

The Application of UAV and Countering Technology on Safety Supervision of the Explosion Site

Gaowen Cai¹, Xuming Wang¹, Hao Shan¹, Fei Li², Yun Gu², Yuanzheng Sun³

¹Suzhou Public Security Bureau, Suzhou Jiangsu

²Nuclear Industry Nanjing Construction Group Co., Ltd., Nanjing Jiangsu

³Shanghai Second Military Representative Office, Nanjing Military Representative Office of the Ministry of Army Equipment, Shanghai

Email: cgwen11@163.com

Received: Jun. 24th, 2020; accepted: Jul. 9th, 2020; published: Jul. 16th, 2020

Abstract

In recent years, UVA has the characteristics of fast field of high-altitude field of vision, wide monitoring range, wide and flexible perspective, widely used in civilian areas. By using electronic imaging, face recognition, automatic tracking, data link transmission and other technologies, the efficiency of blasting construction and blasting warning safety management has been improved to avoid the occurrence of safety accidents. The new idea is extended for the application of UAV on blasting construction. In order to deal with the unpredictable risks brought by various "black flying" events, the application of UAV detection and counter measure technology are used successfully on sensitive and high-risk areas. It promotes the innovation and progress of safety supervision concept and method.

Keywords

UAV, Detection Technology, Countering Technology, Explosion Site, Safety Supervision

无人机及其反制技术在爆破现场安全监管中的应用

蔡高文¹, 王旭鸣¹, 单浩¹, 李飞², 顾云², 孙远征³

¹苏州市公安局, 江苏 苏州

²核工业南京建设集团有限公司, 江苏 南京

³陆装南京军代局驻上海地区第二军代室, 上海

Email: cgwen11@163.com

摘要

无人机因具备现场快速展开、高空视野广、监控范围大、视角灵活多变等特点，近年来在民用领域得到了广泛的应用。无人机配备电子成像、人脸识别、自动跟踪、数据链路传输等技术，对爆破现场实施安全监管，既有力提升了爆破施工、爆破警戒安全管理效率，又有效防止安全事故发生，为无人机在爆破施工应用方面扩展了新思路。无人机侦测与反制技术在敏感高危区域中的成功应用，有效降低了各类“黑飞”事件带来的不可预估风险，促进了安全监管理念、方法的创新与进步。

关键词

无人机，侦测技术，反制技术，爆破现场，安全监管

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前无人机技术在各个施工领域得到广泛应用[1] [2] [3]，其在爆破作业施工管理中应用也越发的显著[4]。爆破作业施工属于高危特种行业，涉及民用爆炸物品临时储存、使用和爆破施工、警戒，施工安全中存在很多不确定因素。而传统爆破施工管理中，需要技术人员人工辨识各种突发情况，缺乏对危险源辨识的及时性、有效性。无人机因其拍摄精度高、成像快、操作灵活，能实现对爆破施工的安全监管，提升工作效率，规避安全事故的发生。但在无人机使用过程中时，经常出现故意或无意闯入干扰、阻挠施工作业，甚至破坏爆破施工现场、炸药库等敏感区域[5] [6]，对社会公共安全造成危险，对重点区域防范无人机的反制技术也应运而生。

2. 无人机爆破现场安全监管技术

2.1. 传统的爆破作业安全监管存在的不足

爆破施工现场环境比较复杂，常规的远程监控设备和人为管理很难做到无死角安全监管，监控多侧重于个别重点区域，不能全程动态对施工现场实时报告。爆破作业均需要合理设计爆破警戒范围并进行爆破安全警戒，传统的警戒方式对周围道路实行封锁，布置警戒点、拉警戒线，禁止通行。

但在实践中，爆破警戒范围较大、地形复杂、视野狭窄以及周边交通环境复杂时，用口哨、警戒旗、对讲机等建立的爆破安全警戒调度指挥系统时常存有漏洞，因警戒信息分散且不直观，容易因警戒盲区造成危险。爆破警戒总指挥对警戒状态及效果缺乏宏观掌控，不利于科学合理决策并指挥爆破安全警戒工作。

