

# 国内外无人机交通管理系统比较

李章萍, 马怡君

中国民航大学交通科学与工程学院, 天津 300300

**摘要** 在对比分析美国和欧洲无人机交通管理系统的建设历程、系统结构和功能的基础上, 结合中国无人机产业发展特点, 针对无人机交通管理系统建设提出思路。中国应尽快革新无人机行业的监管制度, 积极与各试验基地展开合作研发, 努力提高无人机交通管理系统的服务技术水平, 以加快中国无人机监管现代化的进程, 推动无人机产业快速发展。

**关键词** 无人机交通管理系统; U-space; 民用无人机

2023年6月28日, 国务院、中央军事委员会发布了《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》<sup>[1]</sup>, 其中第二十三条提到“国家空中交通管理领导机构统筹建设无人驾驶航空器一体化综合监管服务平台, 对全国无人驾驶航空器实施动态监管与服务。”目前, 中国的无人驾驶航空器一体化综合监管服务平台尚未建立。但是, 随着无人机产业的快速发展, 各相关部门依据其监管需求开始布局建设无人机交通管理系统, 由于无人机产业发展处于高速增长的初级阶段, 各级监管手段、内容、思路等尚未统一, 导致各部门初步建设的无人机交通管理系统、平台未能实现一体化、综合化。美国早在2012年就开展了无人机交通管理系统的研究, 目前, 管理系统已初具规模。除美国之外, 欧盟、新加坡、日本、韩国也陆续推行了各自的无人机交通管理系统, 这些

国家和地区在有关无人机的监管经验和实践方面走在世界前列。本文通过对比国内外无人机交通管理系统, 对中国未来建设无人机交通管理系统提出建议。

## 1 国外无人机交通管理系统现状

### 1.1 美国UTM的发展

20世纪90年代初, 无人机运行很少受到美国联邦航空局(Federal Aviation Administration, FAA)的关注, 因为当时的无人机运行简单, 大多在偏远地区或特殊用途空域运行。但在随后的20年中, 无人机数量急剧增加, 并且应用于更广泛的领域。FAA预计无人机在受控和非受控空域的运行数量、持续时间有可能与目前有人驾驶的空中交通规模

收稿日期: 2023-10-10; 修回日期: 2023-11-27

基金项目: 通用航空发展规律及监管模式研究项目(2020SK049)

作者简介: 李章萍, 副教授, 研究方向为通用航空发展政策、通航规划与管理, 电子信箱: lizpeauc@sina.com

引用格式: 李章萍, 马怡君. 国内外无人机交通管理系统比较[J]. 科技导报, 2024, 42(8): 91-100;

doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.10.01524

相当,但现有的空中交通管理(air traffic management, ATM)系统基础设施和相关资源无法经济、高效地扩展为无人机提供服务。因此,FAA亟需提出一种安全管理无人机运行的解决方案。

2012年,美国国会通过的《2012年FAA现代化与改革法案》<sup>[2]</sup>中提出要构建无人机融入美国国家空域系统的实施步骤和战略方案,以实现无人机与传统民用航空器的统一协调管理。美国航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)于2013年构思了无人机交通管理系统(unmanned aircraft system traffic management system, UTM)概念框架,2014年,相关学者提出了美国UTM的构想,并在Ames研究中心展开研发<sup>[3]</sup>。2016年,NASA和FAA联合成立了UTM研究转化

团队(UTM research transition team, UTM RTT),目的是给FAA提供建立UTM系统所需的技术,并向利益相关者提供指导和信息<sup>[4]</sup>。2017年4月,FAA和NASA的UTM RTT团队根据《2016年联邦航空管理局扩张、安全和安保法》<sup>[5]</sup>第2208条建立了UTM试点计划(UTM pilot program, UPP)。UPP的成立是为了通过该项目对FAA和行业参与者后续开发成熟UTM系统提供指引,并为FAA、NASA、行业参与者、运营商和其他利益相关者提供一个合作环境<sup>[6]</sup>。2017年10月,FAA在UTM生态系统中的初步应用——无人机低空授权和通知能力(low altitude authorization and notification capability, LAANC)被部署用于原型测试,于2018年正式推出<sup>[7]</sup>。图1是美国UTM发展历程。

