

主要航天国家航空航天技术研究发展态势

——基于 Web of Science 数据库的科学计量分析

1. 中国航天系统科学与工程研究院 北京 100048;
2. 中国航天工程科技发展战略研究院 北京 100048

马雪梅^{1,2} 薛慧锋¹ 袁建华¹ 胡良元^{1,2} 姜思宇¹

摘要 航天产业在国家战略中的地位与作用日益突显，是提升国家竞争力和影响力的关键。作为战略性前沿技术领域，航空航天技术的发展和进步无疑是推动航空航天产业技术创新、促进航天产业快速发展的重要引擎。本文基于 web of science 数据库，以 JCR 收录的 30 个航空航天工程领域的科技期刊在 2006-2015 年间所刊载的科技论文为数据源，运用科学计量方法，对主要航天国家在航空航天技术领域的研究现状和发展态势进行分析，着重完成中国与美国、欧盟、俄罗斯以及日本和印度等五个国家（地区）的比较分析。研究发现：全球对航空航天领域的研究热度持续升高，并保持增长的态势；美欧航空航天技术研究依旧处于领先地位，其研究热点更加集中于航天前沿技术探索上，而中国和其他主要航天国家更加重视航天技术的应用研究；中国与世界航天强国相比，存在一定的差距。本文旨在为建设航天强国提供参考和建议。

关键词：航空航天技术领域，主要航天国家，科学计量方法，技术研究发展态势，创新能力

中图分类号： G350

开放科学（资源服务）标识码（OSID）



Study on Development Status of Aerospace Technology Research Field in Major Aerospace Countries ——Based on Scientometrics Analysis of Web of Science Database

1. China Aerospace Academy of Systems Science and Engineering, Beijing 100048, China;
 2. China Academy of Strategy on Aerospace Engineering Science and Technology, Beijing 100048, China
- MA XueMei^{1,2} XUE HuiFeng¹ YUAN JianHua¹ HU LiangYuan^{1,2} JIANG SiYu¹

作者简介：马雪梅（1985-），女，新疆独山人，高级工程师。主要研究方向：航天科技战略，技术创新管理与科技政策，Email: xuemei_ma@foxmail.com。

Abstract The status and role of the space industry in the national strategy has become increasingly prominent, and space industry is the key to enhance national competitiveness and influence. As a strategic frontier technology, the development and progress of aerospace technology undoubtedly become the important engine to promote the technological innovation in aerospace industry and rapid development of aerospace industry. Based on the Web of Science database, this paper chooses scientific articles published on 30 journals in the aeronautical and astronautical engineering field indexed by JCR from the period 2006–2015 as the data source, and used scientific measurement methods to analyze the status and development trend of the major aerospace countries in the aerospace technology field, conducted the comparative study in five countries or regions between China, United States, European Union, Russia, Japan and India. The study found that: The global research heat in the aeronautical and astronautical field keep on rising and maintain the growth momentum. The US and European aerospace technology research is still in a leading position, their research more focused on the forefront technology of space exploration, while China and other major aerospace countries paid more attention to the application research of space technology. The results indicated that there is a certain gap between China and world's space powers. Moreover, this article aims to provide reference and recommendations for the construction of aerospace power.

Keywords: Aerospace field, major aerospace countries, scientometrics analysis, development status of aerospace technology, innovation ability

1 引言

今年是中国航天事业创建60周年。航天产业在国家战略中的地位与作用日益突显，是提升国家竞争力和影响力的关键，目前几乎所有大国都把航空航天产业作为重点发展的战略领域^[1]。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020）》中明确提出，航空航天技术是八大前沿技术领域之一。作为战略性前沿技术领域，航空航天技术的发展和进步无疑是推动航空航天产业技术创新、促进航天产业快速发展的重要引擎^[2]。然而，与美国等航天强国相比，当前我国技术创新体系还不适应航天强国建设需求，存在原始创新能力不足、技术水平与航天强国存在较大差距等问题，使我国航天仍处于第二梯队^[3-4]。如何从航天大国迈向航天强国，提高我国航空航天产业的技术创新能力和国际竞争力，是业界和学界都需要思考

的问题^[5]。

科学研究成果是科学研究状况的重要测度角度，能够反映一个地区、一个国家，乃至全球的科学水平，而论文发表是测度创新的有效指标之一。利用文献分析一国科学研究的国际化成果产出状况和质量水平，已经成为当今国际科学评价发展的必然趋势^[6]。因此，通过文献的科学计量可以深入分析航空航天技术研究的现状与发展态势，为解读航空航天产业的发展提供理论依据，对理解主要航天国家在航空航天技术领域的创新能力和竞争力具有重要的意义^[7]。

