

DOI: 10.16369/j.ohcr.issn.1007-1326.2021.03.025

·综述·

# 我国无人机在应急救援中的应用与发展

## Application and development of UAV in emergency rescue in our country

俞青青<sup>1</sup>, 邢更力<sup>2</sup>YU Qingqing<sup>1</sup> XING Gengli<sup>2</sup>

1. 中国公安大学, 北京 100038; 2. 公安部第一研究所, 北京 100048

**摘要:**随着各类灾害事件不断发生,应急救援工作受到国家高度重视。无人机作为新兴产业,因其灵活、智能、安全等特性,逐渐成为应急救援中的新生力量。为了总结无人机在应急救援工作中的经验,推进我国航空应急救援体系的建设,对无人机在应急救援中的应用现状、方式、面临问题、发展方向进行探讨,认为现阶段我国已将无人机应用于各个生产和生活领域,并取得了一定成效;无人机在应急救援中的运用主要体现在现场监测与指挥调度、通信中继与搜索救援、物资工具投放与受灾评估等方面。目前无人机救援还面临许多挑战,为进一步推进我国应急救援体系建设,需要完善航空应急救援体制机制,推动无人机技术创新,加大人才培养,组建专业队伍,促进有人机与无人机的联合应用。

**关键词:**无人机; 应急救援; 应用; 发展; 灾害

**中图分类号:** R473    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1007-1326(2021)03-0350-06

**引用:** 俞青青, 邢更力. 我国无人机在应急救援中的应用与发展[J]. 职业卫生与应急救援, 2021, 39(3):350-355.

我国是灾害大国,根据国家应急管理部发布的数据显示,2020年上半年我国自然灾害以洪涝、风雹等地质灾害为主,各种自然灾害共造成4 960.9万人次受灾,经济损失惨重<sup>[1]</sup>。除自然灾害外,事故灾害、公共卫生安全事件带来的破坏也不小,例如新型冠状病毒肺炎疫情暴发、福建省某酒店“3·7”坍塌事故、天津“8·12”特大爆炸事件等。这些灾害事件对我国应急管理水平和处置工作都提出了挑战。当今社会越来越呈现出各种不确定性和风险性,各类灾害事件突发、频发,我国现有的应急管理体系也逐渐暴露出对某些事件预警不及时、应急预案不适用等短板。但应急管理是国家治理体系和治理能力的重要组成部分,完善应急管理体系、加强现代化能力建设是我国当前一项长期且紧迫的任务。

目前,应急产业、应急装备作为应急管理工作的技术保障,受到国家的大力扶持,《国家突发事件应急体系建设“十三五”规划》中就将无人机纳入应急救援体系专业装备,这意味着无人机将在应急救援领域大放异彩。无人机属于航空器范畴,具有操作简单、功能多样、灵活快速的特点,可以满足

**基金项目:**公安部第一研究所面上项目“安全防范系统效能评估模型与辅助系统研发”(A20202)

**作者简介:**俞青青(1995—),女,硕士在读

救援现场的救援要求;无人机应用广泛,在诸多领域取得了丰富的实践经验,将这些技术经验应用于应急救援工作将有利于推进我国航空应急救援体系的建设。本文拟通过文献调研、查阅官方数据和相关新闻报道,对我国无人机在应急救援中的具体应用情况进行分析,同时从政策、技术、专业人员队伍等方面指出无人机在应急救援中的发展困境,提出应对措施,以期为无人机在应急救援领域的进一步发展提供借鉴,推动我国应急救援能力建设。

### 1 我国无人机的发展现状

无人机又称无人驾驶航空器,是由遥控站远程操纵或自主飞行的不载人航空器。近几年,无人机技术发展日益成熟,逐渐呈现出轻型化、智能化的特点,并广泛应用于农业生产、火灾救护、遥感测绘、警用安防、大众娱乐等多个领域。目前中国无人机行业市场中,民用无人机占有的市场份额尚不成为大多数,但随着无人机产业纳入“中国制造2025计划”,以及军民融合战略的推进,我国民用无人机产业每年都保持着快速发展势头,并逐渐往高端化设备方向发展。

