



王辉,曹珂瑶,李雨霏,周桢力. 猪场弓形虫病风险因素、综合防控与净化[J]. 中国农业大学学报, 2025,30(09):149-160.

WANG Hui, CAO Keyao, LI Yufei, ZHOU Zhenli. Risk factors and comprehensive prevention, control, and elimination strategies for toxoplasmosis in pig farms [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(09): 149-160.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.09.14

猪场弓形虫病风险因素、综合防控与净化

王 辉 曹珂瑶 李雨霏 周桢力

(四川农业大学 动物医学院 动物寄生虫病中心/农业动物疫病与兽医公共卫生四川省重点实验室, 成都 611130)

摘 要 弓形虫作为全球性人兽共患病原,感染母猪流产率及仔猪急性致死率显著升高,更通过食源性途径威胁人类健康,有效防控对保障生猪产业可持续发展和公共卫生安全具有双重战略意义。本文通过系统梳理国内外猪场弓形虫病流行特征,分析总结其主要传播链,包括猫粪卵囊污染环境、垂直传播的持续性感染以及鼠/鸟类的机械性传播等;基于动物疫病“净化消灭”防治方针和生物安全策略,进一步剖析提出猪场弓形虫病“检测-分级-屏障”三位一体的综合防控体系与净化策略。首先建立精准剔除机制,对血清学和病原学阳性猪进行靶向淘汰或分级药物治疗,配合定期环境消毒及空场处理,实现弓形虫阳性猪的净化清除;其次构建防猫、鼠、驱鸟系统及舍内通风过滤等生物安全屏障,结合饲料闭环储运及水源净化以阻断卵囊散播;同时集成环境卵囊载量监测-病原宿主防控-人员动线优化及职责监管等联动机制构建切实可行、成本可控的净化方案。本综述提出的防控与净化操作程序将为创建“无弓形虫认证猪场”提供技术范式,对从产业源头防控食源性弓形虫病公共卫生风险具有重要实践价值。

关键词 弓形虫; 猪场; 防控; 生物安全; 公共卫生

中图分类号 S855.9+9

文章编号 1007-4333(2025)09-0149-12

文献标志码 A

Risk factors and comprehensive prevention, control, and elimination strategies for toxoplasmosis in pig farms

WANG Hui, CAO Keyao, LI Yufei, ZHOU Zhenli

(College of Veterinary Medicine, Department of Parasitology/Agricultural Animal Diseases and Veterinary Public Health Key Laboratory of Sichuan Province, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract As a global zoonotic parasitic disease, *Toxoplasma gondii* has significantly increased the miscarriage rate of infected sows and the acute mortality rate of piglets. It also poses a threat to human health through foodborne routes. Effective prevention and control have dual strategic significance for ensuring the sustainable development of the pig industry and public health safety. This article systematically reviews the factors contributing to the outbreak and prevalence of toxoplasmosis in pig farms both domestically and internationally. It is found that the main transmission routes of toxoplasmosis in pig farms include contamination of the environment with oocysts in cat feces, persistent vertical transmission, and mechanical transmission through mouse/bird vectors. Based on its transmission chain and the animal epidemic prevention policy and requirements of "prevention and elimination", further analyze and summarize the comprehensive prevention and elimination ideas of toxoplasmosis in modern pig farms, and propose a three in one biological safety prevention and control system and elimination plan of "detection grading barrier". Firstly, establish a precise mechanism to target or grade drugs for serological and pathogen positive pigs, and cooperate with regular environmental dissection and empty field treatment to achieve elimination of *T. gondii* positive pigs. Secondly, establish a biosafety barrier such as a cat,

收稿日期: 2025-05-27

基金项目: 四川省科技教育联合基金面上项目(2024NSFSC2057);四川农业大学人才引进项目(2322996034)

第一作者: 王辉(ORCID:0000G0002G0593G6380),副教授,主要从事弓形虫病致病机制及防治研究, E-mail: huiwang010@sicau.edu.cn

mouse and bird repellent system, as well as ventilation and filtration inside the house, combined with closed-loop storage and transportation of feed and water source elimination to prevent cross contamination; Simultaneously integrating a three-dimensional linkage mechanism of environmental control, pathogen host management, and personnel supervision to achieve a feasible and cost-effective elimination strategy. The comprehensive prevention and control and elimination operation procedures developed in this paper will provide a technical paradigm for creating "Toxoplasma free certified pig farms" to prevent and control public health risks of foodborne toxoplasmosis from the industry source.

Keywords *Toxoplasma gondii*; pig farms; prevention and control; biosafety; public health

弓形虫病(Toxoplasmosis)是由刚地弓形虫(*Toxoplasma gondii*)引起的一种人畜共患寄生虫病^[1],在全球范围内广泛分布,对养猪业造成了严重的经济损失^[2]。全球约有20亿人感染弓形虫^[1],我国普通人群抗体阳性率超10%,孕妇群体8.6%^[3],献血者血清平均阳性率6.26%,四川省高达37.76%^[4]。受感染的猪肉被证实是导致人类和动物弓形虫病的重要源头^[5-6],弓形虫感染对养猪业及公共卫生安全已然构成双重威胁。

我国作为养猪和猪肉消费最大国(2024年出栏量高达7.02亿头,年末存栏量4.27亿头),2010—2023年流调数据显示:全国猪群弓形虫血清阳性率介于11.3%~31.9%^[7]。《全国畜间人兽共患病防治规划(2022—2030年)》指出,当前基层动物防疫体系仍面临职能淡化、力量薄弱,各养殖场生物安全水平参差等多重风险挑战,尤其人兽共患病防控形势严峻。《生物安全法》提出人病兽防、关口前移国家战略,农业农村部《关于推进动物疫病净化工作的意见》(农牧发[2021]29号)则确立了动物疫病“净化消灭”的指导方针。弓形虫作为重要的人畜共患病原,当前防治策略尚不统一,存在临床治疗和预防重点模糊、对猪弓形虫病人畜共患危害认识不足等问题。为此,本综述梳理了国内外猪场弓形虫病的流行特征及潜在感染风险,结合弓形虫生活史特征,提出融合精准检测、基于治疗-淘汰的分级分群策略以及三级生物安全屏障的综合净化防控体系,以期为实现生猪健康养殖、从产业源头阻断人畜共患弓形虫病风险提供科学依据和系统性解决方案,对保障畜牧业可持续发展及公共卫生安全具有重要实践价值。

1 弓形虫简介

刚地弓形虫属顶复门(Apicomplexa)、肉孢子虫科(Sarcocystidae)原虫,其生活史主要包括速殖子(Tachyzoites)、缓殖子(Bradyzoites)、裂殖体

(Schizonts)、配子体(Gametocyte)和卵囊(Oocysts)等不同发育形态。速殖子可入侵各种有核细胞快速增殖,引发组织损伤和炎症反应;缓殖子在慢性感染期形成组织包囊(Cyst),主要寄生于脑、肌肉等部位,可长期潜伏而不表现出临床症状,含有包囊的生肉(或未煮熟)是人和动物弓形虫病的重要感染源;弓形虫感染可引发孕妇流产、死胎及新生儿畸形,以及器官移植和免疫缺陷人群(AIDS等)致死性炎症等^[8]。弓形虫终末宿主猫食入包囊后经裂殖体和配子体发育为卵囊,约感染后3~5 d通过粪便排出卵囊,每天可排出数百万至千万级卵囊不等^[9-10],平均持续8 d,长者可达21 d^[11]。卵囊在环境中完成孢子化后则具有感染性,且抵抗力强,可在适宜环境中存活18个月以上^[12],成为家畜动物和人类持续感染的潜在源头^[13-16]。弓形虫广泛的宿主范围(众多温血动物均可作为中间宿主)、高度环境耐受力的卵囊形态,以及在宿主体内可长期潜伏的特性,使其成为自然界中适应性极强、分布最广“最成功”的寄生虫之一。

2 猪弓形虫病的流行病学

2.1 猪弓形虫病主要危害

猪弓形虫感染主要有急性期、母猪繁殖障碍及慢性感染等危害,各阶段临床症状及病理变化如表1所示。潜伏期通常为3~7 d,之后迅速进入急性期,表现为全身性系统性感染症状。新生仔猪到3~5月龄感染症状最为严重^[2, 17],临床表现与猪瘟相似,易导致误诊。初期体温急剧升高到40~42℃,稽留热型。精神沉郁,结膜高度发绀,皮肤出现紫红斑块,鼻镜干燥,伴有浆液性、黏液性或脓性鼻汁,呼吸困难呈腹式或犬坐式呼吸、咳嗽、全身发抖,食欲减退或废绝,粪便干燥,部分病猪可见下痢^[18-20]。首次暴发猪场死亡率可达60%以上,甚至高达80%^[21-23]。在繁殖群中,弓形虫感染主要表现

