

美国民用无人机产业发展现状及联邦推进措施

王 炼

(中国科学技术交流中心, 北京 100045)

摘 要: 无人机技术与现代信息技术的结合在众多专业领域显示出巨大的技术和经济前景, 成为推动各国新兴产业发展的重要手段。美国联邦政府在无人机技术开发、产业应用及政府监管方面均走在世界前列。本文通过梳理美国民用无人机制造业发展态势、商用潜力、联邦政府推进措施及面临的问题, 为我国推动民用无人机产业发展提供借鉴。

关键词: 美国; 民用无人机; 政府监管; 无人机融合计划

中图分类号: F416.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2017.10.004

无人机 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 作为信息时代的高技术产物, 其在民事领域的应用已成为世界各国推动新兴产业发展、满足社会经济活动需要的重要手段。美国是世界上较早研制无人机的国家, 是第一个成立世界级无人机应用中心、将无人机技术用于民事领域的国家, 也是第一个颁布民用无人机监管条例的国家, 在无人机技术发展、政府监管及民事应用领域均位居世界前列。本文主要梳理美国民用无人机制造业和商业应用现状、联邦政府近年来推动无人机发展的措施以及亟待解决的问题。

1 民用无人机发展概况

无人机是无人驾驶飞机的简称, 是利用无线电遥控设备和程序控制的不载人飞机, 包括无人直升机、固定翼无人机、多旋翼飞行器、无人飞艇及无人伞翼机等, 广义范围也包括临近空间飞行器, 如高空气球和太阳能无人机等。

无人机发展初期纯粹出于军事用途。自第一次世界大战起, 军用无人机经历了近百年的发展历史, 直至 20 世纪 80 年代, 民用无人机以军用无人机现代系统为基础开始发展。随着移动终端的兴起, 芯

片、电池和惯性传感器等产业链迅速成熟, 成本大幅下降, 使智能化设备向小型化、低功耗迈进, 给无人机整体硬件创新和成本降低创造了良好条件; 同时, 飞控系统开源化解决了无人机专利问题, 全球商业企业和个人都可进行无人机系统设计。因此民用无人机在近 10 年得以蓬勃发展。

民用无人机又分为公共服务、商用、研究测试和消费级无人机等类型, 其中公共服务类无人机主要由公共机构利用无人机在特定区域执行特定作业, 如行政执法、消防、灾害救援、边境巡逻等; 消费级无人机则主要用于个人航拍和娱乐。根据美国高德纳咨询公司 (Gartner) 预测, 2017 年全球将生产 300 万台无人机, 较上一年增长 39%, 市场规模将达 60 亿美元, 2020 年则会进一步增长至 112 亿美元^[1]。蒂尔集团 (Teal Group) 在其《2016 年世界民用无人机市场概况及预测》报告中指出, 无人机是世界航空航天产业中最具活力和增长潜力的领域, 未来 10 年民用无人机市场总额将达到 650 亿美元^[2]。

2 美国民用无人机制造业现状

美国联邦政府在军用无人机领域长期投入大

作者简介: 王炼 (1982—) 女, 一级翻译, 主要研究方向为基础科学、交通。

收稿日期: 2017-10-08

量研发经费，保持在军用无人机领域的霸主地位。同时，联邦政府也积极引导无人机技术向民用外溢，推动无人机产业发展。2003年，美国国家航空航天局（NASA）成立世界级无人机应用中心，联合其他联邦部门、高校和企业资源，专门研究装有高分辨率相机传感器无人机的商业应用，开启了民用无人机的快速发展时代^[3]。2012年，时任总统奥巴马签署了《2012联邦航空管理局现代化与改革法》（FAA Modernization and Reform Act），向民用无人机开放空域，进一步促进无人机技术的发展和应用^[4]。

目前，美国约有97家企业和机构生产民用无人机^[5]，包括波音、洛克希德·马丁、诺斯洛普·格鲁曼（Northrop Grumman）和西科斯基飞机（Sikorsky）等大型军工企业，主要生产成本从200至1万美元不等的民用和消费级无人机。但其中军工企业所占份额不大，民用无人机市场由针对飞行爱好者和新兴商业用途的小型、电池驱动的无人机占据主导。此外，亚马逊、谷歌、脸书等大型技术企业也组建了团队，在不久的将来推出符合自身需求的特殊无人机，如用于投递包裹和提供网络信号等。美国联邦航空管理局（FAA）推测，到2020年，美国用于商业目的的无人机将达到30万架^[6]。而据国际无人系统协会（AUVSI）统计，到2025年，无人机对美国的影响将达到821亿美元，税收达4.8亿美元，并提供10万多个就业岗位^[7]。