2.2. 无人机在爆破施工中的应用创新

2.2.1. 现场施工的安全监管

警务人员可利用无人机检查人员是否佩戴防护措施，图像回传至操作移动终端[7]，应用服务器对图

像进行识别,判断人员防护措施是否落实到位;利用无人机巡视判断装药警戒、爆破警戒范围的划定是否合理,监督现场爆破作业人员配备是否遵守安全规程,人员配备满足施工要求;对检查爆破器材是否按照操作规程进行堆放。以上发现的安全隐患或违规操作,通过无人机把影像回传至移动终端,处理系统发出预警,通知现场安全管理人员进行相应整改处理。

2.2.2. 现场环境信息采集

爆破前,通过无人机宽视角、灵活性的盘旋,对爆破区域进行图像采集,观察爆区及其周边情况,安全评估爆破周边环境情况、警戒区域各警戒点设置是否合理、区间是否存有盲点;监督工作人员,坚守警戒岗位,协助调整爆破警戒方案。

2.2.3. 爆前安全警戒

通过无人机拍摄成图像、视频回传至遥控后台,技术人员通过监控图像,对爆破作业现场和警戒区域进行巡查和监管,实时反馈工程进展和周边人员动态,具备警戒条件后发出爆破预警信号。后期技术人员可根据监控视频做进一步分析、总结。

2.2.4. 警戒区域应急处置

预警信号发出后,利用无人机巡视和检查人员设备撤场情况和各警戒区域内的安全情况,可利用无人机配备扩音器,对闯入或未按规定警戒要求撤离相关区域的人进行喊话紧急清场,并对巡查中发现的问题进行及时纠正。当遇到突发情况,可用无人机低空飞行向有关人员说明情况,降低事故风险。

2.2.5. 爆破过程记录

利用无人机空中录像功能,全程记录爆破过程,根据爆破过程记录判断起爆是否正常,如果起爆正常,待炮烟散去,进行爆后环境影响检查;如果起爆不正常,发生拒爆,则先利用无人机辅助进行爆区踏勘分析,较近距离采集爆区的清晰图像,为起爆异常分析与处理收集资料,确保安全风险可控的情况下,靠近或进入爆区进行二次起爆,继续判断二次起爆是否正常。

2.2.6. 盲炮排查处置

当爆区正常起爆后,使用无人机进行爆破后检查,判断爆后环境是否异常,如果爆后环境正常,则进行盲炮排查与识别;如果爆后环境异常,对爆后环境影响进行应急处置,直到爆后遗留隐患可控后,进行盲炮排查与识别。当爆后环境正常或爆后遗留隐患可控后,无人机飞行到距离爆区较近的位置上空,进行盲炮排查;无人机进行盲炮排查时,如果发现盲炮或者疑似盲炮,进行近距离盲炮及其周边情况的清晰图像采集,为盲炮的后续分析与处理收集资料。

3. 无人机侦测技术

3.1. 无人机在爆破施工中存在的危险因素

目前无人机购买渠道十分广泛,个人可以通过电商及实体店市场等途径购买,对社会上消费类无人机多面临失管、失控的状态。由于行业标准的缺失,无人机在安全管理中存在的不足,伴随而来的“黑飞”事件给国家安全、社会治安带来安全隐患。特别针对一些爆破施工重要、敏感区域,如炸药临时储存库、爆破施工区域、爆破警戒区域等,若受到无人机的干扰、破坏则会对社会公共治安带来重大损失。一些航拍爱好者、普通百姓,出于娱乐或好奇,将无人机飞掠至爆破施工敏感区域。因无人机本身、电池及高速运转情况存在安全隐患,在起飞、降落阶段或悬空阶段会有冲撞炸药堆放位置,会造成不可预估的后果。这需对爆破区域现场防控,开展无人机误闯和非专业性破坏的反制工作。