为繁殖性能下降,而全身症状相对轻微。妊娠母猪感染后 7~10 d 出现短暂发热(40~41 ℃),继而发生晚期流产(30%~50%)或产出死胎(20%~30%)、弱仔(15%~25%)。流产后母猪通常在 1 周内自愈,但可成为持续的垂直传播感染源^[21-22]。急性期耐过猪转为慢性感染,主要表现有生长速度下降,饲料转化率降低,发育受阻形成僵猪;后驱麻痹、斜颈、癫痫样痉挛等神经后遗症;持续感染导致免疫功能下降,易继发细菌或病毒感染;而耳尖、尾部干性坏死甚至断裂脱落是临床特征性的表现。

表 1 猪弓形虫病不同病程的临床特征与病理变化^[24-27]

Table 1 Clinical characteristics and pathological changes of pig toxoplasmosis within different progression period

病程分期 Disease stage	主要临床症状 Key symptom	特征病理变化 Specific pathological change	高发群体 High sensitive host
急性期	高热稽留(41~42 ℃)、腹式呼吸、皮肤紫斑、便秘腹泻交替	淋巴结髓样肿、间质性肺炎、肝脾坏死灶	3~5 月龄育肥猪
亚急性期	间歇性发热、咳嗽、体重增长缓慢、轻度呼吸困难	局部淋巴结肿大、肌肉萎缩(肩/大腿)	后备母猪、育肥后期猪
慢性期	生长迟缓、神经后遗症(麻痹/斜颈)、耳尾坏死脱落	脑部包囊、组织瘢痕化	耐过育肥猪、经产母猪
繁殖障碍型	晚期流产、死胎、弱仔、产后自愈	胎盘炎、胎儿脏器坏死	妊娠母猪

2.2 猪弓形虫病流行情况

目前,我国猪弓形虫病诊断主要采用病原学和血清学方法,依据标准有《动物弓形虫病诊断技术》(NY/T 573-2022)及《猪弓形虫病防治技术规范》(DB21/T 3877—2023)等。全国范围猪弓形虫 IgG 抗体总体阳性率为 29%^[6, 28],且猪的感染风险随年龄增长呈正相关。从地域分布来看,西南地区(如重庆^[29-30]、青藏高原)为高发区域;放养猪血清阳性率高达 90.2%(ELISA),藏猪感染率全国最高^[31];华中地区(湖北、河南、江西等)的高猫密度猪场阳性率达 36.6%(AG-ELISA),散养猪感染风险也显著升高^[32];华东地区(上海、山东、浙江等)的屠宰场检测阳性率介于 11.1%~20.85%(ELISA);东北地区(黑龙江、吉林、辽宁等)为中低发区域;集约化育肥猪阳性率仅 4.6%(IHA),放养猪则升至 20.22%;西北地区(陕西)非集约化猪场阳性率也高达 31%(IHA),显著高于集约化养殖场。病原分离鉴定显示,国内主导基因型为 ToxoDB#9^[32-33](中国 1 型 80% 以上)及 ToxoDB#10 和#3^[34],其包囊形成能力显著强于欧美流行的 II 型虫株,而猪肉中潜伏的弓形虫包囊正是人群弓形虫感染的重要来源^[35-39]。综上,我国猪弓形虫病的防控需结合区域流行特点与虫株特性,强化诊断标准应用以减少不同方法导致的真实流行率差异。

2.3 猪弓形虫病流行因素

从流行情况可知,我国猪弓形虫病的发生具有显

著地域性和季节性差异,养殖管理模式、环境卵囊暴露、猪群年龄及检测漏洞等是核心风险因素。散养/放养风险显著高于集约化(陕西散养猪阳性率达 31%,显著高于集约化猪场的 6.7%);小型猪场因卫生管理薄弱,感染率(黑龙江小型场为 6.3%)明显高于大型猪场(3.8%);猪场猫密度高、蚊蝇滋生、半开放围栏等显著增加弓形虫感染风险;同等环境下,成年母猪(妊娠期 25.7%)、种猪(35%)感染率更高,仔猪最低(17%),可能与母猪和种猪饲养周期长、暴露机会多密切相关^[40];共感染 PRRSV 或 CSFV 时,弓形虫感染风险也有升高趋势,可能与免疫抑制状态下,机会感染成功几率增加有关^[41];夏秋季阳性率显著高于冬季,如上海秋季阳性率 17.8% 显著高于冬季的 6.7%^[25],江西省的监测结果也显示夏季风险是冬季的 2.1 倍^[17, 42],而在青藏高原等高海拔地区放养猪感染率却高达 90.2%^[31],表明适宜高温(夏季)可增加弓形虫病暴发风险,但低温延长卵囊在环境存活时间,可显著提升猪群的感染几率;猪场弓形虫流行率还与抗弓形虫药物使用及检测方法灵敏度相关,一般情况下,ELISA 和 LAMP 敏感性高于 IHA 和 PCR^[6, 43],基因型检测常采用 PCR-RFLP^[44]。我国猪场弓形虫病风险等级与防控优先级总结如表 2 所示。

此外,国外猪场弓形虫病暴发因素还有现代生态养殖农场的生物安全薄弱导致的以猪场为中心的野鸟-猫生态链传播^[51-55],以及森林-农场交界区管控难导致的猪与野生动物(浣熊、野鼠等)接

表2 我国猪场弓形虫病风险因素
Table 2 Risk factors for toxoplasmosis in pig farms in China

风险等级 Risk level	典型区域/场景 Typical area/scene	关键驱动因素 Key driving factor
极高风险	青藏高原放养猪 ^[31] 、湖北高猫密度场 ^[40, 45]	散养、猫密度、低温环境、卫生差
高风险	重庆 ^[29] /上海 ^[25] 屠宰场、山东家庭农场 ^[46]	季节(夏秋)、母猪群、检测漏洞
中风险	东北放养猪场 ^[34, 47-48] 、江西育肥场 ^[17]	区域污染、共感染病毒、小型场管理
低风险	黑龙江集约化场 ^[49] 、陕西规范化猪场 ^[50]	磺胺药物使用、冬季、封闭式养殖

触^[56-57]等因素。这些因素在我国生态养殖猪场也可能成为潜在的风险因子,值得关注。

2.4 猪场弓形虫感染途径

经国内外猪场弓形虫病暴发流行因素分析及早期实验感染验证^[58-61],现代猪场弓形虫病的发生可能主要源于卵囊传播^[29, 40, 45, 62-65](泔水猪场或农

户散养猪可能存有食入包囊风险)。其核心传染源是猪场内部及周边弓形虫阳性猫(如流浪猫等),其粪便中含有高浓度的卵囊(通常1 g猫粪可含有10⁶~10⁷个卵囊),极易对猪场内部及周边环境造成严重污染,猪场将很快“淹没”在弓形虫卵囊的“海洋”中(图1)。

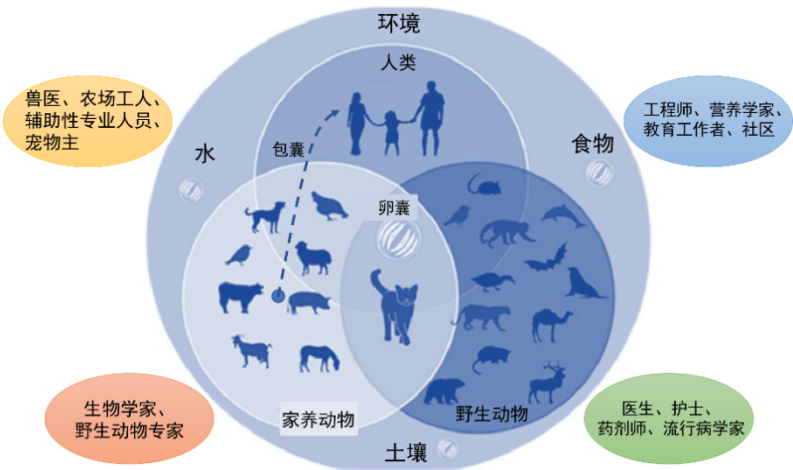


图1 弓形虫感染各种动物和人类模式图(改自 de Barros 等^[16])

Fig. 1 Model diagram of *T. gondii* infection in various animals and humans (modified from de Barros *et al.*^[16])

