

无人机智能巡检技术在输电线路绿色环水保施工动态监测中的创新应用

李王建

国网商洛供电公司 陕西 商洛 726000

摘要：无人机智能巡检技术以其高空作业、灵活机动、高效精准的优势，在输电线路绿色环水保施工动态监测中展现了创新应用。通过搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备，实时监测施工区域的环境变化，快速识别环境破坏与水土流失风险。结合AI算法，实现智能化分析与预警，有效助力绿色施工与环境保护，推动电力行业向更加环保、高效的方向发展。

关键词：无人机智能巡检技术；输电线路绿色环水保施工动态监测；创新应用

引言：随着环保意识的增强和电力行业的发展，输电线路绿色环水保施工日益受到重视。传统的监测手段存在效率低、覆盖面有限等问题，难以满足现代施工监管的需求。无人机智能巡检技术凭借其高精度、实时性强、覆盖范围广等优势，为输电线路绿色环水保施工动态监测提供了新的解决方案。本文旨在探讨无人机智能巡检技术在该领域的创新应用，以期为环境保护和电力行业的可持续发展贡献力量。

1 无人机智能巡检技术概述

1.1 技术定义与原理

无人机智能巡检技术是一种结合了无人机平台、先进传感与检测系统、高精度导航与通信技术以及智能数据处理算法的综合性技术。其核心在于通过无人机自主飞行或远程操控，对特定区域或设备进行高效、精准的数据采集、状态监测和故障诊断。（1）无人机平台的构成与飞行控制：无人机平台是智能巡检技术的基础，主要包括多旋翼、固定翼或复合翼无人机。这些无人机配备高性能动力系统，以确保续航时间和飞行稳定性。飞行控制系统则采用IMU惯性导航模块和PID控制算法，实现精准悬停和自主导航。（2）传感与检测系统：无人机搭载的光学成像模块能够捕捉高清图像，红外热成像系统能检测设备的温度分布，而激光雷达则用于生成三维模型和测量物体距离。这些传感器共同构成了无人机智能巡检的“眼睛”，使无人机能够实时感知和识别目标区域的状态^[1]。（3）导航与通信系统：RTK差分定位技术将无人机的定位精度提升至厘米级，确保在复杂环境中也能准确飞行。4G/5G通信技术则保障了无人机与地面控制中心之间的实时数据传输，实现了远程监控和指挥。（4）智能处理系统：边缘计算和AI算法的应用，使

得无人机能够在飞行过程中实时处理和分析采集到的数据，识别异常和故障，并生成预警信息。

1.2 技术发展历程与应用现状

无人机智能巡检技术从最初的探索期，经过成长期的发展，现已进入成熟期。在探索期，该技术主要被应用于地理测绘等领域；成长期，随着消费级无人机的普及，电力行业率先开始尝试应用无人机进行巡检；进入成熟期后，无人机智能巡检技术已在各行各业得到广泛应用，包括电力、交通、农业、环保等。在电力行业，无人机智能巡检技术已成功应用于输电线路、变电站等设备的巡检，显著提高了巡检效率和准确性。同时，在其他行业如油气管道监测、风力发电机检测等方面，无人机智能巡检技术也展现出了巨大的潜力和价值。

2 输电线路绿色环水保施工概述

2.1 绿色施工的定义与原则

绿色施工是指在工程建设过程中，采取一系列科学、合理的技术与管理措施，最大限度地减少对环境的负面影响，实现资源的高效利用和生态平衡，促进工程项目的可持续发展。（1）生态环境保护：在施工过程中，严格遵守相关法律法规，避免对自然保护区、生态敏感区等造成破坏。采取措施保护施工现场周边的植被，减少施工对生物多样性的影响。（2）水资源保护：合理规划施工用水，减少水资源的浪费。防止施工过程中产生的废水、污水直接排放到环境中，采取有效措施进行净化处理，确保水质达标后再排放。（3）施工垃圾处置与水土保持：分类收集和施工垃圾，减少垃圾填埋量，推广垃圾资源化利用。同时，加强施工现场的水土保持工作，通过植树种草、设置排水沟等措施，防止水土流失，保护土壤资源。

2.2 输电线路施工对环境的影响

(1) 生态破坏: 施工过程中, 往往需要砍伐树木、占用土地, 对自然生态系统造成破坏, 影响生物的栖息地和迁徙路线。(2) 水土流失: 施工活动会破坏地表植被和土壤结构, 导致土壤侵蚀和水土流失, 进而影响土地的肥力和生态功能。(3) 噪声与空气污染: 施工机械的运行和施工材料的运输会产生噪声污染, 同时施工扬尘也会对空气质量造成不良影响。