3.2. 无人机侦测系统原理

无人机侦测系统能提供约直径 5~10 km 的覆盖范围，它能提供 24 小时无人值守，远程监控与维护及告警。典型应用系统原理如图 1 所示。

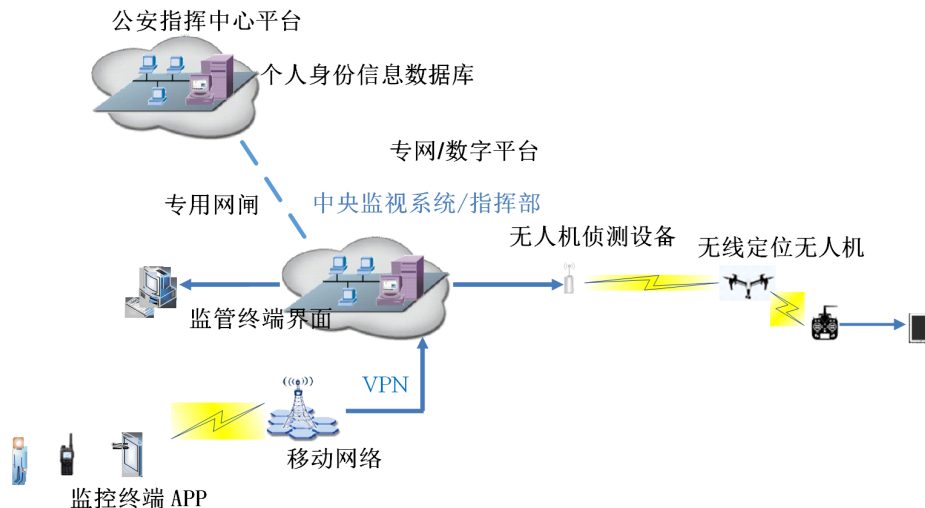


Figure 1. Schematic diagram of detection system
图 1. 侦测系统原理图

侦测系统主要完成对无人机的侦察、监视、预警，并将无人机的 ID、速度、角度等信息传递到指挥中心系统，从而实现对无人机的侦测定位，成中央监视、指挥、调度、远程 OAM 等众多功能，并借助指挥中心，可以实时查看在线与离线飞行数据和侦测系统运行情况，及时掌握管辖范围内空情信息。

无人机侦测系统集成目标探测、跟踪定位、目标识别、指挥控制和干扰处置于一体，集成度高，适应性强，扩展性好。攻错原理是系统探测前端发现识别无人机目标，通过网络上报数据信息至指控终端，指控终端分析、解算及实时显示无人机频点、方位、距离等信息并启动入侵预警。指控终端调动干扰处置分系统设备对入侵目标进行干扰处置，处置完成后，指控终端调动探测前端确认处置结果。反无人机系统规划频谱设备探测范围半径 3 km、固定干扰拒止作用半径 1 km、光电跟踪距离 1 km (夜间 500 m)，便携式干扰设备作用距离 1 km。以频谱探测设备、光电跟踪与干扰拒止设备和指控平台共同构建成探测预警、干扰拒止、核心区域光电跟踪重点覆盖的防御态势。

4. 无人机反制技术

无人机反制技术旨在使目标无人机动力系统、遥控链路或定位信息失效，从而使无人机迫降、返航或摧毁无人机；通过获取无人机控制权，遥控无人机降落或返航[8]。在无人机侦测系统中将涉爆现场设定为重点管控区域，实时重点跟踪采集非法闯入爆破区域及警戒区域上空的无人机，并采集其 ID、持有人信息等数据，指挥中心可获悉无人机的运行情况、故障原因、探测点迹、反制位置，为后续跟踪或落地查人处罚做好信息收集。

在爆破区域及周边设置无人机反制系统，对非法闯入无人机进行干扰反制，确保爆破现场空间绝对安全。目前采用的反制技术有物理手段和无线电反制两种，包括网捕技术、硬毁伤技术、无线电干扰、激光打击技术、高能微波打击技术、定位干扰诱捕或控制链路破解[9] [10]。对无人机反制手段、实现形式、实现手段以及优缺点进行了分析，见表 1。以上各类反制技术可根据爆破现场周边环境需求灵活组合使用，确保爆破施工安全。无人机反制技术现场监管及模拟演练如图 2~3 所示。

