

基于专利视角的美国无人机技术创新态势研究

郭 晨, 周 杰, 梁琴琴

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘 要: 本文以美国专利和商标局 (USPTO) 的已授权专利数据库收录的专利数据为基础, 分析了美国无人机领域的技术创新情况。分别从技术发展趋势、研究机构分布、技术热点和技术集群变化情况等方面进行了讨论。研究结果表明: 美国无人机技术的发展经历了从军用到民用的过程, 企业是主要的创新主体, 无人机控制技术是长期以来的研究重点; 同时在不同的时间阶段又存在不同的技术集群, 2000—2005 年, 主要集中在无人机控制和导航技术, 2006—2010 年, 聚焦于无人机数据加工处理和信息传输技术, 2011—2015 年, 无人机功能开发和结构设计成为热点。

关键词: 美国; 专利分析; 无人机; 技术创新

中图分类号: G306; V279 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2017.04.012

无人机 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操控的不载人飞机^[1], 包括无人直升机、无人固定翼机、无人多旋翼飞行器、无人飞艇、无人伞翼机这几大类^[2, 3]。无人机具有体积小、造价低、使用方便、对作战环境要求低、战场生存能力较强等优点^[4], 在军事、人道主义救援、航拍、濒危动植物保护和遥感等多个领域具有应用潜力, 已经成为近年来自动化控制领域的研究热点。

美国是世界上最早研制无人机的国家。早在 20 世纪 80 年代, 美国军方首先提出了军用飞机适航性的概念, 把无人机置于军事装备优先发展的位置, 凭借其先进的军事科技和大量的资金投入, 在无人机领域处于遥遥领先的地位。进入 2000 年后, 美国国防部分别于 2000 年、2002 年、2005 年和 2007 年发布了四个版本的无人机路线图, 依次为“2000—2025 年无人机路线图”“2002—2027 年无人机路线图”“2005—2030 年无人机路线图”和“2007—2032 年无人机路线图”, 来推动美国无人机技术的发展。同时, 美国在民用领域发力, 2003 年美国国

家航空航天局 (NASA) 成立世界级的无人机应用中心, 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。2012 年, 时任总统奥巴马签署了《2012 联邦航空管理局 (FAA) 现代化与改革法》, 向民用无人机开放空域, 进一步促进无人机技术的发展与应用。

基于在军事和民用领域的巨大应用价值, 无人机行业全球市场预计在未来 10 年将达到 727 亿美元左右^[5]。我国政府也高度重视无人机技术的研发, 在 2015 年发布的《中国制造 2025》战略中, 无人机作为“航空航天装备”重点领域的主要研究方向被明确提出。目前, 我国在无人机领域已经取得了一定的成就, 形成了以军工集团下属单位和科研院所、民营企业为主要市场参与者的新兴市场, 涌现出一批优秀的无人机企业 (如大疆创新科技有限公司), 并占领了一定的市场份额, 但与美国等发达国家仍然有一定的差距。

专利信息包含了各技术领域的最新科技成果, 通过对专利信息进行加工、整理和分析, 可以挖掘隐含在专利信息中的法律、经济与技术信息^[6]。世

第一作者简介: 郭晨 (1993—), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为前沿领域分析与专利分析。

收稿日期: 2017-03-08

界知识产权组织(WIPO)的研究表明,全球90%以上的最新研究成果首先通过专利文献公开,对专利文献所包含信息的运用,能够节约40%的研发经费和60%的研发时间^[7]。冯琳琳^[8]基于中国知识产权大数据与智慧服务系统检索所得数据对全球无人机领域专利申请状况进行了统计分析,得到了全球无人机技术发展的总体情况。张健东等^[9]在国家知识产权局官方网站专利检索数据库中对我国无人机领域相关专利进行了检索分析,得到了我国无人机领域的技术发展现状。本文则以在美国市场授权的专利数据为基础,对无人机技术强国——美国的发展态势进行了考察,对我国无人机技术的发展具有参考意义。