3 联邦政府推动民用无人机部署的举措

促进无人机产业的普及发展，关键是推动无人机融入国家空域系统，实现无人机在商业和公共服务领域的广泛应用。美国联邦航空管理局隶属于美国运输部，是负责民用航空管理的权力机构，主要任务是制定民用航空政策、规划和规章制度，处理国际民用航空事务，保障民用航空飞行安全，促进民航事业发展。

2012年2月生效的《联邦航空管理局现代化与改革法》要求美国联邦航空管理局构建无人机安全融入国家空域系统的顶层框架。2013年11月，美国联邦航空管理局颁布了《民用无人机系统融入国家空域系统路线图》（Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems in the National Airspace

System Roadmap），并根据路线图采取一系列措施，在规范无人机使用的同时推动无人机技术研发和测试。

3.1 注重法规制定

美国联邦航空管理局对无人机操作及注册都进行了严格规定。

3.1.1 无人机操作法规

美国联邦航空管理局在早期对于不同类别的无人机采取不同监管措施：公共服务类无人机必须获得美国联邦航空管理局的豁免或授权证（Certificate of Waiver or Authorization, COA），消费级无人机须满足《咨询通告91-57》（AC91-57）的要求，商业无人机必须取得美国联邦航空管理局的适航证，而适航证仅授予试验用无人机，实际上严格限制了商用无人机的运行。

2016年6月21日，美国联邦航空管理局发布小型无人机法规，首次对商用、教育及公共服务类无人机做出全国性统一规定，取消了对豁免证和适航证的要求^[8]。新法规是世界上首个民用无人机监管规则，于2016年8月29日正式生效，主要对小型无人机的操作范围和驾驶员做出明确规定。

（1）小型无人机操作规定

- 无人机重量必须低于25千克，可在不影响飞行的前提下装载货物或设备，但总重量不得超过25千克，不得携带任何有害物品；

- 飞行最大高度为122米，最快速度为每小时160千米；若高于地面122米，则须保持在离建筑物122米的范围内；

- 飞行范围必须在操作者的视线范围内，飞行时间必须在白天或日出前和日落后30分钟内，不能在夜间飞行；最低飞行能见距离为4.8千米；

- 不得飞越人群，不能在封闭的建筑物或封闭的静止车辆内飞行，不得在移动的飞行器内操作无人机；

- 必须避让其他飞机；

- 如果无人机发生事故并造成严重身体伤害或500美元以上财产损失，必须在10天内向美国联邦航空管理局报告。

（2）驾驶员规定

根据最新规定，驾驶员将不再需要完整的驾驶执照，只要年满16岁、通过美国运输安全局（TSA）

的审查及美国联邦航空管理局的测验，就能取得两年有效期的驾驶证书。驾驶员必须持有美国联邦航空管理局颁发的远程飞行证书或在持有证书人员（责任驾驶员）的直接监督指导下才能操控无人机。责任驾驶员不能同时指挥两架或两架以上的无人机。

美国联邦航空管理局的新法规确定了无人机使用的基本原则，扩大了民用无人机使用范围，取消了对商用无人机的部分限制，为企业提供更多发展机遇，并同时兼顾保护公共及个人隐私安全。但该法规也有诸多未解决的问题，包括飞越人上方空域、飞出视线范围的操作、在城市地区飞行及夜间飞行等。

3.1.2 无人机注册法规

2015年12月21日起，美国联邦航空管理局要求250克以上的无人机用户必须进行注册：如果无人机重量在25千克以下，可通过网络或纸质表格进行注册；若无人机超过25千克，则只能填写纸质表格进行注册。无人机用户注册后会获得独特的注册号，且必须将该注册号贴在相应的无人机上。如果严格遵循《模型机特殊条款》（Special Rule for Model Aircraft）进行操作，则用户只需注册1次；如果超出《模型机特殊条款》范围，则必须逐一对无人机进行注册。用户操作无人机时必须随身携带注册证明。无人机用户如果拒不登记，一经发现，可能会面临巨额罚款甚至监禁。民事罚款金额最高可能达到2.75万美元，刑事处罚则包括高达25万美元的罚款和/或为期3年的监禁^[9]。