本文基于web of science数据库，以JCR收录的30个航空航天工程领域的科技期刊为数据源，选取这些期刊在2006-2015年所刊载的论文作为研究对象，运用科学计量方法，对主要航天国家在航空航天工程领域的研究现状和发展态势进行分析，着重完成中国与美国、欧盟、

俄罗斯以及日本、印度等五个国家（地区）的比较分析，以期得到有价值的结论和发现，为未来研究和实践提供参考。

“探索浩瀚宇宙，发展航天事业，建设航天强国，是我们不懈追求的航天梦”^①。建设航天强国，需要强大的基础研究和创新能力作为支撑。对航空航天领域进行深入分析、深刻把握航空航天技术领域研究的全景，有助于科技人员和决策者及时了解航天技术的研究现状及动向，为航天技术领域及其基础研究提出有效的发展和决策建议，为提升我国基础研究的能力、促进航空航天事业的繁荣与发展和建设航天强国具有重要的参考价值。

2 研究方法 with 数据来源

本文采用科学计量学的方法，运用统计分析方法对航空航天工程领域的各个方面和整体进行量化研究，有助于揭示其发展规律。文献计量方法是情报及相关领域分析和挖掘技术领域研究现状和研究发展态势的主要方法，目前国内外学者就此类问题开展了大量的研究。本文基于文献计量，主要从论文产出、基金资助机构、研究机构和被引论文最多的文献等四个方面对航空航天技术领域的研究现状和发展态势进行统计与分析，挖掘并尝试分析航空航天工程领域的主要国家、重要文献和重要机构，以此了解主要航天国家在航空航天技术领域的研究状况，并从历年论文产出趋势和研究热点领域两个方面完成了中国与美国、欧盟、

俄罗斯以及日本和印度等五个国家（地区）的比较分析。

本文的数据来源于美国科学情报研究所（ISI）创建的Web of Science 数据库。Web of Science 数据库是汤森路透科技集团（Thomson Reuters）旗下的产品，是国际上最重要、最有学术权威性的引文信息源，包括了SCI、SSCI、A&HCI三大著名的引文索引数据库。利用Web of Science可以快速地检索科研信息，也可以全面地了解有关某一学科、某一领域的研究信息。由于其严格的选刊标准和引文索引机制，使得Web of Science在作为文献检索工具的同时，也成为文献计量学和科学计量学的核心评价工具之一。

在Web of Science数据库的基础上，选择Web of ScienceTM核心合集，围绕航空航天技术领域，本文以JCR收录的30个航空航天工程领域（Engineering, Aerospace）的外文期刊作为数据源^②。《期刊引证报告》（Journal Citation Reports, JCR）是国际公认的权威期刊评价工具，收录的期刊具有一定的权威性和前瞻性。对这些期刊近十年所刊载的科学文献进行检索，选取时间范围2006–2015年，共计检索到28810篇，经过数据清洗，形成最终的数据样本。检索时间为2016年9月。在JCR收录的30个航空航天工程领域的外文期刊中，影响因子最高的是《航空航天科学进展》（PROGRESS IN AEROSPACE SCIENCES），于1961年创刊，是国际综合性的航空航天期刊。

^①2016年4月24日，习近平总书记在首个航天日提出“探索浩瀚宇宙，发展航天事业，建设航天强国，是我们不懈追求的航天梦”，寄语中国航天事业的发展。

^②JCR中收录的30个航空航天工程领域（Engineering, Aerospace）外文期刊及其影响因子的详细列表参见附录A。

3 航空航天技术领域研究现状和发展态势的统计分析

3.1 航空航天技术领域的论文产出情况

统计各国家或地区科技论文的总量是衡量

知识产出能力的主要指标之一。论文产出情况也可用来测定一个国家或地区的科学活动在国际上的地位和比重，从而监测该国家或地区科研创新能力的变化。我们对航空航天技术领域近10年来论文产出总量最多的15个国家进行了统计，如图1所示。