《2019中国民用无人机发展报告》<sup>[2]</sup>公布的数据显示,2019年我国民用无人机市场规模已达210

亿元。现阶段我国消费级无人机领域已进入成熟期,增长趋势渐缓,工业级无人机领域进入快速发展期,在民用无人机产业中占比达54.3%,市场发展潜力巨大。就无人机的市场分布领域来看,我国无人机产业多分布于华南、华东地区。华南地区形成了以深圳为核心的珠三角无人机产业集群,是我国无人机聚集度最高的地区,其中深圳某科技公司已占据全球超80%的市场份额<sup>[3]</sup>,是无人机领域的产业巨头。

现阶段,我国已将无人机应用于各个生产和生活领域,并取得了一定成效。在交通领域,无人机充当着巡查角色,北京、上海等地已借助无人机的空中巡视功能,来协助交警疏通道路,监测交通违法行为<sup>[4]</sup>;在农业领域,无人机也已成为新兴力量,不仅用于播种、农药喷洒,还能监测病虫灾害,极大地提升了农业作业效率;在高空作业方面,无人机可协助相关工作人员清洗高楼墙体、高楼灭火,一定程度上保障了作业人员人身安全。除上述领域外,我国无人机在遥感测绘、警用安防、大众娱乐等领域也发挥着重要作用。

## 2 我国无人机用于应急救援的概况

无人机参与应急救援主要依托于其核心技术即遥感技术,无人机遥感技术作为新型技术,包括了通信、定位、遥感传感、遥感应用等。无人机遥感通过定位技术、通信技术、传感器等来控制无人机飞行,包括地面控制和机载控制两部分,地面控制通过无线通信对无人机的飞行任务下达指令,并收集相关数据,以此进行遥感数据处理、建模和分析,实现无人机飞行操作自动化、智能化。受救援环境、救援成本等因素的影响,卫星遥感、载人航空遥感在救援信息获取方面受到限制,而无人机遥感系统则凭借其较强的时空分辨率和实时性,能满足更多救援场景的需求<sup>[5]</sup>。此外,无人机遥感以无人机为控制遥感平台,可搭载多种设备,包括高清摄像机、热成像仪、红外夜视仪、应急通信等,能随时根据现场需要更换设备,拍摄画面清晰,数据传输效率高,极大地满足了抢险救灾的应用需求,提高了救援效率。

从无人机在应急救援中的全球应用来看,世界上许多国家都已将无人机纳入应急救援体系。早在1996年,以色列就将无人机用于火情监测,2006年美国将无人机应用于飓风灾害的搜索救援<sup>[6]</sup>;2011年日本在由地震引发的核泄漏事件中,使用搭载传感器的无人机检查核辐射范围。我国无人机在应急救援中使用较晚,2008年汶川大地震期间,无人机

第一次出现在我国的灾害事故救援现场。当时灾区内所有通信线路都被破坏,航测飞机受环境影响无法航拍,外界无法在第一时间获得灾情信息,国家相关部门立即派出专业人员,利用无人机的遥感航拍技术将现场图像回传指挥中心,供专家和指挥人员对灾情进行研判并作出指导决策。此后,无人机多次应用于灾害事故的救援工作中。目前,在应急救援领域,无人机也正逐步成为重要的救援力量。例如某无人机公司积极推动无人机在应急救援领域中的使用,成立了应急救援联盟,截至2020年9月,该公司参与全国救援案例已达200多起<sup>[7]</sup>。2020年新冠病毒肺炎疫情期间,有99家无人机企业共780架无人机参与了疫情防控任务,在直升机等航空器中占比高达85%<sup>[8]</sup>。以上数据表明无人机在我国应急救援领域的作用越来越突出。