3.2 推动民用无人机研究与测试

继美国国家航空航天局成立无人机技术研究中心后，2013年底，美国联邦航空管理局在全国范围内进行征选的基础上确定6家无人机研究与测试基地，重点研究未来数年无人机如何融入国家空域系统。

阿拉斯加大学：在7个不同气候区域以及夏威夷和俄勒冈州不同地理环境下进行测试，制定无人机类别、状态监测和导航标准，并开展无人机运营安全标准研究。

内华达州：目标集中在无人机的标准和操作、运营商（操纵者）标准和认证要求，以及无人机融入民航系统后的空中交通管制程序。

纽约格里菲斯国际机场：计划在美国联邦航空管理局安全监管下制定无人机测试、评估以及验证流程，并开展无人机感知和避障技术（Sense and Avoid）研究。

北达科他州商务部：计划开发无人机适航基本数据及验证高可靠性链路技术。

得克萨斯农工大学：制定无人机和操作的系统安全要求，并最终制定适航测试的协议和程序。

弗吉尼亚理工大学：进行无人机故障模式测试，识别并评估操作和技术风险。

测试基地建立后第一年内就在美国联邦航空管理局授权下进行了195次测试，并定期与美国联邦航空管理局官员开会讨论当下问题、挑战以及进展。通过设立测试基地，美国联邦航空管理局希望满足其在系统安全和数据收集、飞机认证、指挥和控制链接、控制台布局与认证、地面和空中感知与避障以及环境影响等领域的研究目标，推动无人机融入空域体系^[10]。

3.3 启动民用无人机融合计划

奥巴马政府期间，美国国家航空航天局负责牵头开展民用无人机融合计划（UAS in the NAS Project），研究和测试无人机感知和避障及操纵控制等技术问题并制定地面操纵站指南，搭建无人机融合测试平台。

特朗普总统上台后，认为目前的联邦举措无法满足无人机技术和行业发展要求，阻碍了美国企业在本土测试和部署无人机的步伐，须加大无人机融入国家空域系统的政策力度。2017年10月，特朗普签署总统备忘录，要求运输部在90天内启动无人机融合试点计划（UAS Integration Pilot Program），加速无人机融入国家空域体系。随后运输部出台计划细则。该计划主要在两个方面产生重大变革：

（1）无人机操作测试范围大幅度开放

公共服务类和商用无人机高级操作测试范围将大幅度开放，夜间飞行、飞越人上方空域、视距外飞行、快递投送和反无人机安保操作等过去长期停留于讨论阶段的无人机操作都将进入测试阶段层面。

（2）无人机操作管理权下放

此前国家空域管理权完全掌控在美国联邦航空管理局手中，此次计划鼓励州和地方政府提出本

地区无人机监管和测试方案，鼓励尝试不同模式促进无人机融入当地空域系统，大大提高了地方政府对无人机操作规则制定的参与权和管理权。

整个试点计划进度紧凑，将在9个月内进入操作阶段，大幅增加全美无人机的运行数量及操作复杂性，有望未来几年在全国空域范围内实现无人机操作，实现无人机彻底融入国家空域系统^[11]。

4 美国民用无人机应用前景及面临的问题

4.1 民用无人机应用前景

美国政府在无人机应用领域一马当先，积极利用无人机开展环境监测、应急和执法工作。如国家海洋和大气管理局用无人机追踪热带风暴有关数据，借此完善飓风预警模型；2007年森林大火肆虐时，美国国家航空航天局使用“伊哈纳”（Ikhana）无人机来评估大火的严重程度，并进行灾害的损失估算工作；2011年墨西哥湾钻井平台爆炸后，艾伦实验室公司的无人机协助溢油监测和溢油处理等。预计到2025年，美国国内执法机构将购买2万多台无人机协助执法工作，包括高风险取证、障碍清除及失踪人员搜寻等。

2017年9月，美国国会研究服务局（Congressional Research Services）发布无人机商用前景报告，认为民用无人机未来在以下领域普及最为广泛^[12]。

