

文章编号:1673-887X(2026)06-0030-03

红外相机技术在林草区野生动物疫病监测中的应用

邵红波,郭登峰,汪化钢

(济宁市任城区自然资源局,山东 济宁 272099)

摘要 红外相机技术凭借具有非侵入式、全天候和大范围连续监测等优点,已成为林草区野生动物疫病防控的重要技术手段。本文首先阐释红外相机技术原理与优势,再系统梳理红外相机技术在野生动物疫病监测中的具体应用,最后通过典型林草区实践案例评估应用成效,为林草区野生动物疫病精准监测、风险预警及生态安全保障提供理论参考与实践依据。

关键词 红外相机;林草区;野生动物;疫病监测

中图分类号 S126

文献标志码 A

doi:10.3969/j.issn.1673-887X.2026.06.010

The Application of Infrared Camera Technology in Wildlife Disease Monitoring in Forest and Grassland Areas

Shao Hongbo, Guo Dengfeng, Wang Huagang

(Rencheng District Natural Resources Bureau of Jining City, Jining 272099, Shandong, China)

Abstract: Infrared camera technology, with its non-invasive, all-weather, and wide-range monitoring characteristics, has become a key technical support for wildlife disease prevention and control in forest and grassland areas. This paper first explained the principles and advantages of infrared camera technology, systematically reviewed its specific applications in wildlife disease monitoring, and evaluated the effectiveness of application through practical cases in typical forest and grassland areas. It provided theoretical references and practical basis for precise monitoring, risk early warning, and ecological security guarantee of wildlife diseases in forest and grassland areas.

Key words: infrared camera; forest and grassland area; wild animals; disease monitoring

林草区生态系统结构复杂,野生动物种群多样,是多种自然疫源性疫病的潜在发生和传播的重要区域。野生动物疫病不仅威胁种群生存和生态系统稳定,还存在跨物种传播风险,构建高效适配野外环境的监测技术体系,是提升林草区疫源疫病防控能力的重要基础。

1. 红外相机技术原理及疫病监测优势

1.1 技术原理

红外相机的核心为被动式红外触发机制,依托普朗克黑体辐射定律与斯特藩-玻尔兹曼定律运行。所有高于绝对零度的物体均会持续发射红外热辐射,其辐射通量密度遵循:

$$M=\varepsilon\sigma T^4. \quad (1)$$

式中: M 为辐射出射度; ε 为物体发射率; σ 为斯特藩-玻尔兹曼常量; T 为热力学温度。

1.2 疫病监测优势

红外相机在野生动物疫病监测中具备多重不可替

代的核心优势,高度契合林草区野外疫病防控的特殊需求^[1]。该技术采用非侵入式监测手段,避免近距离接触或捕捉野生动物,从源头上防止人工干预引发的动物应激反应,减少监测人员与疫源动物接触感染的可能性,保障监测工作安全开展。其具备全天候持续工作的能力,突破了传统人工巡护在时间和空间上的局限,能进行大范围、高密度的网格化连续监测,及时发现动物疫病早期在体态、活动能力、集群行为等方面的异常变化。此外,保存的高清影像资料可长期追溯,为分析疫病流行规律、探究宿主种群关系提供可靠依据,有效提高野外疫病监测的灵敏度和覆盖范围。

2 红外相机技术在疫病监测中的应用

2.1 野生动物异常行为监测识别

野生动物感染疫病后,行为与体态往往会率先显现异常。通过红外相机开展持续影像观测,能够精准捕捉这些不易察觉的变动,实现疫病初期的非接触式

收稿日期 2026-05-15

作者简介 邵红波(1981-),男,山东济宁人,助理工程师,研究方向为林草资源保护与利用。

探知。常态下,林草区域内的有蹄类、啮齿类及小型食肉动物,其活动、移动、觅食及集群行为均遵循一定规律^[2]。染病后的动物则表现为活动量下降、步态不稳、独自离群、进食费力、反应变慢,重症个体还会长时间趴卧、体表出现损伤等。为量化这些动物异常行为程度,构建相对异常行为指数RAI:

$$RAI = \frac{N_{ab}}{N_{to}} \times 100\%. \quad (2)$$

式中: N_{ab} 为单位监测周期内拍摄到的异常行为个体有效影像数; N_{to} 为同期目标物种总有效影像数,该指数可直观反映种群异常行为占比,数值越高提示疫病潜在风险越大。

通过长期网格化布设相机,对不同时段、各区域的RAI数值展开对比分析,能够迅速圈定动物异常行为高发区域,并可有效分辨生理性行为波动与病理性异常表现,排除季节迁徙、繁殖周期等外部因素干扰,精确识别疫病疑似个体,防止早期病例出现漏判,为后续样本采集及疫情管控工作争取时间,满足林草区大面积筛查需求。