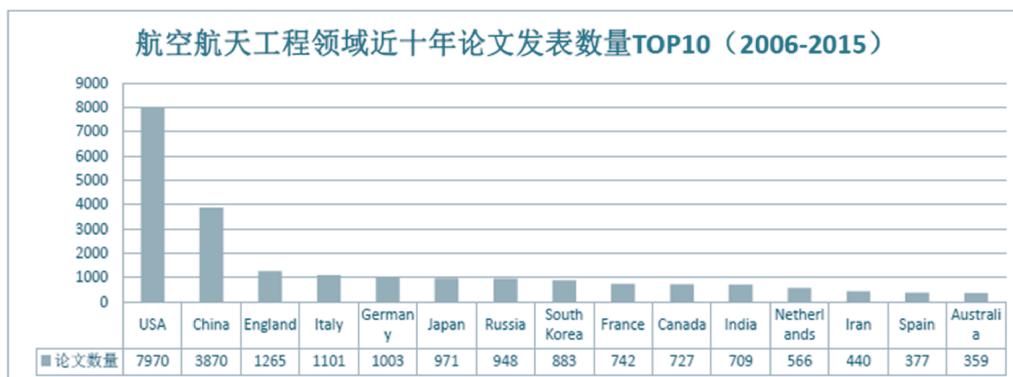


图1 航空航天工程领域近十年论文发表数量TOP10 (2006-2015)

2006-2015年间，航空航天技术领域发表相关文献共计28810篇，其中发表论文最多的三个国家依次为美国、中国和英国。美国论文7970篇，占国际论文比例为27.9%，位居世界第一；中国论文3870篇，占国际论文比例为13.5%，论文产出排名世界第二；英国论文1265篇，占国际论文比例为4.4%。美国和中国在航空航天技术领

域发表的论文总量占全球的41.4%，是航空航天技术领域最主要的论文产出国家。

2006-2015年历年航空航天技术领域论文发表数量统计如图2所示。可以看出，航空航天技术领域的整体论文发表总数连年提升，说明全球对航空航天领域的研究热度持续升高，近十年来一直保持增长的态势。



图2 航空航天工程领域历年论文发表数量 (2006-2015)

3.2 航空航天技术领域的主要基金资助机构

通过对数据样本的主要基金资助机构进行统计分析,可以为分析基金资助机构的资助效果提供参考依据。在2006-2015年间航空航天技术领域排名前20位的基金资助机构中,美国占了7个,中国占了5个。其中,排名前10位的基金资助机构见表1。资助发表论文最多的基金资助机构为中国国家自然科学基金(NSFC),近10年共累计资助发表论文711篇。国家自然科学基金

是我国支持基础研究的主渠道之一,在推动我国自然科学基础研究发展,促进基础学科建设,发现、培养优秀人才方面取得了巨大成绩,为我国基础研究的发展和整体水平的提高做出了积极贡献。资助发表论文第二多的基金资助机构为NASA——美国航空航天局,近10年共累计资助发表论文241篇。NASA创立于1958年,至今已经成为地球上最权威的航天局。资助发表论文第三的机构为俄罗斯基础研究基金会(RFBR),近10年共累计资助发表论文224篇。

表1 航空航天工程领域发表论文基金资助机构TOP10

	基金资助机构名称	论文数量
1	NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA (中国国家自然科学基金)	711
2	NASA (美国航空航天局)	241
3	RUSSIAN FOUNDATION FOR BASIC RESEARCH (俄罗斯基础研究基金会)	224
4	NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (美国国家自然科学基金)	171
5	US AIR FORCE OFFICE OF SCIENTIFIC RESEARCH (美国空军下属的空军科研办公室)	139
6	FUNDAMENTAL RESEARCH FUNDS FOR THE CENTRAL UNIVERSITIES (中央高校基本科研基金)	137
7	EUROPEAN COMMISSION (欧盟委员会)	80
8	AIR FORCE OFFICE OF SCIENTIFIC RESEARCH (美国空军科学研究所)	74
9	EUROPEAN UNION (欧盟)	70
10	OFFICE OF NAVAL RESEARCH (美国海军研究办公室)	67

3.3 航空航天技术领域的主要研究机构

我们对航空航天技术领域发表论文的研究进行统计分析。在2006-2015年间航空航天技术领域排名前25位的研究机构中,美国占了10个,中国占了4个。主要研究机构与高校占多数。排名前10位的研究机构见表2。NASA是发表论文最多的研究机构,近10年共累计发表论文884篇,数量遥遥领先于其他研究机构。作为美国联邦政府的一个行政机构,NASA负责制定、实施美国的民用太空计划并开展航空航天科学的研究。NASA在利用航空

