水平、精液品质、饲养管理和环境因素等[4]。其中，后备母猪初配日龄、体重和背膘的确定是养殖场关注的重要因素。目前关于初配日龄对后备母猪繁殖性能影响的研究存在一定差异。综合前人的研究来看，后备母猪最佳初配日龄的推荐范围为 170～260 d[5-6]。显然，这较大的范围对讲求精确饲养的养殖场并不适用，因为在这个日龄范围内的发情周期差异很大，具体选择哪一个情期配种将成为新的问题所在。而就初配体重和背膘而言，研究者对不同品种后备母猪的最佳初配体重和背膘的推荐也存在一定差异[7-10]。因此，本研究以后备大白母猪为研究对象，考察初配日龄、体重和背膘对其第一胎繁殖性能的影响，旨在为大白母猪科学的饲养管理提供参考数据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验选择广东某猪场 371 头法系后备大白母猪为研究对象，配种时间为 2023 年 10 月至 2024 年 2 月。配种后，所有母猪统一饲喂标准妊娠饲

基金项目：四川省科技厅项目（2022YFH0063，2022YFH0064）；西南科技大学自然科学基金（19zx7147）
*通讯作者：honglinyan@swust.edu.cn

粮。妊娠前期（0 ~ 90 d），母猪每日饲喂 2.3 kg 饲粮；妊娠后期（91 d ~ 分娩），母猪每日饲喂 2.8 kg 饲粮。其他饲养管理均按照规模化猪场的常规饲养管理程序执行。

1.2 方法

1.2.1 *初配季节分组* 根据广东的气候条件，本研究将猪群分为 2 个组，分别为秋季组（配种时间为 9—11 月）和冬季组（12 月—次年 2 月）。

1.2.2 *初配日龄分组* 根据本次研究中后备大白母猪的基础日龄情况，结合前人的研究，将猪群分为 4 个组，分别为 A1 组（初配日龄<235 d）、B1 组（236 d ≤ 初配日龄 ≤ 245 d）、C1 组（246 d<初配日龄≤255 d）和 D1 组（初配日龄>255 d）。

1.2.3 *初配体重和背膘分组* 根据本次研究中后备大白母猪的基础体重情况，结合前人的研究，将猪群分为 4 个组：A2 组（初配体重< 170 kg）、B2 组（170 kg ≤ 初配体重 ≤ 180 kg）、C2 组（180 kg<初配体重≤190 kg）和 D2 组（初配体重>190 kg）。根据其背膘情况，将猪群分为 4 个组：A3 组（初配背膘< 12 mm）、B3 组（13 mm ≤ 初配背膘 ≤ 15 mm）、C3 组（16 mm≤初配背膘≤18 mm）和 D3 组（初配背膘>19 mm）。

1.2.4 *母猪繁殖性能测定* 在母猪产仔后，准确记录每头母猪的总产仔数、活产仔数、死胎数。对新生仔猪进行称重，计算仔猪初生个体重和窝重。

1.3 统计分析

数据采用 SAS（version 9.3；SAS Inst Inc.，Cary，NC）进行统计分析。母猪总产仔数、活产仔数、仔猪初生个体重和初生窝重的指标采用 GLM 程序的 ANOVA 进行分析。采用 SAS 的 GENMOD 对死胎率进行统计分析。采用 Pearson 相关性分析考察初配日龄、体重及背膘与繁殖性能指标间的相关关系。除死胎率表示为平均值和 95%的置信区间外，其余数据表示为平均值±最大标准误。$P \leqslant 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 后备大白母猪初配日龄、体重和背膘的描述分析

本试验中后备大白母猪初配日龄、体重和背膘的整体情况如表 1 所示。总体来看，后备大白母猪的初配日龄为 219 ~ 333 d，平均初配日龄为 250.3±15.1 d；初配体重为 152.4 ~ 222.1 kg，平均初配体重为 178.4±6.1 kg；初配背膘为 10 ~ 27 mm，平均初配背膘为 16.9±3.0 mm。

表 1 后备大白母猪初配日龄、体重和背膘的描述分析

参数	样本数 N	均值±标准差	范围
日龄/d	371	250.3±15.1	223 ~ 333
体重/kg	371	178.5±6.1	152.4 ~ 222.1
背膘/mm	371	16.9±3.0	10.0 ~ 27.0

2.2 初配季节对后备大白母猪第一胎繁殖性能的影响

由表 2 可知，初配季节对大白母猪第一胎总产仔数和活产仔数等指标均无显著影响（$P>0.05$）。但母猪冬季的死胎率显著高于秋季（8.10% vs. 5.42%，$P<0.01$）。

表 2 初配季节对大白母猪第一胎繁殖性能的影响

参数	初配季节		标准误	*P* 值
	秋季	冬季		
总产仔数	14.00	14.00	0.32	1.00
活产仔数	12.74	12.72	0.32	0.96
死胎率 [1]/%	5.42[b] [4.69;6.27]	8.10[a] [6.66;9.85]	–	<0.01
窝重/kg	16.42	15.89	0.42	0.29
仔猪个体重/kg	1.29	1.27	0.02	0.51

[1] 数据为二项式分布，因此数据表示为平均值和置信区间而非标准误；同行数据后所标字母相异表示差异显著（$P<0.05$）。

2.3 初配日龄对后备大白母猪第一胎繁殖性能的影响

由表 3 可知，初配日龄对大白母猪第一胎总产仔数、活产仔数等指标均无显著影响（$P>0.05$）。但在一定程度上，随着初配日龄的增加，仔猪初生个体重和窝重在数值上呈现增加的趋势。

2.4 初配体重对后备大白母猪第一胎繁殖性能的影响

由表 4 可知，初配体重对大白母猪第一胎总产仔数、活产仔数等指标均无显著影响（$P>0.05$）。

2.5 初配背膘对后备大白母猪第一胎繁殖性能的影响

由表 5 可知，初配背膘对大白母猪第一胎总产仔数、活产仔数等指标均无显著影响（$P>0.05$）。

表 3 初配日龄对大白母猪第一胎繁殖性能的影响

参数	日龄范围				标准误	*P* 值
	<235 d	236 ~ 245 d	246 ~ 255 d	>255 d		
总产仔数	13.89	14.10	13.73	14.30	048	0.60
活产仔数	13.02	12.80	12.39	12.89	0.47	0.60
死胎率 [1]/%	6.25 [4.52;8.64]	5.80 [4.65;7.24]	6.39 [5.13;7.96]	6.23 [5.06;7.68]	–	0.94
窝重/kg	16.04	16.18	16.01	16.70	0.62	0.64
仔猪个体重/kg	1.23	1.28	1.30	1.29	0.03	0.40

[1] 数据为二项式分布，因此数据表示为平均值和置信区间而非标准误；同行数据后所标字母相异表示差异显著（$P<0.05$）

表 4 初配体重对大白母猪第一胎繁殖性能的影响

参数	体重范围				标准误	*P* 值
	<170 kg	170 ~ 180 kg	180 ~ 190 kg	>190 kg		
总产仔数	14.31	13.90	13.97	15.26	0.89	0.34
活产仔数	13.23	12.78	12.18	14.00	0.88	0.14
死胎率 [1]/%	5.08 [2.60;9.93]	5.63 [4.87;6.50]	8.33 [6.61;10.50]	3.94 [2.16;7.20]	–	0.06
窝重/kg	18.46	16.26	15.58	17.55	1.18	0.07
仔猪个体重/kg	1.38	1.28	1.27	1.24	0.06	0.35

[1] 数据为二项式分布，因此数据表示为平均值和置信区间而非标准误；同行数据后所标字母相异表示差异显著（$P<0.05$）。

表 5 初配背膘对大白母猪第一胎繁殖性能的影响

参数	背膘范围				标准误	*P* 值
	<12 mm	13 ~ 15 mm	16 ~ 18 mm	>19 mm		
总产仔数	13.52	13.83	14.18	14.06	0.60	0.70
活产仔数	12.38	12.40	12.90	12.94	0.60	0.53
死胎率 [1]/%	5.66 [3.65;8.79]	6.97 [5.63;8.62]	5.47 [4.45;6.71]	5.96 [4.80;7.40]	–	0.44
窝重/kg	16.11	16.49	16.16	16.25	0.80	0.94
仔猪个体重/kg	1.34	1.32	1.25	1.27	0.04	0.10

[1] 数据为二项式分布，因此数据表示为平均值和置信区间而非标准误；同行数据后所标字母相异表示差异显著（$P<0.05$）。

2.6 后备大白母猪初配日龄、体重和背膘与繁殖性能的相关关系

由表 6 可知，初配日龄、体重和背膘与大白母猪第一胎繁殖性能，包括总产仔数、活产仔数、仔猪初生个体重和初生窝重无显著相关关系（P>0.05）。

表 6 后备大白母猪初配日龄、体重和背膘与繁殖性能的相关系数（r）

参数	初配日龄	初配体重	初配背膘
总产仔数	0.036	0.087	0.042
活产仔数	0.019	0.051	0.048
仔猪个体重/kg	0.052	−0.006	−0.059
窝重/kg	0.055	0.009	−0.008

3 讨论

由于本试验中母猪配种的时间在 9 月至次年 2 月，因此将初配季节划分为秋季（配种时间为 9—11 月）和冬季（12 月—次年 2 月）。本试验的结果显示，秋季大白母猪的死胎率显著低于冬季。这与谢静静等（2022）[11]、吴旭东等（2023）[12]以及卢晓芳等（2024）[13]的研究结果较为一致。谢静静等（2022）和吴旭东等（2023）的研究均发现，秋季配种（9-11 月）丹系大白母猪的活产仔数和产健仔数均高于冬季配种（12 月—次年 2 月）的母猪。卢晓芳等（2024）研究发现，秋季配种（9—11 月）的 LY 母猪的死胎数和弱仔数均低于冬季配种（12 月—次年 2 月）的母猪。母猪的繁殖性能受到遗传和环境效应的综合作用，其中环境温度、湿度、光照等因素可以通过影响母猪生理状态及体内激素水平进而影响其产仔性能[14]。由此可见，秋季配种的母猪其生理状态和激素水平较冬季配种更有利于胎儿的存活。

目前，关于后备母猪初配日龄对母猪繁殖性能的研究结果差异很大。在本研究中，并未观察到初配日龄对大白母猪第一胎的产仔性能产生显著影响。这与前人的部分研究结果一致[15-17]。但 Rozeboom 等[15]同时发现，随着初配日龄的增加，母猪第一胎的仔猪初生个体重也随之增加。分析差异存在的原因，可能与试验母猪在初配日龄范围内是否已经处于性成熟阶段有关。本研究中，试验大白母猪的初配日龄在 219 ~ 333 d 的范围内，平均初配日龄为 250 d；Rozeboom 等的研究中 LY 母猪的初配日龄在 138 ~ 279 d 的范围内，平均初配日龄为 205 d。总结前人关于后备母猪达到性成熟的日龄来看，基本集中在 180 ~ 220 日龄。由此可见，本研究中所有的母猪均已达到性成熟，而 Rozeboom 等的研究中有些母猪并未达到性成熟。这也就很好地解释了 Rozeboom 等观察到了仔猪出生个体重和母猪初配日龄之间的相关关系。

就初配体重而言，在本研究中，并未观察到初配体重对大白母猪第一胎产仔数和仔猪初生重产生显著影响。这与 Rozeboom 等（1996）[15]以及 Young 等（1990）[17]的研究结果类似。而 Roongsitthichai 等（2010）[18]研究发现，初配体重>150 kg 的 LY 母猪其第二胎的总产仔数显著高于初配体重在 136-140 kg 的母猪，且初配体重与总产仔数和活产仔数呈现显著的正相关关系。分析试验存在差异的原因，可能与试验母猪所处的生理条件有关。本研究中，后备大白母猪初配体重在 152 ~ 222 kg（平均为 178.4 kg），且低于 170 kg 的母猪比例仅为 3.5%。而在 Roongsitthichai 等的研究中后备 LY 母猪的初配体重在 112 ~ 170 kg（平均为 139.1 kg）。目前关于不同品种后备母猪的最佳初配体重推荐存在一定差异，但基本集中在 130 ~ 145 kg 之间[7,9,10]。显

然，在本试验中，母猪在初次配种时已经完全达到了体成熟。而 Roongsitthichai 等的研究中低初配体重的母猪还未达到体成熟，这直接导致了其在第一胎的泌乳期内出现能量的负平衡，从而影响了其第二胎的繁殖性能。

就初配背膘来看，并未观察到其对大白母猪第一胎繁殖性能产生影响。这也与 Rozeboom（1996）等[15]以及 Young 等（1990）[17]的研究结果一致。但也有研究者得到了不一致的结果。Roongsitthichai 等（2010）[18]发现高初配背膘组 LY 母猪（BF≥17.0 mm）其总产仔数较中等初配背膘组母猪（14.0 ~ 16.5 mm）显著增加了 1.1 头，而较低初配背膘组母猪（BF≤13.5 mm）有增加的趋势。而柴捷等（2019）[19]则观察到配种背膘为 14.0 ~ 18.0 mm 的后备大白和长白母猪总产仔数和活产仔数均显著高于初配背膘<14.0 mm 和>18.0 mm 的母猪。分析本研究与上述两个研究存在差异的原因，可能归因于两方面：一是母猪品种不同，二是与前述初配体重分析同理，即试验母猪生理条件不一所致。本试验母猪在初次配种时已经完全达到了体成熟，而柴捷等的研究中并未给出后备母猪的基础体况描述分析。

4 结论

综上所述，配种季节在秋季的后备大白母猪的死胎率显著低于冬季配种的母猪；初配日龄范围在 219 ~ 333 d（平均初配日龄为 250 d）、初配体重在 152 ~ 222 kg（平均初配体重为 178.4 kg）以及初配背膘在 10 ~ 29 mm（平均初配背膘为 16.9 mm）对大白母猪第一胎繁殖性能无显著影响。

参考文献

[1] Pedersen P N. Longevity and culling rates in the Danish sow production and the consequences of a different strategy of culling. In: Proceedings of the Nordiska Jordbruksforskares Forening Seminar 265- Longevity of Sows. Danielsen, V.（Ed.）Denmark: Research Centre Foulum. 1996: 28-33.

[2] Hoge M D, Bates R O. Developmental factors that influence sow longevity[J]. Journal of Animal Science, 2011, 89: 1238–1245.

[3] Sasaki Y, Koketsu Y. Sows having high lifetime efficiency and high longevity associated with herd productivity in commercial herds[J]. Livestock Science, 2008, 118: 140–146.

[4] Lavery A, Lawlor P G, E Magowan, et al. An association analysis of sow parity, live-weight and back-fat depth as indicators of sow productivity[J]. Animal, 2019, 13（3）: 622-630.

[5] Schukken Y, Buurman J, Huirne R, et al. Evaluation of optimal age at first conception in gilts from data collected in commercial swine herds[J]. Journal of Animal Science, 1994, 72: 1387-1392.

[6] Tummaruk P, Tantasuparuk W, Techakumphu M, et al. Age, body weight and backfat thickness at first observed estrus in crossbred Landrace×Yorkshire gilts, seasonal variations and their influence on subsequence reproductive performance[J]. Animal Reproduction Science, 2007, 99: 167-181.

[7] Tummaruk P, Lundeheim N, Einarsson S, et al. Factors influencing age at first mating in purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire gilts[J]. Journal of Animal Reproduction Science, 2000, 63: 241-253.

[8] Tummaruk P, Tantasuparuk W, Techakumphu M, et al. The association between growth rate, body weight, backfat thickness and age at first observed oestrus in crossbred Landrace× Yorkshire gilts[J]. Animal Reproduction

Science, 2009, 110（1-2）: 108-122.

[9] Kummer R, Bernardi M L, Wentz I, et al. Reproductive performance of high growth rate gilts inseminated at an early age[J]. Animal Reproduction Science, 2006, 96: 47-53.

[10] PIC: Sow and Gilt Management Manual[EB/OL]. 2015 http:/na.picgenus.com/sites/genuspic_com/Uploads/sowgilt_manual.pdf.

[11] 谢静静, 张冰洁, 王亚洲, 等. 季节对丹系大白母猪繁殖性能的影响[J]. 养猪, 2022（3）: 31-33.

[12] 吴旭东, 李默, 张威, 等. 不同胎次、配种季节对丹系大白猪繁殖性能影响[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2023（5）: 24-27.

[13] 卢晓芳, 冉茂良. 胎次和配种季节对二元母猪繁殖性能的影响[J]. 中国猪业, 2024, 19（3）: 85-92.

[14] 王俊锋, 郭晶, 连慧香, 等. 胎次、配种季节、背膘厚度、与配公猪品种对加系大约克夏母猪繁殖性能的影响[J]. 中国饲料, 2023（8）: 29-32.

[15] Rozeboom P, Lundeheim N, Einarsson S, et al. Effect of birth litter size, birth parity number, growth rate, backfat thickness and age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows[J]. Animal Reproduction Science, 1996, 66: 225-237.

[16] Young L, King G, Shaw J, et al. Interrelationships among age, body weight, backfat and lactation feed intake with reproductive performance and longevity of sows[J]. Canadian Journal of Animal Science, 1991, 71: 567.

[17] Young L, Walton S, McMillan I, et al. Age, weight, backfat and time of mating effects on performance of gilts[J]. Canadian Journal of Animal Science, 1990, 70: 469.

[18] Roongsitthichai A, Koonjaenak S, Tummaruk P. Backfat thickness at first insemination affects litter size at birth of the first parity sows[J]. Agriculture and Natural Resources, 2010, 44（6）: 1128-1136.

[19] 柴捷, 张亮, 朱丹, 等. 加系初产母猪妊娠始末背膘厚度对其当胎繁殖性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55（12）: 4.

（收稿日期：2024-12-19）

不同饲养密度对大白猪生长肥育性能的影响

李云鹏[1]，曾勇庆[1]，尚香兰[2]，陈 伟[1*]，杨维仁[1]
（1.山东农业大学动物科技学院/山东省家畜种质创新与利用重点实验室，山东 泰安 271017;
2.泰安市宁阳县蒋集镇畜牧站，山东 宁阳 271409）

摘要：为了探究不同饲养密度对大白猪生长肥育性能的影响，试验选择 60 日龄、体重 20 kg 左右的大白猪 790 头，将其按照饲养密度分为低密度组（1.25 m^2/头）、中密度组（1.07 m^2/头）和高密度组（0.88 m^2/头）三组，在相同的条件下开展生长性能测定，主要测定大白猪的平均日增重、眼肌面积、背膘厚度和眼肌深度等性状。结果显示，随着饲养密度的增加，大白猪的平均日增重、眼肌面积、背膘厚度和眼肌深度均呈显著下降（P<0.05）；生长肥育阶段的大白猪在 1.25 m^2/头的饲养密度下表现出最佳的生长性能。本研究为大白猪的科学饲养管理提供参考依据。

关键词：饲养密度；大白猪；生长性能；体重；背膘厚
中图分类号：S828.5 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0019-03

随着居民消费水平的提高，对猪肉需求不断增长，促使养猪业向规模化、集约化方向转变。规模化猪场通常采用现代化设施和技术，能够确保生产效率和产品质量。这些猪场常常采用自动化喂养系统、环境控制设备和精密的管理方法，以提高生产效率并降低成本[1]。

集约化猪场在提高生产效率的同时，也可能对猪只造成一些负面影响，比如，集约化猪场通常采用密集饲养方式[2]，猪只生长空间受限，可能导致猪只行为受到限制，增加压力和焦虑感，影响猪只的生长和健康[3]。工厂化养殖模式下，饲养密度成为影响畜禽生长性能的重要因素[4]。集约化养殖场内生猪饲养密度通常规定为 0.8 ~ 1.2 m^2，而在实际操作中生猪的饲养密度通常为 0.8 ~ 1.0 m^2[5-6]。因此，为探讨适宜于生长育肥阶段大白猪的饲养密度，本研究设计试验分析饲养密度对生长育肥猪生长性能的影响，以期为提高猪场生产性能和经济效益提供基础数据支撑。

1 材料和方法

1.1 材料

试验于 2023 年河南某种猪有限公司开展。选择 60 日龄、保育结束时体重约为 20 kg 的健康大白母猪 790 头为试验对象，所有试验猪只健康状况良好，且组间初始体重无显著差异（P>0.05）。

1.2 方法

1.2.1 试验设计与分组 猪舍栏位为砖墙结构，面积为 15 m^2（3 m × 5 m）；根据每栏的饲养头数，试验分为 3 组，分别是高密度组、中密度组和低密度组，饲养密度分别为 0.88 m^2/头、1.07 m^2/头和 1.25 m^2/头（表 1）。

表 1 试验设计与分组

试验分组	饲养密度/（m^2/头）	猪栏面积/m^2	每栏猪数量/头	猪栏数/个
高密度组	0.88	15	17	20
中密度组	1.07	15	14	15
低密度组	1.25	15	12	20

1.2.2 饲养管理 猪舍内全部配置全自动饮水设

基金项目：山东省农业良种工程重点项目（2022LZGC003）
*通讯作者：wchen@sdau.edu.cn

备，地板为全漏粪地板配水泡抽粪机。试验前对猪舍进行彻底清洗、消毒，干燥并空栏 1 周后将试验猪转入，试验期为 120 d；试验过程中的饲养管理按猪场常规程序执行。

1.2.3 测定方法 利用奥斯本自动饲喂系统测定试验猪体重，采用 explore B 超仪测定试验结束时猪活体的眼肌面积、眼肌深度和背膘厚度。利用奥斯本设备测定体重。根据《种猪生产性能测定规程》（NYT 822-2004）[7]的要求，在猪倒数第 3～4 肋间左侧距背中线 5 cm 处，利用 explore B 超仪测量猪活体的眼肌面积、眼肌深度、背膘厚度。

1.3 数据分析

利用 Excel 对试验数据进行整理，采用 SPSS 25.0 软件进行单因素方差分析，并用 Graphpad 8.0.2 对数据进行绘图。结果用“平均值±标准差”表示，$P<0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 饲养密度对大白猪体重的影响

结果显示，低密度组（1.25 m^2/头）大白猪的结测体重显著高于中密度组（1.07 m^2/头）和高密度组（0.88 m^2/头，$P<0.05$），中密度组结测体重显著高于高密度组（$P<0.05$）（图 1A）；同样，低密度组大白猪的平均日增重显著高于中密度组和高密度组（$P<0.05$），中密度组平均日增重显著高于高密度组（$P<0.05$）（图 1B）。

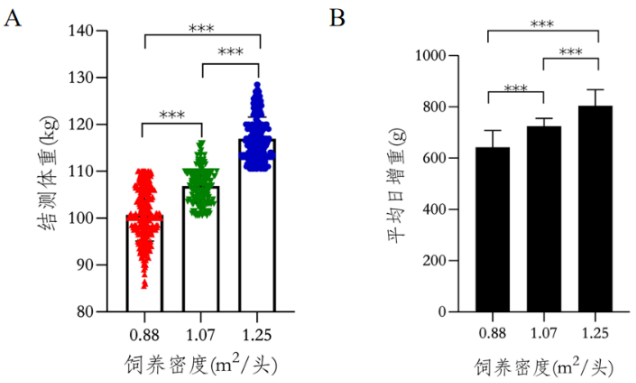

图 1 饲养密度对大白猪结测体重（A）和平均日增重（B）的影响

* 表示 $P<0.05$，** 表示 $P<0.01$，*** 表示 $P<0.001$。

2.2 饲养密度对背膘厚度、眼肌深度、眼肌面积的影响

由图 2 可知，饲养密度对大白猪背膘厚度（图 2A）、眼肌深度（图 2B）、眼肌面积（图 2C）具有显著影响（$P<0.05$）。低密度组大白猪的背膘厚度、眼肌深度、眼肌面积分别显著高于中密度和高密度组，中密度组背膘厚度、眼肌深度、眼肌面积显著高于高密度组。

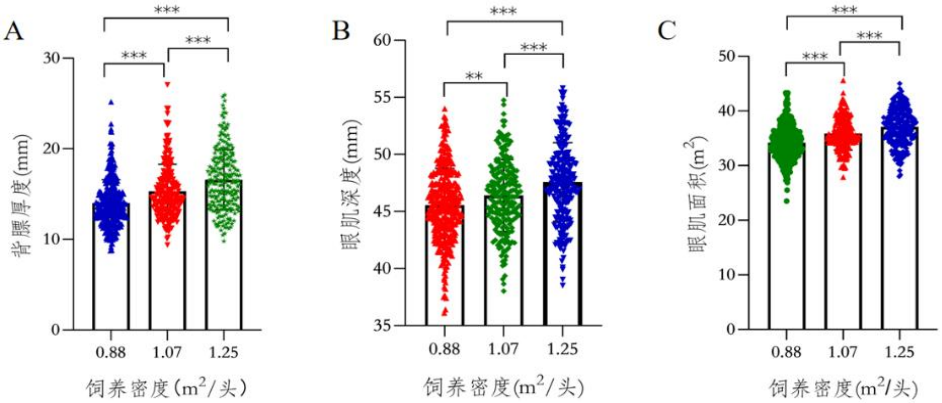

图 2 饲养密度对大白猪背膘厚（A）、眼肌面积（B）和眼肌深度（C）的影响

* 表示 $P<0.05$，** 表示 $P<0.01$，*** 表示 $P<0.001$。

3 讨论

饲养密度对猪生长性能有着显著影响，不仅会影响猪的体重，也会对猪的眼肌面积、背膘厚度和眼肌深度等方面产生影响[8]。适宜的饲养密度可以促进猪只的生长和发育，提高生产效率[9]，因为适当的密度可以促进猪只间的社交互动，增加食物摄入量，有利于提高饲料转化率和生长速

度[10]。研究表明，不合理的饲养密度直接影响生长猪采食量，降低日增重及饲料效率[11]。有研究发现，生长猪的适宜饲养密度为 1.23 m^2/头[12]；而育肥猪在 1.40 m^2/头的饲养密度下平均日增重和饲料报酬显著高于 1.05 m^2/头和 0.84 m^2/头的饲养密度[13]。

本研究发现，生长肥育阶段的大白猪在 1.07 m^2/头的饲养密度下表现出最佳的生长性能；随着猪只饲养密度的增加，体重、眼肌面积、背膘厚度和眼肌深度存在显著性差异（P<0.05）。过低的饲养密度会造成养猪设备等资源浪费，冬季也不利于栋舍的保温[14]；而另一方面，饲养密度过大，不利于猪只的健康生长，导致竞争激烈、压力过大，容易发生打架斗殴现象，影响消化吸收和免疫功能，增加疾病风险，最终影响生长性能；也容易引起舍饲环境温湿度和有害气体浓度升高[15]。若猪舍内通风不良，饲养密度过大，CO_2 浓度急剧升高，会造成猪只缺氧，诱发 CO_2 慢性中毒，表现为精神不振，食欲、生产力和免疫力下降，导致发病率升高[16]，使地面和垫料卫生污浊，从而降低猪只的生产性能和免疫力，并增加一些环境性疾病发生的风险[17]。

因此，猪场的科学管理和环境优化至关重要，应根据猪只品种、体型和生长阶段等因素确定适宜的饲养密度[18-19]，并提供良好的生长环境，包括通风、卫生和温度控制，以最大程度发挥猪只的生长潜力，确保其达到最佳的生长性能水平。

4 结论

在本试验条件下，1.25 m^2/头的低密度饲养方式能显著提升猪的生长性能和胴体品质，是生长肥育阶段大白猪的适宜饲养密度。

参考文献

[1] 马官军, 刘向东. 猪场生产管理系统的应用和研究进展[J]. 猪业科学, 2019, 36（5）: 122-124.

[2] 左权, 杨开伦, 杨红建, 等. 饲养密度对动物生产的影响[J]. 动物营养学报, 2024, 36（1）: 141-150.

[3] 肖登科. 饲养密度对猪群生产性能及健康的影响[J]. 湖北畜牧兽医, 2019, 40（2）: 31-32.

[4] 周广驰, 魏艳华, 李莹, 等. 不同饲养方式对鲁莱黑猪生产性能及肌红蛋白含量影响的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2022, 20（16）: 60-65.

[5] 郭永清, 赵宇飞, 张小宇. 不同饲养方式及密度对猪生长性能及肉品质的影响[J]. 饲料研究, 2019, 42（8）: 120-123.

[6] 陈祖鸿, 符世雄, 伍明山, 等. 立体多层楼房集约化养猪模式的应用现状[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2022, 40（18）: 23-27.

[7] 农业农村部. 种猪生产性能测定规程：NY/T 822-2019[S]. 北京：中国农业出版社，2019.

[8] 杨厚德. 集约化猪场饲料营养与管理技术分析[J]. 中国畜禽种业, 2021, 17（3）: 137-138.

[9] 孙维才. 当前我国养猪业现状分析及应对策略[J]. 山东畜牧兽医, 2024, 45（3）: 67-68.

[10] 杨慧杰. 浅谈养猪产业的现状与发展趋势[J]. 养猪, 2023, 10（5）: 45-49.

[11] Li X, Xiong X, Wu X, et al. Effects of stocking density on growth performance, blood parameters and immunity of growing pigs [J]. Animal nutrition, 2020, 6（4）: 529-534.

[12] 李懿, 李晓娜. 饲养密度对育肥猪生长性能、抗氧化和应激指标的影响[J]. 中国饲料, 2023（6）: 37-40.

[13] 庄鲁, 陈善华, 欧林, 等. 玩具和饲养密度对生长猪采食习性和生长性能的影响[J]. 养猪, 2017, 4: 87-88.

[14] Cole D, Todd L, Wing S. Concentrated swine feeding operations and public health: a review of occupational and community health effects[J]. Environmental Health Perspectives, 2000, 108（8）: 685-699.

[15] 曾兴宇, 吴宇梁, 李雪, 等. 饲养密度和栏舍面积对仔猪生长性能、肠道健康和免疫功能的影响[J]. 动物营养学报, 2023, 35（8）: 5013-5022.

[16] 郭志福, 任菊秋. 养殖密度对育肥猪生长性能的影响[J]. 中国动物保健, 2024, 26（5）: 74-75.

[17] 马万才. 规模化猪场生长育肥猪饲养管理和保健措施[J]. 今日畜牧兽医, 2021, 37（7）: 62.

[18] 李敏. 规模化养猪场保育猪管理技术[J]. 猪业科学, 2024, 41（3）: 110-112.

[19] 马德宏. 生长育肥猪饲养管理及保健措施分析[J]. 畜牧业环境, 2023, 40（20）: 102-103.

（收稿日期：2025-07-21）

2022—2024 年亭湖区高致病性禽流感和新城疫免疫抗体监测和分析

许宇婷*，吕慧敏，董柏华，许志成，周 林，刘汉中
（江苏省盐城市亭湖区动物疫病预防控制中心，江苏 盐城 224600）

摘要：为及时掌握近三年高致病性禽流感和新城疫免疫后的抗体水平，评估免疫效果，亭湖区动物疫病预防控制中心对全区 6 个镇（街道）进行常规检测，并在每年春秋开展 2 次集中监测。2022—2024 年，共采集血清样品 2 227 份，进行高致病性禽流感 H5、H7 和新城疫免疫抗体检测，并对检测数据进行统计和分析。结果显示，高致病性 H5N6 Re-13、H5N8 Re-14、H7N9 Re-4 和新城疫免疫抗体合格率分别为 95.2%、96.18%、95.87%和 97.68%，新城疫免疫抗体合格率高于禽流感，鸡禽流感免疫抗体合格率高于水禽。本研究旨在了解本区高致病性禽流感和新城疫的免疫情况，为科学制定免疫方案和防控措施提供数据支撑。

关键词：高致病性禽流感；新城疫；免疫抗体；监测；亭湖区
中图分类号：S855.3 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0022-04

高致病性禽流感（Highly pathogenic avian influenza，HPAI）是由 A 型流感病毒引发的流感，具有高发病率和死亡率，可通过流行和大流行危害人和动物，对人类健康和经济生产造成巨大影响的传染病[1]。新城疫（Newcastle disease，ND）是由新城疫病毒引发的一种急性、热性传染病，常呈败血症经过。HPAI 和 ND 均被我国列为重点防控的一类动物疫病，是禽类养殖过程中较为常见的两种传染病，造成鸡只的大量死亡，且尚未有特效的治疗药物，因此预防尤为重要。接种疫苗是动物疫病防控不可或缺的环节，而抗体监测是评价疫苗免疫效果的主要方法[2]。为提高养殖场和散养户对 HPAI 和 ND 免疫的重视程度，减少疾病的发生，本研究于 2022—2024 年随机抽取亭湖区的规模养殖场和散养户进行了血清样本的采集及免疫抗体的检测。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源 2022—2024 年，在亭湖区 6 个乡镇（街道）各随机抽取规模场和散养户，随机采集免疫后 21 d 以上的血样待检。共抽查规模场 167 个，其中鸡场 143 个，水禽场 24 个，鸡散养户 53 个，水禽散养户 4 个，共采集血清样品 2 227 份，其中鸡 1 985 份、水禽 242 份。

1.1.2 诊断试剂 禽流感病毒 H5 亚型（Re-13 株）血凝抑制试验抗原、禽流感病毒 H5 亚型（Re-14 株）血凝抑制试验抗原、禽流感病毒 H7 亚型（Re-4 株）血凝抑制试验抗原和鸡新城疫血凝抑制试验抗原由哈尔滨国生生物科技股份有限公司生产；1%浓度的鸡红细胞悬液：采集未经免疫健康公鸡的抗凝血，轻微摇晃均匀，用 pH7.2

*通讯作者：528493436@qq.com

的 0.01 mol/L 磷酸盐缓冲液洗涤 4 次后，配制成 1%红细胞悬液，4 ℃ 保存备用。

1.2 方法

参照《高致病性禽流感诊断技术》（GB/T 18936—2020）规定的血凝（Hemagglutinin, HA）试验测定 4 个血凝单位（4HAU）的病毒抗原并配制备用，再采用血凝抑制（Hemagglutination Inhibition，HI）试验进行 H5 和 H7 亚型 HPAI 抗体检测[3]。参照《鸡新城疫诊断技术》（GB/T16550–2020）采用 HI 试验进行 ND 抗体检测[4]。

1.3 判定标准

HPAI 的 HI 抗体效价≥2^4 判定为免疫抗体个体合格，群内抗体阳性率≥70%判定为免疫抗体场合格。ND 的 HI 抗体效价≥2^5 判定为免疫抗体个体合格，群内抗体阳性率≥70%判定为免疫抗体场合格。

2 结果

2.1 HPAI 和 ND 抗体总体情况

本区 2022—2024 年，免疫的 AI 疫苗均为重组 AIV（H5+H7）三价灭活疫苗，为 H5N6 H5–Re13、H5N8 H5–Re14 株和 H7N9 H7–Re4 株，检测的是 H5 亚型（Re–13 和 Re–14）抗体、H7 亚型（Re–4）抗体。HPAI 和 ND 整体抗体水平常年保持稳定，群内抗体阳性率均超过 70%，且免疫合格率多年维持在较高水平。由表 1 可见，HPAI 的免疫效果散养户与规模场相近，而 ND 的免疫效果规模场略高于散养户。总体来说，亭湖区整体免疫效果较好，对 HPAIV 和 NDV 具有一定的抵御能力。而 2022 年未进行常规检测，仅有集中监测结果，显示合格率高达 100%，证明春秋防有较好成效，而常规检测的抗体合格率较低，可能是部分个体差异，免疫操作不规范等，导致抗体滴度低，维持时间短，效价下降速度快，在常规检测时部分个体不合格。

表 1 2022—2024 年 HPAI 和 ND 抗体情况

时间		总样品			规模场样品			散养户样品		
		检测数/份	合格数/份	合格率/%	检测数/份	合格数/份	合格率/%	检测数/份	合格数/份	合格率/%
2022	H5N6 Re–13	416	416	100.00	366	366	100.00	50	50	100.00
	H5N8 Re–14	416	416	100.00	366	366	100.00	50	50	100.00
	H7N9 Re–4	416	416	100.00	366	366	100.00	50	50	100.00
	ND	366	366	100.00	316	316	100.00	50	50	100.00
2023	H5N6 Re–13	910	852	93.63	767	715	93.22	143	137	95.80
	H5N8 Re–14	910	855	93.96	767	718	93.61	143	137	95.80
	H7N9 Re–4	910	860	94.51	767	721	94.00	143	139	97.20
	ND	818	788	96.33	675	653	96.74	143	135	94.41
2024	H5N6 Re–13	901	852	94.63	796	752	94.47	105	102	97.14
	H5N8 Re–14	901	871	96.67	796	766	96.23	105	105	100.00
	H7N9 Re–4	901	859	95.34	796	758	95.23	105	101	96.19
	ND	801	785	98.00	696	691	99.28	105	94	89.52
合计	H5N6 Re–13	2227	2120	95.20	1929	1831	94.92	298	289	96.97
	H5N8 Re–14	2227	2142	96.18	1929	1850	95.90	298	292	97.99
	H7N9 Re–4	2227	2135	95.87	1929	1845	95.65	298	290	97.32
	ND	1985	1939	97.68	1687	1660	98.40	298	279	93.62

2.2 HPAI 和 ND 抗体滴度

由表 2 可见，H5N6 Re-13、H5N8 Re-14、H7N9 Re-4 和 ND 抗体滴度平均值为 7.09、7.42、7.25、8.4。ND 的抗体滴度高于 HPAI，可能是因为 ND 有多种联苗和单苗，给药方式多样，致使免疫频次高于 HPAI，效价也更好。

表 2 2022—2024 年亭湖区 HPAI 和 ND 抗体滴度情况

检测项目	不同抗体滴度数量/份										平均值
	≤1	2	3	4	5	6	7	8	9	≥10	
H5N6 Re-13	51	19	41	89	206	304	536	465	245	271	7.09
H5N8 Re-14	53	16	25	70	142	229	509	521	332	330	7.42
H7N9 Re-4	41	8	44	86	158	284	542	501	311	252	7.25
ND	10	10	10	16	34	93	320	438	456	598	8.4

2.3 不同家禽 HPAI 免疫抗体情况

由表 3 可见，HPAI 免疫抗体个体合格率在不同家禽间有较大差异，鸡的 H5N6 Re-13、H5N8 Re-14 和 H7N9 Re-4 免疫抗体合格率分别为 96.07%、97.23%、95.42%，水禽的 H5N6 Re-13、H5N8 Re-14 和 H7N9 Re-4 免疫抗体合格率分别为 88.01%、87.60%、91.32%，证明鸡 HPAI 免疫抗体合格率高于水禽。

表 3 不同家禽 HPAI 抗体检测结果

禽流感亚型	鸡			水禽		
	检测数/份	合格数/份	合格率/%	检测数/份	合格数/份	合格率/%
H5N6 Re-13	1985	1907	96.07	242	213	88.01
H5N8 Re-14	1985	1930	97.23	242	212	87.60
H7N9 Re-4	1985	1894	95.42	242	221	91.32

2.4 不同地区免疫抗体情况

亭湖区各个乡镇（街道）禽类的抗体滴度分布存在差异，HPAI 抗体合格率最高的是新兴镇，分别为 100%、98.77%、98.77%，最低的是黄尖镇，分别为 87.09%、85.43%、88.41%。ND 抗体合格率南洋镇最高，为 100%，便仓镇最低，为 94.19%（表 4）。说明部分乡镇的防疫工作还存在不足之处，建议加强交流学习与技术指导，提升全区免疫质量。

表 4 不同地区 HPAI 和 ND 免疫抗体检测结果

地区	H5N6 Re-13			H5N8 Re-14			H7N9 Re-4			ND		
	检测数/份	合格数/份	合格率/%	检测数/份	合格数/份	合格率/%	检测数/份	合格数/份	合格率/%	检测数/份	合格数/份	合格率/%
新兴	324	324	100.00	324	320	98.77	324	320	98.77	284	283	99.65
便仓	272	263	96.69	272	267	98.16	272	267	98.16	241	227	94.19
黄尖	302	263	87.09	302	258	85.43	302	267	88.41	261	258	98.85
盐东	833	809	97.12	833	813	97.60	833	813	97.60	793	767	96.72
南洋	301	297	98.67	301	287	95.35	301	291	96.68	261	261	100.00
街道	195	180	92.31	195	180	92.31	195	177	90.77	195	193	98.97
合计	2227	2136	95.91	2227	2125	95.42	2227	2135	95.87	2035	1989	97.74

3 讨论

对鸡和水禽免疫抗体进行比较发现鸡的抗体水平高于水禽，这可能与水禽自身免疫机制有关，不同家禽对免疫接种的应答有差异[5]。疫苗产品说明也表明水禽需在首免后 3 周，加强免疫一次，免疫期比鸡少 2 个月。因此，在实际免疫工作时需要考虑疫苗、家禽品种、接种程序和环境，适当调整免疫程序和增加免疫次数。

对规模场和散养户进行比较发现规模场抗体合格率高于散养户，提示应加强对散养户的免疫接种和监测工作。抗体效价的影响因素有如下 5 个方面：（1）散养户免疫次数不够，其主要依靠村级防疫员的例行免疫接种，尤其是 ND 的免疫频次远低于规模场，造成其免疫合格率低于规模。（2）部分散养户对免疫工作不重视，缺乏防疫意识，未进行免疫申报，存在漏免，甚至拒绝免疫的情况。（3）免疫操作不规范，免疫程序不合理，出现免疫剂量不足或漏液的情况。（4）疫苗原因，疫苗运输或储藏不当，导致疫苗质量降低。（5）机体本身因素。因此，需要做好基层工作，加强对散养户的强制免疫，对免疫不合格者及时进行补免。

4 结论

2022—2024 亭湖区 HPAI 和 ND 免疫抗体合格率相对较高，免疫工作成效显著。今后，亭湖区 HPAI 和 ND 防控还应继续加强对防疫员和养殖户的培训宣传，提高疫病防控意识，发挥村级防疫员的作用，合理安排免疫程序，规范操作，疫苗按照要求运输和储藏，从而提高免疫抗体水平，建立免疫屏障，为本地家禽养殖业的持续健康发展提供安全与保障。

参考文献

[1] Su S, Gu M, Liu D, et al. Epidemiology, Evolution, and Pathogenesis of H7N9 Influenza Viruses in Five Epidemic Waves since 2013 in China [J]. Trends Microbiol, 2017, 25（9）: 713-28.

[2] 陶荣辉. 血清学免疫抗体检测在动物疫病防控中的应用[J]. 农业开发与装备, 2020（4）: 236-237.

[3] 农业农村部. 高致病性禽流感诊断技术：GB/T 18936—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.

[4] 农业农村部. 新城疫诊断技术：GB/T 16550-2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.

[5] 杨彩娟, 温肖会, 任裕其, 等. 2014—2018 年广东省禽流感疫苗强制疫效果评价[J]. 中国家禽, 2019, 41（10）: 53-59.

（收稿日期：2024-11-25）

本 刊 声 明

1. 本刊已许可中国学术期刊（光盘版）电子杂志社（中国知网及其系列数据库）、万方数据股份有限公司（中国核心期刊遴选数据库）、重庆维普咨讯有限公司（中文科技期刊数据库）、北京世纪超星信息技术发展有限责任公司（超星期刊域出版平台）四家单位，以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意本刊上述声明，作者若不同意，请在投稿时说明。

2. 本刊文章版权所有，未经书面许可，不得以任何形式转载。

《山东畜牧兽医》编辑部

黄芩苷对沙门氏菌磷霉素耐药性的逆转和 *fosA3* 基因的消减作用

刘凤芝，杨瑞锋，孙新堂*

（山东畜牧兽医职业学院，山东 潍坊 261061）

摘要：为探究黄芩苷能否逆转沙门氏菌对磷霉素的耐药性及减少质粒介导的磷霉素耐药基因 *fosA3* 的表达，本研究测定了黄芩苷及磷霉素对一株临床猪源沙门氏菌 W61 的最小抑制浓度（MIC），通过 FIC 值明确黄芩苷与磷霉素的联合抗菌作用，并采用荧光定量 PCR 检测黄芩苷处理前后沙门氏菌 W61 中 *fosA3* 表达量的变化。结果显示，黄芩苷和磷霉素抑制沙门氏菌 W61 的最小浓度分别为 512 mg/L 和 1 024 mg/L。当磷霉素和黄芩苷联合应用浓度均为 128 mg/L，FIC 值为 0.38，二者有协同增效作用。荧光定量 PCR 显示，沙门氏菌 W61 经黄芩苷处理后，*fosA3* 基因的转录水平显著下调（$P<0.001$）。结果表明，黄芩苷对 *fosA3* 基因的表达具有调控作用，可恢复菌株对磷霉素的敏感性，可用于临床上沙门氏菌感染的辅助治疗。

关键词：多重耐药沙门氏菌；磷霉素；黄芩苷；*fosA3*

中图分类号：S858.28 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0026-06

沙门氏菌是一种革兰氏阴性、兼细胞内生长的人畜共患病病原菌，既可以水平传播，也可以垂直传播，不仅给畜禽业造成重大损失，而且对人类的健康造成一定的危害[1-3]。磷霉素作为有几十年历史的抗生素，通过使 UDP–N–乙酰胞壁酸烯醇式丙酮酰转移酶（MurA）失活，干扰细菌细胞壁肽聚糖合成，从而发挥杀菌作用。由于近期多重耐药菌和泛耐药病原菌的出现，磷霉素作为具有优良抗菌活性的抗生素，近期被重新应用于临床[4]。在肠杆菌科细菌中已发现多种 Fos 磷霉素蛋白修饰酶，包括 FosA 及其亚型和 FosC2，通过对磷霉素分子结构的修饰使磷霉素失活[5-6]。*fosA3* 是目前最常见的质粒介导的磷霉素耐药基因，广泛存在于亚洲、美洲和欧洲分离的肠杆菌属菌株中[7-9]。因此，携带 *fosA3* 基因的肠杆菌在全球的广泛传播已成为一个严重的公共卫生问题[10]。*fosA3* 可随着质粒的水平转移在细菌之间快速传播[10-11]。

为防止耐药基因在细菌中传播与流行，多种耐药抑制剂被广泛用于提升抗生素疗效或延缓耐药性产生，如克拉维酸、舒巴坦、甲硫达嗪、利血平等[12-13]。但由于其容易产生耐药性且副作用比较大，实际用于临床的比较少。而中药具有副作用小、成分复杂、作用靶点多的特点，不易产生耐药性，使得其在抗感染治疗领域展现出独特优势，成为研发新型耐药逆转剂的重要资源。黄芩作为一种常用中药，其主要活性成分黄芩苷具有显著的生物活性，具有抑菌、利尿、抗炎、降胆固醇、抗血栓形成、缓解哮喘、泻火解毒等作用[14-16]。崔小蝶研究发现，黄芩苷与 EDTA 协同能够逆转沙门氏菌对多黏菌素的耐药性[17]。磷霉素耐药性在肠杆菌中阳性率逐年增大，然而黄芩

基金项目：山东畜牧兽医职业学院自然科学基金（2022zrkxzd004）

*通讯作者：sdmysxt@163.com

苷逆转磷霉素耐药性鲜见有人报道。因此本研究旨在探讨黄芩苷对沙门氏菌磷霉素耐药性的逆转作用及其对 *fosA3* 基因表达的影响，同时检测黄芩苷与磷霉素的联合抗菌作用，为新型中药耐药抑制剂的开发和耐药性的防控提供了新的研发思路和理论参考。

1　材料与方法

1.1　材料

1.1.1　实验菌株　菌株为 2023 年 5 月从山东省潍坊市健康猪粪便样本中分离的 *fosA3* 阳性德比沙门氏菌 W61，前期接合实验证明 *fosA3* 位于质粒上；本研究中 16S rRNA 序列的数据库登录号为 X80681；质控用大肠杆菌标准株为 *E. coli* ATCC 25922。

1.1.2　主要药品与试剂　磷霉素购自北京索莱宝科技有限公司；黄芩苷购自上海源叶生物科技有限公司；沙门氏菌显色培养基、营养琼脂、营养肉汤和 MHB 肉汤均购自青岛海博生物技术有限公司；逆转录酶购自 Thermo Scientific；2×SG Fast qPCR Master Mix（High Rox）、UNlQ−10 柱式 Trizol 总 RNA 抽提试剂盒购自生工生物工程（上海）股份有限公司。

1.2　方法

1.2.1　黄芩苷溶液的配制　称取适量黄芩苷，用去离子水配成浓度为 10 240 mg/L 的溶液，利用 9%碳酸钠溶液助溶。采用 0.22 μm 的滤膜进行过滤除菌，黄芩苷每次使用前均需现用现配。

1.2.2　菌液制备　挑取形态一致的单菌落，接种于营养肉汤，37 ℃ 培养至对数期。8 000 r/min，离心 5 min 收集菌体，用生理盐水将菌液稀释成 0.5 麦氏浊度（≈1.5×10^8 CFU/mL）。

1.2.3　黄芩苷和磷霉素对沙门氏菌 W61 抑菌能力检测　按照美国临床和实验室标准协会（CLSI）标准指南[18]，采用微量肉汤稀释法测定黄芩苷及磷霉素作用于沙门氏菌 W61 最小抑菌浓度 MIC。在无菌条件下，取 10 根试管，依次加入 1 mL MHB 液体培养基。然后在第 1 根试管加入 1 mL 药液，混匀后取 1 mL 加入第 2 根试管，依此类推，直至第 9 根试管，混匀后，弃掉 1 mL 混合液。然后向第 1 至第 8 根试管和第 10 根试管加入菌液，使每根试管菌液浓度为 1×10^5 CFU/mL。第 9 和第 10 根试管分别为阴性对照组和阳性对照组。将试管放进培养箱 37 ℃ 培养 18 ~ 24 h，观察各根试管溶液中细菌生长情况。以不出现浑浊的最小浓度作为药物对试验菌株的 MIC。大肠杆菌 ATCC 25922 作为对照菌。

1.2.4　棋盘法测定联合用药抑菌指数 FIC　为测定黄芩苷与磷霉素联合应用共同作用效果，在 96 孔板第 A–G 行每孔依次加入 0 mg/L、1/64 MIC、1/32 MIC 、 1/16 MIC 、 1/8 MIC 、 1/4 MIC 、1/2 MIC 50 μL 的黄芩苷，96 孔板第 1 ~ 10 竖列每孔依次加入 0 mg/L、1/8 MIC、1/4 MIC、1/2 MIC 50 μL 的磷霉素。向每孔加入菌液，最终使孔中菌液浓度达到 1×10^{5}CFU/mL，同时设立阳性对照和阴性对照，放入 37 ℃ 培养箱中培养 18 h 左右，观察各孔是否出现浑浊。以不出现浑浊的浓度为最小抑菌浓度 MIC。FIC 计算公式如下：

$$\mathrm{FIC}=\mathrm{FICA}+\mathrm{FICB}=\frac{\text{A 药联合用药时的 MIC}}{\text{A 药单独用药时的 MIC}}+\frac{\text{B 药联合用药时的 MIC}}{\text{B 药单独用药时的 MIC}}$$

FICA：A 药在与 B 药联用时的 MIC，除以 A 药单用时的 MIC；FICB：B 药在与 A 药联用时的 MIC，除以 B 药单用时的 MIC。FIC 指数：FICA 与 FICB 两者之和，用于评价两药联用的效果。

结果判定：FIC≤0.5 为协同作用，0.5< FIC ≤1 为相加作用，1<FIC≤2 为无关作用，2<FIC

为拮抗作用[17]。

1.2.5 黄芩苷逆转沙门氏菌对磷霉素耐药性的作用 配制 5 mL 含 1/16 MIC、1/8 MIC、1/4 MIC、1/2 MIC浓度的黄芩苷的营养肉汤，接种沙门氏菌 W61 菌液 10 μL，37 ℃ 摇床中培养 18 ~ 24 h。取培养后的菌液，三区划线接种于营养琼脂平板。沿培养皿外表面，划上相同的横竖相交的格线，每个方格标上数字，利用棋盘培养法筛选逆转子。在相同的数字孔内，将划线分离出的单个菌落依次接种于含最低抑菌浓度的磷霉素和不含磷霉素的沙门氏菌显色培养基上。在含磷霉素的平板上生长的菌落数记为 C1，在不含药物的平板上生长的菌落数记为 C2，耐药逆转率%=（1–C1/C2）×100%。

1.2.6 *FosA3* 表达量的变化 随机选取一株 W61 逆转子，将其与 W61 分别接种到营养肉汤，37 ℃ 过夜培养，12 000 r/min 离心收集菌体，利用总 RNA 抽提试剂盒抽提菌体 RNA。Nano drop 检测 RNA 浓度，确保其 A260/A280 的值在 1.8 ~ 2.0 之间，将 RNA 反转为 cDNA，进行荧光定量 PCR，每个样品进行 Real Time PCR 扩增时做 3 个平行。16S rRNA 作为内参基因。自行设计引物序列如表 1 所示。采用 GraphPad Prism 5.0 与统计学分析软件进行数据分析，$P<0.05$ 差异显著。

表 1 引物序列

靶基因	引物名称	引物序列（5′→3′）
16S rRNA	16S rRNA–F	GAGCAAGCGGACCTCATAAA
	16S rRNA–R	GAACGTATTCACCGTGGCAT
fosA3	*fosA3*–F	AAGGGGCAAGGGAAAAAGAT
	fosA3–R	TTACAACGCTTTCAAGAAGCAA

2 试验结果

2.1 黄芩苷和磷霉素对 *fosA3* 阳性沙门氏菌 W61 抑菌作用

如表 2 所示，黄芩苷对沙门氏菌 W61 和大肠杆菌 ATCC 25922 的最小抑菌浓度 MIC 分别为 512 mg/L 和 1 024 mg/L，磷霉素对沙门氏菌 W61 和 ATCC 25922 的 MIC 分别为 1 024 mg/L 和 16 mg/L。

表 2 最小抑菌浓度

药物/（mg/L）	沙门氏菌 W61	ATCC 25922
黄芩苷	512	1 024
磷霉素	1 024	16

2.2 抑菌指数 FIC 的测定

由表 3 可知，1/2 ~ 1/16 MIC 的黄芩苷与磷霉素联合应用 FIC 值均小于 1，说明二者联用具有协同或者相加作用。128 mg/L（1/4 MIC）的黄芩苷与 128 mg/L（1/8 MIC）磷霉素联用 FIC 值为 0.38，小于 0.5，表明此时二者有协同作用。1/2 MIC（256 mg/L）、1/8 MIC（64 mg/L）、1/16 MIC（32 mg/L）的黄芩苷与磷霉素联用 FIC 值小于 1 大于 0.5，表明此时二者具有相加作用。

表 3 黄芩苷恢复沙门氏菌 W61 对磷霉素耐药性的能力

黄芩苷浓度/（mg/L）	磷霉素最小抑菌浓度/（mg/L）	逆转倍数	FIC
0	1 024	/	/
256（1/2 MIC）	8	128	0.51
128（1/4 MIC）	128	8	0.38
64（1/8 MIC）	512	2	0.63
32（1/16 MIC）	512	2	0.56

2.3 耐药逆转率

用亚抑菌浓度的黄芩苷作用于沙门氏菌 W61，根据表 4 可知，128 mg/L（1/4 MIC）的黄

芩苷磷霉素消除率最高，达到 1.26%。其他各亚抑菌浓度（1/2 MIC、1/8 MIC、1/16 MIC）的黄芩苷均能消除 W61 对磷霉素的耐药性。磷霉素对沙门氏菌 W61 逆转子的最低抑菌浓度 MIC 由 1 024 mg/L 变为 32 mg/L，降低 32 倍。

2.4 黄芩苷作用前后 *fosA3* 基因相对定量结果

由表 5 可知，黄芩苷处理后，菌株 W61 中 *fosA3* 基因的转录水平显著下调（P<0.001）。

表 4 不同浓度的黄芩苷对磷霉素耐药性消除

黄芩苷浓度/（mg/L）	逆转子数目/*n*	非逆转子数目/*n*	点样总数/*n*	消除率/%
0	0	101	101	0
256（1/2 MIC）	1	211	212	0.47
128（1/4 MIC）	3	235	238	1.26
64（1/8 MIC）	2	267	269	0.74
32（1/16 MIC）	1	119	120	0.83

表 5 *fosA3* 基因相对定量结果

组别	*fosA3* Ct 值	16S rRNA Ct 值	ΔCt	ΔΔCt	$2^{-(\Delta\Delta Ct)}$	*P* 值（t 检验）
黄芩苷作用前	15.26 ± 0.07	13.10 ± 0.06	2.16 ± 0.04	0.00	1.00 ± 0.03	—
黄芩苷作用后	17.08 ± 0.08	13.75 ± 0.12	3.33 ± 0.20	1.17	0.30 ± 0.04	0.0006

3 讨论

中国禁止在食品动物中使用磷霉素，但越来越多的研究者从鸡、鸭、猪等食品动物中分离出 *fosA3* 阳性肠杆菌[19-20]。有研究表明，*fosA3* 常常与多种重要耐药基因共存于同一菌株，如 bla_{NDM-5}, bla_{CTX-M} 等，使得其他抗生素的选择压力加速 *fosA3* 基因的传播[21-22]。*fosA3* 基因常常位于接合性质粒上，随着质粒的水平转移在不同细菌间转移[23-24]。携带 *fosA3* 的肠杆菌分离株的全球传播已成为一个严重的公共卫生问题[25]。

细菌耐药已成为全球性公共卫生危机，2023 年全球约 1/6 的常见细菌感染对一线抗生素耐药，而新药研发难度大、周期长。因此，研究具有恢复耐药菌耐药性中药或中药成分成为目前研究的热点问题[26]。大量研究表明很多清热解毒的中药具有抑菌和逆转细菌耐药性的作用，如：黄连、黄芩、金银花、鱼腥草等[27-28]。崔小蝶研究发现黄芩苷与 EDTA 协同能够逆转沙门氏菌对多黏菌素的耐药性[17]。本研究从山东省潍坊市健康猪粪便中分离到 1 株 *fosA3* 阳性沙门氏菌，其对磷霉素表现出具有较高耐药性（1 024 mg/L）。研究显示，当黄芩苷与磷霉素浓度均为 128 mg/L 时，体外联合应用抑菌指数 FIC 为 0.38，说明二者有协同作用。32、64、256 mg/L 黄芩苷与磷霉素联用抑菌指数 FIC 的值位于 0.5 和 1 之间，说明这三个浓度的黄芩苷与磷霉素具有相加作用。经不同浓度的黄芩苷处理的沙门氏菌 W61，均可分离到对磷霉素敏感的沙门氏菌 W61，磷霉素对沙门氏菌 W61 的最低抑菌浓度 MIC 由 1 024 mg/L 变为 32 mg/L，降低 32 倍。荧光定量 PCR 结果显示，黄芩苷可以显著减少沙门氏菌 *fosA3* 基因的表达，这一结果提示，黄芩苷逆转沙门氏菌对磷霉素耐药性的机制可能与其下调 *fosA3* 基因的表达密切相关。磷霉素抑制细胞壁合成第一步关键酶 MurA，从而阻断 N–乙酰胞壁酸的合成，从源头抑制肽聚糖组装，从而快速杀菌。有研究表明黄芩苷可破坏细菌外膜脂质双层，增加膜通透性，抑制外排泵，从而利于小分子磷霉素快速穿透外膜，到达胞质 MurA 靶点[17,29]。磷霉素与黄芩苷的合用作用靶点互补，造成细胞壁合成“双重阻断”。这就是磷霉素与黄芩苷协同的核心机制之一。

然而，本研究仍存在一定的局限性。首先，本研究仅在体外环境中探讨了黄芩苷对 *fosA3* 阳

性沙门氏菌的作用，其在动物体内的有效性和安全性仍需进一步验证。此外，黄芩苷作为中药单体，其在体内的药代动力学特性、最佳给药剂量和疗程等问题，也是未来将其开发为耐药逆转剂需要解决的关键问题。

4 结论

综上所述，本研究表明黄芩苷可增强磷霉素对沙门氏菌的体外抗菌活性。黄芩苷作为一种新型磷霉素佐剂，凸显了非抗生素制剂在对抗细菌性感染性疾病方面的巨大潜力。此外，仍需开展更多前瞻性临床试验以验证黄芩苷联合磷霉素在体内的增效作用。本研究结果为利用现有抗菌药物联合佐剂抑制多重耐药沙门氏菌感染提供了潜在治疗策略。

参考文献

[1] Zhao X, Li W, Hou S, et al. Epidemiological investigation on drug resistance of Salmonella isolates from duck breeding farms in Shandong Province and surrounding areas, China[J]. Poult Sci, 2022, 101（8）: 101961.

[2] Galanis E, Lo Fo Wong DM, Patrick ME, et al. Web–based surveillance and global Salmonella distribution, 2000-2002[J]. Emerg Infect Dis, 2006, 12（3）: 381-388.

[3] Scallan E, Hoekstra RM, Angulo FJ, et al. Foodborne illness acquired in the United States-major pathogens[J]. Emerg Infect Dis, 2011, 17（1）: 7-15.

[4] Sastry S, Doi Y. Fosfomycin: Resurgence of an old companion[J]. J Infect Chemother, 2016, 22（5）: 273-280.

[5] Fang LX, Jiang Q, Deng GH, et al. Diverse and Flexible Transmission of fosA3 Associated with Heterogeneous Multidrug Resistance Regions in Salmonella enterica Serovar Typhimurium and Indiana Isolates[J]. Antimicrob Agents Chemother, 2020, 64（2）: e02001-19.

[6] Falagas ME, Kastoris AC, Kapaskelis AM, et al. Fosfomycin for the treatment of multidrug–resistant, including extended–spectrum beta–lactamase producing, Enterobacteriaceae infections: a systematic review[J]. Lancet Infect Dis, 2010, 10（1）: 43-50.

[7] Wang XM, Dong Z, Schwarz S, et al. Plasmids of Diverse Inc Groups Disseminate the Fosfomycin Resistance Gene fosA3 among Escherichia coli Isolates from Pigs, Chickens, and Dairy Cows in Northeast China[J]. Antimicrob Agents Chemother, 2017, 61（9）: e00859–17.

[8] Wachino J, Yamane K, Suzuki S, et al. Prevalence of fosfomycin resistance among CTX–M–producing Escherichia coli clinical isolates in Japan and identification of novel plasmid–mediated fosfomycin–modifying enzymes[J]. Antimicrob Agents Chemother, 2010, 54（7）: 3061-3064.

[9] Yang TY, Lu PL, Tseng SP. Update on fosfomycin–modified genes in Enterobacteriaceae[J]. J Microbiol Immunol Infect, 2019, 52（1）: 9-21.

[10] Hou J, Huang X, Deng Y, et al. Dissemination of the fosfomycin resistance gene fosA3 with CTX–M β–lactamase genes and rmtB carried on IncFII plasmids among Escherichia coli isolates from pets in China[J]. Antimicrob Agents Chemother, 2012, 56（4）: 2135-2138.

[11] Lee SY, Park YJ, Yu JK, et al. Prevalence of acquired fosfomycin resistance among extended-spectrum β-lactamase-producing Escherichia coli and Klebsiella pneumoniae clinical isolates in Korea and IS26-composite transposon surrounding fosA3[J]. J Antimicrob Chemother, 2012, 67（12）: 2843-2847.

[12] Sutherland R, 刘小康. β-内酰胺酶抑制剂与抗生素耐药性的逆转[J]. 国外医药（抗生素分册）1993, 14（4）: 259-263.

[13] 戴薇, 霍泳宁, 王宇环. 浅谈抗生素的联合用药[J].

时珍国医国药, 2006, 17（3）: 463-464.

[14] Chen Y, Yuan W, Yang Y, et al. Inhibition mechanisms of baicalin and its phospholipid complex against DHAV-1 replication[J]. Poult Sci, 2018,97（11）: 3816-3825.

[15] Sass A, Slachmuylders L, Van Acker H, et al. Various Evolutionary Trajectories Lead to Loss of the Tobramycin-Potentiating Activity of the Quorum-Sensing Inhibitor Baicalin Hydrate in Burkholderia cenocepacia Biofilms[J]. Antimicrob Agents Chemother, 2019, 63（4）: e02092-18.

[16] 陈勇川, 谢林利, 熊丽蓉, 等. 黄芩苷/黄芩素对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌抗药性的逆转作用研究[J]. 中国药房, 2008, 19（9）: 644-646.

[17] Cui XD, Zhang JK, Sun YW, et al. Synergistic antibacterial activity of baicalin and EDTA in combination with colistin against colistin-resistant Salmonella[J]. Poult Sci, 2023, 102（2）: 102346.

[18] CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing, 28th ed[S]. CLSI supplement M100. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2018.

[19] Schultsz C, Geerlings S. Plasmid-mediated resistance in Enterobacteriaceae: changing landscape and implications for therapy[J]. Drugs, 2012, 72（1）: 1-16.

[20] Raz R. Fosfomycin: an old-new antibiotic[J]. Clin Microbiol Infect, 2012, 18（1）: 4-7.

[21] Wang D, Fang LX, Jiang YW, et al. Comparison of the prevalence and molecular characteristics of fosA3 and fosA7 among Salmonella isolates from food animals in China[J]. J Antimicrob Chemother, 2022, 77（5）: 1286-1295.

[22] Hameed MF, Chen Y, Bilal H, et al. The Co-occurrence of mcr-3 and fosA3 in IncP plasmid in ST131 Escherichia coli: A novel case[J]. J Infect Dev Ctries, 2022, 16（4）: 622-629.

[23] Zhao W, Li W, Du XD, et al. Hybrid IncFIA/FIB/FIC（FII）plasmid co-carrying blaNDM-5 and fosA3 from an Escherichia coli ST117 strain of retail chicken[J]. Int J Food Microbiol, 2022, 382: 109914.

[24] Hao Y, Zhao X, Zhang C, et al. Clonal Dissemination of Clinical Carbapenem-Resistant Klebsiella pneumoniae Isolates Carrying fosA3 and blaKPC-2 Coharboring Plasmids in Shandong, China[J]. Front Microbiol, 2021, 12: 771170.

[25] Jiang W, Men S, Kong L, et al. Prevalence of Plasmid-Mediated Fosfomycin Resistance Gene fosA3 Among CTX-M-Producing Escherichia coli Isolates from Chickens in China[J]. Foodborne Pathog Dis, 2017, 14（4）: 210-218.

[26] 李汉永, 李旭成, 魏丛师. 中药治疗多重耐药菌的研究进展[J]. 湖北中医杂志, 2018, 40（9）: 54-58.

[27] 韩红艳, 冀爱青, 李洪燕. 5 种中药材体外抑菌活性研究[J]. 中兽医医药杂志, 2020, 39（2）: 63-66.

[28] 吴盘红, 谢婷, 王海燕, 等. 黄连煎煮液抗念珠菌增效作用的体外实验研究[J]. 中国中西医结合皮肤性病学杂志, 2020, 19（3）: 205-210.

[29] Wang J, Jiao H, Meng J, et al. Baicalin Inhibits Biofilm Formation and the Quorum-Sensing System by Regulating the MsrA Drug Efflux Pump in Staphylococcus saprophyticus[J]. Frontiers in microbiology, 2019, 10, 2800.