如前所述,孢子化的弓形虫卵囊具有极强的环境抵抗力,在潮湿湿润条件下可存活超18个月,且常规消毒剂难以将其有效杀灭,从而极大增加了猪群发生急性和持续性感染的风险。猪场内猫或流浪猫感染弓形虫的关键原因,则与猪场内建立的“猫-鼠”弓形虫传播循环密切相关,亦可能涉及鸟类、蚊蝇机械传播及其他野生动物(图1)。猪只主要通过舔舐卵囊污染的饲料、饮水或地面等而感染,所有猪只均易感;且在受卵囊污染猪场中饲养时间越长,累积风险则越大。垂直传播主要由妊娠

母猪首次感染后引发的胎盘传播,仔猪感染风险极大。综合以上卵囊污染的潜在关键因素,对猪场风险可评级如表3。

厘清我国猪场弓形虫病流行特征、感染源及感染途径,方可实现现代集约化和生态养殖场等猪弓形虫病的防控与净化。

3 猪弓形虫病常见防控措施及难题

3.1 防治科学依据与核心策略

猪弓形虫病的防治需基于其生活史特性,一般

表 3 猪场卵囊污染风险评级

Table 3 Risk rating of oocysts contamination in pig farms

风险等级 Risk level	风险因素 Risk factor	量化指标 Quantitative indicator
高风险	猪场 500 m 内有野猫栖息地	OR=8.2(95% CI 4.5~12.1)
中风险	使用地表水源	卵囊检出率>5%
低风险	饲料露天存放>24 h	污染概率增加 30%

认为,以阻断“猫-卵囊-猪”传播链为核心。国内有关猪场弓形虫的诊治报道较多^[66-77],但有关弓形虫病的净化却极少^[78],由此可见,猪弓形虫病发生以后,临床治疗依然是绝大多数猪场的第一选择。猫作为唯一终末宿主,其粪便中的卵囊是主要传染源,因此,相关报道中一般都有提及禁止养猫及防止野猫进入猪场。生物安全方面,常报道需结合消毒(如 3% 氢氧化钠或 1% 菌毒灭等)和废弃物处理,但卵囊对常规消毒剂抵抗力强,猪粪便堆肥或沼气发酵处理及深埋病死猪能否有效灭活卵囊仍需论证,如何选择物理或化学方法针对性灭活卵囊却报道不清^[79-81],依据存疑;引种前进行血清学检测并隔离观察是防止引入传染病的必要措施,但弓形虫感染多呈隐性状态,而隐性感染检测却一直无高效且可靠的诊断方法。药物治疗方面,磺胺嘧啶联合增效剂(如 TMP)是目前唯一可用的特效方案,需足量、足疗程(5~7 d)以抑制速殖子增殖,但无法清除组织包囊,故慢性感染控制率不足 40%。预防性用药(如磺胺间甲氧嘧啶)和辅助措施(酸化饮水至 pH<4.0、添加免疫增强剂)可降低临床发病率。通过以上综合防治策略可基本阻断传播链,并最终可能将血清阳性率降至 0^[78],但猪场是否存在隐性感染不明确,以及隐性感染对猪生产性能的影响尚难以量化。

3.2 猪弓形虫病防控现存矛盾与挑战

当前防治体系面临多重科学矛盾:首先,猪舍温湿度调控虽保障猪群健康(25~30℃、湿度>50%),却同时促进卵囊孢子化,需探索环境控制平衡点;其二,血清学监测可筛查感染,但无法区分急/慢性感染,而定期进行抗体监测及环境卵囊 PCR 检测成本高^[82-83],难以常态化实施;其三,隐性感染母猪和血清阳性种猪的处置标准缺失,垂直传播风险持续存在。此外,认知误区亟待厘清:一些报道将弓形虫(原虫)与蠕虫及外寄生虫防控防治措施混淆,譬如,粪便堆肥防止弓形虫感染,以及

阿苯达唑和伊维菌素驱虫防治弓形虫等;对种猪及孕畜的治疗能否参考人妊娠期弓形虫感染治疗方案尚无标准,而耐药性的产生更是让猪弓形虫病的治疗愈发艰难;弓形虫卵囊可通过粉尘、蚊蝇等机械性传播,速殖子亦可经公猪精液水平传播,远超传统“猫粪单一途径”认知。未来研究可在以下方向上突破:开发可清除包囊的药物或疫苗(学术界一直研究的难点及热点)、建立卵囊快速检测技术、制定基于传播动力学的环境风险模型等。就防治根本而言,依然需回归弓形虫生活史,结合现代规模化养殖场特征,明确感染源,方可实现精准个性化防控,隐性感染的持续存在驱使“净化”才能真正有效消除弓形虫病的公共卫生风险(人病兽防,绿色发展)。

4 弓形虫病净化策略

分析确定猪场弓形虫感染源后,依据规模化种猪场疫病净化原则、生物安全措施及弓形虫病防治研究现状等^[84-85],提出可实施的弓形虫病的净化方案(图 2),既可保障猪场健康生产,提高养殖效益,也可从源头上降低人兽共患病的传播风险。

4.1 分阶段净化总体流程

猪场净化第一阶段需进行全群筛查,可采用高灵敏度 ELISA 检测方法进行初筛,阳性样本进一步血细胞 PCR 确认(如 TOX4/TOX5 引物扩增 529 bp 重复序列),将猪群按“健康猪、血清阳性猪及发病猪”分群管理。第二阶段进行精准剔除:血清和血细胞 PCR 双阳性尚无明显临床症状猪正处于急性散播早期,及时进行磺胺嘧啶(20 mg/kg)+乙胺嘧啶(1 mg/kg)阻断治疗(口服 5 d,治愈率可达 85%);典型发病猪(ELISA S/P 值>0.6 且 PCR 阳性),则进行选择淘汰,组织 PCR 阳性的淘汰猪按照《病死动物无害化处理规范》处理,不得流入市场,以免引发公共卫生风险。第三阶段则是环境净化,可采用 3% NaOH 溶液喷洒(用量 4 L/m²)进行

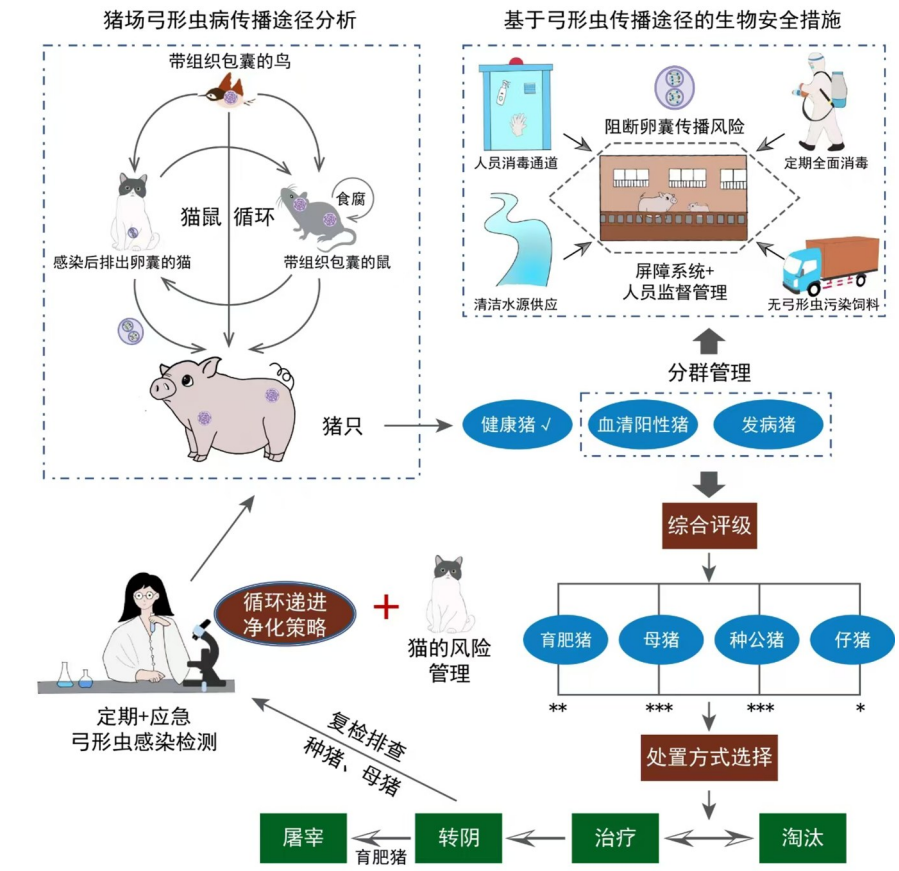


图2 猪场弓形虫病感染源分析及净化策略

Fig. 2 Analysis of infection sources and elimination strategies for Toxoplasmosis in pig farms