1 数据来源及分析方法

本文以美国专利和商标局(USPTO)数据库的已授权专利数据库为数据来源。美国专利和商标局专利数据库收集了1976年以来所有在美国申请和授权专利的数据,囊括了世界上大多数先进技术,尤其是新兴技术。在美国专利和商标局的已授权专利数据库进行检索,检索式为:tl/(DRONE OR UAV OR UAS OR "UNMANNED AERIAL VEHICLE") OR abst/(DRONE OR UAV OR UAS OR "UNMANNED AERIAL VEHICLE") OR aclm/(DRONE OR UAV OR UAS OR "UNMANNED AERIAL VEHICLE"),检索范围为1790年至今,检索日期为2017年2月14日。

检索共得到1 278条数据,经过查重和去除

不相关数据后有1 254条数据。由于从专利申请到专利公开存在18个月的滞后期,所以2016年和2017年的数据仅供参考。采用OpenRefine、Ucinet6等工具对下载的专利数据进行数据清洗、信息挖掘、网络构建和可视化分析。

2 结果与讨论

本文针对美国无人机技术的发展趋势、研究机构、技术热点分布以及技术集群变化情况展开分析。

2.1 发展趋势分析

美国在无人机技术领域的研究始于20世纪60年代,后续的发展趋势见图1。可以看出,美国在无人机领域的研究总体呈现上升趋势。但2000年前数量较少,这是由于美国早期对无人机技术的研发主要基于军事需求,成果往往会进行国防保密处理,而不会以专利形式公开。从2000年开始专利年申请呈现明显上升趋势,在2012年时,专利年申请量突破100件,并且继续保持增长态势。进入21世纪后美国无人机相关专利快速增长,其主要原因是美国无人机的研制投入和采购需求呈现爆发性增长。美国在无人机领域的投入,20世纪90年代总共只有34亿美元,而2010年一年就有44亿美元,目前美军无人机占全部军机数量的比例达到40%以上。随着无人机技术和市场的不断发展,尤其是无人机技术在民用领域的发展,近几年美国

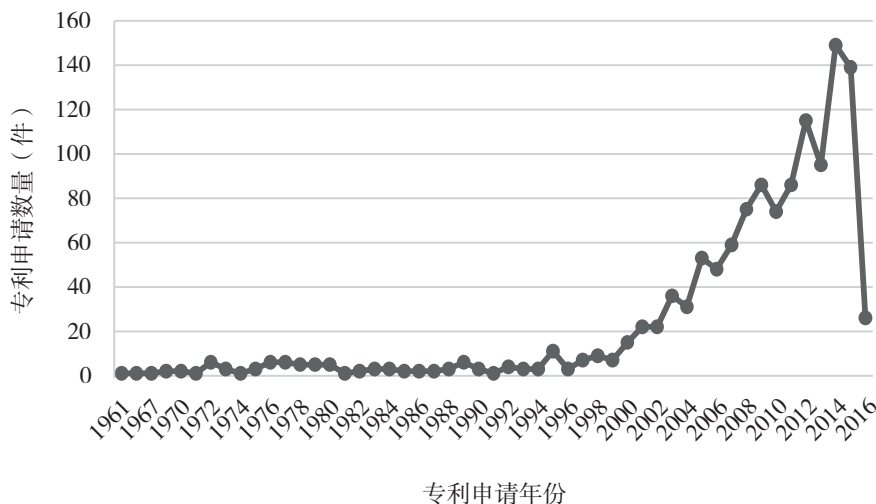


图1 美国无人机专利申请历年趋势

无人机领域专利申请量保持了高水平，未来美国在无人机领域的专利产出依然会保持上升态势。

同时考察专利申请数量和申请人数量随时间变化的情况，绘制了技术生命周期曲线（见图2），进一步考察美国无人机技术发展的成熟度。

1961—2000年，美国无人机领域专利权人数量和专利申请数量均增长缓慢，整体技术处于萌

芽阶段；2000年后，专利权人数量和专利申请数量总体均呈现增长趋势，但有所波动。2000年之前（包括2000年），专利权人数量都是个位数；2000年后，进入该领域的专利权人逐渐增加，2014年无人机领域的专利权人数量达到82，说明美国无人机领域的研发活动不断加强，该领域技术发展水平较高。

