

无人机探测技术研究

王庆辉^{1,2} 周恒^{1,2}

1 精密测量雷达系统技术四川省重点实验室, 四川 成都 611731

2 零八一电子集团有限公司, 四川 成都 611731

[摘要] 随着科技的发展, 无人机作为一种新兴探测技术, 已在多个领域展现出巨大的应用潜力。文中旨在综述无人机探测技术的研究进展, 分析现有技术的发展现状及趋势, 为我国无人机探测技术的发展提供参考。

[关键词] 无人机; 探测技术; 研究进展; 发展趋势

DOI: 10.33142/ec.v7i5.11864

中图分类号: V27

文献标识码: A

Research on Unmanned Aerial Vehicles Detection Technology

WANG Qinghui, ZHOU Heng

1 Precision Measurement Radar System Technology Sichuan Provincial Key Laboratory, Chengdu, Sichuan, 611731, China

2 Lingbayer Electronics Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611731, China

Abstract: With the development of technology, Unmanned Aerial Vehicles, as an emerging detection technology, have shown great potential for application in multiple fields. This article aims to review the research progress of Unmanned Aerial Vehicle detection technology, analyze the current development status and trends of existing technologies, and provide reference for the development of Unmanned Aerial Vehicle detection technology in China.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles; detection technology; research progress; development trends

引言

无人机 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV), 作为一种无人驾驶的飞行器, 因其具有高度自主、灵活性强、成本低廉等特点, 在近年来得到了广泛关注。无人机探测技术以其独特的优势, 在农业、气象、环境监测、通信、军事等领域得到了广泛应用。本文将对无人机探测技术的研究现状进行梳理, 并对未来发展进行分析。

1 无人机探测技术研究进展

1.1 传感器技术

无人机探测技术的关键在于传感器技术, 其应用范围不断扩大, 从最初的军事领域逐渐拓展到民用领域, 如目标探测、地形测绘、环境监测等。这些应用对无人机的性能提出了更高的要求, 而传感器技术的进步则为无人机在这些领域的应用提供了更高的精度和可靠性。可见光传感器是无人机探测技术中不可或缺的一部分, 通过可见光传感器, 无人机可以快速捕捉目标物的图像信息, 为后续的数据处理和分析提供重要依据。随着传感器技术的不断发展, 如今的可见光传感器已经具备了更高的分辨率和灵敏度, 使得无人机在目标探测过程中能够获取更为清晰、准确的图像信息, 大大提升了无人机的目标探测能力, 为各种应用场景提供了强大的支持。近年来, 传感器技术取得了显著的进步, 使得无人机在目标探测、地形测绘、环境监测等方面具有更高的精度和可靠性^[1]。

1.2 通信技术

通信技术其性能的优越与否直接影响着无人机的飞行表现及数据传输的效率。无人机探测系统的通信技术主要包括卫星通信、地面通信和机载通信三大模块, 它们共同构建了无人机探测系统高效、稳定的通信网络。卫星通信利用地球同步轨道卫星进行信号传输, 具有覆盖范围广、通信质量高、传输速率快的优点。在无人机执行远程任务时, 卫星通信能够提供稳定的数据传输, 确保无人机探测到的数据能够实时传回地面指挥中心。卫星通信还能实现多无人机之间的通信与协同, 提高无人机编队的整体作战效能。随着通信技术的不断发展, 无人机探测系统的数据传输速率和实时性得到了显著提高。卫星通信、地面通信和机载通信三大通信方式的融合, 为无人机探测系统提供了高效、稳定、可靠的通信保障。

1.3 定位与导航技术

无人机探测技术在近年来得到了广泛关注, 其应用领域也不断扩大。从军事侦查、灾难救援到农业监测、物流配送, 无人机已经成为我国经济社会发展的重要助力。然而, 无人机的精确定位与导航能力一直是影响其性能和应用范围的关键因素。GPS 等技术为无人机提供了准确的位置信息。无人机在执行任务时, 需要实时掌握自身的位置, 以便准确执行任务。GPS 技术可以通过卫星信号, 为无人机提供高精度、实时的位置数据, 使得无人机能够在复杂环境下精确执行任务, 提高任务成功率。然而, 无人机探