2.3 现有环水保措施与挑战

为了应对上述环境问题, 目前输电线路施工中采取了一系列环水保措施, 但仍面临诸多挑战: (1) 传统监测方法的不足。传统的人工巡检和环境监测方法效率较低, 难以实时掌握施工区域的环境状况。同时, 人工监测数据可能存在误差, 影响环境管理的准确性。(2) 实时监控与预警的需求。随着社会对环境保护意识的增强, 对输电线路施工过程中的环境监管要求也越来越高。现有的环水保措施需要更加智能化、实时化的监控手段来支持, 以便及时发现和处理环境问题, 防止事态扩大。因此, 开发和应用先进的监测技术和预警系统成为当前面临的重要挑战。

3 无人机智能巡检技术在输电线路绿色环水保施工监测中的应用

3.1 线路通道与周边环境监测

输电线路穿越复杂多样的地理环境, 其通道与周边环境的状态直接关系到线路的安全运行和生态环境的保护。(1) 利用高清摄像头与红外热成像技术监测生态破坏: 高清摄像头能够捕捉到地面植被的细微变化, 如树木的砍伐痕迹、植被覆盖度的减少等。红外热成像技术则通过探测地表温度分布, 识别出因施工活动引起的局部热异常, 从而间接反映生态破坏情况。这些技术结合使用, 可以实现对线路通道周边生态环境的全方位、立体式监测^[2]。(2) 实时捕捉树木砍伐、建筑施工等违规活动: 无人机搭载的高清摄像头具有实时传输功能, 能够将现场画面实时传回地面控制中心。通过设定特定的监控区域和敏感事件(如树木砍伐、建筑施工等), 无人机可以智能识别并捕捉这些违规活动, 为监管部门提供及时的执法依据。

3.2 水土保持与水资源保护监测

水土保持与水资源保护是输电线路绿色环水保施工的重要内容。(1) 通过激光雷达与多光谱相机监测地形变化与水土流失: 激光雷达技术能够精确测量地形高程, 结合多光谱相机对地表植被覆盖度、土壤类型等信息的捕捉, 可以构建出详细的地形变化模型。这一模型

能够反映出施工活动对地表形态和水土流失的影响, 为水土保持措施的制定提供科学依据。(2) 检测水体污染与非法排放: 无人机搭载的多光谱相机能够识别水体中的悬浮物、叶绿素等指标, 从而判断水质状况。同时, 结合红外热成像技术, 还可以检测到水体中的温度异常, 这通常是非法排放热污染或化学物质的征兆。这些技术的结合使用, 为水资源的保护提供了有力的技术支撑。

3.3 施工活动与噪声污染监测

输电线路施工过程中, 施工活动和噪声污染对周边环境和居民生活的影响不容忽视。(1) 监测施工时间与强度, 评估噪声影响: 无人机可以定期或不定期地飞越施工区域, 通过搭载的声音传感器记录施工噪声的强度和频率。结合施工活动的时间表, 可以评估施工噪声对周边环境和居民的影响程度, 为噪声污染控制措施的制定提供依据。(2) 捕捉并记录违规施工行为: 除了监测噪声污染外, 无人机还可以通过高清摄像头捕捉并记录施工过程中的违规行为, 如超时施工、未采取降噪措施等。这些记录可以作为监管部门执法的重要依据, 有助于维护施工秩序和环境保护^[3]。

3.4 实时预警与应急响应

无人机智能巡检技术在输电线路绿色环水保施工监测中的另一个重要应用是实时预警与应急响应。(1) 基于AI算法的数据分析, 实现预警功能: 无人机采集的大量数据可以通过AI算法进行深度分析, 识别出潜在的环境风险。例如, 通过分析地形变化和水土流失数据, 可以预测出潜在的地质灾害风险; 通过分析水体污染数据, 可以预测出水质恶化的趋势。这些预警信息可以提前通知相关部门和人员, 采取措施预防环境事故的发生。(2) 无人机快速响应, 提供现场数据与图像支持: 在环境事故发生时, 无人机可以迅速抵达现场, 通过高清摄像头和多光谱相机采集现场数据和图像。这些数据可以为事故原因的调查、损失评估以及应急处理方案的制定提供重要依据。同时, 无人机还可以作为空中通信中继站, 为地面应急指挥提供稳定的通信保障。

4 创新应用策略与建议

4.1 技术创新方向

(1) 发展集群协同技术, 提高监测效率。集群协同技术是指多台无人机通过无线通信和协同算法, 实现信息共享和任务协同, 从而提高整体监测效率。在输电线路绿色环水保施工监测中, 可以部署多台无人机对同一区域进行多任务并行监测, 如一台无人机负责高清图像采集, 另一台则进行红外热成像扫描, 而第三台则专注于地形测量。这种协同作业不仅能提高数据采集的全面