空场彻底消毒,作用 30 min 灭活环境卵囊,或火焰消毒(800~1 000 ℃)地面裂缝及设备死角,持续 10 s/点位彻底杀灭弓形虫卵囊。以此筛查检测、分群净化(治疗-淘汰分级策略)及循环复检排查,有望实现感染猪群的净化消除。

4.2 关键成本分析

分群净化方案实施成本包括检测、治疗费用及空场消毒期间暂停生产等损失,各项执行成本预算如表 4,不同猪场据此可评估是否选择进行弓形虫病净化。

表 4 分阶段净化措施成本预算
Table 4 Cost budget for elimination

项目 Program	预估成本/(元/头) Estimated cost	预期效果评估 Expected results
ELISA 检测	15	阳性检出率 > 90%
药物阻断治疗	8	5 d 疗程,降低死亡率 60%
全群淘汰+空场消毒	X(市场定价)	28 d 空场后复养阴性率 100%

4.3 不同猪群分群管理措施

弓形虫病净化需依据猪群生长阶段(母猪、种公猪、育肥猪、仔猪)及感染状态(急性、慢性/血清阳性、健康)制定针对性措施,核心目标是阻断传播链并清除感染源和慢性感染包裹。

4.3.1 母猪群净化策略

感染弓形虫的妊娠母猪流产后,严格无害化处理流产胎儿、胎盘及分泌物。栏舍需在每批次母猪转群后彻底清洁,可使用福尔马林-高锰酸钾熏蒸等强效措施,并同步做好日常消毒工作。对急性期临

床症状明显的母猪及血清学阳性个体(提示急性感染)实施药物治疗。治疗疗程结束后(依据药物推荐周期)进行血清学复查判断是否转阴;对于持续性血清阳性(尤其反复高滴度)、习惯性流产或进入慢性感染阶段的母猪进行淘汰。其科学依据则在于,虽然母猪淘汰成本较高,但慢性感染形成的组织包囊尚无特效药可清除,且妊娠期免疫抑制包囊可能复活,引发垂直感染。因此,高质量后备母猪需通过血清学筛查,抗体阳性则直接淘汰,从源头降低净化难度及垂直传播风险。

4.3.2 育肥猪群净化策略

通过临床症状并结合血清学或病原学检测明确感染状态,区分发病猪、血清阳性猪和健康猪。优先治疗发病猪,同时对无症状感染猪用药以降低慢性转化风险。治疗一个完整疗程后进行血清学复检,淘汰标准包括:临床症状无好转、持续检测阳性的发病猪;持续阳性的无症状猪(提示治疗失败或转为慢性带虫);突发高致死率疫情中的重症个体(提示大剂量感染)可整体淘汰。对病死猪的尸体进行严格无害化处理,防止包囊散播造成公共卫生风险。

4.3.3 仔猪群净化策略

仔猪因免疫力较低,感染后易发重症或先天性疾病。通常需依据临床症状(如高热、呼吸困难、先天畸形等)结合血清学/病原学检测第一时间确诊,并分级处置。立即淘汰先天畸形或弱仔;针对性治疗体质较好的发病仔猪,可根据日龄、体重及感染阶段选择肌肉注射或口服磺胺类药物,同时辅以支持性护理(补液、保温等),并适时监测仔猪的生命体征和行为变化,动态调整治疗方案。治疗结束后,临床症状无改善或持续检测仍为阳性的无症状仔猪则进行淘汰。

5 生物安全防控体系

在实施阳性猪群净化的同时,三级生物安全屏障需与传播链阻断措施协同整合,形成系统性防控网络。弓形虫传播依赖“猫-鼠/鸟-猪”循环(猫作为终末宿主排出卵囊,鼠类、鸟类作为中间宿主携带包囊,蚊蝇等机械性传播卵囊),需重点切断环境卵囊污染及中间宿主传播途径(图2)。如推广集约化养殖,减少猪群户外暴露,限制散养;控制猫活动,阻断卵囊污染源;夏秋季加强环境消毒,灭蚊灭蝇等。由于尚无商业化猪弓形虫疫苗,因此,猪弓形

虫病预防体系尚未引入免疫程序。

5.1 三级物理屏障

建立外围屏障:如高 ≥ 2 m,电压12 V(符合GB/T 25282—2010标准)的防猫脉冲电网,底部埋深0.5 m防掘洞,以阻隔猫、鼠等动物入侵,从源头阻断卵囊排放;同步在猪场外围可设置频率25 kHz,有效半径达50 m的超声波驱鸟器,减少鸟类接近率,以降低鸟类携带卵囊污染饲料与水源的风险。

分隔生产区屏障:有条件猪场,可设置气锁更衣室与双门互锁系统,强制实施进场消毒流程(紫外线消毒30 min/次加风浴阻断),杜绝人员机械性携带卵囊进场。构建全封闭料塔及防鼠连廊(孔径 ≤ 0.6 cm不锈钢网):连接栋舍与饲料车间,从而降低卵囊污染场地、饲料等风险,以及阻断猪食入鼠类包囊及野鼠偷食饲料行为。

组建栋舍屏障:集约化猪场可配置负压通风系统(HEPA过滤,栋舍间维持压差 > 15 Pa)抑制气溶胶传播,降低卵囊随粉尘扩散风险。同时设置防鼠挡板(不锈钢材质,离地60 cm)以阻止鼠类垂直跳跃入侵,破坏“鼠-猫-猪”传播链。

5.2 针对猪场弓形虫不同传播宿主的措施

鼠和鸟类作为弓形虫的中间宿主,其体内包囊可通过捕食链感染猫,甚至直接传染给猪。因此构建起一套全面而系统针对传播宿主的防控体系,才能有效切断弓形虫通过猫、鼠以及鸟类的传播途径。

猫类防控:严禁场内养猫,杜绝卵囊内部排放源;如前所述构建物理围栏(埋深结构+高频驱猫超声波)主动威慑野猫;人工巡逻(每天至少1次,重点夜间和清晨)辅以无害驱离手段,可采用水枪、石子、声波等安全方式驱赶,避免伤害野猫。

鼠类防控:针对鼠类包囊或机械性携带卵囊的传播特性,可实施建筑防鼠改造与动态清除:基建阶段完成墙体水泥抹缝、排污沟“三面光”处理,消除栖息巢穴;库房铁门密封加饲料离墙堆放(0.5~1.0 m)等,切断食物链;在鼠类出没路段放置捕鼠器械(夹、笼)与低毒饵剂(溴敌隆等),控制种群密度^[86]。

鸟类防控:依据候鸟迁徙规律及食源性传播风险,可推行分级防控。迁徙路线猪场建议采用全封闭饲养,并加装纱窗、通风设备;非迁徙路线猪场限制露天散养规模,并加装防鸟驱鸟装置;猪场周围种植低矮灌木,避免种植高大乔木,减少候鸟栖息

吸引力;强化环境管理,如妥善处理饲料、食物残渣和垃圾,及时清理杂草,并定期消毒环境,以破坏鸟类栖息觅食生态位。

5.3 针对猪群的措施

5.3.1 预防性的驱虫及入侵阻断

在实施严格检疫措施的基础上,为阻断弓形虫在猪群中的潜伏感染,可实施基于流行病学规律的药物预防策略。在弓形虫易感季节(夏秋高温高湿期),饲料中添加长效磺胺嘧啶联合乙胺嘧啶,持续饲喂7 d,降低卵囊经口感染风险。驱虫频次需结合猪群生理阶段动态调整^[70]。对于种公猪,每年应至少进行2次全群驱虫,避免精液携带病原;繁殖母猪配种前30 d完成1次驱虫,阻断垂直传播链;分娩后21 d再次驱虫,以减少哺乳期经乳汁感染仔猪的潜在风险。驱虫药物宜选用广谱复方制剂(如磺胺嘧啶钠+乙胺嘧啶),首剂加倍以确保血药浓度迅速达有效抑虫水平^[87]。

5.3.2 增强机体免疫力与肠道微生态拮抗虫体入侵

全价饲料营养强化及肠道微生态平衡是提升猪群抗弓形虫免疫力的核心。确保饲料中蛋白质、氨基酸、维生素、矿物质等营养物质的充足均衡供给,可适量添加鱼粉(建议3%~5%以提高免疫球蛋白合成效率)、青绿饲料(不低于日粮10%,以提供天然抗氧化物质)等,以满足猪的不同营养需求。针对仔猪免疫力较弱的特点,可添加复合微生态制剂(含乳酸杆菌、芽孢杆菌等),通过竞争性抑制肠道病原定植入侵、激活肠黏膜淋巴组织(GALT)及促进分泌型IgA生成,调节肠道菌群多样性与平衡,从而降低弓形虫肠道入侵概率^[22]。