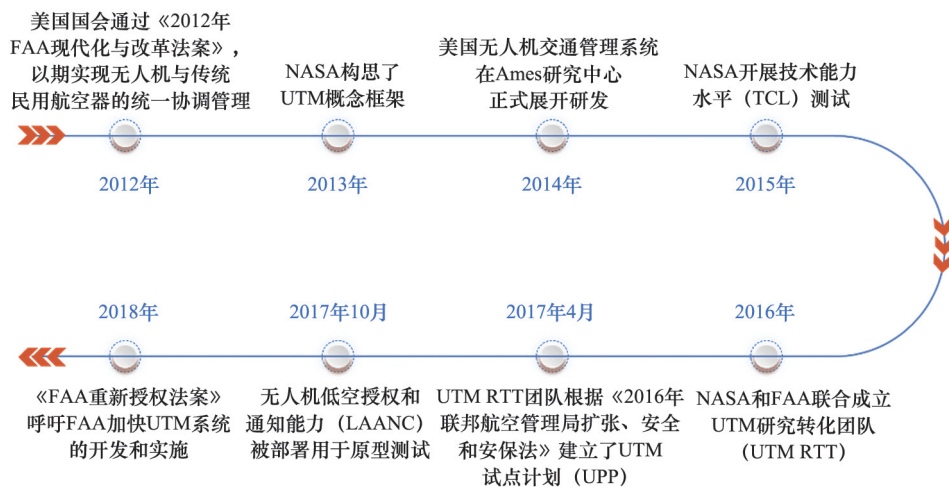


图1 美国UTM发展历程

### 1.1.1 UTM及其体系结构

UTM是FAA用于支持无人机在低空空域运行的工具,这是一个基于合作的交通管理系统。图2是一个概念性的UTM体系结构,该体系结构直观地展示了各种参与者和组件以及它们的交互关系。在UTM中,FAA的主要作用是为运营提供监管和运营框架,并向用户提供空域限制数据,负责搭建顶层的政策制度及技术平台。灰色虚线代表了FAA和行业对基础设施、服务和实体的责任之间的界限。如图2所示,UTM包括FAA、第三方服务商

(UAS Service Supplier, USS)、远程无人机驾驶员、公共安全部门等<sup>[8]</sup>。

### 1.1.2 UTM功能

UTM是在多层信息共享和数据交换基础上建立的,分布式信息网络是运营人与运营人、无人机与无人机,以及运营人与FAA之间的主要通信和协调方式,互相分享飞行计划、空域信息等,以保证安全运行。UTM可以支持日益复杂的运行环境和不断增加的风险的业务需求,包括低空无人机操作所需的所有基础设施、政策、程序、服务和人员。

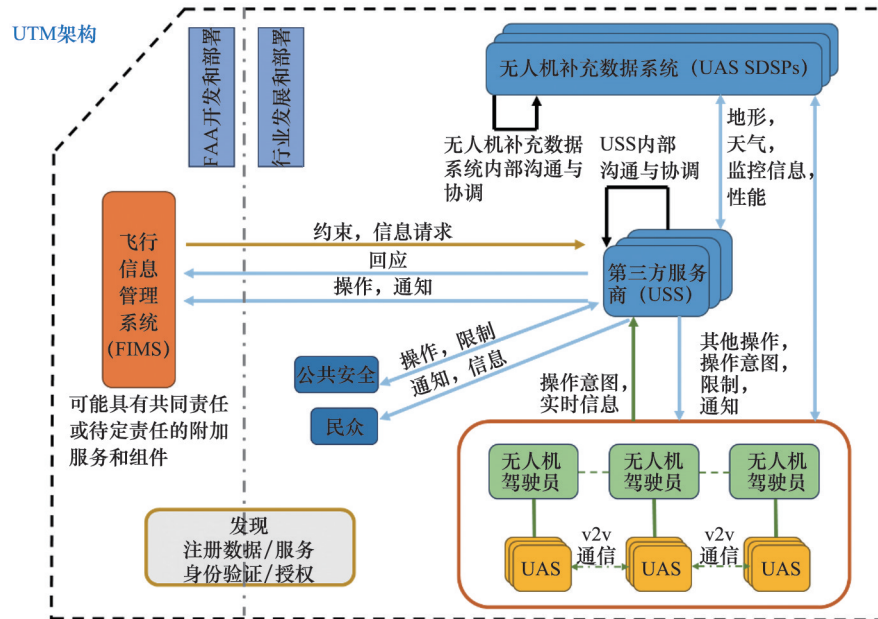


图2 UTM体系结构示意图

UTM 开发最终将确定服务、角色和职责、信息架构、数据交换协议、软件功能、基础设施和性能要求,以实现低空不受控制的无人机操作的管理。

1) 第三方服务商。第三方服务商充当UAS运营商、FAA、无人机补充数据系统(Supplemental Data Service Providers, SDSP)、公共实体和其他利益相关方之间的实时或接近实时的通信桥梁,以共享运营所需的信息。