## 3 无人机在应急救援中的具体应用方式

### 3.1 现场监测与指挥调度

无人机的基本功能就是进行高清摄像,在应急救援过程中,该功能可对现场进行监测,协助救援人员进行指挥调度。各类灾害事故现场往往瞬息万变,二次灾害发生的可能性极大,如“8·12天津滨海新区爆炸事故”中存在二次爆炸的风险;地震后易发余震,在复杂的地貌环境中,还容易引发滑坡、泥石流等次生灾害。为避免灾情恶化,错失黄金救援时间,必须在第一时间内掌握灾害事故现场的信息。而无人机受地形、夜间等环境条件限制小,可以随时、灵活进入现场进行监测,主要优势体现在以下方面:

首先,无人机可通过搭载可变焦高清摄像装备,调整悬停高度和拍摄角度,实现多维度拍摄和全方位现场细节展示,也可对现场进行应急测绘,通过图传设备将事故现场情况回传至现场指挥部。目前湖北某公司的无人机已实现30 km的远距离数据传输,为开展救援提供了有力的技术支撑。决策者依据回传数据能够全面准确地掌握现场情况,做出科学有效的应对指挥,同时还能为调度各方救援力量提供信息引导,组织周边群众及时撤离。

其次,无人机还可搭载微光夜视仪或热成像仪在夜间进行观测;搭载气体检测器对现场可能泄漏有毒气体的区域进行检测。此外,如果灾害事故现场存在其他潜在风险,还可利用多架次无人机,通过不间断飞行,对受灾点进行实时监控追踪,为指挥部提供动态灾情变化,以供指挥者根据现场实时情况快速做出救援调整。例如在森林火灾现场,无

人机可搭载热成像仪对火情进行动态监测,第一时间掌握火场边界、火情蔓延趋势等情报,协助消防部门开展灭火工作,同时根据火情变化图为消防人员及时提供进退路径。

### 3.2 通信中继与搜索救援

可靠、灵活的紧急通信是灾难发生时搜索和救援的关键,也是挽救受灾群众生命财产的保障。在受灾区域的基站不再运行的情况下,无人机可通过机载中继机,充当临时通信设备,同时大中型无人机还能直接参与救援。例如在森林火灾、地震等灾害现场容易出现通信线路中断的情况,短时间内难以恢复通信网络,不便于现场与外界的信息交互,此时可利用长航时无人机搭载通信设备,充当通信中继,自动建立无线通信链路,以实现灾害事故现场的正常通信。在有条件的现场,可采用车载移动设备,用系留无人机建立稳定、临时的通信基站。

灾害事故的发生时间具有不确定性,假如发生在夜间,还存在光源无法满足救援行动开展的情况,而无人机现已能实现高空照明。2020年3月福建某酒楼夜间发生坍塌事故,现场立即采用了不受续航限制的系留无人机,实现了长航时高空照明,保证了夜间救援行动的正常开展。新冠病毒肺炎疫情暴发初期,系留无人机的夜间照明功能也为“火神山”“雷神山”医院的昼夜施工提供了保障。

在救援行动中,生命救援是救援核心,无人机还可搭载远程喊话模块,实现空中近距离喊话或传达救援指令,让指挥人员安全疏散或接受救援。热成像技术和生命探测仪能使无人机在能见度低或掩盖物覆盖的地面进行探测,及时锁定受灾人员位置或探测有无生命迹象,定点施救。瑞士研发的一款无人机可通过手机 WiFi 信号缩小搜索范围,在地震、雪崩后,根据信号强弱判定被困人员的位置和掩埋深度<sup>[9]</sup>,增加了人员救助的成功率。