5.3.3 定期抗体检测

根据猪场区位风险(如野猫密度、鼠鸟活动频率等)及既往感染史,制定梯度化抗体监测方案,高风险场建议每季度实施1次全群血清学筛查,低风险场每半年进行1次抽样检测(抽样率 $\geq 20\%$),以确保及时发现和处理感染猪只。筛选检验技术首选ELISA(高通量、快捷等优势),可同步量化IgG/IgM抗体滴度,精准区分近期感染(IgM $\uparrow$)与既往感染(仅IgG $+$)。阳性样本需进一步结合PCR复检,以确认病原载量及感染阶段,指导精准淘汰决策。

5.4 饲养环节措施

5.4.1 针对猪场饮用水和饲料的措施

饮水安全控制主要基于卵囊的环境抗力特性(孢

子化卵囊在湿冷环境中可存活超18个月)。优先选用深井水,并密封井口,避免地表渗透污染。如使用地表水源,要确保水源地周围环境良好,远离可能的污染源。可直接在水源地周围设置防护栅栏,防止猫进入水源地排便等造成污染。猪场工作人员要定期检查和维护供水管道,确保管道无破损或泄漏,以防卵囊进入水中。同时,储水设施如水箱、水塔等可使用适量的酸、碱类消毒剂(如0.5%氨水)每月清理灌注循环消毒30 min,末端水塔可配置5 μm 精密过滤器加紫外线灭菌装置,确保卵囊灭活率 $>99.9\%$ 。

饲料生物安全管理的核心在于阻断包囊经口传播链。原材料采购时确保来自弓形虫阴性区域,运输车辆严格密封并经氨水喷雾消毒。加工存储原料时,如果允许可经60 $^{\circ}\text{C}$ 以上烘干处理(持续20 min灭活包囊),仓储库房安装防鼠挡板及频振式杀虫灯(灭杀食粪性昆虫)。如使用发酵饲料喂养,可采用高温厌氧发酵(阻止卵囊孢子化),且保持发酵环境清洁,发酵罐内可添加乳酸杆菌抑制杂菌,投喂前检测 $\text{pH}<4.0$,酸性环境可使卵囊失活。最后要注意保持饲槽的清洁卫生,每日清理2次避免残料成为鼠类引诱源。

5.4.2 圈舍的预防性消毒

预防性消毒需针对卵囊在环境中的持久存活性试验设计。日常保洁:可采用高压水枪冲洗地面缝隙,消除卵囊附着死角,冲洗后喷洒10%氨水(作用30 min)或3%烧碱+1%来苏儿复合液;环境调控:规模化猪场可安装负压通风系统,维持湿度 $<65\%$ (抑制卵囊孢子化)、温度 $>25^{\circ}\text{C}$ (加速卵囊衰亡),地面可硬化,坡度 $\geq 3^{\circ}$,保持地面干燥,露天运动场雨后积水要及时清除^[85];饲养圈舍深度消毒:每批次转栏后可以福尔马林-高锰酸钾熏蒸,密闭24 h,再以火焰喷射器处理墙体裂隙(局部 $>300^{\circ}\text{C}$ 灭活残留卵囊)。

5.5 监督管理的制度化防控闭环

生物安全,重在落实执行。首先需构建人员生物安全合规体系,对猪场工作人员定期进行弓形虫生活史培训(重点识别猫粪卵囊污染特征,及猪场弓形虫感染源),通过模拟演练考核消毒程序执行精度,确保培训工作的落实。智能监控:规模化猪场可在淋浴间、料库等关键节点部署AI行为识别摄像头,自动识别未执行风浴消毒、违规携带外源物品等行为;一般养殖场,可在猪场入口、猪舍门口等关键位置安装摄像头并严格实行人员准入登记制度,对不规范行为纳入关

联绩效考核,作为后续整改依据^[85]。

在猪场环境管理方面,构建环境风险动态监测网络,实行消毒追溯制度:建立消毒电子台账,详细记录清洁消毒后的状态,包括消毒剂种类、浓度、接触时间及覆盖率等,以及猪舍地面、墙壁、食槽、水槽、缝隙等的洁净程度等;此外,定期进行猪场外围巡查,有条件猪场,可采用无人机热成像扫描场区围墙(每周2次),识别野猫、鼠、鸟类活动热点,同步配置超声波驱离装置。

在猪只管理方面,执行猪群健康与溯源机制。首先,定期对猪群进行弓形虫抗体检测,种猪群每季度筛查1次(IgM阳性猪即刻隔离并按图2流程执行),育肥猪入场时可进行淋巴结包囊PCR抽检。其次,有条件猪场,可对引入猪只植入RFID芯片,关联原场血清档案及运输车辆消毒记录(车载GPS轨迹比对隔离场距离),构建追溯体系杜绝输入性感染。

6 总结与展望

弓形虫广泛感染家畜和野生动物,是最重要的人兽共患寄生虫之一。猪是我国最重要的农业动物,感染猪只的肉制品及脏器也是人群弓形虫病的重要感染源^[35-39]。本文在分析国内外猪场弓形虫病暴发流行因素后(如猫鼠传播循环、环境卵囊污染、垂直感染等),并基于弓形虫生活史特点,提出包括传播途径阻断、环境治理、饲料和水源控制、生物安全、健康及人员监督管理等多维度协同防控及净化策略,通过持续循环的净化消除模式,可逐步降低猪群弓形虫感染负荷。未来可推动建立国家弓形虫净化认证制度,对达标场授予“无弓形虫场”标识,并优先纳入生猪调运白名单,同时加强养殖端科普教育及培训,普及弓形虫生活史及人兽共患风险防控知识。此综合策略有望实现生猪产业提质增效(降低病死率、提升繁殖性能)与公共卫生风险管控(减少人兽共患传播)的双重目标。

参考文献 References

- [1] Smith N C, Goulart C, Hayward J A, Kupz A, Miller C M, van Dooren G. Control of human toxoplasmosis [J]. *International Journal for Parasitology*, 2021, 51(2/3): 95-121
- [2] Dubey J P. Toxoplasmosis in pigs--the last 20 years [J]. *Veterinary Parasitology*, 2009, 164(2/4): 89-103
- [3] 霍新梅, 曹竹君, 安宝燕, 谢青, 辛海光. 抗白细胞介素23抗体相关性脑弓形虫病1例[J]. *中国感染与化疗杂志*, 2025, 25(2): 215-217