Table 1. Classification of UAV countermeasure technology
表 1. 无人机反制技术分类

反制技术分类	实现形式	实现手段	优缺点
物理手段	直接捕捉类	发射的捕网缠绕无人机或大型的无人机拖挂特制网兜捕捉小型无人机。	手段较温和，非军事打击。难以对抗机群，对捕捉飞手技能要求高，射程有限。
	直接摧毁类	利用激光武器、微波武器、格斗型无人机等手段直接摧毁无人机。	手段激烈，军事打击。无人机被摧毁时产生飞散碎片会造成其他损失。
	卫星定位信号干扰	干扰无人机数据链的正常通信。	干扰对象仅适用卫星定位系统的无人机进行拦截。
无线电反制技术	卫星定位欺骗	伪造禁飞区卫星定位。 返航点、轨迹卫星定位欺骗，引导无人机飞至指定区域。	对带有禁飞区功能的无人机有效。 会对周围正常飞行无人机和其他设备造成干扰，不能实现精确打击。
	无线电信号劫持	破解无人机遥控、遥测通信协议，模仿遥控信号，获取无人机控制权。	区分黑白名单，安全稳定性强。需要定期更新无人机频谱特征适配库和通信协议，成本高。
	黑客技术	对系统开放端口、密码破解，进入控制系统实现对无人机控制。	使用门槛高，成本高。



Figure 2. UAV supervision of construction site safety
图 2. 无人机施工现场安全监管



Figure 3. Field simulation of UAV countermeasure technology
图 3. 无人机反制技术现场模拟演练

5. 结论

1) 基于张家港联峰钢铁焦化项目筒仓爆破、拆除工程项目，苏州公安治安支队探索了无人机在爆破施工中的安全管理经验，同时利用无人机侦测、反制技术，实现组建爆破现场的无人机管控安全空域，确保工程爆破施工期间空地安全。

2) 利用无人机技术实现爆破工程现场安全监管的精细化、科学化、数字化，借助无人机的遥控指挥和空中盘旋摄影功能，实时采集全局或局部影像资料，进行爆破现场施工、警戒效果实时分析、爆区警戒状态监控、爆破过程记录、爆后环境影响检查、盲炮排查与识别以及盲炮信息遥控采集等工作，最终实现科学、合理、高效的爆破安全警戒调度指挥方法。

3) 无人机侦测以及反制技术成功应用于爆破施工现场，杜绝无人机非法闯入敏感区域带来的安全隐

患, 确保爆破作业施工顺利成功。引入的新技术、新措施、新理念将促进民用爆炸物品行业的进步与发展。

参考文献

- [1] 吴锦发. 无人机数码航空摄影在两违监控中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2015(4): 198-200.
- [2] 吴烈阳, 刘明生, 夏冬媛. 无人机在江西高速公路监控领域的应用[J]. 中国交通信息化, 2015(9): 110.
- [3] 李云, 徐伟, 吴玮. 灾害监测无人机技术应用与研究[J]. 灾害学, 2011(1): 138-139.
- [4] 谢选杰. 无人机在岱岭隧道进口爆破工程的应用[J]. 建筑技艺, 2018(S1): 348-352.
- [5] 吕振义. “低慢小”无人机侦测反制系统的技术比较[J]. 中国公共安全, 2019(11): 149-154.
- [6] 张晓多. 谭保东——坚持自主研发加强标准规范推动无人机探测与反制工作不断发展[J]. 警察技术, 2019(3): 24-26.
- [7] 丁寿文, 聂新良. 无人机在交通基础设施建设中的应用[J]. 现代商贸工业, 2019(25): 196-197.
- [8] 吴小松, 房之军, 陈通海. 民用无人机反制技术研究[J]. 中国无线电, 2018(3): 55-58.
- [9] 何昌见, 凌建寿, 石凌飞. 无人机探测与反制技术研究[J]. 警察技术, 2019(3): 4-7.
- [10] 张嘉, 李润文, 崔铠韬. 浅析无人机管控手段及无人机无线电反制设备对民航空管运行的影响[J]. 中国无线电, 2019(8): 16-18.