### 3.3 物资工具投放与受灾评估

物资工具投放与受灾评估也是应急救援不可缺少的部分,而无人机恰恰能够快速、精准地完成这些任务。在物资投放方面:当地面交通瘫痪,无法通过地面运输物资、救援设备,或无法进行海上救援时,航空运输是最直接有效的方式,大中型无人机都具有一定的荷载能力,对溺水人员,无人机可投送救生圈。无人机地面控制设备能监测其飞行情况,为无人机规划航线路径,实现精准投送,可向受困人员运输衣物、食物,向急需医疗救治的人员投递医药物资,向救援人员提供除颤仪等救援设备等。目前大量应急救援演练都会开展无人机定点投

送的项目,2018年北京组织了军民联合演练,空军协同民用无人机企业完成了无人机物资补给任务<sup>[9]</sup>。就全国开展的应急演练及实际救援效果来看,无人机投送功能极大地满足了救援区域的应急需求。

灾后恢复重建工作离不开灾后评估,对大面积的受灾区域进行测绘需要空中力量的支援,而无人机不受地理条件限制,能快速完成现场测绘进行灾后评估。无人机的正摄影像还能转化为三维建模图,部分无人机已实现了小范围的智能输出三维建模图,对大面积的救援区域也可以通过多组图像拍摄由技术人员实现三维建模,由此来判定受灾区域、受灾面积等,为后续的灾后重建工作提供依据。

## 4 无人机在应急救援中面临的问题

虽然无人机在应急救援中有上述优势,但是相比国外无人机在应急救援应用中的不断发展与完善,我国无人机在应急救援中还面临着许多挑战。航空应急救援的重点是指挥调度和监测预警,国外许多发达国家都已形成了较为完备的常态化航空应急救援体系。我国的航空应急救援还在起步阶段,救援设备、救援队伍、基础设施远不能满足我国应急管理需求,无人机作为我国航空应急救援的重要组成部分,其救援能力、技术装备能力、体制机制方面还面临许多问题。

### 4.1 救援参与机制不健全

从此次新冠病毒肺炎疫情的救援行动来看,我国在航空应急救援方面还存在很多不足,无人机参与救援机制不健全,主要体现为:应急救援缺乏系统的运行机制,没有从宏观层面对无人机或有人机进行统一的协调调度,大部分是由通航企业主动向民航局请战,参与到此次救援工作中。这说明无人机参与应急救援还没有形成常态化机制,在实战层面还存在漏洞。具体不足主要表现为:

首先,我国没有专门的法律规定涉及无人机救援,现有的与之相关的部分法律(见表1)只是概括性描述,没有具体规定,且分布零散不成体系。无人机救援实施主体的法律地位不明确,救援工作缺乏法律保障,救援作业缺乏相应标准。同时,应急救援涉及公安、气象、农业、交通运输等多个领域,现有的法律规定无法满足各个领域的需求。

其次,我国低空空域管理严格,开放进程缓慢。低空空域是无人机参与应急救援的主要空域,而目前全国范围内对无人机的管理多是限制飞行、禁止飞行,即使进行空域申请,审批程序也复杂繁琐,无法适应无人机灵活使用的要求。无人机作为新兴朝

表1 涉及航空救援的相关法律法规

法律或法规名称	涉及内容	发布或修正时间
《中华人民共和国民用航空法》	第11章:搜寻援救和事故调查	2018年修正
《中国民用航空应急管理规定》	中国民用航空局协助和配合国家、地方政府及相关部门的应急处置工作	2016年发布
《国家突发事件总体应急预案》	该预案指导全国的突发事件应对工作;要求要加强公共安全科学的研究和技术开发,采用先进的监测、预测、预警、预防和应急处置技术及设施	2005年发布

阳产业,发展速度快,低空空域的严格管控在一定程度上限制了无人机在应急救援领域中的发展。

最后,我国《突发事件应对法》中明确了统一领导、分级负责的管理原则,但在航空应急救援的实际推进过程中还存在困难。空中应急救援力量涉及军队、民航、政府、通航企业等,目前各部门组织间缺乏系统的协同作战机制,对无人机的多头管理也容易出现监管职责不明的情况,各部门间信息不共享,无人机空域申请程序复杂,容易错失黄金救援时机,影响救援行动效率。