- Huo X M, Cao Z J, An B Y, Xie Q, Xin H G. Cerebral toxoplasmosis associated with anti-interleukin-23 antibody: A case report [J]. *Chinese Journal of Infection and Chemotherapy*, 2025, 25(2): 215-217 (in Chinese)
- [4] Wang T W, Han Y F, Pan Z Q, Wang H Z, Yuan M, Lin H. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection in blood donors in mainland China: A systematic review and meta-analysis [J]. *Parasite*, 2018, 25: 36
- [5] Vitale M, Tumino G, Partanna S, La Chiusa S, Mancuso G, Giglia M L, Presti V D M L. Impact of traditional practices on food safety: a case of acute toxoplasmosis related to the consumption of contaminated raw pork sausage in Italy [J]. *Journal of Food Protection*, 2014, 77(4): 643-646
- [6] Zhang X X, Ren W X, Tan Q, D Hou G Y, Fei Y C, Zhao L J, Zhao Q, Sun D B. Meta-analysis of *Toxoplasma gondii* in pigs intended for human consumption in Mainland China [J]. *Acta Tropica*, 2019, 198: 105081
- [7] Yang Z P, Yuan H, Nie L C, Wen Q Y, Li H X, Yang L L, Song Y N, Luo X, Zhang X X, Yuan Z G. Deciphering the epidemiological dynamics: *Toxoplasma gondii* seroprevalence in mainland China's food animals, 2010-2023 [J]. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 2024, 14: 1381537
- [8] 王蕊曦, 谢跃, 王辉. 妊娠期弓形虫病发病机制和预防措施 [J]. *中国人兽共患病学报*, 2025, 41(2): 129-135
- Wang R X, Xie Y, Wang H. Toxoplasmosis pathogenesis and preventive measure during pregnancy [J]. *Chinese Journal of Zoonoses*, 2025, 41(2): 129-135 (in Chinese)
- [9] Sroka J, Karamon J, Dutkiewicz J, Wójcik-Fatla A, Cencek T. Optimization of flotation, DNA extraction and PCR methods for detection of *Toxoplasma gondii* oocysts in cat faeces [J]. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 2018, 25(4): 680-685
- [10] Zulpo D L, Sammi A S, Dos S J, Sasse J P, Martins T A, Minutti A F, Cardim S T, de Barros L D, Navarro I T, Garcia J L. *Toxoplasma gondii*: A study of oocyst re-shedding in domestic cats [J]. *Veterinary Parasitology*, 2018, 249: 17-20
- [11] Dabritz H A, Conrad P A. Cats and *Toxoplasma*: implications for public health [J]. *Zoonoses and Public Health*, 2010, 57(1): 34-52
- [12] Hofer U. The cat is out the bag about *Toxoplasma* host range [J]. *Nature Reviews Microbiology*, 2019, 17(11): 646-647
- [13] Pinto-Ferreira F, Caldart E T, Pasquali A K S, Mitsuka-Breganó R, Freire R L, Navarro I T. Patterns of transmission and sources of infection in outbreaks of human toxoplasmosis [J]. *Emerging Infectious Diseases*, 2019, 25(12): 2177-2182
- [14] Attias M, Teixeira D E, Benchimol M, Vommaro R C, Crepaldi P H, De Souza W. The life-cycle of *Toxoplasma gondii* reviewed using animations [J]. *Parasites & Vectors*, 2020, 13(1): 588
- [15] 刘英, 梁涛, 李永辉, 杨凯, 张瑞君. 弓形虫病的感染特点及其防治措施 [J]. *畜牧兽医杂志*, 2015, 34(1): 83-84
- Liu Y, Liang T, Li Y H, Yang K, Zhang R J. Infection characteristics of toxoplasmosis and its control measures [J]. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2015, 34(1): 83-84 (in Chinese)
- [16] de Barros R A M, Torrecilhas A C, Marciano M A M, Mazuz M L, Pereira-Chioccola V L, Fux B. Toxoplasmosis in human and animals around the world. diagnosis and perspectives in the one health approach [J]. *Acta Tropica*, 2022, 231: 106432
- [17] Jiang H H, Zhang W B, Zhao L, Zhou D H, Song H Q, Xu C M, Deng S Z, Zhu X Q. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection in pigs in Jiangxi province, southeastern China [J]. *Foodborne Pathogens and Disease*, 2014, 11(5): 362-365
- [18] Ito S, Tsunoda K, Nishikawa H, Matsui T. Pathogenicity for piglets of *Toxoplasma* oocysts originated from naturally infected cat [J]. *National*

- Institute of Animal Health Quarterly (Tokyo)*, 1974, 14(4): 182-187
- [19] 张忠平. 猪弓形虫病诊治[J]. 四川畜牧兽医, 2015, 42(5): 54
Zhang Z P. Diagnosis and treatment of porcine toxoplasmosis [J]. *Sichuan Animal & Veterinary Sciences*, 2015, 42(5): 54 (in Chinese)
- [20] Liu Q, Zhang M Y, Zhao B, Chen Y, Jiang W, Geng X L, Wang Q. Diagnostic value of circulating antigens in the serum of piglets with experimental acute toxoplasmosis[J]. *Journal of Immunology*, 2022, 208(3): 697-706
- [21] 王国利. 猪弓形虫病的流行病学、临床症状、检疫及防治[J]. 现代畜牧科技, 2021(3): 76-77
Wang G L. Epidemiology, clinical symptoms, quarantine and prevention of toxoplasmosis in pigs porcine toxoplasmosis[J]. *Modern Animal Husbandary Science & Technology*, 2021(3): 76-77 (in Chinese)
- [22] 覃玉皎, 蓝熙宥, 韦家毅. 猪弓形虫病的发生原因与防治措施[J]. 山东畜牧兽医, 2025, 46(1): 54-55
Qin Y J, Lan X M, Wei J Y. Causes and control measures of toxoplasmosis in pigs[J]. *Shandong Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2025, 46(1): 54-55, 58 (in Chinese)
- [23] 张正仁, 张兰琴. 对急性猪弓形虫病的诊治体会[J]. 中国动物保健, 2001, 3(5): 20
Zhang Z R, Zhang L Q. Diagnosis and treatment of acute toxoplasmosis in pigs[J]. *China Animal Health*, 2001, 3(5): 20 (in Chinese)
- [24] Feitosa T F, Vilela V L R, de Melo L R B, de Almeida Neto J L, Souto D V, de Moraes D F, Athayde A C R, Azevedo S S, Pena H F. *Toxoplasma gondii* and *Neospora caninum* in slaughtered pigs from Northeast, Brazil[J]. *Veterinary Parasitology*, 2014, 202(3/4): 305-309
- [25] Zhang Y H, Gong H Y, Mi R S, Huang Y, Han X G, Xia L M, Li S F, Jia H Y, Zhang X L, Sun T, Wang X, Chen Z G. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection in slaughter pigs in Shanghai, China [J]. *Parasitology International*, 2020, 76: 102094
- [26] 马天野. 猪弓形虫病的诊断与防治[J]. 中兽医学杂志, 2021(12): 19-20
Ma T Y. Diagnosis and prevention of porcine toxoplasmosis [J]. *Chinese Journal of Traditional Veterinary Medicine*, 2021(12): 19-20 (in Chinese)
- [27] 杨阳. 猪弓形虫病的临床表现、诊断和防治措施[J]. 现代畜牧科技, 2022(1): 81-82
Yang Y. Clinical manifestations, diagnosis, and prevention measures of porcine toxoplasmosis [J]. *Modern Animal Husbandary Science & Technology*, 2022(1): 81-82 (in Chinese)
- [28] Coelho C, Vieira-Pinto M, Faria A S, Vale-Gonçalves H, Veloso O, das Neves Paiva-Cardoso M, Mesquita J R, Lopes A P. Serological evidence of *Toxoplasma gondii* in hunted wild boar from Portugal [J]. *Veterinary Parasitology*, 2014, 202(3/4): 310-312
- [29] Zhang Y H, Mi R S, Xie J H, Jia H Y, Ling H Q, Zhang X L, Luo L, Gong H Y, Han X G, Huang Y, Zeng Z, Chen Z G. Seroprevalence and the risk factor of *Toxoplasma gondii* infection to slaughter pigs in Chongqing, China [J]. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 2022, 22(4): 238-243
- [30] Zhang Y H, Xie J H, Mi R S, Ling H Q, Luo L, Jia H Y, Zhang X L, Huang Y, Gong H Y, Han X G, Zeng Z, Chen Z G. Molecular detection and genetic characterization of *Toxoplasma gondii* in pork from Chongqing, southwest China [J]. *Acta Tropica*, 2021, 224: 106134
- [31] Li G J, Zheng W L, Yang J F, Qi T S, He Y C, Chen W K, Ma H J, Sun Y L, Li Y, Kang M, Li J X. Seroprevalence and epidemiology of *Toxoplasma gondii* in animals in the Qinghai-Tibetan plateau area, China [J]. *Pathogens*, 2021, 10(4): 432
- [32] Wang H Y, Zhang L X, Ren Q G, Yu F C, Yang Y R. Diagnosis of swine toxoplasmosis by PCR and genotyping of *Toxoplasma gondii* from pigs in Henan, central China [J]. *BMC Veterinary Research*, 2017, 13(1): 152
- [33] Wang D W, Liu Y, Jiang T T, Zhang G X, Yuan G M, He J B, Su C L, Yang N. Seroprevalence and genotypes of *Toxoplasma gondii* isolated from pigs intended for human consumption in Liaoning province, northeastern China [J]. *Parasites & Vectors*, 2016, 9: 248
- [34] Zhang X X, Jiang R L, Zhang N Z, Wang C R, Tao W F, Xu P, Ma C F, Hou G Y, Ni H B. Molecular detection and genotyping of *Toxoplasma gondii* in free-ranging pigs in Northeastern China [J]. *Infection, Genetics and Evolution*, 2018, 63: 110-115
- [35] Schlüter D, Däubener W, Schares G, Groß U, Pleyer U, Lüder C. Animals are key to human toxoplasmosis [J]. *International Journal of Medical Microbiology*, 2014, 304(7): 917-929
- [36] Nau J, Eller S K, Wenning J, Spekter-Bosker K H, Schrotten H, Schwerk C, Hotop A, Groß U, Däubener W. Experimental porcine *Toxoplasma gondii* infection as a representative model for human toxoplasmosis [J]. *Mediators of Inflammation*, 2017, 2017: 3260289
- [37] Condoleo R, Rinaldi L, Sette S, Mezzer Z. Risk assessment of human toxoplasmosis associated with the consumption of pork meat in Italy [J]. *Risk Analysis*, 2018, 38(6): 1202-1222
- [38] Fernandes F D, Samoel G V A, Guerra R R, Bräunig P, Machado D W N, Cargnelutti J F, Sangioni L A, Vogel F S F. Five years of the biggest outbreak of human toxoplasmosis in Santa Maria, Brazil: A review [J]. *Parasitology Research*, 2023, 123(1): 76
- [39] Olsen A, Swart A, Pires S M, Fagt S, Mogelmose V, Houe H, Denwood M, Nielsen H V, Alban L. Tissue cyst-based quantitative risk assessment of human toxoplasmosis from consuming pork in Denmark: A farm-to-fork approach [J]. *Preventive Veterinary Medicine*, 2025, 238: 106446
- [40] Tao Q, Wang Z S, Feng H H, Fang R, Nie H, Hu M, Zhou Y Q, Zhao J L. Seroprevalence and risk factors for *Toxoplasma gondii* infection on pig farms in central China [J]. *The Journal of Parasitology*, 2011, 97(2): 262-264
- [41] Wang S, Zhang M, Liu X C, Lin T, Yang H C, Yuan S S, Zhao G W, Ia H, Yan R F, Song X K, Xu L X, Li X R. Investigation on the co-infections of *Toxoplasma gondii* with PRRSV, CSFV or PCV-2 in swine in part of China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2015, 14(9): 1838-1844
- [42] 江海海. 江西猪弓形虫病和衣原体病血清学调查及我国部分地区猪弓形虫基因型研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014
Jiang H H. Serological investigation of porcine *Toxoplasma gondii* and Chlamydiosis in Jiangxi province and genotyping study of porcine *Toxoplasma gondii* in some regions of China [D]. Beijing: *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, 2014 (in Chinese)
- [43] Zhuo X H, Huang B, Luo J Q, Yu H J, Yan B L, Yang Y, Du A F. Development and application of loop-mediated isothermal amplification assays based on ITS-1 for rapid detection of *Toxoplasma gondii* in pork [J]. *Veterinary Parasitology*, 2015, 208(3/4): 246-249
- [44] Sun H C, Fu Y, Yuan X F, Li J X, Xu L H, Zhang J N, Yu B, Huang J, Qi M, Shi T Y. Molecular detection and genotyping of *Toxoplasma gondii* from pigs for Human consumption in Zhejiang and Jiangsu provinces, eastern China [J]. *Foodborne Pathogens and Disease*, 2022, 19(10): 686-692
- [45] Du F, Zhang Q L, Yu Q, Hu M, Zhou Y Q, Zhao J L. Soil contamination of *Toxoplasma gondii* oocysts in pig farms in central China [J]. *Veterinary Parasitology*, 2012, 187(1/2): 53-56
- [46] Liu X M, Fan L, Tan Q Q, Chen X, Li H M, Zhao X M. Prevalence of *Toxoplasma gondii* in pigs determined by ELISA based on recombinant SAG1 in Shandong province, China [J]. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 2022, 83: 101781
- [47] Bai M J, Zou Y, Elsheikha H M, Ma J G, Zheng W B, Zhao Q, Zhang X X,