2.2 疫病宿主种群动态监测

疫病宿主种群数量、分布密度、年龄结构及空间动态,是评判林草区野生动物疫病传播风险的关键指标。红外相机技术具备非侵入、可长期监测的特性,有效破解了传统种群调查方法操作复杂、数据更新缓慢的困境。在林草区域,疫病出现常与特定宿主紧密相关,如啮齿类、兔形目动物常作为鼠疫、汉坦病毒的宿主;有蹄类动物则容易携带口蹄疫、布鲁氏菌等病原体。一旦宿主种群密度异常升高、分布愈发集中,疫病在种群内及不同种群间的传播速率便会大幅提升。采用公里级网格标准化布设红外相机,可长期持续追踪记录宿主物种的出现次数、个体数目以及活动范围^[3]。根据收集到的影像资料,能精准算出宿主遇见率、种群相对密度,清晰掌握其季节变化规律与空间分布特征,进而确定高危宿主的核心活动地带与扩散路径。此外,通过对个体体态特征的剖析,能深入探究种群年龄结构,评估其繁殖状况与抵御疾病的能力,确定易感群体占比。依据连续监测数据绘制种群时空分布热图,可揭示种群密度阈值与疫病传播的内在联系,为疫病风险预警、种群调控以及疫病源头防控提供可靠的科学依据,从而防止疫病大规模流行。

2.3 疫病传播路径追溯分析

林草区野生动物疫病多呈区域性乃至跨区域传播。基于红外相机采集的影像资料,能精准追溯疫病传播路线、圈定传播区域,明确疫源扩散趋向与关键位置,为实施跨区域防控举措提供精准依据。疫病传播同宿主动物空间活动变化、种群彼此接触以及活动范围重叠密切相关,红外相机可记录不同宿主活动路径、相遇频数、资源共用情形,从而还原移动轨迹与接触关

系,攻克野外传播追踪难题。构建传播关联度指数CR,量化不同监测点位间的宿主传播关联强度:

$$CR = \frac{N_{co}}{N_{ca} \times N_{cb}} \times K. \quad (3)$$

式中: N_{co} 为2个监测点位间同期宿主物种共用活动区域的影像频次; N_{ca} 、 N_{cb} 分别为两个点位的宿主有效影像数; K 为空间距离校正系数,距离越近 K 值越大。

通过计算不同区域的CR数值,能精确确定疫病传播的核心走向与关键节点位置,分辨自然传播过程与人为活动导致的扩散状况,清晰界定疫源地和受威胁区域间的内在联系。整合影像里宿主异常行为表现、种群密度具体数据,综合考量气象、植被、地形等环境因素,深度剖析传播路径的影响要素,从而完整呈现疫病从疫源地向外扩散的实际过程,为防控区域划分、监测防线设置及传播链条阻断提供可靠依据。

2.4 高危栖息地风险预警防控

林草区野生动物栖息地的生境特征、人为干扰强度、宿主与家畜接触概率,是判定疫病传播风险等级的重要依据。利用红外相机技术,可系统开展栖息地风险分级与动态预警,逐步构建前置化疫病防控体系。水源地、食源丰富区域、动物迁徙路线和林草交界带,都属于高危栖息地^[4]。在这些区域提高红外相机布设密度,可全面监测宿主动物活动路径、家畜闯入次数、人类活动程度以及跨物种接触状况。这些区域往往也是疫病在种群内部传播及跨物种传播风险较高的区域。红外相机可实时记录宿主与家畜、野生动物近距离接触行为,同时记录外来物种入侵、非法放牧、野外人员活动等干扰情况。基于前期疫病监测数据,可将栖息地划分高风险、中风险、低风险区域。针对高风险区域,建立实时预警机制,当监测到异常行为个体增多、宿主密度骤升、跨物种接触超标时,迅速启动预警响应,开展现场核查与防控。长期影像数据有利于分析高危栖息地风险变化规律,据此优化防控布局,采取针对性管控措施,从生境层面切断疫病传播途径,推动防控模式转型,提升林草区野生动物疫病常态化防控水平,保障区域生态与公共卫生安全。

3 实践案例分析

3.1 案例概况

北方某典型林草交错区域,地形由山地、丘陵与草原构成,植被繁茂多样,成为众多野生动物的栖息地,同时也是鼠疫、布鲁氏菌病等疫病潜在宿主的活动区域。当地林业部门为增强野生动物疫病监测效能,搭建了红外相机监测网络。按照地形、植被状况及动物活动习性,以公里级网格划分区域,在重点地段增加相机布设,覆盖数百平方公里,持续追踪动物活动、种群变动及异常行为,为疫病防控提供数据参考。

(下转第34页)

或“关键环节托管”服务,破解小农户管理难题。

3.4 健全运营机制

项目建成后,及时将资产移交给受益农户或村集体,颁发产权证书,制定管护公约,明确管护主体、责任和经费来源。强化村级用水者协会的作用,负责水费收取、用水调度和简单维护。将复杂的设备检修、技术升级外包给专业服务公司。设立专项管护基金,实行“专户存储、专账核算、专项用于工程维修”,保障工程“有人管、有钱修”。