航天技术以满足国家需要方面起到了绝对的领导作用,保持了美国民用航天的优势,并将航天技术和知识转移以用于一般工业^[8]。发表论文第二多的研究机构为俄罗斯科学院,近10年共累计发表论文437篇。排名第三的是佐治亚理工学院,近10年共累计发表论文353篇。其下属的航空航天系统设计实验室承担了美国政府、军方或大型企业的一些重大科研项目。我国哈尔滨工业大学、北京航空航天大学、国防科技大学在航空航天技术领域的论文发表均处前列。

表2 航空航天工程领域发表论文机构TOP10

	机构名称	论文数量
1	NASA (美国航空航天局)	884
2	RUSSIAN ACAD SCI (俄罗斯科学院)	437
3	GEORGIA INST TECHNOL (佐治亚理工学院)	353
4	USAF (美国空军研究实验室)	343
5	HARBIN INST TECHNOL (哈尔滨工业大学)	309
6	DELFT UNIV TECHNOL (代尔夫特理工大学)	271
7	CRANFIELD UNIV (克兰菲尔德大学)	266
8	UNIV MICHIGAN (密歇根大学)	255
9	NATL UNIV DEF TECHNOL (国防科技大学)	250
10	JAPAN AEROSP EXPLORAT AGCY (日本宇宙航空研究开发机构;)	242

3.4 航空航天技术领域的被引最高的文献

被引频次是论文影响程度的一个重要指标，它体现了科研团体对学者的关注度和信赖度，高被引学者往往成为科研领域内的核心人物。表3中列出了2006—2015年航空航天技术领域总被引频次排名前10名论文的题目、出版年

度、单位、国别和被引频次。

排名前10名的学者主要来自美国(8/10)，分别来自不同的高校、研究机构和企业。美国海军研究实验室的Chen VC发表的论文以被引515次排名第一位，其研究涉及的是雷达中的微多普勒效应。来自英国的Lanzerotti, Y发表的论文以被引388次排名第二，其研究主题涉及的是微弱信号检测。来自美国洛克希德·马丁公司的Mahler Ronald发表的论文以被引309次排名第三位，其研究与滤波器有关。排名前十的其他被引论文最多论文依次来自于美国密歇根大学、纽约州立大学布法罗分校、美国空军研究实验室、丹麦科技大学，以及美国麻省理工学院等研究机构，研究主题涉及涡轮发动机、非线性姿态估计、吸气式高超声速飞行器、空气动力学、正交线圈直接轨迹优化和共态估计等技术领域。

表3 航空航天工程领域的被引论文最多的文献列表

	文章题目	年度	国家	被引频次
1	Micro-doppler effect in radar: Phenomenon, model, and simulation study	2006	USA	515
2	Ultraweak Simultaneous Signal Detection With Theoretical Phase Calculation Approaches	2009	England	388
3	PHD filters of higher order in target number	2007	USA	309
4	Nickel-based superalloys for advanced turbine engines: Chemistry, microstructure, and properties	2006	USA	302
5	Survey of nonlinear attitude estimation methods	2006	USA	299
6	Nonlinear longitudinal dynamical model of an air-breathing hypersonic vehicle	2007	USA	244
7	Recent progress in flapping wing aerodynamics and aeroelasticity	2010	USA	225
8	State of the art in wind turbine aerodynamics and aeroelasticity	2006	Denmark	217
9	Control-oriented modeling of an air-breathing hypersonic vehicle	2007	USA	211
10	Direct trajectory optimization and costate estimation via an orthogonal collocation method	2006	USA	210

4 与主要航天国家的比较研究

在富创公司^③出版的《2014年航天竞争力指数报告》中分析得出，美国、欧洲及俄罗斯位

列全球航天竞争力前三位，属于第一梯队，中国、日本和印度分别位列第四、五、六位，处于第二梯队^[9]。因此，我们着重讨论美国、欧洲、俄罗斯、日本和印度等主要航天国家在航

^③富创公司(Futron)是美国领先的决策管理解决方案供应商。自2008年起，富创公司每年发布一版《航天竞争力指数》，截止目前已经发布了7版。该报告对各主要国家的航天活动进行评述，通过50多项具体衡量指标评测，对国际航天竞争力进行系统分析