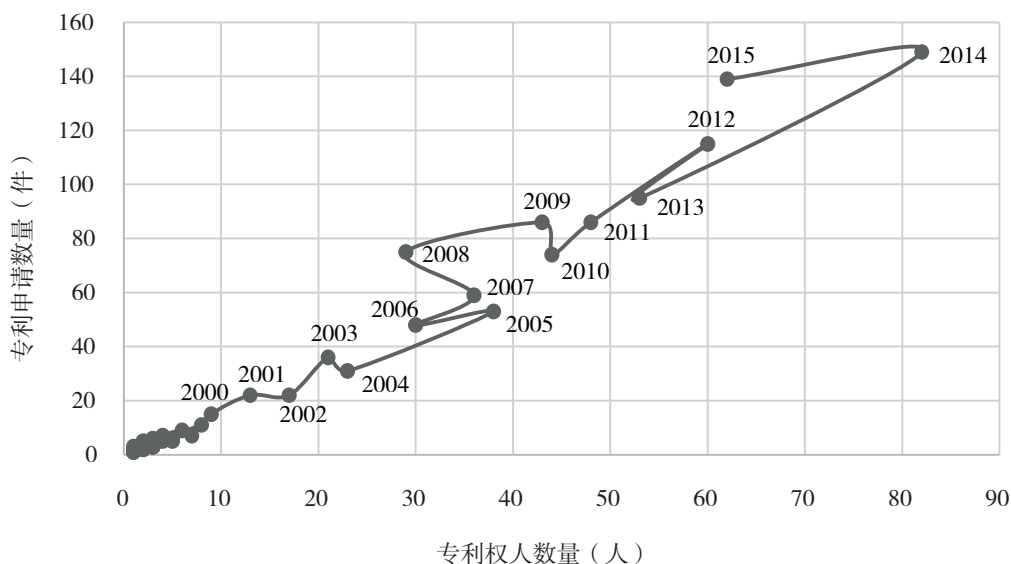


图2 美国无人机技术生命周期曲线

2.2 研究机构分析

表1列出了在美国获得无人机相关专利授权的前10位机构。排名第一位的是美国波音公司，前10位机构中有8家来自美国。我国大疆创新科技有限公司以42件专利位列第4，法国派诺特公司以17件专利处于第10位。值得注意的是，在美国获得无人机相关专利授权的机构中，军用设备制造公司占较大比重，在排名前10位的8家美国机构中，除了IBM公司、亚马逊公司和谷歌公司，其余如波音公司、霍尼韦尔公司、洛克希德·马丁公司等都在为美国军方设计和制造军用无人机，这表明美国无人机技术的研发有较大一部分是出于军事需求。而与之相反的是，其他国家（地区）在美国申请无人机专利的机构都是新兴的民用科技公司。

从机构类型来看（所有专利权人），只有少量专利（25件）来自科研机构，占专利总量的2%，

剩余98%均来自企业。企业专利权人主要包含三种类型，占比从高到低依次为军用设备制造公司、软件系统开发公司和商用无人机生产制造商。未来在无人机民用领域，软件开发公司基于其自身的系统开发优势将发挥更大的作用，同时也是推动美国无人机民用市场发展的主要力量。

2.3 技术热点分析

国际专利分类（IPC）是世界知识产权组织推出的目前世界唯一通用的国际专利分类体系，按照专利文献的技术主题进行分类，常常可以用于探讨某一特定领域的技术分布情况^[10]。

对下载并清洗后的专利主IPC进行统计，排名前10位的主IPC总结在表2中。可以看出，与飞行器控制、导航相关的专利最多，涉及的IPC有G05D 1/00、G01C 23/00、G08G 5/00、G05D 1/10，专利数量达到65件。其中，对于无人机位置或航道控制技术的研究（G05D 1/00）最多，相关专

表 1 在美国获得无人机相关专利授权的前 10 位机构

序号	机构英文名称	机构中文名称	所属国家	专利数量
1	The Boeing Company	波音公司	美国	92
2	Honeywell International Inc.	霍尼韦尔公司	美国	57
3	Lockheed Martin Corporation	洛克希德·马丁公司	美国	52
4	SZ DJI TECHNOLOGY, CO., LTD	大疆创新科技有限公司	中国	42
5	International Business Machines Corporation	IBM 公司	美国	32
6	The United States of America as represented by the Secretary of the Navy	美国海军	美国	32
7	Raytheon Company	雷神公司	美国	30
8	Amazon Technologies, Inc.	亚马逊科技有限公司	美国	27
9	Google Inc.	谷歌公司	美国	20
10	Parrot	派诺特公司	法国	17