（收稿日期：2026-01-02）

盐碱地放牧对安格斯牛生长性能和血清生化指标的影响

张 萍[1]，肖发沂[1]，孙得发[1]，曹维伟[2]，郑艳玲[1]，王云洲[1*]

（1.山东畜牧兽医职业学院，山东 潍坊 261061；2.寿光市畜牧业发展中心，山东 寿光 262700）

摘要：为了探讨盐碱地放牧对安格斯牛生长性能和血清生化指标的影响，分析盐碱地放牧与圈舍饲养两种不同饲养方式下安格斯牛生长性能和血清生化指标的差异，试验选取（12±0.2）月龄、（320±35）kg 重量相近、健康状况良好的安格斯公牛 12 头，按照单因素试验设计分为 2 组，每组 6 个重复，每个重复 1 头。对照组（SS）采用断奶犊牛直线育肥方式进行饲喂，试验组（YJ）于盐碱地放牧饲养，饲养期 180 d。结果显示，相较于对照组（SS），试验组（YJ）安格斯牛的终末体重（FBW）和平均日增重（ADG）无显著差异（P>0.05）。血清生化方面，试验组（YJ）血清中白蛋白（ALB）含量显著提高（P<0.05），肌酐（CR）含量有降低趋势（P=0.056），甘油三酯（TG）和低密度脂蛋白胆固醇（LDL–C）含量显著降低（P<0.05），胆碱酯酶（CHE）浓度显著提高（P<0.05），其余指标及肝功能相关指标、微量元素等均无显著差异（P>0.05）。结果表明，相较于圈舍饲养，盐碱地放牧对牛只平均日增重和终末体重没有明显影响，但其血清生化指标（白蛋白、胆碱酯酶、甘油三酯）等存在显著差异，体现盐碱地放牧在优化安格斯肉牛营养代谢，增强机体抗氧化和免疫能力等方面具有一定优势。研究结果为安格斯肉牛在盐碱地区的科学养殖提供理论依据。

关键词：盐碱地放牧；圈舍饲养；安格斯牛；血清生化指标

中图分类号：S823 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0032-07

潍坊市寒亭区位于山东半岛中部，毗邻渤海莱州湾，受海潮和地下水影响[1]，土壤含盐量高、pH 高，有机质少[2]，盐碱地盐分组成以 NaCl、Na_2SO_4为主[3]。近年来，随着对盐碱地生态利用研究的不断深入[4-5]，改良盐碱地和对盐碱地有效利用成为热点话题，通过“以草治碱”模式，以生物治盐，种植苜蓿、碱茅、黑麦草等耐盐碱牧草品种，改善土壤盐力，发展生态农业；通过合理放牧养殖，利用盐碱地植被资源转化为畜产品[6]，还能在一定程度上改善盐碱地生态环境，促进区域生态经济的协调发展。到目前为止，关于盐碱地放牧养殖对动物健康的影响的研究报道较少，盐碱地放牧养殖的可行度有待进一步探究。安格斯牛因其肉质优良、适应性强而成为全球重要的肉牛品种。在肉牛养殖中，饲养方式对牛的生长性能、健康状况和肉质品质有着重要影响，传统圈舍饲养便于管理和疫病防控，但限制了牛的运动量，影响其机体代谢。盐碱地放牧饲养是一种利用特殊自然资源的饲养方式，牛在自然环境中采食天然牧草，运动量充足，但盐碱地环境及牧草组成复杂，可能给牛的生理状态带来特殊影响。因此，试验通过对比两种饲养方式下安格斯牛生长性能和血清生化指标，深入了解盐碱地放牧对安格斯牛生理机能的影响，旨在为优化动物饲养管理方式提供科学依据，提高生产性能与动物健康水平。

基金项目：山东省 2022 年度中央引导地方科技发展资金项目（YDZX2022147）；潍坊市科技发展计划项目（2024ZJ1177）；山东省科技型中小企业创新能力提升工程项目（2022TSGC2325）

*通讯作者：wyjie99@163.com

1　材料与方法

1.1　材料

试验动物：选取月龄为（12±0.2）、身体状况良好、体重约 320 ± 35 kg，且相近的安格斯公牛 12 头。

1.2　方法

1.2.1　试验设计　本试验于潍坊市寒亭区某牧业有限公司进行。采用完全随机分组方式，将试验动物分为两组，每组设 6 个重复，每个重复 1 头，对照组（SS）为圈舍饲养，试验组（YJ）为盐碱地放牧饲养，试验开始前进行重新编号。对照组饲喂基础日粮，其营养组成及水平见表 1，试验组在基础日粮上以盐碱地牧草（苜蓿、碱蓬）替代小麦干草、玉米秸秆和黄贮饲料，苜蓿、碱蓬主要营养成分见表 2，两组饲养期均为 180 d。

表 1　基础日粮组成和营养水平（干物质基础）

	项目	含量
原料组成	小麦干草	11.60
	玉米秸秆	10.00
	黄贮	64.20
	玉米	8.10
	豆粕	3.70
	玉米胚芽粕	1.30
	麸皮	1.10
	合计	100.00
营养水平	粗蛋白 CP/%	5.30
	粗脂肪 EE/%	1.50
	粗灰分 Ash/%	11.60
	钙 Ca/%	1.18
	磷 P/%	0.34
	中性洗涤纤维 NDF/%	63.90
	酸性洗涤纤维 ADF/%	36.50

表 2　苜蓿、碱蓬主要营养成分（干物质基础）

项目	粗蛋白 CP/%	粗脂肪 EE/%	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	粗灰分 Ash/%	钙 Ca/%	磷 P/%
苜蓿	5.22	2.70	42.60	27.60	10.10	1.56	0.24
碱蓬	3.00	0.80	38.20	15.90	33.50	1.53	0.21

1.2.2　生长性能测定　在试验起始与结束阶段，分别测定两组试验牛的空腹体重，计算初始体重（IBW）、终末体重（FBW）和平均日增重（ADG）；其中，平均日增重的计算公式为：ADG =（FBW—IBW）/试验天数。

1.2.3　血清生化指标测定　试验结束当天，晨饲前，对试验组（YJ）和对照组（SS）牛只均从颈静脉处采集新鲜血液 10 mL，用于血液生化指标测定。血样静置 30 ~ 60 min，凝结后在 4 ℃条件下 3 000 r/min，离心 10 min，分离血清，干冰保存，送安山（天津）生物科技有限公司检测，将采集的血液使用全自动生化分析仪测定其含量。

1.3　数据分析

采用 Excel 2010 软件整理试验数据，用 SPSS 27.0 软件进行单因素方差分析（one–way ANOVA），结果以“平均值±标准误（SEM）”表示，P<0.01 表示差异极显著，P<0.05 表示差异显著，P>0.05 表示差异不显著。

2　结果

2.1　盐碱地放牧对安格斯牛生长性能的影响

由表 3 可知，与对照组（SS）相比，试验组（YJ）牛只 FBW 和 ADG 均无显著差异（P> 0.05）。

表 3 盐碱地放牧对安格斯牛体增重的影响

项目	组别		*p* 值
体重	对照组（SS）	试验组（YJ）	
初始体重 IBW/kg	319.33±16.35	314.17±15.55	0.823
终末体重 FBW/kg	430.17±8.66	415.00±7.24	0.209
平均日增重 ADG/（kg/d）	0.62±0.09	0.56±0.11	0.707

2.2 盐碱地放牧对安格斯牛血清生化指标的影响

由表 4 可知，与对照组（SS）相比，在蛋白质代谢指标中，试验组（YJ）牛血清中 ALB 含量显著提高（$P<0.05$），总蛋白（TP）、球蛋白（GLB）和尿素氮（BUN）浓度上升，但无显著差异（$P>0.05$），肌酐（CR）含量有降低趋势（$P=0.056$）；在脂代谢指标中，试验组（YJ）血清中 TG 和 LDL-C 含量显著降低（$P<0.05$），CHE 浓度显著升高（$P<0.05$），TC 和 HDL–C 含量降低，但差异不显著（$P>0.05$），NEFA 浓度升高，没有显著影响（$P>0.05$）；在肝代谢指标中，试验组（YJ）牛血清中 ALT、ALP 和 TBA 含量低于对照组（SS），但无显著差异（$P>0.05$），AST 浓度高于 SS 组，无显著影响（$P>0.05$）。

表 4 盐碱地放牧对安格斯牛血清生化指标的影响

项目	组别		*p* 值
	对照组（SS）	试验组（YJ）	
总蛋白 TP/（g/L）	68.15±1.31	70.70±1.50	0.230
白蛋白 ALB/（g/L）	23.79±0.62	25.80±0.60	0.043
球蛋白 GLB/（g/L）	44.19±1.45	44.90±1.02	0.694
尿素 BUN/（mmol/L）	3.19±0.34	3.39±0.22	0.628
肌酐 CR/（μmol/L）	202.53±12.34	168.33±9.85	0.056
胆碱酯酶 CHE/（μg/mL）	364.26±37.08	515.46±50.66	0.037
总胆固醇 TC/（mmol/L）	3.02±0.26	2.67±0.08	0.216
甘油三酯 TG/（mmol/L）	0.13±0.01	0.10±0.01	0.032
游离脂肪酸 NEFA/（mmol/L）	0.03±0.00	0.04±0.00	0.434
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/（mmol/L）	0.60±0.04	0.58±0.02	0.736
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/（mmol/L）	1.79±0.17	1.37±0.04	0.041
谷丙转氨酶 ALT/（U/L）	22.38±2.51	22.00±1.09	0.890
谷草转氨酶 AST/（U/L）	75.52±4.87	76.59±7.31	0.905
碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	70.11±4.48	63.77±3.87	0.310
总胆汁酸 TBA/（μmol/L）	24.52±2.62	18.97±1.23	0.084

2.3 盐碱地放牧对安格斯牛酶类指标的影响

由表 5 可知，与对照组（SS）相比，试验组（YJ）牛血清中的 LDH 和 AMS 浓度升高，但无显著差异（$P>0.05$）。

2.4 盐碱地放牧对安格斯牛电解质及微量元素指标的影响

由表 6 可知，试验组（YJ）牛血清中 Ca、K 和 P 含量与对照组（SS）相比，无显著差异

（P>0.05）。

表 5 盐碱地放牧对安格斯牛酶类指标的影响

项目	组别		p 值
酶类	对照组（SS）	试验组（YJ）	
乳酸脱氢酶 LDH/（U/L）	672.75±41.52	705.29±39.16	0.581
淀粉酶 AMS/（U/dL）	139.74±9.81	146.15±9.53	0.649

表 6 盐碱地放牧对安格斯牛电解质及微量元素指标的影响

项目	组别		p 值
电解质及微量元素	对照组（SS）	试验组（YJ）	
钙 Ca（mmol/L）	2.26±0.05	2.38±0.05	0.139
钾 K（mmol/L）	3.32±0.18	3.25±0.08	0.746
磷 P（mmol/L）	1.86±0.10	1.80±0.15	0.753

3 讨论

3.1 盐碱地放牧对安格斯牛生长性能的影响

动物的生长性能可直接反映动物机体正常发育和营养吸收代谢等状况[7]。平均日增重（ADG）反映动物采食量和饲料转化率的变化[8]。本研究结果表明，经过 180 d 试验期后，试验组（YJ）与对照组（SS）牛只的 FBW 和 ADG 均无显著差异，YJ 组 FBW 和 ADG 略低于 SS 组，这可能与盐碱地土壤的特性相关，盐碱地土壤的高盐量和低肥力导致牧草的粗蛋白含量较低且适口性差，从而影响安格斯牛的采食量和营养摄入效率。此外，放牧过程中牛只的能量消耗高于圈舍饲养的牛群，这可能也是导致 YJ 组的 FBW 和 ADG 略低于 SS 组的原因之一。该试验与刘生强等[9]研究结果一致，通过对对照组和试验组绵羊分别饲喂基础日粮和盐碱地牧草，其 FBW 和 ADG 无明显差异，且对照组的 ADG 和 FBW 更高。朱慧森等[10]研究发现，盐碱地牧草结合基础日粮饲喂绵羊时，绵羊的增重效果接近甚至优于圈舍饲养。因此，未来可考虑优化放牧管理策略，从而进一步评估盐碱地放牧的潜力。

3.2 盐碱地放牧对安格斯牛血清生化指标的影响

血液生化指标可以评估动物对营养物质的代谢状况，并在一定程度上反映机体的健康水平[11]。本研究中，试验组（YJ）安格斯肉牛血液生化指标均在正常范围内，说明盐碱地放牧不会导致安格斯肉牛出现不良应激反应。

血清总蛋白（TP）是血清中特殊的一类固体物质，具有运输物质、调节渗透压[12]、维持酸碱度等特殊作用[13]。动物机体中 TP 和 BUN 水平可以反映动物对蛋白质的消化吸收及对氮的利用情况，TP 浓度升高表示蛋白质吸收好，BUN 作为蛋白质代谢的终末产物[14]，较高的 BUN 含量反映动物摄入了更多的蛋白质或含氮物质。在本试验中，YJ 组安格斯肉牛血清中 TP 浓度和 BUN 含量相较于 SS 组升高，但差异均不显著（P>0.05），表明盐碱地放牧的牛只在蛋白质的吸收和利用方面有一定促进作用，但效果不明显，其原因可能与牛只运动量和蛋白质代谢平衡有关。白蛋白（ALB）是维持血浆胶体渗透压恒定的保证，在蛋白质代谢过程中起至关重要的作用[15]。陈帅等[16]研究发现，血清中 ALB 含量的增加，有利于动物抗体水平的提高，从而提高机体的免疫能力。在本试验中，YJ 组肉牛血清中 ALB 含量相较于 SS 组显著上升（P<0.05），表明盐碱地放牧的牛只免疫力有所上升，这可能是由于试验过程中放牧环境使牛群接触到更多的有益微生物或抗原物质，刺激机体免疫系统产生更多的白蛋白和球蛋白，提高了牛只对疾病的抵抗力。

血液中游离脂肪酸（NEFA）的浓度与脂类代谢、糖代谢、内分泌功能相关。血液中的NEFA通过饲料及内源脂肪分解而来，NEFA浓度升高意味着机体内源脂肪的丰富，脂肪代谢能力高。张艳玲等[17]研究指出，NEFA 浓度升高，机体对脂肪的代谢能力增加。在本试验中，YJ 组 NEFA 浓度高于 SS 组，但差异不显著（$P>0.05$）。说明盐碱地放牧有助于维持安格斯公牛正常的脂肪代谢，但不影响牛肉品质。甘油三酯（TG）对动物机体能量储存和脂肪的消化吸收也有影响，日粮中营养物质的 TG 含量过高时，血清中 TG 水平会有所增加，反之则会降低[18-20]。在本试验中，YJ 组牛血清中的 TG 浓度显著低于 SS 组（$P<0.05$），这可能是因为放牧牛只运动量较大，动员自身脂肪，提高了脂肪代谢能力。胆碱酯酶（CHE）是一类经肝合成的糖蛋白，也是参与脂质代谢的水解酶，参与TG和磷脂的水解[21]。张军等[22]研究指出，TG 和磷脂与腹脂质量及腹脂率相关。除此之外，Wang 等[23]研究发现，CHE 可以调节脂肪细胞内的信号通路，影响脂肪代谢相关酶的活性，如促进过氧化物酶体增殖物激活受体 γ（PPARγ）等转录因子的活性等，PPARγ 可促进脂肪细胞的分化和脂质积聚，从而间接促进脂肪合成。本试验中 YJ 组 CHE 的水平显著高于SS组（$P<0.05$），说明盐碱地放牧牛只机体内脂肪合成和代谢显著提高，有利于改善牛肉的风味与口感。

谷丙转氨酶（ALT）是动物体内重要的转氨酶，主要分布在肝脏，是非特异性细胞内功能酶，正常情况下 ALT 含量很低，在肝脏细胞受损或者细胞膜通透性增高的情况下，ALT 在血液中的活性会显著增强[24]。本试验中，牛血清中 ALT 含量在 YJ 组和 SS 组之间差异不显著（$P>0.05$），并且均在正常范围值之内，说明盐碱地放牧不会对牛的肝脏产生损害。血液中碱性磷酸酶（ALP）活性和机体生长密切相关[25-26]，能在一定程度上反映动物的生长发育速度，ALP 升高表示成骨细胞活性提高，骨质生成旺盛，骨中钙、磷沉积增加。本试验中，YJ组牛血清中ALP浓度稍低于SS组，差异不显著（$P>0.05$），均在正常范围值之内，YJ 组 ALP 浓度略低于 SS 组的原因可能是牛只长期食用盐碱地牧草，可能导致钙磷摄入失衡，磷是 ALP 的重要组成部分，磷缺乏可能会影响 ALP 的合成与活性。

3.3 盐碱地放牧对安格斯牛酶类指标的影响

乳酸脱氢酶（LDH）是一种广泛存在于生物体细胞内的糖酵解酶，在能量代谢过程中扮演关键角色。在糖酵解过程中，LDH 加快乳酸、丙酸的转换和能量代谢，对外界刺激存在不同程度的敏感反应。在本试验中，YJ 组牛血清中 LDH 含量略高于SS组，但差异不显著（$P>0.05$），乳酸脱氢酶（LDH）活性高，反映出 YJ 组无氧代谢能力相较于SS组更强，这与放牧过程中牛群运动量较大有关，说明LDH含量受日粮中营养物质水平的影响较小。

3.4 盐碱地放牧对安格斯牛电解质及微量元素指标的影响

Ca、K、P 等元素是动物机体内许多酶及组织的组成成分，也是动物体内含量最多的常量矿物元素[27]，不仅对反刍动物生长发育、维持生理机能和提高动物生产性能有重要作用[28-29]，对瘤胃的发酵机能也有重要影响[30]，除此之外，Ca、P 能够参与体内蛋白质、糖类和脂肪等的代谢，维持骨骼和牙齿的正常硬度和生理功能。动物机体的血钙浓度与日粮中 Ca 含量有关[31]。如果日粮中钙离子长期不能满足机体正常的钙需求时，会通过骨骼动员来满足钙的缺失。久而久之，会加剧钙离子的流失引起体内钙的失衡，从而引发

急性低血钙症。成年牛血清中正常钙离子浓度在 2.0 ~ 2.5 mmol/L 之间[32]，低于 2.0 mmol/L 时可判定为低血钙症。本试验中，YJ 组和 SS 组中钙浓度均处于正常范围，说明盐碱地放牧并不会影响安格斯公牛的骨骼发育。K 是动物体内仅次于钙和磷的大量矿物质元素[33]，是维持动物机体细胞生理活动的重要离子，主要作用是维持机体渗透压和酸碱平衡，对维持肌肉活动具有重要作用[34]。K+在碳水化合物代谢中，参与糖原的合成与分解，促进葡萄糖向细胞内转运，有利于糖原的合成与储存，在蛋白质代谢方面，有助于氨基酸的转运和蛋白质的合成，是多种参与蛋白质合成的酶的激活剂，对维持细胞的正常结构和功能、机体的生长发育具有重要意义。在本研究中，盐碱地放牧组（YJ）安格斯公牛体内的 K^+浓度略低于圈舍饲养组（SS）组，组间差异不显著（P>0.05），可能由于 YJ 组采食耐盐牧草中可能含有特殊营养成分或生物活性物质，这些物质影响了钾的代谢和分布。

4 结论

本研究表明，相较于圈舍饲养，盐碱地放牧对牛只平均日增重和终末体重没有明显影响，但其血清生化指标（白蛋白、甘油三酯、胆碱酯酶）等存在显著差异，体现盐碱地放牧在优化安格斯肉牛营养代谢，增强机体抗氧化和免疫能力等方面具有一定优势。

参考文献

[1] 赵英, 王丽, 赵惠丽, 等. 滨海盐碱地改良研究现状及展望[J]. 中国农学通报, 2022, 38（3）: 67-74.

[2] 黄明逸, 张展羽, 翟亚明, 等. 咸淡交替灌溉下生物炭对滨海盐渍土及玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36（21）: 88-96.

[3] 唐伟, 张玉文, 钱士超. 盐碱地造林绿化机理及技术路径探析——以潍坊市滨海区为例[J]. 潍坊学院学报, 2024, 24（2）: 11-16.

[4] 罗淋丹. 不同改良材料对滨海盐土的改良效果研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2024.

[5] Cai Y, Ren L, Wu L, et al. Saline-alkali soil amended with biochar derived from maricultural-solid-waste: Ameliorative effect and mechanism[J]. J Environ Manage. 2024, 368（9）:122134.

[6] 付月, 吕艳秋, 梁雪, 等. 植物草酸钙晶体的研究进展[J]. 分子植物育种, 2021, 19（5）: 1681-1686.

[7] 路顺萍, 吴启辉, 赵明鑫, 等. 饲粮中添加机采棉渣对肉兔生长性能、屠宰性能、肉品质和血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2025, 37（4）: 2627-2637..

[8] Simms R H. Respiration rate and rectal temperature in the new born lamb[J]. Journal of Animal Science, 1971, 32（2）: 296−300.

[9] 刘生强, 刘强, 董宽虎, 等. 轻度盐碱化草地混播牧草对绵羊采食量与屠宰性能的影响[J]. 中国饲料, 2011（24）: 20-23.

[10] 朱慧森, 刘生强, 刘强, 等. 中度盐碱化草地混播牧草替代玉米青贮对绵羊生产性能的影响[J]. 草地学报, 2013, 21（1）: 202-206.

[11] 周玉香, 吕玉玲, 王洁, 等. 血液生化指标在动物生产与营养调控研究中的应用概况[J]. 畜牧与饲料科学, 2012, 33（Z1）: 72-74.

[12] Tufoni M, Zaccherini G, Caraceni P, et al. Albumin: Indications in chronic liver disease[J]. United European Gastroenterol J. 2020, 8（5）: 528-535.

[13] 王建红, 刁其玉, 许先查, 等. 日粮 Lys、Met 和 Thr 添加模式对 0—2 月龄犊牛生长性能、消化代谢与血清学生化指标的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44（9）: 1898-1907.

[14] 汪成, 王之盛, 胡瑞, 等. 不同类型白酒糟对西杂牛生长性能、养分表观消化率、血清生化指标及瘤胃

发酵参数的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33（2）: 913-922.

[15] 余淼, 严锦绣, 彭忠利, 等. 微生物发酵饲料对肉牛免疫机能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40（4）: 114-117.

[16] 陈帅. 膨化秸秆生物发酵饲料对辽育白牛血液生化指标、免疫指标及胃肠道菌群影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017.

[17] 张艳玲, 张力莉. 不同生长阶段和不同精粗比对滩羊血液生化指标的影响[J]. 中国饲料, 2022（19）: 43-48.

[18] Poljak F. Co-variability of daily milk production traits,haematological and biochemical parameters in the blood serum and milk of Holstein cows[J]. Mljekarstvo, 2022, 72（3）: 131-139.

[19] 高旭红, 张俊丽, 岳彩娟, 等. 独活茎叶对西门塔尔杂交牛生长性能、血清生化指标、免疫和抗氧化指标的影响[J]. 中国饲料, 2023（23）: 184-189.

[20] Mudgal V, Garg AK, Dass RS, et al. Interaction of Antioxidant Trace Minerals Affecting Blood Picture Including Antioxidant Profile of Healthy Buffalo（Bubalus bubalis）Calves[J]. Biol Trace Elem Res. 2023, 201（1）: 156-169.

[21] 蔡秀媛. 非酒精性脂肪性肝病患者血液胆碱酯酶与各中医证型分布差异研究[D]. 福州: 福建中医药大学, 2021.

[22] 张军, 龚道清, 沈立权, 等. 肉鸭血浆脂类浓度与体脂含量关系的研究[J]. 扬州大学学报, 2003（4）: 23-26.

[23] Wang S, Dougherty EJ, Danner RL. PPARγ signaling and emerging opportunities for improved therapeutics[J]. Pharmacol Res. 2016, 111: 76-85.

[24] 张笑科, 廖伟莉, 李瑶, 等. 品种、季节、胎次、采精月龄及采精间隔对猪精液品质的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2022, 49（10）: 3879-3890.

[25] 李俊营, 刘伟, 钱立祥, 等. 稻鸭共生对枞阳媒鸭生产性能和血液生化指标的影响[J]. 中国家禽, 2018, 40（7）: 32-36.

[26] 吴承武, 牛培培, 李平华, 等. 斜发沸石对苏淮育肥猪血液生化指标和肠道形态的影响[J]. 畜牧与兽医, 2020, 52（5）: 39-45.

[27] 赵巧丽, 郭变. 日粮中钙磷水平对奶牛生长性能、血液生化指标及钙磷代谢的影响[J]. 中国饲料, 2023（12）: 64-67.

[28] Plascencia A, Alvarez E G, Monta O M, et al. Effects of dietary calcium levels on growth-performance and digestive function in cattle fed a high-fat finishing diet[J]. Journal of Applied Animal Research, 2009, 36（2）: 179-184.

[29] Taylor M S, Knowlton K F, Mcgilliard M L, et al. Dietary calcium has little effect on mineral balance and bone mineral metabolism through twenty weeks of lactation in holstein cows[J]. Journal of Dairy Science, 2009, 92（1）: 223-237.

[30] 陈月丽. 不同钙、磷水平日粮对 11～14 月龄奶水牛生长性能、养分消化率和血液指标的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2016.

[31] Boda J M, Cole H H. Calcium metabolism with special reference to parturient paresis（milk fever）in dairy cattle: A review[J]. J Dairy Sci, 1956, 39（7）: 1027-1054.

[32] 初汉平, 王中华, 李福昌. 饲粮钙水平对泌乳奶牛钙代谢的影响[J]. 动物营养学报, 2010, 22（5）: 1286-1292.

[33] 刘庆平, DIRK E.AXE, 张跃文. 钾、镁和硫在动物营养中的作用及其需要量的研究[J]. 饲料广角, 2005,（3）: 28-30.

[34] 史福胜. 高原马属动物全血钾、红细胞钾及血清钾、钠含量的测定[J]. 中国兽医杂志, 1998（7）: 25.

（收稿日期：2025-05-19）

徐州市部分鸡场新城疫抗体水平检测及其影响因素分析

王海军[1*]，昌莉丽[1]，李嘉琦[2]
（1.徐州生物工程职业技术学院，江苏 徐州 221006;
2.徐州中舒生物科技有限公司，江苏 徐州 221100）

摘要：为了监测徐州地区鸡群新城疫抗体水平，2024 年 8 月—11 月对采用血凝试验（HA）和血凝抑制试验（HI）对该地部分养鸡场采集的 153 份血清样本进行检测，结果参照《新城疫诊断技术》（GB/T 16550-2020）标准判定。结果显示，150 份合格，3 份不合格，合格率为 98.4%，表明该地区鸡群整体免疫状态良好。此外，本文还对 HA、HI 试验的操作要点、结果判读及临床意义进行了系统分析，以期为该技术的推广应用提供参考。

关键词：鸡；新城疫；抗体；检测
中图分类号：S852.4 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0039-06

新城疫（Newcastle disease, ND）又称“亚洲鸡瘟”，最早于 1926 年在印尼的爪哇岛和英国的滨海小镇新城被发现[1-2]，故以其发现地而命名为“新城疫”。该病临床特征常表现为急性败血性经过及高致死率[3]。目前，新城疫被世界动物卫生组织（WOAH）列为必须报告的动物疫病，在我国是优先防控的重大动物疫病之一。

该病病原是新城疫病毒（Newcastle Disease Virus，NDV），病毒粒子直径约 100 ~ 500 nm，呈球形电镜下显多边性，有时因囊膜损坏呈蝌蚪状或不规则形。病毒内部有单股负链 RNA，外层为双层脂质囊膜。病毒表面覆盖有纤突，长 8 ~ 12 nm，宽 2 ~ 4 nm，间距 8 ~ 10 nm，由两种表面糖蛋白组成：融合蛋白（F 蛋白）和血凝素-神经氨酸酶蛋白（HN 蛋白），后者具有血凝素和神经氨酸酶活性（图 1）[3]。

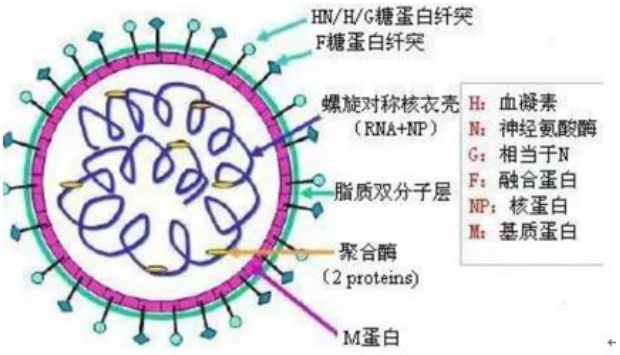

图 1 新城疫病毒粒子的结构示意图[3]

NDV 表面的血凝素（Haemagglutinin，HA）能够吸附于两栖类、爬行类、禽类和某些哺乳动物的红细胞表面，并产生肉眼可见的红细胞凝集现象。但是，该病毒的这种血凝作用会在病毒与特异性抗体结合后丧失。因此，如果先给予特定抗体与病毒进行充分反应，再加入红细胞，可通过观察红细胞能否被凝集而确定病毒类型。不过也要意识到，NDV 的血凝具有可逆性，即血凝超过一段时间后，会因为受到病毒表面的神经氨酸

基金项目：江苏省高校优秀创新团队“禽病防控”、江苏现代农业产业技术体系建设专项资金（JATS〔2021〕051）资助
*通讯作者：whj6481@126.com

酶（Neuraminidase，NA）的破坏作用而导致红细胞与病毒解离，这种现象称之为解脱。

血凝（HA）和血凝抑制（HI）试验则是利用了 NDV 能够凝集红细胞的特征，通过将适量红细胞与不同浓度待检血清及四单位抗原混合反应，观察红细胞是否产生凝集，判断该待检血清中是否含有特异性抗体，并检测抗体含量。这种实验原理简单、操作方便，实验结果比较准确，是目前应用较为普遍的 ND 诊断及抗体水平检测技术[4]。

近年来，通过免疫接种等防控手段，ND 疫情在我国得到了有效控制，但其对养禽产业的危害依然严重，在部分地区依然要求进行强制免疫。然而在实际生产过程当中，经常出现不同地区或养殖场免疫程序生搬硬套的情况，这很不利于鸡群保护。免疫后对动物采血分离血清进行抗体检测，可客观评价免疫效果，据此建立免疫档案，为鸡场制定科学免疫程序提供依据。

基于此，本文于 2024 年 8—11 月期间对徐州铜山、贾汪区 9 个养鸡场进行血清学检测，以评估其所养生鸡的免疫状态。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 待检样本采集 2024 年 8—11 月先后在徐州市铜山区、贾汪区 9 家养鸡场随机选择 153 只鸡进行翼下静脉采血，每只采血 2 mL，标注来源、时间和序号。

1.1.2 主要试剂 见表 1。

1.1.3 主要器材 见表 2。

表 1 主要试剂

序号	试剂名称	数量	规格
1	3.8%枸橼酸钠溶液		分析纯
2	鸡新城疫标准抗原	1 份	青岛立见诊断技术发展中心，批号 154028082
3	待检样本	153 份	
4	鸡新城疫标准阳性血清	1 份	青岛立见诊断技术发展中心，批号 154028082
5	鸡新城疫标准阴性血清	1 份	青岛立见诊断技术发展中心，批号 154028082
6	0.9%灭菌生理盐水		
7	PBS 缓冲液		

表 2 主要器材

序号	仪器名称	数量	规格
1	离心机	1	最高转速 4 000 rpm；12×15 mL
2	微量振荡器	1	
3	微量移液器	1	2 ~ 10 mL
4	微量移液器	1	0.1 ~ 1 mL
5	微量移液器	1	0.005 ~ 0.05 mL
6	移液枪吸头		2 ~ 10 mL 0.1 ~ 1 mL 0.005 ~ 0.05 mL
7	托盘天平	1	500 g
8	移液枪吸头盒		2 ~ 10 mL 0.1 ~ 1 mL 0.005 ~ 0.05 mL
9	板式移液器架	1	
10	96 孔 v 型血凝反应板		
11	烧杯		
12	禽用采血器		5 mL
13	具盖塑料离心管		15 mL
14	指型离心管		1.5 mL
15	离心管架		

1.2 方法

1.2.1 方法依据 农业农村部颁发的《新城疫诊断技术》国家标准（GB/T 16550-2020）[5]。

1.2.2 试验步骤 （1）处理待检血样。将采集好的采血针拉至最大量程，在温度 20 ~ 25 ℃ 的环境下静置，当血清析出后，旋开采血针头，缓慢倒出血清，置于 1.5 mL 指型离心管中，做好标记备用，当天完成检测。（2）配制实验溶液。1%鸡红细胞悬液：取 3.8%枸橼酸钠 0.5 mL，由非免疫成年公鸡翼下静脉采血 2 mL 混合，加入 3 ~ 4 倍体积的灭菌生理盐水混合稀释后放入离心

机按 2 000 r/min 离心 5 min，离心后取上清液弃去不用，再加入适量灭菌生理盐水洗涤，一共重复 3 次，最后一次离心持续 8 min，完成后弃去上清液，取压积红细胞 0.2 mL 加入 19.8 mL 的生理盐水中，轻轻摇晃混匀备用。（3）血凝试验（HA）。取 96 孔 V 型反应板 1 ~ 12 孔加入 25 μL 灭菌生理盐水，重复 3 组。在第 1 孔中加入 25 μL 标准抗原，吹打后倍比稀释至第 11 孔，取 25 μL 弃之。每孔加入 25 μL 灭菌生理盐水。1 ~ 12 孔加入 1%鸡红细胞悬液 25 μL，置于微量振荡器上混匀或轻叩反应板混匀，室温静置 20 ~ 30 min。（4）HA 读数。当对照孔红细胞呈显著纽扣状时判定结果，将反应板倾斜，观察红细胞有无眼泪状流淌。以完全凝集（不流淌）的最高稀释倍数为标准抗原的血凝效价，用“nlog2”表示，作为一个血凝单位的浓度（HAU）。（5）四单位抗原的配制。根据 HA 试验的结果，计算四单位抗原的稀释倍数（2 的 n 次方除以 4）。根据所需的四单位抗原的用量来确定抗原原液的用量。例如，需四单位抗原总量为 20 mL，则利用换算公式：抗原原液×稀释倍数=20 mL，求出抗原原液的体积。那么，需要 PBS 缓冲液的体积=20–抗原原液的体积。最后，根据计算结果配制即可。（6）血凝抑制试验（HI）。取 96 孔 V 型反应板，在 1 ~ 11 孔加入 25 μL 灭菌生理盐水，第 12 孔加入 50 μL 灭菌生理盐水。在第 1 孔分别加入 25 μL 待检血清、标准阳性血清、标准阴性血清，吹打混匀后倍比稀释至第 10 孔，弃除 25 μL。1 ~ 11 孔各加入 25 μL 4 HAU 抗原，振荡混匀，室温静置 20 ~ 30 min。1 ~ 12 孔加入 25 μL 1%鸡红细胞悬液，振荡混匀，室温静置 20 ~ 30 min。（7）HI 读数。对照孔红细胞呈显著纽扣状时判定结果。将反应板倾斜，从背侧观察加样孔底部的红细胞是否呈眼泪状流淌。以完全抑制 4 HAU 抗原的最高血清稀释倍数为该血清的 HI 抗体效价（完全流淌）以 n log2 表示结果。同时阴性血清对照孔血清效价≤2 log2，阳性血清对照孔血清效价与标定效价相差≤1 个滴度，红细胞对照无自凝现象时，试验结果有效。HI 效价≤3 log2，判为 HI 试验阴性；HI 效价≥4 log2，判为 HI 试验阳性。

2 结果

本研究共检测样本 153 份，调查结果见表 3。根据《新城疫诊断技术》（GB/T 16550–2020）标准判定，抗体水平合格的数量为 150 份，平均合格率在 98.04%，符合国家农业农村部对新城疫抗体水平规定的标准，且各个月份合格率基本一致，没有较大差异。

表 3 2024 年 8—11 月徐州市部分鸡场生鸡新城疫抗体水平合格率

月份	检测数/只	合格数/只	不合格数/只	合格率/%	平均合格率/%
8 月	20	20	0	100	
9 月	33	33	0	100	
10 月	76	74	2	97.37	98.3
11 月	24	23	1	95.83	
合计	153	150	3	98.04	

从表 4 来看，大多数被检测动物的抗体水平保持在 7 log2、8 log2 左右，约占总数的 78.43%，按照中国动物疫病预防控制中心规定的判定标准（效价大于 5 log2 判断为个体合格，合格个体不小于群体的 70%判定为群体合格），试验数据表明，徐州抽样的市售生鸡的抗体水平比较高，符合国家标准，新城疫预防成效明显。对于检测不合格的鸡，建议及时实施补免，以巩固群体免疫屏障。

表 4 2024 年 8—11 月徐州市部分鸡场生鸡新城疫抗体水平分布情况

	月份	8 月	9 月	10 月	11 月	合计	比例/%
抗体效价	1 log2	0	0	0	0	0	0
	2 log2	0	0	0	0	0	0
	3 log2	0	0	1	0	1	0.65
	4 log2	0	0	1	1	2	1.31
	5 log2	0	0	3	0	3	1.96
	6 log2	3	4	2	6	15	9.80
	7 log2	12	13	29	3	57	37.25
	8 log2	3	14	33	13	63	41.18
	9 log2	1	2	4	1	8	5.23
	10 log2	1	0	3	0	4	2.61
样品数		20	33	76	24	153	合格率 98.04

3 讨论与结论

目前能够检测新城疫抗体水平的方法有很多种，例如单向辐射免疫扩散试验、单向辐射溶血试验、琼脂扩散试验、鸡胚中和试验、蚀斑中和试验、酶联免疫吸附试验以及 HI 试验。其中 HI 试验以其方便、简单快速、低成本、准确率高的特点应用广泛，但往往因为实验操作不规范或其他外界因素导致实验结果不准确。

3.1 器材选择不合理

3.1.1 *96 孔 v 型反应板* HI 试验虽按新国标要求采用 96 孔 V 型反应板，但市售产品在材质、孔壁角度及底面规格上存在差异，可能导致同一血清样品的血凝抑制效价测定结果出现偏差[6]。本实验中经过对比使用 90° 和 110° 两种角度不同的 v 型反应板，使用相同溶液测试同一个样本，结果是一致的，这与唐国崇的研究结论相同[7]。需要强调的是，在实验时应尽量避免使用陈旧的 v 型反应板，因为其存在变形、不平整、颜色异常等问题，这容易导致操作者出现跳孔、漏液等失误。另外，如重复利用反应板，使用前应彻底清洗，避免因试剂残留而影响实验结果。

3.1.2 *微量移液器* 在使用移液器吸取压积红细胞配制 1%鸡红细胞悬液时，应采取反向移液法，即按下至第二档后伸入液面以下 1 cm 开始吸取压积红细胞，略微停顿后按压至第一档，剩下的弃置。但在实验过程中偶有出现有一滴压积红细胞排出后悬挂在移液器口的现象，所以按压排出时应快速，即慢吸快打。

进行 HA 和 HI 试验操作时，移液器应尽量与反应板和指型离心管的中央垂直，防止液滴挂壁现象。倍比稀释时将枪头抵在反应板底部进行抽打会导致枪头阻塞而失去混匀的效果。在添加红细胞的过程中，由于红细胞液为悬浊液，应边摇匀边加样，但过分摇动会导致红细胞溶血[8-9]。

试验中，很多步骤有润洗枪头的要求，据黄金龙等人的研究，润洗枪头是很有必要的操作，不可忽略，其对结果影响在一个滴度左右[10]。

3.2 溶液配制不精确

在实验过程中主要的溶液有 1%鸡红细胞悬液的配制、4 HAU 抗原的配制与标定和调整。

3.2.1 *1%鸡红细胞的配制* 配制 1%鸡红细胞悬液时，所用鸡血应选用成年的非免疫公鸡，洗涤时应加入红细胞体积三到四倍的生理盐水或 PBS 缓冲溶液，用移液枪吹打混匀红细胞，此时洗涤所用溶液应当与后续 HA 与 HI 试验所用溶液一致，洗涤离心 2 ~ 3 次，每次 3 000 r/min 持续 5 min 直到上清液清亮，最后一次离心持续 8 min，这样所得红细胞的浓度最为合适，避免发生因红细胞浓度过稀导致 HI 测出的抗体效价偏低或红细胞过浓导致的抗体效价偏高的情况[11]。另外，整个配制过程中不可剧烈晃动红细胞，以免发生溶血。

3.2.2 *4 HAU 抗原的标定* 在标定时要将 4 HAU 抗原在指型离心管中进行系列稀释，使稀释后的倍数为 1∶2、1∶3、1∶4、1∶5、1∶6、1∶7，根据 4 HAU 抗原的配制规则，当稀释比例为 1∶

4 时的抗原稀释度即为 HA 试验的凝集终点，对应 1 个血凝单位（HAU）。表 5 列出了当以 8 log2 作为 1 个血凝单位时 4 HAU 抗原标定时各个稀释度的情况。

表 5　以 8 log2 作为 1 个血凝单位时 4 HAU 抗原的稀释度标定结果

稀释度	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
血凝单位	2 HAU	4/3 HAU	1 HAU	4/5 HAU	2/3 HAU	4/7 HAU
血凝效价	1∶128	1∶192	1∶256	1∶320	1∶384	1∶448
4 HAU 浓度	1∶32	1∶48	1∶64	1∶80	1∶96	1∶112

根据表 5 结果，标定结果如果出现 1∶3 为凝集终点，则表示配制的 4 HAU 抗原浓度有误差，真正的血凝效价应该是 1/192，而其对应的 4 HAU 抗原浓度则为 1∶48，而稀释前 4 HAU 抗原是按照 1∶64 配制的，故需要调整至 1∶48；如果出现 1∶5、1∶6、1∶7 为凝集终点，则说明 4 HAU 抗原的浓度过高，这两种情况调整办法均可以通过添加不同量抗原与生理盐水，还可以重新配制 4 HAU。不过调整后的 4 HAU 抗原的准确性在标定中不能体现，是否需要对调整后的 4 HAU 抗原再次标定在《新城疫诊断技术》（GB/T 16550–2020）中也没有明确规定。常磊等重新测定抗原效价，重新配制工作抗原，直至结果准确的方法可以保证最终工作液的稳定，但此方法耗费时间过长[12]。关于四单位抗原的标定是否有更为便捷有效的方式，还有待研究论证。

3.3　结果判断误差大

3.3.1　HA 结果判断　根据 HA 试验的结果判断规则，以完全凝集的滴度作为该抗原的血凝滴度，如图 2 所示，从右向左依次为 1 ~ 12 孔，12 孔为阴性对照，三组为同一抗原的重复实验。图中凝集终点在第 7 孔，故读数应当为 7 log2，第 8 孔虽然也有凝集，但明显不是完全凝集，故不能将其列为凝集终点。关于读数时机，新国标规定，室温下读数时间在 20 ~ 30 min，而温度过低时读数时间可延长至 1 h，但笔者认为是否可以读数的标准应该看对照孔的红细胞有无出现明显红点状沉积，在等待过程中不得轻易晃动桌子或反应板，以免影响实验结果。在读数时如果看不清楚，可以在反应板背后挡上一张白纸，观察更清晰，如图 2 所示。

图 2　HA 试验结果

3.3.2　HI 结果判断　HI 试验结果的判定规则基本与 HA 相似，不过 HI 试验是以完全不凝集的孔所对应的抗体最大稀释度作为抗体效价（图 3）。

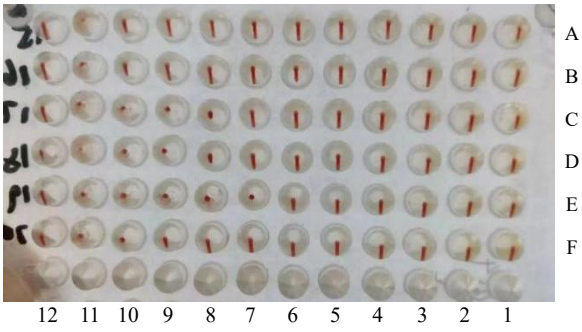

图 3　HI 试验结果

值得一提的是，在 HI 试验的结果判定中会出现 E6 孔的的特殊现象：同组其他孔均已形成明显凝集，而 E6 孔凝集速度相对迟缓，但延长静置时间后亦会出现凝集。发生这种情况，笔者认为 E 组的结果不能判为 6 log2，因为流淌速度缓慢说

明有红细胞被凝集，只是凝集得不够彻底，由此证明抗体含量不足以完全中和对应梯度的抗原。为确保结果判定的准确性，HI 试验的凝集终点应在 5 秒内作出判断。

另外，笔者在采样中发现，相关鸡场饲养管理水平都比较高，免疫档案完善，免疫技术人员操作较规范，这些是本次鸡新城疫抗体水平抽检合格率在 95%以上的原因之一。

最后，建议养殖场要准确把握鸡群免疫的时间，做好定期抗体水平的检测，并不断提高检测技术水平以科学评价免疫效果。通过抗体检测还可以了解疫病流行毒株的趋势，并确定流行毒株与所用疫苗的相关性，以降低鸡群染疫的风险。

参考文献

[1] Kraneveld FC. A poultry disease in the Dutch East Indies[J]. Nederlands-Indische Bladen voor Diergeneeskunde, 1926, 38: 448-451.

[2] Doyle TM. A hitherto unrecorded disease of fowls due to a filterpassing virus[J]. J Comp Pathol, 1927, 40: 144-169.

[3] 徐怀英. 新城疫病毒山东流行株分子演化及抗原性变异分析[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.

[4] 王志亮, 刘华雷. 新城疫[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.

[5] 农业农村部. 新城疫诊断技术：GB/T 16550-2020[S]. 北京：中国标准出版社，2020.

[6] 曾红平, 张群先, 罗艳玉. 一次性反应微量板与 96 孔 V 型微量反应板的实验对照[J]. 畜牧兽医杂志, 2014, 33（6）: 36-36.

[7] 唐国崇. 2 种角度血凝板对禽流感血凝抑制试验结果影响的对比试验[J]. 养殖技术顾问, 2010（9）: 68-68.

[8] 刘丽, 董成亚, 李昊文, 等. 可调微量移液器良好操作规范探讨[J]. 标记免疫分析与临床, 2014, 21（6）: 765-769.

[9] 于涛, 赵秋蓉, 吴迪. 有关移液枪使用方法对移液准确性影响的讨论[J]. 农产品加工, 2016, 8（8）: 36-38.

[10] 黄金龙, 黄招玲, 林柞贵. 移液枪吸头有无润洗对鸡新城疫抗体水平测定结果的影响[J]. 现代农业科技, 2018（5）: 217, 224.

[11] 陶景莲. 新城疫血凝和血凝抑制试验（HA/HI）中红细胞浓度对结果的影响[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2012（3）: 51.

[12] 常磊, 孙娅莉, 吴德喜, 等. 血凝和血凝抑制试验的影响因素[J]. 中国家禽, 2011, 16: 33.

（收稿日期：2024-12-23）

河北省望都县市售猪肉沙门氏菌污染情况调查分析及其耐药性检测

刘素娟*

（河北省望都县寺庄镇动物防疫分站，河北 保定　072450）

摘要：为调查河北省望都县市售猪肉沙门氏菌污染情况，本研究于 2023—2024 年从河北省望都县部分区域随机采集市售猪肉样品共 238 份，对样品中的沙门氏菌进行分离鉴定及耐药性分析。结果发现，共 21 份样品中检出含有沙门氏菌，平均检出率为 8.82%（21/238），其中熟猪肉（4.26%）较冷冻猪肉（7.46%）和新鲜猪肉（11.29%）检出率低；超市来源样品（5.34%）较农贸市场来源样品（13.08%）检出率低。血清分型共鉴定出 8 种血清型，其中以里森沙门氏菌、斯坦利沙门氏菌和伦敦沙门氏菌为优势血清型，所占比例分别为 23.30%、33.32%和 38.09%。进一步细菌分离株的药敏试验结果显示，21 株沙门氏菌对红霉素、氟苯尼考、替米考星和复方新诺明的耐药率较高（>85%），对土霉素、头孢唑林、头孢曲松、头孢噻肟等抗生素耐药率较低。本研究结果表明，河北省望都县部分区域市售猪肉中沙门氏菌污染情况较为严重，且血清型复杂，对公众健康构成潜在威胁。

关键词：市售猪肉；沙门氏菌；污染情况；血清型；耐药性监测

中图分类号：S858.28　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1007-1733（2026）03-0045-05

猪肉营养物质丰富，其在运输、冷冻、加工和售卖过程中易受到食源性病原菌污染，且此类微生物可在猪肉中增殖，不仅会影响肉质风味，还对消费者健康造成威胁[1]。沙门氏菌广泛分布于自然界，该病原可感染多种动物，其中包括猪、牛、羊、鸡和鼠等，甚至部分血清型沙门氏菌还可以感染人，且人类常因接触或误食被沙门氏菌污染的食物而感染该病[2-3]。人类感染沙门氏菌病后可出现腹泻、恶心和头痛等症状，甚至严重时会出现死亡。当前对于细菌性疾病的防控主要依赖于抗生素的使用，但临床上抗生素的不规范使用也使得沙门氏菌耐药株频繁出现[4]。鉴于其跨宿主传播能力及公共卫生意义，沙门氏菌已成为食源性疾病监测的重点病原体之一。因此，了解河北省望都县市售猪肉沙门氏菌污染情况，并对分离菌进行耐药性监测将有利于该病的防控，同时对保障消费者健康也十分重要。

1　材料与方法

1.1　材料

1.1.1　样品来源　本研究开展于 2023 年 3 月—2024 年 11 月，从河北省望都县部分区域超市和农贸市场随机采集猪肉样品共 238 份（详细信息表 1）。其采样地点及数量如表 1 所示，从猪肉表面和深层切取少量组织（约 50 g）置入洁净封口袋，标记后低温送至望都县动物疫病预防控制中心化验室。肠炎沙门氏菌质控菌株购自上海北诺生物科技有限公司。

1.1.2　主要试剂　氯化镁孔雀绿增菌液、四硫磺酸钠煌绿增菌液、麦康凯琼脂培养基等为北京陆桥生物技术有限公司产品；沙门氏菌显色培养基为法国科马嘉公司产品；沙门氏菌血清型诊断试

*通讯作者：1321545275@qq.com

剂为广州宜康生物科技公司产品；15 种抗生素药敏纸片为杭州天和微生物试剂有限公司产品，分别为氨苄西林、土霉素、红霉素、阿莫西林、氟苯尼考、磺胺甲氧嘧啶、头孢唑林、头孢曲松、庆大霉素、四环素、氯霉素、替米考星、复方新诺明、头孢噻肟和环丙沙星。

表 1 本次研究采集样品相关信息

	类型	数量/个	样品总数/份
贾村镇	超市	6	45
	农贸市场	3	40
望都镇	超市	2	27
	农贸市场	2	29
黑堡乡	超市	4	30
	农贸市场	2	14
赵庄镇	超市	3	21
	农贸市场	3	32
合计		25	238

1.2 方法

1.2.1 样品处理 样品送至实验室后，用无菌镊子和手术刀切取少量猪肉样品。参考沙门氏菌检验的相关标准，将约 25 g 猪肉样品剪碎并研磨，其后置于 225 mL 缓冲蛋白胨中进行增菌（37 ℃，20 h）。

1.2.2 沙门氏菌分离及血清型鉴定 沙门氏菌的分离及血清型鉴定操作步骤见参考文献[3]。首先，将培养的菌液分别置于氯化镁孔雀绿增菌液（10 mL）和四硫磺酸钠煌绿增菌液（10 mL）中进行增菌，其条件为 37 ℃，24 h；其后使用麦康凯培养基对分离菌株进行纯化与鉴定。

1.2.3 药敏试验 选择 14 种临床较常见抗菌药物，使用纸片扩散法对本文获得菌株进行药物敏感性试验，其实验操作及结果判定严格遵守《CLSI M100 33ed（2023）》[5]标准。本试验使用的设备、试剂及相应耗材均符合相应要求。

2 结果

2.1 河北省望都县部分区域猪肉沙门氏菌污染情况调查结果

本研究于 2023—2024 年从河北省望都县部分区域超市及农贸市场共采集猪肉样品 238 份，细菌分离及鉴定结果最终发现有 21 份猪肉样品含沙门氏菌，其平均检出率为 8.82%；不同区域来源猪肉样品沙门氏菌检出率差异较小，但黑堡乡检出率稍高，为 13.64%（6/44），贾村镇、望都镇和赵庄镇检出率分别为 7.36%（7/95）、8.92%（5/56）和 6.97%（3/43）；不同类型猪肉样品中以新鲜猪肉检出率最高，为 11.29%（12/124），其次为冷冻猪肉（7.46%，5/67）和熟猪肉（4.26%，2/47）（表 2）；此外，不同来源（主要分为超市和农贸市场）猪肉样品检出率存在较大差异，其中超市和农贸市场检出率分别为 5.34%（7/131）和 13.08%（14/107）（表 2）。

表 2 不同来源猪肉沙门氏菌污染情况调查结果

	调查样品/份	阳性样品份	检出率/%
贾村镇	95	7	7.36
望都镇	56	5	8.92
黑堡乡	44	6	13.64
赵庄镇	43	3	6.97
冷冻猪肉	67	5	7.46
熟猪肉	47	2	4.26
新鲜猪肉	124	12	11.29
超市	131	7	5.34
农贸市场	107	14	13.08
合计	238	21	8.82

2.2 望都县部分区域猪肉源沙门氏菌血清型鉴定结果

通过对本文获得的 21 个猪肉来源沙门氏菌分离株进行血清型鉴定，结果如表 3 所示，21 个分离株共检测到 4 个血清群，分别为 C1、D、B 和

E1 血清群，其中 E1 和 B 血清群所占比例较高，分别为 38.09%和 32.32%；共检测到 8 个血清型，分别为里森沙门氏菌、姆班达卡沙门氏菌、肠炎沙门氏菌、伤寒沙门氏菌、鼠伤寒沙门氏菌、斯坦利沙门氏菌、伦敦沙门氏菌和火鸡沙门氏菌，其中里森沙门氏菌、斯坦利沙门氏菌和伦敦沙门氏菌所占比例最高，分别为 19.04%、18.04%和 33.33%（表 3）。

表 3 猪源沙门氏菌血清学鉴定统计结果

血清群	血清型	检出份数	所占比例/%	合计（所占比例）
C1 群	里森沙门氏菌	4	19.04	5（23.30%）
	姆班达卡沙门氏菌	1	4.76	
D 群	肠炎沙门氏菌	2	9.52	3（14.28%）
	伤寒沙门氏菌	1	4.76	
B 群	鼠伤寒沙门氏菌	3	14.28	7（33.32%）
	斯坦利沙门氏菌	4	19.04	
E1 群	伦敦沙门氏菌	7	33.33	8（38.09%）
	火鸡沙门氏菌	1	4.76	

2.3 沙门氏菌分离株药敏试验结果

通过对本文获得的 21 个沙门氏菌分离株进行不同抗生素的耐药试验，结果发现，不同菌株所具有的耐药谱存在差异，其统计结果如表 4 所示，沙门氏菌对红霉素、氟苯尼考、替米考星和复方新诺明的耐药率均超过 85%，分别为 97.37%、92.11%、86.84%和 89.47%，对土霉素、头孢唑林、头孢曲松、头孢噻肟等较为敏感，其耐药率分别为 0.0%、10.52%、2.63%和 0.0%，对其他抗生素耐药率介于 20%～85%（表 4）。

表 4 猪源沙门氏菌分离株耐药性检测结果

药敏纸片	耐药		中介		敏感	
	菌株数	耐药率/%	菌株数	比例/%	菌株数	比例/%
氨苄西林	14	36.84	12	31.58	12	31.58
土霉素	0	0	4	10.53	34	89.47
红霉素	37	97.37	1	2.63	0	0
阿莫西林	10	26.32	14	36.84	14	36.84
氟苯尼考	35	92.11	7.89	37.50	0	0
磺胺甲氧嘧啶	16	42.11	8	21.05	14	36.84
头孢唑林	4	10.52	14	36.84	20	52.64
头孢曲松	1	2.63	5.26	31.25	35	92.11
庆大霉素	9	23.68	3	7.89	26	68.42
四环素	19	50.0	8	21.05	11	28.95
氯霉素	9	23.68	4	10.53	25	65.79
替米考星	33	86.84	4	10.53	1	2.63
复方新诺明	34	89.47	4	10.53	0	0.0
头孢噻肟	0	0.0	1	2.63	37	97.37
环丙沙星	10	26.32	9	23.68	19	50.0

3 讨论

沙门氏菌广泛分布于自然界，是一种常见的革兰氏阴性致病菌，该病原可引起消费者出现食物中毒，同时也是导致消费者出现败血症、胃肠炎等症状的重要食源性疾病之一。生猪在屠宰、运输和加工等过程中容易污染食源性细菌，其中包括沙门氏菌，如果消费者食用被该菌污染的肉制品后可能感染该病，继而出现严重的临床症状，甚至是死亡。随着人们对食品卫生安全的逐渐重视，近年来越来越多研究人员对食品中沙门氏菌污染情况进行调查，其中宋晟等调查结果发现：长沙市生鲜猪肉和鸡肉中沙门氏菌检出率分别高达 83.8%（83/99）和 78.9%（60/76），这提示该地区市售鲜肉存在较高的食品安全隐患[6]；研究结果发现：2015—2017 年河北廊坊 6 种食品中沙门氏菌检出率为 10.0%（24/240），其中生畜肉和禽肉检出率分别为 30.0%（6/20）和 20.0%（4/20），且存在多种血清型[7]。

为调查近年来河北省望都县市售猪肉沙门氏菌污染情况，于 2023—2024 年从贾村镇、望都镇、黑堡乡和赵庄镇区域收集猪肉样品共 238 份，共发现 21 份样品为沙门氏菌阳性，平均检出率为 8.82%（21/238），且不同区域检出率差异较小，这说明沙门氏菌污染市售猪肉的现象十分常见，因此存在较严重的食品安全问题。进一步调查结果发现新鲜猪肉较冷冻猪肉和熟猪肉沙门氏菌检出率高，其主要原因可能是新鲜猪肉在售卖过程中处于开放环境[6]，而冷冻猪肉和熟猪肉处于相对封闭的环境，且熟猪肉经过高温处理后细菌基本杀死，且现在对于熟肉的售卖有严格的保质期，这可能会导致熟肉和冷冻猪肉沙门氏菌检出率相对较低[8]。此外，数据统计结果发现农贸市场来源猪肉样品沙门氏菌检出率较超市更高，笔者认为这可能是由于农贸市场环境较差，且畜禽生肉售卖均为开放环境；甚至部分农贸市场将活禽与畜禽肉售卖摊位混合，导致活禽表面沙门氏菌可能通过灰尘、摊主甚至是消费者接触污染畜禽生肉[8]。

此外，对本文获得的 21 株沙门氏菌进行血清型鉴定，发现其分属于 B、C1、D 和 E14 个群共 8 个血清型，其中血清群以 E1 和 B 群为主，所占比例分别为 38.09%和 33.32%，优势血清型主要为伦敦沙门氏菌（33.33%）、斯坦利沙门氏菌（19.04%）和里森沙门氏菌（19.04%）。钟舒红等调查结果发现广西地区猪肉源沙门氏菌优势血清型为德尔卑沙门氏菌（35.23%）、鼠伤寒沙门氏菌（14.28%）和伦敦沙门氏菌（9.66%）[9]，这说明不同地区猪源沙门氏菌优势血清型存在较大差异，这可能与地域、采集样品时间和外界环境等因素有关。此外，本文鉴定得到的 8 种沙门氏菌血清型中有多种血清型可感染人，其中包括鼠伤寒沙门氏菌、副伤寒沙门氏菌和肠炎沙门氏菌，虽然这几种血清型沙门氏菌检出率相对较低，但其对消费者的健康威胁仍然不能忽视。

药敏试验分析结果表明，本文获得的 21 株沙门氏菌对 15 种常见抗菌药均产生不同程度耐药性，其中对氟苯尼考（92.11%）、复方新诺明（89.47%）和替米考星（86.84%）耐药率较高，这主要是由于以上抗菌药是常见的饲料添加剂，促使相应的沙门氏菌耐药株出现；但以上菌株对头孢类抗生素（如头孢曲松、头孢唑林和头孢噻肟）、土霉素等较为敏感，说明以上药物仍然是该地区抗沙门氏菌十分有效的药物，但为了保险起见，抗菌药物使用之前还需要对致病菌进行分离鉴定及药敏试验分析，且需注意药物的穿梭使用，以免造成相应耐药菌株的出现。

4 结论

河北省望都县部分区域市售猪肉中沙门氏菌污染情况较为严重，且血清型呈多样性分布，部分血清型沙门氏菌属于人畜共患性食源性病原，对消费者健康造成潜在威胁。此外，本文分离的沙门氏菌菌株对部分抗生素具有较严重的耐药性，未来对于此类疾病的治疗需选择敏感性药物，且相应的药敏试验评估是十分必要的。

参考文献

[1] 柴云雷, 郭丽, 马雷, 等. 生猪肉中沙门氏菌的分离与鉴定[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7（7）: 2951-2955.

[2] 黄秀梅, 盖文艳, 曲志娜, 等. 市售猪肉中沙门氏菌耐药基因与毒力基因筛查及 PFGE 分型研究[J]. 中国动物检疫, 2018, 35（11）: 81-86.

[3] 李鹏. 2018 年酒泉市市售冷冻羊肉沙门氏菌污染情况调查与分析[J]. 中国动物传染病学报, 2020, 28（3）: 91-96.

[4] 侯小刚, 刘书亮, 韩新峰, 等. 四川部分地区猪肉产业链中沙门氏菌的分离及其鉴定[J]. 食品科学, 2013, 34（11）: 250-253.

[5] Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing[S]. M100-S33, CLSI, 2023.

[6] 宋晟, 郭焜鹏, 张海韵, 等. 生鲜畜禽肉中沙门氏菌污染情况调查[J]. 食品安全导刊, 2020, 15: 97-98.

[7] 邱颖, 王宇卓, 张丽敏, 等. 2015-2017 年河北省廊坊市食品中沙门氏菌污染状况及血清型监测分析[J]. 动物医学防制, 2019, 35（2）: 134-136.

[8] 蒋灵, 温贵兰, 张升波. 超市肉制品细菌污染情况调查[J]. 当代畜禽养殖业, 2019, 11: 17-18.

[9] 钟舒红, 冯世文, 李军, 等. 广西畜禽产品中沙门氏菌血清型、耐药性及耐药基因调查[J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45（3）: 770-780.

（收稿日期：2024-12-17）

挤奶机器人对奶牛乳房炎的影响研究

高玉君*，孔 宁，李玉强，徐胜林
（泰安市动物疫病预防控制中心，山东 泰安 271018）

摘要：乳房炎是世界奶牛养殖业中发病率最高、流行最快、造成损失最大的疾病之一。近年来，泰安市成立奶牛服务团，全面加强奶牛乳房炎的防控和指导，奶牛场持续改善环境、营养、挤奶等条件，奶牛乳房炎得到很好的控制，部分奶牛场先后用挤奶机器人来替代挤奶厅。为系统掌握挤奶机器人对奶牛乳房炎的影响，在 3 个县市区的 3 个奶牛场开展实验对比，详细统计挤奶机器人和挤奶厅对奶牛乳房炎的发病情况和产奶量的影响。结果表明，在饲喂营养、环境控制基本一致的情况下，使用挤奶机器人不仅降低了奶牛乳房炎发病率，还可以实现节本增效，提升动物福利水平。

关键词：乳房炎；挤奶机器人；挤奶厅
中图分类号：S858.23 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0050-04

奶牛乳房炎是乳腺组织受病原微生物感染或理化因素刺激引发的炎症反应，是奶牛养殖中最常见的疾病之一，也是世界乳制品行业危害性很大的疾病[1-3]。据报道，乳房炎给奶牛业造成的危害包括直接造成产奶量的减少、部分患病牛无法治愈而被淘汰、乳房炎治疗费用高、护理病牛所需额外的劳动力，增加人工成本等[4]。据相关研究，每头隐性乳房炎奶牛平均日产奶量减少 3.7 kg，年损失在 1 200 元以上[4]。

隐性乳房炎（亚临床型）指无肉眼可见症状，乳汁外观正常，但体细胞数>50 万/mL、乳糖和酪蛋白含量降低[5]。在牧场实际生产中易被忽视，可发展为临床型，是牛群中感染率最高的类型（占总病例的 70%以上）。世界上奶牛隐性乳房炎的发病率约为 38%～40%[6]，每头牛产奶量平均减少约 15%。约 30%～50%的隐性乳房炎患病牛在 1 年内可能发展为临床型，尤其是感染金黄色葡萄球菌、停乳链球菌的病例[7]。更为严重的是由于某些乳房炎具有传染性，少数几头牛的感染就常可导致整个牛场乳房炎的蔓延。隐性乳房炎是牛群感染状态的“晴雨表”——群体隐性感染率（如加州乳房炎检测 CMT 阳性率）>15%时，临床乳房炎风险显著升高。

国内多项流行病学调查揭示了奶牛乳房炎的严峻形势。2023 年对临沂市 22 家规模化牧场的调查显示，奶牛临床型乳房炎和隐性乳房炎的发病率分别为 16.2%和 28.5%[8]。长春地区的研究发现，临床型乳房炎发病率为 14.7%，隐性乳房炎发病率为 31.6%[6]。另有研究对苏北盐城地区一大型奶牛场连续 22 个月进行检测，隐性乳房炎个体发生率达到 55.9%[4]。这些数据表明，尽管近年来规模化养殖水平不断提升，奶牛乳房炎尤其是隐性乳房炎的防控形势依然严峻[9]。

现代挤奶机器人的核心工作原理是模拟犊牛吮奶的生理动作，由真空泵产生负压，真空调节阀控制挤奶系统的真空度，脉动器产生挤奶和休息节拍[10]。在此基础上，挤奶机器人集成了多重传感器系统，包括电导率传感器、血乳检测传感器、流量传感器等，能够在挤奶过程中实时采集每头奶牛、每个乳区的泌乳数据[11]。这些数据通过牧场管理系统进行分析处理，形成对每头奶牛乳房健康状况的持续动态监测。

近年来，泰安市成立奶牛服务团，先后实施奶业生产能力整县推进项目，全面提升奶业高质

*通讯作者：abc20261312@163.com

量发展，全市奶牛年平均单产奶量达到 10.2 t。因此，本文以隐性乳房炎作为研究对象，探讨挤奶机器人挤奶模式对乳房炎的影响，为奶牛场提高牛群健康水平、降低乳房炎发病率，提供参考依据，带动奶牛场、农户获利增收，促进现代奶业高质量发展。

1　材料与方法

1.1　材料

1.1.1　*试验动物*　先后在岱岳区、新泰市、肥城市的 3 个奶牛场引进了挤奶机器人，对替代传统大厅挤奶方式对部分奶牛实施挤奶作业。在饲养环境、日粮组成及管理条件基本一致的前提下，将机器人挤奶组奶牛与同期大厅挤奶组奶牛进行对比分析。从 2025 年 4 月 1 日至 6 月 30 日，监测统计机器人挤奶和挤奶大厅挤奶奶牛乳房炎发病情况和产奶量情况。

1.1.2　*乳样的采集*　分别对使用挤奶机器人的奶牛群和传统奶牛养殖大厅的奶牛采集乳样，进行乳房炎测定对比。

1.2　方法

1.2.1　*乳房炎的检测方法*　奶牛乳房炎的检测方法为加州乳房炎测试（CMT），从奶牛乳房的 4 个乳区采集乳样，分别放入诊断盘的 4 个孔中，加入等量的检测液，摇动后观察检测盘中乳样的黏稠度变化。判断标准如表 1。

表 1　奶牛乳房炎判断标准

结果	体细胞数	外观表现	对产奶量的影响
N 阴性	<20 万/mL	奶和测试液混合后保持不变或未见任何增稠迹象。	乳房健康
+ 1 弱阳性	15 万 ~ 50 万/mL	混合液稍显粘性，晃动过程中出现条纹状。	产奶量开始受影响
++ 2 阳性	40 万 ~ 150 万/mL	混合液明显增稠，但未形成凝胶状； 晃动中混合液比测试板的晃动速度稍慢。	产奶量下降
+++ 3 强阳性	80 万 ~ 500 万/mL	出现轻微凝胶状； 晃动中凝胶状混合液的晃动速度明显比测试板慢。	产奶量显著下降
++++T 特强阳性	>500 万/mL	凝胶状混合液形成固态黏附在盒底； 随测试板回转摇动极慢，并向中央集中。	产奶量下降很大， 乳房感染严重

1.2.2　*效益统计监测*　2025 年 4—6 月份分别对三家奶牛场不同挤奶方式的经济效益进行对比分析。

1.2.3　*统计方法*　使用单因素方差分析（ANOVA）对检测数据进行分析。不考虑奶牛个体差异的影响，仅比较分析 3 个样本不同挤奶方式对奶牛乳房炎发病率的影响。以 $P<0.05$ 为差异显著性判断阈值，其中 $P>0.05$ 表示不同挤奶方式无显著性差异，$P<0.05$ 表示差异显著，$P<0.01$ 表示差异极显著。

2　监测与生产统计结果

2.1　各场乳房炎发病情况

在所有实验牛群的奶牛乳样中，岱岳区某奶牛场使用挤奶机器人挤奶的 160 头奶牛乳房炎发病率为 0.6%，使用挤奶大厅挤奶的 640 头奶牛乳房炎发病率为 2.3%；新泰市某奶牛场使用挤奶机器人挤奶的 480 头奶牛乳房炎发病率为 0.4%，使用挤奶大厅挤奶的 400 头奶牛乳房炎发病率为 2.3%；肥城市某奶牛场使用挤奶机器人挤奶的 480 头奶牛乳房炎发病率为 0.6%，使用挤奶大厅挤奶的 200 头奶牛乳房炎发病率为 3.5%（表 2）。由表 3 方差分析可知，长期使用挤奶机器人的奶牛共计 1 120 头，检测发现患有乳房炎奶牛 6 头，奶牛乳房炎发病率为（0.53±0.12）%；挤奶大厅奶牛共计 1 240 头，检测发现患有乳房炎奶牛 31 头，奶牛乳房炎发病率为（2.70±0.69）%，使用挤奶机器人和挤奶大厅不同的挤奶方式之间差异极显著（$P<0.01$），证明挤奶机器人能极显著降低奶牛乳房炎发病率。

表 2 各场乳房炎发病情况

牛场	挤奶方式	参与头数	乳房炎发病头数	发病率/%
岱岳区某奶牛场	挤奶机器人	160	1	0.6
	挤奶大厅	640	15	2.3
新泰市某奶牛场	挤奶机器人	480	2	0.4
	挤奶大厅	400	9	2.3
肥城市某奶牛场	挤奶机器人	480	3	0.6
	挤奶大厅	200	7	3.5
合计	挤奶机器人	1120	6	0.5
	挤奶大厅	1240	31	2.5

表 3 方差分析结果

项目	挤奶方式		*F*	*p*
	挤奶大厅（n=3）	挤奶机器人（n=3）		
发病率/%	2.70±0.69	0.53±0.12	28.547	0.006

注：结果以平均值±标准差表示。

2.2 各场奶牛产奶量情况

如表 4 所示，3 个月份监测周期内，3 个奶牛场使用挤奶机器人挤奶模式的奶牛每天平均单产分别为 30.25、31.53、25.93 kg，挤奶大厅挤奶的奶牛每天平均单产分别为 28.10、29.05、23.74 kg。使用挤奶机器人挤奶的奶牛比挤奶大厅挤奶的奶牛每天牛奶产量多 2 kg 多，每年每头多产 600 kg 多，效益多增收 2 000 多元。加上节省人工成本等效益非常可观。

表 4 各场奶牛产奶量情况

牛场	挤奶方式	参与头数	3 个月产奶量/kg	平均/（kg/d・头）
岱岳区某奶牛场	挤奶机器人	160	440440	30.25
	挤奶大厅	640	1636544	28.10
新泰市某奶牛场	挤奶机器人	480	1377230	31.53
	挤奶大厅	400	1057420	29.05
肥城市某奶牛场	挤奶机器人	480	1132622	25.93
	挤奶大厅	200	432068	23.74

3 讨论

3.1 降低奶牛乳房炎发病率的原因

泰安部分奶牛场先后引进挤奶机器人，对比同一个养殖场内的奶牛，在饲喂营养、环境控制一样的情况下，岱岳区某奶牛场挤奶机器人的使用可以降低奶牛乳房炎发病率[12]。其原因主要有 2 个方面：（1）采用自愿式挤奶系统，可根据奶牛产量科学分配挤奶频次，产量高的奶牛多挤，产量低的少挤。设备具备分乳区独立挤奶与自动脱杯功能，确保挤净的同时避免过度挤奶，有效减少交叉感染，改善乳头健康，挤奶机器人通过模拟犊牛自然哺乳的节奏和力度，使奶牛更加自主自在，从而带来了奶牛福利的革新[10,13]。（2）系统自带的 MDi 模型，即乳房炎检测指数，基于电导率（70%）、血乳（20%）和挤奶间隔（10%）构建，可用于检测隐性乳房炎和临床型乳房炎的早期阶段，可直观动态监控乳房和各乳区健康，更快更早介入，有效预防和监控乳房炎牛只，让产奶更安全[11]。同时全自动挤奶系统通过对各乳区电导率等参数的实时监测，为乳房炎的早期预警提供了数据支撑[14]。

3.2 挤奶机器人模式优势

通过国内研究和本次实验检测发现，挤奶机器人较传统挤奶大厅有四大优势[10,11,13]，一是提高生产效率。全自动标准化挤奶，更充分的预刺激，降低奶牛应激，挤奶效率提升，奶牛单产产量提高在 6.3%～7.7%，让产奶更高效，还能延长奶牛使用周期。二是降低发病率。一方面机器人通过模拟犊牛自然哺乳的节奏和力度，减少了对奶牛乳头的机械损伤；另一方面本次实验表明挤奶机器人较传统挤奶，乳房炎发病率降低约 1.7%。三是减少人工投入。使用利拉伐挤奶机器人可实现分乳区自动挤奶与脱杯，降低对劳动力的需求，效率提升的同时，挤奶也无需过多人工干预，人均奶牛养殖头数大幅提升。四是提升动物福利。使用挤奶机器人可以减轻奶牛精神上的恐惧和痛苦，有利于提高动物健康水平，提升牛奶质量，进而保障消费者健康安全[10]。

3.3 注意事项

值得注意的是，自动挤奶系统对乳房健康的影响取决于多重因素，这就导致自动挤奶系统对奶牛乳房健康的影响并非在所有条件下都呈现一致的正向效果[12,15]。可能存在影响因素包括：设

备选型与品牌差异、清洁系统的设计与执行效果、牧场管理水平的适配程度，以及操作参数的精准设置等。如果设备选型不当、清洁不彻底或管理不到位，自动挤奶系统甚至可能成为乳房炎传播的新途径。国际上的一些研究也揭示了不同品牌、不同管理模式下自动挤奶系统的差异性。一项研究比较了 DeLaval 和 Lely 两种自动挤奶系统，发现 Lely 系统（采用刷子清洁乳头）的亚临床乳房炎发病率（14.7%）显著高于 DeLaval 系统（采用奶杯清洁乳头，9.1%），Lely 系统与金黄色葡萄球菌和大肠杆菌等主要病原体相关[12]。另一项研究对 48 个奶牛群的 4 878 个乳区挤奶数据进行分析，发现尽管自动挤奶系统标准化了乳头准备和刺激程序，但两种主要的乳房炎风险因素双峰泌乳和不规则真空波动在自动挤奶系统中出现的频率反而高于传统挤奶系统[15]。因此，奶牛场在引进挤奶机器人时，应综合考虑设备性能、清洁方式和牧场实际条件，建立与之配套的精细化管理制度，才能充分发挥挤奶机器人在降低乳房炎发病率方面的技术优势。

4 结论

奶牛乳房炎一般不会有生命危险，但发病后，病变乳腺很难再恢复到正常水平，产奶量相对减少，造成了一定损失。挤奶机器人的出现，为解决这一难题提供了新方案，使用挤奶机器人不仅降低了奶牛乳房炎发病率，还可以实现节本增效，提升动物福利水平，进而助推现代奶业高质量发展。

参考文献

[1] 胡松华, 杜爱芳, 蔡渭明. 奶牛临床型和隐性乳房炎的细菌分析[J]. 中国家畜传染病, 1998, 20（4）: 199-201.

[2] 张信军, 李玉军, 庄国宏, 等. 某奶牛场临床型乳房炎的病原分离及鉴定[J]. 畜牧与兽医. 2000, 32（5）: 11-13.

[3] 高玉君, 周建胜, 马慧玲, 等. 泰安市奶牛乳腺炎调查及病原菌分离鉴定[J]. 食品与药品, 2005, 7（9）: 53-55.

[4] 叶雯, 麻柱, 俞英, 等. 我国奶牛乳房炎发病现状及防治措施[J]. 中国畜牧杂志, 2023（9）: 343-348.

[5] Kawai K, Hagiwara S, Anri A, et al. Lactoferrin Concentration in Milk of Bovine Clinical Mastitis[J]. Veterinary Research Communications, 1999, 23（7）: 391-398.

[6] 潘虎, 刘纯传, 张礼华. 我国部分地区奶牛乳房炎的病因及发病情况调查[J]. 中国兽医科技. 1996, 26（2）: 16-17.

[7] William C, Rebhum DVM. 赵德明, 沈建忠, 主译. 奶牛疾病学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1999.

[8] 张世强. 2023 年临沂市奶牛乳房炎发病情况调查与分析[J]. 中国乳业, 2024（12）: 69-76.

[9] Eric, Hillerton, 黄鸿威, 等. 奶牛乳房炎的防控策略[J]. 中国奶牛, 2016（8）: 50-54.

[10] 李嘉岩. 挤奶机器人对奶牛福利改善的研究[J]. 中国乳业, 2024（6）: 9-13.

[11] 马攀, 李珊珊, 张海亮, 等. 全自动挤奶系统牧场中奶牛泌乳性能影响因素分析[J]. 中国畜牧杂志, 2024（3）: 270-275.

[12] Nogara K.F, Busanello M, Zopollatto M. Relationship Between Subclinical Mastitis Occurrence and Pathogen Prevalence in Two Different Automatic Milking Systems[J]. Animals, 2025, 15（6）: 776.

[13] 李小明, 杨开锁, 高振江. 挤奶机自动脱杯阈值对挤奶量、挤奶时间及乳头末端状况的影响[J]. 中国奶牛, 2019（1）: 47-51.

[14] 麻柱. 自愿挤奶系统对奶牛生产性能的影响[J]. 中国奶牛, 2021（2）: 53-54.

[15] Milanesi S, Donina D, Guido V C, et al. Comparing the Performance of Automatic Milking Systems through Dynamic Testing Also Helps to Identify Potential Risk Factors for Mastitis[J]. Animals, 2024, 14（19）: 2789.