- Zhu X Q. *Toxoplasma gondii* infection in farmed wild boars (*Sus scrofa*) in three cities of northeast China[J]. *Foodborne Pathogens and Disease*, 2017, 14(7):379-385
- [48] Li Q, Qin S Y, Li S, Peng P, Zhao Q, Jia H L, Wang C R. First report on *Toxoplasma gondii* seroprevalence in free-ranging pigs in northeastern China [J]. *Acta Parasitologica*, 2019, 64(2):295-299
- [49] Chang Q C, Zheng X, Qiu J H, Wang C R, Zhu X Q. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection in fattening pigs in northeast China[J]. *The Journal of Parasitology*, 2013, 99(3):544-545
- [50] Wu F, Wang Y L, Yang Z, Li X L, Li Z R, Lin Q. Seroprevalence and risk factors of *Toxoplasma gondii* in slaughter pigs in Shaanxi province, northwestern China[J]. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, 2017, 17(7):517-519
- [51] Klun I, Vujančić M, Yera H, Nikolić A, Ivočić V, Bobić B, Bradonjić S, Dupouy-Camet J, Djurković-Djaković O. *Toxoplasma gondii* infection in slaughter pigs in Serbia: Seroprevalence and demonstration of parasites in blood[J]. *Veterinary Research*, 2011, 42(1):17
- [52] Limon G, Beauvais W, Dadios N, Villena I, Cockle C, Blaga R, Guitian J. Cross-sectional study of *Toxoplasma gondii* infection in pig farms in England [J]. *Foodborne Pathogens and Disease*, 2017, 14(5):269-281
- [53] Sengupta M E, Pagh S, Stensgaard A S, Chriel M, Petersen H H. Prevalence of *Toxoplasma gondii* and *Cryptosporidium* in feral and farmed American Mink (*Neovison vison*) in Denmark[J]. *Acta Parasitologica*, 2021, 66(4):1285-1291
- [54] Karadjian G, Laboutière L, Chevillot A, Voisinot A, Blaizot A, Puech M P, Aubert D, Risco-Castillo V, Blaga R, Vallée I. *Toxocara cati* and *Toxoplasma gondii* in French birds of prey[J]. *Journal of Wildlife Diseases*, 2022, 58(2):373-379
- [55] Dámek F, Swart A, Waap H, Jokelainen P, Le Roux D, Deksne G, Deng H F, Schares G, Lundén A, Álvarez-García G, Betson M, Davidson R K, Györke A, Antolová D, Hurníková Z, Wisselink H J, Sroka J, van der Giessen J W B, Blaga R, Opsteegh M. Systematic review and modelling of age-dependent prevalence of *Toxoplasma gondii* in livestock, wildlife and felids in Europe[J]. *Pathogens*, 2023, 12(1):97
- [56] Ammar S, Braunstein J, Su C L, Williamson R H, Gerhold R. Serologic survey of *Toxoplasma gondii* in black bears (*Ursus americanus*) from eastern Tennessee, USA[J]. *Journal of Wildlife Diseases*, 2020, 56(3):721-723
- [57] Strules J, Dawant T, Riese K, Gerhold R, Brown J, Olfenbuttel C, DePerno C S, Hunt B J, von Dohlen A R. Use of a point of care test to determine the prevalence of antibodies to *Toxoplasma gondii* in black bears from north Carolina and Pennsylvania[J]. *The Journal of Parasitology*, 2023, 109(3):221-224
- [58] Dubey J P, Andrews C D, Thulliez P, Lind P, Kwok O C H. Long-term humoral antibody responses by various serologic tests in pigs orally inoculated with oocysts of four strains of *Toxoplasma gondii* [J]. *Veterinary Parasitology*, 1997, 68(1/2):41-50
- [59] Dubey J P, Andrews C D, Lind P, Kwok O C, Thulliez P, Lunney J K. Antibody responses measured by various serologic tests in pigs orally inoculated with low numbers of *Toxoplasma gondii* oocysts[J]. *American Journal of Veterinary Research*, 1996, 57(12):1733-1737
- [60] Prickett M D, Dreesen D W, Waltman W D, Blue J L, Brown J. Correlation of tissue infection and serologic findings in pigs fed *Toxoplasma gondii* oocysts [J]. *American Journal of Veterinary Research*, 1985, 46(5):1130-1132
- [61] Dubey J P, Murrell K D, Fayer R. Persistence of encysted *Toxoplasma gondii* in tissues of pigs fed oocysts[J]. *American Journal of Veterinary Research*, 1984, 45(10):1941-1943
- [62] Dámek F, Basso W, Joeres M, Thoumire S, Swart A, da Silva A, Gassama I, Škorić M, Smola J, Schares G, Blaga R, Koudela B. Infection dynamics following experimental challenge of pigs orally dosed with different stages of two archetypal genotypes of *Toxoplasma gondii* [J]. *Veterinary Parasitology*, 2024, 330:110222
- [63] Khordadmehr M, Sazmand A, Almasi P, Shahbazi P, Ranjbar V, Otranto D, Hemphill A. Natural infection with *Toxoplasma gondii*, *Neospora caninum* and *Sarcocystis* species in domestic pigeons (*Columba livia domestica*) in Iran [J]. *Comparative Immunology Microbiology and Infectious Diseases*, 2023, 93:101946
- [64] Liang Y, Xie S C, Lv Y H, He Y H, Zheng X N, Cong W, Elsheikha H M, Zhu X Q. A novel single-tube LAMP-CRISPR/Cas12b method for rapid and visual detection of zoonotic *Toxoplasma gondii* in the environment [J]. *Infectious Diseases of Poverty*, 2024, 13(1):94
- [65] López Ureña N M, Chaudhry U, Calero Bernal R, Cano Alsua S, Messina D, Evangelista F, Betson M, Lalle M, Jokelainen P, Ortega Mora L M, Álvarez García G. Contamination of soil, water, fresh produce, and bivalve mollusks with *Toxoplasma gondii* oocysts: A systematic review [J]. *Microorganisms*, 2022, 10(3):517
- [66] 李孟燕, 庞玉东. 猪弓形虫病防治及诊断分析[J]. 畜牧兽医科技信息, 2024 (4):146-148
- Li M Y, Pang Y D. Prevention and diagnosis analysis of porcine toxoplasmosis [J]. *Chinese Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2024 (4): 146-148 (in Chinese)
- [67] 梁昌旺, 庞厚平. 猪弓形虫病诊断与治疗[J]. 今日畜牧兽医, 2024, 40(10):95-97
- Liang C W, Pang H P. Diagnosis and treatment of porcine *toxoplasmosis* [J]. *Today Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2024, 40 (10): 95-97 (in Chinese)
- [68] 刘伟. 猪弓形虫病和嗜血支原体病的鉴别诊断与防治[J]. 现代农村科技, 2024 (11):59-60
- Liu W. Differential diagnosis and prevention of porcine toxoplasmosis and *Mycoplasma Hemophilic* disease [J]. *Modern Rural Science and Technology*, 2024 (11): 59-60 (in Chinese)
- [69] 任丽杰. 试论如何诊断与治疗猪弓形虫病[J]. 吉林畜牧兽医, 2024, 45(3):13-15
- Ren L J. Discussion on how to diagnose and treat toxoplasmosis in pigs [J]. *Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2024, 45(3):13-15 (in Chinese)
- [70] 王凤保. 猪弓形虫病的诊断方法与治疗措施[J]. 吉林畜牧兽医, 2024, 45(7):31-33
- Wang F B. Diagnosis and treatment of toxoplasmosis in pigs [J]. *Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2024, 45(7):31-33 (in Chinese)
- [71] 王永. 猪弓形虫病的诊断与防治[J]. 中国畜牧业, 2024(3):99-100
- Wang Y. Diagnosis and prevention of porcine toxoplasmosis [J]. *China Animal Industry*, 2024 (3): 99-100 (in Chinese)
- [72] 谢瑞营. 猪弓形虫病的诊断与防治[J]. 畜牧业环境, 2024(8):106-107
- Xie R Y. Diagnosis and prevention of porcine toxoplasmosis [J]. *Animal industry and environment*, 2024 (8): 106-107 (in Chinese)
- [73] 易积. 猪弓形虫病的防治[J]. 四川畜牧兽医, 2024, 51(9):51-53
- Yi J. Prevention and treatment of porcine toxoplasmosis [J]. *Sichuan Animal & Veterinary Sciences*, 2024, 51 (9): 51-53 (in Chinese)
- [74] 张秀波. 探究诊断和治疗猪弓形虫病的有效方法[J]. 吉林畜牧兽医, 2024, 45(5):49-51
- Zhang X B. To explore the effective methods for diagnosis and treatment of toxoplasmosis in pigs [J]. *Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine*,