#### 4.2 技术支撑存在短板

无人机近几年发展迅猛,应用场景多样,但依旧存在不少技术短板,其中续航问题是典型的。目前大部分无人机配备的电池缺乏足够的动力,例无人机普遍续航时间只有几十分钟,深圳某公司研发的氢燃料无人机最长续航时间为4.5 h,都不能完全满足全天候救援行动中对时间的要求。其次,无人机自身的安全问题也不能忽视,很多救援场景往往在人口密集的城市,而无人机飞行高度较低,现有的无人机自动避障功能还不太完善,在空中很可能与其他物体发生碰撞,产生二次危害。最后,灾害事故现场环境复杂多样,在强风、高温、低温、高海拔的恶劣环境中,无人机的飞行能力也受到挑战,救援行动效果不佳。

#### 4.3 缺乏专业的无人机救援队伍

无人机属于高新技术产品,日常维护管理、技术操作,特别是参与应急救援任务时都需要由专业技术人员来运作,但现阶段无人机还处在初步发展阶段,缺乏系统的专业人员培训机制和应急无人机常备支援力量。许多无人机驾驶员基于业余爱好,虽然在平时操作熟练,但没有经过正规培训取得驾驶证,存在操作不规范、无法胜任复杂任务等问题。民航局统计数据显示,截至2019年底,现有无人机驾驶证持有者已达6万多人,而国家人社部预测未来5年无人机驾驶员需求高达百万,也就是说现有的持证者数量远不能满足需求数量<sup>[2]</sup>。专业操作人

员缺乏也意味着专业救援队伍的缺失。民用无人机参与救援多是由民航局与各大无人机协会沟通后再出动无人机救援,但目前在航空应急救援领域或低空应急救援领域并没有形成无人机专业救援队伍。加上各地、各部门管理模式不同,专业救援设备参差不齐,救援人员即使有无人机驾驶证,也可能缺乏救援经验不能有效开展救援任务。

### 5 无人机在应急救援中的发展路径

目前,不少国家都在积极研发能应用于不同场景的救援无人机。美国政府建立了专业的航空救援队,与空军协同参与应急救援,空军配备的180架无人机都属于航空应急救援装备,同时美国政府鼓励通用航空企业参与救援;德国拥有发达的航空应急救援网络,且集中社会力量组建了多个民间救援组织,与军队组成的救援站点遍布全国<sup>[10]</sup>。还有国家研发了防水无人机,可协助完成水上救援任务<sup>[11]</sup>。我们可以发现,航空应急救援发展成熟的国家,在战略上都注重航空应急救援装备的建设,积极开展救援无人机的研发,基本上形成了直升机为主、无人机为辅的装备体系。此外,发达国家都拥有一套较为完备的应急救援体系,例如美国实行联邦政府、地方、州三级响应机制;俄罗斯拥有专门的航空救援部门,负责全国的救援工作。为推动我国无人机在应急救援领域的发展,在借鉴国外的先进经验的基础上,结合我国的发展困境,提出以下建议。

#### 5.1 完善航空应急救援体制机制

航空应急救援能力是国家应急管理水平的重要体现,国家应当健全通用航空的有关法律法规,从法律层面规范航空应急管理。无人机现有的空域管理由国务院、中央军委空中交通管制委员会、民用航空局、公安机关共同负责,涉及飞行申请、航线规划等内容,该种管理模式难以适应无人机灵活多样的救援工作需求,有必要在应急管理部的领导下,统一航空应急救援的领导机构<sup>[12]</sup>,明确管理职责,实现航空应急管理的系统化、规范化。具体可以在以下几个方面着手:

首先,从法律层面完善无人机参与应急救援的相关法律法规,使无人机在应急救援领域有法可依,推进无人机参与救援的标准化建设,制订技术规范、救援评估机制等。其次,国家应当进一步加强军民空域管理,组织协调军队、政府、民航、通用企业间的关系,实现信息共享;明确航空救援的管理部门,实现统一组织与协调调度;进一步开放和规范低空领域,简化空域申请流程,对参与应急救援

的无人机提供绿色通道,提高通航企业参与应急救援的积极性,灵活调动无人机参与救援。最后,统一无人机的标准化生产,提高救援无人机的准入门槛,保证其产品质量,增强无人机救援飞行任务的安全性,同时还要加大对无人机等专业救援设备的购置,完善航空应急救援后勤保障机制,以满足灾害救援现场的需求;建立统一指挥、高效运转、灵敏迅速、因地制宜的航空应急救援体系,发挥无人机在国家公共安全服务中的作用。

## 5.2 推动无人机技术创新

目前世界各国在无人机研制中最重视的项目之一就是续航能力,大部分无人机多以电池为动力支撑,续航能力不足。要让无人机在应急救援中实现全天候预警监测工作,需要加大动力技术研究,研发高性能电池,进一步提升续航时间<sup>[13]</sup>。第二,要提升救援无人机在强风、高低温等恶劣环境中的耐受性,拓宽无人机的救援领域。有关部门可以整合各类科技资源,加强无人机关键技术研究,充分利用人工智能、北斗定位、5G技术,引领无人机的智能化、自主化发展,实现环境感知、自动避障,智能规划飞行航线,在超过无人机负载能力的高风险地区能够实现自主返航,实现远程遥控操作向自主控制转变,目前国内一些新一代无人机已实现自主化运行这一功能。

第三,有必要建设救援无人机信息化平台,联合通信企业,融合5G网络,改变无人机信息通信模式,将无人机网络连入蜂窝网络,实现无人机与指挥中心、地面救援与无人机、各操作单位间的双向与多向沟通,构建天、地、空一体化信息网络。加强应急无人机数字化建设,开展全国应急无人机交流会,分享经验、共享数据,推进全国应急无人机大数据库的建立。目前无人机救援多是单机作业,而智能集群技术环境适应性强,适合大范围复杂任务,无人机集群作战是未来低空应急救援的发展方向。

## 5.3 加大人才培养,组建专业队伍

加大无人机专业人才培养,组建专业队伍是关键。无人机救援工作的高要求急需高水平的专业人才,要在已有的无人机救援力量的基础上,加大人才培养和专业救援能力培训。宏观上,各地政府应当参照国家统一建设标准,加大财政投入,保证无人机救援装备等基础设施建设,建设具有地方特色的无人机应急救援队伍<sup>[12]</sup>。微观上,通航企业可与具备培训能力的高校沟通合作,开设无人机驾驶、无人机救援等训练课程,为航空应急救援体系建设储备人才。

目前已有地区成立了专业无人机救援队,如四川登山协会山地救援队无人机支队、广西无人机技术应用协会组建的无人机应急保障总队;有的地区则是在救援队配备了无人机,但并没有成立专门的无人机救援队,如贵州应急救援总队<sup>[14]</sup>。2020年7月重庆市成立了航空应急救援总队,全市拥有多个区域性无人机基地,基本实现了无人机救援力量的全覆盖<sup>[15]</sup>。同时,我们还应鼓励无人机生产企业投入无人机救援事业,加强企业与政府的联系,提高双方在应急救援工作中的配合度。壮大无人机志愿者队伍,提升社会公众的参与感和责任感,采取地方专业队和民间志愿者相结合的方式,充分发挥各方力量,推动无人机应急常备力量体系的建立。除此之外,还可以将警用航空力量纳入救援工作,目前全国各地共有32支警用无人机航空中队,具备专业的警用无人机驾驶员,虽未全面覆盖,但可以结合当地需要将警用无人机和其他救援设备投入使用。