（收稿日期：2026-07-03）

基于侧墙进风窗角度的鸡舍横向温度均匀性调控

郭 玲*，殷宪政，王银虎，周 宏，周延璐，李光耀，牟启康，张 聪
（青岛大牧人机械股份有限公司，山东 青岛 266000）

摘要：随着密闭式笼养鸡舍规模的不断扩大，鸡舍的温度调控难度越来越大，尤其是使用侧墙进风窗通风时横向温度偏差较大。为解决当前鸡舍横向温度不均匀问题，本文采用计算流体动力学（CFD）仿真的方法，通过调控侧墙进风窗角度，横向温差由 1.8 ℃降至 0.5 ℃，可有效改善横向温度不均匀问题。结果表明，密闭式鸡舍侧墙进风窗宜采用分区独立控制策略，根据监测左右温差大小，动态调节相应区域的进风窗角度，进而改善横向温度不均，提高养殖均匀度。

关键词：鸡舍；进风窗角度；横向温差；分区控制
中图分类号：S831.45 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0054-04

密闭式笼养鸡舍在使用侧墙进风窗通风期间，外界温度较低，进入的冷空气预热不均匀极易出现温度不均匀问题，影响养殖效益，如肉鸡体重及蛋鸡产蛋率均会受到影响[1]，温度较低的区域甚至会产生冷应激导致鸡只感冒[2]。温度均匀性多表现在不同方向上，常被关注的是长度和高度方向的温差，但随着养殖密度的不断提高，横向温度的不均匀性表现也越来越明显。

牛晋国[3]、韩占兵[4]等人分别对肉鸡和蛋鸡夏季舍内温度均匀性进行了实验测试，所研究的夏季大型笼养鸡舍垂直温差与纵向温差均在合理范围内，温度控制良好。曹树涛等[5]通过实验的方法研究了侧墙进风窗对鸡舍内温度均匀性的影响，并提出在无风状态下精准控制左右侧墙进风窗的方案。王阳等[6]通过实验和模拟的方法，研究了不同侧墙进风窗位置对蛋鸡舍内环境的影响，得出侧墙进风口位置高度影响蛋鸡舍内温度。使用侧墙进风窗通风期间，除内部笼架阻挡等多方面的原因会导致横向温差外[7]，还有外界风向、太阳光照、围护结构遮挡、进风窗安装不规范等原因。正常状况下，鸡舍左、右两侧的进风窗角度一致可以保证鸡舍横向温度均匀分布，但当某一侧存在风压时，会打破两侧进风窗风量和风速的平衡状态，导致横向温度偏差。在实际生产使用中，很多鸡舍存在左右温度不对称情况，严重的可达5 ℃ 的温差。开启不同排风机组合可以改善鸡舍内部环境均匀性[8]，但不能解决左右温度不对称问题，本文针对进风窗的开启，通过CFD仿真的方法提出鸡舍横向温差的优化方案。

1 材料与方法

1.1 材料

试验温度采集装置选用NTC热敏电阻温度传感器，传感器在 25 ℃ 条件下标称阻值为 6.9 kΩ，阻值误差 ±2%；测温精度 ±0.3 ℃，温度分辨率 ±0.1 ℃，测温区间为 −30 ~ 105 ℃，配套导线为 22 AWG 双芯线缆。传感器采集的温度信号接入控制器，由控制器实现温度数据实时存储、记录与导出，供后续试验分析使用。

1.2 方法

1.2.1 实测数据分析 为精确得到实际养殖舍中的左右温度偏差，采集东北某地区某 5 列 4 层产

基金项目：国家重点研发计划（项目编号：2024YFD2000300）
*通讯作者：616343825@qq.com

蛋鸡舍内温度数据，使用温度记录仪采集 2024.05.12 日白天全天数据，侧墙起第 2、第 5 走道代表左、右走道，高度为第三层笼具食槽处，前中后共计 6 个测点分布如图 1。每隔 5 min 记录一组温度数据，测试各点温度波动如图 2。可以看出，数据采集期间，9:00 ~ 15:00 时间段内横向较大，存在落点偏移的情况，前、中、后平均横向温差分别为 2.95、1.73、1.09 ℃。

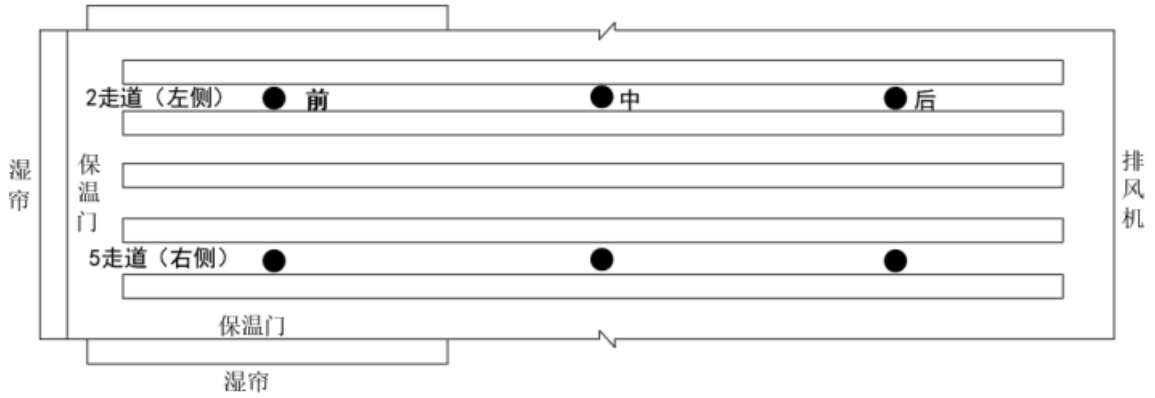

图 1　测点分布

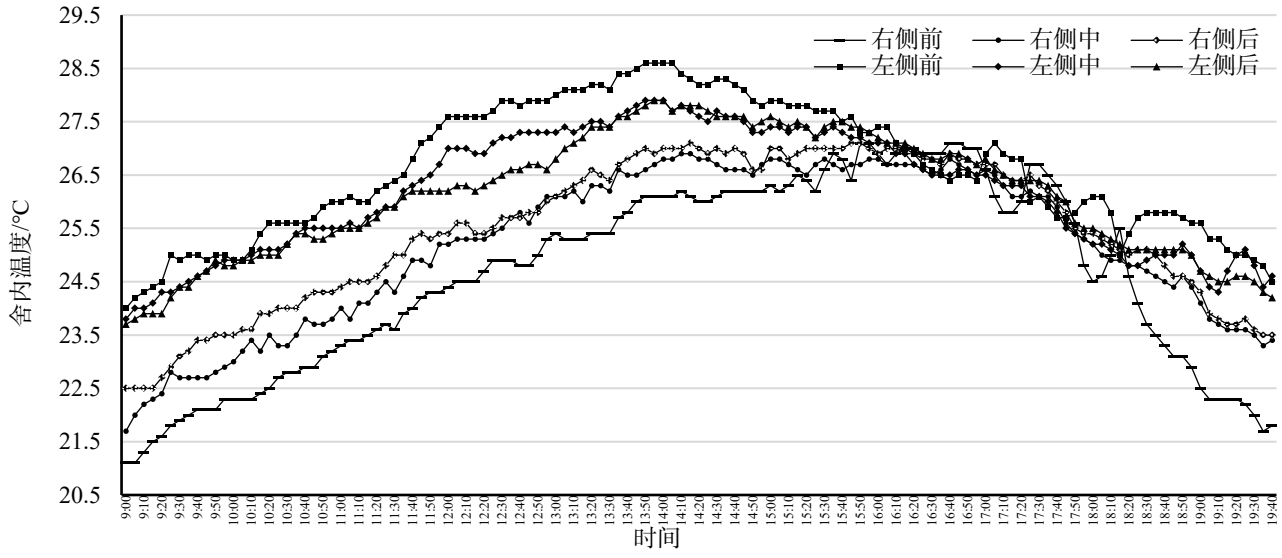

图 2　舍内测点温度波动

为研究鸡舍横向温差产生的机理，对温度偏差期间的侧墙进风窗风速、舍外温度、鸡表面温度进行了测试，其中左侧墙进风窗平均进风速度为 5.0 m/s，右侧进风窗平均进风速度 3.5< m/s，进风窗开启角度均为 40°，舍外平均温度 17 ℃，热成像仪测试鸡体表面平均温度 35 ℃，以上测试条件作为本研究仿真的边界条件输入。

1.2.2　仿真模型及边界条件　为模拟左右侧进风窗风速对进风不均匀性的影响，本研究建立如图 3 所示的仿真模型并进行 CFD 仿真计算，模型尺寸参数与实测鸡舍保持一致，鸡舍总长为 90 m，宽 15 m，侧墙进风窗角度 40°，湍流模型选用 k–omega，小窗入口为速度边界，左侧风速为 5 m/s，右侧风速为 3.5 m/s，进风温度 17 ℃，出口风机为压力边界，简化鸡体表面温度 35 ℃。为突出对比改善效果，每间隔 22.5 m 设置一个截面，每个截面设置 12 个温度监测点。其中断面 1 ~ 3 代表鸡舍前中后位置，前、中、后各断面的测点 2 和 11 与图 1 左右测试位置相同；1、4、7、10 点为鸡舍上层，2、5、8、11 为中间层，

3、6、9、12 为鸡舍下层。模拟结果统计横向温差为 3.0、2.2 和 1.0 ℃，与测试横向温差 2.95，1.73，1.09 ℃ 基本吻合。

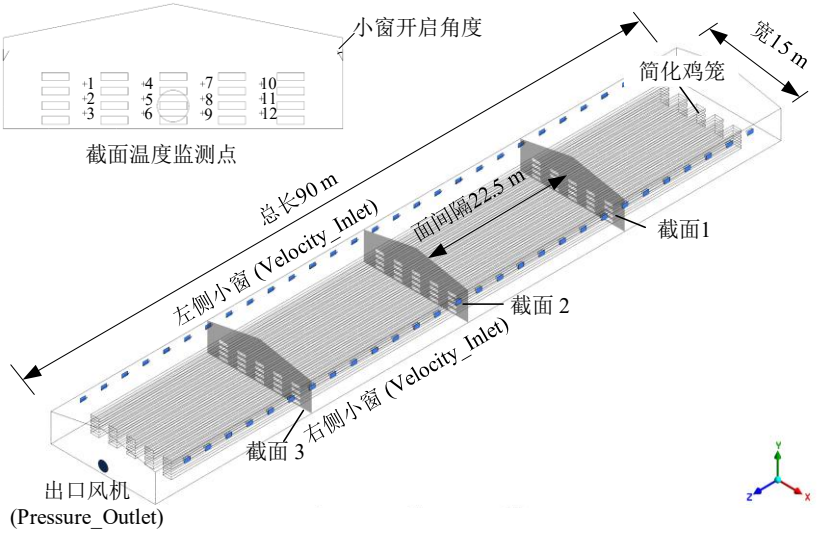

图 3 几何模型及仿真边界条件

2 结果

2.1 模拟工况

温度不均匀性主要是由于新鲜空气从两侧墙进入鸡舍之后不能在中间汇合进行充分的热交换，而是在偏向某一侧处交汇并下落，从而导致一侧空气未预热到合适温度造成局部温度过低。侧墙进风窗角度的变化可以调整鸡舍进风风量和进风角度，进而影响鸡舍内热环境，因此将调节左右进风量作为优化方案。对原型方案左、右侧墙进风窗角度进行了优化，减小左侧进风窗角度，增大右侧进风窗角度，由左右等角度 40° 变化为左侧 30° 、右侧 50° 。对左右侧进风量进行了平衡，使鸡舍横向截面内速度分布趋于均匀。

2.2 温度分布

原型和优化方案温度云图如图 4 所示，原方案中，截面 1 ~ 3 左侧鸡笼和右侧鸡笼附近的温度分布存在一定差异。

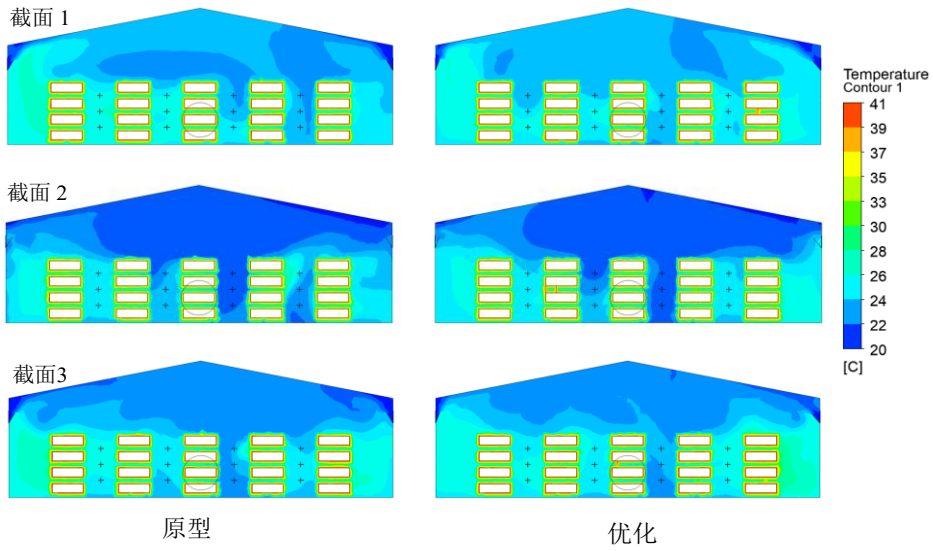

图 4 原型和优化方案温度云图对比

1 ~ 12 号温度监测点的温度值和横向温差如表 1、表 2 所示，通风方案优化后，各测点温度变化为：左侧温度明显降低，右侧温度明显升高。截面 1、截面 2、截面 3 即前中后的横向平均温度差值分别由 2.2、1.9、1.2 ℃ 减少为 0.3、0.5、0.8 ℃；上中下三层的横向温差分别由 1.6、2、1.7 ℃ 降低到 0、0.6、1 ℃，各断面平均横向温差由 1.8 ℃ 降至 0.5 ℃，温度均匀性明显改善。

表 1 各截面测点温度 （℃）

		左侧						右侧					
		点 1	点 2	点 3	点 4	点 5	点 6	点 7	点 8	点 9	点 10	点 11	点 12
原型	截面 1	25.8	26.6	26.3	25.5	25.6	25.7	23.3	23.5	25.1	23.4	23.6	23.5
	截面 2	26.2	26.1	26.0	24.3	24.8	25.1	22.5	22.5	23.0	25.6	23.9	23.5
	截面 3	26.0	25.7	25.4	24.6	24.6	24.3	23.4	23.4	23.1	24.4	24.7	24.7
优化	截面 1	23.7	24.7	25.7	24.2	25.7	25.2	23.9	24.1	24.5	25.4	25.1	24.7
	截面 2	25.5	26.1	26.3	23.1	23.7	25.2	23.1	23.0	23.1	25.9	26.1	25.6
	截面 3	25.2	25.6	25.8	25.4	25.2	24.9	23.4	23.3	23.2	26.0	26.0	25.4

表 2 各截面平均横向温差 （℃）

	原型			优化		
	截面 1	截面 2	截面 3	截面 1	截面 2	截面 3
横向差值	2.2	1.9	1.2	0.3	0.5	0.8

3 讨论与结论

鸡舍侧墙进风窗通风模式下，很容易出现左右温差较大的情况。在进风方面分析，出现温差的原因为左右两侧进入的新风落点发生偏移，即通常所说的偏风问题。左右进风窗的速度大小和进风量会综合影响舍内温度均匀性。

在模拟工况下，当两侧进风窗进风速度不一致导致左右温差时，通过减小温度高侧进风窗角度、增大温度低侧进风窗角度的方法，可以有效改善横向温度不均匀情况，且鸡舍前端和鸡舍上层笼具处改善效果更明显。

因此，建议高密度笼养鸡舍在使用侧墙进风窗时采用左右分区控制的方案。在维持舍内合适负压的前提下，根据实际温差大小调节左右两侧进风窗开口角度，防止左右进风不均导致的温度不均和鸡只冷应激，从而降低养殖风险，提高整体养殖均匀性和养殖效益。

参考文献

[1] 郑慧军, 李健, 李健平, 等. 层叠式笼养鸡舍环境参数与鸡群产蛋率的相关性分析[J]. 养殖与饲料, 2022, 21（10）: 20-24.

[2] 王芳, 陈家顺, 杨媚, 等. 冷应激对鸡神经内分泌、物质代谢、生理机能的影响及其营养调控研究[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57（12）: 7-13.

[3] 牛晋国, 张希瑶, 申李琰, 等. 夏季四层 H 型笼肉鸡舍不同位置环境参数变化与相关性分析[J]. 中国家禽, 2022, 44（2）: 64-69.

[4] 韩占兵, 张红岩, 张立恒, 等. 层叠式笼养蛋鸡舍夏季环境参数测定与分析[J]. 现代牧业, 2023, 7（4）: 8-12.

[5] 曹树涛, 郭玲, 徐友祎, 等. 侧墙通风窗对笼养肉鸡舍内温度场影响分析[J]. 家禽科学, 2019（8）: 11-14.

[6] 王阳, 石海鹏, 王雅韬, 等. 侧墙进风小窗位置对蛋鸡舍内环境的影响[J]. 中国家禽, 2016, 38（16）: 38-42.

[7] 王友君, 李元开, 张定一, 等. 最小通风量下内部阻碍对超长鸡舍通风特性的影响[J]. 制冷与空调, 2022, 22（11）: 25-28, 56.

[8] 李国建, 杨林, 许金钗, 等. 基于 CFD 的笼养鸡舍冬季通风方案模拟与验证研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021（21）: 57-62, 151-153.

（收稿日期：2025-01-04）

畜牧生产

农业机器人在智慧畜牧业中的推广应用

赵传伟[1*]，刘 然[2]，陈 涛[1]
（1.山东畜牧兽医职业学院，山东 潍坊 261061；
2.潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司，山东 潍坊 261200）

摘要：智慧畜牧业是现代畜牧业发展的方向，农业机器人作为智慧畜牧业重要的组成部分，在提高畜牧业生产效率、降低劳动成本、提升养殖质量和动物健康水平方面发挥着重要的作用。本文通过阐述农业机器人的概念与特征，聚焦智慧畜牧业中饲喂、巡检、消毒和挤奶等典型养殖场景，对农业机器人的应用现状、产品发展、关键技术应用等展开分析，探讨其在推广应用中的主要挑战及策略，以期为农业机器人在智慧畜牧业中的发展提供一些理论依据和指导建议。

关键词：农业机器人；智慧畜牧业；推广应用
中图分类号：S818.9 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0058-04

《农业农村部关于大力发展智慧农业的指导意见》强调，为了发展智慧农业，推进“物联网、大数据、人工智能、机器人等信息技术在农业农村领域全方位全链条普及应用”。2024 年，农业农村部《全国智慧农业行动计划（2024—2028 年）》中指出智慧牧场要重点应用个体体征监测管理、环境精准调控、自动巡检消杀、疾病智能诊断、精准配方饲喂、自动采集清污、废弃物无害化处理等技术装备。

近年来，我国的畜牧业发展比较迅速，规模化养殖的机械化率逐步提升，部分养殖环节已进入智慧化发展阶段。智慧畜牧业是指利用物联网、大数据、云计算和人工智能等现代信息技术，对传统畜牧业各个生产环节进行数字化、信息化和智能化改造，以提升生产效率、优化资源配置、保障食品安全和促进可持续发展。智慧畜牧业的核心是通过数据驱动决策，实现养殖过程的精准管理和自动化控制[1]。

农业机器人作为多功能集成化的智能装备，在智慧畜牧业发展中逐渐体现实用价值。本文将通过梳理农业机器人的概念与特征，聚焦主要养殖场景，分析农业机器人应用现状及发展趋势，并结合实际提出推广应用建议。

1 农业机器人的概念与特征

农业机器人是一种面向农业场景的自主作业装备，具有精准感知、自主决策、智能控制和自动执行的能力。其核心结构主要包括精准信息感知系统、决策控制系统、作业执行机构和自主移动平台。按照作业对象不同可分为种植机器人和养殖机器人。种植机器人包括田间种植、果园种植、设施种植机器人等；养殖机器人根据不同畜禽养殖的特点及功能分为饲喂机器人、巡检机器人、消毒机器人、清洗机器人和挤奶机器人等[2-3]。

养殖机器人通常配备气体传感器、温度传感器、湿度传感器等各类传感器，精准感知养殖场

基金项目：山东畜牧兽医职业学院 2024 年度职业教育与产业发展研究校级课题（课题编号：202420）
*通讯作者：15866521621@163.com

内的环境变化及动物状态；通过人工智能、大数据、物联网等技术，对数据进行分析与评估，根据各类养殖模型实现自主决策，完成饲喂精准匹配、动物健康评估等任务；具备路径规划和自主导航能力，能够在养殖场内自由移动，完成巡检、监测、消毒、清洁等任务，减轻工作人员的工作量。

2 农业机器人在智慧畜牧业中的典型应用现状

2.1 饲喂机器人

畜牧饲喂环节是畜牧业生产中的关键环节，其核心在于科学、合理地进行饲料投喂，以满足不同畜种的营养需求，促进动物健康成长，提高生产性能。

随着畜牧业生产的发展，饲喂机器人在规模化养殖中的应用逐步增多。比如在肉牛规模化养殖场中，荷兰 Trioliet 公司生产的 Triomatic WB 系列饲喂机器人采用全电动驱动，具备测距传感器和 无线传输技术，可根据系统计算的投料量进行自动推料，保证动物获得新鲜的饲料，提升动物健康，提升了作业的精度与效率；国内的国科农牧公司也推出适用于肉牛或奶牛的 TMR 饲喂及推料机器人，具备智能导航和智能物联网模块，实现远程操控和精准定位跟踪。这些产品的应用说明机器人技术可以提升饲喂作业的精度与效率，具有巨大的发展潜力，但也存在精准感知不准确，决策效率不高，特别是复杂环境下推料的精准度不高的问题。

饲喂机器人在技术上的挑战会影响产品商业化的速度；同时，这些设备由于具备高昂的投资成本，也不适合规模较小的养殖户使用。

2.2 巡检机器人

在现代牧场或家禽养殖场中，随时监控动物群体的活跃度、体温、进食情况等，从而及时发现并处理潜在问题，保证其健康生长显得十分重要。

目前国内生产的巡检机器人主要应用在生猪、肉鸡或蛋鸡的养殖生产中。例如，在生猪养殖环节，润农科技公司的巡检机器人基本具备深度摄像头、红外摄像头、广角摄像头或近红外设备，作为智能终端可按照智能养殖系统的指令，随时进行自动化巡视，对猪场的生产物资进行盘点，通过红外设备获取猪只体温，通过 AI 算法深入学习后，对群体健康状况进行评估，提高了养殖管理的效率。

巡检机器人在环境监测、数据收集、物资盘点、健康管理等应用场景的技术已基本成熟，但也面临着功能相对单一、数据评估不精确、规模化养殖适应性差、产品同质化严重的问题。随着技术的进步和产品成本的降低，巡检机器人将在智慧畜牧业中发挥更大的作用。

2.3 消毒机器人

畜牧业生产中，畜禽疫病防控工作是确保食品安全、维护公共卫生安全的重要环节。目前国内养殖场主要依赖人工消毒。消毒人员通过操纵消毒设备或防疫设备达到消灭病毒与疾病防控的要求。这种方式效率较低，劳动强度大，而且喷洒的液体药剂对操作人员的身体健康也有影响。

随着规模化、标准化养殖技术的不断推广，对智能化程度的消毒机器人的需求越来越高。比如，法国 OCTPOUS 公司的 XO 系列消毒机器人已经进入商业化应用，在散养的肉鸡鸡舍内实现无人化消毒防疫。该机器人还具备松土、消毒、采集、联网和决策功能。作业时，可设置路径实现自动导航，消毒之前先对鸡舍地面进行土壤疏松提高效率，同时可采集鸡舍内温度、湿度、二氧化碳和光照强度等环境数据用于数据分析，并上传云端在不同终端上显示。但是，国外针对散养鸡舍通常采用激光导航和超声波雾化技术，存在生产成本高、药剂扩散范围小的问题，难以满

足国内集约化笼养的防疫消毒作业需求[4]。

目前，国内针对笼养的消毒机器人大都处于研究与试验阶段。在技术实现上主要集中在复杂养殖场内路径规划与避障、消毒或防疫雾化效果等问题上。随着技术的不断进步，未来的发展将注重机器人的智能化，比如导航避障系统、智能喷雾系统等。

2.4 水产养殖清洗机器人

水产养殖由于能满足人类对于高质量高蛋白的需求，正成为一种可持续的食品生产方式。在众多养殖技术中，深海网箱养殖技术凭借规模化、标准化、对环境污染较少等优势，在国内处于快速发展期。

深海网箱作为养殖技术的关键部件，其表面很容易附着各类海洋生物，导致网孔阻塞影响箱体内外的水体交换，降低养殖质量，增加养殖风险。目前以人工潜水员清洗为主，存在清洗周期长、清洁度低、成本高和效率低的问题[5]。

为满足深海网衣清洗的需要，水产养殖清洗机器人应运而生。这类产品需要具备水下视频监控及传输、水下导航、水产品目标识别与定位、机械手协同作业等功能。目前，国外已有产品开始应用，但智能化程度较低，以半自动化和自动化为主；国内主要处于产品探索研究阶段，商品化程度较低。

例如，英国 Aurora Marine 公司的网衣清洗机器人采用履带式结构与水流双重驱动，能较好依附在网衣上，通过远程操控与监控，使用高压水流对网衣进行自动化清洗，智能化水平偏低；青岛森科特智能仪器有限公司开发的履带式水下网衣清洗机器人，利用搭载的视觉系统辨识清洗状态，通过定位通信系统实现自主作业。智能化程度相对较高，但需要市场检验[5-6]。

综上所述，在畜牧业的转型升级中，农业机器人已经在养殖生产的部分场景中实现了商业化应用。但这些高端的智能化设备，更适合规模化养殖，并且存在成本高、维护操作复杂的问题，这些因素影响推广应用的效果。

3 农业机器人在智慧畜牧业发展中的挑战

农业机器人作为智能化的设备终端，在劳动力短缺、节能减排、生产增效、数字智能等因素的影响下，将迎来足够的发展空间。但在产品研发及推广应用上仍面临一些挑战。

3.1 关键技术存在“三难”问题

农业机器人的关键技术主要包括信息感知技术、决策与控制技术、精准作业技术、自动导航技术和数据协同技术等。由于养殖环境的复杂性和非规模化，各类养殖群体之间的养殖技术差异性大，同类群体内品种多且相似程度高，这导致精准信息获取难、动态决策控制难和高效精准作业难。比如猪脸识别技术应用中，由于猪的群体数量很大，品种也很多，相似度很高，精准数据获取难度较大，从而影响后端的数据分析及决策处理。

3.2 设备综合成本高，推广难度大

农业机器人作为新技术应用的载体，为突出实用性，通常采用大量的传感器和控制器，增加了产品的硬件成本；为提高数据处理的准确性，需要各类算法，增加了开发的难度及人力成本；工作环境复杂，产品的维护保养也会增加使用成本。

农业机器人从前期研发到后期的商业化，整个过程投入成本过高，导致产品的销售价格和服务成本偏高，进而影响到养殖场管理者的购买意愿，推广难度较大。

4 农业机器人在智慧畜牧业中的推广应用策略及建议

针对以上的困难与挑战，结合国内外农业机器人的阶段性成果、未来养殖技术与机器人相关

技术发展的趋势，本文从推广应用角度提出以下策略及建议：

4.1 加大畜禽养殖标准化示范场建设力度

近几年，农业农村部为加快构建现代畜牧业标准化生产体系，全面提升畜禽养殖设施化、标准化水平，增强畜牧业质量效益和竞争力以及畜产品供给保障能力，一直推进畜禽养殖标准化示范场的建设项目。2023 年，共有 191 家畜禽养殖标准化示范场通过农业农村部的验收，在区域内形成示范推广效应。这些项目的建设，可以从养殖技术环节提升规模化养殖户购买与使用农业机器人的意愿。

4.2 加大政策及资金支持

政府应出台针对农业机器人的财政补贴、税收减免等优惠政策。支持各类产品的研发、推广和应用示范。同时，也鼓励生产单位或服务组织采用设备租赁形式，降低农户的投资成本。在农机购置补贴方面，针对一些重点推广的、对畜牧业生产具有显著促进作用的、已成熟应用的农业机器人，可以适当提高补贴额度，以鼓励更多农民购买和使用。

4.3 强化技术培训与服务

由于农业机器人的技术含量较高、使用操作相对复杂，技术培训与服务在推广应用中起着重要作用。通过建立多层级多维度的培训体系，可以满足养殖户的不同需求。从产品使用角度，可建立低级、中级、高级的培训课程，按照从简单操作到综合应用的顺序进行；从产品效果角度，可通过现场演示会、示范案例会等多种形式，展示应用效果及经济效益，让养殖户体验产品带来的收益；从产品维护角度，可通过线上、线下的方式，以视频或文字、面对面服务等形式，持续提供技术支持与服务，降低养殖户对新产品使用的畏难情绪。

5 结语

在畜牧业向智能化转型升级过程中，农业机器人凭借信息化、智能化的特征在各个养殖环节中逐步体现自身的价值。目前，在国家政策支持下、技术快速发展的推动下，农业机器人迎来快速发展期，虽然在关键技术上还存在一些挑战，但是结合我国畜牧业的产业特点，在标准化与规模化的养殖场内，具备一定的推广应用的空间。同时，具备成熟应用的农业机器人也可以对外进行宣传，提高国际影响力和竞争力。

参考文献

[1] 杨壮, 肖敏, 何明珠, 等. 智慧畜牧业的发展路径[J]. 今日畜牧兽医, 2023, 39（11）: 83-85.

[2] 赵春江, 范贝贝, 李瑾, 等. 农业机器人技术进展、挑战与趋势[J]. 智慧农业（中英文）, 2023, 5（4）: 1-5.

[3] 肖德琴, 黄一桂, 熊悦淞, 等. 畜禽机器人技术研究进展与未来展望[J]. 华南农业大学学报, 2024, 45（4）: 624-634.

[4] 冯青春, 王秀, 邱权, 等. 畜禽舍防疫消毒机器人设计与试验[J]. 智慧农业（中英文）, 2020, 2（4）: 79-88.

[5] 魏代善, 沈炜皓, 崔海朋. 深海养殖机器人技术现状及发展趋势分析[J]. 机电工程技术, 2023, 52（9）: 56-61.

[6] 宋协法, 孙跃, 何佳, 等. 深水网箱清洗技术及装备研究进展[J]. 渔业现代化, 2021, 48（5）: 1-9.

（收稿日期：2024-12-27）

基于长期健康效益的饲用抗生素减量替代企业估值模型优化研究

常 亚*

（徐州生物工程职业技术学院，江苏 徐州 221006）

摘要：饲用抗生素减量替代是推动养殖业绿色转型与保障公共卫生安全的关键战略举措。然而，其带来的长期健康效益在传统财务评估体系中难以显性化，导致企业转型的内在价值被系统性低估。本文通过构建“长期健康效益”理论框架，并引入健康风险调整因子与可持续发展期权价值，对企业估值模型进行系统性优化。优化后的模型能够有效量化减抗实践所带来的隐性价值，为资本市场识别并支持健康养殖企业提供科学的评估工具，从而助力行业实现高质量与可持续发展。

关键词：饲用抗生素减量替代；长期健康效益；企业价值评估；同一健康；绿色养殖

中图分类号：S851.33 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0062-05

细菌耐药性已成为全球公共卫生领域的重大挑战[1]。我国实施饲料“禁抗”政策，标志着养殖业进入绿色转型的新阶段[2]。这一转型不仅是技术层面的替代，更是行业发展模式的系统性变革[3]。然而，企业在推进抗生素减量替代过程中，普遍面临“成本显性化、效益隐性化”的评估困境——即转型投入带来的成本增加易于核算，而由此产生的疫病风险降低、耐药性发展延缓、品牌价值提升等长期健康效益，却难以在传统财务估值模型中得到充分体现[4]。这种价值评估的滞后与缺失，不仅削弱了企业实施转型的内生动力，也影响了资本市场对绿色养殖项目的资源配置效率。

本研究立足于畜牧兽医科学、公共卫生与金融经济学的交叉视角，旨在构建一套连接动物健康管理实践与现代企业价值评估的理论框架与方法路径。通过建立涵盖生物安全、市场信誉、运营韧性及战略合规四个维度“长期健康效益”评估体系，并引入健康风险调整因子与可持续发展期权价值，对企业估值模型进行系统性优化。这不仅是对现有企业估值理论的拓展与创新，更是服务于国家生物安全战略需求、引领养殖业绿色转型的重要学术探索。

1 价值评估现状

现有研究呈现出“技术—经济—社会”价值链条的相对割裂。在技术层面，大量文献证实了益生菌、酶制剂等替代品在维持动物生产性能方面的有效性，但多聚焦于短期应用效果[5]。在经济层面，研究主要集中于替代方案的直接成本比较，以及抗生素滥用所引致的宏观社会成本核算，未能有效建立与微观企业价值之间的连接[6]。随着可持续发展理念的深入，ESG 投资框架开始关注养殖业的抗生素管理实践，然而现有体系对“健康管理”绩效的度量仍缺乏标准化、可整合的计量工具。

上述割裂状态导致对饲用抗生素减量替代实践价值的认知趋于碎片化。因此，本研究旨在进行系统性整合：在理论层面，构建“长期健康效益”的统一框架；在方法层面，探索将非财务健康绩效转化为财务估值参数的有效路径；在应用层面，创新企业估值模型，全面、前瞻地反映绿

*通讯作者：changya888@sohu.com

色健康养殖企业的内在价值。

2 “长期健康效益”的理论内涵、多维构成与评估路径

2.1 理论内涵与四维构成

“长期健康效益”是理解减量替代实践核心价值的关键概念。它超越了传统会计周期和单一企业边界，指通过系统性的抗生素减量与健康管理，为企业及更广泛的利益相关方创造的，在长时期内持续积累并可能逐步内部化的综合性正向收益。其本质是将公共健康风险防控的外部效益、企业长期竞争力培育的内部收益，以及响应国家战略的合规价值进行一体化度量的价值集合。

2.1.1 生物安全与公共卫生价值 该维度是效益产生的核心基础。通过减少抗生素使用，直接降低了养殖场内耐药菌的选择压力，从而提升动物群体健康水平。其价值体现为内外两方面：对内，降低了群发性疾病风险，减少了治疗成本与死亡损失；对外，通过减少耐药基因的产生与环境排放，为区域生物安全和国家公共卫生做出贡献，这部分社会价值正通过日益严格的环保与食品安全政策加速内部化进程[7]。

2.1.2 市场信誉与品牌价值 在消费升级与食品安全意识不断增强的背景下，“无抗”“减抗”已成为重要的产品差异化信号与市场竞争力来源。其价值体现为：获取绿色、安全产品的市场溢价能力，如同为产品贴上了“品质保证”的标签；通过塑造负责任的品牌形象提升消费者忠诚度与市场美誉度，使品牌在激烈的市场竞争中脱颖而出；满足国内外高端市场或特定供应链的准入标准，从而获得更有利的贸易条件。

2.1.3 运营韧性价值 科学的替抗方案往往推动养殖模式向精细化、系统化管理升级。其价值不仅在于生产指标的短期改善，更在于生产系统稳定性的显著提升，表现为动物健康度更均匀、生产波动性降低、抗应激能力增强。这种增强的运营韧性可转化为可预测的长期成本节约和生产计划确定性，在资本密集的养殖行业中具有显著价值[8]。

2.1.4 战略发展价值 面对全球监管持续趋严和可持续发展成为共识的宏观背景，提前布局并有效实施抗生素减量替代，为企业创造重要的战略期权价值。包括主动规避未来潜在的合规风险与处罚；优先获取政府绿色补贴、税收优惠等政策红利；构筑基于健康管理的技术壁垒与先发优势；并为未来拓展下游高附加值产品线或新兴业务领域奠定坚实基础。

2.2 系统性评估整合路径

为实现从理论框架到实践应用的跨越，需构建“识别—计量—整合”的系统性评估路径。该路径的核心环节、关键任务与具体方法如表 1 所示。

3 整合“长期健康效益”的企业价值评估模型优化与应用

传统企业价值评估的核心工具—贴现现金流模型，因其内在的“财务近视”特性，难以有效捕捉前述长期健康效益。本研究提出一套整合优化方案，构建健康与可持续价值整合估值框架。

3.1 企业价值评估模型优化

3.1.1 未来现金流预测的拓展与调整

（1）优化后的现金流预测模型：未来现金流 = 基准现金流 + 正向增量现金流 + 风险缓冲现金流。即：$CF_t = CF_t^{base} + CF_t^{inc} + CF_t^{buffer}$。

（2）正向增量现金流 CF_t^{inc} 构成：

①溢价收入：绿色/无抗产品的持续性市场溢价。

表 1 系统性评估实施表

评估阶段	核心任务与描述	具体方法/示例
识别与映射（奠定基础）	效益识别与关键绩效指标映射：企业需依据自身减抗实践，在四大价值维度中识别具体效益点，并建立可量化或半量化的关键绩效指标进行追踪。	**生物安全维度：** • 核心病原菌（如大肠杆菌）耐药率年下降百分比 • 治疗用抗生素使用强度 **市场信誉维度：** • 认证产品渠道溢价率；• 消费者健康属性支付意愿调研得分 **运营韧性维度：** • 生产成绩波动系数；• 单位产品兽药成本 **战略发展维度：** • 绿色政策补贴获取率；• 新市场/新客户准入资格数量
计量与转化（价值货币化）	多方法结合的货币化转化：将识别出的效益点，特别是隐性价值，通过不同方法转化为可比的财务数据。	**直接法：**对已发生的溢价收入、专项补贴、节约的兽药成本等进行直接财务计量。 **模型辅助法：** • 蒙特卡洛模拟（结合历史数据与流行病学模型）：量化因疫病风险降低所避免的潜在经济损失。 • 条件价值评估法或选择实验法：评估品牌信誉等无形资产价值。 • 实物期权定价模型：估算战略增长期权的当前价值。
整合与应用（闭环管理）	纳入综合管理决策与价值评估：将货币化结果系统性地融入企业战略与运营管理，形成价值创造闭环。	•**战略规划：**将长期健康效益作为绿色转型投资决策的核心依据。 •**投资预算：**在资本预算中显性化健康效益带来的增量现金流和风险缓冲。 •**绩效考评：**建立与管理层激励挂钩的长期健康 KPI。 •**价值评估：**将所有数据整合优化后的企业估值模型，实现价值显性化。

②成本节约：生产性能改善、死亡率下降、兽药支出减少带来的年度节约。

③政策红利：政府绿色补贴、税收返还、优惠利率贷款的节税/节息效应。

（3）风险缓冲现金流 CF_t^{buffer}：通过风险评估模型（如蒙特卡洛模拟）量化“生物安全风险缓释价值”，即因健康水平提升而避免的突发重大疫病可能造成的损失期望值。这部分价值可视为对基准现金流的“保护”或“保险”价值，通过调整项或降低损失概率的方式融入预测。

3.1.2 加权平均资本成本的创新性调整：健康风险调整因子 a_t。

（1）优化后的加权平均资本成本公式：

$$WACC_{adj,t} = WACC_{trad} + a_t。$$

参数说明：

$WACC_{adj,t}$：t 时刻经健康调整后的加权平均资本成本；

$WACC_{trad}$：传统加权平均资本成本（基准折现率）；

a_t：t 时刻健康风险调整因子，此值可正可负；

$a_t > 0$：健康风险高于基准，资本成本上浮（风险惩罚）；

$a_t < 0$：健康水平优于基准（如绿色认证、低耐药性），获得融资优惠（健康红利）；

$a_t = 0$：健康状态处于行业基准，无调整。

（2）健康风险调整因子 a_t 的确定方法：

①ESG 评级对比：企业 ESG 评级中“产品安全”与“健康管理”子项得分与行业标杆对比。

②事件研究法：分析行业发生抗生素相关负面舆情或监管处罚时，不同健康管理水平企业的股价超额波动差异，提取健康敏感系数 β_t^{health}。

③专家评审团评分：由行业分析师、兽医专家、信贷官组成的评审团，根据企业公开的生物安全审计报告、耐药性监测数据等进行定性评分转化。健康风险调整因子的引入使得在健康管理上持续投入的企业，因其更稳定的未来现金流预期而获得更低的资本成本，直接提升估值水平。

3.1.3 企业终值的重构：显性化可持续发展期权价值

（1）优化后的终值模型：$TV_t = TV_t^{base} + TV_t^{sus}$。

参数说明：

TV_t：优化后的总终值；

TV_t^{base}：基础业务终值（基于传统戈登增长模型）；

TV_t^{sus}：$TV_{sustainable_option}$ 可持续发展期权价值。

（2）可持续发展期权价值 TV_t^{sus} 的内涵：这部分价值是对企业因绿色领先实践而可能打开“第二增长曲线”的战略选择权的当前价值评估。它体现了绿色转型带来的战略前瞻性和增长潜力，包括进入更高利润市场的能力，拓展新业务领域的期权价值以及构筑技术壁垒与先发优势的潜在收益。

3.2 企业价值评估模型

企业价值评估模型的应用流程如图 1 所示。

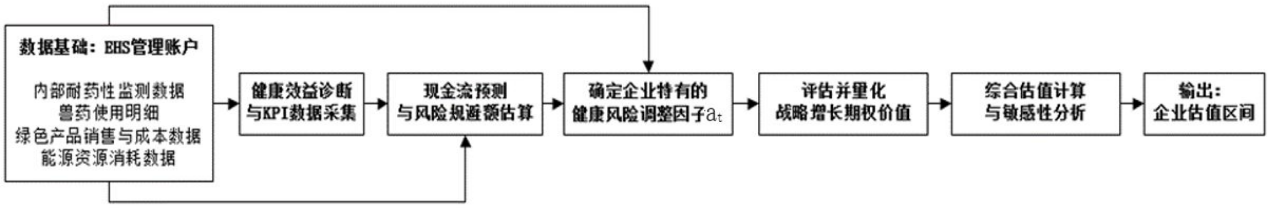

图 1 企业价值评估模型的应用流程图

4 讨论

4.1 理论创新与时代引领价值

本研究提出的理论框架在多个层面实现了突破。首先，在理念上打破了经济效益与健康效益长期对立的思维定式，为理解农业绿色转型提供了“价值共创”的新范式。其次，在方法论上实现了跨学科融合，将畜牧兽医科学、公共卫生风险模型与金融经济学工具相结合，为解决农业领域正外部性的计量难题提供了创新思路[9]。最后，所构建的评估框架与国家“绿色发展”战略高度契合，并与国际可持续金融发展趋势相接轨，具有较强的时代引领性与前瞻性。

4.2 实践价值与多方协同意义

对养殖企业而言，本框架提供了将绿色投资合理性进行量化表达的“价值语言”，有助于其从被动合规转向主动的价值创造战略。对金融机构而言，该模型为识别和筛选具有长期竞争力的绿色养殖资产提供了差异化分析工具，可引导资本更精准地流向健康管理领先的企业。对政策制定者而言，框架为设计更精细化的激励机制以及应对国际贸易中潜在的“绿色壁垒”提供了量化决策依据[10]。这种多方协同效应是推动产业实现系统性转型的关键。

4.3 研究局限与未来方向

本研究的实际应用仍面临数据可得性、参数

估计稳健性等方面的挑战。未来研究可在以下方向深化：加强行业层面的数据基础设施共建共享，推动关键评估参数的标准化；探索利用物联网、大数据等技术优化健康效益相关数据的自动化采集与处理流程；将评估范围扩展至涵盖饲料、养殖、屠宰、加工的全产业链环节，提出更具系统性的政策建议；加强国际比较研究，吸收借鉴先进经验，提升我国在可持续农业治理与标准制定中的话语权。

5 结语

本研究构建了“长期健康效益”四维框架及优化的企业估值模型，为科学评估养殖企业绿色转型价值提供了新范式。该框架有效突破了传统财务评估的局限，将动物健康、公共安全与企业经济价值有机连接，能够更全面、准确地反映绿色健康养殖企业的内在价值与长期竞争力。研究为推动评估体系的落地应用提供了理论支撑与方法工具，对实现养殖业高质量发展、落实“同一健康”理念及保障国家生物安全具有重要实践意义。

参考文献

[1] Muflih SM, Bashir HN, Khader YS, et al. The impact of health literacy on self-medication:a cross-sectional outpatient study[J]. J Public Health（Oxf）, 2022, 44（1）: 84-91.

[2] Luo Y, Mao D, Rysz M, et al. Trends in Antibiotic Resistance Genes Occurrence in the Haihe River, China[J]. American Chemical Society, 2010（19）: 7220-7225.

[3] 于彦，王瑞军. 养殖业抗生素滥用现象及其防控策略[J]. 粮油与饲料科技, 2025（12）: 156-158.

[4] 王蕾蕾，许金新. 饲料“禁抗令”施行后养殖业面临的挑战及对策[J]. 中国动物保健, 2021, 23（9）: 3, 5.

[5] 张园园，崔傲然. 兽用抗菌药有序减量的理论分析、实证测度与实现路径研究[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29（10）: 239-250.

[6] 胡彦龙，朱建纲，张宏飞，等. 饲料禁抗背景下抗生素替代物在畜禽生产中应用的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2025（8）: 13-19.

[7] 高帅. 规模化养猪场常见疫病及其综合防控措施[J]. 今日养猪业, 2025（4）: 85-87.

[8] 范志聪，陈婷，孙加节，等. 禁抗形势下的替抗产品分析与选择[J]. 广东饲料, 2021, 30（5）: 11-14.

[9] 孟培，刘凌，唐湘方. 推进动物生产、环境与人类健康协同发展是 Animal Research and One Health（AROH）的神圣使命[J]. 畜牧业环境, 2023（18）: 5-7.

[10] 钱昊月，孙赫. 绿色贸易壁垒对中国农产品出口的影响研究—基于 APEC 成员国的实证分析[J]. 中国商论, 2025, 34（18）: 14-19.

（收稿日期：2025-12-26）

临沂市五七九公鸡和草鸡产业的生产、消费现状及高质量发展路径

谭善杰[1*]，秦立新[2]，郭士建[3]，王 琦[4]，胡 平[5]

（1.临沂市畜牧发展促进中心，山东 临沂 276000；2.蒙阴县检验检测中心，山东 蒙阴 276200；3.费县薛庄畜牧兽医工作站，山东 临沂 273400；4.沂水县畜牧发展促进中心，山东 沂水 276400；5.沂水县龙家圈畜牧兽医工作站，山东 沂水 276400）

摘要：临沂市既是肉鸡养殖大市，也是消费大市，肉鸡产业是当地的优势产业。文章介绍了临沂市五七九公鸡、草鸡这类黄羽肉鸡当前的生产和消费现状，从养殖、屠宰、加工和消费四个方面分析了黄羽肉鸡的发展趋势，提出黄羽肉鸡的发展总路径是齐心协力打造产业互联网+五七九（草鸡）产业链集群，最后提出 5 条具体措施推动黄羽肉鸡产业的高质量发展。

关键词：五七九公鸡；草鸡；生产消费；发展趋势；措施

中图分类号：S831 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0067-04

畜牧业是关系国计民生的重要产业，是农业农村经济的支柱产业，是保障食物安全和居民生活的战略产业，是农业现代化的标志性产业。临沂市是畜牧大市，2024 年全市肉蛋奶总产量 167.64 万 t，畜牧第一产业产值 298.68 亿元；畜禽屠宰企业数量、产值，饲料产量、产值位居全省首位。黄羽肉鸡又称三黄鸡，是我国地方鸡品种的统称，是我国历来养殖的土鸡品种[1]，品种资源丰富，肉质鲜美、口味独特。中国畜牧业协会根据不同的生长速度和用途，将我国黄羽肉鸡分为快速型、中速型、慢速型（含蛋肉兼用型黄羽肉鸡）三大类[2]。五七九公鸡即蛋公鸡，属中速型黄羽肉鸡，经摸排，临沂市年消费黄羽肉鸡约 1.8 亿只，其中五七九公鸡、草鸡等这类中慢速型黄羽肉鸡约 1.2 亿只，其他黄羽肉鸡 6 000 万只，年消费白羽肉鸡约 300 万只，整个肉鸡年销售额约 150 亿元。在肉品质方面，与白羽肉鸡相比，黄羽肉鸡腿肌红度以及粗脂肪含量高，适宜风味加工[3]，适合做炒鸡和烧鸡。五七九产业是临沂市独有的比较优势产业，经了解，全国饲养主要集中在临沂，其他仅潍坊、日照和徐州的丰县、沛县有少量养殖，消费也主要集中在临沂。当前五七九公鸡产业正在由高速增长向高质量发展的关键阶段，要利用产业集群优势，创造出适合五七九特性的新产品、消费新场景、饲养新模式等，持续推动产业健康发展。

1 临沂市五七九公鸡、草鸡生产现状

临沂市既是鸡的养殖大市，也是消费大市。肉鸡产业是本市比较优势产业，养殖水平全国领先，2024 年出栏 8.65 亿只鸡，年出栏 50 万只以上养殖场 236 家；肉鸡屠宰企业 45 家，屠宰 10.32 亿只，占全国 12%。经综合调研，五七九公鸡饲养周期约 75 ~ 85 d，属中速型黄羽肉鸡，全市存栏 700 万 ~ 750 万只，年出栏 3 000 ~ 3 500 万只。全市草鸡饲养品种主要有：广西红瑶、淮南王、本地改良土鸡，温氏公司的青二、黑凤，立华公司的天目公、雪山草鸡等占有一定数量。草鸡饲

*通讯作者：ybfk2007@163.com

养周期约为 120 d，属慢速型黄羽肉鸡，全市草鸡存栏 200 万 ~ 250 万只，年出栏 600 万 ~ 700 万只。

本市五七九公鸡屠宰加工企业现有临沭晟凯、莒南牧鸿、河东聚成、兰山华颐、山东喜会林生态农业有限公司等屠宰场，日屠宰 12 万 ~ 15 万只，屠宰加工初步形成规模效应。

2 临沂市五七九公鸡、草鸡消费现状

2.1 五七九公鸡消费情况

临沂市三区五七九公鸡日销售约 2.5 万只，有专用运输车 35 ~ 45 台。全市五七九公鸡日销售量约 8 万 ~ 10 万只，其中 60%用于烧鸡，30%用于炒鸡，10%用作喜宴。

2.2 草鸡消费情况

据不完全测算，全市草鸡年消费量 2 000 万只左右，本市供应约 600 万 ~ 700 万只，其余约 1 300 ~ 1 400 万只鸡来自温氏、立华等市外公司。90%草鸡用于炒鸡、炖鸡，烧鸡、喜宴、食品加工等份额较少。

2.3 临沂炒鸡消费情况

临沂炒鸡以其鲜香辣咸的醇厚风味，享誉四海。2023 年 9 月下旬，本市被中国饭店协会授予“炒鸡地标美食城市”。炒鸡主要有三个消费场景：餐饮店、预制菜、家庭烹饪。（1）餐饮店。据市县餐饮行业协会统计，本市现有餐饮企业 3.4 万家，其中各类专业炒鸡店近 7 700 家，每年消费小草鸡、五七九等各类黄羽肉鸡约 8 000 万只。同时，其他饭店均可提供临沂炒鸡菜品，每年消费黄羽肉鸡约 6 000 万只。每只炒鸡售价集中在 80 ~ 120 元，餐饮企业炒鸡单品年销售额约 120 亿元。（2）预制菜。现有临沂炒鸡预制菜企业 50 家左右，年加工能力 2 000 万只，年销售额约 20 亿元。（3）家庭烹饪。初步统计，本市每个家庭年均消费 3 只鸡，按全市 400 万户家庭计算，年消费黄羽肉鸡约 1 200 万只。此外，临沂炒鸡带动相关产业发展，全市涌现出 20 余家炒鸡酱生产加工企业，年产量约 500 万斤，年销售额约 8 000 万元。

2.4 烧鸡等卤鸡消费情况

以烧鸡为代表的卤鸡也深受本市群众喜爱。据百度地图大数据分析，本市现有各类烧鸡店 850 余家，年销售烧鸡 600 万只，销售额约 4 亿元。郯城县李庄镇、沂南县大庄镇是本市烧鸡产业较为集中的两个乡镇，其中李庄镇烧鸡生产企业和制作工坊 100 余家，年加工烧鸡 300 余万只，实现产值 1 亿余元；大庄镇烧鸡企业和制作工坊 20 家，年加工烧鸡 50 万只，实现产值 3 000 万元。

此外，还有以滋补为目的的炖鸡，以家庭烹饪为主，每年消费约 50 万只。

3 黄羽肉鸡的发展趋势

五七九公鸡、草鸡等黄羽肉鸡的发展趋势是在资源与条件双重约束条件下，探索并实现资源配置最优化，达到肉鸡产业可持续健康发展的目标。

3.1 养殖端

养殖业正经历从传统散养模式向规模化转变，转变的核心特征可概括为：一是设施集约化，通过优化栏舍设计与养殖密度，实现土地、饲料等资源的集约利用；二是运营智能化，应用物联网、大数据与自动化装备，实现环境监控、精准饲喂与健康管理的智能化；三是生产绿色化，推行粪污资源化利用、节能减排技术及低碳饲料，构建环境友好型生产体系；四是品种良种化，依托现代育种技术，持续选育和推广高产、高效、抗逆性强的优良品种，夯实产业遗传根基。

3.2 屠宰端

现代屠宰加工业的转型升级，呈现出三个核心特征：以集中屠宰实现规模化、标准化生产；以科技赋能（如自动化分级、智能分割、减损技术）提升加工效率与产品附加值；依托冷链物流

与可追溯体系，保障生鲜肉品的流通安全与品质稳定，三者协同，共同推动肉鸡屠宰环节向高效率、高价值与高安全性演进。

3.3 加工端

加强产品研发与推广，契合年轻一代消费需求[4]。当前肉类加工产业正经历一场由消费端主导的深刻转型。为响应健康意识提升、家庭结构小型化及快节奏生活方式带来的新需求，产业升级的核心方向体现为：以安全化为不可逾越的底线，构建全链条质量保障体系；以便利化与小型化为产品设计核心，通过即食、即烹、小包装等形式适配现代家庭消费场景；并以轻食化为价值延伸，开发低脂、高蛋白、配方清洁的产品，对接健康营养的消费理念。这标志着产业从追求“规模化生产”转向“以消费者为中心”的价值创造新范式。

3.4 消费端

当代食品消费市场正经历一场由价值诉求升级驱动的深刻变革。其核心特征表现为：口味创新作为基础感官体验的持续追求，满足多元化的风味偏好；个性化定制成为表达自我身份与生活方式的关键载体；以年轻一代为主导的消费群体，其价值观与社交行为重塑了市场潮流与产品话语体系；而生态化意识的觉醒，则推动消费决策从个体满足迈向对社会责任与可持续发展的关切。

4 黄羽肉鸡的发展路径

随着数字网络技术和人工智能技术的不断推进，当下世界最高效的以销定产、以快打慢、以新打旧的产业组织方式是产业互联网+产业链集群。因此黄羽肉鸡发展的总路径是齐心协力打造产业互联网+五七九（草鸡）产业链集群。

首先做好全产业链口碑。必须贯穿养殖、屠宰、加工直至消费终端的全流程，各个环节做好分工与协作，将卓越的产品与服务呈现给大众，才能赢得消费者的口碑，为企业奠定长期稳定的收益基础。

其次生产出过硬的产品。企业可持续竞争优势根本源于其高质量的产品，产品优质且难以被低质竞争者模仿，企业才能获得更优的生存概率与发展机遇。

第三打造自己的品牌。品牌是产品市场认知度的标志。缺乏强势品牌引领与整合的稀缺资源，往往因协同不足而难以形成真正的竞争优势，呈现“资源散化”状态。将分散的资源转化为可持续的比较优势，构建一套以品牌为核心的战略性整合机制，这套机制的建立与有效运行，需要管理层具备战略性认知、系统性格局、前瞻性视野与果断的担当精神。最终，企业的综合实力并非资源的简单相加，而是品牌通过上述机制对资源进行战略性编排后所涌现的系统性竞争力；而比较优势正是在此过程中，被品牌独特价值所锚定和放大的、难以被模仿的战略定位。

5 具体措施

5.1 因地制宜地走向集约化

养殖屠宰加工企业未来的发展趋势就是规模化、集中化，但要根据不同地区的资源条件、环境承载能力、经济水平等因素，制定适合当地的集约化发展路径。比如在土地资源丰富的地区采用大规模集中养殖，实现规模经济；在山区或生态敏感区推广适度规模的生态家庭农场或合作社模式，探索发展山地、林下养殖黄羽肉鸡，实现生态与生产的平衡。研究表明，林下散养可以提高黄羽肉鸡的腿肌率和肉品质，针对黄羽肉鸡这种生长周期较长的家禽品种，建议选用林下散养模式，可以更好地满足市场高端消费需求[5]。

5.2 科技赋能，向管理要效益

通过数字化、智能化技术渗透全产业链，实现从粗放式经验管理向数据驱动的精准管理与智能决策转变，挖掘管理红利。在养殖环节，借鉴利用白羽肉鸡智能设备精准控制鸡舍环境（通

风、温度、湿度等），提升鸡群健康度；充分利用地源性饲料，配方实时更新，优化饲料利用。在屠宰加工中利用自动化分级、分割设备，提升效率与一致性。利用大数据，在人工、运输成本、饲料投放等方面加强成本管控。科技赋能不仅降低人工与物料成本，更能通过提升成活率、饲料转化率、产品溢价（如可追溯的优质品）和副产物高值化利用，创造新的效益增长点。

5.3 坚定文化自信，讲好传统文化故事

大力弘扬和推广“无鸡不成席、无鸡不成宴”的黄羽肉鸡饮食文化，使黄羽肉鸡的饮食文化深入人心。讲好传统文化中鸡蕴含的“五德”，即头戴冠为文德，足生距能斗为武德，见敌敢斗为勇德，得食相呼为仁德，守夜报晓为信德。挖掘地方品种丰盈的历史故事，持续改良品种，保证高效的饲料转化率和适当的生长速度，同时保留地方口味。将地方品种、传统文化、饮食文化与地域风物融入品牌叙事，实现产品从功能价值向情感与文化价值的升华，提升产品附加值和差异化。

5.4 集中屠宰，冷链冰鲜

推动屠宰加工环节的空间集中化、操作标准化与流通冷链化，借鉴白羽肉鸡场屠宰模式，全市已有规模化屠宰场 6 家。目前市级层面正在规划 1 处集中家禽屠宰交易市场，屠宰方式和现有屠宰场一样，规模稍小于屠宰场。

5.5 消费拉动全产业链

确立“以消费者为中心”的产业导向，让终端市场的需求变化（安全、优质、便捷、特色）成为指挥棒，逆向牵引产业链各环节进行系统性、协同性升级。年轻人更易接受冰鲜、冷冻、速食、预制鸡产品，可能拓展黄羽肉鸡非活禽交易领域的市场增量[6]。推动预制菜的发展，加大临沂炒鸡、调理品、盐焗鸡、鸡汤等深加工产品研发，减少中间商差价，提升利润空间。满足消费需求结构的变化，通过市场数据和消费者调研，消费趋势呈现便利化、轻食化、品质化、体验化，针对健康需求推出即食方便、低脂、高蛋白产品；针对注重高品质的消费者推出有机、绿色、无抗等优质产品；针对打卡体验式消费者，推动发展“临沂炒鸡+文旅”，联合文旅精心打造美食旅游精品路线，推动美食体验与“红绿蓝古今”等旅游项目融合发展，方便外地游客、商务人士品味临沂炒鸡。在销售渠道上，社区团购、电商平台直播带货等线上销售渠道逐渐成为市场重要增长点，为企业拓宽销售渠道，增加产业收入。

6 小结

终端市场消费需求变化决定了要系统升级五七九公鸡、草鸡等黄羽肉鸡的生产和加工环节。通过规模化、集约化、智能化、屠宰标准化等措施推动黄羽肉鸡产业的高质量、高效益、可持续发展，从而做优做强本市黄羽肉鸡全产业链，继续保持本市肉鸡产业的优势地位。

参考文献

[1] 雷少斐. 黄羽肉鸡产业如何找回市场竞争力[J]. 农村新技术, 2025（7）: 53-54.

[2] 高海军. 2024 年我国黄羽肉鸡行业生产形势分析报告[J]. 中国禽业导刊, 2025, 42（12）: 9-17.

[3] 洪璐. 白羽肉鸡和黄羽肉鸡屠宰性能及其常规肉品质的比较[D]. 扬州: 扬州大学, 2025.

[4] 秦开田. 新挑战下我国黄羽肉鸡企业的战略调整与育种创新之路[J]. 畜牧产业, 2025（2）: 25-30.

[5] 张玺, 魏瑞, 王玺年, 等. 林下散养模式对黄羽肉鸡生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[J]. 中国饲料, 2025（18）: 17-20.

[6] 顾行兵. 新形势下我国黄羽肉鸡产业发展趋势[J]. 北方牧业, 2024（2）: 4-5.

（收稿日期：2026-01-11）

智能化管理技术赋能笼养蛋鸡健康养殖的研究

陈永亮*，康永刚

（徐州生物工程职业技术学院，江苏 徐州　221006）

摘要：智能化管理技术能够实现对笼养蛋鸡舍环境参数的精准监测与调控，高效识别蛋鸡行为并评估其健康状况，有利于蛋鸡养殖条件与疾病防控水平的提升。但目前我国笼养蛋鸡行业在智能化管理技术应用方面存在着投入成本高、覆盖范围小、实际效果差等诸多问题，需要在环境智能调控、鸡群健康监测等方面进一步提升综合调控与监测水平，着力提升智能化管理设备的应用效果，切实提高笼养蛋鸡的福利条件和健康管理水平。

关键词：笼养蛋鸡；智能管理；健康养殖；监测

中图分类号：S818.9　　**文献标识码：**B　　**文章编号：**1007-1733（2026）03-0071-04

在我国当前主导的蛋鸡笼养饲养方式中，鸡群的健康管理水平不仅直接决定着蛋鸡的生产性能和养殖效益，也与蛋品质量安全息息相关，甚至会引发环境污染和消费者健康问题。最近几年，随着我国蛋鸡养殖从阶梯式笼养向层叠式笼养~~的~~转型过渡，蛋鸡养殖的密闭式、高密度、规模化等特征愈发显著，很容易造成蛋鸡健康和福利水平的下降，导致蛋鸡抗病力低、产蛋性能波动、用药成本增加、蛋品质量降低等一系列问题。针对笼养蛋鸡生产过程中遇到的问题，整个行业也在积极探索变通和创新之道，而智能化管理技术及其相关设备在畜禽养殖中的研究与应用，为保障蛋鸡健康提供了全新的方案，逐渐成为推动蛋鸡养殖业转型升级与健康高效的重要力量。

1　智能化管理技术对笼养蛋鸡健康养殖的作用

1.1　监测鸡舍环境参数并优化环境条件

鸡的体温相对较高，标准体温为 41.5 ℃，且我国蛋鸡养殖主要为海兰、海赛克斯等国外引入的高产性能品种，抗逆性较差，鸡舍温度高或者变动过大，都会显著影响鸡只机体代谢调节。此外，当前复杂多变的气候、鸡舍建筑设施条件和高密度笼养饲养方式等客观因素，都直接造成了笼养鸡舍内部环境的复杂性和多样性[1]。而我国传统蛋鸡养殖模式中，主要依靠人工操作环境控制设备，对环境参数的控制能力有限、精确度不高，很难为蛋鸡生长和生产提供优良的环境条件，存在劳动强度大、控制效率低、应激风险高、能源浪费多等问题。将智能养殖技术科学合理地应用于笼养蛋鸡生产过程中，在鸡舍中科学合理地布置各种功能的传感器，实时监测其中的温度、湿度、光照、空气质量等环境参数，传感器实时把收集到的数据传输到禽舍环境智能控制中心，再通过对各种数据信息的处理、分析来判断鸡舍的环境状况，并自动调控热风炉、湿帘、通风、照明、清粪等设备，从而构建蛋鸡舍环境智能控制系统，实现鸡舍环境的精准调控，让鸡舍的各种环境条件始终保持在适宜状态，从而促进蛋鸡的健康生长并保证其高产性能遗传潜力的充分发挥。另外，智能化环境精准调控，还能起到节约用水、用电从而降低能源消耗和生产成本

基金项目：2021 年度江苏省高校优秀科技创新团队（禽病防控）

*通讯作者：chyola888@163.com

的作用。

1.2 识别蛋鸡行为并评估其健康状况

鸡抗病力较差，且鸡病往往存在发生时间短、传播速度快、诊断难度大、损失严重等特点，所以在集约化、高密度的立体笼养模式中，能否准确、充分地识别蛋鸡的行为特征并分析其身体状况是影响蛋鸡健康养殖至关重要的一环。相比较传统的兽医工作人员定时巡检寻找发病疑似鸡只，智能化疾病辨识技术可以全天候、覆盖大面积群体蛋鸡检测，能够帮助养殖人员在第一时间发现疾病的发生并采取干预手段，从而防止疾病的蔓延与恶化。依托红外热成像、视觉分析、声音诊断、生物传感器以及 AI 行为分析等先进识别技术，可以在蛋鸡舍关键位点和蛋鸡笼不同部位安装传感器和摄像头，或者引入巡检机器人，对蛋鸡的体温、活动量、采食量、饮水量、羽毛状态、呼吸咳嗽以及产蛋、打斗、啄羽等行为特征进行实时监测[2]，一旦监测到蛋鸡出现上述异常行为指标，智能化疾病辨识系统会立即发出预警信号提醒兽医工作人员及时采取相应处理措施。目前智能分群系统在规模化笼养蛋鸡场也有所应用，其是利用物联网技术与计算机视觉技术自动识别行为异常的蛋鸡，然后开启鸡笼自动门与鸡只传送带，把这些可疑鸡只运输到兽医隔离间，如此既利于大群鸡只的健康安全，又便于对病弱鸡的养护或治疗[3]。

2 智能管理技术在笼养蛋鸡行业中的应用现状

在鸡舍环境监测与评估方面，我国规模化蛋鸡养殖场已经普遍使用保温、通风、光照、消毒等机械设备，并实现了自动化管理以及与环控采集装置、智能控制系统等的联合使用，有效改善了笼养蛋鸡舍的环境条件和疾病防控水平。国内某些农业高校还研发了集成了温湿度、风速、压差、颗粒物、CO_2、NH_3 等多种环境监测功能的便携式环境监测仪器[4]，显著提升了鸡舍环境智能化监测技术的便捷性和实用性。杜欣怡等[5-6]则采用雷达图、灰色关联法等对鸡舍内的温湿度、风速气流、有害气体进行数据融合，综合评估舍内环境舒适度，有效克服了单一环境参数评价所造成的环境条件监测与评估不准确的弊端。但因为智能管理设备前期购置成本高、后期维护难度高，很多中小型蛋鸡养殖场户可能难以承受，所以也限制了智能管理技术在笼养蛋鸡行业中的广泛应用。杨敏等[7]通过调查发现，全国规模化蛋鸡养殖场主要采用层叠式笼具，但应用智能环控采集设备的养殖场不足五成，采用机器人对蛋鸡行为和健康进行监测的养殖场更少，占比不到 10%。对于已经引入智能化管理的系统与技术的蛋鸡规模化养殖场，高湿、高温、高粉尘的环境会对长时间持续运行的传感器、摄像头等精密仪器设备产生一定程度的干扰并影响其使用寿命，影响数据监测的灵敏性、准确性以及数据传输连贯性[8]，对蛋鸡舍的精准监测与调控带来了很大的挑战。另外，由于畜禽养殖过程中所应用的智能化管理技术和信息化处理技术缺乏统一的技术标准，不同厂家生产的智能装备在性能接口以及通信协议方面各自为战，在数据采集传输以及存储分析方面存在差异，这些都大大增加了养殖场的智能化技术与设备的应用成本以及运营管理难度[9]。目前市场上智能化管理设备的产品质量参差不齐，一些研发水平低、集成化程度差的产品难以满足我国气候跨度大、蛋鸡品种类型多、养殖季节变化、饲养日龄不同等条件，特别是鸡舍内部环境多因子耦合等特殊情况，难以达成鸡舍环境参数的智能化监测与调控的理想效果，给养殖户的蛋鸡养殖综合效益带来损失。

在智能化笼内病弱鸡识别和疾病辨别方面，当前的检测系统主要是基于机器视觉并依靠图像采集和处理，在笼养蛋鸡高密度、密闭式养殖模

式下，容易受到鸡群拥挤、光照条件差、粉尘含量高等不利因素的限制，导致图像采集与数据处理效果不佳，限制了这一类型检测系统的推广应用。于是，手持式或可移动的智能检测装置便更具科学意义和商业价值，故而现在很多中等以上规模的笼养蛋鸡场引入了诸如“木鸡郎”等巡检机器人，用于全天候、实时、动态监测鸡舍内不同位置的各项指标和鸡群的行为信息，实现环境精准监测、饲料精准投喂、病弱死淘鸡及时检测等智能化管理，并可集成完成数据统计、记录分析和上传预警等其他操作处理。但智能机器人在规模化笼养蛋鸡养殖场的应用也存在着成本高、功能单一、稳定性有待提高等问题[10]。

3 基于健康养殖理念下智能管理技术在笼养蛋鸡中的应用建议

3.1 精准监测鸡舍环境并智能综合调控

鸡舍环境质量是影响蛋鸡健康和鸡蛋品质的重要因素之一，其中温度、湿度以及舍内气体、粉尘、生物气溶胶等多项指标的交互叠加，对鸡舍环境参数的精准控制和优化造成了很大的困难[11]。为此，笼养蛋鸡舍要高度重视并做好内部的环境质量，以蛋鸡的生活习性和生长规律为基础，引入包含多源异构传感器与数据加权融合技术的禽舍环境监测系统，根据鸡舍内部多环境因子间互作效应开展科学、精准、高效的智能化综合调控[12]。当前，我国蛋鸡养殖场所使用的智能环控技术及其设备大多是针对温湿度、光照等基本指标的监测，对 O_2 以及 NH_3、H_2S、CO_2、粉尘浓度等舍内空气指标的监测尚不完善，而随着规模养殖的发展，舍内饲养密度的逐渐加大，若再叠加排风扇通风功率不足、冬季保温通风不畅等因素影响，笼养蛋鸡舍很容易出现通风不足、有害气体难以有效清除的问题，从而诱发蛋鸡疾病特别是呼吸道疾病。为了克服养殖人员对鸡舍内有毒、有害气体敏感度低的不足，笼养蛋鸡舍需要搭建智能检测与控制系统，使用气体检测管、电化学传感器、光学气体分析仪等对舍内气体实时、精准、快速监测并及时发出预警，还能根据监测结果自动调节进风口的开闭程度和排风扇的通风功率，实现有效的通风换气[13]。

3.2 科学监测鸡群健康与疾病智能诊断

在大中型规模化蛋鸡舍特别是 6 层及以上叠层笼养蛋鸡舍，为了克服人工巡检病死鸡时的劳动强度高、危险系数大和工作效率低等不利情况，建议引入适用于规模化笼养蛋鸡舍的商用巡检机器人或立体式可移动蛋鸡行为监测系统，在检测不同笼层的环境参数的同时，实现对单个鸡笼里的蛋鸡的可视化巡检，定位病死鸡的分布点并上传至数字化养殖管控系统。但规模化笼养蛋鸡的健康监测需要克服单一生理指标或健康因素的判断，需要综合应用行为检测算法、分割算法[14]等对鸡冠、体温、行为、饮食进行精确识别与判断，以避免出现误判和漏判。随着禽舍智能机器人研发技术的升级与功能的扩展，规模化蛋鸡养殖场还可以选择消毒机器人、清扫机器人等智能装备，借助自动导航、数据采集、清扫消毒等技术，替代人工完成规模化笼养蛋鸡舍的日常清扫、清粪、消毒、免疫等劳动强度大的操作，全天候保证蛋鸡舍的清洁与卫生，全方位、高效地杀灭鸡舍和空气中的病原微生物。畜禽智能化管理技术不仅可以用于动物疾病的监测与预警，还能运用于智慧诊断评估与科学防治。为了降低笼养蛋鸡养殖过程中的疾病风险和经济损失，规模化蛋鸡养殖场可以配套蛋鸡智能化疾病诊治系统，兽医人员通过自助诊断模块选择或上传疾病症状，系统对可能的疾病作出初步诊断，并给出针对性治疗与用药辅助建议。若附加远程诊断、实验室诊断和专家禽病库等模块则可搭建蛋鸡疾病远程网络诊断平台，实现用户与专家远程连

线，随时随地获得禽病权威专家的指导，并根据专家给出的检测结果、诊断结论和用药方案做好疾病的治疗[15]。

4 结语

未来，以物联网、大数据、人工智能技术为代表的新一代信息技术必将与笼养蛋鸡行业进一步深度融合，智能化管理技术也必然作为一项新质生产力更好地赋能蛋鸡养殖业的转型升级和高质量发展。我国规模化笼养蛋鸡养殖业应该及时更新管理理念，主动拥抱智能化管理技术，大力引入智能化养殖设备，以数字化、智能化、精细化管理助力笼养蛋鸡福利条件和健康管理水平的提升。但更要实事求是地看到，我国智慧养殖业与欧美发达国家在发展时间、研发水平、设备功能等方面存在的巨大差距，亟待加大政策引导与研发投入，加强人才培养与国际合作，重点突破鸡体信息获取与分析、鸡舍生物安全防控数字化、蛋鸡养殖数据库与管控平台构建等关键技术，研发并应用适应于我国笼养蛋鸡生产实际的智能管理技术与养殖设备，实现健康养殖工艺、智能管理装备、智慧管控平台的集成创新[16]，以进一步提高我国笼养蛋鸡健康养殖的智能化管理水平和节本增效的能力。

参考文献

[1] 李保明, 王阳, 郑炜超. 我国规模化养鸡环境控制技术的最新进展[J]. 中国家禽, 2019, 41（9）: 1-7.