测技术在发展过程中也面临一些挑战。例如，无人机在复杂环境下的定位精度仍有待提高，以适应更为复杂多样的任务需求。

2 无人机探测技术难点

无人机探测技术是综合利用各种传感器来发现或找到威胁目标，利用目标无人机的物理属性（如光学特性、热学特性、声学特性、磁学特性）的不同，通过上述某些特性的测量来找到目标无人机并进行识别。然而，在实际应用中，无人机探测技术面临着诸多难点。首先，雷达探测作为主流的空中目标探测手段，在无人机探测方面存在一定的局限性。无人机是典型的低空慢速小目标（简称低慢小），雷达探测在近距离盲区、对非金属材料或具有透波性金属材料制成的无人机目标的探测效果不佳，以及多普勒频移较低时，难以探测到无人机目标。此外，雷达探测受天气影响较小，但仍然存在一定的天气因素制约其探测效果^[2]。其次，无线电频谱探测通过对无人机飞行过程中发出的无线电信号进行监测，实现对无人机的探测。然而，无线电频谱探测受限于信号加密处理的技术水平，对于加密处理的信号，无线电频谱探测效果会大打折扣。此外，无线电信号在传输过程中易受干扰，导致探测准确性下降。再次，光电探测技术通过对无人机的光学特性进行探测，如红外辐射、可见光等，实现对无人机的识别。然而，光电探测受限于光照条件、大气影响等因素，在实际应用中效果受限。同时，对于采用隐身技术或低可见性设计的无人机，光电探测技术面临更大的挑战。此外，声波探测技术通过捕捉无人机产生的声波信号，对其进行和定位。然而，声波在传播过程中易受环境噪声干扰，导致探测效果受到影响。同时，无人机在静止或低速移动时，声波探测技术难以发挥作用。综上所述，无人机探测技术在实际应用中存在诸多难点，主要包括雷达探测的局限性、无线电频谱探测受加密处理限制、光电探测受光照条件和大气影响、声波探测受环境噪声干扰等。因此，在未来无人机探测技术的发展过程中，需要综合运用多种探测手段，充分发挥各探测技术的优势，克服其局限性，以实现有效探测和识别。同时，加强无线电信号加密技术、低可见性技术的研究，提高无人机探测技术的应对能力。

3 无人机探测关键技术

3.1 雷达探测

雷达系统通过发射电磁波，利用无人机机身对电磁波反射原理对无人机进行检测和位置测量。电磁波在空中传播，遇到无人机机身时，部分电磁波发生反射，返回至雷达系统。雷达系统接收到反射的电磁波后，对其进行详细分析，通过分析反射的雷达波，可以获得目标无人机的高度、距离、速度等信息，充分体现了电磁波在无人机检测中的重要作用。首先，雷达波穿透能力强，可以穿透雾、雨、云等自然环境，确保无人机在恶劣天气条件下仍能进

行有效监测。其次，雷达探测距离远，能够对远距离的无人机进行检测，满足我国无人机监测需求。此外，雷达探测速度快，响应时间短，能够实时跟踪无人机飞行轨迹，提高无人机飞行安全性。在我国，雷达探测技术在无人机领域得到了广泛应用。无人机雷达探测系统可应用于军事、民用等多个领域。在军事方面，无人机雷达探测技术有助于提高战场态势感知能力，为指挥部门提供实时、准确的无人机情报。在民用方面，无人机雷达探测技术可应用于航空、气象、环保等领域，为我国经济社会发展提供支持。然而，无人机雷达探测技术也面临一定的挑战。例如，无人机雷达探测系统在复杂环境下的性能稳定性、抗干扰能力等方面仍有待提高。

3.2 无线电信号监测

研究人员通过分析飞控信号和图传信号的频谱特征，实现对无人机的有效监测和识别。这种技术方法的运用，不仅提高了无人机探测的准确性，同时也为无人机监管提供了新的可能。飞控信号和图传信号在无人机系统中具有关键地位。飞控信号负责控制无人机的飞行姿态和动作，而图传信号则负责传输无人机捕捉到的图像信息，这两种信号在频谱特征上具有独特性，可以作为识别无人机的依据。通过深入研究这两种信号的频谱特征，研究人员可以建立起无人机探测的无线电信号模型^[3]。其次，无线电信号监测技术的应用，为无人机探测提供了新的视角。传统的无人机探测方法主要依赖于雷达、红外等技术，这些技术在实际应用中存在一定的局限性。例如，雷达探测容易受到地形、气候等因素的影响，而红外探测则在夜间或恶劣天气条件下效果不佳。相比之下，无线电信号监测技术具有较高的稳定性和准确性，可以在各种环境下实现对无人机的有效探测。此外，通过对飞控信号和图传信号的频谱特征进行分析，可以实现对无人机种类的识别。不同类型的无人机在使用过程中，其无线电信号的频谱特征存在差异，利用这一特点，无线电信号监测技术可以实现对无人机类型的区分，为无人机监管提供有力支持。在此基础上，还可以进一步挖掘无人机信号中的其他信息，如无人机的位置、速度、工作状态等，为无人机导航和控制提供参考。然而，无线电信号监测技术在实际应用中也存在一定的挑战。例如，如何从复杂的电磁环境中提取有效信号，以及如何确保信号分析的实时性和准确性等。为了应对这些挑战，研究人员需要不断优化信号处理算法，提高监测设备的性能。

3.3 光电识别跟踪

光电识别与跟踪技术是利用摄像机、雷达和先进的电子设备监控无人机接收和传输的信号，从而对其进行追踪并确定其类型的技术。光电识别与跟踪系统可实现对无人机的实时监控、定位和识别，为无人机监管提供有力支持。目前，光电识别与跟踪技术在国内外已得到广泛应用。其