- 2024,45(5): 49-51 (in Chinese)
- [75] 张玉玲. 猪弓形虫病诊断技术分析与防控策略[J]. 今日养猪业, 2024(4):57-60
Zhang Y L. Analysis of diagnostic techniques and prevention and control strategies for porcine toxoplasmosis[J]. *Pigs Today*, 2024 (4): 57-60 (in Chinese)
- [76] 刘泽秀. 猪弓形虫病的诊断与防控[J]. 现代农村科技, 2025(1):63-64
Liu Z X. Diagnosis and control of toxoplasmosis in pigs[J]. *Modern Rural Science and Technology*, 2025 (1): 63-64 (in Chinese)
- [77] 瞿世提, 韩邦秋. 猪弓形虫病的临床症状及防治[J]. 养殖与饲料, 2025,24(3):68-70
Qu S T, Han B Q. Clinical symptoms and prevention of toxoplasmosis in pigs [J]. *Animal Breeding and Feed*, 2025, 24(3): 68-70 (in Chinese)
- [78] 尹业师, 黄伟坚, 谢丽华, 刘海鹏, 冯健远, 陈琼, 吴维海, 王爱德. 广西某巴马小型猪场弓形虫病的净化措施初探[J]. 养猪, 2006(4):37-38
Yin Y S, Huang W J, Xie L H, Liu H P, Feng J Y, Chen Q, Wu W H, Wang A D. Preliminary exploration of elimination measures for toxoplasmosis in a small pig farm in Bama, Guangxi[J]. *Swine Production*, 2006 (4): 37-38
- [79] Wainwright K E, Lagunas-Solar M, Miller M A, Barr B C, Gardner I A, Pina C, Melli A C, Packham A E, Zeng N, Truong T, Conrad P A. Physical inactivation of *Toxoplasma gondii* oocysts in water [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2007,73(17):5663-5666
- [80] Wainwright K E, Miller M A, Barr B C, Gardner I A, Melli A C, Essert T, Packham A E, Truong T, Lagunas-Solar M, Conrad P A. Chemical inactivation of *Toxoplasma gondii* oocysts in water [J]. *The Journal of Parasitology*, 2007,93(4):925-931
- [81] Pinto-Ferreira F, Paschoal A T P, Pasquali A K S, Bernardes J C, Caldart E T, Freire R L, Mitsuka-Breganó R, Navarro I T. Techniques for inactivating *Toxoplasma gondii* oocysts: a systematic review[J]. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, 2021,30(2):e026420
- [82] 杜芬. 土壤环境弓形虫与细菌污染的检测与修复[D]. 武汉:华中农业大学, 2012
Du F. Detection and remediation of *Toxoplasma gondii* and bacterial pollution in soil environment[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2012 (in Chinese)
- [83] 肖建荣, 刘瑞国. 土壤环境弓形虫与细菌污染的检测与修复[J]. 农业开发与装备, 2020(11):92-93
Xiao J R, Liu R G. Detection and remediation of *Toxoplasma gondii* and bacterial pollution in soil environment [J]. *Agricultural Development & Equipments*, 2020(11): 92-93 (in Chinese)
- [84] 段锐锐. 浅谈规模化种猪场疫病净化主要措施[J]. 养猪, 2023(4):86-88
Duan R R. Discussion on the main measures for disease clearance in large-scale pig farms [J]. *Swine Production*, 2023 (4): 86-88 (in Chinese)
- [85] 李宁超. 中小规模生猪养殖场的生物安全管理策略[J]. 畜牧业环境, 2024(9): 23-24
Li N C. Biosafety management strategies for small and medium-sized pig farms [J]. *Animal industry and environment*, 2024 (9): 23-24 (in Chinese)
- [86] 路强, 李吉鹏. 猪弓形虫病的病因及防控措施[J]. 畜禽业, 2025,36(1):64-66
Lu Q, Li J P. The etiology and prevention and control measures of pig toxoplasmosis [J]. *Livestock and Poultry Industry*, 2025, 36 (1): 64-66 (in Chinese)
- [87] 刘海生. 猪弓形虫病的诊断与治疗[J]. 今日畜牧兽医, 2023,39(12):110-112
Liu H S. Diagnosis and treatment of toxoplasmosis in pigs [J]. *Today Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2023, 39 (12): 110-112 (in Chinese)

责任编辑: 秦梅



第一作者简介: 王辉,四川农业大学动物医学院副教授、硕士生导师,校引进拔尖人才。中国农业大学博士,北京大学博士后,曾获北京大学-清华大学生命科学联合中心优秀博士后基金资助。中国畜牧兽医学会兽医寄生虫学分会会员,聚焦病原-宿主互作机制解析,以为抗病药物及疫苗研发提供基础理论与新策略。以第一作者或通讯作者在*Nature Communications*等期刊已发表学术论文7篇,合著论文10余篇,其中包括*Cell*和*Nature Communications*各1篇;现主持四川省科技厅面上基金及横向合作项目等多项,主持制定四川省畜牧兽医学学会团体标准《猫弓形虫病诊断技术》和《牦牛新孢子虫病诊断技术》2项;参编《实验动物疫病学》《新孢子虫病》《病原生物与免疫学实验》《兽医寄生虫学》等专著4部。主要致力于以兽医生物安全基础理论服务现代化规模养殖场及生态养殖农场等疫病与公共卫生安全防控,助力绿色健康养殖、节能控本增效。