2) 第三方服务商网络。第三方服务商网络平台是由相互链接的USS合并而成的,可以在该网络平台上共享飞行意图、空域限制信息和其他相关的信息。

3) 无人机补充数据系统。运营商和第三方服务商可以通过访问无人机补充数据系统来获得基本服务或增值服务,包括地形、障碍物、天气、监视和限制数据。

4) 飞行信息管理系统。飞行信息管理系统(flight information management system, FIMS)是FAA和UTM参与者之间数据交换的接口,由FAA管理,FAA和第三方服务商可以通过FIMS交换空域限制数据。

5) 国家空域系统数据库。国家空域系统数据库是FAA内部的数据系统,FIMS是它与UTM系统之间的连廊,以此来实现UTM系统与FAA操作系统之间的数据交互。外部实体无法直接访问FAA的系统和数据库,但UTM可以将FIMS从国家空域系统数据库中获取到的信息给到相关第三方。

截至目前,FAA联合NASA、工业界、专家学者以及UTM系统参与方对UTM进行了螺旋式的开发(即从低复杂性操作开始,以模块的形式构建更高复杂性的操作概念和要求),同时辅以无人机法规政策的发布,形成了对UTM系统深刻而全面的认知。在整个过程中,FAA认为UTM系统并不是一个安全的机制,只是一种信息提供方式,想达到成熟的UTM系统还有很大的差距。

## 1.2 欧洲U-Space的发展

据估计,到2035年,无人机每年的总市值将超过100亿欧元;到2050年,将有多达40万架无人机在空域飞行,欧洲无人机行业将创造超过13.5万个就业机会,每年的经济影响将超过150亿欧元<sup>[9]</sup>。欧盟委员会认识到无人机的巨大潜力,为了充分利用无人机的经济和工业潜力,有必要对其运行进行



### 1.2.2 发展路线图

为应对未来愈来愈多的无人机飞行,欧洲单一天空空中交通管理研究(SESAR)根据服务块和电子技术可用性的增加、无人机自动化水平的提高以及与环境互动的高级形式,将U-space服务分U1—U4共4个等级逐步实现,如图5所示<sup>[13]</sup>。

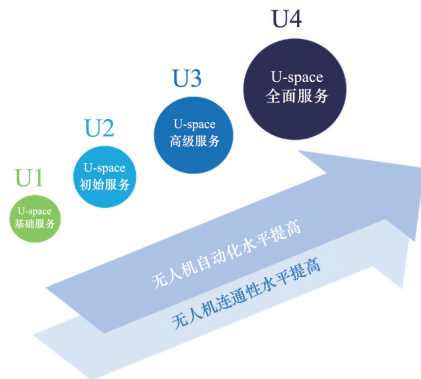


图5 U-space服务4个等级

U-space将分5个阶段来推出不同的服务。

1) 第一阶段,2023年之前,各国根据“无人机条例”<sup>[14-15]</sup>建立登记处并提供飞行管控区域数据。

2) 第二阶段,2023—2030年,根据“U-space条例”<sup>[16-19]</sup>,可以给负责授权运营的当局提供数据协助,并向运营商提供数据协助以规划和申报运营。

3) 第三阶段,2030年之后,许多U-space空域的空间已被定义。在不受控制的空域中,U-space空域的定义是500英尺(1英尺=0.3048 m)AGL (above ground level)以内。在更密集的U-space空域,通常会提供运行冲突解决方案。

4) 第四阶段,高级U-space,无人机运行在这个阶段会非常普遍,载人飞机也会越来越多地使用U-space服务和空域,U-space空域定义在500英尺AGL以上,根据需要可达几千英尺。

5) 第五阶段,U-space全集成,在这一阶段,U4已经开展,绝大多数专业的空中行动都是无人驾驶的,所有无人和载人操作都使用U-space服务和U-space飞行规则。

### 1.2.3 空域划分

如图6所示,U-space ConOps第3版根据欧盟

“无人机条例”将极低空空域(very low level, VLL)划分成X、Y、Z共3个空域空间,U-space将在不同的空域内提供不同的服务。在X空域不提供隔离服务,安全操作的所有责任由远程飞行员承担;在Y空域提供飞行前冲突解决方案,通常在飞行期间提供空中交通服务信息;在Z空域提供飞行前冲突解决和飞行中隔离服务,只有Z空域才能完全实现U-space所有服务。