（1）农业

无人机在飞越农田时对机体、人以及地面财产产生的风险最低，因此农业可能成为无人机最先普及的行业之一，尤其是在须使用土壤、农作物、营养、害虫、水分和产量详细数据的精密农业中潜在应用广泛。美国农业局预测使用无人机监测作物的每英亩投资回报为玉米12美元、大豆2.6美元、小麦2.3美元。农民还可利用无人机有针对性地使用除草剂和杀虫剂。

（2）房地产业

房地产经纪人已使用无人机代替直升机来拍摄图像。除住宅房地产图像外，无人机还可用来拍摄大型商业用地的规模和细节，并有可能成为用于检查财产损失的常规工具。

（3）公用事业

公用事业企业将利用无人机对电力和管道进

行检查、测量和监测，并在自然灾害过后道路不通的情况下组织维修。无人机还为监测位于偏远地区的传输线路、塔楼和变电站提供了新方式。此外，无人机可取代人力，用于检查发电设施情况，提高工人人身安全。

（4）建筑业

无人机可用于检查施工进度和绘图：精准的地形图能够保证项目设计的精确性，减少施工过程中的设计改动；由无人机进行高空检查工作可为工人提供更好的安全保障。无人机还可用于拍摄项目进展，提供视频档案，以减少承包商和土地所有者之间的争端。

（5）电影制作

已经有电影公司利用无人机上的摄像机拍摄部分电影，用于此目的的无人机通常由专业提供航拍照片和视频的承包商拥有和操作。

此外，美国消费级无人机增长迅速。据美国联邦航空管理局统计，截至2016年底，共有62.6万无人机爱好者在联邦政府注册，消费级无人机约110万台，年均复合增长率约为68%。预计到2021年，美国消费级无人机数量最高将达到447万台^[13]。

4.2 无人机普及应用存在的问题

美国民用无人机制造技术领先、应用普及迅速，发展前景广阔，刚刚启动的无人机融合试点计划无疑将大力加速无人机进入国家空域体系。但无人机的大规模普及仍面临监管、技术和管理层面的问题。

（1）隐私保护问题

前任总统奥巴马曾颁布行政令，要求联邦机构研究制定针对无人机的隐私条款，但美国联邦航空管理局在2016年的无人机法规中并未涉及隐私问题，也未对无人机收集个人或财产数据的方式进行规定。无人机商业化应用所面临的隐私问题主要包括两方面：一是对空中系统隐私的含义进行定义，二是确定监管隐私问题的联邦政府部门。如何解决隐私保护问题是影响无人机商业应用的关键因素之一。

（2）感知与避障技术问题

为防止无人机撞上建筑物、其他飞行器及其飞行高度以下的人或物，目前的无人机条例要求无人机必须在驾驶员视线内进行操作，极大地限制了无

人机的飞行范围，阻碍了远距离作业无人机的发展部署。新开发的“广播式自动相关监视”（ADS-B）技术能够实现感知-避障功能，将于2020年应用于商业航班，但体积大、成本高。谷歌及其他相关企业正积极开发应用于无人机的小型广播式自动相关监视系统和雷达探测系统，从而扩大无人机的商业操作范围。

（3）低空管制系统问题

要实现无人机完全融入国家空域体系，必须建立低空无人机交通管理体系，目前该项目由美国国家航空航天局牵头，联合美国联邦航空管理局及其他相关机构分4个阶段进行研究、开发和测试。针对人口稀少地区操作员视线外无人机飞行的第二阶段研究工作已完成，美国国家航空航天局计划于2019年将空域融合标准研究结果交付联邦航空管理局做进一步测试^[14]。

无人机自身安全、隐私保护以及监管框架和管制体系整体滞后是制约无人机大规模商业化运行的最大障碍，但特朗普政府在推动无人机全面融入国家空域系统的政策制定和项目实施上显示出极大魄力，无疑将加速美国无人机大规模商业化和全面融入国家空域的进程，从而保证美国在无人机技术开发、政府监管和商业应用领域的领先地位。■