利达到 40 件。此外,基于用途的无人机结构设计(B64C 39/02)、无人机旋翼设计(B64C 27/08)以及无人机交通控制系统(G08G 5/00)也有一定数量的研究成果。H04N 7/18、G06K 9/00 和 H04W 24/00 主要涉及无人机的数据处理系统,有 17 件专利。分析表明,排名前 10 的主 IPC 主要集

中于无人机的控制系统、导航定位系统、数据处理系统,与无人机在测量、测绘、数据传输处理等方面的应用有关,而这正是无人机的主要应用方向。其中,控制系统是无人机的核心技术,不论要将无人机用于哪一方面,稳定的控制系统都是关键因素,因此需加强在该技术方向的研发。

表 2 美国无人机领域专利主 IPC 前 10 位

序号	主 IPC	专利数量	释义
1	G05D 1/00	40	三维的位置或航道的同时控制
2	B64C 39/02	25	其他飞行器,以特殊用途为特征者
3	G01C 23/00	13	指示多于一个导航数值的组合仪表,如飞机所用的仪表;测量两个或两个以上运动变量的组合测量装置,如距离、速度、加速度
4	H04N 7/18	7	闭路电视系统,即电视信号不广播的系统
5	G08G 5/00	7	空中航空器的交通控制系统
6	B64C 27/08	7	旋翼机;其特有的旋翼(有两个或多个旋翼者)
7	G06K 9/00	6	用于阅读或识别印刷/书写文字,或者识别图形的方法或装置
8	B64D 39/00	5	飞行时加油
9	G05D 1/10	5	三维的位置或航向的同时控制
10	H04W 24/00	4	监督、监控或测试装置

考察了专利数量排名前 10 的专利权人主要涉及的技术领域（见表 3）。波音公司作为拥有专利最多者，较为注重无人机控制系统的研究。霍尼韦尔和 IBM 公司都较为注重导航系统的研究。我国的大疆创新科技有限公司和法国派诺特公司所涉及

的技术领域较相似，两家公司作为消费级无人机制造商，都十分注重基于用途的无人机结构功能设计。值得注意的是亚马逊科技有限公司特别注重将无人机用于物流领域，其在 G06Q 10/08（物流；库存或存货管理）上有较多的专利布局。

表 3 专利权人 TOP10 及其主要涉及技术领域

序号	机构英文名称	机构中文名称	主要技术领域（专利数量）
1	The Boeing Company	波音公司	G05D 1/00（19）、B64C 39/02（10）、G08G 5/00（9）
2	Honeywell International Inc.	霍尼韦尔公司	B64C 29/00(8)、G01C 21/00(4)
3	Lockheed Martin Corporation	洛克希德·马丁公司	B64F 1/02（6）、B64C 39/02（5）
4	SZ DJI TECHNOLOGY, CO., LTD	大疆创新科技有限公司	B64C 39/02（24）、G05D 1/00（15）、B64C 27/08（9）
5	International Business Machines Corporation	IBM 公司	G05D 1/00（13）、B64C 39/02（8）、G01C 21/00（5）
6	The United States of America as represented by the Secretary of the Navy	美国海军	B64F 1/02（2）、G05D 1/00（2）
7	Raytheon Company	雷神公司	G05D 1/00（4）、G06F 17/00（3）
8	Amazon Technologies, Inc.	亚马逊科技有限公司	B64C 39/02（19）、G05D 1/00（10）、G06Q 10/08（9）
9	Google Inc.	谷歌公司	B64C 39/02（11）、G05D 1/00（4）、B64D 1/12（4）
10	Parrot	派诺特公司	B64C 39/02（5）、G05D 1/00（5）

2.4 技术集群变化分析

基于时间维度分析技术集群的变化情况，能够考察美国在无人机领域的研发重点变化轨迹。选取典型时间范围，对不同时间范围内的专利文献 IPC 小组信息进行共现分析，考察对应时间范围内不同技术方向之间的内在关联程度，继而得到不同技术发展阶段的技术集群分布。由于在 2000 年之前美国无人机技术的年专利申请量较少（低于 10 件），处于探索和保密阶段，2000 年之后随着民用领域应用增加而出现快速增长，所以在进行技术集群变化分析时，仅针对 2000 年之后的数据进行分析。从前面的分析发现，2000 年后专利数量的变化呈现稳步上升的态势，并未出现较大幅度的波动，因此以五年为一个时间区间进行考察，即分为 2000—2005 年、2006—2010 年、2011—2015 年三个时间阶段。选择各个时间阶段专利数量排名前 50 位的 IPC 小组作为数据基础构建共现矩阵，使用社会网络分析软件 Ucinet6 对矩阵进行可视化分析，得