[2] 杨占江, 王明月. 集约化蛋鸡养殖场中智能养殖技术的应用[J]. 养殖与饲料, 2025, 24（3）: 44-46.

[3] 林雪梅. 谈集约化蛋鸡养殖场中智能养殖技术的应用[J]. 吉林畜牧兽医, 2025, 46（4）: 70-72.

[4] 饶光辉. 畜禽舍便携式空气环境监测系统优化与试验验证[D]. 北京: 中国农业大学, 2017.

[5] 杜欣怡, 滕光辉, 杜晓冬, 等. 基于雷达图的蛋鸡舍综合环境舒适度评价及应用[J]. 农业工程学报, 2020, 36（15）: 202-209.

[6] 温鹏, 李若兰, 李丽华, 等. 基于灰色关联分析的鸡舍综合环境评价主要影响因子及其权重研究[J]. 中国家禽, 2022, 44（1）: 51-59.

[7] 杨敏, 于爱芝, 程玛丽, 等. 蛋鸡养殖智能设备生产与应用现状调研分析[J]. 中国家禽, 2024, 46（7）: 84-92.

[8] 罗坚强, 金松, 王姣, 等. 畜禽养殖环境智能控制系统发展现状及存在的问题[J]. 农业开发与装备, 2021（3）: 239-240.

[9] 伏圣鑫, 刘海亮, 王静, 等. 蛋鸡养殖智能装备与信息化技术研究进展[J]. 畜牧产业, 2025（5）: 44-47.

[10] 温灏宇, 宋贵兵, 郝科阳, 等. 智能机器人在蛋鸡养殖领域的应用及研究进展[J]. 中国家禽, 2019, 41（9）: 53-57.

[11] 赵东伟, 王钱保, 张子晓, 等. 鸡舍环境参数控制与福利养殖研究进展[J]. 中国家禽, 2023, 45（3）: 99-105.

[12] 周思益, 张江梅, 冯兴华, 等. 基于改进的多传感器自适应加权融合算法研究[J]. 自动化仪表, 2021, 42（11）: 58-62.

[13] 叶小梅, 章欣悦, 刘洋, 等. 畜禽养殖场臭气治理研究进展[J]. 饲料工业, 2025, 46（7）: 174-184.

[14] Cheng J, Wu W, Yang Y, et al. YOLACT in micro-assembly robot system[C]. Conference proceedings of 2021 4th International Conference on Algorithms, Computing and Artificial Intelligence（ACAi 2021）. Sanya, China: International Association of Applied Science and Engineering, 2021: 142-146.

[15] 赵秀美, 周生, 俞燕, 等. 禽病远程网络诊断技术云平台的架构与展望[J]. 中国家禽, 2021, 43（2）: 112-115.

[16] 郑炜超, 邓森中, 童勤, 等. 家禽养殖智能装备与信息化技术研究进展[J]. 山西农业大学学报（自然科学版）, 2022, 42（6）: 2-11.

（收稿日期：2025-06-17）

疾病防治

中西医结合治疗羊急性肠胃炎探讨

陶敏敏*

（江苏省南通市海门区海门港新区畜牧兽医服务站，江苏 南通 226100）

摘要：本文旨在探讨中西医结合治疗羊急性肠胃炎的疗效及优势。通过对羊急性肠胃炎的病因、症状、病理变化的分析，阐述了中西医各自的治疗方法及原理。结合实际病例研究，对比了单纯西医治疗、单纯中医治疗与中西医结合治疗的效果，结果表明中西医结合治疗在改善症状、提高治愈率、减少复发率等方面具有显著优势。同时，对中西医结合治疗的具体方案进行了详细介绍，并讨论了其在实际应用中的注意事项。本研究为羊急性肠胃炎的治疗提供了新的思路和方法，具有重要的临床实践意义。

关键词：羊；急性肠胃炎；中西医结合治疗

中图分类号：S858.26 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0075-04

在养羊业中，羊急性肠胃炎是一种常见且危害较大的疾病。它会导致羊只消化功能紊乱、营养吸收不良，严重影响羊的生长发育和健康状况，甚至可能导致死亡，给养殖户带来巨大的经济损失[1]。传统的西医治疗主要采用抗生素、补液等方法来控制炎症和纠正脱水，但长期使用抗生素可能会导致耐药性的产生，且对肠道微生态环境有一定的破坏作用。中医则强调整体观念和辨证论治，通过调理机体的阴阳平衡、气血运行来达到治疗疾病的目的，其治疗方法具有副作用小、调理作用强等优点[2]。因此，将中西医结合应用于羊急性肠胃炎的治疗，有望发挥两者的优势，提高治疗效果，减少疾病的复发。

1 羊急性肠胃炎的病因分析

1.1 饲养管理因素

羊的饲养环境和饲料质量对其肠胃健康至关重要。如果饲养环境恶劣，如羊场养殖密度过大、卫生条件差、缺乏定期消毒等，会导致致病原大量滋生，羊群容易发生应激反应，从而使胃肠道功能受损，在进食后无法充分消化食物，增加了急性肠胃炎的发病几率[3]。另外，饲料的不合理搭配，如单一饲料的长期投喂、使用冰冻或霉变的草料等，也会刺激羊的肠胃，引发炎症。

1.2 病原体感染

细菌、病毒和寄生虫等病原体感染也是引发羊急性肠胃炎的重要原因。常见的细菌有大肠杆菌等，这些病原体可通过污染的饲料、饮水或接触传播进入羊的体内，在肠道内大量繁殖，产生毒素，破坏肠道黏膜，引起炎症反应。病毒感染如轮状病毒、冠状病毒等，也会导致肠道黏膜受损，影响肠道的正常功能。寄生虫感染如球虫等，会寄生在肠道内，损伤肠壁，引发炎症和出血[4]。

1.3 其他因素

羊只经过长距离运输、气候突变等因素也可能

*通讯作者：278425258@qq.com

导致其机体抵抗力下降，容易诱发急性肠胃炎[5]。此外，一些药物的不合理使用也可能对羊的肠胃造成刺激，引发炎症。

2 羊急性肠胃炎的症状与病理变化

2.1 症状表现

羊急性肠胃炎发病后，初期通常表现为消化不良，随后迅速转为急性胃肠炎。病羊会出现腹痛、食欲减退、精神不振、呕吐等症状。脱水是急性肠胃炎最严重的并发症之一，尤其在幼龄羊只中较为常见。随着病情的发展，病羊会出现水泻、脱水、粪便腥臭或恶臭等症状，严重时粪便中可能伴随少量血液。如果治疗不及时，病羊可能会出现全身衰竭而死亡。

2.2 病理变化

通过对病羊进行解剖分析，可发现肠道中含有大量血液，散发出恶臭味，胃肠道黏膜出现血斑，肠黏膜有覆盖物，同时黏膜下层出现水肿。采用切片检查方式，可见大量白细胞。如果病羊病程较长，肠道内壁硬度会增加，淋巴结水肿，腹膜肿大。此外，在病羊肠道中还可见未消化完的饲料汁液，发酵后产生的有毒有害气体可能会对羊的呼吸系统造成刺激。

3 中西医治疗羊急性肠胃炎的方法及原理

3.1 西医治疗方法及原理

西医治疗羊急性肠胃炎的原则主要是快速消除炎症，维持酸碱平衡，避免破坏肝脏组织及功能。常用的治疗方法包括使用抗生素进行抗感染治疗，如青霉素、链霉素等，以杀灭肠道内的病原体；补充电解质和水分，纠正脱水和电解质紊乱，可通过静脉输液或口服补液盐的方式进行；使用止吐、止泻药物来缓解症状，如甲氧氯普胺、思密达等。此外，还可能会根据病情进行胃肠减压等治疗措施。

3.2 中医治疗方法及原理

中医认为羊急性肠胃炎的病因主要是外感邪气、内伤饮食等导致脾胃功能失调，气血运行不畅。治疗上强调辨证论治，根据不同的症状和病因进行分型治疗。常见的治疗方法包括中药内服和针灸治疗。中药内服可选用具有清热燥湿、健脾和胃、理气止痛等功效的方剂，如黄连解毒汤、参苓白术散等，以调理机体的阴阳平衡，恢复脾胃功能。针灸治疗则通过刺激特定的穴位，调节气血运行，增强机体的免疫力，达到治疗疾病的目的[6-7]。

4 中西医结合治疗羊急性肠胃炎的具体方案

4.1 病例选择

在某山羊养殖基地随机抽选一定数量患有急性肠胃炎的病羊，按照治疗方法不同将其随机分为研究组（中西医结合治疗组）和对照组（单纯西医治疗组），每组若干只病羊。对病羊的症状、体征进行详细记录，包括腹痛、腹泻、脱水程度、食欲等情况，以便观察治疗效果。

4.2 治疗方法

对照组仅进行常规西医治疗，使用抗生素进行抗感染治疗，同时补充电解质和水分，纠正脱水和电解质紊乱，根据病情使用止吐、止泻药物。研究组在西医治疗的基础上结合中医治疗，具体如下。

中药方剂。根据病羊的具体症状和辨证结果，选用合适的中药方剂。例如，对于湿热型急性肠胃炎，可选用黄连、黄芩、黄柏、栀子、苍术、厚朴、陈皮等中药组成的方剂，具有清热燥湿、理气和中的作用。将中药粉碎后，按照一定的剂量添加到饲料中或制成汤剂灌服，1 ~ 2 次/d，连续使用 5 ~ 7 d。

针灸治疗。选取后三里、脾俞、胃俞等穴位进行针灸治疗。针灸操作时要严格遵守无菌操作原则，使用消毒后的针具。每次针灸时间为 15 ~ 20 min，每隔 1 ~ 2 d 进行一次，连续进行 3 ~ 5 次。

治疗效果观察。在治疗过程中，密切观察两组病羊的症状变化，包括腹泻、腹痛、脱水等症状的缓解情况，以及食欲、精神状态的改善情况。定期对病羊进行粪便检查，观察肠道内病原体的消除情况。治疗结束后，统计两组病羊的治愈率、好转率和复发率，并进行比较分析。

5 中西医结合治疗羊急性肠胃炎的效果分析

5.1 症状改善情况

通过对病例的观察发现，研究组病羊在治疗后的腹泻、腹痛、脱水等症状得到明显改善的时间明显短于对照组。研究组病羊的食欲恢复较快，精神状态也明显好转。而对照组病羊在治疗过程中仍存在不同程度的食欲不振、舌面苔黄等症状，部分病羊的腹泻症状持续时间较长。

5.2 治愈率和复发率比较

研究结果表明，研究组病羊的治愈率明显高于对照组，复发率明显低于对照组。这说明中西医结合治疗能够更有效地杀灭病原体，修复肠道黏膜，调节机体的免疫功能，从而提高治愈率，减少疾病的复发。

5.3 对肠道微生态环境的影响

单纯西医治疗使用的抗生素可能会破坏肠道内的正常菌群，导致肠道微生态环境失衡。而中西医结合治疗中的中药具有调节肠道菌群的作用，能够促进有益菌的生长繁殖，抑制有害菌的生长，有助于维持肠道微生态环境的平衡，从而提高羊只的抵抗力。

6 中西医结合治疗羊急性肠胃炎的优势

6.1 减少耐药性的产生

长期使用抗生素容易导致病原体产生耐药性，使治疗效果降低。中西医结合治疗减少了抗生素的使用量，降低了耐药性产生的风险。同时，中药中的有效成分具有抗菌、抗病毒等作用，与抗生素联合使用能够增强治疗效果。

6.2 提高机体的耐受性

中医治疗强调调理机体的阴阳平衡，注重整体观念。在中西医结合治疗过程中，中药能够减轻西药的副作用，提高羊只对治疗的耐受性。同时，中药还能促进羊只的食欲和消化功能，有助于其身体的恢复。

6.3 标本兼治

西医治疗主要针对病原体进行抗感染治疗，能够快速控制炎症，缓解症状。中医治疗则注重调理机体的整体功能，通过调节脾胃功能、气血运行，增强机体的免疫力，从根本上解决疾病的病因。中西医结合治疗将两者的优势相结合，既能快速消除症状，又能从根本上调理机体，达到标本兼治的目的。

7 中西医结合治疗羊急性肠胃炎的注意事项

7.1 准确诊断

在进行中西医结合治疗之前，必须对羊急性肠胃炎进行准确的诊断，明确病因和病情的严重程度。只有明确诊断，才能制定出合理的治疗方案，确保治疗效果。

7.2 合理用药

在使用中药和西药时，要严格掌握药物的剂量、用法和疗程。避免药物的滥用和误用，以免产生不良反应。同时，要注意中药和西药的配伍禁忌，避免药物之间发生相互作用。

7.3 加强饲养管理

在治疗过程中，要加强对病羊的饲养管理，提供清洁、卫生、营养丰富的饲料和饮水，保持羊舍的干燥、通风和清洁。避免羊群受到应激因素的影响，如寒冷、潮湿、拥挤等，以促进病羊的康复。

8 小结

综上所述，中西医结合治疗羊急性肠胃炎具有显著的优势。通过将西医的快速消炎、对症治疗与中医的整体调理、辨证论治相结合，能够更有效地改善病羊的症状，提高治愈率，减少复发率。同时，中西医结合治疗还能减少耐药性的产生，提高羊只的耐受性，对羊只的肠道微生态环境具有保护作用。在实际应用中，要准确诊断病情，合理用药，并加强饲养管理，以确保中西医结合治疗的效果。因此，中西医结合治疗羊急性肠胃炎是一种值得推广的治疗方法，能够为养羊业的健康发展提供有力的保障。

参考文献

[1] 张成亮. 羊急性胃肠炎的诊断及中西医治疗[J]. 养殖与饲料, 2024, 23: 2024, 23（6）: 89-91.

[2] 张志遥. 中西兽医结合治疗羊急性胃肠炎研究[J]. 中兽医学杂志, 2024（5）: 58-60.

[3] 王媛媛, 高孟爽. 中西兽医结合治疗羊急性胃肠炎[J]. 吉林畜牧兽医, 2024, 45（1）: 100-102.

[4] 刘晓媛. 牛急性胃肠炎的中西医结合治疗探讨[J]. 中兽医学杂志, 2023（11）: 16-18.

[5] 胡善流. 中西医结合治疗羊急性胃肠炎病例[J]. 畜牧业环境, 2023（17）: 41-42.

[6] 刘文雯, 覃军郑, 李愫敏. 羊急性胃肠炎的中西医结合疗法[J]. 畜牧业环境, 2023（14）: 44-45.

[7] 盘富仁, 粟勇顺, 蒙永章. 中西医结合治疗羊急性胃肠炎[J]. 今日畜牧兽医, 2023, 39（3）: 3-5.

（收稿日期：2025-03-12）

河南省安阳市重大动物疫病防控工作经验分享

——以 2024 年为例

付晓森[1*]，尉新华[1]，张 燕[1]，王永强[2]，常强强[2]，杨婧芳[2]，吴予君[3]，李卫华[3]

（1.安阳市动物疫病预防控制中心/国家动物疫情测报站点，河南 安阳 455000；
2.安阳市动物检疫站，河南 安阳 455000；3.安阳市畜牧兽医服务中心，河南 安阳 455000）

摘要：安阳市历来重视重大动物疫病防控，积极落实各项防疫政策制度，尽职履行动物疫病防控属地责任，在河南省 2023 年秋季和 2024 年春季防疫检查中名列前茅（分别是第二名和第一名）。为做好经验推广分享，将 2024 年安阳市重大动物疫病防控工作经验做简单介绍，以期为其他省市的动物疫情防控提供参考。

关键词：安阳；重大动物疫病；防控；经验

中图分类号：S851.33 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0079-03

1 围绕目标抓落实，多措并举防疫病

1.1 召开专题会议，全面安排部署

安阳市位于河南最北部，是传统养殖地区，统计局公布的数据显示，2023 年全市畜牧业总产值 106.04 亿元、肉类产量 29.7 万 t、蛋产量 16.8 万 t、奶产量 11.4 万 t[1]。为更好地开展春季动物防疫工作，安阳市 1 月 24 日召开了 2024 年全市重大动物疫情防控工作推进会，对疫情防控、疫病净化、检疫监管、屠宰管理、病死畜禽无害化处理等工作进行了安排部署。市农业农村局于 3 月 15 日召开了春季动物防疫工作动员部署会，印发了《2024 安阳市动物强制免疫计划》《2024 年安阳市动物疫病监测与流行病学调查计划》《2024 年安阳市动物疫病监测实施方案》《2024 年安阳市动物疫病流行病学调查实施方案》，对春季动物疫病强制免疫、监测流调、“先打后补”等工作进行了统筹安排。9 月 29 日，安阳市召开了秋季重大动物疫病防控工作会暨疫病防控技术培训，对秋季动物疫病防控、“先打后补”、兽医社会化服务等工作进行了部署。

1.2 签订目标责任，压实防控责任

安阳市政府与各县（市、区）政府签订了《2024 年度重大动物疫情防控目标管理责任书》，明确了目标任务、压实了属地责任，确保了重大动物疫情防控工作有人管事、有钱办事。

1.3 加强检查指导，强化督促落实

一是由安阳市农业农村局兽医科牵头，应急办、屠宰办、市疫控、市动检等部门配合，每季度开展一次兽医工作大检查。二是安阳市动物疫病预防控制中心结合流调采样工作，每月至少对各县区开展 2 次检查。三是屠宰办和市动检站每月至少开展一次屠宰检疫和产地检疫大检查，发现问题及时反馈，督促指导县（市、区）整改。

1.4 抓好非瘟防控，保障生猪发展

一是建立了非洲猪瘟等重大动物疫情防控网格化管理工作体系，形成了市级包县区、县级包乡镇、乡镇包村场的三级动物防疫网格化管理体

*通讯作者：fuxiaosen@126.com

系，做到了“全方位、无死角”监管。二是挂图作战，严格落实非洲猪瘟疫情应急处置流程，确保出现风险隐患或疫情发生后，“早、严、小、快”进行处置。三是制定了 2024 年非洲猪瘟监测计划。对养殖场、屠宰场、无害化处理厂、运输车辆、外调生猪等关键环节开展病原学监测。截至目前，安阳市共检测出非洲猪瘟风险隐患 1 起，为屠宰场环境样品，已按规定流程处置完毕，其余全部为阴性，疫情形势整体平稳。

1.5 盯禽流感监测，促家禽业提质

截至 11 月底，安阳市共检测了家禽 97 场次，其中血清学检测 H5 抗体 12 709 项次、H7 抗体 6 417 项次，抗体合格率 97.6%；病原学检测 6 595 项次，全部为阴性。同时大力宣传培训、指导广大禽场提升生物安全防护水平，促进家禽业健康发展、提质增效。

1.6 紧抓净化创建，提高防控水平

成立了以主管局长为主任的疫病净化工作专班，深入各县（市、区）开展培训、指导，针对不同类型的养殖场制定了相应的创建措施，取得了显著成效。

截至目前，安阳市已建成滑县牧原农牧有限公司国家级无非洲猪瘟小区、林州科普利信种猪育种有限公司国家级伪狂犬病净化场，现有省级净化创建场 4 家；2024 年，申报国家级净化场 1 家，省级净化场 2 家，已通过专家组现场检查，2 家无疫小区已通过省厅初验，等待批复。

1.7 筑牢检疫战线，阻断疫病传播

2024 年 10 月 29 日，安阳承办了全国首批官方兽医集中闭卷考试，派出了市本级和各县区检疫一线 50 名官方兽医参加考试，其中 46 名通过考试，合格率达到 92%，其中最高分 98 分，彰显了安阳市官方兽医队伍检疫能力和综合素质，同时也为进一步在全国平稳推进官方兽医集中闭卷考试工作奠定了基础[2]。

由河南智慧兽医云平台[3]查询得到，2024 年 1—11 月，安阳市产地检疫生猪 238.76 万头、禽类 5 912.3 万只、牛羊 8 912 头、其他动物 74.34 万头（只），屠宰检疫猪产品 4.703 万 t、禽产品 1.9638 万 t、其它产品 969.65 t。在服务养殖场（户）、满足市场需求的同时，有效阻断了动物疫病传播。

2 打好免疫攻坚战，筑牢发展安全线

2.1 集中免疫攻坚，筑牢安全屏障

认真组织开展春秋季集中免疫，共采购发放给小散养殖场（户）口蹄疫疫苗 125.965 万头份、重组禽流感病毒（H5+H7）三价灭活疫苗 193.93 万 mL、小反刍兽疫活疫苗 45.49 万头份、布鲁氏菌病疫苗 52.34 万头份。为保证防疫密度和防疫质量，还特别要求特聘动物防疫专员给散养户上门服务，确保不漏一场、不少一户。

今年以来，安阳市共组织免疫口蹄疫 243.7 万头（只），其中猪 174.59 万头、牛 7.6 万头、羊 61.51 万只；免疫禽流感 1 892.72 万只，其中鸡 1 775.15 万只、鸭 81.01 万只、鹅 36.56 万只；免疫小反刍兽疫 59.2 万只羊。实现应免尽免，免疫密度均达到了 100%。

2.2 开展监测预警，掌握疫情动态

1—11 月，安阳市县两级疫控系统共监测动物疫病 72 631 项次（血清学 48 544 项次、病原学 24 087 项次），其中非洲猪瘟 12 482 项次、禽流感 19 406 项次、口蹄疫 13 005 项次、蓝耳病 3 107 项次、猪瘟 3 218 项次、新城疫 6 664 项次。高致病性禽流感、口蹄疫、小反刍兽疫的抗体合格率分别为 97.6%、82%、93%。

2.3 落实国家政策，推进“先打后补”

近年来，安阳市紧紧围绕“防风险、保安

全、促发展”的任务主线，进一步压实动物防疫政府属地管理责任、部门监管责任和生产经营者主体责任，突出关键环节，狠抓措施落实，扎实开展强制免疫“先打后补”工作。自 2021 年开展“先打后补”试点工作以来，到 2023 年底本市共有 30 家养殖企业完成申报流程，申领补贴总金额 192.9 万元，已全部拨付到位。

今年秋季开始，安阳市制定了“先打后补”调度机制，对各县区工作进度进行周调度，实时掌握第一手数据，发现问题及时进行指导督导，确保工作顺利推进。目前，除两个非农业区外，其余的县（市、区）已全部制定并正式出台新方案。截至 10 月 31 日，安阳市录入“先打后补”系统的养殖场户共 1 860 家，通过县区资格审核的 906 家，进行申报的 199 家。

3 关口前移防布病、人病兽防效果显

按照上级有关布病防控工作要求，安阳市加强组织领导、采取有力措施，全面提升布病等人兽共患病防控工作水平。截至目前，安阳市免疫家畜布病 50.23 万头（只），其中牛 1.2 万头、羊 49.03 万只，免疫密度达到了 100%。今年以来监测布病阳性 2 起、扑杀羊 17 只，并向当地卫健部门通报了相关情况。

在布病防控技术推广应用的过程中，安阳市专业技术人员结合养殖情况，制定发布了 3 个地方标准，分别是《布鲁氏菌病消毒技术规范》《规模羊场布鲁氏菌病综合防控技术规范》《规模化奶牛场布鲁氏菌病净化技术规程》，提升了布病等人兽共患病标准化防控水平；研究制定的《布鲁氏菌病等主要动物疫病防控技术集成与推广应用》荣获了河南省农牧渔业丰收奖三等奖。在推广布病等人兽共患病防控新技术的同时，增加了专技人员的荣誉感。

4 应急演练强管理，实操锤炼真功夫

2024 年 5 月 9 日—10 日，安阳市在林州举办了全市重大动物疫情应急物资储备库标准化管理观摩暨应急训练，通过现场观摩林州市重大动物疫情应急物资储备建设与管理，分析研讨了全市重大动物疫情应急物资储备标准化管理存在的问题、面临的形势、努力的方向。同时通过现场示范讲解、实操学习了高压消毒机、火焰枪、扑杀器、摄像无人机等应急设备的使用及日常维护。5 月 13 日河南日报（农村版）第二版进行了宣传报道。

5 结语

安阳市重大动物疫病防控以目标为导向，紧紧围绕着与河南省政府签订的《2024 年度重大动物疫情防控工作目标管理责任书》开展工作，严格按照省市目标任务要求，精心组织、多措并举，取得了不错的效果。

参考文献

[1] 安阳市统计局. 2023 年安阳市国民经济和社会发展统计公报[EB/OL].〔2024-04-30〕. https://tjj.anyang.gov.cn/2024/04-30/2436423.html

[2] 中国动物疫病预防控制中心. 全国首批官方兽医集中闭卷考试（试点）在河南安阳成功举办[EB/OL].〔2024-10-31〕. https://www.cadc.net.cn/sites/mainsite/xwzx/dfxx/202410/t20241031_122479.html..

[3] 河南省农业农村厅. 河南智慧兽医云平台登录页面[EB/OL]. （2025-12-31）[2024-11-20]. http://zwy.hnahi.org.cn/dongjian/nx/components/login/login.html.

（收稿日期：2024-12-23）

某奶牛场感染布鲁氏菌病的流行病学调查

张雪峰[1]，刘中元[2]，李艳丽[3]，王婉颖[4]，周志刚[5]，宇 凌[5*]

（1.菏泽市牡丹区畜牧水产服务中心，山东 菏泽 274000；2.鄄城县凤凰镇政府农业综合服务中心，山东 鄄城 274900；3.菏泽市牡丹区西城街道办事处，山东 菏泽 274000；4.巨野县动物疫病预防控制中心，山东 巨野 274900；5.菏泽市动物疫病预防控制中心，山东 菏泽 274000）

摘要：2024 年 7 月，某奶牛场发生布鲁氏菌病疫情。通过现场调查、临床检查、实验室检测及流行病学分析，共检出 8 头血清学阳性牛，病例呈缓慢散发态势，集中于成年泌乳牛。溯源调查显示，疫情可能由外来车辆和人员带毒传入引起，而场内挤奶设备未能做到及时、有效的消毒，助产人员未及时将手套等助产器械消毒，导致病原体在牛群中扩散。通过采取扑杀、无害化处理、监测排查等措施，疫情得到有效控制。这警示必须严格执行生物安全管理制度，并将挤奶厅、分娩助产等关键环节的规范消毒作为奶牛养殖场生物安全体系的核心，才能有效阻断病原体的传入和传播。本调查在寻找病因、追踪溯源等方面做了细致的工作，为畜禽养殖场完善长效防控机制提供参考。

关键词：布鲁氏菌病；奶牛；流行病学调查；风险因素；生物安全

中图分类号：S858.23 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0082-05

布鲁氏菌病（brucellosis，以下简称“布病”）是由布鲁氏菌感染引起的一种人兽共患慢性传染病。该病主要损害动物生殖器官、胎膜和多种组织器官，导致流产、不育、发炎等临床症状。本病的易感动物范围很广，包括人、牛、羊、猪、鹿、骆驼、犬、马、猫、野兔、狼、狐、猴子、鸡、鸭等。动物布鲁氏菌病主要由羊种、牛种、猪种布鲁氏菌感染引起，给畜牧业生产和人类健康带来严重危害[1-3]。

2024 年 7 月，菏泽市动物疫病预防控制中心在开展布病日常监测时发现一奶牛场布鲁氏菌病血清学阳性。通过查阅采样单，联系到养殖场相关人员，得知未免疫布鲁氏菌病疫苗，判断为自然感染，准备开展紧急流行病学调查。首先，组建调查组，准备物资，了解布鲁氏菌病病原学知识。然后，锁定目的地，确定调查地点的地理位置，查阅档案了解疫点县区养殖概况、免疫情况、监测情况等。

1 材料与方法

1.1 现场调查

通过现场勘察、询问等了解场区内牛舍布局及结构特征、养殖场人员流动情况、厂区消毒情况、粪污处理情况等，查阅养殖档案，关注配种记录、产犊记录、无害化处理记录、饲料购入记录等，寻找与布病感染传入的线索。

1.2 病例筛查

可疑病例。自 2023 年 11 月以来，疫点镇的奶牛、肉牛、山羊、绵羊或猪出现以下症状中任意三项及以上者，即可判为可疑病例：（1）间歇性发热；（2）产奶量下降、泌乳障碍、乳房肿胀、乳汁凝固、乳腺炎；（3）阴道流出恶臭的分泌物；（4）流产、死胎、胎衣不下；（5）睾丸炎；（6）步态异常、关节肿胀、关节炎、行走无力、跛脚。

疑似病例。对可疑病例的血清样品用虎红平

*通讯作者：a5668501@163.com

板凝集试验检测，结果为阳性的判定为疑似布鲁氏菌病病例。

确诊病例。对疑似病例的血清样品用试管凝集试验检测阳性的，判定为布鲁氏菌病确诊病例。或者在疑似病例的流产胎儿、胎衣、精液或阴道分泌物中分离并鉴定出布鲁氏菌，也可判定为布鲁氏菌病确诊病例。

1.3 疑似病例

在搜索病例时，应强调敏感性，以免漏掉患病动物，导致疫情进一步传播扩散。将疫点及半径 3 公里内的区域划定为疫区，按照病例定义中的症状对有流行病学关联的所有猪牛羊养殖户进行搜索排查。与病畜有接触的野生动物如野兔、鹿等，本厂饲养员、场主、兽医等也属于搜索调查对象。在与疫点区有流行病学关联的养殖场户场共排查 207 头牛，1 236 只羊，537 头猪。

1.4 实验室检测

采集疫情牛场所有存栏奶牛以及经病例搜索为可疑病例的动物或人群血清样品，根据《动物布鲁氏菌病诊断技术》（GB/T 18646—2025）[4] 进行检测和结果判定。

2 结果

2.1 基本情况

疫点场情况：病例所在场户现存栏奶牛 675 头，成年泌乳牛 309 头，干奶牛 60 头，育成牛 201 头，犊牛 100 头，公牛 5 头。奶牛场四周有砖结构围墙，牛舍为钢结构敞棚式。经查阅档案及资 料，近 6 个月内未开展布鲁氏菌病免疫。疫点村情况：位于鲁西南地区，距县城约 12 公里，紧邻省道，交通较为便利。全村共有养羊户 5 户，存栏羊 127 只；养牛户 2 户，存栏牛 753 头；羊养猪户 2 户，存栏猪 203 头。大部分养殖户采用圈养的方式，部分养殖户存在多种动物混养情况。

2.2 现场调查情况

从 2024 年 4 月开始，场内陆续观察到刚出生牛犊死亡的现象，该现象被视为个别牛只的偶然问题，未引起足够重视。随后的几个月内，类似的初生牛犊死亡案例在不同牛舍间断性发生，除此之外，部分牛出现看似非特异性的临床症状，如间歇性发热、产奶量下降等，部分奶牛阴道流出异味分泌物。找到一头产下犊牛死亡的母牛，剖检发现子宫内膜呈弥漫性卡他性或化脓性炎症，子宫腺体形成囊肿，内有胶冻样物。乳腺组织出现局灶性硬化。

2.3 实验室检测情况

对该养殖场存栏的 675 头牛逐只采样，经动物疫病预防控制中心用虎红平板（高敏感性）筛检，然后对阳性样品用试管凝集（高特异性）检测，确诊布鲁氏菌抗体阳性样品 8 份。对可能污染的环境如粪污、牛舍地面等采集棉拭子样品 10 份，其中 3 份为布鲁氏菌核酸阳性。

2.4 追踪溯源情况

场内：分娩时人工助产，处理完后，助产器械未经严格消毒，在不同牛只间混用。未更换的衣物、鞋底、手套成为活动的污染源。设置专用产房，产房在每头牛使用后未进行彻底清洗和消毒。这加剧了病原在牛群中扩散的风险。挤奶厅没有做到每日消毒，可能存在交叉污染，加剧了传播。使用同一台粪车清运不同圈舍的粪便，含有病原的粪便掉落到健康圈舍。

场外：场内生鲜乳均外销至某公司，已立即向接收地发出风险预警，要求对相关批次产品进行封存或销毁，并加强巴氏消毒力度。目前无人间病例报告与该产品直接关联。

2.5 三间分布情况

2.5.1 时间分布 4 月、5 月、6 月均有一头母牛产下的犊牛死亡。7 月实验室检测出 8 份抗体阳

性牛只，经垂直试验后判断为布鲁氏菌病确诊阳性，将感染牛只扑杀后，8 月份新增一只检测阳性，9 月份之后没有新增病例（图 1）。

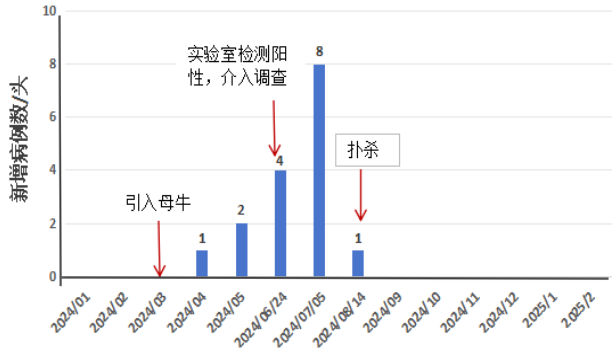

图 1　时间分布图

2.5.2　空间分布　疫点所在的区域为工业园区，车辆、人员、物资流动频繁，增加了病原通过机械携带传入或传出的风险。开阔的农田，无遮无挡，疫情容易通过野生动物或气溶胶扩散（图 2）。

图 2　卫星定位空间地理位置

平面图显示病例在场内并非均匀分布，而是成年牛舍病例最多，其他牛舍零星发现病例。最先发病的病例在饲料库对面，病例聚集的区域靠近粪场和自动挤奶线，可能因共用粪污运输车、挤奶设备及人员流动向其他牛舍传播扩散。所有病例均集中于莱河奶牛场内部，周边养殖场点暂未发现病例（图 3）。

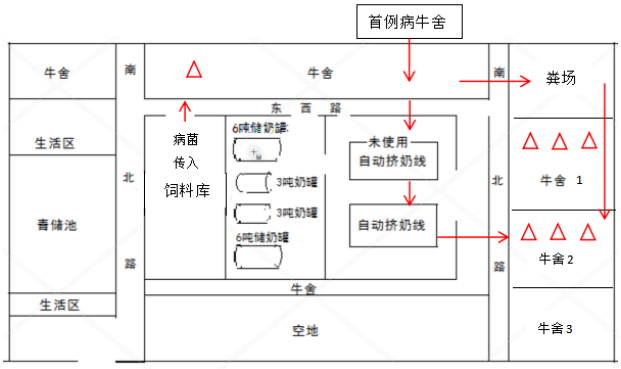

图 3　疫点场平面结构图

2.5.3　群间分布　发病及阳性牛只全部为成年母牛，犊牛和育成牛目前未见临床表现。病例主要集中于泌乳中期及干奶期的经产母牛（表 1）。全场发病率为 1.19%，病死率为 0。

表 1　各阶段奶感染数及发病率

不同阶段奶牛	存栏量/头	感染数量/头	发病率/%
犊牛	100	0	0
育成牛	201	0	0
泌乳牛	309	6	1.94
干奶牛	60	2	3.33
公牛	5	0	0
合计	675	8	

2.6　病因分析

假定场区生物安全缺失是本次暴发主因。采用病例对照研究的方法，以场内发病舍为病例组，以周边未发病的牛舍为对照组，进行畜群间差异化危险因素对比分析。经关联强度测量及相关性检验[5-6]，筛选出“外来人员及车辆进入生产区是否消毒”“助产工具是否消毒”“挤奶设备是否消毒”等 3 个因素具有统计学意义（$P<0.05$），与本次奶牛布病发生有关联（表2）。把单因素分析结果中 $P<0.25$ 的变量纳入多因素条件 Logistic 回归进行分析，证实了以上三个因素在病例组和对照组之间差异显著（$P<0.05$），是奶牛场布病传播的主要风险因素（表 3）。

表 2 奶牛场感染布病风险单因素分析

风险因素		病例组/个	对照组/个	OR	95%CL	*P*
牛舍内牛只是否拴养	否	4	12	无法计算	0.3 ~ 1.6	1
	是	0	1			
繁殖方式	自繁	1	3	1.1	0.9 ~ 3.7	0.07
	外引	3	10			
是否对产出死亡牛犊的母畜开展布病检测	否	1	6	0.4	0.2 ~ 1.1	0.1
	是	3	7			
粪污是否无害化处理	否	1	2	2.75	0.5 ~ 3.1	0.59
	是	3	11			
外来人员及车辆进入生产区是否消毒	否	3	11	16.5	5.5 ~ 34.0	<0.01*
	是	1	2			
挤奶设备是否消毒	无	3	2	15.0	8.3 ~ 38.4	<0.01*
	有	1	10			
助产工具是否消毒	否	3	3	10.0	6.8 ~ 48.4	<0.01*
	是	1	10			
分娩后是否对场地消毒	否	1	4	1.3	0.5 ~ 3.5	0.68
	是	3	9			
场内是否定期全面消毒	否	1	1	4.3	0.3 ~ 44.3	0.79
	是	3	13			

注：*表示差异显著。

表 3 Logistic 回归分析结果

风险因素	OR	95%CL	*P*
外来人员及车辆进入生产区是否消毒（X1）	13.8	3.8 ~ 50.1	<0.01
助产工具是否消毒（X2）	16.7	5.1 ~ 54.4	<0.01
挤奶设备是否消毒（X3）	15.6	1.3 ~ 15.9	<0.01

3 处置措施

3.1 封锁扑杀与无害化

立即对莱河奶牛场实施全面封锁。划定疫点、疫区、受威胁区。对检出的阳性牛及所有有临床症状的牛只进行强制扑杀和深埋无害化处理，生石灰覆盖，设立警示牌。

3.2 消毒

对疫点内所有圈舍、运动场、饲槽、水槽、通道、工具及周围环境用次氯酸盐、过氧乙酸交替喷洒，粪污堆积发酵≥60 ℃ 10 d；污水集中收集加氯消毒[7-8]。

3.3 紧急免疫与监测

疫区、受威胁区 13 267 只羊、3 860 只牛实施布鲁氏菌病紧急免疫（疫苗为 S2 疫苗株），建立免疫档案；1 周后抽检血清 360 份，抗体合格率 91.5%。

3.4 加强生物安全管理

养殖场内建立生物安全区，外来车辆经过消毒、清洗进入厂区；养殖场人员进入厂区必须洗手，更换衣服，进入圈舍需要脚踏消毒水[9-10]。

4 讨论与小结

本次调查结果表明，该奶牛场布鲁氏菌病疫情的发生与场内生物安全漏洞密切相关，尤其是外来人员及车辆消毒不到位、助产工具和挤奶设备消毒缺失三个关键风险因素。外来人员及车辆消毒缺失是疫情传入的主要门户，单因素分析显示，该因素 OR 值为 16.5，差异显著，表明未执行消毒措施时，布病发生的风险增加 16.5 倍。助

产工具未消毒是场内传播的关键放大器，OR 值高达 16.7，差异显著，是所有风险因素中最强的。挤奶设备每日消毒缺失导致泌乳牛群持续暴露，该因素的 OR 值为 15.0，差异显著，值得注意的是，干奶牛虽不参与挤奶，但曾处于泌乳期且共用同一套挤奶设备，可能在泌乳期已隐性感染，转入干奶舍后仍可排菌。

本次疫情处置中，扑杀、封锁、消毒、紧急免疫等综合措施执行有力，有效阻断了传播。自 9 月以来，疫情未再出现新发病例，说明综合措施有效。然而，值得深刻反思的是，该场在 4 月出现犊牛死亡等早期信号时，未能及时开展布病检测，错失了窗口期。因此，建议奶牛养殖场将挤奶厅每日消毒、助产工具一牛一消毒、外来车辆人员严格消毒作为生物安全的核心刚性制度，同时加强对初生犊牛死亡、流产等异常事件的监测与实验室排查，从根本上阻断布病的传入与扩散。

参考文献

[1] 王昆. 规模化奶牛场布鲁氏菌病的流行特点及防控策略[J]. 山东畜牧兽医, 2022, 43（8）: 43-45.

[2] 吕小娟. 牛布鲁氏菌病流行特点与防控措施分析[J]. 中国畜牧业, 2024（24）: 92-93.

[3] 邢林林, 薛瑞雪, 曹振山, 等. 山东省动物布鲁氏菌病血清学流行病学调查[J]. 中国畜牧业, 2024（21）: 113-115.

[4] 农业农村部. 动物布鲁氏菌病诊断技术: GB/T 18646—2025[S]. 北京: 中国标准出版社，2025.

[5] 王新, 张涛, 刘健, 等. 羊布鲁氏菌病生物安全相关风险因素及群流行率 Meta 分析[J]. 中国动物检疫, 2024, 41（11）: 43-49.

[6] 陈苏徽, 李知新, 王晓亮, 等. 宁夏羊布鲁氏菌病流行病学调查及风险因素分析[J]. 甘肃畜牧兽医, 2023, 53（3）: 132-137.

[7] 赵川, 董国兴, 吴艳秋, 等. 一起山羊布鲁氏菌病疫情的流行病学调查及处置[J]. 吉林畜牧兽医, 2023, 44（9）: 105-106.

[8] 陈峰, 郑孟加, 郑思思, 等. 2022 年山东省规模场牛羊养殖人员布鲁氏菌病知信行调查[J]. 中国动物检疫, 2023, 40（11）: 1-7.

[9] 秦世新, 王成, 秦茂, 等. 湖南省湘西州某牛场布鲁氏菌病流行病学调查[J]. 中国动物检疫, 2021, 38（9）: 9-12.

[10] 韦春兰. 牛布鲁氏菌病的流行趋势与防控建议[J]. 畜牧业环境, 2025（14）: 95-96.

（收稿日期：2026-03-26）

一例犬双香豆素类鼠药中毒的诊治报告

周国燕[1]，陈天容[2]，瞿 鸥[2]，宁 瑶[3]，胡波涛[3*]
（1.凉山州农业科学研究院，四川 凉山 615000；2.西昌市农业农村局，四川 西昌 615000；
3.西昌市健牧动物医院，四川 西昌 615000）

摘要：动物双香豆素类鼠药中毒会导致动物凝血机能障碍，可引发机体浆膜、黏膜及其皮下组织的苍白、出血，严重时会导致动物死亡。近期接诊一例病犬，通过体格检查、病史问询，结合血常规、凝血检测、X 射线等检查，迅速诊断为双香豆素类鼠药中毒引起的凝血机能障碍。采取补充维生素 K_1、输注全血、输液扩容等综合治疗方案后，患犬临床症状明显改善，最终痊愈出院。

关键词：犬；中毒；凝血机能障碍；维生素 K_1
中图分类号：S858.292 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0087-04

在城乡环境整治及农业生产中，老鼠不仅给人们带来严重的经济损失，还是很多有害病原的传播媒介，危害动物和人类健康。鼠害控制是一项长期且重要的工作。双香豆素类抗凝血灭鼠药因其作用缓慢、适口性好、对非靶标动物相对安全等特性，已成为目前国内外应用最广泛的灭鼠药之一[1]。然而，该类灭鼠药的广泛使用也极易引发伴侣动物，尤其是犬类意外中毒的公共卫生问题。

双香豆素类鼠药的毒理机制在于其竞争性抑制肝脏中维生素 K 环氧化物还原酶的活性，从而阻断维生素 K 的循环利用。维生素 K 是肝脏合成功能性凝血因子（包括凝血因子II、VII、IX、X 以及抗凝蛋白C、S）所必需的辅因子。该过程被抑制后，机体的凝血酶原及多种关键凝血因子合成受阻，导致血凝功能进行性下降[1]。中毒动物一般不会立即死亡，一般在发生明显出血症状前有 2～5 d 潜伏期[2]，该类鼠药主要导致动物凝血机能障碍，可引发机体浆膜、黏膜及其皮下组织的苍白、出血，摄入量大、误诊和救治时效不及时是导致动物死亡的主要原因。

犬双香豆素类鼠药中毒绝大多数源于误食散落或投放的毒饵。其临床诊断主要依据明确的毒物接触史、出血性临床症状以及凝血酶原时间（PT）和活化部分凝血活酶时间（APTT）显著延长等凝血功能异常。临床实践证明，该病的预后高度依赖于及时的诊断与规范的治疗。若能做到及早发现、及早确诊，并遵循“足量、足疗程”的原则给予维生素 K_1 治疗，同时针对严重出血病例输注新鲜全血或血浆以快速补充凝血因子和血容量，患犬的治愈率可达 90%以上。反之，若延误诊治或治疗不彻底（如过早停用维生素 K_1，因其在体内代谢后毒物肝肠循环可能再次导致出血），则可能引发病情反复，甚至导致死亡。

因此，本文旨在普及该类中毒病的毒理知识、典型症状和规范治疗方案，提高宠物主人及临床兽医的警惕性与处置能力，对于降低犬只死亡率、保障动物福利具有重要意义。同时，这也凸显了在社区进行科学灭鼠时，加强毒饵管理、做好公众警示的必要性。

1 病例介绍

1.1 一般情况

边际牧羊犬，1 岁，22 kg，雄性。未有其他病史，免疫完全，定期驱虫，吃狗粮，外出玩耍时大部分时间不拴绳，自由玩耍，近期家中有鼠

*通讯作者：275837518qq.com

害，投放有毒鼠药（商品名：溴敌隆）。

1.2 病史调查

早晨犬主发现该犬呼吸急促、精神沉郁，食欲废绝，于当地诊所就诊，按照呼吸道感染治疗未见好转。当日下午患犬病情急剧恶化，卧地不起，转至我院。

1.3 体格检查

体温 37.5 ℃；心率 132 次/min，心音弱；呼吸急促，频率 60 次/min；皮肤被毛完整，未见出血；口腔黏膜及舌头颜色苍白，精神极度沉郁。

2 实验室检查

2.1 凝血检查

凝血检测 PT（血浆凝血酶原时间）延长，APTT（活化部分凝血活酶时间）正常，提示动物有凝血机能障碍。结果见表 1。

表 1 凝血检查结果

项目	检测值	正常范围/s
PT	32↑	5 ~ 16
APTT	38.9	15 ~ 43

2.2 血液生化检查

未见异常。

2.3 血常规检查

血常规结果显示白细胞升高，提示机体有感染或炎症存在；红细胞数、血红蛋白、红细胞压积下降提示机体处于贫血状态；血小板数下降，提示机体有可能有凝血障碍风险。血常规检查结果见表 2。

2.4 影像学检查

X 光片显示胸腔积液。

3 诊断与治疗

3.1 诊断

综合临床病史及实验室检查，初步诊断该病例为双香豆素类鼠药中毒引起凝血机能障碍，伴胸腔积血，失血性贫血。

表 2 血常规检查结果

项目	单位	检测值	正常范围
白细胞数目（WBC）	$\times10^9$/L	19.8↑	6.0 ~ 17
淋巴细胞数目（Lymph#）	$\times10^9$/L	2.5	0.8 ~ 5.1
单核细胞数目（Mon#）	$\times10^9$/L	1.0	0.0 ~ 1.8
中性粒细胞数目（Gran#）	$\times10^9$/L	16.3↑	4.01 ~ 2.6
红细胞数目（RBC）	$\times10^{12}$/L	2.06↓	5.50 ~ 8.50
血红蛋白（HGB）	g/L	72↓	110 ~ 190
红细胞压积（HCT）	%	21.4↓	39.0 ~ 56
平均红细胞体积（MCV）	fL	72.7↑	62.0 ~ 72.0
平均红细胞血红蛋白含量（MCH）	pg	24.7	20.0 ~ 25.0
红细胞分布宽度变异系数（RDW）	%	11.5	11.0 ~ 15.5
血小板数目（PLT）	$\times10^9$/L	103↓	150 ~ 500
平均血小板体积（MPV）	fL	10.7	7.0 ~ 12.9
血小板分布宽度（PDW）		17.0	
血小板压积（PCT）	%	0.110	

注：↑表示检查结果升高；↓表示检查结果降低。

3.2 治疗方案

选用林格氏液（1 000 mL/d），加入维生素 C 注射液 1 g，肌苷注射液 300 mg 混合静脉输注，连用 3 d。用于扩充血容量，维持体液平衡，改善机体代谢。输血：寻找大型健康供血犬，血型配对后，采血输血 300 mL，用于补充失血量以及补充凝血因子，一般一次即可。维生素 K_1 注射液，首次 110 mg，皮下注射，以后每 12 h 以 55 mg 注射一次，连用 21 d。吸氧，提高氧饱和度。

3.3 疗效与转归

经上述方案治疗后，动物状态与症状迅速改善，精神食欲在治疗期间逐渐恢复，治疗期间每天做凝血检查，根据结果可知，凝血功能逐步恢复正常。凝血检查结果见表 3。

表 3 凝血检查结果

	入院第 1 天	入院第 2 天	入院第 3 天	入院第 4 天	参考范围/s
PT	32	18	11.2	9.4	5 ~ 116
APTT	38.9	32.8	29.2	30.5	15 ~ 143

4 讨论与体会

灭鼠药是常用于灭鼠且容易取得的毒物，其中动物抗凝血类灭鼠剂中毒很常见，伴侣动物灭鼠剂中毒途径主要是误食。目前我国使用的国家批准使用的第二代长效抗凝血灭鼠剂（LAARs）属于慢性杀鼠剂。查询中国农药信息网，灭鼠剂主要包括溴敌隆、杀鼠灵、杀鼠醚、溴鼠灵、敌鼠钠盐、氟鼠灵等，在查询的 126 项灭鼠剂登记中，110 项属于抗凝血类灭鼠剂，占 87%[3]。该类灭鼠剂具有适口性好、灭鼠效率高等优点而得以广泛应用。因其能够破坏老鼠体内的凝血酶原，造成各脏器及黏膜大面积出血致其死亡，故统称为抗凝血类灭鼠药[4]。双香豆素类灭鼠剂为第二代（如溴敌隆、溴鼠灵等），与第一代（如氯杀鼠、克灭鼠、敌鼠、氯敌鼠等）相比，因其甲苯基取代甲基而具有更强的亲脂性，双香豆素类灭鼠剂具有释放时间长且具有更强（100 倍），同时其代谢产物亚苄基丙酮可直接损伤毛细血管壁，使其通透性增加而加重出血，又被称为“超级华法林”[1,5-6]。我国引起人或动物中毒最常见的抗凝血杀鼠药为溴敌隆和溴鼠灵[7]，均属于第二代。

机体的凝血过程依靠凝血因子实现，抗凝血类灭鼠药的作用是通过抑制肝脏中的维生素 K 环氧化物还原酶的活性，影响维生素 K 的合成，从而导致维生素 K 依赖性凝血因子 I、VII、Ⅸ、X 合成减少，引发凝血功能障碍。抗凝血类灭鼠药不能阻止体内已存在的凝血因子发挥作用，当体内的维生素 K 依赖性凝血因子耗竭以后才导致凝血功能障碍，引起出血[8-9]。抗凝血类灭鼠药对体外输入的凝血因子无破坏作用，体外输入的冰冻血浆、新鲜冰冻血浆、新鲜全血所含凝血因子均可迅速纠正凝血功能障碍[9]。

犬双香豆素类鼠药中毒绝大多数源于误食散落或投放的毒饵。其临床诊断主要依据明确的毒物接触史、出血性临床症状以及凝血酶原时间 PT 和活化部分凝血活酶时间 APTT 显著延长等凝血功能异常。在兽医实践中若有明确的中毒史，诊断和治疗并不算困难。但因其病史模糊，主诉病史不清，加之犬只凝血因子Ⅰ、Ⅶ、IX、X在犬体内的半衰期分别为 41、6.2、13.9 和 16.5 h[8]，这也是部分犬在摄入双香豆素类灭鼠药后不会立即出现临床症状、存在一定潜伏期的原因，有的临床症状并不典型，这是导致该病容易误诊、漏诊原因之一。在进行凝血功能检查时，PT 反映外源性凝血途径中凝血因子的含量与活性，用来证实先天性或获得性凝血酶原，APTT 主要反映内源性凝血途径中凝血因子的含量与活性，用来证实先天性或获得性凝血因子VIII、IX、XI的缺乏[10]。由维生素 K 拮抗作用而继发的凝血异常，PT 和 APTT 都延长，尤以 PT 延长为主要症状。其他原因引起的凝血病，如败血症、中暑、肿瘤引起的 DIC，全身炎症反应综合征或肝衰竭，会使 PT 和 APTT 的延长程度相似，但不是抗凝血灭鼠药导致的 PT 延长程度大而 APTT 延长程度小的现象。所以如果 PT、APTT 都延长，并且 PT 延长大于 APTT 延长时，应考虑抗凝血灭鼠药中毒[8]。

该病例结合临床检查结果、生活运动环境以及治疗反馈可以初步怀疑为双香豆素类鼠药中毒引起的凝血机能障碍，这类病例发病隐匿，发现时间一般较晚，病情较重。诊治时有以下几个重点，应予以把控：（1）查体需仔细，皮下出血点，皮肤淤血斑，口腔黏膜苍白病例应及时检查凝血功能。（2）部分病例突发呼吸急促，不明原因疼痛时也应与主人沟通，将凝血功能检查纳入检查项目，避免遗漏。（3）双香豆素类鼠药中毒引起的凝血机能障碍病例，维生素 K_1 是特效药物。首次给药量按照每千克体重 5 mg 给药，以后按照每千克体重 2.5 mg 给药，每 12 h 一次；在不明确双香豆素类鼠药属于哪一代药物时，维生素 K_1 制剂使用时间不低于 21 d（溴敌隆等二代，三代双香豆素类鼠药在体内的半衰期约为 24 d）[11]。（4）有条件病例可以在第一时间输注新鲜血浆，以补充凝血因子，迅速恢复凝血功能，控制出血；单独使用维生素 K_1 的病例，应严格评估动

物健康状况能否耐受使用维生素 K_1 治疗时 PT 缩短（以及之后的出血减少）；失血严重病例应输入全血，以补充血细胞和凝血因子，恢复动物凝血功能与血液有效循环；胸腔出血积血病例，一般不进行胸腔穿刺取液（除特别严重出现呼吸窘迫，危及生命病例），病情控制后，积血一般会自行吸收。盲目胸腔穿刺，可能会加重出血。维生素 K_1 可以口服与注射，一般不建议静脉注射，因为可能出现严重的过敏反应，也不建议肌内注射，可能导致严重的血肿形成。临床上一般在动物病情危重不能有效进食时采用皮下注射，当动物病情缓解可以自主进食，多采用与富含脂肪的食物混合服用。因为维生素 K 是脂溶性维生素，和含有脂肪的食物一起服用可增加其吸收。

5 小结

准确识别双香豆素类鼠药中毒的临床特点与出血多样性，是避免误诊和争取救治时间的关键。双香豆素类鼠药中毒起病隐匿，刚开始发病时症状不典型，加之主诉病史模糊，大多数双香豆素类鼠药中毒的犬被带至诊疗机构检查的原因是出现了急性虚脱、咳嗽、疼痛以及呼吸困难等原因，有些无明确中毒史，极易误诊为其他疾病，当病程长疾病症状典型时，动物大多数病情危重，救治难度增加。临床上患犬表现各异（出血部位不同），以肺出血、胸腔积血、口腔出血、皮下出血（皮肤大面积淤血斑）为多见；中枢神经系统与心包出血也可见，但这类病例起病迅速，突然死亡，缺少救治机会。

社区及公众应做好科学灭鼠，做好灭鼠剂管理。双香豆素类鼠药是目前广泛使用的灭鼠药，广泛易得。在灭鼠剂使用及储存时，应按照毒物管理相关条例做好防范，安全使用，做好标记；当投放的毒饵长时间未被老鼠摄入时，应及时收回，避免遗忘；过期的鼠药，回收的毒饵及包装物都应按照有毒有害物质交由相应的机构妥善处置，防止人及非目标动物接触。

文明养宠，为爱宠系上“安全带”。户外遛宠时，请使用牵引绳并为其佩戴嘴套，有效防止其舔食或捡拾可疑的有毒饵料；一旦发现宠物出现异常呕吐、抽搐等疑似中毒症状，请立即携带可疑毒物样本送往宠物医院，争取黄金抢救时间。当时间过长，毒物已经被吸收后，应遵医嘱，进行相应的检查，足量足疗程的使用维生素 K_1 制剂以及相应的对症治疗。

参考文献

[1] 胡慈恒. 28 例抗凝血类灭鼠药中毒的临床分析[D]. 南宁: 广西医科大学, 2016.

[2] 张子威, 徐世文. 犬双香豆素类鼠药中毒的诊治[J]. 中国兽医杂志, 2010, 46（9）: 75-76.

[3] 中国农药信息网. 农药登记信息[EB/OL]. [2025-07-10]. http://www.chinapesticide.org.cn/.

[4] 王军华, 刘宁, 丛燕燕. 静脉注射维生素 K:注射液致过敏性休克 4 例临床抢救体会[J]. 基层医学论坛, 2014, 18（27）: 3727-3728.

[5] 王方. 一例溴敌隆中毒患者肌内注射后臀部血肿的经验教训[J]. 今日健康, 2014, 13（7）: 269.

[6] 焦婕英. 溴敌隆中毒致延迟性肌间隙出血误诊为软组织损伤分析[J]. 临床误诊误治, 2015, 28（12）: 25-26.

[7] Long J, Peng X, Luo Y, et al. Treatment of a long-acting anticoagulant rodenticide poisoning cohort with vitaminKl during the maintenance period[J]. Medicine（Baltimore）, 2016, 95（51）: e5461.

[8] 杜志国, 王建琳, 黄凯, 等. 犬抗凝血灭鼠药中毒模型的建立及犬新鲜冰冻血浆治疗效果分析[J]. 中国兽医杂志, 2018, 54（9）: 37-39, 42.

[9] Woody BJ, Murphy MJ, Ray AC, et al. Coagulopathic effects and therapy of brodifacoum toxicosis in dogs[J]. J Vet Intern Med, 1992, 6（1）: 23-28.

[10] 李林. 抗凝血类灭鼠药中毒患者凝血功能分析[J]. 实用检验医师杂志, 2018, 10（1）: 47-49.

[11] Nelson R W. 小动物内科学[M]. 3 版. 夏兆飞, 张海彬, 袁占奎, 译. 北京: 中国农业出版社, 2015: 1145.

（收稿日期：2025-07-18）

家禽养殖产业链污染细菌病及防治技术

张丙乾*

（黔西南民族职业技术学院，贵州 兴义 562400）

摘要：禽类作为人类重要的肉食来源，其生产养殖安全受到多种细菌性疾病的威胁。本文总结了家禽养殖业中几种主要的细菌性疾病的研究进展，分析了其致病机制及相关防治措施，以期为家禽养殖业的细菌性疾病防治提供理论借鉴和经验参考。

关键词：家禽养殖；细菌病；防治技术

中图分类号：S858.3 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0091-06

家禽养殖业作为全球农业生产体系中至关重要的组成部分，为人类提供了重要的动物蛋白来源。人类对家禽产品的需求推动着养殖模式向规模化、集约化方向飞速发展。然而，高度集约化的生产模式在提升效率的同时，也极大地增加了细菌性疾病暴发与传播的风险。以沙门氏菌、大肠杆菌、弯曲杆菌、鸭疫里默氏杆菌及支原体等为代表的致病菌，时刻威胁着养殖业的健康发展[1]。这些细菌病不仅可导致家禽生长迟缓、产蛋率下降、死亡率升高，还造成巨大的直接经济损失。尤为严峻的是，部分家禽源性病原菌会通过家禽产品传播给人类，构成严峻的公共卫生问题。面对这一系列相互交织的挑战，全球科研工作者在家禽细菌病的研究领域不断深入，并取得了显著进展。基于此，本文系统性地梳理和总结了近年来家禽主要细菌病（表 1）的研究进展，以期为家禽养殖业的可持续、健康发展提供理论参考，并为保障动物源性食品供给安全与公共卫生安全贡献一份力量。

表 1 家禽养殖产业链污染细菌病及其诊断技术

病名	病原	实验室诊断技术
鸡白痢	沙门氏菌	细菌分离培养、抗体检测
鸡伤寒	沙门氏菌	细菌分离培养、抗体检测
禽副伤寒	沙门氏菌	细菌分离培养、抗体检测
大肠杆菌病	大肠杆菌	细菌分离培养、分子生物学检测
禽霍乱	巴氏杆菌	涂片镜检、细菌分离培养
鸡支原体病	鸡毒支原体	病原分离培养、血清学检测
鸡鸭疫里默氏杆菌病	鸭疫里默氏杆菌	细菌分离培养、分子生物学检测
鸡弯曲杆菌病	弯曲杆菌	涂片镜检、细菌分离培养

1 沙门氏菌病

1.1 致病机制

沙门氏菌是一种重要的人兽共患病原菌，其致病过程是一个多步骤、高度协调的复杂过程，涉及大量毒力因子和基因的调控。沙门氏菌致病机制可系统地概括为“入侵–生存–复制–扩散–致病”五个阶段[2]。沙门氏菌在宿主肠道的定植与入侵是其感染第一步，沙门氏菌通过鞭毛运动及化学感应系统，主动向肠上皮细胞移动；病原菌到达肠上皮细胞后菌体表面菌毛和非菌毛黏附素与宿主上皮细胞表面的特定受体（如糖基化受体）结合；当细菌与宿主细胞接触后，沙门氏菌致病岛 1 编码的三型分泌系统（T3SS–1）将超过 40 种效应蛋白直接注入宿主细胞的胞质中，形成

*通讯作者：364001773@qq.com

沙门氏菌包含泡（SCV）。沙门氏菌进入细胞后，T3SS–1 和 T3SS–2 分泌的效应蛋白共同调控 SCV 成熟并利用营养物质进行复制。沙门氏菌可被 M 细胞吞噬并转运至派尔集合淋巴结深处；随后通过“特洛伊木马”机制运输到肝脏、脾脏等网状内皮系统器官，同时通过表达抗氧化相关酶、修饰多糖结构、干扰免疫信号等方式逃避宿主免疫反应，导致全身性感染[3]。部分沙门氏菌能在胆囊或肠道内形成生物被膜或进入代谢休眠状态，逃避宿主免疫和抗生素，从而建立长期的无症状携带状态，成为重要的传染源。

1.2 流行病学特点

沙门氏菌能感染所有日龄阶段的家禽，3 周内雏鸡易感染鸡白痢沙门氏菌，严重者甚至死亡。家禽感染沙门氏菌后出现羽毛蓬乱、精神不济和厌食。此外，感染的鸟类常聚类存在，出现腹泻、粪便糊肛等，蛋鸡产蛋量降低，剖检后发现家禽肝脏和脾脏肿胀、出血症状[4]。

1.3 防治措施

研究者们已发展了多种手段来应对沙门氏菌感染问题[5]。良好的养殖管理是降低沙门氏菌感染的重要手段，合理的饲料/饮水管理、适当降低养殖密度、加强养殖场的消毒工作均可显著降低感染率。除了管理措施的优化外，抗生素在沙门氏菌防治工作中也占据重要位置。在饲料中添加抗生素可有效促进家禽生长、提高生产性能和饲料利用率、抑制肠道病原菌，常用于家禽饲料中的抗生素有四环素、氯霉素、青霉素等[6]。然而，抗生素在使用过程中带来的抗生素残留和细菌耐药性问题无法忽视。与抗生素相比，基于疫苗的防控策略显然安全性更高。目前市面上的疫苗主要有减毒活疫苗、灭活疫苗、亚单位疫苗。减毒活疫苗可以防止沙门氏菌在鸡肠道和内脏的定植，但是减毒活疫苗带来的不良反应和可能存在的继发突变会影响鸡群健康。与之相比，灭活疫苗的优势更加明显，是防治沙门氏菌的首选疫苗。除此之外，基于益生菌、益生元、噬菌体的沙门氏菌防治新技术也被开发[7]，这些技术大多依赖于天然存在的产物，因此其安全性优势更加突出。在人们愈发重视饮食健康的时代，这种安全性更高的沙门氏菌防治新技术具有良好的应用潜力。

2 大肠杆菌病

2.1 致病机制

禽致病性大肠杆菌（APEC）是禽大肠杆菌病的主要病原，可导致严重的发病率和死亡率，并给世界家禽养殖业造成严重的经济损失。APEC 主要通过呼吸道和消化道感染，这种感染会发展为全身性感染，导致内脏器官出现纤维蛋白脓性病变。APEC 进入鸡上呼吸道后首先会附着于气管上皮，此时健康的鸡可以通过呼吸道黏膜的黏液和纤毛清除 APEC，但在部分致病因子导致呼吸道黏膜受损的情况下，黏液的分泌和纤毛摆动受到抑制，此时 APEC 可通过菌体表面的粘着因子与上呼吸道上皮特异性结合，从而进入呼吸道深部增殖[8]。同时，各种毒力因子（包括黏附素、铁摄取系统、保护素、毒素、侵袭素等）对 APEC 的定植和存活发挥重要作用。

2.2 流行病学特点

APEC 是引起家禽大肠杆菌病的主要病原体，其分类上属于肠外致病性大肠杆菌[9]。APEC 可导致多种病理表现，包括纤维素性浆膜炎、蜂窝织炎、脐炎、心包炎、肝炎及输卵管炎等[10]。疾病的传播与发生受环境因素及宿主应激水平影响显著。APEC 含有的毒力基因相对较少，但部分致病性较低菌株亦可在特定条件下引起器官感染，并诱发大肠杆菌病[11]。

2.3 防治措施

有效预防和控制 APEC 感染的关键在于消除导致该疾病的潜在因素。在养殖管理方面，通过改善禽舍的生物安全状况、提供良好的垫料和通风条件均可降低 APEC 感染。同时有研究表明，维生素 E 能够干扰细菌生物膜并防止体外生物膜的形成，适当提高饲料中的维生素 E 水平可显著降低 APEC 感染动物[12]。此外，抗生素也被广泛

用于预防和治疗 APEC 感染，然而抗生素的应用会加速耐药菌的出现[13]。因此，抗生素用于治疗禽类大肠杆菌病时还需慎重考虑。鉴于抗生素的局限性，研究人员投入了大量精力研发了基于疫苗的 APEC 防治技术。疫苗主要分为以下三种：（1）灭活疫苗。此类疫苗由灭活的主要 APEC 血清型菌株制成，灭活疫苗仅能提供对同源威胁的保护，其效力取决于疫苗中包含的大肠杆菌血清型种类、给药方法、禽类的年龄以及疫苗剂量等参数。（2）亚单位疫苗。为了克服灭活疫苗的局限性而研发疫苗，通过引入几种重组亚单位抗原可以生产出亚单位疫苗，从而成功抵御异源性挑战，可提供对更多种 APEC 的保护。（3）减毒活疫苗。这是有效且相对经济的一种疫苗，目前最成功的 APEC 减毒活疫苗是 *aroA* 基因突变疫苗，*aroA* 突变减弱了菌株的毒力，使菌株在鸡体内和环境中的存活率降低，然而该疫苗不能完全预防病理性病变，并且可能通过反向突变恢复毒力带来高风险。除此之外，益生菌、益生元、噬菌体、中草药等相对更安全的措施也被用于 APEC 的防治，在减抗/替抗背景下，这些措施可能更符合人们的需求[14]。

3 禽霍乱

3.1 致病机制

禽多杀性巴氏杆菌是引起禽霍乱的病原体，其致病机制是一个复杂的过程，涉及细菌的黏附、定植、侵袭、抵抗宿主免疫以及产生毒素等多个环节。首先，细菌通过其荚膜多糖抵抗宿主吞噬细胞的吞噬作用[15]。当细菌突破呼吸道或消化道黏膜屏障后，其菌体表面的菌毛和非菌毛黏附素会与宿主上皮细胞表面的特定受体结合，实现黏附与定植。随后，细菌通过分泌多种水解酶（如透明质酸酶和神经氨酸酶）降解细胞外基质，破坏组织完整性，从而利于其侵入深层组织和血液循环造成全身性感染。

3.2 流行病学特点

禽霍乱急性感染期的临床症状主要包括发热、食欲减退、羽毛松乱、精神沉郁、口腔黏膜分泌物增多、呼吸道症状，以及水样白色腹泻；慢性感染时腹泻可转为黏液性绿色粪便，并常见肉髯、鼻窦、腿垫或足垫、翅关节及胸骨囊等部位肿胀，伴结膜炎性渗出、斜颈与呼吸困难，气管内干酪样渗出物亦较为常见[16]。

3.3 防治措施

防控禽霍乱应遵循“预防为主，治疗为辅”原则[17]。鉴于该菌普遍耐药，用药前须进行药敏试验以筛选敏感药物。常用抗生素如氟喹诺酮类、磺胺类等虽可用于治疗，但治愈鸡群常出现生长迟缓、产蛋率下降等后遗症，经济效益受损，故建议对感染群进行淘汰处理。预防是控制本病的关键，核心在于加强生物安全与饲养管理。首先，应严格执行消毒制度，对场区、圈舍、车辆及人员实施全面消毒，并定期轮换消毒剂以避免耐药性产生。同时，需保障鸡舍通风与保温，维持良好环境卫生，从而减少支原体、大肠杆菌等诱发感染，降低本病发生风险。疫苗接种是另一项核心措施。目前有弱毒活疫苗和灭活疫苗可供选择。疫区常使用弱毒活疫苗，免疫后需避免使用抗生素；非疫区则建议使用灭活疫苗。为提高保护效果，也可采用不同疫苗交叉免疫。然而，疫苗效价易受环境影响，在饲养条件差的情况下免疫效果往往不理想。因此，将科学的疫苗接种与高标准的饲养管理相结合，可有效预防禽霍乱，控制其对我国家禽养殖业的危害。

4 鸡支原体病

4.1 致病机制

鸡毒支原体（MG）具有明显的宿主特异性。其典型的瓶状结构带有一个特殊的末端尖端，该结构不仅介导了滑行运动，更关键的是有助于菌体牢固地附着于宿主细胞表面。在细胞黏附分子 GapA 和 CrmA 共同作用下，鸡毒支原体完成了在宿主细胞上的初始黏附与定植。成功定植于上呼吸道后，鸡毒支原体便会向下呼吸道扩散，进而引发支气管炎、气囊炎及肺炎等一系列

病变。病原体在附着后，会激活宿主的炎症反应，刺激上皮部位分泌过量黏液。同时，它具备侵入非吞噬细胞的能力，借此机制逃避宿主免疫系统的清除，并随细胞播散至全身，造成系统性感染。鸡毒支原体对宿主细胞的系统性侵袭，最终将导致严重的组织病理变化、机体免疫抑制以及生产性能的显著下降。

4.2 流行病学特点

MG 在全球家禽养殖业中构成严重的健康威胁，可引发肉鸡、产蛋鸡及种鸡群慢性呼吸道病（CRD），并在火鸡中导致传染性鼻窦炎。MG 感染还直接造成蛋鸡产蛋性能下降、死胚率上升[18]。此外，MG 感染可增加病毒感染风险，继发或并发其他细菌症，并对禽类病毒疫苗的免疫效果产生负面影响[18]。患 CRD 的鸡群常表现出一系列呼吸道症状，包括打喷嚏、流涎、咳嗽、结膜炎、眼鼻分泌物增多、气管啰音，以及剖检后可见气囊病变，同时伴随产蛋率、孵化率、饲料转化率下降以及增重减缓等问题。

4.3 防治措施

在家禽产业中，防控鸡毒支原体的根本策略在于建立和维持无鸡毒支原体感染的种鸡群，即通过严格的种群净化从源头上清除病原。这是保障商品鸡群健康的基石。若无法实现全面净化，则必须依靠严格的生物安全体系来切断水平传播途径，其核心措施包括精细化的日常消毒、全进全出的饲养模式以及对人员与物资的严格管控。在治疗层面，养殖者常使用大环内酯类、氟喹诺酮类和四环素类等抗生素来控制鸡毒支原体感染[19]。然而，支原体因缺乏细胞壁，使得青霉素等 β–内酰胺类抗生素天然无效，极大地限制了药物选择。更严峻的是，抗生素的广泛使用与不当使用正加速鸡毒支原体耐药菌株的出现，导致临床治疗失败。此外，兽用抗生素的残留问题还存在通过食物链助长人体细菌耐药性的潜在风险。在此背景下，推动兽用抗生素减量化已成为共识，疫苗接种被视为关键的综合防控手段。尽管现有鸡毒支原体疫苗（包括灭活苗和弱毒活疫苗）尚不能提供完全的保护以杜绝感染，但大量实践证实，免疫接种能有效降低临床发病频率、显著减轻气囊病变等病理损伤的严重程度，从而切实减少因生产性能下降和死亡率上升带来的经济损失，是当前鸡毒支原体防控体系中不可或缺的一环[20]。

5 鸭疫里默氏杆菌病

5.1 致病机制

鸭疫里默氏杆菌的致病机制是一个多因素协同的复杂过程，目前尚不完全清楚，推测主要包括以下多个环节。在初始定植阶段，鸭疫里默氏杆菌依赖多种毒力因子实现附着与侵袭；突破宿主物理屏障后，鸭疫里默氏杆菌凭借其荚膜结构与外膜蛋白有效逃避宿主先天免疫。荚膜多糖可抵抗吞噬细胞的识别与吞噬，构成免疫逃逸的首要物理屏障；而外膜蛋白除参与黏附和侵入外，还可激发宿主免疫反应，但其反应强度与效率常不足以清除病原，甚至可能加剧局部组织损伤。随后，细菌进入血液循环并播散至全身，其脂多糖等成分引发剧烈炎症反应，导致纤维素性渗出，形成典型的“包心”“包肝”病变（图 1）[21]。

图 1 禽感染鸭疫里默氏杆菌病表现心包炎、肝周炎症状[22]

5.2 流行病学特点

在种禽环节，鸭疫里默氏杆菌感染可导致蛋鸡产蛋率下降、孵化率降低。该菌在肉鸡中引发同样严重的感染，其表现为快速、广泛传播。鸭疫里默氏杆菌主要侵袭 25 ~ 35 日龄肉鸡，临床可

见精神沉郁、打喷嚏及斜颈等症状，常进一步发展为腿部瘫痪与跗关节肿胀等神经症状。多数受影响鸡群的异常死亡现象会持续至屠宰前，累计死亡率介于 2% ~ 10%之间。剖检中的一个关键病理变化是肝脏、心脏及气囊表面覆盖的纤维素性渗出物，也称为“三炎”。

5.3 防治措施

为有效防控鸡源鸭疫里默氏杆菌感染，需采取综合性管理措施。在种源管理上，应严格筛选无鸭疫里默氏杆菌感染的种蛋和雏鸡，入场后立即进行病原检测，及时隔离或淘汰疑似病例。笼养种鸡需注重输精环节卫生，可在精液中添加适量抗生素，并定期监测“胶冻样胚”比例，以控制垂直传播风险。免疫与药物防治方面，虽尚无鸡群专用商品化疫苗，但在紧急情况下可考虑使用对型鸭源鸭疫里默氏杆菌疫苗以提供交叉保护。同时，防控重点应着眼于提高整体免疫力，通过添加免疫增强剂和维生素，减少免疫抑制病的发生。结合定期药敏试验，可选用强力霉素、头孢类等敏感抗生素进行预防性投药，发病时辅以柴胡等中药缓解症状。同时应注意定期监测，重点控制 15 ~ 20 日龄鸡群的呼吸道症状。生物安全措施需全面覆盖，严格分区管理，强化人员、车辆消毒，每周对重点区域深度消毒，空舍期与带鸡消毒相结合。同时，通过提高育雏期温度 0.5 ~ 1 ℃ 防范冷应激，并在饲料中添加维生素 C、E 及益生菌，全面提升鸡群抵抗力，构建防控体系[23]。

6 鸡弯曲杆菌病

6.1 致病机制

鸡弯曲杆菌病，是幼鸡与成年鸡的常见传染病，该病主要由空肠弯曲菌引发。空肠弯曲菌致病机制涉及侵袭、黏附、定植及毒素产生。病原菌经污染的食物或饮水进入宿主，穿越胃酸屏障到达小肠，借助其螺旋形态与鞭毛运动穿透肠黏液层，进而黏附并侵入肠上皮细胞。该菌还可通过破坏上皮紧密连接或脂筏跨膜转运等方式实现肠上皮易位，并产生多种毒素介导细胞毒性作用，这一过程由多种毒力基因共同参与调控[24]。

6.2 流行病学特点

该病以肝出血、坏死性肝炎及脂肪浸润为主要病理特征，具有发病率高、病死率低和病程迁延的特点。各日龄鸡群均可感染，尤以产蛋鸡和后备鸡群多发。青年蛋鸡感染后可致开产延迟，初产期软壳蛋、沙壳蛋增多；产蛋鸡则出现消化不良，后期可因轻度中毒性肝营养不良引发自体中毒，表现为产蛋率显著下降，甚至营养不良性死亡。

6.3 防治措施

禽弧菌性肝炎作为一种重要的人畜共患传染病，其防治需采取以生物安全为核心、辅以饲养管理和潜在干预技术的综合性策略[25]。鉴于其传播途径复杂且尚无有效商品化疫苗，当前防控重点在于最大限度地减少环境中的病原载量，切断传播链条。首先，应实施严格的场区隔离和人员管控，执行“全进全出”饲养模式。可使用过氧乙酸、季铵盐类等对空肠弯曲杆菌有效的消毒剂定期消毒，注意对饮水系统、料槽、粪便和垫料的无害化处理。此外，加强啮齿类动物和昆虫的防控，防止其成为机械传播媒介。同时应精细化饲养管理，应定期清洗和消毒供水管线，提供全价营养饲料，增强鸡群体质。保持舍内通风干燥、适宜的温度和密度，减少因环境应激导致的免疫力下降。同时，避免不同日龄鸡群混养，防止交叉感染。

7 小结

本综述系统梳理了家禽养殖中沙门氏菌、大肠杆菌、巴氏杆菌等主要污染性细菌病的致病机制与流行病学特点。在防治层面，总结了包括饲养管理、生物安全防控、抗生素治疗等成熟防治措施的优势和局限性，并阐述了益生菌、噬菌体、植物提取物等用于防治相关致病菌的现状。本文为先进防治技术的开发提供理论依据。

参考文献

[1] 朱巧艳, 李丛丛, 肖亚朋, 等. 2022 年上半年我国主要家禽养殖地区常见疫病的病原检测与结果分析[J]. 家禽科学, 2022（8）: 3-9.