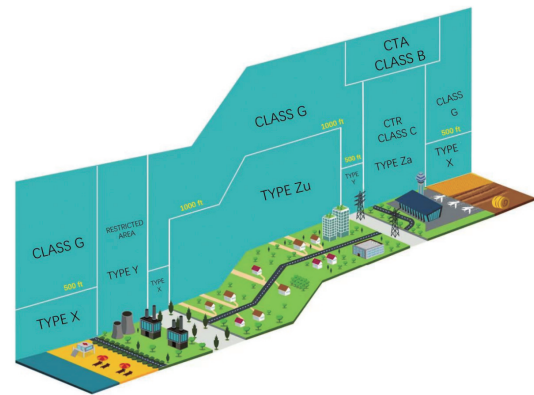


图6 X、Y、Z空域划分

### 1.2.4 欧盟成员国无人机交通管理系统现状

1) 瑞士。瑞士联邦航空局(Federal Office of Civil Aviation, FOCA)致力于在瑞士推进U-space技术和服务的研究、开发和实施,并发展了自己的U-space概念<sup>[20]</sup>。目前,瑞士U-space系统中参与方与美国UTM系统一致,包括监管方瑞士联邦航空局、无人机运营人、第三方服务商、空中交通服务(air traffic service, ATS)等,且必备的基础服务设施基本一致<sup>[21]</sup>,所具备的无人机交通服务提供已经完成U2阶段的实施。

2) 西班牙。西班牙正在部署和实施U-space服务,还积极参与了“U-space条例”的监管制定工作。一些西班牙机构和公司参加了多个关于空中交通管理的项目,得益于此,U-space服务已经在不同的场景中进行了测试,结果可以为实现无人机的安全高效集成提供经验。除此之外,西班牙空中导航服务提供商Enaire开发了一款名为“Enaire DRONES”的应用程序,可以提供无人机运行空域限制的所有信息。

3) 拉脱维亚。U-space 概念在拉脱维亚的发展和实施仍处于非常早期的阶段。拉脱维亚尚未确定 U-space 空域,也没有提供 U-space 服务,该国正在与相关方讨论应采取何种服务提供模式。目前,拉脱维亚可以为无人机操作员提供空域在线地图,在该地图上可以了解空域限制信息,查看部分地区的无人机飞行规则以及禁飞区。

欧盟作为航空法体系建设领先的地区,其对无人机现代化管理的认知和实践都远超其他国家,通过 EASA(European Aviation Safety Agency)、EUROCONTROL、SESAR 等机构和组织发布的文件、推行的项目、展开的测试,让 U-space 得以在短时间内快速且全面发展。但欧盟各国在 U-space 的建设进度上大不相同,难以像美国一样建立统一的无人机交通管理系统<sup>[21]</sup>。

### 1.3 总结

从体系架构来说,美国和欧洲的无人机交通管理系统均为联合服务模式,管理体系清晰,无人机服务不是由单一的国家政府机构来提供,而是在政府继续扮演资源分配者角色的同时,鼓励第三方服务商参与到无人机交通管理系统之中,使这些第三方服务商成为对接政府机构与无人机操控员之间的桥梁,进而对无人机活动进行更科学、高效的管控。在这种结构下,不同的第三方服务商可以根据其业务范围,在系统中提供不同的服务,在丰富无人机交通管理系统服务类型的同时,还可以提高服务技术水平。从发展历程来看,美国和欧盟在开发无人机交通管理系统的过程中,开展多个项目并进行多次技术能力水平(technical capability level, TCL)测试,均开发了多个应用场景。从无人机交通管理系统目前所能实现的功能来看,美国和部分欧洲国家无人机交通管理系统的部分关键技术已趋于成熟,在完成系统集成之后即能实现完整的无人机交通管理功能。

## 2 国内无人机交通管理系统现状

### 2.1 民用无人驾驶航空器综合管理平台

民用无人驾驶航空器综合管理平台(integrat-

ed management platform of civil unmanned aerial vehicle, UOM)是一套适用于中国无人机综合监管的云端管理系统,提出于 2018 年 6 月深圳召开的中欧民航合作项目无人机研讨会。UOM 在现有的管理技术上,充分利用大数据、物联网、卫星定位、互联网+等先进技术,从机制入手,整合资源,形成全国统一的民用无人驾驶航空器运行管理综合平台,于 2021 年 12 月 1 日零点正式启用。