出共现网络图，并计算了不同节点的中心度值，结果依次见图 3、图 4、图 5，图中的点越大，代表对应的 IPC 小组的中心度越大。

2000—2005 年（见图 3），G05D 1/00（三维的位置或航道的同时控制）在技术集群中最重要，与 7 个其他技术方向之间发生技术关联，其中有 3 个技术方向都涉及无人机的导航系统和控制系统（G01S、G05D），另外还与数据处理（G06F）、无人机结构设计（B64C、B64D）发生关联。根据 G05D 1/00 在技术集群中的位置和技术关联情况，并结合整个技术集群图谱，可以看出这一时期的技术重点是无人机的控制系统、导航系统。

2006—2010 年（见图 4），G05D 1/00 仍然在技术集群中占据重要位置。G06F 19/00 和 G06F 17/00 在共现图谱中的重要程度有所上升，所以这两个 IPC 所代表的数据加工处理技术的重要程度在该阶段有所提高。F41G 7/00、F42B 15/01、F42B 15/00

所代表的武器瞄准发射制导技术在这一阶段也较为重要。

2011—2015 年(见图 5),随着无人机民用市场的不断扩大,基于用途的功能开发成为热点,B64C 39/02 从 2000—2010 年时的边缘位置进入技术集群的中心,与 G05D 1/00 同处集群的重要位置。此外,关于无人机结构设计的 IPC (B64C 27/08) 在集群中的重要性有了很大提升,无人机的数据传输(H04N 7/18、H04W 4/02、H04N 5/232 等)

也是这一阶段技术集群中的重点技术。

通过三个时间阶段技术集群情况的对比发现,从核心技术变化来看,无人机的控制技术始终都处于首要位置,但不同阶段的研究热点又存在一定的差异,依次为 2000—2005 年的无人机导航系统、2006—2010 年的无人机数据处理和信息传输系统、2011—2015 年的无人机功能开发和结构设计。而无人机研究热点的每一次变化都是由当时的需求导向引发的。