[2] Palmer A D, Slauch J M. Mechanisms of Salmonella pathogenesis in animal models[J]. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 2017, 23（8）: 1877-1892.

[3] 盛英霞, 江海洋, 顾华兵. 沙门氏菌感染家禽的致病与免疫应答机制研究进展[J]. 饲料研究, 2024, 47（20）: 165-171.

[4] Lamichhane B, Mawad AMM, Saleh M, et al. Salmonellosis: An Overview of Epidemiology, Pathogenesis, and Innovative Approaches to Mitigate the Antimicrobial Resistant Infections[J]. Antibiotics（Basel）, 2024, 13（1）: 76.

[5] 胡浪, 谭露霖, 尚显学, 等. 家禽沙门氏菌感染的防治及研究进展[J]. 现代畜牧科技, 2024（12）: 109-111.

[6] 夏晓萍. 兽用抗生素替代使用的策略分析[J]. 中国禽业导刊, 2024, 41（2）: 38-40.

[7] 贾娟, 马亚, 赵云波, 等. 噬菌体防治鸡源沙门氏菌病的探索应用[J]. 家禽科学, 2025, 47（9）: 78-81.

[8] 苏建青, 褚秀玲, 付本懂, 等. 鸡大肠杆菌致病机制研究[J]. 中兽医医药杂志, 2010, 29（1）: 71-73.

[9] Newman DM, Barbieri NL, de Oliveira AL, et al. Characterizing avian pathogenic Escherichia coli（APEC）from colibacillosis cases, 2018[J]. 2021, 9: e11025.

[10] Sharma V, Jakhar KK, Nehra V, et al. Biochemical studies in experimentally Escherichia coli infected broiler chicken supplemented with neem（Azadirachta indica）leaf extract[J]. Veterinary world, 2015, 8（11）: 1340-1345.

[11] Meguenni N, Chanteloup N, Tourtereau A, et al. Virulence and antibiotic resistance profile of avian Escherichia coli strains isolated from colibacillosis lesions in central of Algeria[J]. Veterinary world, 2019, 12（11）: 1840-1848.

[12] Vergalito F, Pietrangelo L, Petronio Petronio G, et al. Vitamin E for prevention of biofilm-caused Healthcare-associated infections[J]. Open Medicine, 2019, 15（1）: 14-21.

[13] Rahman MRT, Fliss I, Biron E. Insights in the development and uses of alternatives to antibiotic growth promoters in poultry and swine production[J]. Antibiotics, 2022, 11（6）: 766.

[14] 赵秀美, 王静, 贾惠, 等. 禽大肠杆菌病的诊断与防治措施[J]. 畜牧兽医科技信息, 2025（6）: 226-229.

[15] 龚丽娜, 蔡纯. 多杀性巴氏杆菌的研究[J]. 新农民, 2024（34）: 113-114.

[16] Griffin D. Bovine pasteurellosis and other bacterial infections of the respiratory tract[J]. The Veterinary clinics of North America Food animal practice, 2010, 26（1）: 57-71.

[17] 王衍鹏. 禽多杀性巴氏杆菌病流行特点以及防控措施[J]. 北方牧业, 2024（4）: 23.

[18] Marouf S, Khalf MA, Alorabi M, et al. Mycoplasma gallisepticum: a devastating organism for the poultry industry in Egypt[J]. Poultry science, 2022, 101（3）: 101658.

[19] 史爱梅, 张明富, 李莲瑞. 鸡毒支原体流行现状及防控方案[J]. 河南农业, 2022（10）: 47-49.

[20] 景宝年, 王苗利, 刘存, 等. 鸡毒支原体病的传染病学、发病机制及防控措施[J]. 家禽科学, 2024, 46（6）: 73-75.

[21] 阮东辉, 朱春红, 董开芝, 等. 浅析鸡源鸭疫里默氏杆菌病及防控措施[J]. 中国畜牧业, 2025（11）: 85-86.

[22] 薛天星. 鸡源鸭疫里默氏杆菌病的防控[J]. 家禽科学, 2025, 47（8）: 8-11.

[23] 刘存, 刘海涛, 吕俊峰, 等. 鸡源鸭疫里默氏杆菌病研究进展[J]. 家禽科学, 2025, 47（5）: 68-73.

[24] 翟海华, 王娟, 王君伟, 等. 空肠弯曲菌的致病性及致病机制研究进展[J]. 动物医学进展, 2013, 34（12）: 164-169.

[25] 史伟. 鸡空肠弯曲杆菌病的诊断与防治[J]. 农家参谋, 2021（8）: 126-127.

（收稿日期：2025-11-05）

萨嘎县某村羊肝片吸虫病的诊治研究

边 琼*

（日喀则市动物疫病预防控制中心，西藏 日喀则 857000）

摘要：羊肝片吸虫病是重要人畜共患寄生虫病，可导致牛、羊生产性能下降，严重时引发批量死亡，对牧区养羊产业造成重大经济损失。2025 年 11 月，西藏萨嘎县某地绵羊暴发肝片吸虫病，病羊表现为精神沉郁、水肿腹泻、异食舔土等症状，累计病死 151 只，当地常规防疫驱虫措施未控制住病情。通过流行病学调查、临床检查、病死羊剖检及实验室检测，确诊疫情。结合高海拔牧区养殖特点，针对西藏高海拔牧区肝片吸虫病制定了预防与治疗方案，疫情得到基本控制。本病例为西藏高海拔牧区肝片吸虫病的规范化防控提供了实践参考。

关键词：绵羊；肝片吸虫病；致病原因；诊疗技术

中图分类号：S858.26 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0097-05

羊肝片吸虫病由肝片吸虫寄生于羊肝脏胆管引发，为我国三类动物疫病，在内蒙古、西藏等畜牧业主产区时有发生，呈全球流行态势。患病绵羊生长受阻，生产性能下降，羊毛产量可下降 20%～39%[1]；同时降低机体抗病力，继发链球菌病、梭菌病等，死亡率更高[2]。

萨嘎县某地的放牧区平均海拔 4 600 m，属高海拔寒冷牧区低洼湿地，沼泽草场，牧草品种单一；夏季最高气温 22 ℃，适宜肝片吸虫中间宿主椎实螺滋生，肝片吸虫病高发；且当地养殖方式较落后，疫病防控体系不完善，疫情易反复。该地作为纯牧业村落，近三年每年 10—11 月均有感染病例，疫情逐年加重。本文以该村绵羊肝片吸虫病为研究对象，分析致病原因、完善诊疗技术，为同类高海拔牧区提供可复制的防控经验。

1 养殖概况

绵羊发病村庄位于日喀则市萨嘎县西南部，世代以传统散养放牧为主要生产方式，以天然草场四季轮牧为主，无规模化圈养设施。由于冬季漫长、牧草生长周期短，草场供需矛盾突出，且缺乏绵山羊补饲制度。截至 2025 年 11 月，该地饲养牲畜 3 224 头（只/匹），其中绵山羊 1 367 只，占比 42.4%，为核心养殖品类。辖区内还有野驴、藏羚羊、黑颈鹤等多种野生动物，与家畜共享草场。村内现有 1 家养殖合作社，仅从事畜产品初级加工；无粪便处理、病死牛羊无害化处理及集中屠宰设施，采用各家自行屠宰的原始方式，粪便随意堆放、染疫内脏丢弃、屠宰检疫缺失，为疫病传播提供了便利。

2 流行病学

通过访谈相关人员、勘察环境、临床检查及剖检，初步确定疫情概况。

8 月首次转牧前绵羊群无异常，9 月二次转牧至南部低洼草场后，青年羊率先发病，表现为精神沉郁、食欲减少、颌下及胸部水肿、腹泻，清晨有患羊死亡；10 月底至 11 月中旬，绵羊群转入冬季草场后疫情加剧，每日病死 1～3 只，单日最高超 5 只，累计病死绵羊 151 只；其中 2 户养

*通讯作者：xzbianqiong@163.com

殖户病死 59 只，死亡率高达 40%。

病羊膘情中等，无性别差异，1.5～3 岁青年绵羊为主要易感群体；1 岁以下羔羊和 4 岁以上成年羊发病少，症状轻，病死率低。病羊均为露天散养，分布与放牧路线高度一致，仅南部低洼草场放牧羊群暴发疫情。

疫情初期，羊群先后 2 次免疫羊三联四防疫苗（间隔不足 2 个月）、1 次免疫链球菌疫苗，同步用阿苯达唑驱虫及抗菌治疗。该措施缺乏科学依据，未针对性防控肝片吸虫，且盲目用药加剧羊群应激，降低抗病力，导致疫情扩散。

3 临床症状

本次疫情以 1.5～3 岁青年绵羊发病为主，公母无差异，青年羊病死率高于成年羊；成年羊多为慢性感染，生产性能大幅下降，失去养殖价值。对其中 12 只病羊（6 只青年羊、6 只成年羊）开展临床检查。主要表现：体温 38.9～39.9 ℃，略高于正常，脉搏 97 次/min，呼吸稍快，轻度发热；精神沉郁、反应迟钝，行走无力、离群喜卧，不愿随群放牧；病羊多数有异食癖，舔食泥土、石块，部分口流白沫，采食饮水欲望显著减退甚至废绝。

发病绵羊被毛粗乱、脱毛，失去光泽，渐进性消瘦；眼结膜、口腔黏膜苍白，中度至重度贫血；80%以上病羊眼睑、颌下及胸下水肿，部分腹部肿大；部分病羊便秘与腹泻交替发生、无明显血便，食欲减退、瘤胃蠕动减弱；肝区轻度叩诊时，病羊弓背、躲闪、鸣叫，提示肝脏严重损伤。

4 病理变化

对 4 只病死青年绵羊剖检。病死绵羊尸体消瘦，口鼻流粘性白色液体，可视黏膜苍白；多数腹部臌胀，颌下、胸腹水肿，皮肤紧绷；部分肛门周围粘有稀薄粪便，无血便痕迹；尸体僵硬中等，无明显全身瘀血发紫。

病死羊病变主要集中在肝胆、消化系统及体腔，其他器官为继发性损伤。皮下组织苍白，并伴有腹膜炎表现，切开有淡黄色胶冻样浸润（图 1）；腹腔、胸腔有 250～350 mL 淡黄色透明积液（图 2）；血液稀薄、无凝固，心包少量积液，无脓性分泌物。

图 1 病羊腹膜炎

图 2 病羊腹腔淡黄色积液

肝脏肿大变硬、表面凹凸、呈淡黄色，有坏死灶及纤维化，有的病羊肝脏表面可见虫道形成钙化结节；胆管扩张增厚，内有大量淡红色或灰白色肝片吸虫成年虫体（图 3）；胆囊肿大 2～3 倍，充满浓稠暗绿色胆汁，内有少量肝片吸虫童虫，胆囊黏膜充血水肿。

图 3 肝脏组织中的成年虫体

网膜黄染，有细颈囊尾蚴；小肠大肠空虚胀气、肠壁薄，十二指肠黏膜充血出血；盲肠有少量鞭虫，胃黏膜苍白；脾、肾质地变软，颜色稍淡，无明显肿大坏死；胃内空虚，胃黏膜苍白；脾脏、肾脏质地变软，失去原有弹性及光泽度，颜色稍淡，无明显肿大、坏死现象。

肺脏淡白无血色、质地松软，气管有少量未消化饲草及黏液，支气管轻度充血；心脏正常，心包积液，心肌颜色稍淡。

5 诊断方法

本次疫情采用“临床初步诊断–病理剖检确诊–实验室检测验证”三级诊断方式，结果精准一致。

5.1 临床症状诊断

结合该村绵羊长期放牧于低洼螺类滋生草场，以及病羊消瘦、贫血、水肿、异食癖等典型症状，与肝片吸虫感染特征高度契合，做出初步诊断。详见本文 3 临床症状。

5.2 病理剖检诊断

病死绵羊肝胆系统典型病变及肝片吸虫成虫、童虫，是最直接可靠的确诊依据，据此确诊本次疫情。详见本文 4 病理变化。

5.3 实验室诊断

5.3.1 *粪便涂片法* 取病羊新鲜粪便，在玻片上滴 3 滴甘油生理盐水，均匀涂抹后镜检，从病羊粪便检出了椭圆形、黄褐色虫卵[3]，与病理剖检互相验证诊断结果。

5.3.2 *饱和食盐水漂浮法* 取 5 g 病羊粪便置于烧杯，加 100 mL 饱和食盐水搅拌均匀，静置 30 min 后取液面水膜镜检，从病羊粪便也检出了椭圆形、黄褐色虫卵[4]，该方法检出率较涂片法高。

6 治疗措施

疫情暴发期以驱杀虫体、对症治疗、加强护理为核心，快速控制疫情发展、降低绵羊病死率，减少经济损失。

6.1 针对性驱杀虫体

立即对发病羊、同群羊开展治疗性驱虫：优先选用肝蛭净（三氯苯唑）10 mg/kg，一次性口服，可驱除各阶段虫体；或硝氯酚（拜耳 9015）4 ~ 8 mg/kg，口服安全，对成虫高效、童虫有效，驱虫率 80% ~ 90%；或阿苯达唑 15 ~ 30 mg/kg，驱虫率 95%[5]。首次驱虫后 10 ~ 15 d 重复给药，彻底清除体内虫体。

绵羊群体驱虫选择清晨空腹口服给药，提高药物吸收效率；驱虫后 1 ~ 2 d 的粪便需集中深埋、焚烧或堆积发酵处理，消杀粪便中的虫卵，避免虫卵扩散。硝氯酚、阿苯达唑对妊娠早期孕畜有致畸和胚胎毒性作用，易导致流产，孕羊需慎用，建议在配种前或产后进行驱虫。

6.2 对症治疗缓解症状

对贫血病羊肌内注射维生素 B_{12}、B_2、C 及补铁制剂、黄芪多糖，补充营养、提升绵羊的机体抵抗力；对水肿病羊使用利尿剂，甘露醇、鱼腥草促进水肿消退；对腹泻病羊采用蒙脱石散、庆大霉素、乙酰甲喹及益生菌调理肠道，腹泻带血时肌内注射肾上腺素、安络血、维生素 K2 止血；对继发细菌感染的病羊，选用青霉素、头孢

类敏感抗生素治疗，避免滥用抗生素导致耐药性产生。

6.3 加强病羊护理

将病羊隔离至干燥温暖的圈舍，停止放牧，根据体况补充优质、易消化的饲料，保障营养供给；提供清洁饮水，水中添加电解多维缓解羊群应激反应；定期清理圈舍，保持环境整洁，密切观察病羊临床症状，及时调整治疗方案；对重症病羊安排专人看护，治疗无效的病羊及时进行无害化处理，防止疫情扩散。

6.4 回访

采取上述治疗措施，该村绵羊群症状消失。2 个月后从治疗后羊群随机抽取 6 只羊，分别采集每头羊新鲜羊粪，用饱和食盐水漂浮法检查每克粪便虫卵数，均低于肝片吸虫病诊断国家标准，说明驱虫治疗效果良好。

7 预防措施

结合高海拔牧区特点，从源头防控，制定针对性措施。

7.1 优化放牧与饲养管理

科学规划轮牧方案，合理控制放牧密度和放牧次数，优先选择干燥、洁净草场放牧，严禁在低洼潮湿、椎实螺滋生区域长期放牧；安排有经验的专人放牧管理，及时发现病羊并隔离处置。重视夏季抓膘、冬季保膘工作，夏季选择优质草场延长放牧时间，冬季早晚补充禾本科牧草、青稞秸秆、野麦草、精饲料及微量元素，保障绵羊营养均衡；定期开展羊群健康监测，建立完善养殖档案，实现疫病可追溯。

7.2 制定科学驱虫方案

每年对易感绵羊开展 3 次驱虫，6 月驱杀未成熟童虫，11 月驱杀成虫，次年 1 月进行巩固驱虫[2]；交替使用肝蛭净、硝氯酚、阿苯达唑等驱虫药物，优先选用对肝片吸虫各发育阶段虫体均有效的肝蛭净；避免单一用药导致虫体产生抗药性。严格按绵羊体重精准计算用药剂量，选择清晨空腹服药，提升药物吸收率和驱虫效果。

7.3 消灭中间宿主，切断传播途径

每年 3—5 月，气候转暖、椎实螺开始活动时，是灭螺的最佳时机，采用化学与物理防控相结合的方式开展灭螺工作[6]：用 1:50 000 硫酸铜溶液、氨水或 2.5 mg/L 血防 67 喷洒椎实螺滋生区域，死水区域撒生石灰杀灭螺体；物理防控可对低洼草场挖沟排水，破坏椎实螺滋生环境，结合人工捕捉等方式减少螺类数量，从源头切断肝片吸虫传播途径。

7.4 加强养殖环境管控

及时收集羊群驱虫后的粪便，运至远离草场和水源的区域，采用堆积发酵、深埋等方式进行无害化处理，杀灭粪便中的虫卵；规范屠宰检疫流程，对染虫内脏进行无害化深埋处理，胃肠道内容物集中发酵消毒；每月用生石灰、百毒杀等消毒剂对羊圈等集中活动场所进行消毒 1 ~ 2 次，保持羊圈干燥清洁，减少疫病传播隐患。

7.5 做好湿地围网围栏布设

在椎实螺开始活动前，在低洼沼泽、潮湿区域及无流动死水地带完成围网围栏设置，禁止牛羊进入此类区域觅食、饮水，减少绵羊与椎实螺及肝片吸虫囊蚴的接触机会，降低感染风险。

7.6 强化宣传培训

由市动物疫控中心、县农牧综合服务中心组织专业技术人员深入牧区，开展肝片吸虫病防控知识现场培训，发放宣传手册，通过技术包保、三区科技人才服务平台等渠道，对当地牧民开展常态化宣传，普及肝片吸虫病的危害及科学防治知识。加强对乡村兽医的专业培训，提升其疫病诊断、规范用药、科学防疫技能，为养殖户提供

精准技术支撑，提高整体防控水平。

8 结语

本次疫情是由于绵羊长期在高海拔、低洼、沼泽草地放牧，绵羊易吞食含囊蚴的水草和水源；多雨季节加速虫卵孵化和囊蚴传播，进一步提升绵羊感染肝片形吸虫的概率[7-8]。

当地对肝片吸虫认知不足，无系统化驱虫方案；驱虫时间不当，错过最佳节点；药物单一，仅用阿苯达唑，对童虫驱杀效果差；未按体重精准用药，剂量不足或过量；仅发病后治疗，未开展预防性驱虫[9-10]。羊群驱虫后，粪便未进行无害化处理，被随意堆积在草场、水源附近，粪便中的肝片吸虫虫卵孵化后再次污染养殖环境；当地屠宰检疫缺失，染虫内脏被随意喂狗或丢弃，胃肠道内容物倾倒于草场，导致虫卵大量扩散，形成“年年驱虫、年年有虫”的恶性循环。同时养殖户忽视“夏抓膘、冬保膘”的饲养原则，夏季放牧单一、冬季缺乏补饲，致使绵羊营养不足、体况差，抗病力低下。

对该患病羊群及时处理后，制定了规范化综合的预防和治疗方案，取得了较好的防控效果。

参考文献

[1] 王磊. 呼伦贝尔市短尾羊肝片吸虫的流行病学与血清蛋白组学分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2024.

[2] 谷风柱, 郭永红, 李克鑫. 牛羊病诊治要点解析[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2022.

[3] 贾胜军, 赵研, 胡海莹, 等. 羊肝片吸虫病的诊断与防控[J]. 农业工程技术, 2024, 44（13）: 107-108.

[4] 杨建富. 羊肝片吸虫病的诊断与防治[J]. 中国动物保健, 2025, 28（2）: 74-75.

[5] 行庆华, 王小明, 黄炯, 等. 乡村兽医技术培训教材[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.

[6] 汪明. 兽医寄生虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

[7] 马文文. 羊肝片吸虫病的诊断与治疗[J]. 畜牧业环境, 2026, 163（3）: 82-83.

[8] 姚学强, 王娟, 李江, 等. 复方羟氯扎胺混悬液对藏羊肝片吸虫和线虫的驱虫效果[J]. 畜牧与兽医, 2025, 5（57）: 114-121.

[9] 贾婧. 羊肝片吸虫病的诊断方法及防治措施[J]. 养殖与饲料, 2026（2）: 105.

[10] 陈蕾. 羊肝片吸虫病的诊治与预防措施[J]. 中国畜牧业, 2026（2）: 110-111.

（收稿日期：2026-08-15）

卫生检疫

生态养殖模式下畜禽健康管理与环境保护措施探析

霍畅媛*

（绥中县宽邦动物卫生监督所，辽宁 绥中 125200）

摘要：生态养殖模式通过优化养殖环境、提升动物福利和推动资源循环利用，有效缓解了传统养殖带来的健康风险与环境压力。在政策支持与技术进步的推动下，该模式在我国逐步推广，表现出良好的可持续性。本文围绕畜禽健康保障与环境污染控制两个方面，系统梳理了当前的主要措施与典型做法，认为生态养殖是实现畜牧业绿色转型的重要方向。未来应进一步强化系统集成、标准建设和机制完善，以促进生态养殖模式的规范化与规模化发展。

关键词：生态养殖；畜禽健康；环境治理；绿色发展；可持续农业

中图分类号：S851.33 **文献标识码：**C **文章编号：**1007-1733（2026）03-0102-04

随着畜禽养殖业规模化、集约化程度的不断提升，其在保障食品供给安全的同时，也带来了动物健康隐患频发、环境污染加剧等一系列问题。传统养殖模式在高密度、高强度生产背景下，往往依赖大量抗生素和化学添加剂，易造成病原抗药性上升、水体富营养化以及养殖废弃物处理难题。为实现畜牧业高质量发展，生态养殖模式应运而生，强调“健康养殖—绿色发展—生态循环”的一体化理念，注重畜禽健康与环境保护的协同推进。近年来，生态养殖在我国部分地区逐步推广，表现出较强的生态适应性和可持续性，但在健康管理体系建设和污染治理技术方面仍面临诸多挑战。因此，系统梳理生态养殖模式下的畜禽健康管理与环境保护措施，对于推动畜牧业绿色转型、促进农业与生态协调发展具有重要现实意义。

1 生态养殖模式的发展现状

1.1 国外生态养殖的发展路径与特点

欧美国家是生态养殖理念和技术的先行者，早在 20 世纪 70 年代就已启动有机畜禽养殖的立法与标准化建设。农业政策高度重视农业生态功能，鼓励农场内部循环系统建设，如荷兰、德国等国普遍采用“草—畜—粪—田”的生态牧场模式，实现粪污还田、能源回收与生态修复的良性互动[1]。在美国，有机畜牧业获得国家有机认证（NOP），消费者认知度和市场接受度较高，推动了一批中小养殖场向生态模式转型。总体而言，国外生态养殖的发展依托于较强的制度保障、完善的市场体系与成熟的消费结构，其推广更强调标准化、福利化和绿色价值。

1.2 我国生态养殖的起步阶段与政策推动

我国生态养殖的发展始于 20 世纪 90 年代，初期主要集中在南方地区的稻鸭共作、林下鸡养殖和粪污资源化利用等传统生态模式。近年来，随着生态文明建设、“双碳”战略和乡村振兴政策的全面推进，生态养殖逐步从分散实践走向体系建设[2]。农业农村部、生态环境部等部门相继出台《畜禽养殖业污染防治技术政策》《关于推

*通讯作者：huocy716@163.com

进畜禽粪污资源化利用标准体系建设的指导意见》等文件，明确生态养殖的发展目标与技术路径。目前，多个地区设立生态畜牧业示范区，如内蒙古草原生态牛羊养殖、福建山区生态生猪养殖等，通过政府主导、龙头企业带动，逐步建立起“种养循环、生态种植、有机畜产品”的联动机制。

1.3 当前发展格局与存在问题

我国生态养殖虽呈快速发展态势，但整体仍处于从试点走向规模化的过渡阶段。一方面，部分龙头企业已建立起较完整的生态养殖模式，推行“公司+农户+有机还田”体系，实现了较高水平的粪污循环和健康管理；另一方面，广大中小养殖主体仍面临技术储备不足、成本控制困难、标准执行不力等挑战。此外，生态养殖在全国空间分布上存在显著差异，东部地区生态资源承载力不足而转型压力大，西部地区生态空间充足但设施化水平偏低。生态养殖产品的市场溢价能力尚未充分释放，消费者对“生态”“有机”“绿色”概念的认知存在混淆，也在一定程度上限制了其大规模推广。因此，我国生态养殖需在标准体系完善、区域布局优化、科技成果转化与品牌建设等方面持续发力，推动从“政策导向”向“市场驱动”转变。

2 生态养殖模式下畜禽健康管理策略

2.1 健康管理理念的转变：从“治疗为主”向“预防为主”转变

在生态养殖体系中，畜禽健康管理不再单纯依赖疾病暴发后的药物干预，而是强调构建“以预防为核心”的综合防控体系。这一转变以畜禽的行为生态、生理节律和肠道微生态为基础，注重通过优化养殖环境、调控日粮结构和干预肠道菌群等手段，维持动物体内稳态。例如，在生态蛋鸡养殖中，通过控制日照周期与光强，减少人工干预，提高鸡只产蛋周期与抗应激能力，体现了“顺应生理—减少发病”的理念[3]。此外，健康管理逐步引入“动物福利”评价指标，如空间活动性、群体社交行为、应激水平等，也成为判断养殖系统合理性的重要参数。

2.2 饲养环境优化与生物安全体系建设

生态养殖重视养殖环境对健康的直接影响，强调通过“环境–动物–微生物”三者之间的动态平衡实现病原控制。畜禽舍内氨气浓度超过 25 mg/m^{3}会显著增加呼吸道疾病发生率，因此，生态模式下普遍采用天然通风系统、生物发酵垫料及微生物除臭剂，以降低有害气体浓度。在生物安全体系方面，部分生态猪场引入“分区隔离+电子监控+专人责任”制度，并配套设置无害化通道、车辆清洗站及生物屏障绿带，从源头控制疫病传播[4]。

2.3 饮水与饲料质量控制

水源和饲料质量直接决定畜禽体内微生态环境及代谢稳态。在生态养殖中，饮水系统多采用二级净化+活性氧杀菌技术，结合水质在线监测，确保水源长期稳定。例如，在热带地区的生态肉鸡场，可通过引入自动化饮水控制系统，结合 pH 和溶解氧浓度的动态调节，显著降低了肠炎发病率。饲料方面则强调“营养–功能–安全”三重属性，常添加微生态制剂、中药多糖、植物精油等替代物。研究显示，在日粮中添加 200 mg/kg 乳酸菌+黄芪多糖混合物，可显著提高肉鸡的免疫球蛋白水平（IgA、IgG）和抗氧化酶活性，增强其对应激和病原的耐受力，显示出良好的健康促进作用[5]。

2.4 抗生素减量与替代技术应用

生态养殖倡导“减抗—替抗—无抗”的递进路径，已成为当前技术研究与实践的热点方向。

近年来，国内外对益生菌、酶制剂、精油类等替代方案的研究已取得重要进展。例如，有研究表明，初生仔猪灌服牛至精油和初乳复合物，可在不使用抗生素的条件下维持断奶仔猪的生长性能和肠道完整性，其平均日增重提高 14.29%，连续灌服 2 d 其腹泻率、死亡率分别降低 68.25%、60.19%；连续灌服 3 d 机体的免疫力和抗氧化功能得到明显提高[6]。此外，生物发酵饲料（如豆粕发酵产物）能够提供可吸收小肽和益生代谢物，有效改善肠道菌群结构，已在多个生态猪场和蛋鸡场获得推广应用。

2.5 疾病监测与早期诊断技术集成应用

现代生态养殖日益强调基于数据驱动的健康动态管理，疾病监测和快速诊断技术成为基础性保障。目前，实时荧光 PCR、环介导等温扩增（LAMP）、CRISPR–Cas 等分子检测技术已广泛用于畜禽病毒现场筛查，同时辅以体温、心率、采食行为等传感器数据的集成分析，提高了病情预警的灵敏度和时效性。某生态猪场引入智能耳标系统，通过红外测温、行为识别与算法模型分析，对母猪发情期、产仔异常和亚健康状态进行自动识别，实现了疾病前期的干预与资源优化配置。未来，这类“传感+算法+控制”的早期诊断模式将在生态养殖健康管理中发挥更加重要的作用。

3 生态养殖中的环境保护措施与技术路径

3.1 粪污资源化处理与循环利用技术

在生态养殖体系中，畜禽粪污不再被视为环境负担，而是重要的再生资源。通过厌氧发酵、生物滤床、固液分离等技术，可实现粪污的稳定化、无害化与资源化。例如，干清粪工艺结合高温堆肥发酵，可将粪便转化为富含有机质的生物有机肥，实现种养循环利用。在实际应用中，辽宁某规模猪场采用“高干度刮粪—发酵床堆肥—果园还田”模式，年处理粪污 1.2 万 t，实现零排放，粪肥替代化肥率超过 60%。此外，沼气发酵技术已在多数生态牛场中广泛推广，不仅实现粪污减量化处理，还产出沼液用于滴灌、沼渣用于种植，形成“养殖—能源—种植”闭环结构。

3.2 畜禽舍节能降耗与污染减排设施配置

生态养殖在畜禽舍设计上强调“节能—降耗—控排”的综合目标，普遍采用节能通风、自然采光、太阳能热水系统及废气处理一体化装置。如在肉鸡生态养殖系统中，通过智能环境控制设备实时调节温湿度，并引入复合生物滤材处理废气中的氨气与硫化氢，最大限度降低空气污染。研究表明，在引入变频通风与自动热交换系统后，可将能源消耗降低 20%以上，并显著改善动物福利水平。此外，在猪舍中应用密闭污水收集系统和水帘降温设备，也有效防止粪水渗漏和臭气挥发，提升养殖环节的清洁生产水平。

3.3 生态种养结合与养殖废弃物的农田利用

生态养殖强调“养种结合”，通过土地承载力评估和养殖规模调控，使畜禽养殖与种植系统协同运行。以稻鸭共作、林下鸡、草—鹅—果等复合模式为代表，推动废弃物从源头消纳、就地转化。例如，江西生态鸭场采用“稻鸭共养+鸭粪直接还田”的方式，每年替代化肥使用量达 500 t，不仅提高稻米品质，还实现农业生态系统内部物质循环[7]。东北地区部分生态奶牛场则建立牧草种植基地，将牛粪有机肥施入苜蓿和玉米田，实现“草—奶—粪—地”的良性循环，显著降低了外部化学投入依赖度。

3.4 减缓温室气体排放的养殖模式优化措施

畜禽养殖是农业温室气体排放的重要来源，特别是甲烷和氧化亚氮。生态养殖通过优化饲料结构、改进粪污处理工艺、加强温室气体捕集与再利用等措施，实现温室气体排放控制与碳汇能

力提升。有研究表明，脂肪（特别是不饱和脂肪酸或脂肪酸盐）补充能抑制瘤胃甲烷生成。例如，Yang Z 等人的研究中，通过改变菜籽类脂肪补充使 CH_4日排放减少约 14.41%[8]。部分生态养殖基地还建设碳排放监测系统，实施碳足迹核算与碳信用交易机制，推进畜禽养殖碳减排路径的标准化与量化管理。

4 结语

生态养殖作为实现畜禽健康保障与生态环境保护协调统一的重要路径，正逐步成为我国畜牧业绿色转型与高质量发展的核心方向。随着关键技术的不断突破、制度体系的日益完善以及多元主体的共同参与，生态养殖将从局部探索走向系统化、规模化发展，推动畜牧业由“高产高耗”向“优质高效、绿色低碳”加速迈进。未来，应进一步深化生态养殖与智慧农业、碳减排管理的融合，打造更加健康、生态、可持续的现代畜牧业体系，为农业绿色发展和生态文明建设提供有力支撑。

参考文献

[1] 李傲楠. 畜牧业与生态农业融合发展的路径[J]. 中国畜牧业, 2025（14）: 23-24.

[2] 孙梦, 许祯莹, 王晨轩, 等. 低碳养殖技术在畜牧业中的应用[J]. 四川畜牧兽医, 2025, 52（8）: 4-5.

[3] 王芳蕊, 陈浩楠, 袁雪涛, 等. 种养循环模式下蛋鸡生态养殖管理技术要点[J]. 中国动物保健, 2025, 27（7）: 96-98.

[4] 赵伟. 智能化技术在肉鸡养殖环境调控中的应用[J]. 畜牧业环境, 2025（11）: 19-20.

[5] 王涛, 樊克锋, 汤法银, 等. 乳酸菌发酵黄芪多糖制剂在肉鸡生产上的应用[J]. 中国畜牧杂志, 2017, 53（6）: 102-105.

[6] 张瑞, 周维强, 马越, 等. 牛至精油和初乳复合物对机会猪生长性能、血清抗氧化和免疫指标的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2022, 49（4）: 1314-1321.

[7] 卢再杰. 瑞昌市“稻鸭共养”生产模式[J]. 江西农业, 2017（5）: 26.

[8] Yang Z, Liu S, Xie T, et al. Effect of unsaturated fatty acid ratio in vitro on rumen fermentation, methane concentration, and microbial profile[J]. Fermentation, 2022, 8（10）: 540.

（收稿日期：2025-09-24）

非洲猪瘟背景下生猪运输过程中生物安全关键控制点分析

李心安*

（山东省泰安市岱岳区畜牧兽医事业发展服务中心，山东 泰安 271018）

摘要：非洲猪瘟病毒，因其目前阶段无疫苗可防、无药物可治疗的特殊性，给生猪养殖及相关行业带来巨大危害。生猪运输作为生产过程中必不可少的环节，因其承载的生猪处于养殖场外的时间长、路途远、不可控因素较多，生物安全风险始终处于高位状态，管控难度大，因此生猪运输中的生物安全管控受到越来越多的关注。本文旨在梳理生猪运输过程中的生物安全风险，分析归纳其关键控制点，据此优化工作中的具体管控措施，以期为保障生猪安全运输、降低疫病传播风险提供参考。

关键词：非洲猪瘟病毒；生猪运输；生物安全；关键控制点

中图分类号：S858.28 **文献标识码：**C **文章编号：**1007-1733（2026）03-0106-04

非洲猪瘟是一种由非洲猪瘟病毒引起的猪的高度接触性、致死性传染病，具有病程短、发病急的特点，生猪急性感染后病死率可高达 100%[1-2]，目前尚无疫苗和有效的治疗手段。自 2018 年进入我国以来，非洲猪瘟快速席卷全国，对生猪养殖行业造成重大经济损失。

非洲猪瘟病毒主要通过直接接触传播，可通过污染的空气、人员、车辆、饲料等途径感染猪[3]。同时，该病毒对环境具有高度耐受性，可在冷冻肉类、排泄物、环境表面等介质中长期存活[4]。此外，该病毒可在短期内发生变异，使已感染过的猪再度感染发病[5]。鉴于以上流行特点，以及无疫苗和有效药物可用的现状，加强生物安全管控则成为当前防控非洲猪瘟的主要手段。

生猪运输是贯通生猪“育—养—宰—销”产业链条的必经环节，也是生物安全体系中最脆弱、管控难度最大的环节。运输途中人、车、猪、料、环境频繁交叉，加之运输环境中的应激诱因，猪只抵抗力下降，更易感染发病。笔者结合当前非洲猪瘟相关研究进展，总结多年生猪行业从业经验，通过本文分析生猪运输前、中、后全过程中的生物安全关键控制点，以期为从业者及行业监管部门提供一定参考。

1 运输前准备阶段生物安全关键控制点

1.1 人员分工方面

该环节的关键控制点有两个方面，一是比照运输全过程的任务需求，挑选生物安全意识较强的工作人员，进行细致分工，明确职责，使运输各节点环环相扣、无遗漏。二是需对参与人员进行岗前培训，根据工作需要进行实操演练，使相关人员能够熟练掌握本岗位的工作流程及标准，同时对突发事件有一定应急处置能力。关于分工，在条件允许的情况下，可对各关键控制点环节作业实行双岗制，一岗为操作岗、二岗为监督岗。在操作岗人员作业的同时，监督岗对其作业全过程进行监督，确保按标准进行且整个作业无漏项，消除潜在的生物安全风险隐患，两岗位人员可定期进行轮换，方便二者交流，提升相关作业水平。

1.1.1 运输小组组长 由生物安全意识较强的兽医人员或专职生物安全人员担任，主要负责根据既定运输计划，负责协调生物安全方面的各项工作，如路线划定、人员培训、生物安全作业指

*通讯作者：xinan.1987@163.com

导、监督，负责途中突发重大事件的应急处置等。

1.1.2　车辆洗消员/押车员　车辆洗消员/押车员主要职责是出发前对运输车辆进行采样和样品送检，随后的空车清洗、消毒；跟随车辆抵达装猪的猪场，在猪场大门口对车辆再次进行外表消毒；运输车辆行驶过程中，作为生物安全监督员关注车辆在途的生物安全关键控制点，定时向运输小组组长汇报行驶途中状况。

1.1.3　检测员　条件允许时可以自行对样品进行非洲猪瘟病毒检测，检测员负责实时对接样品，样品检查无误后及时开展检测工作。若无条件自行检测，则需检测员将样品送检至有资质的第三方检测机构，实时跟踪样品送达及检测结果。及时向运输小组组长汇报检测结果。

1.1.4　车辆驾驶员　本岗位主要职责是提前对车辆性能进行检查、维修、保养，确保车辆在行车途中正常运行；按照既定路线进行行驶，同时对路途出现状况及时向运输小组组长汇报。

1.1.5　装卸人员　在运输过程中，与猪群接触最密切的人员是装卸人员，所以对装卸人员的生物安全管控要求更加严格。首先，在确定人员选择后，应对所有人员及其手机、眼镜进行采样送检（其余物品不得携带），检测是否携带相关病毒。其次，在采样检测合格后，统一安排装卸人员进行洗澡、换衣、换鞋，手机、眼镜严格消毒。最后，统一安排食宿并进行人员管控，禁止外出，需进行作业时，统一安排专车送至指定猪场，入场时务必按照人员入场流程进行洗澡、更衣换鞋，手机不得带入装猪现场。

1.2　车辆方面

车辆作为运输的载体，其重要性不言而喻。在车辆进入清洗消毒程序前，一是要选择好车辆类型，最好采用自带温控系统和自带装卸升降尾板（以下简称“尾板”，靠近车厢的一侧定义为尾板内侧，远离的一侧为尾板外侧）的车辆；二是选择密闭性好和自带空气过滤系统的车辆，以最大限度避免运输过程中可能的接触性污染。

1.2.1　车辆清洗消毒　车辆在出发地及装猪目的地需对车辆进行一轮彻底清洗和两轮彻底消毒。

（1）车辆清洗。车辆在消毒前，应在外部洗车点对车辆尤其是车厢内外进行一轮彻底的清洗。车辆较脏时，清洗两次则效果更佳：第一次清洗完毕后，将车辆开出运行约 3 km，再返回洗车点进行第二次彻底清洗，确保洗净车辆夹缝中的粪污、毛发等污物。

（2）车辆消毒。车辆消毒需采用消毒液消毒与高温烘干消毒相结合的方式。首先，使用消毒液进行消毒，可选择二氯异氰尿酸钠或戊二醛等消毒药物，确保对车辆尤其是车厢内外侧的全覆盖式消毒，然后将车厢内残留消毒水晾干（可将车辆停在斜坡上）；之后采取高温烘干消毒，将所有车门、车厢侧窗、车辆尾板等全部打开，使用温度记录仪在车厢等不同位置进行温度实时监测，确保进行不低于 60 ℃、不少于 30 min 的持续高温烘干[6-7]。

在此说明：关于消毒流程和标准，并非既定不可改。现场人员要对各环节所处现场的生物安全风险进行评估，如认为既定的消毒操作规程未必能达到相应的消毒灭源效果，可视情况在上一次消毒作业的基础上增加一次消毒操作，两次消毒中间间隔 15 min 钟以上。现场生物安全风险评估，具体指评估现场周围 3 km 内的人流量、车流量、周边养殖量、屠宰量、畜禽交易量等，同步由检测员对本环节所处现场的环境、器具、粉尘等进行采样检测，以二者数据作为参考进行评估。

1.3　路线选择方面

由运输小组组长对预定路线提前考察，路途中要远离畜禽屠宰场、畜禽交易市场、养殖场等场点，还应尽可能避开畜禽运输车辆较多路段。

1.4 物资准备方面

生猪运输所需物资主要分为两类，一类是运输人员的生活物资，如饮用水、便携食物、衣物、鞋子等，该类物资需统一采购，统一消毒，检测合格后备用；另一类是运输过程中的生物安全防控物资，如消毒药、防护服、鞋套、手套、口罩等。运输小组组长最好制定好物资采购清单，方便参与人员统一采购标准。在此项中，其生物安全关键控制点有以下几点，一是在于所准备的物资应全覆盖采样检测，采样范围需包含所有物资外表面，部分物资进行打开外包装进行内部抽检；二是针对不同类型物资，采取不同方式进行消毒，如防护服类可采用高温烘干，也可以采用消毒水浸泡消毒，但便携食物等宜采取高温烘干的方式进行消毒，消毒后统一打包备用。

2 运输过程中生物安全关键控制点

2.1 装猪过程

装猪人员由专车从管控点送至装猪场门口，按照入场要求进场。进场后装猪人员需对场内环境、所需工具等进行彻底消毒，其中对赶猪过程中猪群可能接触到的所有区域进行两次消毒，两次消毒间隔 15 min 以上，其间所用工具进行浸泡消毒。所有人员在作业过程中，不得触碰车厢外表面。

2.2 车辆消毒

车辆洗消员在装猪场门口对车辆进行外表消毒，即仅对轮胎、底盘、车厢外表消毒，在装猪前不再打开车辆尾板，以避免可能的接触污染。消毒时对车厢外表的消毒不宜使用消毒机的水柱直喷车厢。

2.3 返程途中

重载返程是生猪运输过程中生物安全风险极高的阶段，所以本阶段的生物安全管控极为重要，其生物安全关键管控点包括以下 4 项。

2.3.1 *密闭运输* 在运输途中需开启通风及空调系统，全程密闭运输，避免猪群与外部环境直接接触（运输途中的换气需通过空气过滤系统）。

2.3.2 *禁止接触* 在运输全过程中，禁止任何形式的车厢接触，部分车辆会配置储水箱用于喷淋降温系统，切记在行车过程中不得打开此系统，且储水箱严禁加水；行车路线虽优选高速，但在出高速时禁止使用绿色通道，避免高速工作人员在高速口对车厢内的例行检查。

2.3.3 *远离畜禽车辆* 行车途中避开其他畜禽运输车辆，在安全行车前提下最好超车行驶。

2.3.4 *及时汇报* 中途行车，需做到人休车不停，押车员中途每 2 h 汇报一次车队行驶情况，如遇特殊情况，首先向运输小组组长汇报，然后在组长指导下开展相关事务处理。

3 运输后期生物安全关键控制点

运输后期指车辆行驶至接收场门口后，至车辆卸猪完毕出场的阶段。在此过程中如能对生物安全关键点严格管控，则整体运输过程是成功的；反之，则极有可能导致非洲猪瘟病毒“趁机而入”。

3.1 猪场大门外环境消毒

首先对大门口需停车区域的地面及周边区域进行消毒，一方面通过对周边环境消毒的方式进行降尘处理，避免扬尘给运输车辆带来生物安全风险；另一方面对该区域进行地面消毒处理，形成洁净地面，避免该区域可能的生物安全风险随车辆轮胎携带入场，消毒时所形成的水雾、水柱等，避免冲入场内区域。

3.2 猪场大门外车辆外表面消毒

车辆在停靠大门口外的指定区域后进行驻车消毒。本次消毒主要目的是消除车辆在行驶途中可能接触到的污染，其生物安全关键控制点包括以下 2 点。

3.2.1　车厢外表面消毒　外表面的消毒需注意其顺序为自上而下，消毒方式是使用消毒机或直接用喷雾器形成的水雾进行消毒。在使用消毒机消毒时，务必避免其形成的水柱直冲车厢进行消毒。

3.2.2　车辆轮胎、底盘消毒　轮胎、底盘消毒的首要任务是使用消毒水将轮胎、底盘冲洗干净，消毒时需注意轮胎夹缝、轮胎内侧的彻底消毒；其次，由于轮胎的特殊性，在对轮胎完成第一次消毒后，车辆前行 0.3 ~ 0.5 m（确保第一次消毒时与地面接触的一面能够脱离地面）后再次进行消毒。同样，消毒时要控制形成的水雾，避免污染车厢及场内区域。在本轮消毒过程后，静置 15 min 后车辆进入猪场。

3.3　猪场大门内车辆消毒

本轮消毒中，对大门内停放车辆的车厢外表面、轮胎及底盘进行全面消毒，其中重中之重是轮胎的消毒。如果认为猪场周边环境的生物安全风险可控且对车辆的上一次消毒效果有信心，本轮消毒可仅对轮胎进行消毒后即对车辆放行。

3.4　卸猪区门口消毒

本环节的生物安全关键控制点是对车辆尾板的消毒。消毒时，务必将尾板的整体高度调整至车厢底盘下方且不接触地面，并且将尾板调整为内侧高外侧低的姿态，这种调整主要是避免消毒时溅起的水雾喷至车厢内侧，同时方便消毒水能顺利流出。消毒完毕后，则可以进入下一步的卸猪操作。

3.5　卸猪过程

卸猪前，参与人员必须经过采样检测、洗澡更衣换鞋后方可参与其中；其次在卸猪过程中，所有人员不触摸车厢外表面，避免可能的接触污染。车厢内卸猪人员在卸猪完毕后，及时对各层车厢、尾板、卸猪参与人员分别进行采样，样品及时进行送检，确认猪只、车厢内环境是否存在非洲猪瘟病毒威胁。

4　结语

非洲猪瘟给我国养猪业带来巨大危害，由于目前尚无有效疫苗和药物用于该病防控，加强生物安全管控成为防控该病的主要途径。生猪运输尤其是种猪的运输工作，是养殖场快速扩群、补栏的关键一环。同时，运输环节不可控因素较多，因此在生猪运输的过程中，非洲猪瘟病毒带来的生物安全风险存在于运输的全过程。在当前非洲猪瘟疫情常态化的背景下，准确分析、把握生物安全关键控制点，如按照要求在各环节进行彻底消毒、严格管控，是可以达到安全运输的效果的。在实践过程中，除应考虑方案措施是否便于有效执行外，也应考虑执行过程中的综合成本，避免造成后续养殖成本过高而出现盈利困难的情况。所以，在生猪养殖等各环节的生物安全防控中，应紧抓关键控制点，做到有的放矢，以最低成本产生最大收益。

参考文献

[1] 郑峰. 规模猪场非洲猪瘟防控措施[J]. 养殖与饲料, 2019（5）: 65-66.

[2] 张洪亮, 金铭, 赵越, 等. 非洲猪瘟病毒免疫学及疫苗研究进展[J]. 病毒学报, 2019, 35（3）: 533-541.

[3] 周俊, 叶成凯, 冯凯玲. 生猪运输环节的非洲猪瘟防控措施[J]. 养殖与饲料, 2024, 23（8）: 106-108.

[4] 郑文江. 非洲猪瘟的传播途径与防控策略[J]. 畜牧业环境, 2025（4）: 105-106.

[5] 邓文超. 非洲猪瘟流行及防控措施[J]. 吉林畜牧兽医, 2023, 44（7）: 55-56.

[6] 顾文源, 张帅, 贾丽娜, 等. 猪场常见消毒药对非洲猪瘟病毒的消毒效果[J]. 中国动物检疫, 2023, 40（8）: 103-108.

[7] 王志亮, 吴晓东, 王君玮.·非洲猪瘟[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.

（收稿日期：2025-09-05）

兽药网络销售监管难点及对策

史荣猛*

（大连市农业综合行政执法队，辽宁 大连 116012 ）

摘要：随着互联网应用不断普及，兽药网络销售逐渐成为一种重要的营销模式。网络销售带来便利的同时，也暴露出诸多法律与监管问题。如何做好网络销售监管，规范网络销售的市场秩序，成为当前亟需研究和解决的一项重要工作。本文旨在通过调查兽药网络销售现状，分析网络销售监管难点，并提出相关监管对策，以期为提升兽药监管能力提供参考。

关键词：兽药；网络销售；监管难点；对策

中图分类号：S851.66 **文献标识码：**C **文章编号：**1007-1733（2026）03-0110-03

近年来，随着互联网经济的快速发展，兽药网络销售凭借其交易快捷、交易面广、交易成本低等优势备受广大消费者的青睐。兽药网络销售作为一种新生业态销售模式，销售额逐年增长。兽药网络销售在给公众带来便捷的同时，因其交易方式多样且隐蔽性强，导致违法行为时有发生，严重影响农产品质量安全和人民群众生命财产安全[1-2]。针对这一新兴的销售模式，如何确保其健康有序发展，成为各级兽药监管部门急需解决的问题。

1 兽药网络销售的现状

1.1 兽药网络销售发展迅猛

兽药作为一种特殊许可经营商品，其传统经营模式以实体店铺经营为主，通过实体店铺辐射周边养殖场户开展经营活动。近年来，随着畜禽集约化养殖的发展，畜禽散养户和小型养殖企业不断退出市场，加上互联网应用的普及和物流产业的迅速发展，兽药网络销售逐渐成为一种新型销售模式，发展十分迅猛[3]。以大连市为例，全市共有兽药生产企业 4 家，兽药经营企业 337 家，目前从事网络销售的兽药企业 43 家，占全市兽药企业的 12%左右。

1.2 兽药网络销售模式多样

据统计，目前通过网络销售兽药的模式大致分为三种，一是兽药生产企业自营模式。兽药企业通过建立企业网站并设立电子商务专栏销售本企业的兽药产品。二是兽药企业通过淘宝、京东、拼多多等第三方平台设立店铺销售兽药产品，该模式也是当前兽药网络销售的主要形式。三是兽药经营企业通过抖音、快手等短视频网站直播的形式推广和销售兽药产品[4]。大连市 43 家从事网络销售兽药的企业中，28 家在淘宝平台有店铺，23 家在抖音有抖音小店，其中 8 家在淘宝和抖音都开办店铺。

1.3 兽药网络销售违法行为多

兽药网络销售因其隐蔽的交易模式和缺少行业主管部门审核和有效监管，造成不少网络平台销售兽药的商家并未严格按照《兽药经营质量管理规范》[5]等规定的要求执行相关规范标准，导致兽药来源不明、质量难以追溯，为假劣兽药流入市场提供温床。近年来，涉及网络销售兽药的投诉举报不断增多，案件数量和违法金额逐年上升。去年大连市级执法部门共办理 26 起兽药违法案件，其中涉及网络销售违法案件 18 起，主要违法类型为无证经营 10 起，经营假劣兽药 8 起，罚

*通讯作者：shirongmeng@qq.com

款 62 万元，涉案货值金额高达 800 万元。

2 兽药网络销售监管难点

2.1 监管法律法规不完善

目前，兽药监管的主要依据是《兽药管理条例》[6]及配套规章，该条例主要针对传统的兽药销售模式进行监管，网络销售这种新兴的销售模式条例并没有相关规定，导致监管存在盲区。比如《兽药管理条例》虽然对兽药经营有明确要求，但对网络平台的责任无相关规定，对网络执业兽医诊疗资格认定、电子处方开具及流转等关键环节无具体实施细则。

2.2 监管对象数量众多

随着电子商务竞争日趋激烈，各互联网头部企业纷纷推出电子商务平台提供经营服务。目前京东、淘宝、拼多多、快手、抖音等网络购物平台都有对兽药产品进行销售的电商。截至目前，仅淘宝平台标称销售兽药的店铺有约 5 000 家。为了吸引商家入驻，网络平台往往降低门槛、简化入驻手续，允许一家企业可以在多个网络平台开设店铺，造成网络店铺数量众多且参差不齐，监管困难。

2.3 管理相对人不确定

网络交易相对于实体店铺交易具有隐蔽性、多变性的特点，目前相关法律法规对网络销售兽药无特别规定，导致从事网络销售兽药的人员随意性和流动性较大。网络经营者多以店铺名称向外宣传，注册经营者多数非实际经营者，一般为挂名登记或者店铺经过多次转让挂名使用，出现问题监管部门很难锁定实际经营人，导致无法开展监管工作。

2.4 监管技术手段落后

兽药网络销售市场机制已形成，但实际工作中面临监管队伍薄弱，监管信息化手段落后，缺乏必要的技术支持。监管部门在履职时，主要依靠执法人员检查与人工排查，缺乏先进的设备和技术辅助，难以适应兽药网络销售的虚拟化及多样化特性，无法实现对兽药流向和质量的实时监控和数据分析，难以集中力量精准打击违法行为，导致监管效率低下[7]。

2.5 监管协作机制不健全

兽药网络销售具有跨地域性和违法行为多样性的特点，因此涉及多个部门（如农业农村、市场监管、网信、公安等）监管。目前我国监管体制管辖原则以属地监管为主，各监管部门只负责属地的监管。因网络交易的特殊性，对于涉及跨省、跨部门之间的违法行为查处，很难形成合力，难以彻底追踪查处。各监管部门的职责分工也不够明确，相关监管环节衔接不顺畅，没有做到无缝对接，经常出现推诿现象，难以形成有效的联动机制。

2.6 执法办案取证难

兽药网络销售具有虚拟性和违法主体身份隐蔽的特点，执法办案过程中的违法事实认定和调查取证与传统的证据收集也存在很大不同。网络经营者在网络平台的交易普遍存在未建立进货和销售记录或者记录不全的情况，销售记录一般存在网页上，容易通过后台篡改或删减。因电子证据一旦被修改，就不可恢复或者再生，违法事实和证据很难被监管者固定和收集。因执法办案需要，往往需要去函到第三方平台进行查询，致使办案时间周期长，执法成本高。

3 兽药网络销售监管对策

3.1 完善相关法律法规

建议参照《中华人民共和国药品管理法》的相关规定，修订《兽药管理条例》相关条款或专门出台兽药网络销售相关配套规章，将兽药网络销售纳入监管范畴，明确兽药网络销售的经营资质要求、平台准入标准、平台的权利义务及相关监管措施。同时修订《兽药广告审查管理办法》，将兽药网络宣传纳入管理范畴，规范兽药

网络销售广告审查程序及审查内容。

3.2 压实平台管理责任

出台相关要求压实网络平台责任，制定标准化审核流程，要求平台对所有入驻商家进行严格的资质审核，确保其《工商营业执照》《兽药经营许可证》等关键证件合法有效。平台对入驻商家兽药产品定期进行抽检，建立健全假劣兽药举报和快速反应机制，一旦发现违规，暂停商家交易权限，并及时上报监管部门。

3.3 明确经营者权利义务

明确网络平台经营者必须进行实名认证，提交真实身份信息和经营地址，必须依法取得行政管理部门颁发的《兽药经营许可证》，方可在平台上开展兽药经营活动。经营者必须按要求在店铺首页显著位置公示《工商营业执照》和《兽药经营许可证》等相关信息，以便发生纠纷和违法行为，监管部门能通过相关信息找到实际经营人。

3.4 开发相关技术监管软件

开发智慧化监管系统，实现兽药网络销售的主动监管。要树立“以网管网”理念，创新思路举措，利用大数据、人工智能等技术对兽药网络销售行为进行实时监控和预警，结合监测数据信息分析当前兽药网络销售新动向，掌握违法行为的新特点，提高利用网络监管手段助力查处违法行为的能力和水平。

3.5 建立网络兽药协管机制

建立由农业农村主管部门牵头，市场监管、网信、公安等部门参与的协同监管机制。各部门要明确职责，各司其职。职责不清或者有交叉的，由各级编制部门根据三定方案进一步明晰职责。同时建立部门合作机制和跨区域案件协查机制，对网络销售兽药违法行为的打击，实行联合执法，形成全国联网、部门协作、多方联动的执法工作模式。

3.6 做好网络销售的宣传

对于兽药网络销售这个新生事物，政府相关部门要加大《兽药管理条例》的宣传力度，普及兽药相关法律知识，特别是网络销售平台要组织好平台内经营者加强兽药法律法规的学习，使从业人员了解相关法律法规及相关权责。同时让更多的消费者明晰自己的权利、维权方法，努力营造消费者投诉举报、政府部门执法监督的良好互动监管氛围。

4 结语

兽药网络销售是互联网发展而产生的一种新型销售模式，区别于传统实体店的销售模式，网络销售兽药是在虚拟空间完成的，需要更强的风险规避机制和政府监管机制，监管部门需密切关注网上销售兽药的新趋势，与电商平台通力合作，共同构建一个既便捷消费者又确保有效监管的兽药网络销售环境。

参考文献

[1] 卢军锋. 电商法背景下兽药网络销售监管模式探讨[J]. 湖南畜牧兽医, 2020（4）: 24-28.

[2] 谭克龙, 段文龙, 吴涛, 等. 我国兽药产品网络销售现状及管理对策[J]. 中国动物检疫, 2021（3）: 43-46.

[3] 祝凤英, 任芬, 吴仕文. 浅谈兽药网络经营监管工作[J]. 中国畜牧业, 2023（24）: 27-28.

[4] 胡毅. 兽药网络销售监管存在的问题与对策[J]. 畜牧兽医科技信息, 2021（3）: 14-15.

[5] 农业部. 兽药经营质量管理规范[Z]. 北京：中国农业出版社，2010.

[6] 国务院. 兽药管理条例[Z]. 北京：中国法制出版社，2004.

[7] 徐光辉, 黄守勤, 江灵芝. 药品网络销售监管问题与对策研究[J]. 卫生经济研究, 2025（6）: 36-38.

（收稿日期：2025-07-25）

特种动物

黑蜘蛛猴的人工育幼初探

徐 旸[1]，陈绪珍[1]，田明亮[2*]

（1.欧乐堡动物王国，山东 德州 251114；2.济南市公园发展服务中心，山东 济南 250031）

摘要：本文对欧乐堡动物王国两例黑蜘蛛猴人工育幼案例进行探讨，总结了人工育幼过程中的饲养方法与操作经验，分析和讨论婴猴生长发育变化情况，以期为黑蜘蛛猴的人工育幼工作提供实践参考。

关键词：黑蜘蛛猴；人工育幼；生长发育

中图分类号：S865　　**文献标识码：**B　　**文章编号：**1007-1733（2026）03-0113-04

黑蜘蛛猴（*Ateles paniscus*）又名红脸蜘蛛猴、圭亚那蜘蛛猴，隶属于灵长目（Primates）猴科（Cercopithecidae），主要分布于南美洲的巴西、圭亚那等国家，属于《濒危野生动植物种国际贸易公约》（CITES）附录Ⅱ保护动物，2019 年被列入《世界自然保护联盟（IUCN）濒危物种红色名录》，为易危物种。欧乐堡动物王国（以下简称“本园”）于 2019 年开始饲养黑蜘蛛猴，以笼舍群养的方式进行展示，并于 2022 年成功繁殖，本文总结了两例黑蜘蛛猴的人工育幼成功经验，供同行参考。

1　育幼背景

本园饲养的黑蜘蛛猴群圈养在 90 m^2 的内笼舍中，气温适宜时外放到 90 m^2 的外活动场，全群共 8 只，由 1 只成年雄性、3 只成年雌性和 4 只幼仔组成。2 只婴猴同父异母，其父母均已成年，其中雄性婴猴 2024 年 2 月 22 日出生，雌性婴猴 2024 年 2 月 27 日出生。雄性婴猴之母此前生过 1 只幼仔且成功自然育幼，雌性婴猴之母也生过 1 只幼仔，但因奶水不足育幼失败，2 只婴猴均为其母第 2 胎幼仔。

2 只婴猴出生后均被其母亲自然哺育。十几天后，保育员发现每次婴猴吃奶时母猴就会有往身外拉拽婴猴的行为，表现出拒绝抱仔和哺乳的意愿，并多次出现母猴将婴猴弃于一旁的现象，因此，保育员于 2024 年 3 月 23 日将 2 只婴猴从猴群中取出，分别放入 2 个相邻的婴儿培养箱进行人工育幼。此时，雄性婴猴为 35 日龄，体重为 589 g；雌性婴猴为 30 日龄，体重为 591 g。

2　育幼过程

2.1　育幼环境

专设一清洁安静的房间为育幼室，2 个婴儿培养箱及育幼相关物品均在育幼室内，室温控制在 26 ~ 27 ℃，除保育员外其他人员一般不得入内。2 只婴猴育幼初期生活在婴儿培养箱内，箱内温度控制在 32 ℃，湿度在 50% ~ 60%，婴儿培养箱内铺设消毒后的清洁毛巾，放入小型毛绒玩具供婴猴抱握和玩耍，同时设置栏杆供婴猴攀爬，通风孔放置滤网过滤空气，并每日定时更换。育幼室每日定时通风 2 次，定时消毒 1 次。奶瓶奶嘴每日煮沸消毒，并在使用前用开水浸泡 2 ~ 3 min。毛巾、毛绒玩具等物品每次清洗前先

*通讯作者：937991771@qq.com

用消毒液浸泡消毒，再清洗晾干。

婴猴每日离开婴儿培养箱在育幼室内活动 1 h，同时接受日光浴。雄性婴猴 70 日龄（雌性婴猴 65 日龄）后，婴儿培养箱温度控制在 30 ℃，并逐渐增加婴猴箱外活动的时间，至雄性婴猴 80 日龄（雌性婴猴 75 日龄），每日箱外活动时间增加到 2.5 h。气温在 27 ℃ 以上时，婴猴在少有人打扰的室外活动。雄性婴猴 150 日龄（雌性婴猴 145 日龄）后，婴儿培养箱温度控制在 28 ℃。雄性婴猴 230 日龄（雌性婴猴 225 日龄）后，逐渐增加箱外活动时间，至 12 月龄左右时，婴猴白天全天在箱外活动，只有睡觉时才返回婴儿培养箱。13 月龄后，天气转暖，用铺设软垫的纸箱替换掉婴儿培养箱，不再使用婴儿培养箱，气温在 27 ℃ 以上时，婴猴外放到黑蜘蛛猴馆的外笼舍活动，在此处婴猴可以与其他蜘蛛猴隔笼相见和交流。15 月龄后，天气已经非常暖和，婴猴白天全天在外笼舍活动，只在晚上回育幼室休息。18 月龄后，婴猴晚上不再回育幼室，而是与其他黑蜘蛛猴一样在猴馆的内笼舍休息。

2.2 饲养方法

使用飞鹤星飞帆 0 ~ 6 月龄婴儿配方奶粉配制人工乳，比例为 1∶6，使用 45 ℃ 温开水冲泡，喂奶时奶温控制在 37 ~ 38 ℃ 之间。180 日龄后更换为 6 ~ 12 月龄婴儿配方奶粉。

育幼刚开始，饲喂次数为 8 ~ 10 次/d，间隔时间为 2.5 ~ 3 h，日喂奶总量约 50 mL，之后日喂奶量增加 10 ~ 20 mL/d，7 d 后日喂奶量增加至 150 ~ 160 mL/d，之后日喂奶量一直保持在 160 mL 左右。雄性婴猴 216 日龄（雌性婴猴 211 日龄）后，因体重增长减慢，日喂奶量增加到 350 mL 左右，10 d 后增加到 450 mL 左右。8 月龄后，辅食已经超过人工乳成为婴猴主要食物，日喂奶量开始减少。18 月龄左右，婴猴每日喂奶

表 1 雄性婴猴每日食物情况表

日龄/d	喂奶次数	日喂奶量/mL	辅食添加情况
30	7	50	
31 ~ 36	8 ~ 10	70 ~ 140	
37 ~ 74	8	160.64±8.79	
75 ~ 150	7	164.41±15.60	85 日龄开始尝试喂蒸鸡蛋、蒸地瓜、饼干等辅食，婴猴偶尔会吃下少量辅食，直到 114 日龄后，婴猴才开始正式吃辅食
151 ~ 215	6	160.53±12.21	180 日龄后开始添加苹果、葡萄、黄瓜、西红柿等水果和蔬菜，并根据婴猴饮食情况酌情增加辅食饲喂量
216 ~ 225	6	356.25±9.60	因体重增长减慢，增加日喂奶量
226 ~ 252	6	452.40±37.93	辅食摄入量迅速增加
253 ~ 446	5	296.76±30.91	辅食超过人工乳成为婴猴主要食物
447 ~ 537	3	180	
＞538	2	120	

表 2 雌性婴猴每日食物情况表

日龄/d	喂奶次数	日喂奶量/mL	辅食添加情况
25	8	52	
26 ~ 31	8 ~ 10	70 ~ 140	
32 ~ 69	8	152.42±13.67	
70 ~ 145	7	163.84±15.76	80 日龄开始尝试喂蒸鸡蛋、蒸地瓜、饼干、面包等辅食，婴猴偶尔会吃下少量辅食，直到 112 日龄后，婴猴才开始正式吃辅食
146 ~ 210	6	157.75±11.66	175 日龄后开始添加苹果、葡萄、黄瓜、西红柿等水果和蔬菜，并根据婴猴饮食情况酌情增加辅食饲喂量
211 ~ 220	6	355.43±11.34	因体重增长减慢，增加日喂奶量
221 ~ 247	6	457.27±26.41	辅食摄入量迅速增加
248 ~ 441	5	292.83±33.64	辅食超过人工乳成为婴猴主要食物
442 ~ 532	3	180	
＞533	2	120	

2 次，60 mL/次。

雄性婴猴 80 日龄（雌性婴猴 75 日龄）后，开始尝试喂蒸鸡蛋、蒸地瓜、饼干、面包等辅食，婴猴偶尔会吃下少量辅食。约 4 月龄大，婴猴才开始正式吃辅食，6 月龄后开始添加黄瓜、西红柿等水果和蔬菜，并根据婴猴饮食情况逐渐增加辅食饲喂量。8 月龄后，辅食超过人工乳成为婴猴主要食物（表 1 ~ 2）。

婴猴大便较稀时，及时添加乳酶生、合生元等调节婴猴肠道菌群、促进消化吸收等微生态制剂；如果治疗不见效或病情加重，可投喂庆大霉素进行治疗。婴猴感冒，及时投喂清开灵等药物，若发烧加喂布洛芬等退烧药。喂药时将药物加入人工乳或温水中进行饲喂，注意根据婴猴的体重控制药物用量。

2.3　婴猴的生长发育

2.3.1　体重　婴猴刚取出猴群时，使用电子台秤称其体重；10 d 后再次称体重；之后每隔 20 d 称一次体重；6 月龄后，每隔 30 ~ 40 d 称一次体重；10 月龄后，因婴猴极不配合称重，仅在约 12 月龄和 16 月龄时称过两次体重。根据婴猴体重随日龄增长的变化数据，制成图 1。

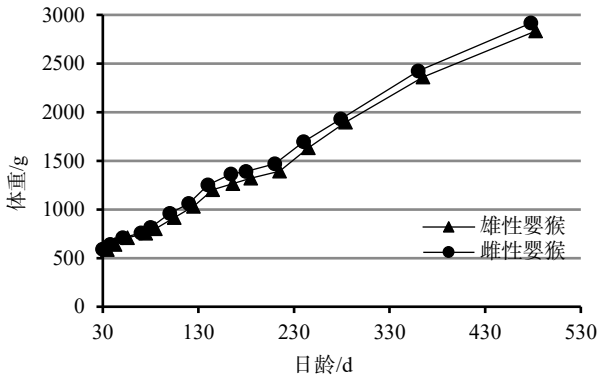

图 1　婴猴体重变化

雄性婴猴与雌性婴猴刚开始育幼时体重分别为 589 g 和 591 g，差异不大。随着日龄增长，雌性婴猴体重渐渐超过雄性婴猴，至最后一次称体重时，雌性婴猴 478 日龄，体重 2 917 g，雄性婴猴 483 日龄，体重 2 835 g，雌性婴猴比雄性婴猴重 82 g。可以看出，85 日龄后雌性婴猴体重开始明显高于雄性婴猴，但相差并不是很大。

婴猴体重变化基本符合线性增长关系，其中，雄性婴猴 145 ~ 215 日龄和雌性婴猴 140 ~ 180 日龄，均出现体重增速减慢的现象，雄性婴猴 216 日龄和雌性婴猴 181 日龄后，增加日喂奶量，体重增速恢复正常。

2.3.2　体尺　因婴猴极不配合，且保育员缺少相关经验，本次人工育幼仅使用软尺测量过一次婴猴的体尺。测量结果如下：雄性婴猴 185 日龄时，体长 22.0 cm，尾长 39.0 cm；雌性婴猴 180 日龄时，体长 22.2 cm，尾长 39.2 cm。

2.3.3　体毛　两只婴猴头部、身体、四肢长度无明显差异，全身体毛较长，仅头部和尾巴末端的体毛极短又稀疏，约 100 日龄头部和尾巴末端的体毛明显见长见密，其中尾巴末端的体毛生长较快，约 9 月龄时全部长成，头部体毛约 11 月龄时全部长成。

两只婴猴出生后毛色通体基本为黑色，唯一不同处是雌性婴猴背部有一圆形区域毛色为棕色。随着日龄增长，雌性婴猴背部的棕色体毛颜色逐渐变深，范围也逐渐变小，至 11 月龄时已经基本变为黑色。

2.4　日常行为

育幼初期，婴猴日活动以睡眠为主，只有饥饿时才会醒来。婴猴饿醒后不叫，而是看向保育员方向，吃完奶后会在育婴箱内短暂自由缓慢活动，有时会用尾巴缠绕毛绒玩具玩耍，有时可隔空互相交流，不久即入睡。70 日龄，婴猴活动能力增强，速度变快，且会往保育员方向爬行。

100 日龄开始见到抓住栏杆跳动，此时从育婴箱取出后，可自行在地面上走动，但行走时步态不稳，喜欢坐在垫子上玩耍，能分辨出保育员和其他人员，并对保育员产生依赖，见到其他人员靠近会发出吼叫，并逐渐出现主动攻击动作，其他人员再进一步靠近，婴猴则会埋头躲藏。放到室外活动时，婴猴先是小心谨慎观察，熟悉一会儿后开始对新环境进行探索，稍有异常就紧紧抓住保育员的衣服，比较怕冷，会主动寻找温暖的地方。8 月龄，婴猴行走能力变强，能独立在地面活动，与自然哺育的婴猴 5 月龄就开始下地活动相比，明显要晚。

婴猴刚开始吃辅食时，自己拿不住食物，要靠保育员用手递着喂，要经过约 20 d 的学习，才能学会自己拿着食物吃。

3 讨论与体会

根据本园与刘义坡等[1]的黑蜘蛛猴饲养经验，黑蜘蛛猴母猴因为奶水不足等原因拒绝哺乳导致婴猴死亡的现象比较常见，即使之前自然育幼成功过的母猴也会出现这种现象。因此，做好黑蜘蛛猴的人工育幼工作对于提高黑蜘蛛猴的幼仔成活率意义重大。

本次人工育幼的两只婴猴体重变化基本符合线性增长关系。但是，雄性婴猴 145 ~ 215 日龄和雌性婴猴 140 ~ 180 日龄，均出现体重增速减慢的现象。查阅和咨询其他单位的灵长类动物人工育幼经验发现，这一现象的发生可能与日喂奶量偏低有关[2-3]。在本次人工育幼初期，日喂奶量占婴猴体重的比例为 25%左右，之后日喂奶量一直变化不大，但婴猴体重却快速增长。雄性婴猴 145 日龄体重已达 1 202 g，与 35 日龄时相比增加了 613 g；雌性婴猴 140 日龄体重已达 1 251 g，与 30 日龄时相比增加了 660 g。日喂奶量占婴猴体重的比例已经降至不足 15%，虽然添加了部分辅食作为补充，但是添加量不大，无法满足婴猴的正常需要，婴猴体重增速减慢。雄性婴猴 216 日龄和雌性婴猴 181 日龄后，增加日喂奶量，日喂奶量占体重的比例重新增加到 25%左右，体重增速才恢复正常。因此，在黑蜘蛛猴的人工育幼中，日喂奶量一定要控制好不可过低，否则就会影响婴猴的体重增长。

一般来说，黑蜘蛛猴的哺乳期长达 2 年，在自然哺育情况下，婴猴 10 月龄左右才会学习吃辅食[1]。但在本次人工育幼中，婴猴 4 月龄时就开始吃辅食，到 8 月龄时，辅食已经超过人工乳，成为婴猴主要的食物。采食辅食行为的提前出现应当与人工育幼的干预密切相关。婴猴采食辅食行为的提前出现使婴猴能够获取足够的营养物质满足身体的生长发育，确保了本次人工育幼的成功。

黑蜘蛛猴生性胆小，对生人敏感。为了减少应激，本次人工育幼安排了一名保育员专职负责此项工作，中途未发生变更。在育幼过程中，两只婴猴与该保育员建立了非常亲密的关系，这种亲密关系非常有利于保育员开展各项育幼工作。这可能也是本次人工育幼成功的一个重要因素。

参考文献

[1] 刘义坡, 张永宾, 王志永, 等. 浅谈黑蜘蛛猴的饲养管理及繁育[J]. 山东畜牧兽医, 2019, 40（12）: 39-40.