空航天技术领域的研究情况，并尝试将中国与 这些国家比较分析。

表4 2008-2014年航天竞争力指数多年趋势^④

2014 年排名	国家	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	梯队
1	美国	95.31	94.33	92.49	91.78	91.36	91.09	90.60	第一梯队
2	欧洲	50.18	48.81	50.39	49.15	50.36	49.30	50.34	
3	俄罗斯	36.34	34.29	37.99	39.55	39.29	40.55	43.76	
4	中国	18.14	19.35	19.11	23.00	25.66	25.14	24.39	第二梯队
5	日本	14.89	21.57	19.68	21.15	20.07	22.06	21.45	
6	印度	17.59	15.30	18.07	18.69	19.49	20.33	20.49	

4.1 历年论文产出趋势比较

本文利用各主要航天国家历年在航空航天技术领域的论文发表数量绘制了论文发

表数量的变化趋势图（见图3），以期完成对六个国家（地区）论文数量变化的趋势比较。

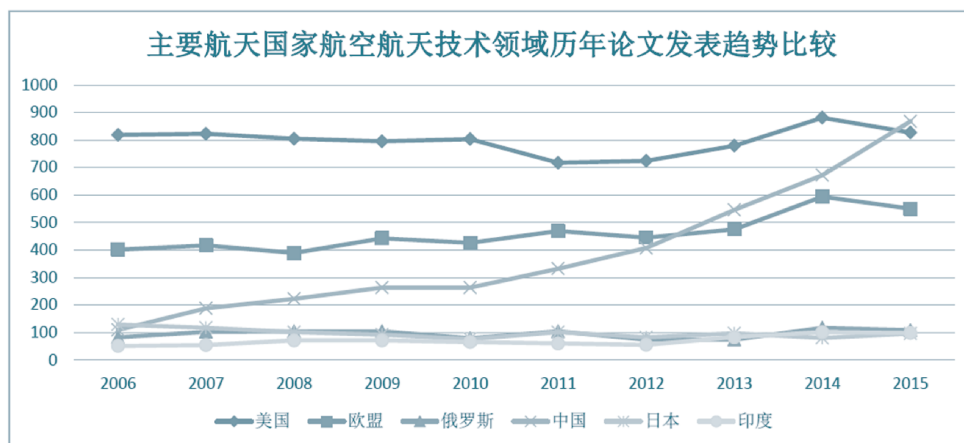


图3 主要航天国家航空航天技术领域历年论文发表趋势比较

从图3可以看出，美国的论文发表数量自2006年以来连续9年一直处于世界第一的位置，数量遥遥领先于其他国家，只在2015被中国超越。中国在航空航天技术领域论文发表数量处于连年提升的状态，并于2015年赶超美国，成为世界上发表航空航天技术领域论文最多的国家。欧盟^⑤历年论文发表数量基本稳定，2012年

前一直处于世界第二的位置，2012年后被中国赶超将位于世界第三的位置。日本、俄罗斯以及印度三国的历年论文发表数量较为稳定且不分伯仲。六个国家（地区）中，趋势变化最为明显的就是中国，以高速增长的势头赶超美欧，成为论文数量最多的国家。美国、欧盟和中国属于论文发表的第一梯队，而日本、俄罗斯以

^④该数据来自于富创公司《2014年航天竞争力指数》。

^⑤受样本数据的限制及便于统计，本文选择用欧盟涉及的国家总量来代替欧洲进行计算。具体涉及的欧盟国家包括：Italy、Germany、France、Netherlands、Spain、Sweden、Belgium、Poland、Austria、Greece、Portugal、Ireland、Finland、Czech Republic、Romania、Hungary、Denmark、Slovenia、Slovakia、Bulgaria、Estonia、Luxembourg、Latvia、Lithuania、Malta。

及印度与美中欧差距较大，属于论文发表的第二梯队。

在论文发表数量趋势比较的基础上，我们又引入了被引频次这一指标来综合考察各主要航天国家的论文发表情况。如表5所示。可以看出，美国作为在航空航天技术领域发表论文最多的国家，其总被引频次高达56480次，远远超过其他国家。其篇均被引达到7.09次，反映了美国航空航天技术领域的论文在全球受到极高的关注度。欧盟以总被引频次19765次紧随其后，其篇均被引达到4.29次，与美国相比，篇均被引频次尚有较大差距。

中国以总被引频次19264次排名第三，其篇

均被引达到4.98次。同样，与美国相比，中国的篇均被引频次也尚有较大得差距。由此可以说明，尽管中国近年来在航空航天技术领域的论文发表数量呈现出高速增长的态势，但是中国发表论文的受关注程度和信赖程度还有待提高，中国航空航天技术的发展对世界航天科研工作者的影响力还有待进一步提升。日本总被引频次4067次，篇均被引达到4.19次。说明，日本虽然在论文发表数量优势并不明显，但是其发表的航空航天技术领域论文的受关注程度和信赖程度处于较高水平。俄罗斯和印度在总被引频次和篇均被引频次相较于美欧日中存在较大的差距。