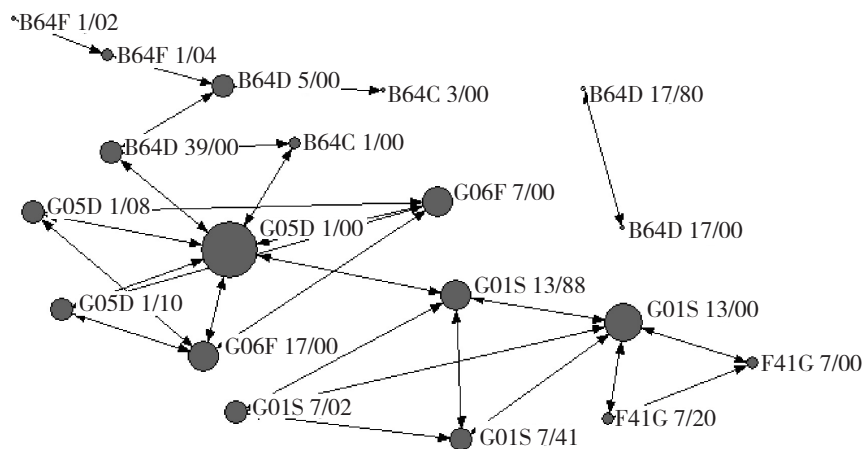


图 3 2000—2005 年 IPC 共现网络图谱

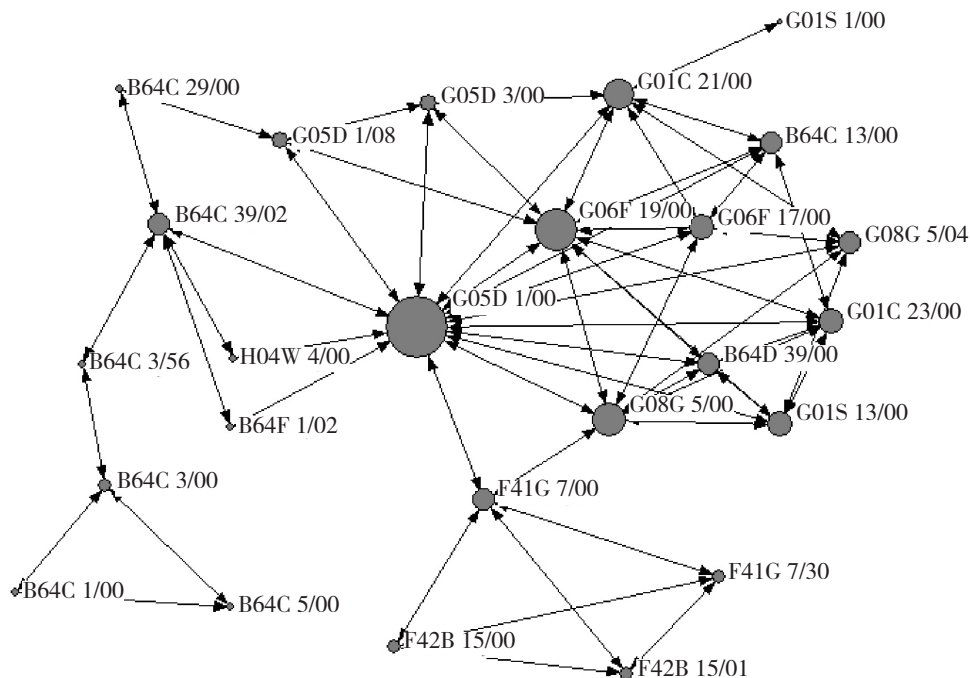


图 4 2006—2010 年 IPC 共现网络图谱

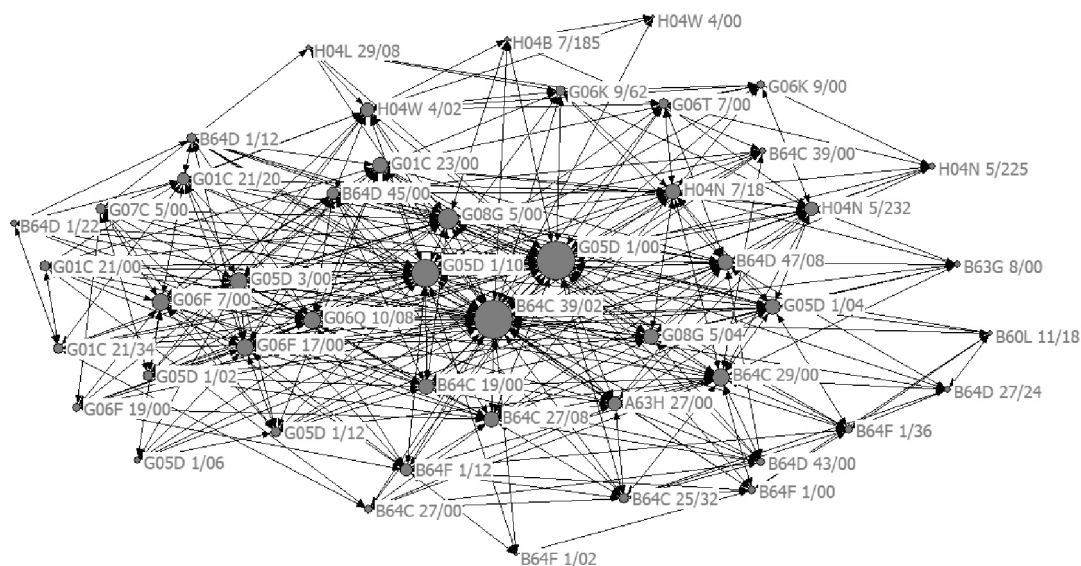


图 5 2011—2015 年 IPC 共现网络图谱

3 结论

美国的无人机技术发展早期源于军事需求，以政府支持为主导，近年来随着民用需求的增加，部分科技巨头开始参与其中，共同推动美国无人机领域的发展。本文以专利数据为分析基础，从技术发展态势、重要研究机构、技术热点和技术集群变化情况等方面进行了系统研究，得出以下结论，为我国无人机领域的技术发展提供参考。