中,无人机探测跟踪与预警技术、干扰技术、毁伤技术以及伪装欺骗技术领域构成了无人机反制体系。这一体系通过综合运用多种手段,实现对无人机的有效监管和防控。然而,现有的反无人机技术仍存在一定的缺陷。首先,侧重于直接摧毁的方式容易导致无人机坠机以及意外人身财产伤害。其次,现有技术主要采用固定设置,缺乏机动性,难以应对无人机快速变化的情境。此外,无人机探测识别装置类型单一,无法探测到大多数无人机;干扰方式也较为单一,无法同时干扰多个不同类型的无人机。为解决上述问题,通过改进光电识别与跟踪技术,提高无人机探测的准确性和实时性。例如,采用高分辨率摄像机、雷达等设备,提高对无人机的监控能力;另一方面,研发多样化的干扰手段,实现对不同类型无人机的有效干扰。

3.4 声音监测

无人机在飞行过程中,其机身结构、动力系统、操控设备等都会产生特定的声音,这些声音具有一定的特征,可以通过声音监测技术进行识别和分析。无人机声音监测技术主要采用两种方法,一种是基于声学信号处理的方法,通过对采集到的声音信号进行滤波、降噪、特征提取等处理,实现对无人机的识别和定位;另一种是基于机器学习的方法,通过对大量无人机声音数据进行训练,使监测系统具备识别无人机声音的能力。

在实际应用中,无人机声音监测技术有着广泛的应用场景。例如,在无人机导航和避障方面,声音监测技术可以实时监测周围环境中的无人机声音,帮助无人机避免与其他无人机或飞行器发生碰撞;在无人机搜寻与救援任务中,声音监测技术可以迅速定位失踪或遇险的无人机,为救援行动提供准确的位置信息;在无人机防控方面,声音监测技术可以实时监控无人机飞行轨迹,对违规飞行行为进行及时预警和处置[4]。然而,无人机声音监测技术在应用中也存在一定的挑战。一方面,无人机声音特征受到环境因素的影响,如风速、温度、湿度等,这些因素可能导致声音监测的准确性受到影响;另一方面,随着无人机技术的不断发展,无人机种类和型号日益繁多,监测系统需要不断更新和优化,以适应各种不同类型的无人机。随着人工智能技术的不断成熟,无人机声音监测系统将实现更高层次的智能化和自主化。例如,通过深度学习等技术,无人机声音监测系统可以实现对无人机声音的自动识别和分类,提高监测效率;通过实时传输技术,无人机声音监测数据可以迅速传递给控制中心,为无人机飞行提供实时指导。

4 无人机探测技术发展趋势

无人机探测技术的发展趋势之一是集成化和模块化。在无人机探测技术的发展过程中,集成化起到了关键作用。无人机平台作为一种空中载体,其优势在于可以搭载多种传感器,实现对地面、空中、海洋等多种环境的信息收集。例如,无人机可以集成高分辨率摄像头、激光雷达、红外线探测器等设备,实现对目标的精确探测和实时监控。这不仅有助于提高无人机探测的准确性,还可以降低人力和时间成本。此外,集成化还可以实现无人机内部各传感器之间的数据共享和协同工作,进一步提高无人机探测的效能。

随着科技的不断进步,无人机所承担的任务越来越多样化。模块化设计使得无人机可以根据任务需求,快速更换相应模块,从而实现不同功能。例如,在执行侦察任务时,无人机可以搭载高清摄像头和侦察雷达;在进行救援工作时,可以换装红外线探测器和高频声纳;在进行环境监测时,可以搭载气体分析和土壤取样设备。这种灵活性使得无人机能够在各种场景下发挥最大作用,提高了无人机探测技术的实用性和广泛应用^[5]。

5 结语

无人机探测技术在多个领域取得了显著成果,其研究与发展受到了广泛关注。本文对无人机探测技术的研究进展进行了综述,并分析了未来发展趋势。总体来看,无人机探测技术将在高清影像处理、集成化与模块化、智能化与自主化等方面取得更多突破,为我国无人机探测技术的发展提供有力支持。

[参考文献]

- [1]刘欢.民用无人机探测与反制技术的应用场景分析[J].集成电路应用,2023,40(10):156-157.
- [2]刘霏霞.无人机探测与反制装备技术应用及趋势展望[J].中国安防,2023(1):41-46.
- [3]庞东博,田超,张书楦.低空无人机探测与反制技术研究[J].电子元器件与信息技术,2022,6(10):21-24.
- [4]蒋冬婷,范长军,雍其润,等.面向重点区域安防的无人机探测与反制技术研究[J].应用科学学报,2022,40(1):167-178.
- [5]罗俊海,王芝燕.无人机探测与对抗技术发展及应用综述[J].控制与决策,2022,37(3):530-544.

作者简介:王庆辉(1980.1—),毕业院校:哈尔滨工程大学,所学专业:机械制造及其自动化,当前工作单位:零八一电子集团有限公司,职称级别:高级工程师。