表5 主要航天国家航空航天技术领域论文总量和总被引频次列表

	美国	欧盟	俄罗斯	中国	日本	印度
论文总量（篇）	7970	4607	948	3870	971	709
被引频次（次）	56480	19765	2660	19264	4067	2752
篇均被引（次）	7.09	4.29	2.81	4.98	4.19	3.88

4.2 研究热点领域比较分析

我们用每篇文献标注的“关键词（DE）”作为分析各个主要航天国家在航空航天技术领域的基础。通过对28810篇科技文献关键词的清洗分析，研究主要集中在Spacecraft（航天器）、Aircraft（航空器）、Fluid dynamics（流体动力学）、Numerical simulation（数值模拟）、Microgravity（微重力）等热点问题。对六个主要航天国家（地区）航空航天技术领域研究热点的汇整见附录B。

美国近十年在航空航天技术领域的研究主要集中在SETI（对外星智能的探索）、Mars（火星）、Moon（月球）、Microgravity（微重力）、Solar sail（太阳反射器）、Space

debris（空间碎片）、Orbital debris（轨道碎片）以及Asteroids（小行星）等热点问题；欧盟国家近十年在航空航天技术领域的研究主要集中在Microgravity（微重力）、Space debris（空间碎片）、Satellite（卫星）、SETI（对外星智能的探索）、Moon（月球）、Magnetic levitation（磁力悬浮）、Trajectory optimization（轨道最优化）等热点问题。与中俄日印等国家比较，美国和欧盟的科学研究更多集中在对太空的探索研究上，在进入太空、利用太空等一系列相关研究问题上处在世界前列，拥有巨大的科研优势。包括火星、月球探测、空间碎片等前沿问题，美国和欧盟的研究关注度一直很高。

俄罗斯近十年在航空航天技术领域的研究主要集中在Microgravity（微重力）、Satellite（卫星）、Supersonic flow（超声速流动）、Combustion（氧化）、Lift force（升力）、Gravity（地心引力）等热点问题；印度近十年在航空航天技术领域的研究主要集中在Finite element（有限元）、Vibration（震动）、laminar composite（成层材料）、hypersonic（极超音速）、jet mixing（喷射混合）等问题；日本近十年在航空航天技术领域的研究主要集中在Microgravity（微重力）、Flapping Wing（扑翼）、guidance and control（制导与控制）、Propulsion（推进力）、Combustion（氧化）等热点问题；中国近十年在航空航天技术领域的研究主要集中在Aerospace propulsion system（航天推进系统）、Hypersonic vehicle（高超声速飞行器）、Scramjet（超音速冲压喷射装置）、Attitude control（姿态控制）等热点问题。相较而言，俄罗斯、日本、印度和中国在航空航天技术领域的研究更加侧重于航天应用问题的研究，包括航天器系统的性能、载荷、机构材料、可靠性、姿态与控制、推进系统等。

Computational Fluid Dynamics（计算流体力学，CFD）作为介于数学、流体力学和计算机之间的交叉学科，几乎是各主要航天国家在航空航天技术领域都有涉及的学科，可见其在航空航天领域的广泛应用，并仍处于迅速发展中。Microgravity（微重力）问题是各主要航天国家在航空航天技术领域广泛关注的核心研究问题和研究前沿。作为伴随着空间探索而发展起来的新兴科学，微重力科学的发展，对太空

实验、太空开发具有十分重要的意义。

5 结论与启示

5.1 主要结论

本文运用科学计量方法，对主要航天国家在航空航天技术领域的研究现状和发展态势进行分析，着重完成中国与美国、欧洲、俄罗斯以及日本和印度等五个国家（地区）的比较分析。主要结论如下：

（1）近年来全球对航空航天领域的研究热度持续升高，论文产出一直保持着增长的态势。科技论文作为知识创新最主要的产出形式，是技术创新的基础，由此可以看出全球航空航天技术研究处于蓬勃发展的态势。美国作为全球航天竞争力指数排名第一的航天强国，其论文产出及影响力都是全球第一。

（2）在航空航天技术领域排名前10的基金资助机构中，有一半来自于美国，可以看出美国非常重视科学基础研究与技术开发创新，对航空航天技术的经费支持力度非常大，中国紧随其后。在航空航天技术领域排名前10的研究机构中，美国和欧洲占了绝大多数。说明，美欧在航空航天研究方面，仍旧处于遥遥领先的地位。