（1）由于早期基于军事需求研发，采取技术保密的措施，美国市场无人机技术相关专利数量直到 21 世纪初才开始快速增长，目前依然处于稳定上升的态势。表明美国从 21 世纪初开始逐步放开并大力推动无人机在民用领域的应用，研制投入和采购需求均呈现爆发性增长。未来随着无人机应用领域的不断拓宽，美国依然会持续加大在无人机研发领域的投入力度。

（2）美国无人机技术的主要创新主体是企业，大学和研究机构只是补充。由于无人机技术在美国的发展是先军事领域，后民用领域，因此美国无人机企业的构成以军用设备制造公司为主，如波音公司、霍尼韦尔公司、洛克希德·马丁公司，其次为软件系统开发公司，如 IBM 公司、亚马逊科技有限公司和谷歌公司。其中，波音公司较为注重无人机控制系统的研究，霍尼韦尔和 IBM 公司都较为

注重导航系统的研究。

（3）无人机控制技术长期处于美国无人机领域研发的核心位置，在不同时间阶段都投入了大量精力展开相关研究。除此之外，技术集群分析表明，美国无人机领域在不同时间阶段也有着不同的研究热点。2000—2005 年，主要围绕无人机控制和导航技术展开研究；2006—2010 年，聚焦于无人机数据加工处理和信息传输技术；2011—2015 年，民用领域大放异彩，无人机功能开发和结构设计成为热点。

（4）我国在无人机领域的研究起始时间和政府重视程度与美国并不存在较大差距，但目前我国军用无人机和工业无人机领域研究处于劣势。技术创新主体和技术研发的集群效应是主要原因。美国的技术研发主要来自企业，易于实现军用技术的民用化。其次，在不同发展阶段，美国无人机领域都围绕核心技术形成了一定规模的技术集群，为下一阶段的研究奠定了扎实的基础。因此，我国应进一步推动无人机企业的技术创新，同时注重在不同时期引导形成一定规模的技术集群，保障我国无人机行业的稳步健康发展。■

参考文献：

- [1] 卫立现，马剑峰，艾变开. 从专利角度看中国无人机领域竞争态势[J]. 中国发明与专利，2016（2）：36-40.

- [2] 淳于江民,张珩.无人机的发展现状与展望[J].飞航导弹,2005(2):23-27.
- [3] 邹湘伏,何清华,贺继林.无人机发展现状及相关技术[J].飞航导弹,2006(10):9-14.
- [4] 史颀华.小型无人驾驶飞行器自主飞行控制研究[D].南京航空航天大学,2012.
- [5] 武坤琳,张洪娜.未来十年世界无人机市场预测[J].飞航导弹,2015(5):6-8.
- [6] 陈燕,黄迎燕,方建国,等.专利信息采集与分析[M].北京:清华大学出版社,2006:2-3.
- [7] 魏金钟.企业知识产权工作实务[M].北京:航空工业出版社,2010:244-245.
- [8] 冯琳琳.无人机领域全球专利申请状况分析[J].中国发明与专利,2016(10):66-70.
- [9] 张健东,刘强,曹德斌.无人机技术中国专利分布情况及其专利情报运用[J].国防科技,2013,34(5):75-80.
- [10] Vijvers W G. The international patent classification as a search tool[J]. World Patent Information, 1990, 12(1): 26-30.

Research on Technology Innovation Situation of UAV in US Based on Patent Analysis

GUO Chen, ZHOU Jie, LIANG Qin-qin

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: This paper analyzes the technology innovation of the American unmanned aerial vehicle (UAV), on the basis of patent data which are collected by US Patent and Trademark Office (USPTO) database. The development trend of technology, the distribution of research institutions, the hotspots of technology and the changes of technology clusters are discussed. The results show that the development of UAV technology in the United States has evolved from military to civil. The enterprise is the main innovation subject. UAV control technologies have been the focus of research for a long time. At the same time, there are different technology clusters. In 2000—2005, mainly focused on UAV control and navigation technologies; 2006—2010, focused on UAV data processing and information transmission technologies; 2011—2015, UAV function development and structural design became hot spots.

Key words: US; patent analysis; UAV; technology innovation