

# 美国国防高级研究计划局生命科学相关科研项目 论文产出文献计量分析

王盼盼, 田德桥

(军事科学院军事医学研究院, 北京 100071)

**摘要:** 利用 Web of Science 的 SCI-Expanded 数据库进行检索, 主要分析美国国防高级研究计划局 (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 资助生命科学相关科研项目发表论文情况。DARPA 资助生命科学领域论文占比不断增加, 麻省理工学院、斯坦福大学、哈佛大学等是主要受资助发文机构。分析 DARPA 资助论文发表情况可为中国相关管理及科研人员提供参考。

**关键词:** 美国国防高级研究计划局; 生命科学; 科研项目; 文献计量

**中图分类号:** G321 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2023.04.007

美国国防高级研究计划局 (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 成立于 1958 年, 是直属于美国国防部的军事科研项目资助与管理机构。自成立以来, DARPA 创新发展了大量先进武器技术和军民两用技术, 如互联网、隐形战机、全球定位系统、脑控假肢等<sup>[1]</sup>。20 世纪 90 年代, DARPA 开始关注生命科学领域, 并于 1997 年启动“生物战防御”项目<sup>[2-3]</sup>。2003 年, DARPA 在其战略规划中, 将生物学革命 (bio-revolution) 确立为其八大重点研究领域之一, 以期利用现代生物科技使美国军人更安全、更健康和更高效<sup>[4]</sup>。2014 年, DARPA 宣布成立生物技术办公室, 目标是整合生物学、工程学和计算机科学等学科, 将生物系统的巨大潜力应用到国家安全领域<sup>[5]</sup>。21 世纪以来, DARPA 着眼于美国军队作战需要和影响国家与军事安全的重大生物威胁, 持续加强生命科学相关研究, 在感染性疾病应对、合成生物学以及新兴神经技术等研究领域部署了大量科研项目, 并取得了丰富的研究成果<sup>[6-10]</sup>。

基金资助论文是反映资助机构科研布局与趋势

的重要指标<sup>[11-12]</sup>。文献计量是开展科研评价、量化科研发展态势的常用方法<sup>[13-14]</sup>。本文基于文献计量学方法, 以 DARPA 生命科学相关科研项目发表论文为研究对象, 分析了 DARPA 生命科学相关科研项目的资助重点与特点, 为中国政策管理部门和生命科学研究领域相关科研人员了解 DARPA 生命科学领域相关科研项目部署情况与研究进展提供参考。

## 1 数据来源与研究方法

本文文献数据来源为 Web of Science 的 SCI-Expanded 数据库, 检索时间为 2020 年 11 月 25 日。通过限定基金资助机构为 DARPA 或“Defense Advanced Research Projects Agency”、文献类型为 Article, 检索数据库中所有由 DARPA 资助的论文。共检索到 24 023 篇论文, 经数据去重后, 得到 24 008 篇论文。Web of Science 数据库根据期刊研究方向 (research area) 将其中所有文献分为生命科学与生物医学、自然科学、应用科学、艺术与社会和人文社会科学五大类, 并细分为 147 个研究方向; 文献的研究方向标注有交叉, 但每篇文献研究方

**第一作者简介:** 王盼盼 (1994—), 男, 硕士, 主要研究方向为生物安全科技发展战略。

**通信作者简介:** 田德桥 (1975—), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为生物安全政策。电子邮箱: tiandeqiao@163.com

**收稿日期:** 2023-01-11

向标注不超过 5 个。本文通过筛选研究方向为“生命科学与生物医学”的论文, 并人工筛选研究方向为“应用科学”类下属的“科学与技术-其他主题”(主要为跨学科领域期刊, 如《自然》《科学》等杂志) 中的生命科学相关论文, 经合并后得到数据库中所有由 DARPA 资助的生命科学相关论文。其中, 根据研究方向分类“生命科学与生物医学”筛选得到论文 3 527 篇; 人工筛选“科学与技术-其他主题”研究方向论文中生命科学相关论文 978 篇; 经数据合并去重后, 得到 4 394 篇论文(由于 Web of Science 数据库对于每篇文献的研究方向标注有交叉, 所以人工筛选得到的“科学与技术-其他主题”研究方向论文中生命科学相关科研项目论文与根据研究方向分类“生命科学与生物医学”筛选得到的文献有部分重复)。对应的 DARPA 项目信息根据论文的基金资助信息中的项目号查询, 查询来源为 <http://www.darpa.mil>, <http://www.grants.gov>, <http://beta.SAM.gov> 等网站及 DARPA 部分年度项目资助列表。

根据上述检索结果, 对论文年度发表数量、国家或地区分布、机构分布、研究方向、项目发表论文等进行统计分析。国家或地区和机构分布基于论文的通信作者信息, 为了便于统计, 有多位通信作者或一位通信作者有多个机构信息的, 选取下载

数据中第一位通信作者的第一个机构信息。根据 Web of Science 数据库中的国家与地区分类, 英格兰 (England) 单独列出, 中国的文献数量统计不含中国台湾。词频分析基于论文标题, 将词性不同、含义相同的词合并分析及筛选有意义的高频词进行对比分析。