[2] 田明亮, 周东, 黄振, 等. 川金丝猴的人工育幼[J]. 山东林业科技, 2024, 54（2）: 87-91.

[3] 梁冰. 川金丝猴幼仔全人工哺育技术及其个体行为观察[J]. 野生动物, 1996（4）: 16-20.

（收稿日期：2025-12-16）

黑叶猴的人工育幼及体会

田明亮*，田洪振，王盛一，周 童，赵广敏，李红军
（济南市公园发展服务中心动物园工作部，山东 济南 250031）

摘要：2022 年 5 月 7 日，济南市公园发展服务中心动物园工作部对一只母亲死亡的黑叶猴婴猴进行人工育幼。本文对此次人工育幼过程进行了记录，并总结了相关经验。主要内容如下：使用婴儿配方奶粉配制的人工乳饲喂婴猴，83 日龄后逐渐添加水果、蔬菜、树叶等辅食；育幼初期使用婴儿培养箱作为婴猴的育幼箱；婴猴 5 日龄体重 530 g，至 156 日龄已增至 920 g；110 日龄，婴猴乳齿萌出完毕；178 日龄，婴猴成功回群。此例黑叶猴人工育幼的成功实践，可为各饲养机构开展黑叶猴人工育幼及相关研究提供有益参考。

关键词：黑叶猴；人工育幼；生长发育；乳齿
中图分类号：S865　　**文献标识码：**B　　**文章编号：**1007-1733（2026）03-0117-05

黑叶猴（*Trachypithecus francoisi*）是国家一级重点保护野生动物，主要分布在中国南部和越南北部地区，据统计，2013 年时全球黑叶猴数量仅有 2 000 余只[1]，被列入《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》—濒危（EN）[2]。国内外目前对黑叶猴的研究已经比较多，但是多集中在行为学、生态学、饲养管理、疾病防治等方面，对黑叶猴人工育幼的研究尚未有报道[3-8]。本文详细地阐述了一例黑叶猴的人工育幼过程，以期为各饲养机构在黑叶猴的人工育幼方面提供经验，也为黑叶猴的其他相关研究提供一定的参考。

1　基本情况

1.1　婴猴父母

婴猴父亲名为京京，20 岁，婴猴母亲名为乐乐，21 岁，此前京京和乐乐已经多次成功繁殖，幼仔均为自然哺育。2022 年 5 月 6 日上午 8:00，乐乐产下本次人工育幼的婴猴，当日其精神尚可，饮食亦可，偶见其将幼仔弃于一旁不顾或将幼仔按在地面上。7 日上午，乐乐全身无力，只能在地面上爬行或端坐，幼仔被同笼舍一亚成体雌猴抱走，乐乐面部可见摔伤痕迹，腹部鼓胀严重，为其喂奶约 150 mL，奶中加葡萄糖、钙片、头孢克肟和益母草颗粒，后将幼仔放入怀中但未抱，当日下午死亡。

1.2　婴猴

婴猴出生后全身基本为黑黄色，头部金黄色，脐带已脱落，精神较好，被母亲抱在怀中，偶见其吃母奶。第 2 天，婴猴发现被同笼舍一亚成体雌猴抱在怀中。保育员利用花生、红枣等食物将亚成体雌猴引至身前，将幼仔取走。取走的幼仔放回其母亲怀中未果，遂放入婴儿培养箱内进行人工育幼。

婴猴取出时四肢抓握有力，叫声响亮，全身检查无异常，精神较好，雌性，对育幼环境适应较快，很快学会吮吸宠物奶瓶中的人工乳，吃 16 mL 奶后即入睡。

1.3　育幼环境

在动物馆舍内专设一房间为育幼室，内有一婴儿培养箱作为婴猴的育幼箱，一育幼 60 cm × 42 cm × 55 cm 的宠物用细网笼作为育幼网笼，另有奶瓶、温湿度计、热水壶等相关育幼设施器

*通讯作者：937991771@qq.com

具。育幼箱内铺有长方形宠物窝，窝上再铺设宠物尿垫，婴猴在尿垫上休息和活动，并用毛巾包裹以保暖，大小便后及时更换毛巾和尿垫，箱内还放 1 ~ 2 个毛绒玩具陪伴婴猴。育幼箱温度控制在 32 ℃，5 日龄后，温度以每 2 日降 1 ℃ 的速度降至 26 ℃，湿度始终控制在 60% ~ 70%。哺乳使用宠物专用小奶瓶，容量为 70 mL，奶嘴长 14 mm，直径 5 mm。育幼室及设施器具每日消毒，其中饲喂器具采用沸水煮 10 min 方式进行消毒，其余物品使用消毒液喷洒浸泡方式消毒，保育员则在接触动物前后洗手消毒。每日抱着婴猴与黑叶猴猴群隔笼接触 10 min，光照和温度适宜时，晒太阳 30 min。

22 日龄，白天温度高于 26 ℃ 时，将婴猴放入育幼网笼内，笼内铺有宠物窝和尿垫，其余时间放回育幼箱，每日与猴群接触时间增加到 30 min。

43 日龄，婴猴改为在育幼网笼内活动和休息，仅在低温天气时使用育幼箱。温度适宜时，将育幼网笼放在黑叶猴猴群的内舍过道内，育幼网笼与内舍金属网要隔一定距离，防止成年黑叶猴能直接接触育幼网笼和婴猴，其余时间将育幼网笼放回育幼室。育幼室温度控制在 26 ~ 30 ℃，湿度控制在 60% ~ 70%。

100 日龄，白天育幼网笼及婴猴转移至猴群隔壁的空内舍内，夜晚返回育幼室。

106 日龄，婴猴白天在猴群隔壁的内舍内活动，夜间进入育幼网笼，放回育幼室。

117 日龄，婴猴在猴群隔壁的内舍活动和休息，夜间不再收回育幼室。

164 日龄，婴猴开始进行回群训练。开始先与猴群短暂合笼，然后分开；发现相处融洽后，逐步增加时间，至 178 日龄，婴猴与猴群合笼成功，顺利回群。

2 饲喂食物及方法

根据川金丝猴的人工育幼经验[9]，选用飞鹤星飞帆系列 1 段奶粉配制人工乳。人工乳配制比例为 1∶8，110 日龄后改为 1∶7，喂奶次数及喂奶量见表 1。喂奶时速度不宜过快，防止吸入空气，喂后注意及时拍嗝，婴猴出现消化道疾病时，在奶中添加益生菌制剂。

83 日龄，开始添加辅食，每日喂香蕉 5 ~ 10 g；95 日龄，香蕉增加至 15 ~ 20 g，分 2 次喂，开始接触树叶，并尝试吃苹果、桃等水果，但并未实际食入；116 日龄，每日香蕉 20 g、苹果 10 g、桃 10 g；146 日龄，增加黄瓜、西红柿、芹菜等蔬菜，水果蔬菜均为自由采食，每日食用量约 80 g；151 日龄，开始食用树叶。

表 1 每日食物的饲喂及大小便情况

日龄/d	喂奶次数	喂奶量/mL	辅食添加情况	大便次数	小便次数
1 ~ 10	7.10±0.94	114.70±17.04		4.22±0.47	5.33±1.25
11 ~ 20	6.20±0.60	121.1±15.75		3.30±0.78	6.80±2.60
21 ~ 30	6.40±1.43	80.10±16.22		4.70±1.35	8.90±2.43
31 ~ 40	6.10±0.83	76.40±9.72		3.60±1.28	6.80±1.17
41 ~ 50	5.10±0.70	70.70±7.59		2.50±1.36	6.50±1.50
51 ~ 60	4.30±0.64	76.50±11.12	添加香蕉，但未食用	2.20±1.17	8.10±1.04
61 ~ 70	4.60±0.80	72.80±21.47		3.20±1.94	6.10±2.17
71 ~ 80	4.60±0.66	93.20±17.17		1.90±0.94	5.70±1.10
81 ~ 90	5.10±0.54	106.90±12.12	香蕉 5 ~ 10 g	2.10±0.94	6.40±1.28

续表 1　每日食物的饲喂及大小便情况

日龄/d	喂奶次数	喂奶量/mL	辅食添加情况	大便次数	小便次数
91 ~ 100	4.40±0.80	102.00±14.35	香蕉 15 ~ 20 g	2.40±1.02	5.00±1.41
101 ~ 110	4.00±1.10	101.00±28.44	香蕉 20 g、少量苹果条和桃条	2.57±0.49	4.86±0.64
111 ~ 120	4.20±0.60	144.00±18.00	香蕉 20 g、苹果 10 g、桃 10 g	2.20±0.87	5.90±0.94
121 ~ 130	4.30±0.78	160.10±28.30	香蕉 20 g、苹果 20 g、桃 20 g		
131 ~ 140	4.20±0.87	151.50±25.99	香蕉、苹果、桃足量，采食量约 80 g		
141 ~ 150	4.50±0.67	184.5±17.81	增加西红柿、黄瓜、胡萝卜等蔬菜，水果蔬菜均足量，采食量约 80 g		
151 ~ 160	4.10±0.30	191.00±7.00	开始采食树叶，并增加窝头、熟鸡蛋、花生、红枣等精料，所有食物均足量		
161 ~ 170	3.00	150.00	水果、蔬菜、精料足量供应		
＞171	2.00	120.00	水果、蔬菜、精料足量供应		

3　生长发育变化

3.1　体重

婴猴体重随日龄变化情况如图 1 所示。5 日龄婴猴仅 530 g；5 ~ 68 日龄，婴猴体重一直在 530 ~ 580 g 之间徘徊，68 日龄时婴猴体重为 535 g，仅比 5 日龄时增加 5 g；68 日龄之后，婴猴体重增长较快，156 日龄时，体重已增至 920 g（图 1）。

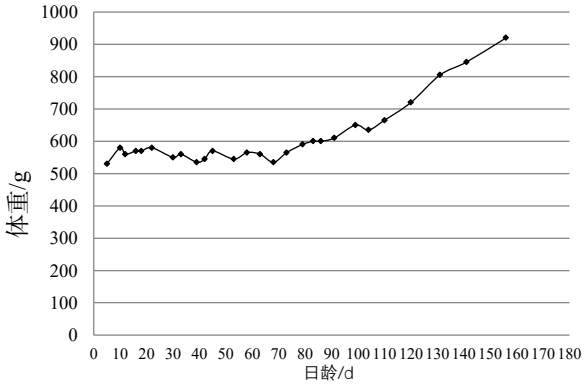

图 1　婴猴体重变化

3.2　体尺指标

婴猴体尺指标随日龄变化情况，见表 2 和图 2。从表 2 和图 2 可知，5 ~ 100 日龄，婴猴的体长和尾长均稳定增长；100 ~ 140 日龄，体长和尾长增长速度加快，尤其是 120 ~ 140 日龄的体长增长速度突然加快；头围则一直缓慢增长。

表 2　婴猴体尺指标变化

日龄/d	头围/cm	体长/cm	尾长/cm	前肢长/cm	后肢长/cm
5	19.4	16.8	35.5	17.8	20.5
10	19.4	16.9	35.8	18.0	20.8
20	19.6	17.1	35.9		
40	19.6	17.4	36.8		
60	19.7	17.6	37.2		
80	19.8	17.8	37.9		
100	19.9	18.0	38.5		
120	20.1	18.5	39.9	18.8	23.6
140	20.2	21.1	41.3		

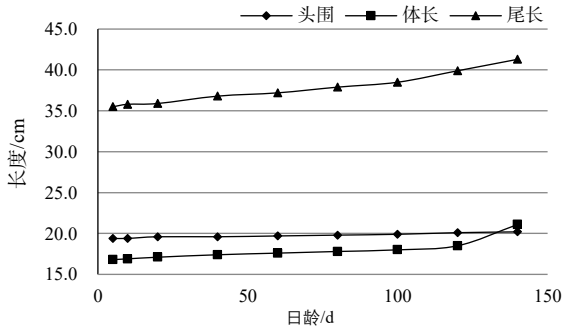

图 2　婴猴体尺指标变化

3.3　乳齿

婴猴乳齿生长较快，4 日龄就已萌出 4 颗牙齿，5 日龄就已萌出 8 颗牙齿，39 日龄时已经萌出 16 颗牙齿，53 日龄已萌出 20 颗牙齿，91 日龄乳齿萌出基本完毕，110 日龄时乳齿萌出完毕

（表 3）。

表 3 乳齿萌出情况表

日龄/d	乳齿萌出情况
1	乳牙未萌出
4	上颌 4 颗门齿刚萌出
5	下颌 4 颗门齿刚萌出
22	8 颗门齿均已萌出，其中下颌门齿比上颌门齿稍长，正中门齿比侧门齿稍长，牙齿已变硬，手指伸入婴猴口中被其咬时已有较强痛感
39	2 颗下颌正中门齿完全萌出，2 颗上颌正中门齿和 2 颗下颌侧门齿萌出约一半，上颌侧门齿萌出 约 3 mm，4 颗第二乳臼齿萌出约一半，4 颗第一 乳臼齿已萌出，其中 2 颗下颌第一乳臼齿稍长
53	下颌 4 颗门齿已完全萌出，4 颗犬齿已萌出
91	乳齿萌出基本完毕
110	乳齿萌出完毕

3.4 其他

婴猴取出进行人工育幼后，对人工育幼环境适应较快，至 5 日龄时，活动增多，甚至意图爬出育幼箱，见保育员后会情绪激动；22 日龄，婴猴咬合力增强，前爪较锋利，能抓伤皮肤，可攀爬 55 cm 高育幼笼；30 日龄，婴猴前爪非常锋利，极易抓伤皮肤，可攀爬至育幼笼最高处，并坚持约 10 min；83 日龄，婴猴开始吃辅食；97 日龄，粪便由长条状变为小粒状。

4 讨论与体会

根据本园之前川金丝猴的人工育幼经验，结合其他饲养机构灵长类动物人工育幼经验，本次人工育幼初期日喂奶量约为体重的 20%[9-16]。育幼开始后发现日喂奶量偏高，导致婴猴出现腹胀、消化不良等消化道疾病，所以 22 日龄后日喂奶量降至体重的 12%～17%。日喂奶量降低后，婴猴体况虽有所改善，但腹泻、腹胀等消化道疾病仍然时常发生，直至 69 日龄后婴猴才不再发病。消化道疾病频发现象不仅出现在黑叶猴的人工育幼期间，在川金丝猴[9-10]、东非黑白疣猴[11-12]、白面僧面猴[13]、山魈[14]等灵长类动物的人工育幼期间也经常出现，是导致人工育幼失败的重要因素[15-16]，这一现象应当与人类婴幼儿奶粉配制的人工乳无法较好替代母乳有关。针对这一问题，迟俊[12]使用在人工乳中添加淀粉类食物的方法改善了山魈的消化道疾病症状，唐芳毅[17]则在长臂猿的人工乳中适量添加酸奶，降低了肠道疾病发病率，今后可从人工乳营养成分和肠道菌群环境这两方面开展进一步的深入研究，为配制适宜的人工乳提供相关依据。

由于消化道疾病频发，婴猴体重一直徘徊在 530～580 g 之间，婴猴体况恢复正常后，体重迅速增加，随后日喂奶量也开始增加，到 111 日龄，日喂奶量已经增加至体重的 20%左右。可见，消化道疾病频发严重制约了婴猴的体重增长，这一现象在川金丝猴[9]、东非黑白疣猴[12]、白面僧面猴[13]人工育幼时均曾出现过。

梅渠年[18]发现 8 日龄时黑叶猴萌出第 1 对门齿，2 月龄长出第 1 对臼齿，3 月龄长齐犬齿，4～5 龄长出第 2 对臼齿，六月龄才长齐 20 颗乳齿。本次人工育幼发现婴猴 4 日龄就开始萌出 4 颗牙齿，5 日龄就已萌出 8 颗牙齿，39 日龄时已经萌出 16 颗牙齿，53 日龄已萌出 20 颗牙齿，91 日龄乳齿萌出基本完毕，110 日龄时乳齿萌出完毕。乳齿萌出顺序依次为中门牙、侧门牙、第二乳臼齿、第一乳臼齿、犬齿，基本规则为先下后上、左右同步，只有上颌门齿比下颌门齿萌出早 1 d。但是，上颌门齿虽然比下颌门齿早萌出，但下颌门齿萌出速度却比上颌门齿要快。与梅渠年观察到的情况相比，本次人工育幼的婴猴牙齿萌出得更早更快，110 日龄乳齿萌出就已经完毕，而且乳齿萌出顺序也有所不同，第二乳臼齿比第一乳臼齿先萌出，犬齿在所有乳齿中萌出得最晚，出现这种情况可能与个体差异有关。

牙齿的快速萌出为黑叶猴尽早学会采食树叶等食物奠定了生理基础。据观察，自然哺育的黑叶猴一般 3～4 月龄开始学习采食食物[8,19-20]，这与本次人工育幼发现的乳齿萌出在 91 日龄就基本完毕的情况也正好相对应。由于人工育幼的干预，本次人工育幼的婴猴 83 日龄就开始学习采食辅食，与自然哺育的婴猴相比，其采食行为出现得更早。随着采食的辅食逐渐增加，97 日龄后，婴猴的粪便由长条状转变为小粒状。

参考文献

[1] Han Z, Hu G, Wu S, et al.A census and status review of the Endangered Francois' langur *Trachypithecus francoisi* in Chongqing, China[J]. Oryx, 2013, 47（1）: 128-133.

[2] Nadler, T, Quyet, L K, Covert, H. & Long, Y. 2020. *Trachypithecus francoisi*[EB/OL]. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e. T39853A17958817. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T39853A17958817. en. Accessed on 08 December 2024.

[3] Xiong Y, Xie G, Li Y, et al. Analysis of mortality in Francois' langurs (*Trachypithecus francoisi*） managed care in Trachypithecus francoisi rare animal breeding Center in Wuzhou, Guangxi, China: a 16-year review[J]. Frontiers in Veterinary Science, 2024, 11: 1376265-1376265.

[4] Wan Y, Li L, Zhou J, et al. Predicting the potential distribution change of the endangered Francois' langur（*Trachypithecus francoisi*） across its entire range in China under climate change[J]. Ecology and evolution, 2024, 14（7）: e11684.

[5] Yao W, Huang M C, Zhao X J, et al. Feeding adaptation of Francois' langurs （*Trachypithecus francoisi*） to the fragmented limestone habitats in Southwest China[J]. Ecology and evolution, 2024, 14（4）: e11269-e11269.

[6] 王景, 黄乘明, 范鹏来, 等. 广西恩城黑叶猴的日活动节律及活动时间分配[J]. 野生动物学报, 2024, 45（4）: 691-698.

[7] 胡淋正. 贵州大沙河保护区黑叶猴种群数量与分布、活动节律及其适栖生境分析[D]. 贵阳: 贵州大学, 2024.

[8] 唐芳毅. 黑叶猴的饲养与繁殖研究[C]. 2024 年农业高标准高质量研讨会论文集. 2024: 6.

[9] 田明亮, 周东, 黄振, 等. 川金丝猴的人工育幼[J]. 山东林业科技, 2024, 54（2）: 87-91.

[10] 于子微. 川金丝猴幼仔的人工哺育与疾病治疗报告[J]. 山东畜牧兽医, 2024, 45（10）: 35-36.

[11] 李俊保, 关洪敏, 潘震震, 等. 东非黑白疣猴的人工育幼[J]. 黑龙江动物繁殖, 2024, 32（1）: 52-55.

[12] 迟俊. 东黑白疣猴的饲养繁殖及人工育幼[J]. 野生动物学报, 2014, 35（3）: 277-281.

[13] 毕靖征, 张琴, 王艳君, 等. 白面僧面猴人工育幼初探[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2021（5）: 41-44.

[14] 邓家波, 吴孔菊, 王强, 等. 山魈初生幼仔人工育幼[J]. 四川动物, 2006（4）: 878-880.

[15] 朱灿, 喻月婷, 郭建华, 等. 川金丝猴全人工育幼失败原因探讨[J]. 浙江畜牧兽医, 2021, 46（3）: 45-46.

[16] 张可晶, 李君. 金丝猴人工育幼失败原因分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2012（20）: 109-110.

[17] 唐芳毅, 陈月妃, 梁婷婷. 酸奶在长臂猿人工哺育中的应用[J]. 广西畜牧兽医, 2022, 38（3）: 115-116.

[18] 梅渠年. 圈养黑叶猴的生殖周期及其后代的生长发育[J]. 北京师范学院学报（自然科学版）, 1991, （1）: 74-79.

[19] 郭爱霞, 李伟, 仉伟, 等. 人工饲养黑叶猴繁殖技术及幼猴生长发育研究[J]. 畜牧与兽医, 2020, 52（2）: 125-128.

[20] 周正凯, 金兰梅. 动物园笼养黑叶猴繁殖行为研究[J]. 金陵科技学院学报, 2009, 25（2）: 97-100.

（收稿日期：2025-03-20）

我国警用工作犬选育路径分析

赵 禹*，张 莹，李雪冰，张文才，潘彩霞，宋明强，赵健黎
（中国刑事警察学院警犬技术学院，辽宁 沈阳 110034）

摘要：优质的警用工作犬是警犬技术工作开展的基石。选育优质的警用工作犬，持续为我国警犬技术工作提供优质犬源，具有现实意义。本文总结了我国警犬选育工作的现状，分析了我国警犬选育工作中的不足，并提出了提升我国警犬选育水平的解决方案，以期为我国警方选育优质工作犬提供思路。

关键词：警用工作犬；行为性状；育种；群体继代选育
中图分类号：S829.2 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0122-04

警犬在搜捕、追踪、搜毒和搜爆等警务工作中发挥着不可替代的作用。训练效率高、实战中工作能力强的警犬是顺利完成各种警务工作的保障，而如何科学选育出针对各种警务工作需求的工作犬至关重要[1]。

欧美等一些发达国家，民间养犬基础好、规模大，民间工作犬育种组织发达。在欧美等国有专门针对单个品种犬的育种组织，如德国牧羊犬协会。这类工作犬协会有专门的组织机构负责该品种犬的选育工作，育种目标明确，选育标准一致，警方在民间挑选工作犬的基础好。此外，国外一些研究团队深入开展了犬行为遗传、认知发育规律等基础研究，对于警用工作犬的选育标准更多聚焦于可量化的行为性状，例如敏捷度、神经类型、工作动力等内在特质，这对于赋能警犬选育工作意义重大[2-3]。国外的一些发达国家警犬选育已形成了成熟、多元且高度专业化的发展路径，其核心特点是建立了高度社会化的民间繁育体系和精准化的选育标准。这有效保障了其警犬来源与质量，也为我国警犬选育路径提供了重要参考。

近年来，我国民间工作犬繁育犬舍蓬勃兴起，与较早些年相比有了十足的进步。同时，成立于本世纪初的中国工作犬协会在建立国家级犬籍档案系统、推行血统认证、制定繁育技术标准等方面扮演了核心角色，对于指导我国民间工作犬业的发展起到了引领作用。官方层面，我国警用工作犬的选育工作主要依托公安部一、二级警犬繁育单位开展。随着社会治安形势复杂化与警务工作内涵的拓展，我国对警犬的需求正从单一功能向多元化、专业化、适应性强的方向快速演进。这一转变对传统选育路径提出了严峻挑战，有必要对我国警犬选育路径进行深入分析，探讨其发展现状、存在问题以及未来发展方向，为提升我国警犬选育水平提供科学依据。

1 我国警用工作犬选育工作的现状

我国警用工作犬的选育工作经过长期发展，已建立起一套具有中国特色的组织与实施体系。这一体系在保障警犬供给、服务公安实战方面发挥了根本性作用，同时也正处于从经验传承向科学化、精细化转型的关键阶段。全面审视其现状，需从组织机构、品种资源、技术方法三个维度系统分析，并客观总结其优势与局限。

*通讯作者：zglnlyzhaoyu@163.com

1.1 组织机构现状

当前，我国警方警犬选育工作的开展依托二级警犬繁育体系。公安部直属的四家警犬基地（沈阳、南京、昆明、南昌）为一级警犬繁育单位，部分经过公安部警犬繁育工作管理委员会认证的省级、直辖市、铁路、移民局等警犬基地为二级警犬繁育单位。我国军方、海关等单位也有自己的工作犬繁育基地，但我国警方工作犬繁育机构和军方及海关等工作犬繁育机构业务交流比较少。此外，随着我国社会经济的发展，民间开展工作犬繁育的犬舍逐渐增多，为我国选育优秀的警用工作犬提供了较好的民间基础。

我国警用工作犬选育组织体系的核心优势在于强大的国家主导与行政推动力。由公安部垂直管理的繁育体系，确保了选育目标与警务实战需求的紧密对接，有利于集中资源进行重点品种（例如昆明犬）的培育和关键技术攻关。然而，该体系也存在明显的局限：一是体系相对封闭，横向融合不足。公安、军队、海关等系统间的种源、技术与信息交流机制不畅，存在“各自为战”的现象，未能形成国家层面的合力。二是社会化协同程度较低。我国民间犬舍虽在数量上增长，但尚未被整合进官方主导的优质种犬筛选、联合育种与性能评价网络中，民间优良警用工作犬基因库的潜力未得到充分挖掘。

1.2 选育的品种现状

目前，我国警方使用的工作犬品种主要有德国牧羊犬、马里努阿犬、史宾格犬、拉布拉多犬、罗威纳犬、昆明犬。此外，为适应新形势下社会治安防控需求，我国警方也在积极研究开发新品种警犬，涉及品种包括血缇犬、杰克罗素犬，以及太仓犬、广西猎犬、西藏林芝猎犬等我国本土地方犬种。

在品种资源方面的优势体现在应用的多元化与本土化的积极探索。我国警方根据任务需求持续引入和试验新犬种，展现了务实灵活的态度。特别是对昆明犬的成功培育及对多种本土猎犬的系统性开发研究，体现了立足国情、挖掘自身遗传资源的长远战略眼光，有利于降低对国外犬种的依赖，培育更具环境适应性的警用犬种[4-6]。局限在于核心种源对外依存度依然较高，自主培育的成熟品种除昆明犬外尚不多见；本土品种的开发尚处于起步阶段，多数地方犬种的选育工作缺乏长期、系统的科学规划，性能评价标准不一。

1.3 使用的选育方法现状

警用工作犬的选育工作对于保持和优化特定犬种的工作性能，为我国警方持续提供工作性能优秀的工作犬犬源至关重要。警用工作犬的选育工作广义上包括工作犬的饲养管理、繁殖、训练及育种等，其中育种工作是选育工作的重点，是决定选育警用工作犬品质优劣的关键。

我国警用工作犬的选育工作，相当长的一段时间处在重繁殖、饲养管理轻育种的状态。警用工作犬繁育人员更重视犬的繁殖工作和饲养管理工作，而仅凭繁育人员的经验开展繁育工作，真正的育种工作并未建立。当前有选育条件的警犬繁育机构均很好地继承了经典育种理论所要求的血统、体型外貌指标以及各阶段警用性能考核资料的收集和整理[7]。但多数情况下仅对数据资料进行归类和总结，较少将相关数据开展统计分析并应用于性状选育工作。繁育人员通过主观评价一头犬身体条件、胆量、兴奋性等各方面的警用素质，凭借经验开展选种选配工作，缺乏科学有效的选育方案[8]。运用现代育种学方法对其相关性状的选育与改良尚未大规模开展。近年来，具有专业知识的技术人员不断补充进警犬繁育队伍，加之原有富有经验的警犬繁育人员，警犬的育种工作逐渐步入科学化发展轨道。

2 我国警用工作犬选育工作中存在的问题

2.1 缺乏统一的育种组织

我国警用工作犬的选育工作通常由各警用工作犬繁育单位各自开展，而我国尚未建立针对某一警用工作犬犬种的全国性的育种组织。由于没有统一的育种目标和育种措施，直接导致优质种质资源利用率不高，育种效率低下，延缓了警犬品种改良和培育的进程。

2.2 优质核心种犬群较少

我国现行的警用工作犬繁育体系以各单位各自选育为主，而各单位优质的核心群种犬数量有限。这就导致各个警用工作犬繁育机构在开展选育工作中，可用的优质工作犬遗传资源有限。种群小数量少的工作犬繁育机构在工作犬选育工作中，很容易造成近交系数过大，影响选育后代的品质。种群数量稍大的工作犬繁育机构，在选育几代后，近交系数也容易逐渐增大，影响整体选育后代的质量。而且，大部分警用工作犬繁育单位通常有多个犬种，单个犬种数量有限，只能开展简单的繁殖工作，没有条件建立真正的育种体系。

2.3 选育方法的科学性有待进一步提升

科学的选育方法是提升警用工作犬群体质量的关键。尽管警犬的选育工作中，工作人员选种程序严格，选配工作也能按照实际需求开展同质选配或异质选配。但由于警用工作犬的警用行为性状作为重要的数量性状选育指标，如胆量、兴奋性、猎取欲、注意力等行为性状，缺乏标准化的测定方法，人为主观评测缺乏客观性，其遗传规律也未进行基础性研究，遗传力、育种值等重要参数实际工作中很少进行研究[9]。导致警用工作犬实际选育工作中，对种群中重要警用行为性状指标的遗传力不清晰，实际选育效率低下。

在工作犬品种选育中未能对部分品种犬自身缺陷形成有针对性且有效的改良方案（例如德国牧羊犬运动性能较差、史宾格犬胆小、马犬神经质和昆明犬敏感性高等），导致选育的精品犬数量有限，整体工作犬选育水平不高。

3 我国警用工作犬选育工作效质提升的解决方案

3.1 形成专门品种犬的联合育种组织

形成专门品种犬的联合育种组织便于制定某一品种工作犬统一的育种目标，制定统一的育种方案，充分利用优质种犬资源，提高育种效率，从而加快某一品种犬的改良和选育，为我国警方持续提供优质犬源。

在现行的警犬繁育体系下，尤其对于繁育基础较好、种群数量较大的一级警犬繁育单位，可以通过联合育种组织实现优质种源血统交换，拓展犬群的优质血统来源，从而通过更多的选种选配机会，获得更优的后裔，从而实现改良和选育犬群的目的；同时，有条件的单位可以建立种公犬冷冻精子库，广泛采集冷冻优质种公犬精液，从而扩大优质种犬遗传资源使用的时间和范围，达到改良犬群的目的。

3.2 提升警用工作犬选育方法的科学性

育种在警犬繁育工作中具有相当重要的作用，通过运用现代育种技术和方法，培育和遴选警用性能优秀符合育种目标的个体，可以为相关性状的选育和改良，提高优良性状在犬群中的基因频率提供方法参考。工作犬警用性能和体形外貌的遗传性状在一定程度上取决于多个性状基因，确定主要选育性状，实行标准化的行为性状（数量性状）的测定方法，能够为更好地开展警犬繁育工作，提高育种效率提供选择指标[10]。开放式核心群建设、群体继代选育、系祖选育等理论方法在警用工作犬的选育工作中应逐渐建立起来[11]。其中，群体继代法是目前国内外均比较流行且相对简易的动物育种方法，在许多动物的育

种工作中得到应用，并收到良好效果。

群体继代法具有世代清楚、简便可行的特点，由于其对育种群规模要求不高，若配合现代遗传理论基础，则能大大提高育种效率。其优点是：（1）每个世代在出生时间、饲养管理、选种标准上易于保持一致，能够在短时间内提高育种效率。（2）由于世代分明，比较易于根据个体本身或同胞的性状开展选种，在选种目标和方法上也能世代保持一致。（3）相对一致的基因频率改变方向，能够很快积累基因型和表型变化，达到育种效果。（4）育种群可在几十头至一二百头之间，适合现有我国警方工作犬育种群规模。（5）适应现有育种技术水平，可满足我国工作犬性状的选育和改良工作要求。

同时，运用群体继代选育结合联合育种工作开展警用性能、体形外貌性状选育和改良的工作，设计科学可行的警用工作犬选育改良路线，并持续实施，是实现我国警犬选育工作持续发展的基础，也可以提升我国警方在国际同行中的科技竞争力及话语权。

4 展望

展望未来，我国警用工作犬选育工作需完成一场深刻的战略转型：即从依赖经验的传统选育模式，升级为以数据驱动、技术融合与体系协同为核心的现代化科学育种体系。其核心路径是：在体系上，打破组织壁垒，构建全国性的育种大数据平台与“实战–科研”协同生态；在技术上，从主观的“经验选育”迈向依托基因组学与人工智能的“精准育种”，实现对犬只工作性能的精准选育；在发展理念上，向多元化品种开发与全链条管理的方向系统发展，培育性能卓越可持续发展的警用工作犬。唯有实现这一全方位革新，才能系统地为我国警务实战输送更高效、更可靠的无言战友，筑牢公共安全的生物学基石。

参考文献

[1] 刘剑郁, 赵禹, 柳公卿. 我国警用德国牧羊犬繁育体系建设的思考[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019（18）: 19-20.

[2] Dutrow E V, Serpell J A, Ostrander E A. Domestic dog lineages reveal genetic drivers of behavioral diversification[J]. Cell, 2022, 185（25）: 4737-4755.

[3] Lord K A, Chen F L, Karlsson E K. An evolutionary perspective on dog behavioral genetics[J]. Annual Review of Animal Biosciences, 2025, 13（1）: 167-188.

[4] 王春亮, 吴衍, 熊前. 浅谈本土警用犬新品种培育之太仓犬[J]. 中国工作犬业, 2025（11）: 10-12.

[5] 黄庆国, 李居东, 李杰, 等. 昆明犬家系兴奋性状选育模式研究[J]. 畜牧兽医杂志, 2020, 39（01）: 23-26.

[6] 史东旭, 和源松, 刘佳豪, 等. 以梧州土猎犬为例谈广西山地犬警用搜索性能的开发[J]. 中国工作犬业, 2025（6）: 28-31.

[7] 蔡名震, 刘国帅, 李闯. 外表与能力的选择在工作犬繁育中的思考[J]. 中国工作犬业, 2019（9）: 5-8.

[8] 万宁, 程占军. 提升警犬选育工作的思考与探索[J]. 中国工作犬业, 2025（3）: 6-8.

[9] 程占军, 万宁. 德国牧羊犬胆量及衔取选育进展与结果[J]. 中国工作犬业, 2021（7）: 49-50.

[10] 刘剑郁, 赵禹, 南兆营, 等. 犬行为测评方法及其在警犬选育中的应用前景[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021（24）: 15-18.

[11] 李杰, 方建强, 黎立光, 等. 昆明犬育种核心群选育的研究[J]. 家畜生态学报, 2005（4）: 5-9.

（收稿日期：2024-12-24）

桓仁县蜜蜂四季饲养管理技术与示范推广的思考

陈 强*，姚 建

（桓仁县动物疫病预防控制中心，辽宁 桓仁 117200 ）

摘要：蜜蜂作为自然界中的重要授粉者和蜂蜜生产者，其养殖不仅关乎生态平衡，也直接影响到人类的农业生产及生活质量。然而，蜜蜂养殖过程中面临的季节性变化、病虫害威胁以及环境因素的挑战，使得蜜蜂四季饲养管理技术显得尤为重要。随着科技的进步和养殖经验的积累，如何将这些技术有效地示范并推广，以提高蜜蜂养殖的效益和可持续性，成为当前蜜蜂养殖业面临的重要课题。基于此，本文立足于蜜蜂饲养，对其四季饲养的管理技术进行分析，并提出示范推广的方式，以期为蜂业生产实践提供参考。

关键词：蜜蜂；四季饲养；管理技术

中图分类号：S891 **文献标识码**：B **文章编号**：1007-1733（2026）03-0126-03

蜜蜂养殖历史悠久，生态效益显著。作为被人类驯化和利用的重要经济动物之一，蜜蜂不仅提供了美味的蜂蜜和蜂产品，还在维持生态平衡、促进农作物授粉等方面发挥着不可替代的作用。然而，随着气候和环境的变化，蜜蜂养殖面临着诸多挑战。因此，掌握科学的蜜蜂四季饲养管理技术，对于提高蜜蜂养殖效益、保障蜜蜂种群健康具有重要意义。

1 四季饲养管理技术

桓仁县地理坐标为东经 125°32'，北纬 42°13'。气候四季分明，春季温暖多雨；夏季炎热潮湿，偶尔伴随有雷暴天气；秋季凉爽干燥，气温适中；冬季严寒干燥，偶有降雪现象。

1.1 春季饲养管理技术

首先，全面检查与适宜时机选择。在春季，随着气温逐渐回暖，蜜蜂开始进入活跃期，此时应选择温度稳定在 8 ℃ 以上且无风的晴朗天气进行全面检查[1]。检查内容包括但不限于蜂群健康状况、巢脾状态及食物储备等，确保蜂群顺利度过冬季后的复苏阶段。其次，蜂脾调整与保温措施。春季需对蜂脾进行适当调整，淘汰老旧巢脾，保持蜂多于脾的状态，以促进蜜蜂的繁殖与活动，同时采取保温措施，如使用保温布或草帘覆盖蜂箱，确保蜂群在适宜的温度下快速恢复活力。再次，强化饲喂与适龄采集蜂培育。为促进蜂群快速发展壮大，应加强饲喂工作，提供充足的食物来源，并需注意培育适龄采集蜂，为即将到来的采蜜季节做好准备。同时春季要注意瓦螨的防治，瓦螨是一种蜜蜂常见病。防治不及时会造成重大损失。瓦螨的治疗需要综合考虑蜂群状况、季节等因素，采取多种策略相结合的方式，首先，保持蜂群健康，为蜂群提供优质的饲料，确保蜂群营养充足，增强其对瓦螨的抵抗力；合理控制蜂群群势，增强蜂群的自我调节和防御能力。其次，定期更换巢脾，有效减少瓦螨的繁殖；抓住关键时期选择合适的药物进行治疗，能有效降低瓦螨的数量。最后，适时加脾与强弱群均衡。饲养人员还需要根据蜜蜂的繁殖速度，适时添加新脾，确保蜂群有足够的空间进行活动，并对强弱群进行均衡调整，提高整体繁殖效率。

1.2 夏季饲养管理技术

夏季作为蜜蜂采蜜的高峰期，强化饲养管理至关重要。首先，强化蜂群协调能力。夏季需特

*通讯作者：hrxdjj@163.com

别关注蜂群的协调能力，通过科学管理，将潜在的分蜂热转化为强大的采集力量，不仅能够提升采蜜效率，还能确保蜂群资源的最大化利用。其次，应用继箱管理法[2]。采用继箱管理法，通过合理布局，充分利用空间资源，增加采蜜量，而该方法能有效避免分蜂现象的发生，确保蜂群在采集与繁殖之间保持动态平衡；再次，加强通风与遮阴。针对夏季高温环境，必须加强通风和遮阴工作，并将蜂箱放置在阴凉通风处，减少蜜蜂受热压力，改善其生存环境，从而提高生存质量和采蜜效率；最后，定期取蜜与原则遵循。遵循“初期早取、盛期取尽、后期稳取”的原则，制定合理的取蜜计划，通过定期取蜜，既能保证蜂蜜的品质，又能维持蜜蜂的健康状态，实现可持续发展。由此可见，夏季蜜蜂饲养管理需综合运用强化蜂群协调能力、应用继箱管理法、加强通风与遮阴以及定期取蜜等策略，以确保蜜蜂高效采蜜，保障蜂蜜品质与蜜蜂健康。

1.3 秋季饲养管理技术

在秋季这一关键时期，蜜蜂饲养管理需细致入微，以确保蜂群能够顺利度过严寒，为来年的繁殖与生产打下坚实基础[3]。首先，换王与秋繁衔接。在雨季到来之前，及时进行换王操作，确保新上任的蜂王拥有强健的体魄和旺盛的产卵能力，这一举措与秋繁工作紧密衔接，旨在提高产卵的数量与质量，为即将到来的冬季储备足够数量的蜜蜂，增强蜂群的整体实力。同时，为防止其他蜂群入侵，需加强防盗蜂工作，包括关小巢门、减少开箱频率等，以确保蜂群的安全无虞，避免不必要的损失。

其次，秋季取蜜与蜂蜜保留。秋季是蜜蜂采蜜的黄金时期，但在取蜜时需谨慎行事，不宜过度取净，应保留适量蜂蜜以供蜜蜂过冬之需，以助于维持蜂群内部的温度稳定，从而提高越冬成活率，确保蜂群能够安然度过寒冬。

最后，越冬蜂培育结束后扣王治螨也是养蜂生产中防治蜜蜂瓦螨的重要措施。将蜂王放入特制的囚王笼，其间要定期查看蜂王，确保蜂王在笼内状态良好。选择合适药物治疗螨病。确认瓦螨得到有效控制后，及时将蜂王放出，提供充足的优质饲料，保持蜂群的适宜温度和湿度，促进蜂王产卵和蜂群繁殖。

1.4 冬季饲养管理技术

一是平衡群势与强群越冬。冬季前需对蜂群进行整群处理，通过合并弱群、调整蜂脾比例等措施，以强群越冬，这一举措旨在提高蜂群的整体抗寒能力，降低冬季损失，确保蜂群能够顺利度过严寒[4]。二是补足饲料与储备。为蜂群提供充足的越冬储备，包括蜂蜜、花粉等营养物质，以此确保在冬季食物短缺时，蜂群仍能维持基本生存需求，保持健康状态，为来年的繁殖与生产做好准备。三是适时包装与保温。对蜂箱进行外部保温处理，如使用保温材料包裹、设置挡风板等，同时根据天气变化适时调整保温措施，确保蜂群在适宜的温度下越冬，避免冻害发生，保障蜂群的生存与健康。四是定期检查预防鼠害。冬季需定期检查蜂群状态，包括食物储备、蜜蜂活动情况等，并加强防鼠害措施，如设置防鼠网、定期检查蜂箱周围等，确保蜂群免受鼠害侵扰，安全越冬。

2 蜜蜂四季饲养管理技术的示范推广方式

2.1 精准布局，建立示范点

为了有效推广蜜蜂四季饲养管理技术，饲养人员需精心选择具有代表性的地区，如蜜蜂养殖历史悠久、气候条件适宜且养蜂户集中的区域，建立示范点，这些示范点将成为展示四季饲养管理技术的窗口，为周边养蜂户提供实地学习和参考的机会[5]。

在示范点内，饲养人员将邀请蜜蜂养殖领域的专家进行现场指导和培训，通过面对面的交流和实践操作，帮助当地养蜂户掌握先进的饲养管理技术和理念。此外，示范点还将定期举办技术交流活动，促进养蜂户之间的经验分享和相互学习。

2.2 线上线下结合，推广技术培训

首先，技术培训是示范推广的核心环节，因

此饲养人员将组织定期的养蜂技术培训班，邀请行业专家、学者进行授课，系统讲解蜜蜂四季饲养管理的关键环节和技术要点。培训班将采用理论与实践相结合的方式，确保学员既能掌握理论知识，又能通过实践操作加深理解[6]。

其次，饲养人员还将充分利用网络平台进行线上培训，通过录制教学视频、开设在线课程等方式，将培训内容数字化、网络化，方便更多养蜂户随时随地学习。线上培训还将设置互动环节，鼓励学员提问和讨论，形成良好的学习氛围。

再次，为了提升公众对蜜蜂四季饲养管理技术的认识和兴趣，饲养人员将制作一系列宣传材料，如手册、海报、宣传片等，详细介绍技术的背景、原理、优点和应用效果，这些宣传材料将采用生动、直观的表现形式，便于养蜂户和公众理解和接受。

最后，饲养人员还将利用媒体平台进行广泛的宣传推广。通过电视、广播、报纸、网络等渠道，发布技术介绍、成功案例、专家访谈等内容，提高技术的知名度和影响力。同时，饲养人员还将积极参与各类农业展览、科技论坛等活动，展示蜜蜂四季饲养管理技术的成果和优势。

2.3 政策引导，提供扶持

政策扶持作为推动蜜蜂四季饲养管理技术示范推广的关键驱动力，饲养人员深知其重要性[7]。为此，饲养人员应积极争取并协同政府相关部门，共同出台一系列旨在鼓励养蜂户采用新技术的优惠政策。首先，针对采用四季饲养管理技术的养蜂户，提供直接的财政补贴，以减轻其初期投入的经济压力，增强其采用新技术的信心和动力。其次，与金融机构合作，为养蜂户提供低息或无息贷款，支持其进行技术升级和设备改造，加速新技术的普及和应用。最后，对积极采用新技术并取得显著成效的养蜂户，给予一定的税收减免政策，进一步降低其运营成本，提高其市场竞争力。此外，为激励更多养蜂户学习和应用新技术，饲养人员还应建立科学的奖励机制，通过设立“蜜蜂四季饲养管理技术示范户”“技术创新奖”等奖项，对在技术推广和应用中表现突出的养蜂户给予表彰和奖励，不仅有助于树立典型，推广成功经验，还能激发更多养蜂户的学习热情，形成良好的学习氛围和示范效应。

3 结语

总而言之，蜜蜂四季饲养管理技术的掌握与应用，对于提高蜜蜂养殖效益、保障蜜蜂种群健康具有至关重要的作用。饲养人员通过科学的饲养管理，可以有效应对季节性变化带来的挑战，提高蜜蜂的繁殖能力和生产性能。同时，示范推广工作的深入实施，将进一步推动蜜蜂养殖业的健康发展，为农业生产和人类生活提供更多优质的蜂蜜和蜂产品。未来，饲养人员还应继续加强蜜蜂饲养管理技术的研究与创新，不断完善示范推广体系，为蜜蜂养殖业的可持续发展贡献力量。当然，我国疆域辽阔，不同地方的气候，蜜源植被都有着很大的区别。具体的还得根据当地的实际情况而定，灵活变通。

参考文献

[1] 刘元秋, 马龙祥, 邢士玉, 等. 沂蒙山区中华蜜蜂“沟峪型”保种配套技术[J]. 蜜蜂杂志, 2024, 44（8）: 29-30, 33.

[2] 沈磊. 养蜂四季歌[J]. 蜜蜂杂志, 2023, 43（12）: 24.

[3] 田真杰. 武陵山区中蜂养殖四季饲养管理技术[J]. 蜜蜂杂志, 2023, 43（9）: 42-43.

[4] 姜德成. 黑龙江地区蜂群四季饲养管理要点[J]. 中国蜂业, 2023, 74（3）: 18-19.

[5] 任付珍. 信都区养蜂人刘建国冬跑南方夏走北，一年四季不停步[J]. 蜜蜂杂志, 2023, 43（2）: 43-44.

[6] 樊瑞泉. 探讨中华蜜蜂四季饲养管理技术[J]. 广东蚕业, 2022, 56（2）: 57-59.

[7] 张士泉, 张洪强. 蜜蜂的四季饲养管理要点[J]. 新农村, 2021（8）: 30-32.

（收稿日期：2025-01-20）

行业论坛

畜牧业统计年报数据审核要点与审核方法初探

江浩军[1]，潘志乐[1*]，袁东升[1]，于传军[2]，张　南[2]，杨兆凯[3]

（1.江苏省淮安市动物疫病预防控制中心，江苏　淮安　223001；2.江苏省淮安市淮阴区动物疫病预防控制中心，江苏　淮安　223001；3.江苏省淮安市洪泽区动物疫病预防控制中心，江苏　淮安　223100）

摘要：为确保畜牧业统计年报数据的真实性、准确性、完整性，保障数据上报的及时性，本文依据近年来江苏省畜牧业统计年报审核要求，以江苏省淮安市畜牧业统计年报数据审核实践为例，从查看数据同比、逻辑关系、一致性等方面，对畜牧业统计年报数据审核要点与方法进行了初步探讨。

关键词：畜牧业统计年报；审核要点；审核方法

中图分类号：F326.3　　**文献标识码：**B　　**文章编号：**1007-1733（2026）03-0129-04

根据农业农村部《畜牧业统计调查制度》[1]，畜牧业统计年报是畜牧部门的一项重要工作，畜牧业统计年报数据反映国内畜牧业高质量发展状况，为畜牧业生产形势分析、指导畜牧业生产发展提供重要的数据支撑[2]。该项工作因时间紧、任务重，在填报中容易出现错报、漏报等情况。近年来，江苏省淮安市加强对县（区）畜牧业统计年报数据的审核，明确审核要点，不断完善审核方法，逐步推进数据审核科学化、规范化。

1　审核要点

1.1　畜 101 表 畜牧业生产情况

1.1.1　审核同比异常变化　重点关注基数和绝对量增减较大的县（区）。审核各指标同比变化超±50%。

1.1.2　审核生产性能　通过畜禽的胴体重、单产、能繁母畜比例和出栏率等生产性能指标，重点审核超出理论参考范围的数据。

1.1.3　审核漏报、多报数据　关注去年有存栏今年无存栏且去年基数较大的县区；关注有存栏无产量、无存栏有产量等问题；关注出栏量与肉产量呈反向变化且增减幅度超 20%的地区；关注蛋鸡存栏量、奶牛存栏量与蛋奶产量呈反向变化且增减幅度超 20%的县区。

1.1.4　审核数据编制套算　关注存栏基数较大且与去年数据基本相同的县区。

1.2　畜 102 表 种畜禽场、站情况

1.2.1　审核同比异常情况　关注基数较大且与上年变化幅度较大的地区；关注出场率（出场数/存栏数）同比较大地区。

1.2.2　审核养殖规模异常情况　（1）能繁母猪场均存栏：＜100 头/场，＞5 000 头/场。（2）年出场种畜禽数量过大，＞1.5 万头/场；种公猪站场均存栏低于 30 头。（3）祖代蛋鸡场场均存栏规模应在 2 万～5 万套左右；父母代蛋鸡场，场均存栏不应超过 30 万，超出需要核实。（4）祖代种肉鸡场，出场率（出场数/存栏数）同比超过±10 个百分点需核实；祖代种肉鸡场，场均存栏≤0.5 万套，≥10 万套需核实。祖代种肉鸡场，场均存栏同比超过±10%的需要核实；父母代

*通讯作者：838804643@qq.com

肉鸡场：场均存栏≤1 万，≥50 万需要核实。

1.2.3 审核其他异常情况 关注有场（站）无存栏和无产品数或有存栏、有产品无场（站）；有存栏无出场种畜禽或有出场种畜禽无存栏。

1.3 畜 103 表、畜 104 表 市、县（区）畜牧技术机构基本情况和乡镇畜牧技术推广机构基本情况

1.3.1 人员数量审核 关注有机构无人员情况；关注在编干部数同比超过 20%，职称、学历、离退休人员同比≥±50%的情况。

1.3.2 人员结构审核 除参公单位外，其余各级畜牧技术推广机构均应填报不同学历人员数量和不同职称人员数量，如未填报应予以核实。

1.3.3 审核数据编造套算情况 关注机构数量大于 20 个，且连续 2 年数据完全一致的。

1.3.4 审核同比异常情况 关注站数同比≥±20%，职工总数和在编人数同比≥±20%，职称、学历、离退休人员数据变化同比≥±50%，盈余金额、亏损金额同比≥50%的数据。由于基数较小引起的同比变化过大不在数据异常范围之内。

1.3.5 审核人员工资 重点关注在编职工年平均工资，参考范围：1.2 万元≤工资总额 / 在编职工数≤16 万元。

1.4 畜 107 表 ~ 畜 112 表为年度内畜禽饲养规模情况表

分别为生猪、蛋鸡、肉鸡、奶牛、肉牛、羊及肉鸭的饲养规模情况。

1.4.1 审核数据编造或套算 关注各规模档次均不为 0，连续两年相同或高度相近地区；关注各规模场均存/出栏压线或齐律变化的数据；关注鸡蛋、奶牛各规模档次单产按统一标准套算或齐律变化的数据；关注鸡蛋、奶牛各规模档次两年单产一致县（区）。

1.4.2 审核数据合理性 关注场均存栏＜1 的数据；关注规模以上存、出栏同比增加，但规模比重下降，规模以上存、出栏同比增加超过 50%，但规模比重增长低于 5%的地区；关注奶牛单产≤2 t 或≥10 t，蛋鸡单产≤5 kg 或≥20 kg 的县（区）。

1.4.3 审核数据一致性 重点关注散户退出但规模比重没有上升的县（区）。主要针对猪牛羊禽等主要畜种的存出栏、产量等指标，重点关注以下两类异常情形：（1）总存出栏量下降，但规模以下存出栏量反而增加的县（区）；（2）生产趋势与全省总体方向相反，且同比变化幅度超过 50%的县（区）。

2 审核方法

2.1 畜 101 表 畜牧业生产情况

2.1.1 查看同比 查看各类别畜禽数据同比情况，筛选出同比增减幅度过大或为 0 的数据，对审核中发现数据同比增减幅度超过 20%及同比增减为 0 的，需进行核实，特别是同比达 1000%左右的，核实是否为点错小数点，同比为 0 的是否套用往年数据。

2.1.2 查看能繁殖母畜 黄牛、水牛的能繁殖母畜正常应占其存栏数的 20% ~ 40%，奶牛能繁殖母畜一般占奶牛存栏的 60%左右，合理范围应大于 45%小于 70%；能繁殖母猪约占猪存栏数的 10%左右，正常大于 7%小于 15%；山羊、绵羊能繁殖母畜正常占其存栏的 30%左右。对能繁殖母畜存栏数据过大或过小，超出正常合理范围的进行核实是否有错报或漏报。

2.1.3 查看当年生仔畜 黄牛、水牛当年生仔畜应小于其能繁殖母畜，奶牛当年生仔畜应小于其能繁殖母畜半数。对当年生仔畜数据为 0 和超出能繁母畜的，核实是否存在漏报错报。

2.1.4 查看出栏率 根据畜禽全年出栏数及其存

栏数情况，审核畜禽出栏率（出栏率 = 全年出栏数/存栏数），以江苏省淮安市畜禽出栏率为例：猪 2.0 左右、＜2.5；羊 1 左右，＜1.5；牛 0.3 ~ 0.5，＜0.7；专用型白羽肉鸡 5 左右，＜5.5；专用型黄羽肉鸡 4 左右，＜5；专用型蛋鸡 1 左右，＜1.5；兼用鸡 1.5 左右，＜2；肉鸭 4.5 左右，＜5；蛋鸭 1 左右，＜1.5；鹅 2 左右，＜3；肉兔 2 左右，＜3；雉鸡、鸽、鹌鹑 2 左右，＜3。对出栏率超出以上正常范围的，对当年存栏、出栏情况进行核实。

2.1.5　查看肉、奶、蛋和蜂蜜产量　畜禽肉产量正常范围：以近年来江苏省淮安市为例，黄牛、奶牛、水牛 200 ~ 300 kg/头；猪 70 ~ 90 kg/头；山羊 20 ~ 30 kg/只，绵羊 20 ~ 35 kg/只；专用型蛋鸡 1.2 ~ 1.5 kg/只，专用型肉鸡（白羽）1.8 ~ 2.5 kg/只，专用型肉鸡（黄羽）1.3 ~ 2 kg/只，兼用型鸡 0.9 ~ 1.3 kg/只；鸭 1.8 ~ 2.5 kg/只，鹅 2.5 ~ 3.5 kg/只；兔 1.8 ~ 2.5 kg/只；雉鸡 0.6 ~ 0.9 kg/只，鸽 0.3 ~ 0.4 kg/只，鹌鹑 0.1 ~ 0.15 kg/只。

奶、蛋及蜂蜜产量范围：以近年来江苏省淮安市为例，牛奶产量 3 ~ 7 t/头，专用型蛋鸡鸡蛋产量 10 ~ 14 kg/只，兼用鸡鸡蛋产量 2 ~ 4 kg/只，蛋鸭鸭蛋产量 7 ~ 10 kg/只，鹅蛋产量小于 1 kg/只，鸽蛋产量小于 0.2 kg/只，鹌鹑蛋产量小于 1.5 kg/只；蜂蜜产量 30 ~ 80 kg/箱。

对超出正常范围的数据进行核实，对存栏不为 0 但产量为 0 的核实是否漏报产量。

2.2　畜 102 表 种畜禽场、站情况

2.2.1　查看同比　查看种畜禽场、站数及其年末存栏数等指标同比情况，筛选出同比增减幅度过大或为 0 的数据，对同比增减幅度较大或同比增减为 0 的进行核实，是否错报（如点错小数点）和套用往年数据。

2.2.2　查看逻辑关系　查看种牛场、种猪场、种羊场年末存栏数据与能繁母畜及当年出场种畜禽数据之间逻辑关系是否合理，如果逻辑关系不合理，或个别数据过大或过小，要核实是否错报。重点查看有场（站）无存栏和无产品数或有存栏、有产品无场（站）。有存栏无出场种畜禽或有出场种畜禽无存栏。

查看种公畜站中种公畜年末存栏数与当年生产的精液之间的逻辑关系是否在合理范畴，如猪单产精液正常小于 3 000（份）。

2.2.3　查看一致性　种畜禽场站数、年末存栏数，应当与种畜禽场备案及种畜禽生产经营许可证发放情况关联一致，对不一致的数据进行核实。

2.3　畜 103 表 省、地（市）、县（区）畜牧技术机构基本情况

2.3.1　查看机构情况　有机构一定要有人员情况，查看人员情况是否填写完整。

2.3.2　查看在编人数　有在编人数一定要有学历和职称明细数据，查看是否填写高级技术职称、中级技术职称、初级技术职称的明细数据和研究生、大学本科、大学专科及中专的学历明细数据。

2.3.3　查看数据同比　对各类数据的同比增减幅度过大或同比增减为 0 的，核实是否错报，是否套用上一年度数据。

2.4　畜 104 表 乡镇畜牧兽医推广机构基本情况

2.4.1　查看数据同比　对同比增减幅度过大的，核实是否错报，对同比全部为 0 的（近两年内全部数据完全一致），核实是否套用上一年度数据。

2.4.2　查看逻辑关系　首先要查看填报有在编人数的应当有工资总额，无在编人数的工资总额应

当为 0。其次是对在编人数的工资总额中人均工资过高或过低的情况，以及乡镇畜牧兽医推广机构数量、人员数量的逻辑合理性进行审核。盈余站盈余金额减去亏损站亏损金额应当等于全年总收入减去全年总支出。

2.5 畜 107 表 ~ 畜 112 表 饲养规模情况表

2.5.1 查看数据同比 首先对连续 2 年的全表数据或多项指标数据相同（同比为 0），各类养殖规模场（户）数、存出栏数据连续两年相同或高度相近，或数据变化幅度较大、规模比重变化与总体形势不一致的情况进行核实。其次要注意数据规律变化，多个规模档次存、出栏数压线及数据出现较大整数时，核实是否存在编造数据或套算的情况。

2.5.2 查看数据逻辑关系 在生猪、肉鸡、肉鸭、肉牛、羊饲养规模情况表中，主要审核规模档次的养殖场（户）数和相应年出栏数情况，由于只统计年底存栏数不为 0 的场（户），故其年出栏数应当小于“畜 101 表”对应指标的出栏数。

在蛋鸡、奶牛饲养规模情况表中，重点审核各规模档次场（户）数和相应的年底存栏数、产蛋量、产奶量。注意各规模档次蛋鸡产蛋、奶牛产奶水平，原则上随着规模上升，生产水平应当提高。蛋鸡存栏合计数、产蛋量以及奶牛存栏合计数、产奶量应与“畜 101 表”对应指标数据相同。

2.5.3 查看关联数据一致性 生猪饲养规模情况表中各规模档次的场户数和出栏数应当与生猪规模场直报信息平台中的数据关联一致。已备案管理的畜禽规模场情况应当和畜禽养殖备案数据关联一致。对不一致的数据进行核实。

3 结语

笔者长期从事畜牧业统计监测工作，连续多年参加省级组织的畜牧业统计年报数据审核工作。为做好这项工作，通过学习有关知识、查阅相关资料和多年统计数据，走访各类畜禽养殖场（户）和屠宰企业，系统梳理了数据间的逻辑关系，初步总结出畜牧业统计年报的数据审核要点与方法。近年来，江苏省淮安市加强对县（区）畜牧业年报数据的审核工作，抓住审核要点，完善审核方法，通过查看数据同比、逻辑关系、一致性等方面对畜牧业年报数据进行审核，避免了错报与漏报，提高了畜牧业统计年报数据的真实性、准确性、完整性，畜牧业年报连续多年顺利通过省、部级审核。

参考文献

[1] 农办牧〔2018〕10 号. 农业部办公厅关于印发《畜牧业统计调查制度》的通知[Z]. 2018-02-06.

[2] 何正兴, 田万祺, 徐越, 等. 浅谈畜牧业统计监测工作的实践与思考[J]. 中国畜牧业, 2026（4）: 27-28.

（收稿日期：2026-05-18）

教学研究

产教融合背景下高职动物营养与饲料课程学生评价改革探讨

支 锐[1*]，桂国弘[1]，曹 娟[1]，陈明霞[2]
（1.贵州农业职业学院，贵州 贵阳 551400；2.广东科贸职业学院，广东 广州 510640）

摘要：随着现代职业教育的蓬勃发展，产教融合已逐步成为提升教育质量、培育高素质技术技能人才的核心路径。在这一背景下，作为高职畜牧兽医专业的专业基础课程，动物营养与饲料的教学内容与评价体系亟需进行改革，以适应新时代职业教育的发展需求。本文旨在探讨产教融合背景下，高职动物营养与饲料课程学生评价改革，以期为相关课程的教学改革工作提供借鉴。

关键词：产教融合；学生评价改革；多元化评价体系
中图分类号：G712 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0133-05

现代职业教育发展迅速，产教融合已经成为提高职业教育质量、培养高素质技术技能型人才的必由之路[1]。近年来，国家高度重视产教融合，相继出台了《国家职业教育改革实施方案》《职业教育产教融合赋能提升行动实施方案（2023—2025 年）》《关于深化现代职业教育体系建设改革的意见》等政策文件，为职业教育课程与产业的深度融合提供了坚实的政策保障。这些政策强调以教促产、以产助教，推动职业教育课程紧密对接产业实际需求，及时调整教学内容，强化实践教学环节[2]。

1 现状分析

动物营养与饲料课程旨在培养学生掌握动物营养学的基础理论、饲料营养特性、饲料配方设计以及饲料分析评价技术等方面的知识。该课程既具有理论性，又需要紧密结合生产实际，对学生动手能力和职业素养的提高意义重大。通过调查访谈 10 所开设动物营养与饲料课程的院校发现，目前这门课在教学和考核评价上出现了问题，具体表现在以下方面。

1.1 教学方式偏重理论，缺乏实践

根据调查，约 72%的动物营养与饲料课程时间分配给了理论教学，而实践操作环节仅占 28%。此外，超过 60%的学生反馈，他们在实际操作中遇到的困难往往因为缺乏足够的动手实践机会而无法得到及时解决。这样的教学方法导致学生一般能较好地掌握理论知识，但在将知识应用于解决实际问题时显得力不从心。动物营养与饲料课程虽然是专业基础课，但是本身实践性极强，缺乏实践训练会严重影响学生未来从事相关工作的能力。

1.2 学生评价体系单一

统计显示，在该课程的评价体系中，期末考试成绩通常占总评成绩的 60%～80%，平时成绩（包括作业、课堂参与度等）只占 20%～40%。同时，对学生实践能力的考核往往没有纳入期末总评或占比极低。这种以期末考试为主导的评价

基金项目：2024 年贵州省教育科学规划课题（2024B088）
*通讯作者：292431909@qq.com

方式，容易促使学生采取死记硬背的方式应对考试，而忽视了对学生综合素质的考查。

1.3 课程内容与生产实际脱节

通过对近五年来行业发展趋势与课程内容更新情况的对比分析发现，约 45%的课程内容仍停留在十年前的知识体系，而近五年来动物营养学、饲料配方技术及行业标准等方面的新技术、新工艺和相关的行企标准仅被少量融入教学中。课程内容未能紧跟行业发展的步伐，导致学生所学知识与市场需求之间存在较大差距。近年来，科技进步日新月异，养殖业转型升级快，为更好地服务于行业发展，课程内容亟待更新。

2 产教融育背景下学生评价改革的理论基础

2.1 多元智能理论

多元智能理论由美国心理学家霍华德·加德纳（Howard Gardner）提出，他认为人类具有多种智能类型，比如语言智能、逻辑数学智能、空间智能等。理论强调每个人的智能组合都是独一无二的[3]，因此评价应该多元化，从而全面体现学生的能力和潜能。在产教融合背景下，将该理论应用于动物营养与饲料课程评价中，能够对学生的学习效果和能力水平进行全面客观的评价。

2.2 建构主义学习理论

建构主义学习理论提出，学习是一个主动建构意义的过程。学生不是被动地接受知识，而是在一定的情境中，借助他人的帮助，通过意义建构的方式，运用必要的学习材料，获取知识[4]。该理论强调了学生在学习过程中的主体地位和主动性。在产教融合背景下，将建构主义学习理论应用于动物营养与饲料课程的教学与评价中，可以引导学生主动建构知识、发展能力、形成正确的价值观和职业道德观。

3 产教融育背景下学生评价改革策略

3.1 构建多元化评价体系

在产教融育背景下，应构建多元化评价体系，将平时表现、实训操作、项目报告等多个方面纳入评价范围。

3.1.1 *平时表现* 通过课堂签到、课堂互动、课程任务完成情况等评价学生的学习态度和学习习惯。教师可以通过设置课前任务、课堂讨论、小组汇报等环节，鼓励学生积极参与课堂活动，并根据学生的表现给予评价。

3.1.2 *实训操作* 教师可以设计一系列与课程内容相关的实训操作任务，要求学生在规定时间内完成，并根据学生的操作过程及完成结果给予评价。

3.1.3 *项目报告* 教师可以设定一些与课程内容相关的项目任务，要求同学们以小组合作的方式来完成这项工作，并撰写项目报告。在评价过程中，注重考查学生的团队合作情况、创新思维以及项目完成质量。

3.2 融入课程思政元素

在课程评价过程中融入课程思政元素[5]，将学生的职业道德、社会责任感等纳入评价范畴，引导学生主动建构正确的价值观和职业道德观。围绕本课程特点，尤其着重考虑以下内容：

3.2.1 *绿色、环保原则* 在饲料配方设计、饲料品质检测等实验任务中，强调绿色、环保的重要性，要求学生考虑原料的可持续性和环境影响。在评价过程中，关注学生的环保意识和实践情况，并给予相应的评价。

3.2.2 *动物福利和食品安全* 在饲料配方设计、饲料品质检测等实验任务中，强调动物福利和食品安全的重要性，要求学生关注动物的健康和生产性能，确保饲料的质量和安全。在评价过程

中，关注学生的动物福利意识和食品安全意识，并给予相应的评价。

3.2.3 职业操守和社会责任感 在课程教学过程中，注重对学生职业道德、社会责任感等方面的培养。通过案例分析、专题讲座等形式，引导学生了解行业规范和职业道德要求，树立正确的职业观念和价值观。在评价过程中，关注学生的职业道德表现和社会责任感意识，并给予相应的评价。

3.3 加强校企合作，实现共同评价

通过校企合作，共同培养学生的实践能力和职业素养[5]。在学生评价过程中，邀请企业导师参与学生的实训操作、项目报告等评价环节，根据行业标准和企业需求评估学生成绩[6]。企业参与能够帮助学生对行业发展趋势、市场需求有更好的了解，同时也能够有助于企业选拔优秀的人才。

3.4 利用信息技术手段提高评价效率

利用在线学习平台、大数据分析等信息技术手段，提高评价效率和质量[7]。通过平台记录学生的学习轨迹、作业完成情况等数据，以此分析评估学生的学习效果。

3.4.1 在线学习平台 利用在线学习平台记录学生的学习轨迹、作业完成情况等数据，通过分析对学生的学习效果进行评估。教师依据平台数据，了解学生的学习情况和存在的问题，及时调整教学策略。同时，学生也可以通过平台查看自己的学习进度和成绩情况，及时调整学习计划和方法。

3.4.2 虚拟仿真技术 运用虚拟仿真技术模拟真实工作环境，对学生进行实训操作能力考核。虚拟仿真技术可以帮助学生更加直观地了解实验操作和工作流程，提高其实践能力和职业素养[8]。在评价过程中，教师根据学生在虚拟仿真环境中的表现，给出评估并提出相应的建议。

3.5 开展增值性评价

增值性评价的核心在于量化学生在接受教育前后的变化[9]，这可以通过函数公式来体现其数学逻辑和精确性。除了基本的“增值（V）= 输出（O）– 输入（I）”公式外，还可以根据具体评价需求构建更为复杂的模型[10]。

基于统计模型的增值性评价：如多元线性回归方程，通过引入各种影响因素作为自变量，以学生学业成就为因变量，建立回归模型来评估各因素对增值的贡献，从而更深入地理解教育效果。

基于教育生产函数的增值性评价：将教育投入（如教师质量、教学资源等）作为自变量，学生学业成就作为因变量，构建教育生产函数模型来评估教育投入对增值的影响，为教育资源配置提供科学依据。

基于实践操作的增值性评价：虽然难以直接表示为函数形式，但可以通过设定一系列可量化的评估指标（如课堂参与度、作业完成情况等），并将这些指标量化为具体数值，通过比较不同时间点的指标数值来间接衡量增值。

基于发展性评价的增值性评价：通过构建时间序列数据，分析学生学业成就随时间的变化趋势来评估增值，强调学生的起点和进步过程，为个性化教育和教学改进提供实证支持。

增值性评价模型及其函数公式为动物营养与饲料课程的教学评估提供了一种科学、精确且全面的方法，有助于学生学习成效和成长轨迹有更深入的了解，为教学提高、培养人才提供强有力的支持[11]。同时，通过不断完善和优化评价模型和方法，评价的科学性、实用性还能进一步提高。

4 具体课程内容与评价措施示例

高职动物营养与饲料课程“蛋白质饲料的选用”章节示例。

4.1 评价目标

知识目标：确保学生准确理解蛋白质饲料的分类、营养特征和选用要点。

技能目标：通过鱼粉掺假鉴定的实训项目，学生能够独立完成检测操作。

素质目标：增强学生自我反思、团队合作、沟通表达、职业道德等方面的能力。

4.2 评价内容与方法

4.2.1 理论知识评价 在线测试：利用学习通学习平台，设计涵盖蛋白质饲料分类、营养特征和选用要点的在线测试题，同时增加与产教融合相关的案例分析题。例如，提供企业实际生产中遇到的蛋白质饲料选用问题，要求学生运用所学知识加以分析、解答。学生可自主完成测试，系统自动打分，并对答案解析进行反馈。

自我反思日志：要求学生在学习通上撰写学习日志，记录学习心得和疑惑，教师（含企业导师）给予在线点评和反馈。

4.2.2 实践能力评价 与饲料企业合作，设定真实的鱼粉掺假鉴定实训项目。企业提供实际样品和检测标准，学生分组进行实训操作。学生分组进行鱼粉掺假鉴定实训，并录制实训过程视频。视频需包含关键步骤和操作细节，便于后续评价和复习。

在线同伴互评：学生在学习通上相互观看实训视频，根据评价标准进行同伴互评，给出具体评分和建议。

教师（含企业导师）在线评价：教师根据实训报告和线上展示内容，给出专业评价和建议。

4.3 结果分析与反馈阶段

教师通过对平台数据进行分析，得出学生表现情况，及时向学生反馈评价结果，提出改进建议和鼓励措施。学生根据反馈结果，制定后续学习方案，提升学习效果。以某班级学生数据为例：班级总人数为 45 人，学生编号为 S01 至 S45。以下是对其中几位学生（以 S01、S05、S15、S25、S30 为例）在评价体系中的表现说明（表 1）。

表 1 评价体系实例

学生编号	在线测试（100 分）	点评日志（10 分）	实训项目评价（20 分）	总分（130 分）	增值评价
S01	90 案例分析题得分高，理论结合实际能力强	9 分析准确，方案可行	18 操作规范结果准确	117	+15 进步显著
S05	85 案例分析题得分中等，对企业实际了解不够	7 分析基本准确，但深度不足	16 操作熟练，结果分析有所欠缺	108	+10 团队合作方面有明显进步
S15	88 案例分析题得分较高，思路创新	8 分析全面，能提出创新思路	19 操作规范，结果准确，有改进建议	115	+12 在结果分析方面有了显著提升
S25	78 案例分析题得分较低，理解不够深入	6 分析不够深入，了解不足	14 操作基本熟练，结果分析有偏差	98	+8 在理论知识理解和应用上有进步
S30	92 案例分析题得分最高，理论结合实际能力强	10 分析准确深入，解决方案切实可行	20 操作规范，结果准确，有创新性改进建议	122	+18 在各方面都有显著进步，特别是创新能力

5 结语与展望

通过构建多元化评价体系、融入课程思政元素、加强校企合作以及利用信息技术手段等措施，能够更全面客观评价学生，引导学生主动建构知识、发展能力、形成正确的价值观和职业道德观。未来将继续深化教学改革，探索更多创新的教学模式和评价方法。

参考文献

[1] 杨善江. 产教融合：产业深度转型下现代职业教育发展的必由之路[J]. 教育与职业, 2014（33）: 8-10.