#### 2.1.1 政策支持

近几年,国家正全力推动 UOM 的应用。2022 年 6 月 13 日,民航局发布《“十四五”通用航空发展专项规划》<sup>[22]</sup>,该规划的第七章第三节指出“完善并推广适用于中国需求的运行安全风险评估工具,进一步构建以 UOM 为核心的数字化监管服务平台。”2022 年 8 月 22 日,民航局发布《民用无人驾驶航空发展路线图 V1.0》<sup>[23]</sup>,在该路线图中,明确提出要构建民用 UOM,智慧化升级 UOM 平台,结合第五代移动通信(5G)、精准定位、地理网格、人工智能、物联网等先进技术,实现交通管理与动态轨迹监控,并逐步具备从隔离运行向融合运行过渡的能力。

#### 2.1.2 建设原则、目标、内容

该平台的建设原则是:一部规章、一个平台、一个界面,能够更简洁、更清晰、更直接地对全国的无人机运行进行监管,并以期在未来满足无人机行业管理中的监管、数据收集和分享要求。

UOM 的协调管理层由行政管理平台、运行管理平台、政务协作平台、公众服务平台 4 部分组成,各部分包括内容如下。

1) 行政管理平台:实现无人机行业监管;拥有者、厂家的实名注册、适航审定;运营人的经营许可、运行许可;飞手的人员资质考试、执照管理等。

2) 运行管理平台:飞行计划人工及自动审批;飞行运行数据采集与监视;运行情报信息服务、电子围栏及告警服务等。

3) 政务协作平台:与工信、公安、农业、电力、工商、市场监督管理总局、各地方政府等相关部门协作;数据共享,避免多头管理。

4) 公众服务平台:办理新政审批事项及流程;查询政策法规、飞行情报、空域、气象等信息;查询

人员资质申请、机构等信息;信用查询等。

### 2.1.3 建设框架

图7是UOM数据结构关系图。UOM平台以民用无人机管理中的“人、机、环、用”共4个核心要素为基础,通过基础信息管理、飞行计划审批、飞行过

程动态跟踪等方法,逐步实现对民用无人机的立体化、全方位、全过程的管控,并通过行业管理、空域管控、政府协作、社会服务4个方面,构建信息纵向贯通、横向协作的协同管理机制。

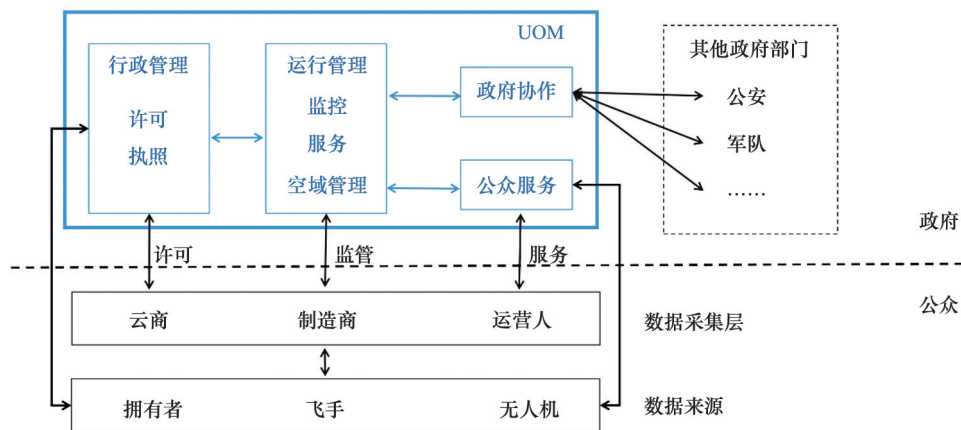


图7 UOM数据结构关系

## 2.2 民用无人机空管信息服务系统

2018年11月,民航局牵头在深圳地区开展无人机空管信息服务系统研究和试点工作,通过试点建立民用无人机空管信息服务系统(unmanned aircraft traffic management information service system, UTMISS),实现监视信息采集处理、民航飞行安全评估、用户信息管理、用户以及无人机信息核查、信息综合服务等功能,通过网络将用户的需求与管理端连接,一站实现飞行信息报备、飞行申请及信息查询,建立一套高效的管理方式,在现有体制下,实现120 m以下轻小型无人机安全、灵活运行。

2020年5月1日起,海南省开始施行《海南省民用无人机管理办法(暂行)》<sup>[24]</sup>,第十四条规定:“微型无人机、轻型无人机和植保无人机在管控空域内飞行,小、中、大型无人机飞行均需申报飞行计划”。2022年6月1日,重庆监管局与民航二所无人机智能交通技术中心专家就民用无人机综合管理开展专题研讨,下一步,将与相关单位开展试点工作,做好UTMISS在重庆地区的应用。同年,上海金山华东无人机基地以试验区建设为契机,开展