性和准确性,还能缩短单次监测周期,提高监测效率。

(2) 引入自主充电系统,延长作业时间。无人机的续航能力一直是限制其应用范围的关键因素之一。为了延长无人机的作业时间,可以引入自主充电系统。该系统通过在关键位置部署无人机充电站,实现无人机的自动起飞、巡航和返航充电。这样,无人机就能在不间断的情况下持续进行监测任务,提高监测的连续性和稳定性。

(3) 应用数字孪生技术,实现虚拟与现实同步监测。数字孪生技术是一种通过建立物理实体的虚拟模型,实现对实体状态实时监测和预测的技术。在输电线路绿色环保施工监测中,可以建立输电线路及其周边环境的数字孪生模型。通过无人机采集的数据,实时更新模型状态,实现虚拟与现实环境的同步监测。这不仅可以为施工人员提供直观的监测结果,还能通过模型预测潜在的环境风险,为决策提供科学依据。

4.2 管理创新

(1) 优化空域审批流程,降低操作难度。无人机在输电线路上的巡检作业需要获得空域审批。然而,目前的审批流程相对繁琐,限制了无人机的广泛应用。为了降低操作难度,应优化空域审批流程,简化审批手续,提高审批效率。同时,可以建立无人机巡检作业的空域数据库,实现无人机作业的在线申报和审批,进一步提高作业效率。(2) 制定统一的数据采集、存储与分析规范。无人机采集的数据种类繁多,格式各异,给数据存储和分析带来了挑战。为了解决这个问题,应制定统一的数据采集、存储与分析规范。这些规范应包括数据格式、存储方式、分析方法等方面的内容,以确保数据的准确性、一致性和可比性。同时,还应建立数据共享机制,实现不同部门之间的数据互通和共享,提高数据的利用率^[4]。(3) 加强人员培训,培养复合型人才。无人机智能巡检技术的应用需要具备一定的专业知识和操作技能。为了培养适应这一技术的人才,应加强人员培训,包括无人机操作、数据采集与分析、环境监测等方面的内容。同时,还应注重培养复合型人才,即具备多学科知识和综合应用能力的人才。这些人才将在无人机智能巡检技术的应用中发挥关键作用。

4.3 政策建议

(1) 政府应加大对无人机智能巡检技术的支持力

度。政府在推动无人机智能巡检技术的发展中起着关键作用。为了促进这一技术的广泛应用,政府应加大对对其的支持力度,包括提供科研经费、建设示范基地、推广先进技术等方面。同时,还应制定相关政策和规划,为无人机智能巡检技术的发展提供有力保障。(2) 制定相关行业标准与规范,推动技术应用标准化。为了推动无人机智能巡检技术的标准化应用,应制定相关行业标准与规范。这些标准与规范应包括无人机的性能要求、数据采集与分析方法、作业安全要求等方面的内容。通过标准化应用,可以确保无人机智能巡检技术的准确性和可靠性,提高其在输电线路绿色环保施工监测中的应用效果。(3) 加强监管,确保数据安全与隐私保护。无人机智能巡检技术涉及大量数据的采集、存储和分析。为了确保数据的安全性和隐私性,应加强监管力度,建立数据安全管理制度和隐私保护机制。这些制度和机制应包括数据加密、访问控制、数据备份等方面的内容,以确保数据在采集、存储和分析过程中的安全性和隐私性。同时,还应加强对无人机操作人员的监管和培训,提高他们的数据安全和隐私保护意识。

结束语

综上所述,无人机智能巡检技术在输电线路绿色环保施工动态监测中的应用,不仅提高了监测效率与准确性,还有效促进了环境保护与电力施工的和谐共生。随着技术的不断进步和应用场景的拓展,无人机智能巡检将在未来发挥更加重要的作用。我们期待通过持续的技术创新与应用实践,推动输电线路绿色环保施工走向更加智能化、精细化的管理道路,共同守护我们的蓝天绿水与电力安全。

参考文献

- [1]温新叶,杨忠伟,陈昌.输电线路无人机智能巡检应用研究[J].中国设备工程,2021,(03):31-32.
- [2]卢银均,陈克勇,姜金节,刘闯,邓德慧.输电线路无人机智能精益化巡检技术应用[J].黑龙江电力,2021,(11):120-121.
- [3]祝一帆,王强,项兴尧,袁雪璐.输电线路无人机智能巡检技术概述[J].电气开关,2021,(10):96-97.
- [4]孙涛,李娜.输电线路无人机智能巡检技术的发展与挑战[J].电力自动化设备,2023,(09):89-90.