[2] 石伟平, 郝天聪. 产教深度融合校企双元育人——《国家职业教育改革实施方案》解读[J]. 中国职业技术教育, 2019（7）: 93-97.

[3] 刘素婷. 论多元智能理论对职业教育的启示[J]. 教育与职业, 2006（6）: 6-8.

[4] 温彭年, 贾国英. 建构主义理论与教学改革——建构主义学习理论综述[J]. 教育理论与实践, 2002（5）: 17-22.

[5] 徐宇, 陈科奇. 课程思政理念融入高职创新创业课程评价的体系构建[J]. 湖北开放职业学院学报, 2022, 35（21）: 17-19.

[6] 孙晨明, 徐亚亚, 朱永, 等. 高职院校专创融合课程教学考核评价机制优化策略[J]. 现代职业教育, 2024（28）: 101-104.

[7] 侯国强. 新时代教育评价改革背景下高职院校课程评价改革研究[J]. 鹿城学刊, 2023, 35（4）: 44-47, 58.

[8] 陈治坤. 新时代高职课程评价改革的现实意义、基本理念和实施策略[J]. 广西教育, 2022（18）: 84-88.

[9] 龚雄涛, 胡昌杰, 王亮. 高职教育在线开放课程评价体系构建研究[J]. 职业技术教育, 2022, 43（14）: 56-61.

[10] 阚宝朋, 曹顺, 杜梓平. 学习过程的增值性评价在高职课程中的应用研究[J]. 现代职业教育, 2024（4）: 141-144.

[11] 邹敏, 谭顶良. 学生发展性学习评价模型的理论建构[J]. 教育测量与评价（理论版）, 2014（10）: 4-8.

（收稿日期：2024-12-28）

基于过程管理提升非全日制研究生培养质量探讨

——以兽医硕士为例

盛艳萍[1]，高 宇[2]，李 超[3]，商营利[3]，李显耀[2*]

（1.山东农业大学科技处，山东 泰安 271018；2.山东农业大学动物科技学院，山东 泰安 271018；
3.山东农业大学动物医学院，山东 泰安 271018）

摘要：非全日制研究生教育是我国专业学位研究生教育的重要组成部分，在高层次应用型人才培养中扮演着重要角色，但其培养质量保障机制仍待完善。本文以兽医硕士为例，提出非全日制研究生教育中存在的主要问题：课程学习时效难以保证、学位论文质量难以保障、社会认可度偏低。基于过程管理，从课程设置、教学实施、课题研究、论文答辩等关键环节提出质量提升对策，以期为构建非全日制研究生培养质量保障体系提供实践参考。

关键词：非全日制研究生；过程管理；培养质量；兽医硕士

中图分类号：G643 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0138-04

非全日制研究生教育是我国研究生教育的重要组成部分。根据《专业学位研究生教育发展方案（2020-2025）》，到 2025 年专硕招生规模将占硕士总规模的 2/3，非全日制研究生作为专硕的重要形式，招生规模随之增长。

从 1985 年试点到现在，历经 30 多年的发展，非全日制研究生教育已形成覆盖兽医在内的多学科领域的培养格局，为我国社会发展培养造就了大批高层次专门人才[1]。教育部 2023 年发布的数据显示，非全日制硕士专业学位研究生的招生规模约占专业学位研究生总招生数的 12%。

教育部办公厅等五部门在《关于进一步做好非全日制研究生就业工作的通知》中指出，发展非全日制研究生教育，是促进我国学习型社会建设、构建服务全民终身学习教育体系的重要举措，有利于加快培养高层次创新型、复合型、应用型人才[2]。

近年来，随着非全日制研究生招生规模的不断扩大，其教育模式已成为我国研究生教育体系的重要一环。然而，在非全日制专业研究生规模迅速增长的同时，其培养质量却难以得到有效保障，对我国研究生总体教育质量的提升产生了不利影响。因此，本文重点分析非全日制研究生教育存在的主要问题，并基于过程管理提出提升非全日制研究生教育质量的有关对策，不仅有助于精准识别当前教育体系中的薄弱环节，也为建设教育强国，推动教育创新提供坚实依据。

1 非全日制研究生教育存在的主要问题

1.1 课程学习时效难保证

非全日制研究生教育的核心问题源于“在职攻读”这一特殊性。非全日制研究生主要招收定向在职人员，他们一边要保证工作的顺利进行，一边要尽力完成学业，部分人员还要照顾家庭，

基金项目：山东农业大学研究生教育教学改革研究项目“基于过程管理的非全日制专业学位硕士研究生培养质量保障体系构建——以兽医硕士为例”（2022JG006）

*通讯作者：xyli@sdau.edu.cn

课程学习时间和质量难以保障。对此，大多数高校采取集中授课方式。集中授课学生 1 周要学完 6、7 门课程，一天要上 10 多个小时的课程。教师为了赶进度，压缩学时；学生课程多，没法及时消化吸收，教学质量难以保证[3]。另外，部分课程采用在线修读方式，学生与老师不能面对面交流，难免影响教学质量。

1.2 学位论文质量难以保障

非全日制研究生在时间和精力投入相对较少的情况下，与导师沟通欠缺，导致论文写作存在诸多困难，论文质量往往难以保障。张伟等人的研究进一步揭示，非全日制研究生在论文写作过程中主要面临选题困难、写作时间短、书面表达能力弱、师生沟通不足、理论深度欠缺、创新创意不足等多重挑战[4]。这些质量问题不仅反映了非全日制研究生学术训练的系统性不足，更深层次地暴露出当前培养体系中质量保障机制的不完善，包括开题论证形式化、过程监管松散、评价标准模糊等关键环节的效能缺失。以某年笔者所在学院的兽医硕士为例，申请参加答辩的非全日制兽医硕士一共有 18 人，其中未通过论文相似性检测的有 2 人，占比 11.11%，而全日制硕士不通过率为 0；在学位论文的双盲评审中，结果为 C（不同意答辩）的，非全日制兽医硕士有 3 人，占比 18.75%，而全日制兽医硕士仅为 4.00%。

1.3 社会认可度偏低

虽然教育部通知要求非全日制和全日制研究生的培养坚持同一质量标准，但受传统观念影响和实际情况所限，客观上导致部分非全日制研究生的培养质量与全日制研究生存在一定差距。孙浩原指出这种差异直接影响了社会对非全日制研究生的认可度，不仅体现在公众对其学历价值的认知层面，更反映在毕业生就业过程中能否获得与全日制研究生同等的待遇[5]。根据中国教育在线编制的《2021 年全国研究生招生调查报告》，超过八成的非全日制研究生都因为学历在就业过程中受到过歧视。毛甜等人据此提出“多元型培养模式”，强调在非全日制研究生培养过程中，除重视专业能力培养之外，还需对其思维表达能力、人格魅力、道德修养、价值观念等方面进行全方位的培养[6]。该模式旨在通过多维能力塑造，缩小两类研究生培养质量差距，推动非全日制研究生教育内涵式发展。

现有研究多聚焦单一环节，缺乏从“课程设置—教学实施—课题研究—论文答辩”全流程的过程管理研究。特别是在兽医等专业学位领域，如何将行业需求融入培养过程、建立动态质量监控机制，仍缺乏系统性解决方案。

2 基于过程管理的提升非全日制研究生教育质量对策

本研究以兽医硕士为例，基于过程管理提出加强非全日制专业学位硕士研究生教育的对策，以期对提升非全日制研究生教育质量提供借鉴。

2.1 优化课程体系，打好专业基础

课程设置是研究生专业能力培养的基石。非全日制兽医硕士研究生可能有不同的工作背景和知识技能需求，在选课环节应充分考虑这一特点。首先，学位点在制定培养方案时，课程设置除专业基础课程外，应充分考虑兽医各研究方向的知识储备需求，选修课中应涵盖所有研究方向的课程。增加实践课程的比重，以提高研究生解决实际问题的能力，为后续的学习和工作打下坚实的专业基础。还可增设案例课程，将企业实践案例分析纳入选修课程，使学生所学知识与行业需求无缝对接。

其次，导师在指导研究生选课时，应根据研究生的工作方向和职业发展规划，引导他们选择与实际情况相适应的课程，有需要时可以跨专业选课。例如，对于在动物养殖企业工作的研究生，可以建议他们选修部分畜牧专业的课程，如动物营养与饲料、动物繁殖学等，有助于其解决工作中遇到的养殖技术难题；对于从事动物疫病防控工作的研究生，推荐选择兽医病理学、兽医免疫学等相关课程，增强其疫病诊断和防控能力。选课环节实行导师指导-审核制，即导师在选课前指导研究生选修哪方面的课程，选课后再审核研究生所选课程，确保研究生所选课程兼顾专业基础与实践应用，并与本人实际工作情况相结合。

2.2 创新教学模式，严控教学质量

考虑到非全日制兽医硕士研究生工作与学习时间冲突的问题，可以采用“线上线下融合、集中分散结合”的教学模式。线上教学可利用各种直播平台，让学生随时随地都能学习课程内容。对于一些理解吸收难度较大的课程，可录制高质量的线上教学视频，方便研究生反复观看学习；对于重点和难点内容，通过直播课程进行实时讲解和答疑，增强师生之间的互动交流。线下教学可安排在寒暑假或集中几周时间，开展临床技能实训、案例研讨等实践教学。线下教学注重实践操作和案例分析，教师在课堂上可结合实际的兽医临床案例，引导研究生进行讨论和分析，培养学生的临床思维和动手能力。

同时，还应加强对线上线下教学质量的监控，建立教学质量反馈机制，每门课程结束后，研究生需对教学内容、教学方法、教师教学水平等方面进行评价，评价结果作为教师教学质量考核的重要依据。学校和学院定期组织教学督导对线上线下课程进行听课检查，及时发现并解决教学过程中存在的问题，确保教学质量。

2.3 规范选题流程，质量把关前移

研究课题的选择直接关系到研究生的研究方向和成果质量。在非全日制兽医硕士研究生选择课题时，实施“双导师联合把关制”。校内导师从学术规范角度指导选题方向，行业导师基于企业需求提供实践建议，帮助学生确定既具有一定学术深度又有实践价值的课题。例如，随着养殖业规模化、集约化发展，有效的动物疫病防控技术或药物研发是行业关注的焦点，导师可引导研究生选择相关课题。

同时，实行开题答辩审核制度，要求研究生在开题前进行充分的文献查阅，撰写详细的开题报告。学院组织研究生进行开题答辩，专家进行严格评审并提出修改建议。评审专家应至少包含 1 名副高级及以上职称的兽医行业人员。只有通过评审的课题才能进入研究阶段，以此将培养质量把关前移，避免研究生在研究过程中走弯路，走不通路，确保研究工作的顺利开展。

2.4 定期检查课题，完善过程监控

在非全日制兽医硕士研究生课题研究过程中，建立定期检查制度。除了必需的开题、中期检查、预答辩等关键节点，导师组可定期组织会议，要求研究生汇报课题研究进展情况，包括已完成的研究内容、取得的阶段性成果、遇到的问题及解决方案等。导师根据学生的汇报情况，对研究过程进行指导和调整，及时发现并解决存在的问题。

加强师生之间的沟通交流，除了定期的课题检查外，导师应主动与学生保持联系，了解学生的学习和工作状态，可通过电话、微信、邮件等多种方式进行沟通。同时，可建立学生之间的交

流平台，如学习小组、学术论坛等，促进学生之间相互学习和交流。学生在交流过程中，能够分享研究经验，拓宽研究思路，取长补短，共同提高研究水平。

2.5 严格答辩程序，确保论文质量

论文答辩是研究生培养的最后一个关键环节，论文质量是衡量研究生培养水平的核心指标，严格的答辩程序是确保论文质量的重要保障。在非全日制兽医硕士论文答辩前，要严格执行论文相似性检测和双盲评审制度，论文相似性检测重复率一般控制在 20%以内（不同院校可根据学科特点调整），重复率超标的论文不予参加后续答辩程序。双盲评审可通过平台或邮件，将论文送给校外同行专家对论文进行评审，提出修改意见和是否同意答辩的建议。正式答辩前，课题组内可组织预答辩，对于发现的问题要求研究生认真修改后方可参加正式答辩。

答辩过程中，组建专业的答辩委员会，答辩委员会成员应由副高级及以上职称人员组成，至少应包含 1 名兽医领域的行业导师，从学术规范与创新性、应用价值等维度进行综合评价，确保每一篇学位论文达到相应的质量标准。答辩不通过者予以延期毕业。延期毕业的研究生再次申请答辩时，需要从最初的答辩资格审核开始走流程，不能直接参加答辩。

3 结语

非全日制研究生教育作为我国研究生教育的重要组成部分，在培养高层次专业人才、推动学习型社会建设等方面发挥着重要作用。然而，当前非全日制研究生培养质量存在不容忽视的问题，以兽医硕士为例，通过基于过程管理的一系列措施，可以有效提升非全日制硕士研究生的培养质量。在未来的非全日制研究生教育中，各培养单位应持续关注培养过程中的问题，不断优化培养方案和管理措施。同时，社会各界也应进一步提高对非全日制研究生教育的认可度，为非全日制研究生创造更加公平的就业和发展环境，共同推动我国非全日制研究生教育事业的健康、可持续发展。

参考文献

[1] 陈闻, 王现彬, 李久东. 非全日制研究生教育质量保障体系的完善—基于全面质量管理的思考[J]. 广西师范大学学报: 哲学社会科学版, 2014, 50（6）: 131-137.

[2] 教育部办公厅等五部门. 关于进一步做好非全日制研究生就业工作的通知（教研厅函〔2019〕1 号）[EB/OL].（2020-02-14）[2025-06-03]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/s7065/202002/t20200214_421068.html.

[3] 张宏伟, 王新环, 荆鹏辉. 非全日制研究生线上线下混合式教学模式研究[J]. 电气电子教学学报, 2021, 43（5）: 24-28, 29.

[4] 张伟, 张潇, 喻天舒. 非全日制专业学位硕士培养及论文质量保障研究[J]. 当代教育理论与实践, 2020, 12（1）: 118-123.

[5] 孙浩原. 非全日制教育硕士研究生教育质量评价实证研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2023.

[6] 毛甜, 唐新生. 非全日制研究生多元型培养模式探讨[J]. 大学, 2021（42）: 46-48.

（收稿日期：2025-06-10）

数智时代解剖学“三阶四维”立体化教学体系构建与实践

邱建华[1,2†]，邱 杨[3†]，李 宁[1,2]，马兰婷[1,2]，李 超[1,2]，张 晓[1,2*]，蔡玉梅[1,2*]
（1.山东农业大学动物医学院，山东 泰安 271017；2.山东省人兽共患病重点实验室，山东 泰安 271017；3.山东省泰安第二中学创新年级，山东 泰安 271000）

摘要：解剖学是研究生物有机体的形态结构及其规律性的科学，是医学和生物学科的主干基础课程。近年来，传统的解剖学教学模式及其配套的教学资源不能适应数智时代人才培养的需要，研究团队以学生为本，开展联合攻关，多方筹措教学资源，构建基础认知（解剖基础）→创新实践（实地解剖/手术模拟）→临床关联（病例分析）“三阶递进”能力培养模式，探索“实体标本、数字系统、临床案例、科研反哺”四维教学资源途径，搭建“三阶四维”立体数智教学体系。该教学模式有力缓解教学资源不足的问题，对解剖学及生物类课程教学起到示范效应，为课程教学模式创新、课程建设与教学资源优化提供参考，为人工智能时代高水平人才培养奠定基础。

关键词：解剖学；教学体系；教学资源；立体化；信息化
中图分类号：G642 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0142-03

解剖学属于生物学范畴，是研究生物有机体各器官组织正常形态构造、位置关系及其发生发展规律的科学，动物解剖学不仅是生物学的基础学科，更是连接生物学各学科各领域的桥梁和纽带。作为生物学科的重要组成部分，解剖学与生理学、遗传学、生态学、演化论等紧密相连，共同支撑起生命科学的完整认知[1-2]。解剖学教学质量直接影响生命科学专业及畜牧兽医类人才培养水平。然而，该课程具有内容多、知识点繁杂、枯燥难学的特点，同时，该课程更是实践性很强的学科，许多内容与生产生活实践密切相关，需要通过实地解剖等实践操作增强学生对抽象构造的认知，以便于知识点的掌握[3-4]。传统的解剖学教学模式，一般是在课堂理论教学后适时开展实地解剖或标本观察，增强学生对复杂解剖构造的认知。近年来受实验动物价格高、经费紧张等因素影响，适时开展实地解剖变得不现实；况且由于多年使用，多数标本破损、形态结构失真；实地解剖动物存在生物安全风险，福尔马林浸泡标本影响师生健康；标本存放地点固化，应用场景有限；标本使用频次不明，使用效能不高，以上系列问题制约课程教学实施。

因此，立足新农科建设需求，以解决教学资源短缺与教学实践脱节为突破口，构建“实体标本研发—数字资源开发—科研及临床案例反哺”三位一体的立体化教学体系，是解决当前困境促进教学质量提升的必由之路。

1 “三阶四维”立体化教学体系的构建

1.1 教学体系构建意义

作为生命科学、动物科学、动物医学主干课程，解剖学教学质量直接影响后续课程的教学效果以及人才培养水平。本教学体系围绕人才培养这一中心议题，以学生为本，以问题为导向，着力解决制约教学资源不足、应用场景有限等问题，积极开展资源库建设，探索信息化管理模式，构建数智时代解剖学“三阶四维”立体教学体系，以信息化赋能卓越人才培养，为服务畜牧业乃至生物产业健

基金项目：山东农业大学教学改革研究项目：新农科背景和信息时代下动物解剖学教学模式创新与实践（XM2023018）
†共同第一作者 *通讯作者：tzhangxiao@sdau.edu.cn；caiyum@163.com

康可持续发展提供山农方案。

1.2　顶层设计及构建过程

研究团队紧紧围绕教学资源这一核心问题，注重加强标本室建设，积极拓展教学资源，赋能解剖学课程教学及管理模式构建。

1.2.1　成立工作专班，大力推进标本室建设　针对教学资源情况、教学现状以及原有教学模式，专门聘请校内外专家老师指导，成立联合研究团队，由专职教师负责教学资源库建设，并与校内外专家老师、实验室管理老师、研究生、本科生等组成工作专班，全程跟进学科建设及资源库建设。

1.2.2　开展技术攻关，实现资源短缺的系统性破局　工作组以骨干教师为主导开展技术攻关，研发新型材料用于骨骼关节、血管神经、内脏器官、微细组织结构的制作与展示，采用新型工艺用于生物材料制作、组织黏合、连接固定、显色保存等，研制出门类齐全的高保真标本。针对传统标本破损问题，课程组老师集思广益，对损毁结构实施创新性修复，实现创新性突破。采用引进与研发相结合的方式，适当购置特色新型标本，提升标本耐用程度和实用性，促进教学资源的优化配置。

1.2.3　适时开展实地解剖、拓展合作单位，立体化破解教学瓶颈　根据教学进程适时进行实践教学，让学生模拟临床实践和外科手术开展实地解剖，要求学生掌握常见外科手术器械的使用规范，模拟手术路径开展解剖操作，在实操中掌握解剖结构，建立解剖—临床联合培养体系。同时，依托教师的科研课题研究与生产企业指导环节，积极拓展合作企业，构建产教融合教学资源转化机制，拓展教学素材来源。

1.2.4　构建“三阶四维”立体化教学体系　根据人才培养方案，循序渐进打造立体化教学体系，首先，加强对有机体的基本组织器官形态特征的认知，夯实解剖学结构基础；其次，通过实地解剖模拟临床实践，在病理剖检、临床诊断及外科手术中培养学生创新实践能力，提升学生专业素养；最后，在开展科学研究和行业企业生产指导过程中，注重搜集临床病例进行病理分析，不仅丰富临床实践经历，还能促进理论与临床实践的有机融合。通过上述环节，创新构建基础认知（解剖基础）→创新实践（实地解剖/手术模拟）→临床关联（病例分析）“三阶递进”能力培养模型。拓展“实体标本、数字系统、临床案例、科研反哺”四维教学资源途径，探索搭建“三阶四维”立体数智教学体系（图 1）。

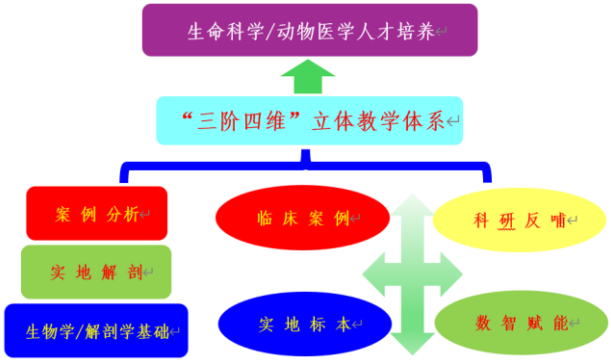

图 1　“三阶四维”立体教学体系赋能人才培养

综上所述，本研究聚焦人才培养，以学生为中心，以学科建设为依托、以问题为导向，全力打造“三阶四维”立体教学体系，破解传统教学瓶颈，推动教学资源信息化建设，提升教学管理效能，夯实临床诊疗与疾病防控的解剖学基础，为高水平生命科学/动物科学/动物医学人才培养提供坚实学科支撑。

2　教学体系建设成效

依托标本技术攻关、教学科研融合等形式，本研究团队积极拓展教学资源途径，构建“实体标本研发—数字资源开发—科研及临床案例反哺”三位一体教学体系，对解剖学教学起到很好的推动效应。

2.1　教学资源更加优化

教学研究期间采用新型材料、新工艺，形成的新标本形态结构更逼真，而标本保存试剂福尔马林的使用及残留量减少 80%，标本保存周期从 3 年延长至 10 年，标本着色辨识度提升 50%，维

护成本降低 40%。实体标本的数字化建设构建了“实体标本—数字孪生”双轨管理系统，标本使用效能提升 3 倍。依托教师的教学科研和生产指导工作拓展标本素材来源，年均转化 30 份生物组织为教学素材，教学素材库进一步丰富，显著改善实验教学条件，有力促进解剖学教学。

2.2 实现产教融合与科教协同

学生跟随老师开展科学研究及大学生创新创业计划项目期间，在完成各项科研任务基础上，学生进行“剖检/屠宰分割/组织分级鉴定”操作，学习解剖知识，实现理论知识与临床实践有机结合，夯实生物科学及解剖学基础，促进区域性共建共享和“产教融合、科教协同”。与此同时，实体标本实现数字化转变，建立了四维资源体系，涵盖四个环节，即实体标本（年均新增 50 件）、数字系统（AR/VR 覆盖）、临床案例（对接行业企业收集案例）、科研反哺（产学研融合发展）。建立的“三阶四维”数智化教学体系实现教学资源管理和教学模式的生态化重构。

3 教学特色与创新

本教学体系紧紧围绕人才培养这一核心目标开展教学研究及管理模式探索，以适应生命科学及动物科学/动物医学类专业人才培养需要，实现学科建设和教学模式创新。

3.1 理论创新

构建“四维协同”教学资源生态理论及“三阶递进”能力培养模式。研究团队构建的实体标本库解决基础认知需求，新构建的数字标本库实现临床场景延伸，建立起“实体标本库”与“数字标本库”的“基础层—拓展层”的生态互补模式，形成实体标本、数字系统、临床案例、科研反哺的“四维协同”教学资源生态理论。构建基础认知（解剖基础）→创新实践（实地解剖/手术模拟）→临床关联（病例分析）“三阶递进”能力培养模式。

3.2 标本研发与使用场景优化

突破技术壁垒，研发新型材料、采用新型工艺制作的高保真标本，使标本更逼真，福尔马林使用及残留量减少，保存周期延长，建立绿色安全教学环境。标本资源及实地解剖、模拟手术等实训过程实现数智化转换，拓展应用场景，降低生物安全防控压力，最大程度保护师生健康。

3.3 模式重构赋能质量保障体系

构建“校内使用—企业反哺”教学素材资源循环链和“标本智能调度系统”，标本周转率大幅提升。教学实施过程中设定全方位全过程评价指标，对标本使用效能、数字资源访问、临床转化能力以及学生反馈等环节进行评估，构建“四维评价”质量保障体系，确保教学运行正常进行。

4 小结

本研究成果适用于高等农林及各类院校的生物学/解剖学教学，既节约大量教学经费，又提高人才培养质量，满足不同层次不同学科专业人才培养的需要，具有极高推广价值和社会价值。本研究秉承“以学生为本、以学科建设为依托、以问题为导向”的教学理念，精准突破教学瓶颈，实现标本资源的系统性破局、实践教学瓶颈的立体化破解、教学模式的数字化/生态化重构，促进教学资源和教学管理的信息化，提升了教学效能，为临床诊疗与疫病防控技术学习筑牢生物学/解剖学根基，为高素质人才培养提供坚实支撑，为山东生物产业/畜牧业健康可持续发展提供参考。

参考文献

[1] 尹逊河, 李福宝, 程怀江. 家畜解剖学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2002.

[2] 陈耀星. 畜禽解剖学[M]. 4 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2023.

[3] 陈耀星. 畜禽解剖学[M]. 3 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2010.

[4] 李新红. 综合性大学农科动物解剖学课程教学改革与实践[J]. 高等农业教育, 2016（4）: 97-99.

（收稿日期：2025-11-06）

发展科学社会主义对兽医专业硕士教育的影响

李 帆，李方正，邹 玲*，王建琳*
（青岛农业大学动物医学院，山东 青岛 266109）

摘要：马克思主义理论教育是我国大学生文化教育的必修学科，科学社会主义是马克思主义的核心内容和最终归宿。在遵循以马克思主义理论为基础，扎根于科学社会主义实践背景下的兽医专业，必须与之牢牢结合，紧紧依靠。本文通过介绍科学社会主义的理论核心与价值观等，探讨发展科学社会主义对兽医专业硕士的教育理念、培养方式、课程设置、教育方法及社会实践等多方面影响，列举在发展科学社会主义的指引下，兽医专业硕士培养过程中的具体举措和涌现出的先进典型，以实证方式揭示发展科学社会主义对兽医专业硕士教育的积极推动作用，可有效提升兽医专业硕士教育质量，从而更好地保障动物健康、保障公共卫生安全、促进行业健康发展，更有利于培养兼具专业技能与社会责任感的兽医专业人才，为兽医行业以及整个社会的发展注入源源不断的动力。

关键词：科学社会主义；兽医专业硕士；教育
中图分类号：G643　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1007-1733（2026）03-0145-04

科学社会主义，是关于无产阶级解放条件的学说。马克思和恩格斯运用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，在批判空想社会主义的基础上[1]，深刻揭示了人类社会发展规律及资本主义经济运动的规律，使空想社会主义变为科学社会主义。科学社会主义不仅是一种理论体系，更是一种实践指导，它不是一成不变的教条，而是在实践中不断发展和完善的。中国特色社会主义就是科学社会主义在中国的新发展，证明了科学社会主义的理论正确性和强大生命力。

1　科学社会主义的价值观

“科学社会主义价值观”是党的二十大报告提出的原创性概念，也是科学社会主义和国际共产主义运动在当代的重要理论成果[2]。其内容主要包括追求社会公平正义、实现人的自由全面发展、全体人民共同富裕以及最终实现共产主义理想社会等。科学社会主义价值观并不是固化的事物，它在理论批判中完成出场，在马克思主义中国化的革命与建设过程中实现中国化实践转场[3]。以毛泽东同志为主要代表的中国共产党人丰富和发展了科学社会主义价值观，提出了许多重要论述，实现了科学社会主义价值观的中国化实践转场[4]。习近平新时代中国特色社会主义思想则在中国式现代化的实践进程中，实现了科学社会主义价值观与中华优秀传统文化的价值融通，促进了新时代科学社会主义价值观的赓续与发展，开辟了科学社会主义价值观的中国化新境界[5]。

2　发展科学社会主义的必要性

近代史初期，我国的社会性质完成了由新民主主义向社会主义初级阶段的转变，1982 年由邓小平同志首次提出“走自己的道路，建设有中国特色的社会主义”，自此开启了中国沿着中国特

基金项目：山东省研究生优质教育教学资源项目（SDYKC2024109）；山东省教研项目（Z2024204）；青岛农业大学 2022 年课程思政示范课程建设（43）；青岛农业大学研究生优质教育教学资源项目（QNYKC2303）；青岛农业大学研究生课程思政项目（QNYKCSZ2305）；青岛农业大学研究生教育教学改革研究项目（QNYJG2313）
*通讯作者：815156518@qq.com；jlwang77@126.com

色社会主义道路蓬勃发展的伟大历程[6]。中国式现代化是中国特色社会主义在实践中的生动体现，推动中国特色社会主义不断向前迈进。中国特色社会主义是科学社会主义基本原则同中国具体实际相结合的产物，科学社会主义为中国特色社会主义提供了根本的理论基础。同时，科学社会主义的先进本质为构建中国式现代化提供了基本遵循。科学社会主义价值观的本质要求，也在中国式现代化的形成与推进中奠定了理论前提和思想基础。中国式现代化始终遵从“科学社会主义理论逻辑和中国社会发展历史逻辑的辩证统一”，其生成与推进以开创性的实践成就力证了科学社会主义的科学性和生命力[7]。

3 科学社会主义对兽医专业硕士教育的影响

3.1 对兽医专业硕士教育目标的影响

3.1.1 全面发展和服务社会 科学社会主义的出发点和落脚点都是为了实现人民的幸福，致力于关注人民在各方面的需求是否得到满足，提高人民的生活水平，追求“各尽其能”“各取所需”“每个人自由全面发展的”共产主义社会[8]。在教育目标设定上，兽医专业硕士教育积极响应人的全面发展与社会服务的理念。这使得兽医教育不仅仅局限于学生专业技能的训练，而且更加着重培养学生的社会责任心，鼓励他们积极投身到动物福利保障和公共卫生事业中去。这种转变不仅提升了学生的综合素质，还使他们能够更好地服务于社会，为和谐社会和国家发展做出贡献。例如，青岛农业大学兽医学专业的实践团成员积极联合青岛市动物疫病预防控制中心、莱西市农业农村局姜山镇动站，创新服务模式，开展“汪汪行动”乡村行——狂犬病预防接种知识普及志愿服务活动，为村民家犬免费注射狂犬病疫苗，成功搭建起狂犬病免疫的移动服务站[9]。他们不仅帮助村民降低了狂犬病患病概率，有效预防了狂犬病的传播，同时也保障了动物健康。这种实践活动不仅让学生将所学知识应用于实际工作中，还让他们深刻体会到了为社会服务的价值和意义。

3.1.2 科技创新，推动生产力 科学社会主义本身就是在不断创新中发展的理念体系，科技创新是推动生产力发展的关键力量[10]。例如，通过基因编辑技术的应用，在科研项目中引导学生深入学习和应用基因编辑技术，探索动物基因编辑在改良动物品种抗病能力、提升养殖性能等方面的应用。如英国研究人员编辑鸡生殖细胞中的 anp32a 基因[11]，培育出对禽流感有部分抵抗力的新品种鸡，减少了禽流感从野鸟向家禽的传播风险，促进了家禽养殖业的健康发展。科学社会主义思想内涵在不同历史阶段、不同国情背景下的拓展与创新，使其始终保持强大的生命力和对实践的指导力。

3.2 对兽医专业硕士课程规划的影响

科学社会主义理论源于对社会发展规律的深刻洞察，但最初多是一般性、原则性的构想。当与实践相结合时，能够促使各个领域依据理论指导有序发展，并且相互协调配合。在课程规划上，在兽医专业硕士教育的课程规划中充分体现了科学社会主义重视理论与实践的紧密结合的思想。兽医专业教育不仅重视培养学生扎实的理论基础课程，更专注于锻炼学生的实践能力，以确保学生能够将课本所学的固定化知识灵活应用于实际工作中。这种理论与实践相结合的教学方式不仅提升了学生的专业技能水平，还培养了他们的实践能力和创新能力。例如，在兽医专业硕士课程设置中，既有动物免疫学专题、动物高级病理学等专业基础理论课程，也有动物临床诊疗专题、动物疫病防控专题等实践课程，多门课程相互衔接，融会贯通，使知识形成整体。

兽医硕士专业学位是面向各级畜牧兽医工作

站、畜牧生产企业、国家动物卫生、兽医卫生监督、动物药品生产与管理、动物检疫等部门，培养从事兽医资源管理、技术监督、市场管理与开发、兽医临床工作和现代化兽医业务与管理的应用型、复合型高层次人才[12]。临床实训是兽医专业硕士培养的重要环节，为了使培养的学生能更好地满足社会需求，青岛农业大学兽医专业硕士明确要求具有不低于半年的临床实训；任课教师积极进行教学改革，将临床案例引入课堂教学，多门课程获批“山东省优质专业学位教学案例库”和“青岛农业大学优质专业学位教学案例库”称号。实训期间，学生在资深临床专家的指导下完成，不仅巩固了理论知识，还积累了宝贵的实践经验。这种理论与实践相结合的教学方式让学生更加深入地理解了兽医学的精髓，为他们未来的职业生涯奠定了坚实的基础。实践过程是理论的应用与升华，用所学知识去解释临床现象、指导临床疾病的诊断与防控；科学研究与创新来源于临床，对实践过程中发现的临床现象或疾病进行深入分析，提炼总结形成新的研究课题。

3.3 对兽医专业硕士教育资源分配的影响

科学社会主义价值观秉持公平正义的道德理念，要求在社会生活的各个方面，无论是资源分配、机会获取还是权利享有等，都应保障公平合理[3]。这一理念也在兽医学教育的资源分配上体现出，如教育资源的均衡分配。首先，为了让不同地区、不同家庭背景的学生都能享受到优质的教育资源，发达地区的高校积极采取措施，将优质教育资源输送到偏远地区或经济欠发达地区。这种教育资源的共享和帮扶不仅促进了教育公平，还提升了整个兽医学教育领域的整体水平。例如，多数高校的全日制兽医硕士和非全日制兽医硕士研究生通过线上教学共享教学资源，无论是进行专业课程讲授，还是指导学术研究等，都会按照统一的专业要求和教学标准来对待两类学生。另外，一些发达地区的高校通过线上课程共享、师资帮扶等方式与偏远地区或经济欠发达地区的高校开展合作。例如，南京农业大学积极响应教育部实施的“对口支援西部地区高等学校计划”，对口支援新疆农业大学，两校积极联系，主动协商，在多援建方面达成一系列协议，共同合作，开展了多方位教学工作并取得了良好的效果[13]。这种合作不仅让偏远地区的学生能够享受到优质的教育资源，还促进了两地教育资源的互补和共享。

3.4 对兽医专业硕士职业道德培养的影响

科学社会主义倡导高尚的道德品质和为人民服务的精神，这对兽医学教育中的职业道德培养产生了积极的影响。兽医专业硕士教育不仅注重学生个人专业技能的培养，还高度重视学生的职业道德教育。通过职业道德课程的设置和相关专业课程中职业道德内容的融入，兽医专业硕士教育旨在培养学生的职业道德素养和社会责任感，使他们能够秉持正确的世界观、人生观、价值观为动物和人类的健康负责。因此，在兽医专业的教学培养过程中，职业道德教育会以“润物细无声”的形式融入课程的教学过程中。例如，近年来抗生素滥用在养殖业中问题突出，将临床抗生素滥用带来的危害案例引入课堂，从专业理论的角度讲解药物的毒副作用，同时也引导学生树立正确诊断和使用药物的观念，培养学生作为兽医的基本职业素养，将维护动物健康和社会公共卫生安全作为自己的基本责任。

奉献社会是科学社会主义强调的为人民服务的道德核心和集体主义原则，也是国家培养人才的重要导向与价值追求，是优秀的职业道德素养。任何一个平凡的岗位上，在平常的工作中，都可能涌现出先进的典型。兽医行业也不例外，2022 年被评为“黑河工匠”的孙吴县畜牧兽医总站疾病预防股股长王雪岩，自 1997 年参加工作以

来始终奋斗在动物疫病防控第一线；他是全县兽医工作的带头人，26 年来经常深入村屯为养殖场户解决生产中出现的问题，指导养殖场户科学生产，服务覆盖了全县所有规模化养殖场和养殖重点村屯；他还坚持在健全县乡村三级动物防疫体系上下功夫，积极组织培训并亲自讲解；在非洲猪瘟防控工作中，他不断加强实验室建设，使得孙吴县实验室成为第一批由省农业农村厅授权开展非洲猪瘟检测的实验室[14]。行业内的先进事迹和优秀代表，是兽医专业硕士学生周围的榜样，这种平凡中彰显的伟大，凝聚着奋发向上的力量，是引领社会主义核心价值观建设的重要途径。

4 小结

发展科学社会主义为兽医专业硕士教育指明了服务社会主义建设的方向，塑造了正确的价值观，优化了课程体系，激发了科研创新，强化了实践教学，全方位推动兽医专业硕士教育高质量发展，使其培养出更契合社会需求的高素质专业人才。同时，兽医专业硕士教育的培养也会反过来影响科学社会主义的发展，兽医专业硕士教育为科学社会主义的发展提供了专业人才支撑，使其理念能更好地在畜牧兽医行业践行；通过科研创新助力完善相关理论体系，推动科学社会主义在具体专业领域不断深化拓展；培养出的具有正确价值观的从业者，也能在工作中传播和弘扬科学社会主义思想，扩大其社会影响力。二者之间相辅相成，相互影响，互惠共利，共同发展。

参考文献

[1] 马克思, 恩格斯. 马克思恩格斯文集: 第 9 卷[M]. 北京: 人民出版社, 2009.

[2] 包心鉴. 当代中国进一步全面深化改革深刻蕴涵科学社会主义思想逻辑[J]. 济南大学学报（社会科学版）, 2024, 34（5）: 5-14.

[3] 李风华, 张丹. 科学社会主义价值观的出场、转场及时代赓续[J]. 社会主义核心价值观研究, 2024, 10（5）: 35-45.

[4] 陈锡喜, 刘奎. 毛泽东对科学社会主义理论逻辑的坚持和理论内容的发展[J]. 理论建设, 2024, 40（4）: 74-82.

[5] 习近平总书记系列重要讲话读本[M]. 北京: 人民出版社, 2016.

[6] 左涛. 邓小平对中国式现代化的探索与贡献研究[J]. 红岩春秋, 2024（10）: 58-62.

[7] 中共中央文献研究室. 十八大以来重要文献选编（上）[M]. 北京: 中央文献出版社, 2014.

[8] 赵帅, 王雪, 张琦, 等. 动物行为与福利学课程思政元素融入的实践与探索[J]. 黑龙江动物繁殖, 2024, 32（2）: 63-65.

[9] 李佳妮.青春践行助牧兴农：扬青农动医薪火，谱乡村振兴华章[EB/OL]. （2024-10-21）[2024-12-28]. https://dxs.moe.gov.cn/zx/a/hd_dxszxhdbm_2024dwqc_cgzs_xczxxnzn/241021/1967177.shtml.

[10] 王公龙. 科学社会主义视阈中党的理论创新的原理性成果[J]. 毛泽东邓小平理论研究, 2024（6）: 1-8, 107.

[11] Lascn. 基因编辑技术让鸡能抗禽流感[EB/OL]. （2023-10-12）[2024-12-28]. https://www.lascn.cn/Item/103075.aspx.

[12] 全国兽医专业学位研究生教育指导委员会. 全日制兽医硕士专业学位研究生指导性培养方案[EB/OL]. （2009-05-20）[2024-12-28]. https://www.chsi.com.cn/kyzx/zyss/200905/20090520/94574443.html.

[13] 杨森林. 教育部高校团队对口支援新疆农业大学 2024 年工作会议召开[EB/OL]. （2024-09-18）[2024-12-28]. https://news.xjau.edu.cn/2024/0918/c1835a102874/page.htm.

[14] 中国兽医发布. 致敬兽医王雪岩——平凡岗位上的坚守与奉献[EB/OL]. （2023-10-15）[2024-12-28]. https://mp.weixin.qq.com/s/.

（收稿日期：2025-01-02）

高职院校畜牧兽医专业创新创业教育问题分析与对策研究

烟玉华，颜 冬，陈丹丹，刘 哲，田春丽，张国帅，王丽玲，赵磊社，赵海燕*
（邯郸科技职业学院农牧系，河北 邯郸 056046）

摘要：在乡村振兴战略与畜牧业高质量发展的双重背景下，畜牧兽医专业成为高职教育服务现代农业发展的核心专业之一，其创新创业教育的质量直接影响行业技术技能人才供给与产业升级进程。本文针对河北畜牧兽医专业创新创业情况进行了调查，共收到有效问卷931份。以调研数据为基础，结合高职创新创业教育共性问题，剖析当前高职畜牧兽医专业创新创业教育在课程体系、师资队伍、实践平台、保障机制等方面的现实困境，提出针对性优化对策，旨在构建契合畜牧兽医行业特色的创新创业教育体系，提升学生创新创业能力，推动专业教育与产业发展深度融合，为畜牧业高质量发展培育复合型创新人才。

关键词：高职教育；畜牧兽医专业；创新创业教育；产教融合；人才培养
中图分类号：G712 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0149-06

畜牧业是农业农村经济的重要支柱产业，也是全面推进乡村振兴、加快农业现代化建设的关键领域。近年来，随着我国畜牧业规模化、标准化、智能化水平持续提升，绿色养殖、健康养殖、动物疫病防控、宠物医疗服务等新业态、新场景不断涌现，行业对畜牧兽医专业人才的创新意识、实践能力、创业素养提出了更高、更综合的要求。高职院校作为培养畜牧业一线技术技能人才的主阵地，其畜牧兽医专业创新创业教育的质量，直接关系到行业人才供给结构与产业升级进程，也关系到毕业生高质量就业与职业可持续发展。

国务院办公厅《关于进一步支持大学生创新创业的指导意见》明确提出，将创新创业教育贯穿人才培养全过程，深化高校创新创业教育改革，建立以创新创业为导向的人才培养模式，增强大学生的创新精神和创业意识[1]。在此背景下，系统研究高职畜牧兽医专业创新创业教育现状、问题及优化对策，对推动涉农专业教育改革、提升人才培养质量、服务畜牧业高质量发展和乡村振兴战略实施，具有重要的理论价值与现实意义。

1 调研设计与数据说明

1.1 调研目的

为精准把握河北省高职畜牧兽医专业学生创新创业认知、现状、需求及主要痛点，全面了解当前专业创新创业教育实施成效与存在不足，本文选取河北省 5 所开设畜牧兽医相关专业的高职院校开展专项问卷调查，旨在为优化课程体系、强化实践育人、完善保障机制、深化产教融合提供真实、可靠的数据支撑。

1.2 调研设计

本次调研采用线上结构化问卷形式，问卷内容涵盖个人基本信息、专业选择动机、就业创业现状、职业规划、课程匹配度、实践需求、行业

基金项目：邯郸市社科联，高职生创新创业教育问题分析与对策研究（项目编号：Q2024439）
*通讯作者：806260418@qq.com

认知、人才培养建议 8 个维度，共 26 道题目，含单选题、多选题、填空题三种题型，确保数据全面、客观、可量化。

1.3 调研范围与对象

调研选取河北省 5 所代表性高职院校：邯郸科技职业学院、廊坊职业技术学院、保定职业技术学院、河北旅游职业学院、衡水职业技术学院；调研对象为上述院校 2020—2024 届畜牧兽医及相关专业毕业生，覆盖养殖技术、宠物医疗、兽药饲料营销、动物检疫等就业方向，兼顾不同毕业年限、性别、就业状态群体，样本具有区域代表性与专业代表性。

1.4 数据收集与计算口径

2025 年 12 月通过问卷星平台发放问卷，2026 年 1 月完成数据回收与清洗，有效样本 931 份，所有数据均基于有效样本计算单选题：选项占比 = 该选项有效人次÷ 931 × 100%（保留 2 位小数）；多选题：选项占比 = 该选项选择人次÷ 931 × 100%（可累加超 100%）；关键指标：自主创业比例 = 自主创业人次 ÷ 931 × 100% = 14 ÷ 133 ×100% = 1.50%；缺乏工作经验占比 = 选择该选项人次 ÷ 931 × 100% = 529 ÷ 931 × 100% = 56.82%；希望增加实践教学占比 = 637 ÷ 931 × 100% = 68.42%，希望增加与专业相关创新创业教学占比 = 664 ÷ 931 × 100% = 71.32%，数据真实反映毕业生现状与诉求。

调研结果显示，该专业毕业生自主创业比例仅为 1.50%；求职过程中 56.82%的毕业生认为缺乏工作经验是主要困难；68.42%的毕业生希望学校增加实践教学比重，71.32%的学生希望学校增加创新创业课程比重。数据反映出当前高职畜牧兽医专业创新创业教育与行业需求、学生发展需求存在脱节。同时，高职创新创业教育普遍存在的课程体系不完善、师资力量薄弱等问题，在畜牧兽医专业中表现出鲜明的行业特性。高职院校畜牧兽医专业创新创业教育问题分析与对策研究意义重大。

2 高职畜牧兽医专业创新创业教育发展现状

2.1 政策支持体系逐步完善，为行业发展提供机遇

国家就乡村振兴、现代农业发展连续出台了若干政策，明确支持涉农专业创新创业教育，又对高校毕业生涉农创业予以财税减免、金融支持、场地保障等等政策倾斜[1]，而河北省地方政府更进一步就畜牧兽医行业出台了具体、可操作的就业创业支持政策。调研结果显示，61.65%的当地畜牧兽医专业毕业生希望获得就业创业补贴或优惠政策，政策需求与供给正在良性衔接。随着数字技术的不断普及，数智化治理作为一种更高级别的社会治理模式，逐渐成为乡村治理的必然选择[2]。智能化养殖技术应用、宠物医疗市场扩张、兽药饲料研发升级等领域都蕴藏着大量创新创业机遇，故高职畜牧兽医专业学生的创业空间极大扩展。

2.2 院校实践探索初显成效，产教融合稳步推进

多数高职院校把创新创业教育自然地纳入畜牧兽医专业人才培养方案，通过开设创新创业通识课程、组建专业双创社团、组织行业技能竞赛等形式加以推进，不少院校依托农牧类实训基地，将创新创业实践真正渗透到宠物医疗实训、养殖技术实训之中，做到专业技能与创业能力相融合。院校与当地养殖企业、宠物医院、兽药企业开展深度校企合作，共建实习基地，提供实践岗位。因此，61.65%的毕业生认为学校应加强与企业合作，提供更多实习机会，校企合作成为创新创业教育的重要载体。

2.3 学生创新创业意识提升，需求呈现多元化

调研数据显示，75.94%的学生因个人兴趣而选择畜牧兽医专业，42.11%的学生有明确的职业规划。前者反映出学生对所学专业有较强认同感，后者说明其具备创新创业的主观基础。学生对创新创业教育的实际需求呈现多元化特点：除专业技能外，普遍希望得到创业项目孵化、市场运营、政策解读等方面的具体指导，59.4%的毕业生明确表示希望政府或行业协会组织专业技能培训及职业资格认证。

3 高职畜牧兽医专业创新创业教育存在的核心问题

3.1 课程体系不完善，专创融合程度低

高职畜牧兽医专业创新创业课程目前多以通识课形式存在，如大学生创新创业基础，与专业特色融合不够充分。课程内容偏重理论，真正贴近畜牧兽医行业创业实际的具体内容（如养殖基地运营、宠物医院管理、兽药饲料销售等）所占篇幅极小，与行业实际需求脱节。课程体系缺乏层次性，没有从学生年级、专业能力两方面合理设计递进式课程，难以满足从创新思维培养到创业项目孵化各阶段的不同需求。调研结果印证了这一点：31.58%的毕业生认为学校所学专业知识与实际工作一般匹配，确有进一步学习补充的明显需要，而这正是课程内容与行业实践衔接不畅的直接体现。

3.2 师资队伍结构单一，双创能力与行业经验不足

高职畜牧兽医专业教师多毕业于农业院校相关专业，具有扎实的专业理论基础，但普遍缺乏创业实践经验及行业一线工作经历，难以为创业项目策划、市场运营等课题给出切实有效的指导。目前创新创业教育师资多由专业教师兼职担任，且未接受过系统的创新创业教育培训，教学方法单一。校外导师队伍建设滞后，难以吸引养殖企业负责人、宠物医院经营者、兽药企业创业者真正参与教学，创新创业教育缺少行业视角及实践支点。

3.3 实践平台建设滞后，成果转化率低

校内实训平台功能单一，高职畜牧兽医专业实训基地以专业技能训练为主（如动物诊疗实训、饲料配制实训），缺少专门的创新创业孵化空间以及创业项目模拟运营、市场调研诸种必要功能，难以满足学生创新创业实践的需要。校外实践平台深度不够，校企合作大都停留在实习岗位提供的层面，企业没有真正参与创新创业教育教学设计及项目孵化，学生因而难得接触真实的行业创业场景。成果转化机制尚未健全，学生所提出的新型养殖技术、宠物医疗服务模式等创新创意难以与市场直接对接实现商业化转化。该专业毕业生自主创业比例仅 1.5%，创新创业实践成果转化率极低。

3.4 保障机制不健全，政策与资源支持不足

一是组织管理机制不完善。多数院校没有专门的畜牧兽医专业创新创业教育管理机构，教务处、学工处、专业教研室各负其责，但教育资源分散，难聚合力。二是资金支持薄弱。院校现有的创新创业专项资金有限，未合理地向畜牧兽医专业倾斜，学生创业项目缺乏启动资金支持；金融机构对涉农创业项目的贷款门槛较高，学生融资渠道极其有限。三是评价体系有重大缺陷。现有创新创业教育评价多从赛事获奖、创业计划书撰写等量化指标考察，忽略了对学生创新思维、专业技能、创业能力诸种要素的综合评价；未将教师的创新创业教育教学成果真正纳入职称评定、绩效考核的重要指标中，抑制了教师的积极性。

3.5 行业对接不紧密，创新创业教育与产业发展脱节

高职院校对畜牧兽医行业发展趋势的研究不够充分，创新创业教育未能紧贴行业智能化、绿色化、精细化的发展方向，未能将智能化养殖设备操作、绿色养殖技术研发、宠物医疗高端服务等行业热点合理、有机地融入课程内容。行业协会参与度极低，未能发挥其应有的桥梁纽带作用，院校难以获取行业人才需求及创业信息，亦无法组织行业专家参与创新创业教育指导，最终导致创新创业教育与产业发展严重脱节。

4 高职畜牧兽医专业创新创业教育的优化对策

4.1 构建专创融合的递进式课程体系，贴合行业需求

高校要围绕拔尖创新人才自主培养需求不断改变课程体系。课程是人才培养的根基。要培养交叉型人才，必须从课程体系上作深入重构[3]。以畜牧兽医行业特色为根本，有层次、有逻辑地构建“基础层—提升层—孵化层”三递进式创新创业课程体系，由此自然地将创新创业教育与专业教育融合在一起：基础层面向大一学生，开设创新创业基础、畜牧兽医行业认知通识课程，先培养创新意识，再系统、有重点地介绍行业趋势及创业机遇。提升层面向大二学生，把创新创业内容有机嵌入专业核心课程之中，在动物诊疗技术中引入宠物医院运营管理内容，在畜禽养殖技术中引入养殖基地创业策划内容，在兽药饲料营销中引入市场调研及商业模式设计内容，实现专业技能与创业能力双线并行。孵化层面向大三学生，开设畜牧兽医创业实务、创业项目孵化等选修课程，对有明确创业意向的学生予以针对性强、实效性高的创业项目策划、商业计划书撰写、市场运营诸种指导，更难得的是结合学生实际创业项目开展个性化教学。与此相辅相成的是，各层都主动引入行业职业资格认证内容（如宠物医师证、畜牧技术员证等），切实提高学生创新创业的职业竞争力。

4.2 打造专兼结合的双师型师资队伍，强化实践指导

师资队伍融合建设方面存在不足，主要有师资队伍结构组成不够合理、教师接受创新创业培训与实践不足等[4]。一是加强校内教师培养。组织畜牧兽医专业教师参加创新创业教育专项培训，考取创新创业指导师证书；建立教师企业挂职锻炼机制，有计划、有系统地安排教师到养殖企业、宠物医院、兽药企业挂职 1-2 年，积累行业实践经验，收集行业最新技术资料及创业案例，融入课堂教学。二是引进校外导师队伍。落实“行业双创导师进校园”计划，聘请养殖企业负责人、宠物医院经营者、兽药企业创业者、行业协会专家担任兼职导师，参与课程教学、项目指导、赛事评审诸种工作，从行业角度给学生最鲜活、最实在的创新创业指导。三是以师资发展平台为载体。组建畜牧兽医专业创新创业教学团队，定期组织教学研讨、案例开发、项目合作等活动，切实提高师资队伍整体的双创教学能力。

4.3 完善多层次实践平台体系，提升成果转化率

涉农高职院校现有实践平台大多功能单一、与产业实境脱节，难以支撑专创深度融合[5]。（1）升级校内实训平台。系统、有层次地整合畜牧兽医专业实训资源，建设“专业技能实训+创新创业孵化”一体化平台，合理设置宠物医院模拟创业区、养殖技术创新区、兽药饲料营销模拟区诸种功能区域，配以专业设备及创业模拟软件，让学生在校内即可开展真实的创业项目模拟运营。（2）扎实推进校外实践平台建设。与当地养殖企业、宠物医院、兽药企业共建创新创业

实践基地，签订深度合作协议，让企业直接参与创新创业教育教学设计，为学生提供实习岗位、创业项目素材、市场资源，也主动接收学生创业项目落地孵化；鼓励企业发布技术创新需求，支持学生以“揭榜挂帅”形式参与企业创新项目，切实提高创新成果的应用价值。（3）以赛事为有力抓手。组织学生参加“互联网+”大学生创新创业大赛、农牧类职业技能竞赛等赛事，以赛促学、以赛促创，对优秀参赛项目予以重点孵化，从场地、资金、技术各方面予以充分支持，真正促成项目与市场无缝对接、良性转化。

4.4 健全全方位保障机制，强化政策与资源支持

（1）建立专门的组织管理机构。院校成立畜牧兽医专业创新创业教育指导中心，由专业教研室、教务处、学工处、校企合作处共同组成，统筹规划创新创业教育工作，整合教育资源，协调解决教学过程中的问题。（2）加大资金支持力度。院校设立畜牧兽医专业创新创业专项资金，用于课程开发、平台建设、项目孵化、赛事奖励等；落实国家涉农创业扶持政策，协助学生申请创业补贴、税收减免、创业担保贷款，降低学生创业成本；引入社会资本，与农牧类企业、投资机构合作设立创业孵化基金，为优质创业项目提供启动资金。（3）优化评价体系。建立“过程+结果”的创新创业教育综合评价体系。要推动产教融合视域下创新创业教育的发展，必须建立健全评价激励机制[6]。将学生的创新思维、专业技能、创业实践、项目成果纳入评价内容；将教师的创新创业教育教学成果、校外导师的指导成果纳入职称评定、绩效考核、评优评先的重要内容，激发教师与校外导师的教学积极性。

4.5 深化政校行企协同，推动与产业发展同频共振

有效推进产教融合，必须强化顶层设计，明确学科建设的目标与方向。这既是提高学校自身办学质量、服务地方经济社会发展能力的关键所在，也是促进高等教育与产业协同发展的必然要求[7]。（1）加强与政府部门对接。积极争取农业农村部门、人社部门的政策支持，参与涉农创业扶持政策制定，依托政府平台开展创业培训、项目推介等活动；与政府共建畜牧兽医创新创业孵化基地，享受政府场地、资金、税收等优惠政策。（2）发挥行业协会纽带作用。与畜牧兽医行业协会建立长期合作关系，及时获取行业人才需求、发展趋势、创业信息，将行业标准与创业要求融入创新创业教育；由行业协会组织开展行业交流活动，为学生搭建与行业企业、创业者的沟通平台，拓展人脉资源。（3）推动政校行企协同育人。构建“政府引导、学校主导、行业指导、企业参与”的创新创业教育协同机制，四方共同制定人才培养方案、开发课程体系、建设实践平台、评价教育成果，实现创新创业教育与畜牧兽医产业发展深度融合，培养契合行业需求的创新创业型人才。产教融合不仅有助于提升大学生的创业能力，还能提升就业竞争力，大学生参与企业项目和实践活动可以积累丰富的实践经验，提升专业技能和职业素养[8]。

5 结语与展望

在推动社会经济高质量发展的新形势下，创新创业教育正逐步成为高等教育改革的关键内容[9]。高职畜牧兽医专业创新创业教育是对畜牧业高质量发展、培育乡村振兴复合型人才都具有直接而重大的意义。目前其发展尚存在课程体系不完善、师资队伍薄弱、实践平台滞后、保障机制不健全、行业对接不紧密诸种问题，根本症结还是创新创业教育与专业教育、行业发展融合不够充分。

高职畜牧兽医专业今后宜从行业特色出发，

以专创融合为根本，系统、有层次地构建课程体系，努力建设高素质双师型师资队伍，完善各级各类实践平台，健全全方位保障机制，切实推进政校行企协同育人，把创新创业教育自然、充分地融入人才培养全过程。更重要的是畜牧业正处在从传统粗放式向现代化、集约化、智能化以及绿色化的深度变革进程中，智慧养殖、精准营养、基因编辑、动物福利、低碳减排等现已成为畜牧产业发展新前沿[10]。将行业最新技术、创业机遇有机融入教学内容，由此切实培养学生创新思维、专业技能、创业能力三者兼备的素养。

随着乡村振兴战略稳步推进和畜牧业产业升级步伐加快，高职畜牧兽医专业创新创业教育有十分广阔的发展空间。政校行企各主体协同更加充分、紧密，创新创业教育体系更加健全，从而为畜牧业高质量发展培养复合型创新人才，切实推进乡村振兴。

参考文献

[1] 国务院办公厅. 关于进一步支持大学生创新创业的指导意见（国办发〔2021〕35 号）[EB/OL]. （2021-10-12）[2026-04-10]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5647349.htm.

[2] 赵少华, 刘格菁. 农业新质生产力赋能农业强国建设：作用机理、现实挑战与实践路径[J/OL]. 西北农林科技大学学报（社会科学版）, 1-10[2026-04-23]. https://link.cnki.net/urlid/61.1376.C.20260409.1147.002.

[3] 周玉, 徐守坤, 沈希, 等. 科技创新与产业创新深度融合（笔谈）[J]. 中国高教研究, 2026（1）: 43-57.

[4] 刘金炽, 朱坤, 吕辉, 等. 地方医学院校“双创”教育与专业教育融合现状分析及对策研究[J]. 右江医学, 2026, 54（3）: 301-307.

[5] 叶听蕉, 陈敏青. 推进涉农高职院校专创融合提升学生就业质量[J]. 中国就业, 2026（4）: 84-85.

[6] 刘业鑫, 吴伟伟, 王辰, 等. 创新创业教育发展推进动力与保障机制研究——产教融合视域下[J]. 现代商贸工业, 2026, 47（7）: 116-119.

[7] 沈记全. 产教融合视域下地方高校学科建设的创新机制探索——安阳工学院学科建设的实践[J]. 河南理工大学学报（社会科学版）, 2026, 27（3）: 89-95.

[8] 詹文青. 基于产教融合的大学生创新创业实践教育路径研究[J]. 社会与公益, 2025（4）: 331-333.

[9] 赵凌平, 刘玉梅, 马文锋, 等. 新农科背景下动物科学专业大学生创新创业教育的路径研究[J]. 安徽农业科学, 2026, 54（8）: 268-270, 274.

[10] 刘瑾, 侯飞雪, 易中华, 等. 新农科背景下基于现代畜牧产业学院的动物科学专业人才培养模式创新与思考[J]. 中国禽业导刊, 2026, 43（5）: 39-43.

（收稿日期：2026-04-17）

产教融合共同体架构下动物医学现场工程师培养研究与探索

夏庆祥[1*]，李 健[1]，顾甜甜[1]，毕司英[1]，刘国涛[2]，李汝春[1]
（1.山东畜牧兽医职业学院，山东 潍坊 261061；2.滨州市农业技术推广中心，山东 滨州 256600）

摘要：本文主要研究产教融合共同体架构下动物医学现场工程师的培养。通过分析高职动物医学现场工程师培养目前存在的主要问题，在育人目标定位、培养模式、课程体系、双师队伍建设、管理体制、评价机制等方面展开研究，找到产教融合共同体在育人方面高效运行的方法，以培养高素质动物医学现场工程师。

关键词：产教融合共同体；现场工程师；培养模式
中图分类号：G712 **文献标识码：**B **文章编号：**1007-1733（2026）03-0155-03

习近平总书记在全国教育大会上指出，要构建职普融通、产教融合的职业教育体系，大力培养大国工匠、能工巧匠、高技能人才。教育部办公厅等五部门印发的《关于实施职业教育现场工程师专项培养计划的通知》，提出了“到 2025 年，累计不少于 500 所职业院校、1000 家企业参加项目实施，累计培养不少于 20 万名现场工程师”[1]。本文重点围绕产教融合共同体架构下校企联合实施现场工程师培养目标定位、构建课程体系、打造双师教学团队、完善管理体系、改革评价机制等方面，探索形成动物医学领域现场工程师培养的先进经验、培养标准和育人模式。

1 高职动物医学现场工程师培养存在的主要问题

1.1 动物医学专业现场工程师培养责任不明确、组织架构不明晰

目前，动物医学专业现场工程师培养还在探索阶段，存在着培养责任不明确、组织架构不明晰，导致动物医学专业现场工程师培养难以系统规划、统筹实施、持续推进。只有明确管理主体、培养主体、对接主体等组织，才能在职业教育现场工程师培养过程中做到“师出有门”，防止“权责不清、职能不明”等问题[2]。

1.2 校企合作不够深入，“双师型”教学团队难以组建

一方面，学校部分教师企业实践锻炼制度落实不到位，教师双师素质有待进一步提高；另一方面，行业企业技能大师、能工巧匠兼职兼课制度不健全，能上能下、能进能出的校企“双岗互聘”机制不完善[3]。校企合作不够深入、共建共享不足、与现场工程师培养的匹配度低，导致现场工程师培养缺乏优质的“双师型”师资团队，影响人才培养质量。

1.3 培养形式理论化，教学模式滞后

当前的高职动物医学专业人才培养，在一定程度上存在着教学与实践脱节的现象，培养过程与生产实践衔接度低[4]。由于养殖场封闭管理等原因，培养过程与生产实践不能有效衔接，未能解决养殖企业对动物医学专业现场工程师人才的需求缺口。

2 产教融合共同体架构下动物医学现场工程师培养

2.1 产教融合共同体架构下动物医学专业现场工程师育人目标定位研究

通过对畜牧业行业企业情况调研分析，了解现代畜牧行业人才结构现状、行业发展现状和趋

*通讯作者：xqx123321@163.com

势，行业企业新技术、新工艺、新规范采用情况，以及畜牧业未来对从业人员的技术技能需求，研究确定产教融合共同体架构下动物医学专业现场工程师育人目标。动物医学专业现场工程师应具备知牧爱牧的“三农”情怀、科学严谨的工作态度，具有团队合作意识和创新意识；具备完成岗位工作任务所需要的疾病诊断与防治、疫病预防与检疫、重大动物疫情处置等相关专业知识，掌握畜禽生产技术规程和养殖标准；能够进行生产组织、技术维护、运行保障、协调管理；熟悉设备性能、工序流程、生产精度和质量要求；具有制定免疫程序和生物安全防控方案的能力。

2.2 探索打造“一中心、两协同、三变革、四共四通”人才培养模式。

在产教融合共同体架构下，强化高校企业“两协同”，深化体制机制、培养要素和评价标准“三变革”，推动建立校企共同招生、共同培养、共同选题、共享成果和师资互通、课程打通、平台融通、政策畅通的“四共”“四通”机制，加快实现产教供需直接见面、双向对接、长期匹配，不断推动构建中国特色、世界水平的现场工程师培养体系。

2.3 探索构建“两平台两模块四方向”模块化课程体系

产教融合共同体架构下的现场工程师培养，是一种学校与企业共同培养技能型人才的职业教育模式，这种教育模式在教学过程中重视工作过程，在教学内容上重视技术技能的训练，因此传统的课程体系必须加以调整[5]。通过分析现代畜牧业岗位群的工作任务，明确不同岗位对从业人员素质、知识、能力要求，及时将新模式、新技术、新工艺、新规范融入课程标准，重建课程标准；建设将数字资源与教学内容、应用实景有机融合的新形态、多维、立体、可视化的新教学资源。校企共同分析专业典型工作任务及核心技术，确定职业综合能力，融入思想政治教育、劳动教育和创新创业教育，构建“两平台两模块四方向”模块化课程体系。搭建公共基础课程和专业基础课程两个平台，构建专业核心课程和拓展课程两个课程模块，构建禽场疾病防控、猪场疾病防控、牛羊场疾病防控和动物及动物产品检疫检验等四个岗位（方向）课程模块，进行模块化教学。

2.4 名师团队示范引领，打造专兼结合双师团队研究

以全国高校黄大年式教师团队、国家职业教育教师教学创新团队、国家级课程思政教学团队为示范引领，依托畜牧业产教融合共同体，提升教师双师素质。学校选派教师到共同体企业参与生产实践、科技研发、技术转化等活动；企业选派技能大师、技术能手等参加现场工程师培养，承担动物医学专业课程教学任务，指导学生岗位实践学习，并与学校教师在教学模式、教学方法等方面开展合作研究。依据动物医学专业现场工程师育人目标，制定培养现场工程师的教师能力标准、教师培养模式和教师评价模式，切实打造理论知识过硬、技术技能过关，既掌握专业技术技能、又了解职业教育规律和技术技能人才成长规律的现代职教双师队伍。

2.5 探索组建现场工程师学院，建立校企“双主体”管理体制

与江苏益客食品集团股份有限公司、山东益生种畜禽股份有限公司等养禽类大型企业组建现场工程师学院试点，负责现场工程师培养的设计规划和组织实施；组建校企合作专家委员会，负责校企合作的深入指导；校企合作共同打造“双师”结构教学团队；建设专业教学资源库、在线课程、虚拟仿真实训中心等资源；共同制订招生考试评价制度改革方案，实施校企联合招生；共同制定现场工程师培养管理办法，统筹安排在职员工培训等。

校企联合组建理事会，制定理事会章程，双方职责、权利、利益明确，校企联合招生、共同培养，双主体办学、双课堂育人，校企共担人才

培养成本。建立校企双方定期会商联络的沟通协调机制，定期召开例会，共同修订人才培养方案，完善学生管理、教师互聘、学生评价等制度。校企双方合作更加紧密，形成以现场工程师人才培养为主要模式的校企双主体协同育人机制。

2.6 校企共建“多元参与、持续改进”的教学质量评价机制

积极推进教学评价模式改革，采用多元化的互动方式，探索增值评价，引入全方位的创新评价模式，构建学生、教师、企业、平台多维立体评价体系，对学习过程进行全过程、多角度评价。动物医学专业现场工程师重点在于“三农”精神塑造、科学严谨态度的引导、专业技术能力的加强和创新能力的培养。利用大数据技术采集学生线上资源学习、线下课堂表现、智慧牧场实践、虚拟课堂学习等情况的多场景学习数据；利用人工智能技术分析学生学习时间、学习习惯、学习方式、任务完成情况等内容，形成精准数字画像。教师、企业和学生三方评价主体，结合数字画像，采用过程性、结果性和增值性评价方式，加大企业对学生分析问题、解决问题和创新能力的评价权重，形成评价报告，为学生规划最优化学习路径并提供适应性学习服务。运用平台开展教学过程监测、课程应用数据分析等，围绕课程内容、课程资源、课程实施效果等进行全方位评估，根据评估结果和行业发展动态，及时更新优化课程内容、课程资源等，保障课程时效性和实用性。

3 高职动物医学现场工程师培养取得成效

3.1 促进了校企深度融合

该研究提升了企业现代职业教育理念，增强了参与职业教育的积极性，双方深度合作，在人才培养、科研开发、技术服务、顶岗实习、实验室建设等方面进行实质性合作，促进了校企双方的深度融合。

3.2 提升了“双导师”师资队伍素质

学校导师带学生到企业岗位进行学徒轮训、参与企业技术项目研发，提升了解决生产实际问题的能力；企业师傅进课堂，参与专业建设、课程开发及各类信息应用技术培训，大大提高了其教育教学能力。双岗互聘、结对帮扶，“双导师”师资队伍素质大幅度提升，教学效果明显增强。

3.3 提升了学生职业综合素养，实现了高质量就业

通过岗位学习，学生全面掌握了岗位的技术技能，实现了个性化目标学习，提升了可持续发展能力。学生爱岗敬业，积极工作，表达能力、团结协作能力、沟通交流能力显著提高，学生双证书获得率 100%。通过“私人订制”式人才培养，能够满足现代畜牧企业对动物医学专业高技能人才需求，企业的留用率高。

4 小结

产教融合共同体架构下的动物医学现场工程师培养，需以现代畜牧业需求为引领，通过校企资源整合、育人目标定位、课程体系重构、双师队伍建设等，打造“教、学、做、创”一体化育人模式。未来需进一步深化政策支持与技术赋能，推动职业教育与产业发展的同频共振。

参考文献

[1] 教育部办公厅等五部门. 关于实施职业教育现场工程师专项培养计划的通知[EB/OL]. （2022-11-04）[2024-10-12]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-11/05/content_5724757.htm.