参考文献：

- [1] Stamford. Gartner says almost 3 million personnel and commercial drones will be shipped in 2017[EB/OL]. [2017-02-09]. <https://www.gartner.com/newsroom/id/3602317>.
- [2] Teal Group. Teal group predicts worldwide civil UAS production will total \$65 billion in its 2016 UAS market profile and forecast [EB/OL]. [2016-07-08]. <http://tealgroup.com/index.php/about-teal-group-corporation/press-releases/129-teal-group-predicts-worldwide-civil-uas-production-will-total-65-billion-in-its-2016-uas-market-profile-and-forecast>.
- [3] Jonas Dino. NASA to dedicate new unmanned aerial vehicle technology center [EB/OL]. [2017-02-09]. https://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2003/03_56AR.html.
- [4] US Congress. FAA Modernization and Reform Act[Z/OL]. [2017-02-14]. https://www.faa.gov/uas/media/Sec_331_336_UAS.pdf.
- [5] UVA Global. Unmanned systems and manufacturers[EB/OL]. [2017-09-09]. <http://www.uavglobal.com/list-of-manufacturers/>.
- [6] Federal Aviation Administration. Unmanned aircraft systems[EB/OL]. [2017-09-09]. https://www.faa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/media/Unmanned_Aircraft_Systems.pdf.
- [7] Association for Unmanned Vehicle Systems International. The economic impact of unmanned aircraft systems integration in the United States[EB/OL]. [2017-02-09]. https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AUVSI/958c920a-7f9b-4ad2-9807-f9a4e95d1ef1/UploadedImages/New_Economic%20Report%202013%20Full.pdf.
- [8] Federal Aviation Administration. Small Unmanned Aircraft Regulations (Part 107) [Z/OL]. [2017-06-21]. https://www.faa.gov/uas/media/RIN_2120-AJ60_Clean_Signed.pdf.
- [9] Federal Aviation Administration. Registration and marking requirements for small unmanned aircraft[EB/OL]. (2015-12-16)[2017-02-09]. <https://www.federalregister.gov/documents/2015/12/16/2015-31750/registration-and-marking-requirements-for-small-unmanned-aircraft>.
- [10] Federal Aviation Administration. Fact sheet—FAA UAS test site program[EB/OL]. [2017-07-30]. https://www.faa.gov/news/fact_sheets/news_story.cfm?newsId=15575.
- [11] Federal Aviation Administration. UAS Integration Pilot Program White House fact sheet[EB/OL]. [2017-10-07]. <https://www.transportation.gov/briefing-room/uas-integration-pilot-program-white-house-fact-sheet>.
- [12] Congressional Research Service. Unmanned aircraft systems: commercial outlook for a new industry[EB/OL]. [2017-08-09]. <https://fas.org/sgp/crs/misc/R44192.pdf>.
- [13] AUVSI. The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the United States[R/OL]. [2017-09-09]. https://issuu.com/auvsi/docs/econ_report2/3.
- [14] National Aeronautics and Space Administration. Unmanned aircraft system traffic management[EB/OL]. [2017-10-07]. <https://utm.arc.nasa.gov/>.

Civil UAS Industry Development and Government Promotion Measures in the US

WANG Lian

(China Science and Technology Exchange Center, Beijing 100045)

Abstract: The integration of UAS and modern information technologies has demonstrated great potential in multiple specialized areas, both technically and economically, making it an important accelerator for the development of emerging industries around the world. The U.S. is taking the lead in UAS technology development, industrial application as well as rule-making. This paper analyzes the trend of UAS manufacturing in the U.S., scaled industrial utilization and measures adopted by the federal government to promote its development, in a bid to provide references for China.

Key words: US; civil UAV; government regulation; UAS integration program

(上接第17页)

- OL]. [2017-09-29]. <http://www.cleanenergyministerial.org/>.
- [9] Rodrigo Augusto Rodrigues, José Honório Accarini. Programa Brasileiro de Biodiesel[R]. Brasília, 2007.
- [10] 张新生. 国际生物燃料大会在巴西召开 [N]. 科技日报, 2008-11-19 (2).
- [11] Poca NEGÓCIOS.A maior startup do Brasil[EB/OL].[2017-08-25]. <http://epocanegocios.globo.com/Informacao/Visao/noticia/2015/04/maior-startup-do-brasil.html>.

Clean Energy Development and Practice in Brazil

WANG Lei

(China Science and Technology Exchange Center, Beijing 100045)

Abstract: Brazil has very prominent experience in developing clean energy, especially in developing bio-energy for addressing climate change. This paper mainly introduces the current situation of the clean energy development in Brazil, its promoting policies and measures, the successful practice in developing clean energy and the status of the cooperation in clean energy between China and Brazil. It also puts forward some cooperation proposals between China and Brazil in clean energy field.

Key words: Brazil; clean energy; bio-energy; climate change