## 5.4 促进“有人+无人”航空器联合应用

在世界范围内,现有的航空应急救援队伍中,依旧以有人机为主执行飞行任务。与无人机相比,救援直升机救援经验丰富,运输物资、设备能力强,能够批量运载伤员,救援环境适应性强,也是海上救援的主力军,但存在消耗成本高、起降条件要求高等缺点。救援无人机自主性强、成本低、操作灵活、起降要求低、属于无人驾驶,避免了飞行人员安全风险,也是航空应急救援的一把好手。为推进国家航空应急救援体系的建立,应当结合两类航空器的优势,促进有人机和无人机的联合应用,拓宽应急救援的服务领域,提升救援能力。

同时,还要区分有人机和无人机的作业方式,明确不同机型的应用环境和应用场景,分工合作。在不同救援任务中,根据救援流程,分任务、分区块加强有人机与无人机的配合,可以由无人机先进入现场监测与侦察,将现场图像数据回传指挥中心,由指挥中心根据现场情况排布无人机、有人机和地面救援的救援任务,减少因现场不确定性而引发的人员财产损失<sup>[16]</sup>。根据不同救援场景的需求,加大对有人机和无人机机型的设备购置。目前我国应急救援民用直升机仅有300多架,数量缺口大,而无人机参与救援也处于初步阶段,远不能满足我国救灾需求。此外,还应当增加有人机与无人机协同作业的日常训练,制定应急预案,完善我国的航空应急救援管理。

作者声明 本文无实际或潜在的利益冲突

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国应急管理部. 应急管理部发布2020年上半年全国自然灾害情况 [EB/OL]. (2020-07-06) [2020-09-15]. [http://www.mem.gov.cn/xw/bndt/202007/t20200706\\_355581.shtml](http://www.mem.gov.cn/xw/bndt/202007/t20200706_355581.shtml).
- [2] 中国航空运输协会通用航空分会. 《2019中国民用无人机发展报告》发布 [EB/OL]. (2020-06-30) [2020-09-15]. <http://reussd.nwp.edu.cn/info/1095/1813.htm>.
- [3] 韦婷. 无人机产业 大疆为何一骑绝尘? [EB/OL]. (2020-08-24) [2020-09-15]. <https://www.qianzhan.com/analyst/detail/220/200824-4df86baa.html>.
- [4] 秦万. 中国无人机应用的现状及展望 [J]. 科技风, 2019(12): 227.
- [5] 李晓阳, 韩贞辉, 谢恒义, 等. 无人机航空遥感系统在灾害应急救援中的应用 [J]. 技术与市场, 2020, 27(3): 126; 128.
- [6] 于力, 高明昊, 龚杰. 国外救援无人机应用需求及发展趋势分析 [J]. 飞航导弹, 2018(4): 33-36; 82.
- [7] 李方. 大疆发起成立应急救援联盟 打造无人机应急救援“技术生力军” [EB/OL]. (2020-09-23) [2020-09-30]. [http://www.ce.cn/cysc/tech/gd2012/202009/23/t20200923\\_35803283.shtml](http://www.ce.cn/cysc/tech/gd2012/202009/23/t20200923_35803283.shtml).
- [8] 中国民用航空局运输司. 关于通用航空参与新冠肺炎疫情防控工作有关数据的分析 [EB/OL]. (2020-03-04) [2020-09-15]. [http://ga.caac.gov.cn/gacaac/index!\\_xqindex.do?id=249657](http://ga.caac.gov.cn/gacaac/index!_xqindex.do?id=249657).
- [9] 杜璇. 无人机在突发事件应急救援中的应用探讨 [J]. 中国应急救援, 2018(3): 51-54.
- [10] 佚名. 国外航空救援模式你了解多少 [J]. 吉林劳动保护, 2019(12): 44-45.
- [11] 张峰, 佟巍, 周立冬, 等. 国外救援无人机的发展现状 [J]. 中国医疗设备, 2016, 31(6): 175-177.
- [12] 闫鹏, 杨帅. 航空应急救援专业化力量建设的战略性思考 [J]. 中国应急管理, 2019(1): 22-25.
- [13] 黄静, 张皓琳. 无人机动力技术发展现状与展望 [J]. 信息技术与信息化, 2019(12): 202-204.
- [14] 张峰, 佟巍, 周立冬. 无人机在救援方面的应用及发展 [J]. 中华灾害救援医学, 2015, 3(11): 641-645.
- [15] 陈琦, 刘敏. 重庆构建航空应急救援体系 推动无人机救援全覆盖 [EB/OL]. (2020-07-22) [2020-09-15]. <http://cqpeople.com.cn/n2/2020/0722/c365401-34174283.html>.
- [16] 董可. 无人机应用及公共服务前景展望 [N]. 中国航空报, 2020-03-10(7).