[2] 曹留成. 职业教育现场工程师高质量培养价值、问题与改革策略研究[J]. 教育与职业, 2023（3）: 52-58.

[3] 任君庆. 新时代职业院校技术技能人才培养的成效、问题与对策[J]. 中国高教研究, 2019（12）: 101.

[4] 许艳丽, 余敏. 新智造时代技术技能人才发展定位与教育应对[J]. 中国电化教育, 2021（8）: 12.

[5] 许继芳, 苏丽娟, 吕凡, 等. 校企协同机制下专业课程教学深化及评价体系构建[J]. 中国冶金教育, 2017（6）: 12-15.

（收稿日期：2024-10-30）

文献综述

大豆糖蜜的理化特征及其在动物日粮中的应用

徐运杰[1,2*]，苏双良[1]，陈学华[1]，刘曰清[1]，邓 敦[2]，郭 凤[3]

（1.山东和美集团有限公司和美饲料研究院，山东 滨州 256600；
2.唐人神集团股份有限公司，湖南 株洲 412000；3.惠民县农业农村局，山东 滨州 256600）

摘要：大豆糖蜜是脱脂大豆生产大豆浓缩蛋白的副产品，富含碳水化合物和大豆植物化学物质，具有较高的营养价值和功能特性，是动物饲料中廉价的能量原料。因此，本文对大豆糖蜜的生产、理化特征及其在动物日粮中的应用进行了综述，为生产实践中合理应用大豆糖蜜提供理论参考。

关键词：大豆糖蜜；皂苷；异黄酮；酚酸；鲍曼–伯克蛋白水解酶抑制剂

中图分类号：S816.7 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0158-08

大豆糖蜜（Soybean molasses, SBM）是用脱脂大豆加工生产大豆浓缩蛋白（soy protein concentrate, SPC）的副产品，含有大量的蔗糖、棉子糖和水苏糖，具有很高的能量价值[1]。棉子糖和水苏糖是低聚糖，其半乳糖和葡萄糖分子通过 α–1,6–糖苷键连接。棉子糖又称为蜜三糖，是自然界中最知名的一种三糖，由半乳糖、果糖和葡萄糖结合而成，是一种具有较强增殖双歧杆菌作用的功能性低聚糖，分子式为 $C_{18}H_{32}O_{16}$；水苏糖即水苏四糖，是蔗糖的葡萄糖基一侧以 α–1,6–糖苷键结合 2 个 α–半乳糖而形成的低聚糖，分子式为 $C_{24}H_{42}O_{21}$，微甜，甜度为蔗糖的 22%。在畜牧业上，SBM 主要用于替代玉米等能量原料用于反刍动物营养，在饲喂反刍动物方面有积极效果。研究表明，在日粮中（以 DM 计）添加 20%SBM，不会影响绵羊的饲料摄入量和瘤胃参数，并且提高了日增重[2]；添加 30%的 SBM 不会损害育肥羊的生长性能和胴体参数，反而改善了肉质，提高了 n–6/n–3 的比例[3]；在工业上，SBM 主要用作生产生物乙醇、乳酸和各种溶剂（丙酮、丁醇）的发酵原料[4-5]。本文详细论述了 SBM 的生产、理化特征及其在动物日粮中的应用，为生产实践中合理应用 SBM 提供参考。

1 SBM 的生产

SBM 是用脱脂大豆生产 SPC 过程中的醇溶物质经过浓缩处理后的一种棕黄色黏稠糖浆，富含糖类物质，颜色和流动性类似蜂蜜，具有特殊清香味，味甘、微苦。脱脂大豆粉碎后，使用温热的稀释乙醇（60%～70%）或稀释的异丙醇去除碳水化合物并浓缩蛋白质，然后，通过蒸发、蒸馏、蒸汽汽提、洗脱、柱分离、膜分离或其他技术从液体馏分中去除酒精和一些水分，从而获得几乎不含酒精的 SBM[6-7]。用于提取的酒精对 SBM 的营养质量没有影响。SBM 的产量约为全脂大豆的 19%，或脱脂大豆的 25%（图 1）。由于全球对有价值蛋白质的需求增加，大豆产量不断增加，因此 SBM 的产量也随之增加。

*通讯作者：2008direnjie@163.com

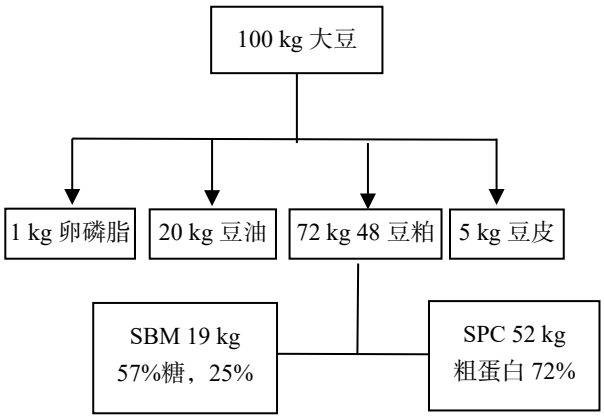

图 1 大豆主要加工产品

2 SBM 的理化特征

SBM 的理化特征在很大程度上取决于大豆品种、气候条件、生长环境和种植年份，主要由碳水化合物、蛋白质和脂质组成（表 1）[4-8]。Chajuss 等报道[6]，SBM 的黏度较低，化学成分与甜菜糖蜜和甘蔗糖蜜相似。但是，Long 等[5]研究表明，SBM 与甜菜或甘蔗糖蜜的化学成分存在显著差异。此外，Loman 等[8]报道，SBM 中的粗蛋白质和粗脂肪含量较高，分别是 8%～12%和 15%～20%，灰分含量较低（5%～7%）。其实，SBM 的主要成分是低聚糖（水苏糖和棉子糖）、二糖（蔗糖）和少量的单糖（果糖和葡萄糖）等碳水化合物，占干物质（DM）的 58%～65%；其中，水苏糖和蔗糖是含量最多的碳水化合物，最高可达 34.2%和 32%；棉子糖含量较低，约只有 9%。然而，Long 等[5]报告称，SBM 中棉子糖的含量相当高，可达 DM 的 25.5%；果糖和葡萄糖等单糖的含量较低。在矿物质中，SBM 富含钾，占 DM 的 7.2%，而镁、磷、氯、钙和钠的含量较低，分别为 DM 的 0.7%、0.58%、0.44%、0.31%和 0.26%。由此可知，不同来源 SBM 的理化特征差异很大，当用作饲料原料时，必须对其进行定期质量分析，以避免动物生产性能的变化。

表 1 SBM 的近似化学成分

成分	含量 DM/%
干物质 Dry matter	53.1～82.5
粗蛋白质 Crude protein	5～12
粗脂肪 Crude fat	4～20
矿物质 Mineral	3～7
灰分 Ash	3～21.9
糖，Sugars	58～65
水苏糖 Stachyose	15.5～34.2
棉子糖 Raffinose	4～25.5
蔗糖 Saccharose	18.5～32
果糖 Fructose	1.2～3.0
葡萄糖 Glucose	0.2～4.7
皂苷类 Saponins	6～15
异黄酮 Isoflavones	0.8～2.5
总能 Total energy	1 400 KJ/100 g

除了碳水化合物、蛋白质、脂质和矿物质外，SBM 的特点是含有大量被标记为“大豆营养保健品”的植物化学物质，浓度可能是大豆的五倍[6]。植物化学物质的主要成分是异黄酮、皂苷、酚酸、磷脂、植物甾醇、植酸盐、ω–脂肪酸、花白素（leucoanthocyanins）、鲍曼–伯克蛋白水解酶抑制剂（Bowman–Birk proteolytic enzyme inhibitors, BBI）。尽管有的大豆植物化学物质（如 BBI）在动物体内显示出有害作用，但是它们通过提供抗菌、抗病毒、抗炎和抗氧化特性，更表现出有益和协同作用，并在很大程度上受到大豆中异黄酮含量的影响[9]。大豆中的主要异黄酮是染料木素（genistein，4′,5,7–三羟基异黄酮）和大豆黄素（daidzein，4′,7–二羟基异黄酮）及其各自的 β–糖苷，其次是黄豆黄素（glycitein，7,4′–二羟基–6–甲氧基异黄酮）及其糖苷（图 2）[10]。异黄酮具有微弱的雌激素特性，金雀异黄酮影响信号转导。

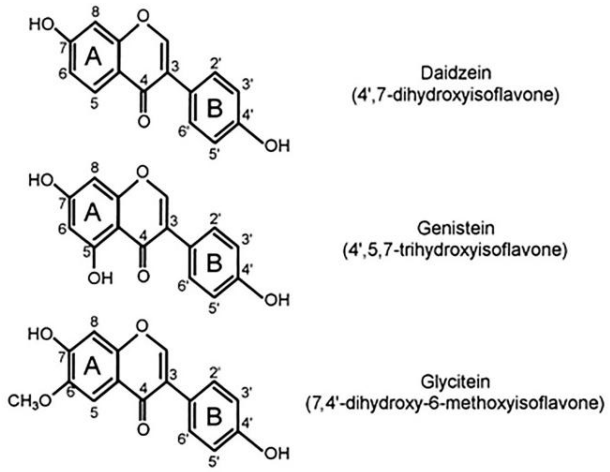

图 2 大豆中主要异黄酮的结构

2.1 皂苷

皂苷是一组高度多样化的三萜糖苷，其中疏水性苷元（可能是甾醇或三萜）连接到亲水性糖部分（戊糖、己糖或糖醛酸），味苦，具有醇溶性、热稳定性和两亲性（图 3）[6]。根据苷元的化学结构，大豆皂苷可分为四大类，即 A 簇、B 簇、E 簇和 DDMP 簇（2,3–二氢–2,5–二羟基–6–甲基–4H–吡喃–4–酮大豆皂苷）。Hosny 和 Rosazza[11]从 SBM 中分离并鉴定了大豆皂苷 A2、大豆皂苷 I（B 皂苷）和一种新皂苷六糖苷 IV（B 皂苷）。皂苷具有多种生物活性和药理作用，包括祛痰止咳、抗菌、解热镇静、抗癌和提高免疫力等。有研究发现[12]，从 SBM 中提取的 B 簇大豆皂苷和 DDMP 大豆皂苷混合物抑制了哺乳动物细胞中诱导的基因组 DNA 损伤、致染色体断裂损伤和点突变，其中 B 簇皂苷包括大豆皂苷 I、II、III、IV、V、Be、βa、βg、γa 和 γg。从 SBM 中分离的纯化 B 簇大豆皂苷对哺乳动物细胞的诱变活性表现出强烈的抑制作用[13]。对于皂苷在动物日粮中的应用效果没有达成共识，因为这些化合物以不同的方式对动物产生积极和消极的影响，它们一方面具有抗氧化、抗真菌和抗病毒作用，另一方面显著减少蛋白质的消化以及肠道对矿物质和维生素的吸收[14]。另有报道，大豆皂苷可以用作促进健康的饲料添加剂，并且作为免疫调节化合物，有助于可持续和高效的猪肉生产[15]。不过，SBM 中的皂苷对大西洋鲑鱼的营养物质消化率和生长有负面影响，并导致远端肠道发生肠炎样改变[16-17]。

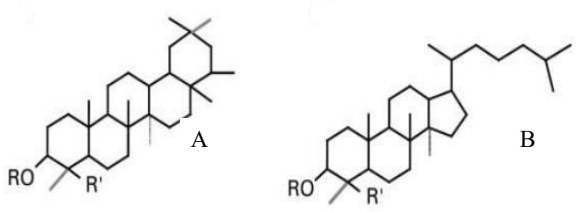

图 3 皂苷元的基本结构：三萜（A）和甾体（B）

2.2 异黄酮

异黄酮是一类在植物生长过程中形成、具有多酚结构的次生代谢产物，又称为植物雌激素[18]。SBM 是一种廉价而丰富的异黄酮来源，SBM 中的异黄酮具有多种生物学功能，如抗炎、抗氧化和抗增殖特性[15]。异黄酮也是 SBM 中苦味和涩味的来源。大豆主要含有三个“家族”的异黄酮化合物，分别是 daidzein 家族、genistein 家族和 glycitein 家族（图 2）[18]。Hosny 和 Rosazza[11]从 SBM 中分离出七种异黄酮，包括染料木素（genistein）、大豆黄素（daidzein）、黄豆黄素（glycitein）、芒柄花黄素（formononetin）、染料木苷（genistin）、黄豆苷（daidzin）和 7–O–β–D–6 " –O–乙酰吡喃葡萄糖苷（属于glycitein家族）。大豆异黄酮（soybean isoflavones, SIF）对动物生长、饲料转化率和胴体性状的影响各不相同，很大程度上取决于动物种类、性别、内分泌状态、添加水平和饲喂时间。研究发现[19]，日粮中添加 SIF 可以提高断奶仔猪的生长速度和瘦肉沉积，而另一项研究表明[20]，豆粕和 SPC 中的异

黄酮（大豆黄素+染料木素）含量分别是 782 μg/g 和 125 μg/g，虽然饲喂豆粕日粮的猪血浆中异黄酮循环水平更高，但是喂食豆粕或 SPC 日粮的猪的性能没有显著差异。SIF 因其雌激素样功能，可以减少生长育肥公猪的脂肪沉积，增加瘦肉产量[21]；提高妊娠母猪体内激素水平和机体抗氧化酶活性，促进胎盘养分转运基因表达，改善早期胚胎发育，进而提高妊娠母猪繁殖性能[22]。此外，日粮中添加 SIF 可以改善奶牛的免疫功能和繁殖性能[23]以及肉鸡的抗氧化状态和肉质[24]。在日本鹌鹑产蛋日粮中添加 SIF 可以提高产蛋后期在热应激条件下的蛋品质和产蛋量[25]。SIF 可能通过增加卵巢卵泡数量，提高血清抗氧化能力、生殖激素含量和胫骨钙磷含量，进而改善产蛋后期蛋鸡生产性能和鸡蛋品质[26]。然而，SIF 对鱼类的生长性能、骨骼形成、肠道功能和肝脏代谢有不利影响[27]。

2.3 酚酸

大豆中多酚的质量分数较高，由于多酚对自由基有很强的清除能力，大豆被称为“天然的抗氧化食品”[28]。齐伟辰等研究表明，当电磁裂解时间为 65 min 时，大豆中总酚含量最高为 1 970 μg/g，此时其抗氧化性最强，且安全无毒[29]。酚酸是一类含有酚环的有机酸，SBM 含有水杨酸、龙胆酸、香草酸、丁香酸、对香豆酸、肉桂酸、绿原酸、异绿原酸和阿魏酸等酚酸，总酚酸含量是大豆皮的 7.5 倍，比大豆渣高 20 倍[6,30]。

2.4 鲍曼-伯克蛋白水解酶抑制剂（BBI）

BBI 是指大豆胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶抑制剂，由 71 个氨基酸组成，含有 7 个能够自由结合的二硫键；具有两个独立的抑制位点，一个在 Lys 16–Ser 17 上抑制胰蛋白酶，另一个在 Leu 43–Ser 44 上抑制胰凝乳蛋白酶[31]。SBM 含有约 0.2%～0.5%的 BBI，蛋白水解酶抑制剂通过引起胰腺肥大/增生来发挥其抗营养作用，最终影响动物生长[32]。另有研究表明，BBI 通过预防或减少动物体内各种类型的诱导细胞恶性转化来发挥抗癌作用[33]。

2.5 脂肪酸

SBM 中的主要饱和脂肪酸是棕榈酸，其次是硬脂酸，而油酸是大豆糖蜜中最主要的单不饱和脂肪酸。多不饱和脂肪酸在 SBM 总脂肪酸中所占比例最高，亚油酸是最主要的脂肪酸，α–亚麻酸占总脂肪酸的 7.2%（表 2）[30]。

表 2 SBM 中的脂肪酸谱

脂肪酸	含量/%
肉豆蔻酸	0.1～0.2
十五烷酸	0.1
棕榈酸	11.2～21.2
棕榈油酸	0.1
马尿酸	0.2
硬脂酸	3.9～3.9
反式油酸	0.1
油酸	9.9～23.1
反式亚油酸	0.2
亚油酸	54～56
花生酸	0.1～0.3
二十碳烯酸	0～0.2
α–亚麻酸	7.2
山嵛酸	0.4～0.5
二十三烷酸	0.2
芥酸	0.2
木蜡酸	0.2～0.3
饱和脂肪酸	16.2～26.4
单不饱和脂肪酸	10.1～23.6
多不饱和脂肪酸	61.2～63.4

2.6 氨基酸

SBM 的氨基酸谱如表 3 所示，与其他大豆副产品（如大豆皮和豆渣）相比，SBM 的总氨基酸含量最低。SBM 中最丰富的氨基酸是 Glu，其次是 Arg、Phe 和 Asp[30]。

表 3 SBM 中的氨基酸谱

氨基酸	含量/（g/kg DM）
天冬氨酸 Asp	3.2 ~ 8.7
苏氨酸 Thr	1.8 ~ 2.9
丝氨酸 Ser	1.3 ~ 3.6
谷氨酸 Glu	5.0 ~ 13.7
脯氨酸 Pro	2.2 ~ 3.8
甘氨酸 Gly	0.9 ~ 3.2
丙氨酸 Ala	2.2 ~ 3.4
胱氨酸 Cys	1.2 ~ 7.6
缬氨酸 Val	1.6 ~ 3.7
蛋氨酸 Met	1.1 ~ 3.6
异亮氨酸 Iso	1.5 ~ 3.5
亮氨酸 Leu	1.2 ~ 5.9
酪氨酸 Tyr	2.7 ~ 4.6
苯丙氨酸 Phe	3.9 ~ 5.1
组氨酸 His	2.1 ~ 5.4
赖氨酸 Lys	0.9 ~ 4.8
精氨酸 Arg	5.6 ~ 7.9

3 SBM 在动物日粮中的应用

3.1 在反刍动物日粮中的应用

SBM 可用于制作青贮饲料，为酸性甲酸细菌提供糖的来源，提高青贮饲料的价值。此外，SBM 在反刍动物液体饲料中使用具有良好潜力，添加SBM可以提高碳水化合物的含量，为瘤胃微生物和宿主的发育提供能源[34-36]。首先，可以防止酸中毒的发生；其次，由于其甜味，可以刺激动物的食欲；根据奶牛的生产性能，日粮中最佳总糖的水平是 5%，喂食总糖超过 6%会抑制生产性能。最后，可以提高瘤胃纤维和瘤胃氮的消化利用率，提高乳蛋白含量。Schultz 等[37]评估了绵羊日粮补充SBM对饲料摄入量、消化率、摄食行为和代谢状况的影响，结果表明，粗蛋白摄入量随着基础玉米青贮饲料中 SBM 的增加（0、3、6、9、12%DM）而成比例增加，绵羊的饲料消化率、摄食行为和代谢特征没有受到影响，也没有任何中毒风险。SBM 对瘤胃环境的影响也有研究。以 DM 计，绵羊日粮中添加 0%、15%、30%的 SBM 线性增加了瘤胃 pH，降低了氨氮浓度、总气体和 CH_4 的产量，从而改善了瘤胃发酵，增加了胴体脂肪沉积[38-39]。原因是SBM使瘤胃丁酸盐产量增加，从而增强瘤胃上皮的血液流动，使挥发性脂肪酸从上皮细胞更快地转移到血液中[40]。因此，SBM 可以放心用于泌乳奶牛的全混合日粮中，作为瘤胃中快速发酵碳水化合物的来源，不会对瘤胃 pH 产生影响。在肉牛中，研究发现SBM可以增加饲料摄入量和日增重[41]。综合上述研究结果，在反刍动物日粮中添加 15% ~ 30%的SBM，不会对瘤胃发酵和性能产生负面影响。

3.2 在猪日粮中的应用

关于在猪饲料中使用SBM的研究很少，但作为能量来源可以用于猪日粮中，因为生猪能够消化SBM中的低聚糖。其中，水苏糖和棉子糖可以被断奶仔猪的后肠细菌完全发酵[42]。在饲料中加入适量的SBM可以提高生长性能，缓解热应激对生长猪的不利影响[43]。不过，当在猪日粮中大量使用SBM时，由于高浓度钾离子会扰乱电解质平衡并增加肠内渗透压，可能会导致消化障碍和腹泻[44]。因此，在猪日粮中使用 SBM 需要注意添加水平和生理阶段。

3.3 在家禽日粮中的应用

迄今为止，还没有关于SBM在家禽营养中应用的研究报道。然而，SBM 可以添加到家禽日粮中，但与反刍动物和猪相比，添加量较低，一般小于 5%。因为较高的用量会对鸡产生毒性和通便作用[45]。

3.4 在水产日粮中的应用

研究发现[46]，在大西洋鲑鱼日粮中添加较高水平（>10%）的 SBM 对营养物质消化率有不利影响，并引起远端肠道形态学变化，肠上皮细胞显著减少，肠黏膜中溶菌酶和 IgM 水平升高，炎症反应增强；脂肪的消化率从 86%显著降低到76%，对饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸消化率的

影响比多不饱和脂肪酸更严重，而蛋白质和干物质的消化率没有受到显著影响。Olli 和 Krogdahl[16]认为，SBM 中的皂苷可能与胆固醇和胆盐相互作用，从而降低了脂肪消化率。Knudsen 等[47]研究发现，大豆皂苷是大西洋鲑鱼肠炎的致病化合物；当皂苷纯化合物浓度低于 2 g/kg 时，不会引起肠炎。因此，在水产日粮中添加含有皂苷的植物成分，尤其是豆类时，应格外小心。Francis 等[48]认为，水产日粮中皂苷浓度低于 1 g/kg 是安全的，不会影响普通养殖鱼类的生长性能。

4 结语

SBM 是脱脂大豆生产 SPC 的副产品，富含碳水化合物，具有较高的能量价值。这种副产品在动物日粮中，尤其是在反刍动物日粮中具有很强的应用潜力，主要用于替代部分玉米等能量饲料。在反刍动物日粮中，SBM 的用量可以达到 15%～30%；对于单胃动物和水产动物，SBM 的利用受到限制，最好控制在 5%以内。

参考文献

[1] 李琰. 大豆糖蜜制备调味液基料的技术研究[J]. 中国调味品, 2021, 46（2）: 89-92.

[2] Almeida M T C, Paschoaloto J R, Castro Filho E S, et al. Effects of increasing inclusion of soybean molasses on rumen fermentation of feedlot lambs[J]. Journal of Animal Science, 2018, 96（Suppl.3）: 476.

[3] Maria C G A, Marco T C A, João P A B, et al. Soybean molasses to replace corn for feedlot lambs on growth performance, carcass characteristics, and meat quality[J]. Translational Animal Science, 2021, 5（1）: 1-15.

[4] Siqueira P F, Karp S G, Carvalho J C, et al. Production of bio-ethanol from soybean molasses by Saccharomyces cerevisiae at laboratory, pilot and industrial scales[J]. Bioresource Technology, 2008, 99（17）: 8156-8163.

[5] Long C C, Ribbons W R. Conversion of soy molasses, soy solubles, and dried soybean carbohydrates into ethanol[J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2013, 6（1）: 62-68.

[6] Chajuss D. Soy molasses: Processing and utilization as a functional food[M]. In Soybeans as Functional Foods and Ingredients. Liu K. Ed. AOCS Press: Champaign, IL, USA, 2004: 212-219.

[7] Karp S G, Woiciechowski A L, Letti L A J, et al. Bioethanol from soybean molasses[M]. Soccol C R, Brar S K, Faulds C, et al. Eds. Green Fuels Technology. Cham: Springer International Publishing, 2016: 241-254.

[8] Loman A A, Ju L K. Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals[J]. Process Biochemistry, 2016, 51（8）: 1046-1057.

[9] Messina M. Legumes and soybeans, overview of their nutritional profiles and health effects[M]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1999, 70（3）: 439-450.

[10] Wang H J, Murphy P A. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: effects of variety, crop year, and location[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1994, 42（8）: 1674-1677.

[11] Hosny M, Rosazza J P N. Novel isoflavone, cinnamic acid, and triterpenoid glycosides in soybean molasses[J]. Journal of Natural Products, 1999, 62（6）: 853-858.

[12] Plewa M J, Wagner E D, Kirchoff L, et al. The use of single cell gel electrophoresis and flow cytometry to identify antimutagens from commercial soybean byproducts[J].Mutation Research, 1998, 402（6）: 211-218.

[13] Berhow M A, Wagner E D,Vaughn S F, et al. Characterization and antimutagenic activity of soybean saponins[J]. Mutation Research, 2000, 448（3）: 11-22.

[14] Francis G, Kerem Z, Makkar H P S, et al. The biological action of saponins in animal systems: A review[J]. British Journal of Nutrition, 2002, 88（7）: 587-605.

[15] Smith B N, Dilger R N. Immunomodulatory potential of dietary soybean-derived isoflavones and saponins in pigs[J]. Journal of Animal Science, 2018, 96（4）: 1288-1304.

[16] OIli J J, Krogdahl Å. Alcohol soluble components of soybeans seem to reduce fat digestibility in fish-meal-based diets for Atlantic salmon, Salmo salar L[J]. Aquaculture Research, 1995, 26（11）: 831-835.

[17] Krogdahl Å, Bakke-Mckellep A M, Røed K H, et al. Feeding Atlantic salmon Salmo salar L. soybean products: Effects on disease resistance（furunculosis）, and lysozyme and IgM levels in the intestinal mucosa[J]. Aquaculture Nutrition, 2000, 6（1）: 77-84.

[18] Munro I C, Harwood M, Hlywka J J, et al. Soy isoflavones: A safety review[J]. Nutrition Reviews, 2003, 61（1）: 1-33.

[19] Cook D R. The Effect of Dietary Soybean Isoflavones on the Rate and Efficiency of Growth and Carcass Muscle Content in Pigs and Rats[D]. Ph.D. Thesis, Iowa State University, Ames, IA, USA, 1998.

[20] Kuhn G, Hennig U, Kalbe C, et al. Growth performance, carcass characteristics and bioavailability of isoflavones in pigs fed soy bean based diets[J]. Archives of Animal Nutrition, 2004, 58（4）: 265-276.

[21] Payne R L, Bidner T D, Southern L L, et al. Effects of dietary soy isoflavones on growth, carcass traits, and meat quality in growing-finishung pigs[J]. Journal of Animal Science, 2001, 79（5）: 1230-1239.

[22] 李延.大豆异黄酮对妊娠母猪繁殖性能的影响及其作用机理研究[D]. 雅安: 四川农业大学,2024.

[23] 韩奇鹏, 张佩华, 罗玲等. 大豆糖蜜的主要活性成分及其对反刍动物的影响[J]. 中国饲料, 2015,（18）: 11-13.

[24] Jiang Z Y, Jiang S Q, Lin Y C, et al. Effects of soybean isoflavone on growth performance, meat quality,and antioxidation in male broilers[J]. Poultry Science, 2007, 86（7）: 1356-1362.

[25] Sahin N, Onderci M, Balci T A, et al. The effect of soy isoflavones on egg quality and bone mineralisation during the late laying period of quail[J]. British Poultry Science, 2007, 48（3）, 363-369.

[26] 王贝贝, 武书庚, 张海华, 等.饲粮添加大豆异黄酮对产蛋后期蛋鸡生产的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2024, 55（12）: 1-8.

[27] Gu M, Gu J N, Penn M, et al. Effects of diet supplementation of soya-saponins, isoflavones and phytosterols on Atlantic salmon（Salmo salar L.） fry fed from start-feeding[J]. Aquaculture Nutrition, 2014, 21（4）: 604-613.

[28] 刘 澜. 大豆的营养成分及其综合利用前景[J].内蒙古民族大学学报，2014，29（2）: 175-177.

[29] 齐伟辰, 汲丽丽, 李双燕, 等. 电磁裂解法提取大豆总酚及其抗氧化性研究[J]. 粮食与油脂, 2023, 36（5）: 44-48.

[30] Zhong Y, Zhao Y. Chemical composition and functional properties of three soy processing by-products（soy hull, okara and molasses）[J]. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 2015, 7（5）: 651-660.

[31] Birk Y. The Bowman-Birk inhibitor. Trypsin- and chymotrypsin-inhibitor from soybeans[J]. International journal of peptide and protein research, 1985, 25（2）: 113-131.

[32] Liener I E. Implications of antinutritional components in soybean foods[J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 1994, 34（1）: 31-67.

[33] Thomas M, van der Poel A F B. Fundamental factors in feed manufacturing: Towards a unifying conditioning/

pelleting framework[J]. Animal Feed Science & Technology, 2020（10）: 114612.

[34] Broderick G A, Radloff W J. Effect of molasses supplementation on the production of lactating dairy cows fed diets based on alfalfa and corn silage[J]. Journal of Dairy Science, 2004, 87（9）: 2997-3009.

[35] Chen L, Li B, Ren A, et al. Effect of soybean molasses-adsorbents on in vitro ruminal fermentation characteristics, milk production performance in lactating dairy cows[PP/OL]. bioRxiv（2018-12-13）[2024-12-25]. https://doi.org/10.1101/496224.

[36] Mileti´c A, Stojanovi´c B, Grubi´c G, et al. The soybean molasses in diets for dairy cows[J]. Mljekarstvo, 2017, 67（2）: 217-225.

[37] Schultz E, Macedo Júnior G, Paula C, et al. Soybean molasses[J]. Bull. Anim. Husb., 2020, 77（1）: 1-8.

[38] Van Cleef F, van Cleef E, Almeida M, et al. PSI-13 In vitro digestibility and gas production of diets containing different levels of soybean molasses for feedlot sheep[J]. Journal of Animal Science, 2018, 96（S3）: 63.

[39] Pereira-Junior S A G , Costa R V, Rodrigues J L, et al. Soybean molasses increases subcutaneous fat deposition while reducing lipid oxidation in the meat of castrated lambs[J]. Journal of Animal Science, 2024, 102（1）: 1-18.

[40] Martel C A, Titgemeyer E C, Mamedova L K, et al. Dietary molasses increases ruminal pH and enhances ruminal biohydrogenation during milk fat depression[J]. Journal of Dairy Science, 2011, 94（8）: 3995-4004.

[41] Drouillard J S, Schoenholz C K, Hunter R D, et al. Soy molasses as a feed ingredient for finishing cattle[C]. Cattlemen's Day, 1999: 89-92.

[42] Krause D O, Easter R A, Mackie R I. Fermentation of stachyose and raffinose by hind-gut bacteria of the weanling pig[J]. Letters in Applied Microbiology, 1994, 18（3）: 349-352.

[43] Singh N M, Singh L A, Kumari V, et al. Effect of supplementation of molasses（Saccharum officinarum）on growth performance and cortisol profile of growing pig in north eastern hill ecosystem of India[J]. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2020, 8（2）: 302-305.

[44] Mavromichalis I, Hancock J D, Hines R H, et al. Lactose, sucrose, and molasses in simple and complex diets for nursery pigs[J]. Animal Feed Science & Technology, 2001, 93（1）: 127-135.

[45] Elgilani H M. The Feeding Value of Sugar Cane Molasses in Broiler Diets[D]. Khartoum: University of Khartoum, 2007.

[46] Van den lngh T S G A M, Olli J J, Krogdahl Å. Alcohol-soluble components in soybeans cause morphological changes in the distal intestine of Atlantic salmon, Salmo salar L[J]. Journal of Fish Diseases, 1996, 19（1）: 47-53.

[47] Knudsen D, Urán P, Arnous A, et al. Saponin-containing subfractions of soybean molasses induce enteritis in the distal intestine of Atlantic salmon[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55（6）: 2261-2267.

[48] Francis G, Makkar H P S, Becker K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish[J]. Aquaculture, 2001, 199（3-4）: 197-227.

（收稿日期：2025-01-02）

口蹄疫疫苗的研究进展与应用现状

余 鑫[1]，尚香兰[2]，赵韵童[3]，魏 凯[1*]

（1.山东农业大学动物医学院/山东省人兽共患病重点实验室，山东 泰安 271018；2.泰安市宁阳县蒋集镇畜牧站，山东 宁阳 271409；3.山东农业大学动物科技学院，山东 泰安 271018）

摘要：口蹄疫（FMD）是由口蹄疫病毒引起的一种急性、热性、高度接触性传染病，严重危害偶蹄动物的健康，给全球畜牧业造成巨大经济损失。口蹄疫疫苗作为防控口蹄疫的关键手段，其研究进展与应用现状备受关注。本文详细阐述了口蹄疫疫苗的多种类型，包括传统的灭活疫苗、活疫苗，以及新型的 VLPs 疫苗、复合表位蛋白疫苗、OA 二价 VLP 疫苗等，深入分析了它们的研发原理、特点及优势。在应用上，涵盖了不同地区的使用情况、免疫策略与防控效果评估。同时，探讨了病毒血清型复杂、疫苗株与流行株匹配度、质量控制等现存挑战，并对未来疫苗在维持病毒粒子稳定性、优化病毒样颗粒组装等方向的发展进行了展望。旨在为提升口蹄疫防控水平，推动畜牧业可持续发展提供坚实的理论与实践依据，助力全球动物疫病防控工作取得更好成效。

关键词：口蹄疫，疫苗类型研究，新型疫苗，防控应用

中图分类号：S855.3 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0166-05

口蹄疫（Foot–and–Mouth Disease, FMD）是一种由口蹄疫病毒（Foot–and–Mouth Disease Virus, FMDV）引起的急性、热性、高度接触性病毒性传染病，对全球畜牧业造成了巨大的经济损失。口蹄疫病毒属于小 RNA 病毒，有 7 个血清型，不同血清之间无免疫交叉保护性，主要危害猪、牛、羊等偶蹄动物，该病可导致牛奶产量下降、肉质受损以及对受影响地区实施贸易限制，从而对畜牧业造成重大经济损失[1]。该病传播速度快，流行范围广，对全球畜牧业造成了巨大的经济损失，并严重制约着养殖业的健康发展，我国规定为一类动物传染病。因此，口蹄疫疫苗的研发与应用一直是动物疫病防控工作的重中之重。随着科技的不断进步，口蹄疫疫苗的研究取得了诸多进展，新型疫苗不断涌现，为有效防控口蹄疫提供了有力支持。本文将对口蹄疫疫苗的研究进展与应用现状进行全面综述。

1 口蹄疫疫苗的类型及研究进展

口蹄疫病毒有 7 个血清型：A、O、C、SATI、SATII、SATIII和亚洲I型，各型之间没有交叉保护能力，各型内的亚型之间有一定的交叉保护能力。口蹄疫疫苗是防控口蹄疫的关键工具，可以有效控制疫情的流行范围，甚至在与严格的政府防控政策相结合时，可以根除地方性口蹄疫[2]。疫苗的研发和应用对于全球畜牧业的健康和经济至关重要。

1.1 传统疫苗研究

传统口蹄疫疫苗主要包括灭活疫苗和活疫苗两大类，现今，在全球范围内使用最多的口蹄疫疫苗是口蹄疫全病毒灭活疫苗[3]。

1.1.1 灭活疫苗 该疫苗通过疫苗种毒接种易感细胞系，采用细胞悬浮培养的方法，扩增得到FMDV，随后使用二乙烯亚胺（binary ethyleni-

基金项目：山东省现代农业产业技术体系建设经费（SDAIT-10-05）

*通讯作者：weikaisdau@163.com

mine，BEI）对病毒进行灭活并加入适当佐剂制成灭活疫苗[3]。这种疫苗保留了病毒的抗原性，但失去了感染力，因此安全性较高。灭活疫苗是目前应用最广泛的传统口蹄疫疫苗之一，我国内地对猪、牛一般都用 O 型口蹄疫病毒灭活苗进行免疫接种[2]。这些疫苗在预防口蹄疫方面具有较高的效果，且能够产生较为持久的免疫力。

1.1.2 *活疫苗* 口蹄疫活疫苗是通过豚鼠、乳鼠、鸡胚，连续细胞传代或对口蹄疫原始株的人工诱变获得的人工减毒株和减毒株。大量扩增后，加入一定剂量的保护剂和佐剂[4]。活疫苗在动物体内能够繁殖并刺激机体产生免疫力，免疫期较长。由于口蹄疫病毒具有较强的变异能力，减毒活疫苗存在毒力返祖的风险，即减毒株在某些情况下可能会恢复强毒力，导致疫苗接种动物发病。减毒活疫苗的致弱程度和免疫原性难以精确控制。在试验中发现，对一些动物是弱毒，而对另一些易感动物又是强毒，很难获得一株既是弱毒又具有免疫原性的毒株[5]。减毒活疫苗在生产过程中使用活病毒，存在病毒泄漏或疫苗带毒的生物安全风险。由于上述风险，许多国家已经禁用或限制使用弱毒疫苗。中国自 2018 年 7 月 1 日起，在全国范围内停止亚洲 I 型口蹄疫免疫，停止生产销售含有亚洲 I 型口蹄疫病毒组分的疫苗。目前，世界范围内仅个别国家仍使用口蹄疫弱毒活疫苗。

传统口蹄疫疫苗在畜牧业中得到了广泛应用，特别是在疫情高发地区。这些疫苗在预防和控制口蹄疫方面发挥了重要作用，降低了疫情的传播风险，减少了经济损失。然而，传统口蹄疫疫苗也存在一些问题和局限性，如免疫期较短、存在较大生物安全隐患以及生产难度大等等。

1.2 新型疫苗

1.2.1 *口蹄疫病毒样颗粒（VLPs）疫苗* VLPs 疫苗是一种新型的基因工程疫苗，它们有着和真正病毒十分相似的特征，易于被免疫系统识别，并以与真实构象相似的途径呈递病毒抗原，从而诱导强烈的免疫反应，但却不含有病毒的遗传物质，因此无法复制或引发疾病[6]。它表达口蹄疫病毒的三个结构蛋白 VP1、VP0 和 VP3，具有口蹄疫病毒所有的线性表位和构象表位，因此相当于灭活病毒的免疫原性。由于其不表达口蹄疫病毒非结构蛋白 3ABC，因此可以准确区分疫苗免疫和野生型病毒感染的动物。而且生产过程中不使用活病毒，疫苗成分为不含核酸物质的蛋白质，因此不存在病毒泄漏或疫苗中毒的生物安全风险。中国农业科学院兰州兽医研究所研发的口蹄疫 VLPs 疫苗于 2021 年在国内获得了一类新兽药证书，并在国际上获得了发明专利，填补了国际空白。

1.2.2 *复合表位蛋白疫苗* 口蹄疫复合表位蛋白疫苗属于基因工程亚单位疫苗，是新型的换代疫苗。中国农业科学院兰州兽医研究所的研究团队在口蹄疫复合表位蛋白疫苗的研究上取得了突破性进展。他们完成了 O 型复合表位蛋白疫苗的全部实验室研究，并开展了 A 型蛋白疫苗的研制。研究人员利用基因工程表达技术，获得了重组蛋白，并配以免疫增强剂和佐剂制成疫苗，其免疫力能完全达到常规灭活疫苗的效力。这种疫苗在免疫靶动物上的 PD_{50} 值大于 6，达到了世界动物卫生组织（WOAH）和中国口蹄疫疫苗的标准。该疫苗的复合表位蛋白经反复试验筛选和结构分析确定，产物具有良好的稳定性和免疫原性。由于生产表位蛋白疫苗不需要动用活病毒，因此不存在散毒和灭活不彻底的隐患；该疫苗利用原核表达系统生产抗原，获得大量蛋白简单方便，成本明显低于真核生物反应器制备蛋白；且有利于疫病净化，口蹄疫病毒非结构蛋白抗体指标是感

染和免疫鉴别诊断的金标准，表位蛋白疫苗不含病毒非结构蛋白，长期多次使用不妨碍感染和免疫鉴别诊断，有利于疫病净化，其使用将加快我国免疫无口蹄疫国家建设的进程。

1.2.3 O–A 二价 VLP 疫苗 在单型 VLP 疫苗的基础上，科研人员根据我国口蹄疫病毒毒株流行现状，进一步研发了口蹄疫O–A二价VLP疫苗。该疫苗不仅具有单型 VLP 疫苗的所有优点，还针对我国流行的 O 型和 A 型口蹄疫病毒提供了双重保护[7]，适用于“紧急”免疫，可实现“长久”保护。据华派研究院副院长杜平博士介绍，传统的灭活疫苗在接种疫苗后通常需要 28 d，抗体水平才能达到这一合格标准，而该疫苗在免疫后仅 14 d，抗体水平便能迅速攀升至 70%的合格线，抗体产生速度远超传统疫苗。更关键的是，在免疫后的 14 d 进行攻毒测试，该疫苗展现出了完全保护效果，因此也适用于“紧急免疫”，可以为应对突发疫情提供支持[8]。实验数据表明，O–A 二价 VLP 疫苗免疫动物后能够诱导高水平的保护性抗体，免疫动物能够抵抗 O 型和 A 型口蹄疫病毒攻击，均 100%保护，并且实现了“一针两防”，即生产一种抗原即可预防 O 型和 A 型口蹄疫两个血清型[9]。这意味着使用O–A 二价 VLP 疫苗可以减少动物免疫接种频率，在保护动物健康的同时，降低了养殖成本。

1.2.4 口蹄疫活载体苗 活载体疫苗是将口蹄疫病毒的抗原基因插入到载体病毒的基因组中，通过载体病毒在宿主细胞内的复制和表达，诱导宿主产生免疫反应。目前常用的载体病毒主要有痘病毒、腺病毒、杆状病毒、脊髓灰质炎病毒等。这种疫苗可以同时表达多种抗原，具有高效免疫保护、免疫持续期长、多价免疫等优势，能够快速诱导免疫反应并提供长期保护，此外，载体本身也可作为佐剂，进一步增强免疫效果[4]。20 世纪 80 年代，活载体疫苗技术开始应用于口蹄疫疫苗的研发，近年来，随着基因工程技术的发展，活载体疫苗的研究取得了显著进展，部分产品已进入商业化应用，例如，通过腺病毒介导递送口蹄疫病毒的结构蛋白（如 VP1、VP3 等），可以在猪体内诱导强烈的免疫反应，并提供保护性免疫[10]。值得注意的是，对于不同血清型 FMDV，单价活载体疫苗通常提供了比二价病毒载体疫苗更高水平的体液免疫。活载体疫苗的广泛应用，为口蹄疫的防控提供了更高效、更安全的解决方案，有望在口蹄疫的净化和防控中发挥重要作用。

1.2.5 口蹄疫核酸疫苗 核酸疫苗，常被称作 DNA 疫苗、基因疫苗、核苷酸疫苗等，通过将抗原的编码基因克隆到质粒或病毒载体上，然后将重组的质粒或病毒 DNA 导入动物体细胞内，使外源基因在活体内表达，产生以天然蛋白形式出现的抗原，激活机体的免疫系统，并能够持续地引发免疫反应。目前，口蹄疫核酸疫苗主要集中在 DNA 疫苗的研究上，尚未见 RNA 疫苗的报道。核酸疫苗具有成本低、操作简便、抗原纯度高、免疫期长、便于工业化生产等优点，被认为在抗病毒感染中具有较大潜力，但口蹄疫核酸疫苗的免疫反应相对较弱，抗体维持时间较短，限制了其实际应用，因此目前仍处于科研阶段，尚未广泛应用于实际防控，主要作为其他类型疫苗的辅助免疫手段。

2 口蹄疫疫苗的大规模生产技术及创新

我国动物疫苗规模化生产装备制造和核心技术研发起步较晚，但已设计制造了适应于动物细胞规模化培养的全自控搅拌式生物反应器装备，并创建了病毒规模化全悬浮培养和抗原浓缩纯化生产工艺，打破了国外技术壁垒和垄断，实现了

口蹄疫疫苗产业技术升级。基因工程技术可用于设计和构建更加有效的口蹄疫病毒疫苗，可以选择和组合病毒的特定基因片段，从基因工程上对基因片段进行改变，以增强口蹄疫疾病的免疫原性和抗原性，从而提高疫苗的免疫效果，减少口蹄疫疾病在养殖过程中出现的频率，基因工程疫苗的设计可以使其更具选择性地激活免疫系统[11]。

3 口蹄疫疫苗的国际影响

在疫情防控上，口蹄疫疫苗的合理应用能阻断传播，有效提高动物免疫力，形成免疫屏障，阻止病毒跨国界传播，控制疫情蔓延，维护全球畜牧业稳定；能促进贸易，助力各国实现无疫状态，使动物及其产品能自由出口，如欧盟停用疫苗后，家畜及肉类制品贸易大增。

在科研合作上，能推动创新，全球科研人员不断突破，如中国研发的复合表位蛋白疫苗等，提升疫苗质量，为其他疫苗研发提供借鉴；能加强交流，各国共享技术、经验，加快科研成果的取得，共同应对口蹄疫挑战。

在市场竞争上，全球畜牧业发展带动口蹄疫疫苗市场规模快速增长，2022 年达 9.2 亿美元市场份额，预计 2029 年达 16 亿美元。企业应当加大研发，提高工艺质量，推动产业技术升级。我国需要不断打破国外技术壁垒，提升国际竞争力。

在国家竞争力上，研发领先国家在动物疫病防控领域话语权增强，如中国口蹄疫 VLPs 疫苗不仅在国内获得了一类新兽药证书，更在国际上获得了发明专利，填补了国际空白，提升了我国兽医疫苗的国际竞争力，且保障了经济安全，防控疫情减少损失，稳定动物产品供应，保障国家粮食安全和经济稳定，增强国际经济竞争底气。

4 口蹄疫疫苗的应用现状

4.1 免疫评估与市场应用情况

口蹄疫疫苗免疫后，抗体水平的评估是通过采集免疫后畜禽的全血，通过离心分离血清，然后使用检测试剂盒进行抗体水平的实验室检测，定期监测动物体内疫苗免疫的抗体水平，维持测定时间，评价免疫效果，了解和掌握疫苗免疫效果，建立科学合理的免疫程序，为优化免疫方案提供了有力证据[12]。近年来，随着口蹄疫 VLP 疫苗的研发成功和商业化推广，其在全球范围内的应用日益广泛。特别是在中国，自 2021 年口蹄疫 O 型 VLP 疫苗进入市场以来，至今尚未收到任何关于疫苗副反应的报告，其安全性水平得到了充分验证。

4.2 政策支持与市场需求

口蹄疫疫苗的市场发展受到多个因素的驱动。政府通常会实施强制性的口蹄疫疫苗接种计划，以防范疫情的暴发。《2022 年国家动物疫病强制免疫计划》中已明确指出，应对牛、羊、骆驼、鹿进行 O 型和 A 型口蹄疫免疫，对所有猪进行 O 型口蹄疫免疫，强制免疫动物疫病的群体免疫密度应常年保持在 90%以上[13]。这些政策推动了疫苗的市场需求，并确保养殖业者在法规要求下采取必要的防控措施。

4.3 面临挑战和前景展望

全球口蹄疫疫苗市场规模呈现稳步扩张的态势。维持灭活疫苗中病毒粒子的完整性和稳定性，以及高效组装完整、稳定的 VLP，开发新型疫苗，是口蹄疫疫苗研究者长期奋斗和研究的方向。口蹄疫疫苗市场的发展还面临着许多挑战，从病毒的高度变异性、疫苗研发和生产成本，到冷链要求、供应链问题以及国际贸易政策的变化，都需要每个人共同努力[14]。正因如此，在未

来很长一段时间内，口蹄疫疫苗仍将是防控口蹄疫的主要手段之一，巨大的市场需求将持续存在。

5 结语

口蹄疫疫苗的研发与应用是动物疫病防控工作的重要组成部分。疫苗免疫是我国控制口蹄疫的重要措施，虽整体免疫效果较好，但防控工作仍需持续高度重视，加大监测检测力度，提升养殖户主动防疫意识[15]。随着基因工程技术的不断发展，VLP 疫苗作为一种新型疫苗技术，在口蹄疫防控中展现出了巨大的潜力。O–A 二价 VLP 疫苗的成功研发与商业化推广，将进一步推动我国口蹄疫的防控工作。同时，口蹄疫疫苗市场的发展面临一些挑战，需要政府、科研机构和企业共同努力，加强疫苗研发、优化生产工艺、完善政策支持、加强市场监管，以确保口蹄疫疫苗在畜牧业中的广泛应用和有效防控。

参考文献

[1] 郭慧琛. 高分辨抗原图谱破解口蹄疫疫苗免疫原性差异[J]. 中国兽医科学, 2024, 54（12）: 1702-1704.

[2] 刘畅, 任成智, 田忠然. 口蹄疫疫苗免疫接种的不良反应及处理[J]. 吉林畜牧兽医, 2011, 32（11）: 39.

[3] 李纬亮, 赵启祖. 口蹄疫灭活疫苗抗原稳定性研究进展[J]. 中国兽药杂志, 2017, 51（7）: 70-77.

[4] 孙莹, 孙晓军, 包世俊. 口蹄疫疫苗的研究进展[J]. 养殖与饲料, 2021, 20（8）: 134-136.

[5] 曹轶梅, 卢曾军, 田飞鹏, 等. 口蹄疫新型疫苗研究进展[J]. 微生物学通报, 2009, 36（11）: 1750-1757.

[6] Roldão A, Mellado MC, Castilho LR, et al. Virus-like particles in vaccine development[J]. Expert Rev Vaccines, 2010, 9（10）: 1149-1176.

[7] 陈婷, 张起伟, 辛俊宝, 等. 口蹄疫 O 型、A 型二价灭活疫苗（OHM/02 株+AKT-Ⅲ株）纯度、免疫持续期、攻毒保护的研究[J]. 家畜生态学报, 2022, 43（9）: 68-71.

[8] 农财宝典畜牧版. 口蹄疫“净化”迎来曙光！华宇生物“蹄净优”正式获批上市[EB/OL]. （2024-12-26）[2026-09-04]. https://www.163.com/dy/article/JK C1N N990514E1NL.html.

[9] 中国农业科学院兰州兽医研究所. O 型、A 型口蹄疫多表位二价病毒样颗粒抗原及其制备方法和应用: CN202211735147.6[P]. 2023-06-02.

[10] An Q, Lv Y, Li Y, et al. Global foot-and-mouth disease risk assessment based on multiple spatial analysis and ecological niche model[J]. Veterinary Quarterly, 2025, 45（1）: 1-11.

[11] 杨曼. 生猪口蹄疫免疫失败原因分析及预防控制措施研究[J]. 农村实用技术, 2024（11）: 111-112.

[12] 刘德清, 李知夏, 曾香, 等. 规模猪场口蹄疫灭活疫苗免疫抗体评估[J]. 中国猪业, 2024, 19（4）: 44-49.

[13] 高丽娟, 包雨鑫, 杜启源, 等. 口蹄疫的综合防控措施[J]. 北方牧业, 2023（1）: 32-37.

[14] 张守华, 谭燕财. 牛口蹄疫疫苗免疫副反应产生的因素及防控策略[J]. 今日畜牧兽医, 2024, 40（9）: 11-13.

[15] 林永, 赵碧梅, 耿广多. 规模奶牛场口蹄疫免疫抗体监测与分析[J]. 中国乳业, 2024（10）: 54-58.

（收稿日期：2025-01-24）

猪遗传育种与养殖技术研究进展

高林青*

（长治职业技术学院动物科学系，山西 长治 046000）

摘要：猪作为高价值畜禽及生物医学模式动物之一，其遗传育种与养殖技术创新对产业提质增效、粮食安全保障及生命科学发展至关重要。近年来，基因组学、精准营养、智能装备及疫病防控技术突破，推动了关于猪的研究迈入精准化、智能化新阶段。本文综述猪全基因组解析、功能基因挖掘、基因编辑育种等核心技术，以及精准营养、智能养殖装备、疫病防控的最新成果，剖析种源依赖、技术转化不足等突出问题并提出解决思路，以期为推动生猪产业高质量发展提供参考。

关键词：猪；遗传育种；精准营养；智能养殖；疫病防控；基因组学

中图分类号：S828.2 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-1733（2026）03-0171-06

生猪产业是我国畜牧业支柱之一，产值占比超 40%，既是肉食品供给核心，也是乡村振兴与农业经济稳定的重要支撑。猪与人类生理、基因组特征高度同源，兼具养殖与生物医药科研价值。我国生猪养殖规模居世界前列，但面临品种选育进程偏慢、优良种质资源供给不足、饲料利用效率偏低、疫病防控压力较大等痛点。随着三代测序、AI、基因编辑[1-2]、物联网等技术与产业融合，传统养殖逐步向精准化、科学化转型。本文系统梳理近年来猪遗传育种、营养供给、智能养殖与疫病防控领域的研究进展，分析技术瓶颈与推广路径，为构建自主可控的生猪产业技术体系提供支撑。

1 猪遗传育种研究新突破

遗传育种是提升猪生产性能、保障种源安全的核心，也是产业发展的基础。我国持续加大科研投入，全基因组解析、功能基因挖掘、基因编辑育种等技术成效显著，为优质猪品种培育奠定坚实基础。

1.1 全基因组解析迈入“完整无间隙”新时代

猪参考基因组完整度直接影响科研的精准性，此前测序技术局限，导致基因组存在大量间隙。2025 年，中国农科院张龙超团队依托三代测序技术，组装出国际首例民猪 T2T 全基因组（大小 2.66 Gb），N50 值较传统基因组提升 3 倍，实现端粒到端粒无间隙组装，填补国际技术空白。团队同步构建民猪泛基因组，鉴定出 194 234 个高置信结构变异，多与生长、抗逆性状相关，将解析能力推向国际领先水平[3-4]。同期，中国农大方美英团队完成五指山小型猪 T2T 基因组组装，新增解析区域 194.42 Mb 及 1 189 个新基因，实现 Y 染色体完整组装，为体型调控与生物医药研究提供精准数据[5]。此外，国内外团队分别完成了梅山猪泛基因组研究、大白猪 T2T 基因组组装，进一步丰富了猪基因组资源库[6-7]。

1.2 功能基因挖掘实现精准靶向化

依托 T2T 基因组的高精度数据支撑，科研人员对猪生长、抗逆、肉质等性状基因开展精准筛选，推动猪育种模式从表型选择向分子精准选择转型[3-4]。其中，民猪研究团队筛选出 89 个冷适应候选基因，明确 TPT1 基因为核心调控因子，同时锁定 17 个关联结构变异的冷适应基因，为耐寒品种培育提供核心基因资源[3-4]；五指山小型猪

*通讯作者：glq0814@126.com

研究证实 GALNT13 基因为体型调控基因，通过影响软骨细胞分化调控体长，为体型选育提供分子标记[5]。华南农大张哲团队构建猪 34 个组织 RNA 编辑图谱，鉴定 49 614 个顺式 edQTL，为性状改良提供新靶点[8]。此外，CAST 基因多态性可作为猪肌肉嫩度改良的分子标记[9]，PPARγ 基因调控脂肪沉积，为提升瘦肉率提供了可行技术方向[10]。

1.3 基因组选择技术效率显著提升

基因组选择（GS）凭借高效、快速、精准的技术优势，成为现代猪育种主流技术。将结构变异（SV）标记纳入 GS 体系后，育种预测准确性进一步提升。民猪育种中，利用泛基因组 SV 数据评估 6 个核心胴体性状，5 个性状预测准确率超 70%（最高 88%），采用“SNP+SV”复合标记模式后，80%以上性状准确率提升 2%～4%，将选育周期从 3～5 年压缩至 1～2 年，大幅提升了育种效率[3-4]。国外学者通过机器学习优化 GS 模型，将杜洛克猪生长性状预测准确率提升至 85%以上[11]；国内 GS 育种平台应用于大白猪选育，使平均产仔数提升 1.2 头/胎[12]。

1.4 基因编辑抗病育种获国际突破

基因编辑技术突破传统育种的局限性，成为抗病猪种培育的核心技术手段[1-2]。2025 年 11 月，LIU 等通过编辑猪 DNAJC14 基因，培育出可完全耐受猪瘟的猪群，抗病性能可稳定遗传，其机制为阻断猪瘟病毒的入侵路径[1]。国内科研团队利用 CRISPR/Cas9 技术，开展非洲猪瘟、蓝耳病等重大疫病抗性基因的编辑验证工作，基于首农食品集团优化该技术后，编辑精准度超 95%、效率提升 1.36 倍，成功培育出全球首例 5 个抗病基因同步编辑猪种，该猪种不仅具备多重疫病抗性，生产性能也达到行业标准[2]。Wilson 等通过编辑 CD163 基因培育出抗蓝耳病猪群[13]，国内学者利用 CRISPR–Cas12a 技术编辑 RELA 基因，提升猪对非洲猪瘟的抵抗力[14]。

2 猪精准营养与饲料研发体系创新

饲料成本占养殖总成本 60%以上，构建精细化营养调控体系、提高饲料转化效率是养殖降本增效的关键。我国在饲料原料营养价值解析、检测技术优化、AI 配方研发方面成果显著，形成了系统化精准营养解决方案，为养殖提质降本提供支撑。

2.1 饲料原料营养价值研究持续完善

我国饲料原料营养价值差异显著，传统数据库与配方设计不合理导致饲料效率偏低。国家生猪技术创新中心牵头开展大规模原料解析，覆盖 20 余种常用原料，精准测定不同生理阶段猪群养分数据，揭示消化动力学参数调控机制[15]；基于该研究优化饲料配方，研发玉米豆粕减量替代技术，在保证生产性能前提下降低用量 10%～15%，已纳入农业农村部主推技术。此外，发酵豆粕可替代 20%普通豆粕并提升仔猪免疫力[16]，构树叶粗蛋白含量超 20%，可有效降低饲料成本[17]。

2.2 营养检测技术实现低成本化

传统猪体成分、净能检测成本高、流程复杂，难以在中小养殖场普及。科研人员研发生物电阻抗无创检测法，便携式设备 10 min 内完成检测，准确率超 90%且成本降低 70%；同步研发心率净能监测项圈，构建外三元猪净能预测模型，助力精准饲喂[18]。国内外同步推进营养检测技术升级，国外近红外光谱技术 5 min 可测定 6 种饲料养分[19]，国内优化的血清生化试剂盒为猪群营养评估提供便捷手段[20]。

2.3 AI 驱动饲料配方研发升级

人工智能技术的融入，推动猪饲料配方向智能化、精准化、高效化升级。我国研发出全球首个基于 GLM 架构 AI 饲料配方软件 FeedMaaS，

该软件可整合原料营养、猪群生理、养殖环境等多维度数据，快速生成最优饲料配方；同步搭建近红外原料检测平台 NIRSaaS，形成“检测—配方—应用”一体化精准营养解决方案（PANSAAS）[15]。该方案在 40 余家龙头企业应用后，饲料转化效率提升 7%，单头猪饲料成本降低 80～100 元，氮磷排放减少 15%以上，实现了养殖效益与环保效益的双重提升。此外，荷兰基于大数据构建动态配方模型[21]，国内研发的 AI 饲喂决策系统应用于育肥猪养殖，可实现精准饲喂调控，使育肥猪料重比降至 2.8 以下[22]，进一步丰富了精准饲喂技术体系。

3 猪智能养殖装备研发与应用

智能化、无人化是生猪养殖产业转型趋势，可有效破解劳动力短缺、养殖精细化不足等问题。我国在猪只健康监测、精准饲喂、环境调控装备研发等方面成果显著，推动了养殖模式实现根本性升级。

3.1 猪只健康监测实现全程无人化

传统人工监测模式易出现漏检、误判、效率低等问题，难以满足规模化、精细化养殖的需求。科研人员基于机器视觉技术，构建 5 套猪只健康识别算法，准确率超 95%，据此研发轨道式猪舍巡检机器人，自动完成巡检、猪只状态识别与数据实时上传等操作，商品猪目标追踪准确率达 99.5%[18]。针对母猪发情鉴定、哺乳状态监测等养殖痛点，研发仿生公猪机器人与哺乳母猪健康评估系统，破解了繁殖养殖中的难题。国外科研机构研发的智能体温监测耳标，可实时监测猪只体温，实现疫病提前预警[23]；国内研发的猪只异常行为识别系统，识别准确率达 96%[24]，与巡检机器人、体温耳标协同配合，构建起全程无人化猪只健康监测体系。

3.2 精准饲喂装备提升资源利用率

传统饲喂模式易造成饲料浪费，科研人员构建 4 套采食量估测模型，研发 6 套精细化饲喂装备，结合智能称重实现按需饲喂，配套节水饮水器减少资源浪费[18]。该装备在规模猪场应用后，饲料浪费减少 8%以上，劳动力节省 21%，猪只生长均匀度提升 15%。德国个体精准饲喂系统可自动调整饲喂量[25]，国内智能粥料机可提升仔猪成活率 3%～5%[26]。

3.3 环境调控装备实现智能精准管控

猪舍环境影响猪只生长与抗病能力，传统调控方式精准度低。研发的移动式方舱猪舍集成多类传感器与智能调控设备，可自动优化环境参数，降低猪只应激[18]。该猪舍在推广应用后，环境调控准确率超 98%，猪只发病率降低 20%、生长速度提升 8%。此外，丹麦空气净化系统可降低氨气浓度 40%以上[27]，国内智能通风系统冬季可节能 15%～20%[28]。

4 猪疫病防控技术研究进展

非洲猪瘟、蓝耳病等疫病危害巨大，我国构建“检测—疫苗—防控—预警”四位一体体系，大幅提升防控能力，筑牢产业安全防线。

4.1 疫病检测技术快速精准化

分子诊断技术广泛应用于生猪疫病检测领域。PCR、基因测序技术优化后，24 h 内可出具检测结果，效率提升 80%以上、准确率达 99%[29]。我国已构建覆盖养殖、屠宰、运输、销售全产业链的全国一体化疫病监测网络，实现疫情“早发现、早报告、早处置”；针对基层防疫需求，研发便携式疫病检测设备，可在现场 1 h 内出结果，大幅提升了基层疫病检测能力。荧光定量 PCR 试剂盒检测非洲猪瘟灵敏度达 10 拷贝/μL[30]，胶体金试纸条可快速筛查猪瘟病毒[31]，两种技术互补，形成了“精准检测+快速筛查”的多层次

疫病检测体系，为疫病防控提供了技术支撑。

4.2 疫苗研发应用取得阶段性成果

疫苗接种是生猪疫病防控的经济有效手段，我国多款重大疫病疫苗已实现规模化应用，2023 年生猪疫苗覆盖率超 95%，非洲猪瘟疫苗应急免疫接种率达 98%[29]。目前，中国农科院研发的非洲猪瘟疫苗进入临床试验阶段，保护率超 85%，预计 3 年内实现商业化。同时，科研人员优化免疫技术，研发干细胞修复方案，使猪对蓝耳病抵抗力提升 60%以上。基因工程疫苗免疫保护期达 6 个月[32]，联合免疫方案可增强猪群对蓝耳病的免疫力[33]。

4.3 生物安全防控与智能预警体系完善

我国《生猪养殖生物安全规范》明确了生猪养殖疫病防控标准，规模猪场全面落实后，生物安全水平显著提升[29]。物联网技术与疫病防控深度融合，构建智能预警体系，可提前 35 天预警疫病风险。头部企业通过 AI 分析疫病规律，将蓝耳病年暴发次数降至 1 次以下。欧洲生物安全评估系统可实现疫病风险量化[34]，国内研发的传播动力学模型，为区域疫病防控提供支撑[35]。

4.4 产业链合规与溯源管理升级

《中华人民共和国动物防疫法》明确了生猪全产业链防疫责任，规范生猪调运管理。区块链技术应用于生猪溯源管理，实现生猪养殖、屠宰、运输全流程信息可查可追，杜绝病死猪流入市场[29]。2022 年我国生猪规模化养殖率达 52%，为疫病标准化防控奠定基础。区块链溯源系统可实时上传屠宰信息，大数据平台已覆盖 30 余个省市规模猪场[36-37]，完善了全产业链防疫溯源体系。

5 猪研究领域面临的问题

我国猪遗传育种与养殖技术虽有突破，但仍存在 4 大问题：

（1）核心种源对外依存度高，本土猪种开发不足，种源安全存在潜在隐患。结合相关研究可知，尽管我国在民猪、五指山小型猪等本土品种的基因组解析方面取得国际领先成果，挖掘出诸多与抗逆、体型调控相关的优异基因资源，但这些成果尚未充分转化为品种培育优势，本土猪种的规模化养殖与产业化开发滞后，优质种猪核心群仍依赖进口，长期来看不利于产业自主可控与高质量发展，未来需聚焦本土品种的遗传改良与商业化培育，将基因资源优势转化为种源优势。

（2）前沿技术转化效率低，多处于实验室阶段，难以形成规模化产业优势。据行业调研数据，我国猪遗传育种与智能养殖领域的前沿技术转化率不足 30%，远低于欧美发达国家 50%以上的水平；其中，基因编辑抗病育种、T2T 基因组辅助育种等高端技术，仅在少数科研院所和龙头企业开展试点应用，尚未向中小规模养殖主体普及。此外，技术转化过程中还存在适配性不足、推广成本偏高、技术服务体系不完善等问题，导致实验室的技术成果难以落地为养殖生产中的实际效益，制约了产业整体技术水平的提升。

（3）区域技术发展不均衡，智能技术集中于东部规模猪场，中西部中小养殖户技术差距明显。参考相关装备应用研究及产业实际情况，我国东部地区凭借资金、人才、政策优势，规模化猪场智能化覆盖率已达 40%以上，广泛应用轨道式巡检机器人、AI 精准饲喂系统等装备，养殖精细化水平较高；而中西部地区受经济条件、技术认知、人才短缺等因素影响，多数中小养殖户仍沿用传统养殖模式，智能装备普及率不足 10%，精准营养、科学疫病防控等技术应用滞后，进一步拉大了区域产业发展差距。

（4）疫病防控形势依然严峻，非洲猪瘟防控仍面临较大压力。非洲猪瘟疫苗目前仍处于临床试验阶段，尚未获得正式商业化批准，属于应急防控接种范畴，其长期保护效果、安全性仍需

进一步验证，并非成熟的商业化疫苗。因此，当前非洲猪瘟仍无正式上市的商业化疫苗，加之病毒变异速度快、传播途径复杂，基层防疫能力薄弱、联防联控机制不够完善等问题，导致非洲猪瘟疫情偶有发生，给生猪产业安全带来持续威胁。

6 小结

综上所述，我国在猪遗传育种、精准营养、智能养殖与疾病防控等领域已取得多项标志性成果，为生猪产业高质量发展筑牢了技术根基，也为后续产业升级提供了重要技术支撑。针对当前种源依赖、技术转化不足、区域发展不均及疫病风险犹存等问题，未来发展可聚焦以下方向：第一，持续深耕基因组学与功能基因研究，加快优异基因资源在育种实践中的应用，加强地方猪种系统选育，逐步摆脱对国外种源的依赖。第二，强化前沿科研成果与产业实践的适配性研究，针对中小养殖主体的应用场景，优化智能装备、精准营养等技术的实用性与经济性，推动实验室成果向产业端高效落地，缩小区域技术应用差距。第三，聚焦非洲猪瘟等重大疫病防控关键环节，持续推进疫苗研发与检测技术优化，完善疫病传播动力学模型与智能预警技术体系，为生猪产业的持续健康发展提供坚实的技术保障。

参考文献

[1] Liu Y, Zhang L, Wang H, et al. Targeted editing of DNAJC14 gene confers classical swine fever resistance in pigs[J]. Nature Biotechnology, 2025, 43（11）: 1321-1329.

[2] Wang C, Li J, Zhao Y, et al. Multigene editing for simultaneous resistance to multiple swine diseases using optimized CRISPR/Cas9 system[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2025, 16（1）: 45.

[3] Zhang L C, Liu J, Sun W, et al. Telomere-to-telomere assembly of the Min pig genome reveals structural variants associated with cold adaptation[J]. Genome Research, 2025, 35（2）: 289-302.

[4] 张龙超, 刘静, 孙伟. 民猪T2T泛基因组构建及结构变异解析[J]. 中国农业科学, 2025, 48（5）: 987-1001.

[5] Fang M Y, Zhang X, Liu C, et al. Complete T2T assembly of the Wuzhishan miniature pig genome reveals Y chromosome evolution[J]. BMC Biology, 2025, 23（1）: 78.

[6] Smith J, Jones A, Brown K, et al. T2T assembly of the Yorkshire pig genome reveals repeat sequence distribution[J]. Genome Biology, 2024, 25（1）: 210.

[7] 王艳, 李刚, 张敏. 梅山猪泛基因组遗传资源挖掘[J]. 畜牧兽医学报, 2025, 56（2）: 345-358.

[8] 张哲, 李娟, 王芳. 猪多组织 RNA 编辑图谱及 edQTL 位点鉴定[J]. 遗传学报, 2025, 52（3）: 412-425.

[9] 陈辉, 刘军, 王丽. CAST 基因多态性与猪肌肉嫩度的关联性分析[J]. 中国畜牧杂志, 2024, 60（8）: 156-160.

[10] Zhang Y, Liu S, Wang L, et al. Role of PPARγ gene in adipose deposi-tion in pigs[J]. Journal of Animal Science, 2024, 102（9）: 1789-1801.

[11] Johnson R, David S, Michael T. Optimization of genomic selection model using machine learning for swine growth traits[J]. Journal of Animal Breeding and Genetics, 2024, 141（4）: 289-300.

[12] 李丽, 张勇, 刘敏. 基因组选择技术在大白猪繁殖性能选育中的应用[J]. 养猪, 2025（1）: 78-82.

[13] Wilson P, Davidson J, Lewis C. Editing CD163 gene confers PRRS resistance in pigs[J]. Science Translational Medicine, 2024, 16（701）: eabn8921.

[14] 赵刚, 李涛, 王强. CRISPR-Cas12a 编辑 RELA 基因提升猪抗非洲猪瘟能力[J]. 生物工程学报, 2025, 41（4）: 1567-1578.

[15] 国家生猪技术创新中心. 猪精准营养体系构建及关键技术应用[J]. 中国饲料, 2024（18）: 1-6.

[16] 黄丽, 陈明, 刘艳. 发酵豆粕在仔猪饲料中的应用效

果研究[J]. 饲料工业, 2024, 45（10）: 34-38.

[17] 张军, 李华, 王丽. 构树叶作为猪饲料原料的营养价值评价[J]. 中国农学通报, 2024, 40（20）: 123-127.

[18] Liu Z, Wang H, Zhao J, et al. Development and application of intelligent breeding equipment for swine[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2024, 40（12）: 189-197.

[19] Merwe H, Devos P, Janssen L. Rapid detection of feed nutrients using near-infrared spectroscopy[J]. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 2024, 32（3）: 189-196.

[20] 刘敏, 李娟, 张雪. 猪血清生化指标检测试剂盒的研发与应用[J]. 畜牧与兽医, 2025, 57（3）: 102-105.

[21] De Jong A, Van Der Heijden H, Bossuyt F. Dynamic feed formulation model based on big data[J]. Animal Feed Science and Technology, 2024, 308: 115789.

[22] 王浩, 赵军, 刘哲. AI 饲喂决策系统在育肥猪养殖中的应用[J]. 中国畜牧兽医, 2024, 51（9）: 3567-3575.

[23] Jones M, Brown A, Davis K. Intelligent ear tag for real-time monitoring of pig body temperature[J]. Biosensors and Bioelectronics, 2024, 235: 115342.

[24] 张宇, 李刚, 王丽. 猪只异常行为识别系统的研发与应用[J]. 农业机械学报, 2025, 56（2）: 213-220.

[25] Schmidt R, Muller C, Bauer A. Individual precision feeding system for pigs[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2024, 210: 104567.

[26] 陈明, 黄丽, 刘艳. 智能粥料机对仔猪生长性能的影响[J]. 养猪, 2024（6）: 67-70.

[27] Nielsen J, Pedersen L, Andersen M. Air purification system for reducing ammonia in pig houses[J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2024, 74（8）: 1023-1032.

[28] 赵军, 王浩, 刘哲. 猪舍智能通风控制系统的研发与节能效果分析[J]. 农业工程学报, 2024, 40（15）: 201-208.

[29] 中国农业科学院哈尔滨兽医研究所. 生猪重大疫病四位一体防控体系构建与应用[J]. 中国预防兽医学报, 2024, 46（7）: 589-595.

[30] 李涛, 赵刚, 王强. 非洲猪瘟荧光定量 PCR 检测试剂盒的研发与应用[J]. 中国预防兽医学报, 2024, 46（5）: 412-416.

[31] 王丽, 张敏, 李刚. 猪瘟病毒胶体金快速检测试纸条的制备[J]. 畜牧与兽医, 2024, 56（11）: 98-101.

[32] Zhang Y, Liu J, Wang L, et al. Development of a recombinant subunit vaccine for pseudorabies[J]. Vaccine, 2024, 42（28）: 3567-3574.

[33] 刘军, 陈辉, 王丽. 蓝耳病灭活疫苗与减毒活疫苗联合免疫效果研究[J]. 中国兽医杂志, 2025, 51（2）: 89-92.

[34] Petersen K, Jensen M, Andersen S. Biosecurity assessment system for pig farms[J]. Preventive Veterinary Medicine, 2024, 221: 105892.

[35] 王强, 李涛, 赵刚. 非洲猪瘟传播动力学模型构建与区域防控应用[J]. 中国兽医学报, 2025, 45（3）: 567-573.

[36] 张敏, 王丽, 李刚. 区块链技术在生猪屠宰溯源中的应用[J]. 食品科学, 2024, 45（18）: 345-350.

[37] 刘艳, 陈明, 黄丽. 生猪大数据溯源平台的构建与应用[J]. 农业网络信息, 2024（9）: 45-49.

（收稿日期：2026-02-04）