（3）中国在航空航天技术领域论文发表数量处于连年提升的状态，并于2015年赶超美国，成为世界上发表航空航天技术领域论文最多的国家。但是，与美国等航天强国相比还有很多的差距。尽管中国近论文产出呈现出高速增长的状态，但是相应的受关注程度和信赖程度还有待提高，中国航空航天技

术的发展对世界航天科研工作者的影响力还有待进一步提升。

(4) 美国和欧洲的科学研究更加集中在航空航天的前沿技术探索上, 而中国和其他主要航天国家更加重视航空航天技术的应用问题的研究。美欧在火星、月球探测、空间碎片等一系列进入太空、利用太空、太空探索的前沿问题上处在世界前列, 拥有巨大的科研优势。而中国、俄罗斯、日本、印度在航空航天技术领域研究更加侧重于航天应用问题的研究, 包括航天器系统的性能、载荷、机构材料、可靠性、姿态与控制、推进系统等。

5.2 不足与启示

如何提高科学基础研究能力, 促进航空航天技术快速发展, 从而提高国家航天科技创新能力, 特别是原始创新能力, 是整个航天产业亟待思考和解决的问题, 具有重要的理论意义和现实意义。航空航天技术领域涉及保密性, 本文用以分析的数据仅为公开的科技文献数据, 同时, 论文产出并不能完全反映各国在航空航天技术领域的科研成果及科技创新能力。因此, 本研究的数据及结论都存在一定的局限性。未来, 我们还将进一步扩展研究, 通过引文分析、专利挖掘等多种途径和方法对主要航天国家进行多层次、多维度的研究, 力图全面解读和分析主要航天国家航空航天技术研究的发展态势。

对标世界航天强国, 提高航空航天技术研究的能力是中国建设成为航天强国、拥有航天技术话语权的关键^[10]。基于科学计量学视角, 与美欧航天强国对比, 有如下启示:

(1) 中国航天需要进一步提高基础创新的能力, 提升中国在全球航空航天技术研究的影响力和话语权。

(2) 中国在重视应用基础研究的同时, 应积极开展航空航天前沿技术的探索。借鉴航天强国经验, 进一步加强航空航天技术的战略布局。

(3) 相关机构应加大对航空航天基础研究的支持力度, 提升技术创新的源头供给, 构建有效的科研成果评价体系和基础研究奖励体系, 提高科研产出的质量。

(4) 借鉴NASA(美国航天局)、ESA(欧洲太空局)等机构的成功经验, 提升中国航空航天相关研究机构的创新能力。

(5) 从航天大国迈向航天强国, 需要中国航天领域有关政府机构、高校、科研院所、企业等共同努力, 支撑中国航天的发展。

参考文献

- [1] 田晓伟, 吴国蔚. 中国航天产业竞争力的提升路径研究[J]. 经济论坛, 2007(22): 38-41.
- [2] 张晓强. 我国航天产业发展的战略重点与几点思考[J]. 中国航天, 2007(4): 3-7.
- [3] 张振军. 中国航天软实力与世界航天强国建设(上)[J]. 中国航天, 2013(11): 33-37.
- [4] 张振军. 中国航天软实力与世界航天强国建设(下)[J]. 中国航天, 2013(12): 18-21.
- [5] 潘坚. 中国离航天强国到底有多远?--从一种定量分析的视角来预测[J]. 中国航天, 2013(10): 30-33.
- [6] 梁永霞, 杨中楷, 刘则渊. 基于CiteSpace II的航空航天工程前沿研究[J]. 科学学研究, 2008(S2): 303-312.

[7] 孟祥昊, 潘云涛. 中美俄航空航天工程领域科学论文产出对比研究[J]. 科技管理研究, 2014, 34(23): 8-13.

[9] 富创公司. 《2014年航天竞争力指数》[R]. 2014.

[8] Launius R D. Book Review: NASA: A History of the US Civil Space Program / Krieger, 1994[J]. Astronomy, 1995, 23.

[10] 戴阳利, 于淼. 航天强国发展与启示[J]. 卫星应用, 2014(3): 7-14.