3.5 深化水价改革

在考虑农民承受能力的基础上,逐步将水价提高到不低于运行维护成本的水平。对采用高效节水技术的用户给予水价优惠或超额累进加价制度下的奖励。搭建区域水权交易平台,完成水资源确权登记、明确农户初始水权。允许农户将节约的水量在保障生态和基本农业用水的前提下进行转让,所得收益归节水的农户或集体所有,让节水产生直接经济效益。

4 结语

滴灌/喷灌技术推广是一项复杂的系统工程,其在民乐县成功应用是摆脱水资源困境的关键。未来,必须以系统思维推进,坚持“政府引导、农民主体、市场参与、科技支撑”的原则。短期内,应着力通过补改结合

等方式,降低农户初次投入门槛;中长期,必须依赖于土地适度规模经营、农业经营体系创新及水价水权等根本性改革的深化,构建起一个让农民“用得起、用得好、愿意用”且能持续获益的制度环境。只有将先进节水技术与相适应的生产关系和激励机制深度融合,才能真正实现节水技术的规模化、可持续推广,为民乐县及类似干旱地区农业的高质量发展和水资源的永续利用奠定坚实基础。

参考文献

[1] 高秉俊,刘飞,程雯嘉,等.基于 DPSIRM-TOPSIS-ARIMA 模型的甘肃省水资源承载力评价与预测[J].水利规划与设计,2026(1):7-11,41.

[2] 吕宏波,郁洁汝,孙静,等.黑河流域土地利用变化与景观生态风险评价[J/OL].环境科学,1-15(2025-11-28)[2026-06-15].
<https://doi.org/10.13227/j.hj.kx.202509051>.

[3] 魏金娣,吕晓东,肖敏.滴灌与喷灌技术在不同土壤类型中的应用效果对比研究[J].陕西水利,2025(8):62-64.

[4] 刘亚群.基于多时相遥感影像的黑河流域农作物种植结构提取研究[D].重庆:重庆交通大学,2016.

[5] 张瑾,曹凯.滴灌技术在农田水利灌溉中的有效运用[J].河北农业,2025(7):36-37.

[6] 程秀琴.农田水利工程中的高效节水灌溉技术及其应用[J].农村科学实验,2025(21):115-117.

(上接第 31 页)

3.2 监测效果评估

红外相机监测网络运行后,在野生动物疫病监测方面成效突出。通过对长期影像数据分析,监测人员识别出多起野生动物异常行为事件,为疫病早期预警给出重要线索。通过精确监测宿主种群动态,掌握其数量、分布与年龄结构变化,为传播风险评估提供依据。追溯疫病传播路径,确定关键节点,为防控措施提供精准方向。相关监测指标见表 1。

表 1 林草区红外相机监测野生动物疫病风险监测指标汇总表
Tab.1 Wildlife disease risk monitoring indicators
through infrared camera monitoring in forest and grassland areas

监测指标	监测 区域 1	监测 区域 2	监测 区域 3	监测 区域 4	监测 区域 5
异常行为 个体占比/%	3.2	2.8	4.1	3.5	2.5
宿主遇见率/ [次·(相机·月) ⁻¹]	12.5	10.8	15.2	13.6	9.7
种群相对密度/ (只·km ⁻²)	8.6	7.9	9.3	8.2	7.5
传播关联度 指数 CR	0.45	0.38	0.52	0.48	0.35
高危栖息地 风险等级	中	低	高	中	低

由表 1 可知,不同监测区域的疫病风险相关指标存在一定差异。监测区域 3 中,异常行为个体占比及传播

关联度指数 CR 均位列第一,此区域被认定为高危栖息地,疫病传播潜在风险较高,应强化监测工作;监测区域 2 与 5 各项指标数值偏低,风险等级较低,可适度削减监测资源。经分析,红外相机监测网络可精准识别疫病高风险区域,为防控资源合理配置提供支撑,提升监测效能与精准度。

4 结语

红外相机技术凭借其非侵入、全天候、可溯源等特性,已成为林草区野生动物疫病监测的重要手段。该技术可连续记录动物行为、种群动态及潜在接触关系,为疫病早期预警、风险评估和防控决策提供数据支撑。未来,随着技术迭代与数据整合能力的提升,红外相机有望与物联网、人工智能等技术深度融合,进一步推动野生动物疫病监测向智能化、精细化方向发展。

参考文献

[1] 吴少斌,郑昌兵,操文慧.基于红外相机技术的重庆阴条岭国家级自然保护区鸟兽多样性调查[J].林业调查规划,2026,51(2):82-88.

[2] 方江淋,杨杰.在生物种群调查中应用红外相机技术的探讨[J].生物学教学,2025,50(12):72-74.

[3] 卢盛焱,田永祥,张译尹,等.基于红外相机技术的湖南小溪国家级自然保护区鸟类和兽类资源的初步调查[J].生命科学研究,2025,29(6):542-550.

[4] 李富笙.区域野生动物红外相机图像数据集构建与智能识别[D].贵阳:贵州大学,2025.