收稿日期: 2020-11-09

(上接第299页)

- biology of chronic myeloid leukemia [J]. Blood, 2000, 96(10): 3343-3356.
- [9] HOCHHAUS A, LARSON R A, GUILHOT F, et al. Long-term outcomes of imatinib treatment for chronic myeloid leukemia [J]. N Engl J Med, 2017, 376(10): 917-927.
- [10] LARSON R A, HOCHHAUS A, HUGHES T P, et al. Nilotinib vs. imatinib in patients with newly diagnosed Philadelphia chromosome-positive chronic myeloid leukemia in chronic phase: ENESTnd 3 year follow-up [J]. Leukemia, 2012, 26(10): 2197-2203.
- [11] ETIENNE G, GUILHOT J, REA D, et al. Long-term follow-up of the French stop imatinib (STIM1) study in patients with chronic myeloid leukemia [J]. J Clin Oncol, 2017, 35(3): 298-305.
- [12] REA D, NICOLINI F E, TULLIEZ M, et al. Discontinuation of dasatinib or nilotinib in chronic myeloid leukemia: interim analysis of the STOP 2G-TKI study [J]. Blood, 2017, 129(7): 846-854.
- [13] ROSS D M, MASSZI T, GOMEZ C M T, et al. Durable treatment-free remission in patients with chronic myeloid leukemia in chronic phase following frontline nilotinib: 96-week update of the ENEST freedom study [J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2018, 144(5): 945-954.
- [14] 朱晓健, 游泳, 段明辉, 等. 慢性髓性白血病患者酪氨酸激酶抑制剂自动停药的多中心回顾性研究 [J]. 中华血液学杂志, 2018, 39(12): 994-997.
- [15] HOCHHAUS A, BACCARANI M, SILVER R T, et al. European Leukemia Net 2020 recommendations for treating chronic myeloid leukemia [J]. Leukemia, 2020, 34(4): 966-984.
- [16] 徐慧, 王萍, 马荣军, 等. 尼洛替尼一线、二线治疗慢性髓性白血病慢性期分子学反应的对比研究 [J]. 中华血液学杂志, 2019, 40(6): 522-525.
- [17] HOCHHAUS A, SAGLIO G, HUGHES T P, et al. Long-term benefits and risks of frontline nilotinib vs imatinib for chronic myeloid leukemia in chronic phase: 5-year update of the randomized ENESTnd trial [J]. Leukemia, 2016, 30(5): 1044-1054.
- [18] 苗丽壮, 傅华. 11年来国内相关期刊报道苯白血病病例分析 [J]. 环境与职业医学, 2002, 19(1): 61-62.
- [19] 高晨, 章征保, 陈丽萍, 等. 慢性低剂量苯暴露血液毒性作用模式研究进展 [J]. 中华预防医学杂志, 2015, 49(9): 840-843.

收稿日期: 2020-12-21