无人机适航审定检测技术研究、海岛场景运行及UTMISS部署试点。

UTMISS的试点应用意味着无人机管理从权责不清的灰色地带正式走向了合法化道路,是无人机产业发展道路上一个重要的里程碑。目前,用户可以在UTMISS系统进行空域查询及飞行申请;UTMISS系统可以面向用户发布最新空域信息,提供便捷的飞行审批渠道和服务。当前在系统中可查到海南省、深圳地区以及上海金山区的限飞信息。

### 2.3 杭州市无人机运行管理服务系统

杭州作为中国首批民用无人驾驶航空试验基地之一,其定位是城市场景,在民航局各级部门指导下,成立了杭州市无人机运行管理服务中心。

杭州市无人机运行管理服务中心自组建后,基于运行风险和业务流程自主研发了杭州市无人机运行管理服务系统,该系统可以为无人机运营商和用户等提供用户注册、飞行任务计划申请、飞行动态报送、航路航线划设、空域网格评估管理、飞行计划申报与审批、飞行安全评估、应急处置、动态电子围栏、侦测识别等公共服务,实现用户管理、空域管

理、飞行管理和安全管理功能。现拥有的基础设施包括:5G、北斗高精定位,空域网格和公共航路,地

面基础设施,空地一体高精度地图。管理机制如图8所示。

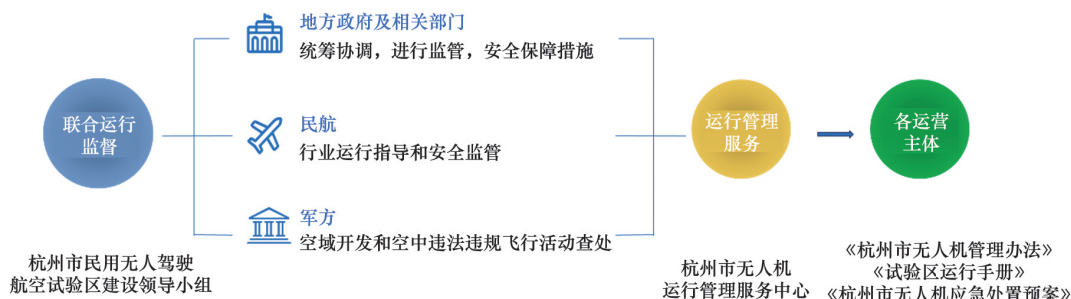


图8 杭州市无人机运行管理服务系统管理机制

截至2023年4月13日,杭州市无人机运行管理服务系统已稳定上线运行1042 d,累计服务无人机运行124837次,运行时间28406 h。自2022年5月17日至2023年1月7日,杭州市无人机转运核酸的13条航线累计运输常态化核酸检测样本3688913管,累计飞行43346架次,累计飞行航程260737.38 km,累计飞行时长7494.27 h,累计服务超7000万人次,较常规地面运输节省运输时间50%、运输成本20%。

#### 2.4 总结

从体系结构来看,中国现有的无人机交通管理系统主要采用中心服务模式,即对传统空中交通管理模式的复制,这种管理模式与无人机的特点并不相符。但同时存在承办杭州市无人机运行管理服务中心的浙江这里飞科技有限公司类似的第三方服务商,总体来看无人机交通管理模式模糊,该混合模式可能导致管理体系不够明晰,各方权责不明确,管理效率低。从各管理系统的发展来看,中国目前开展的项目以及应用测试较少。此外,中国的无人机交通管理系统所能提供的服务数量有限,技术水平偏低,仅相当于欧美国家管理系统的初级水平,例如UTMISS目前的服务水平仅达U-space发展的U1阶段,与欧美还有较大差距。但盲目地引入新技术手段又会对无人机配套设施提出更高的要求,进而增加无人机个体成本,阻碍无人机产业发展。

### 3 建议

无人机数量的激增对传统监管方法提出了时代性的全新挑战,面对人类航空史以来最为复杂的空域环境,世界各国都在积极寻求更先进的管理系统来解决该问题。通过比较研究,得出以下建议。