附录A JCR收录的30种航空航天工程领域期刊及其影响因子

期刊名称	IF	5-Year IF	发表文章
1 PROGRESS IN AEROSPACE SCIENCES	2.127	3.853	236
2 IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS	1.394	1.755	1910
3 JOURNAL OF GUIDANCE CONTROL AND DYNAMICS	1.151	1.482	1984
4 AIAA JOURNAL	1.165	1.428	2929
5 ACTA ASTRONAUTICA	0.816	0.791	3023
6 Chinese Journal of Aeronautics	0.689	0.830	1095
7 Journal of Aerospace Computing Information and Communication	0.281	0.387	131
8 IEEE AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS MAGAZINE	0.438	0.488	747
9 AEROSPACE SCIENCE AND TECHNOLOGY	1.000	1.275	1250
10 MICROGRAVITY SCIENCE AND TECHNOLOGY	0.648	0.685	627
11 JOURNAL OF PROPULSION ANDPOWER	0.612	0.965	1621
12 JOURNAL OF AEROSPACE ENGINEERING	0.926	1.013	621
13 JOURNAL OF THE AMERICAN HELICOPTER SOCIETY	0.627	0.774	333
14 ESA BULLETIN-EUROPEANSPACE AGENCY	0.698	1.093	499
15 INTERNATIONAL JOURNAL OF SATELLITE COMMUNICATIONS AND NETWORKING	0.896	0.811	270
16 PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART G-JOURNAL OF AEROSPACE ENGINEERING	0.454	0.554	1222
17 Navigation-Journal of the Institute of Navigation	0.691	0.813	99
18 JOURNAL OF AIRCRAFT	0.488	0.724	2230
19 JOURNAL OF SPACECRAFT AND ROCKETS	0.474	0.688	1445
20 COSMIC RESEARCH	0.348	0.372	586
21 International Journal of Aeronauticaland Space Sciences	0.315	0.362	192
22 International Journal of Micro Air Vehicles	0.471	0.848	134
23 International Journal of Aerospace Engineering	0.926	1.013	146
24 AERONAUTICAL JOURNAL	0.336	0.449	706
25 International Journal of Aeroacoustics	0.644	0.867	250
26 AIRCRAFT ENGINEERING AND AEROSPACE TECHNOLOGY	0.480	0.41	2042
27 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES	0.315	0.362	401
28 INTERNATIONAL JOURNAL OFTURBO & JET-ENGINES	0.218	0.287	273
29 Journal of Aerospace Information Systems	-----	-----	157
30 AEROSPACE AMERICA	0.048	0.039	1651

IF=Journal Impact Factor; 5-Year IF=5-Year Impact Factor

注：附录A中列出的影响因子指数信息来源于汤森路透科技集团（Thomson Reuters）在2014年发布的《InCites™ Journal Citation Reports》。

附录B 主要航天国家近十年在航空航天技术领域研究热点 (2006-2015)

美国	欧盟	俄罗斯	中国	印度	日本
SETI	Microgravity	Microgravity	Aerospace propulsion system	Aircraft	CFD
对外星智能的探索	微重力	微重力	航天推进系统	航空器	计算流体力学
Mars	Formation flying	Combustion	Hypersonic vehicle	CFD	Microgravity
火星	编队飞行	氧化	高超声速飞行器	计算流体力学	微重力
Microgravity	Space debris	Stability	Scramjet	Finite element	Flapping Wing
微重力	空间碎片	稳定(性)	超音速冲压喷射装置	有限元	扑翼
CFD	Satellite	Satellite	Thermocapillary Convection	Vibration	guidance and control
计算流体力学	卫星	卫星	毛细现象	震动	制导与控制
Solar sail	SETI	Lift force	Attitude control	Helicopter	Numerical simulation
太阳反射器	对外星智能的探索	升力	姿态控制	直升机	数值模拟
Space debris	Heat transfer	Supersonic flow	Microgravity	gas dynamics	Propulsion
空间碎片	热传递	超声速流动	微重力	气体动力学	推进力
Orbital debris	Mars	Thermocapillarity	Numerical simulation	laminar composite	shock wave
轨道碎片	火星	毛细现象	数值模拟	成层材料	激波
Moon	Trajectory optimization	Evaporation	Microstructure	hypersonic	Combustion
月球	轨道最优化	蒸发	微观结构	极超音速的	氧化
Asteroids	Aerodynamics	Fluid	Kalman filter	jet mixing	Air Traffic Management
小行星	空气动力学	流体	卡尔曼滤波器	喷射混合	空中交通管理
Aeroelasticity	Magnetic levitation	Gravity		Microgravity	Dynamics
气动弹性	磁力悬浮	地心引力		微重力	动力学