#### 1) 革新无人机行业的监管制度。

从上述比较研究可以发现,欧美采用的是联合服务模式,而中国更倾向于中心服务模式,且管理模式模糊。根据无人机的特点,建议要尽快明晰中国的无人机交通管理模式,积极发展类似美国、欧盟由第三方服务商成为服务提供方的案例,以期在尽快达到无人机飞行管理技术要求的同时,减轻政府在管理方面的各项投入。目前,中国正在进行第三轮低空改革,已将日常的低空空域管理协调权力给到各级政府<sup>[25]</sup>,因此,建议第三方服务商直接与各级政府进行对接,可以采用独立经营或合资经营的模式,实行无人机商业化服务。

#### 2) 加强与试验基地的合作研发。

针对中国开展的项目以及应用测试较少的问题,可以加强与试验基地的合作研发。民航局分别在2020、2022年共批准20个民用无人驾驶航空试验基地(试验区),包括:上海、杭州、深圳、青岛等城市,涵盖多种运行场景,试验基地建设配套的基础设施,民用无人机运行条件相对宽松,适合开展各类无人机运行试验<sup>[26]</sup>。因此,建议国内各无人机交

通管理系统的试点和飞行测试要积极与各基地合作,试验基地可以向无人机交通管理系统提供试飞场地、设备和技术支持,也可以开展联合研发项目,促进双方结合实际需求进行研究,加速科技创新,积累丰富的运行经验和充足的数据,开发更多的运行场景。

3) 提高无人机交通管理系统服务技术水平。

针对中国无人机交通管理系统服务技术水平与欧美还有较大差距的问题,首先建议开展产学研合作,一方面可以与高校及科研院所开展无人机交通管理核心技术和算法的合作研究;另一方面也可以和国家电网、中国移动等合作开展基于5G的新兴技术研发。其次可以借鉴美国和欧洲的经验,通过推动行业标准的制定,规范无人机交通管理系统的设计、开发、运行和维护,提高系统稳定性和安全性;同时政府可以为第三方运营商制定相关行业标准,提高服务水平<sup>[27]</sup>。

### 参考文献(References)

- [1] 国务院、中央军委. 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例[EB/OL]. (2023-06-23)[2023-09-22]. [https://www.gov.cn/zhengce/content/202306/content\\_6888799.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/202306/content_6888799.htm).
- [2] Congress of the United States. FAA modernization and reform act of 2012[EB/OL]. (2012-04-12) [2023-09-22]. <https://www.congress.gov/112/statute/STATUTE-126/STATUTE-126-Pg11>.
- [3] Johnson M, Jung J, Rios J, et al. Flight test evaluation of an unmanned aircraft system traffic management (utm) concept for multiple beyond-visual-line-of-sight operations[C]//Proceedings of 12th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar 2017. Seattle, USA: Air Traffic Management Research and Development Seminar, 2017: 601-610.
- [4] UAS traffic management (UTM) Research transition team (RTT) plan[EB/OL]. (2017-11-31)[2023-09-22]. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/uas/research\\_development/traffic\\_management/utm\\_pilot\\_program/FAA\\_NASA\\_UAS\\_Traffic\\_Management\\_Research\\_Plan](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/FAA_NASA_UAS_Traffic_Management_Research_Plan).
- [5] FAA. Extension, safety, and security act of 2016[EB/OL]. (2016-07-15) [2023-09-22]. <https://www.congress.gov/114/plaws/publ190/PLAW-114publ190>.
- [6] FAA. UAS traffic management (UTM) pilot program (UPP) [EB/OL]. (2019-11-14)[2023-09-22]. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/uas/research\\_development/traffic\\_management/utm\\_pilot\\_program/UPP\\_Technical\\_Summary\\_Report\\_Final](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/UPP_Technical_Summary_Report_Final).
- [7] FAA. FAA laanc concept of operations v2.1[EB/OL]. (2020-03-20)[2023-09-22]. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/uas/programs\\_partnerships/data\\_exchange/laanc\\_for\\_industry/FAA\\_LAANC\\_CONOPS](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/uas/programs_partnerships/data_exchange/laanc_for_industry/FAA_LAANC_CONOPS).
- [8] FAA. Concept of operations (v2.0) for Unmanned aircraft systems (UAS) traffic management (UTM) [EB/OL]. (2020-03-02) [2023-09-22]. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-08/UTM\\_ConOps\\_v2](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-08/UTM_ConOps_v2).
- [9] SESAR JU. European drones outlook study[EB/OL]. (2016-11-18)[2023-09-22]. [https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/European\\_Drones\\_Outlook\\_Study\\_2016](https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/European_Drones_Outlook_Study_2016).
- [10] 戴秉翰. 民用无人机法律监管问题研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2022.
- [11] SESAR JU. U-Space concept of operation-enhanced overview[EB/OL]. (2019-09-04) [2023-09-22]. <https://www.sesarju.eu/node/3411>.
- [12] SESAR JU. U-Space concept of operation(3.0)[EB/OL]. (2019-10-25) [2023-09-22]. <https://www.sesarju.eu/node/3411>.
- [13] SESAR JU. U-space conops and architecture (edition 4) [EB/OL]. (2023-07-20)[2023-09-22]. <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20CONOPS%204th%20edition>.
- [14] EUR-Lex. Commission implementing regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft[EB/OL]. (2019-05-24) [2023-09-22]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1560259925294&uri=CELEX:32019R0947>.
- [15] EUR-Lex. Commission delegated regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on unmanned aircraft systems and on third-country operators of unmanned aircraft systems[EB/OL]. (2019-03-12) [2023-09-22]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1560259925294&uri=CELEX:32019R0945>.
- [16] EUR-Lex. Commission implementing regulation (EU) 2021/664 of 22 April 2021 on a regulatory framework for the U-space[EB/OL]. (2021-04-22) [2023-09-22]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0664>.

- [17] EUR-Lex. Commission implementing regulation (EU) 2021/665 of 22 April 2021 amending Implementing Regulation (EU) 2017/373 as regards requirements for providers of air traffic management/air navigation services and other air traffic management network functions in the U-space airspace designated in controlled airspace [EB/OL]. (2021-04-22)[2023-09-22]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0665>.
- [18] EUR-Lex. Commission implementing regulation (EU) 2021/666 of 22 April 2021 amending Regulation (EU) No 923/2012 as regards requirements for manned aviation operating in U-space airspace [EB/OL]. (2021-04-22) [2023-09-22]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0666>.
- [19] EASA. Proposed acceptable means of compliance and guidance material for EU regulations 2021/664, 2021/665 and 2021/666 as Notice of Proposed Amendment 2021-14 [EB/OL]. (2021-12-16) [2023-09-22]. <https://www.easa.europa.eu/document-library/notices-of-proposed-amendment/npa-2021-14>.
- [20] SUSI. Swiss-U-space-ConOps-v.1.1 [EB/OL]. (2020-04-02) [2023-09-22]. <https://susi.swiss/2020/04/02/conops-v-1-1>.
- [21] 刘徽. 全球典型国家和地区无人驾驶航空器服务体系发展动态 [C] // 上海市法学会航空法研究会. 上海: 上海市法学会, 2023: 67-83.
- [22] “十四五”通用航空发展专项规划 [EB/OL]. (2022-06-13) [2023-09-22]. <http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/FZGH/202206/P020220613533137333208>.
- [23] 民用无人驾驶航空发展路线图 V1.0 (征求意见稿) [EB/OL]. (2022-08-22) [2023-09-22]. <http://www.caac.gov.cn/HDJL/YJZJ/202208/P020220822615871900321>.
- [24] 海南省民用无人机管理办法 (暂行) [EB/OL]. (2020-04-01) [2023-09-22]. [http://jt.hainan.gov.cn/xxgk/0200/0202/202004/t20200427\\_2781103.html](http://jt.hainan.gov.cn/xxgk/0200/0202/202004/t20200427_2781103.html).
- [25] 赖幸君, 林磊. 低空空域无人机监管实验平台方案 [J]. 数字通信世界, 2023(6): 149-151.
- [26] 王茂霖, 吕人力, 管祥民. NASA 无人机运行管理系统 ICAROUS 框架分析 [J]. 飞行力学, 2022, 40(2): 1-10.
- [27] 刘菲, 吕人力. 民用无人机运行管理立法分析与建议 [J]. 科技导报, 2020, 38(16): 15-28.

## Comparative study on unmanned aircraft system traffic management systems at home and abroad

LI Zhangping, MA Yijun

School of Transportation Science and Engineering, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China

**Abstract** Unmanned aircraft system traffic management (UTM) system is an important regulatory tool to ensure the development of UAS industry. Based on a comprehensive and systematic comparative analysis of the construction process, system structure, and functions of UTM systems in the United States and Europe, this article proposes ideas for the construction of UTM systems in China, taking into account the development characteristics of China's UAS industry. China needs to reform the regulatory system of the UAS industry as soon as possible, actively cooperate with various experimental bases in research and development, and strive to improve the service technology level of the UTM system, in order to accelerate the modernization process of UAS regulation in China and promote the rapid development of the UAS industry.

**Keywords** unmanned aircraft system traffic management system; U-space; civilian UAVs ●



(责任编辑 赵庆圆)