## 2 研究结果

### 2.1 论文数量年度分布

截至 2020 年 11 月 25 日, 根据数据统计, DARPA 共资助发表论文 24 008 篇, 其中 1995—2007 年为 126 篇, 2008—2020 年为 23 882 篇。其中, 生命科学领域论文 4 394 篇, 其中 1995—2007 年为 30 篇, 2008—2020 年为 4 364 篇。根据检索结果, 2008 年以前 DARPA 年度资助发表论文数保持在较低水平; 2008 年以来, DARPA 年度资助发表论文数不断上升, 于 2012 年达到最高, 2013—2016 年, 论文总数呈现下降趋势, 2017 年开始又呈现缓慢增长趋势; DARPA 资助生命科学领域论文自 2008 年以来, 年度论文数量一直呈现缓慢增长趋势, 同时在论文总数中的占比不断增长, 2018 年、2019 年占比均达到 25% 以上(见图 1)。

### 2.2 国家或地区分布

共有来自全球 66 个国家或地区的机构具有标

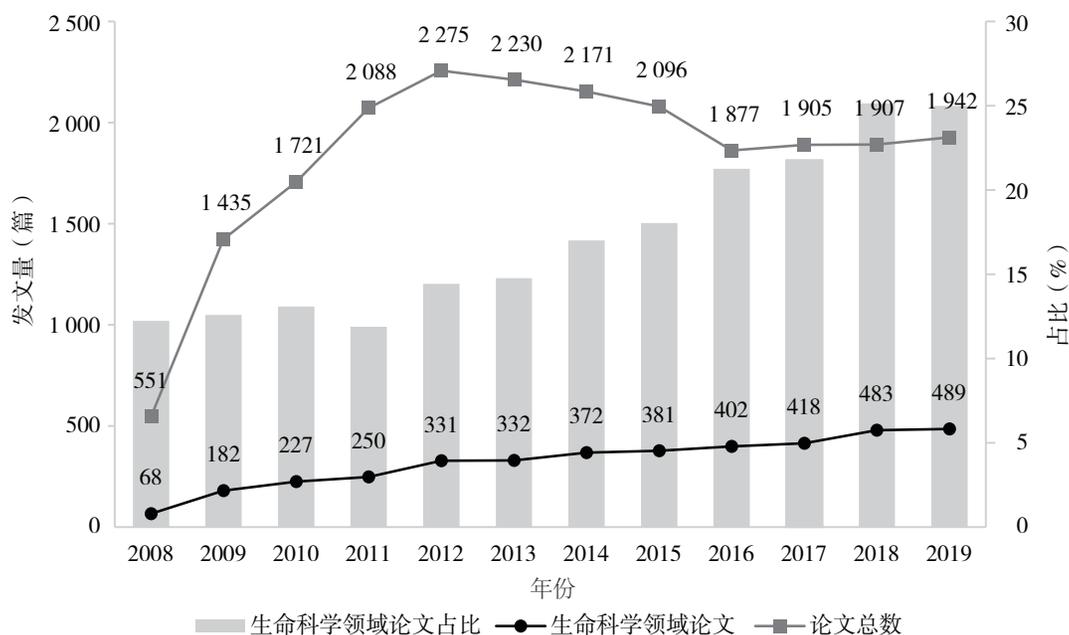


图 1 2008—2019 年 DARPA 科研项目发表论文数及生命科学领域论文情况

注 DARPA 资助的论文发表, 其中 40 个国家或地区的机构获 DARPA 科研项目资助并发表生命科学相关论文。其中, 论文发表数最多的为来自美国的机构; 除美国外发文较多的国家或地区有中国 (422 篇)、德国 (330 篇)、英格兰 (295 篇)、加拿大 (273 篇) 和法国 (211 篇) 等; 在生命科学领域论文中, 除美国以外发文较多的国家或地区

有英格兰 (81 篇)、加拿大 (67 篇)、德国 (38 篇) 和法国 (34 篇) 等, 中国机构发文 21 篇 (见表 1)。发表论文总数较多的中国机构有清华大学 (39 篇)、中国科学院 (34 篇) 和南京大学 (18 篇) 等; 在生命科学领域发表论文较多的中国机构有南京大学 (3 篇)、中国科学院 (2 篇) 和上海交通大学 (2 篇) 等。

表 1 2008—2020 年 DARPA 科研项目发表论文主要国家或地区

序号	国家或地区	论文总数 (篇)	全球占比 (%)	生命科学领域 论文数 (篇)	全球占比 (%)
1	美国	20 690	86.2	3 929	89.4
2	英格兰	295	1.2	81	1.8
3	加拿大	273	1.1	67	1.5
4	德国	330	1.4	38	0.9
5	法国	211	0.9	34	0.8
6	澳大利亚	122	0.5	25	0.6
7	巴西	64	0.3	25	0.6
8	中国	422	1.8	21	0.5
9	西班牙	81	0.3	18	0.4
10	葡萄牙	23	0.1	17	0.4
11	其他	1 497	6.2	139	3.2

注: 因检索时间截至 2020 年 11 月, 统计数据中含部分 2020 年数据, 表 2~表 6、图 2 同。

### 2.3 DARPA 生命科学相关科研项目发文量

根据 DARPA 生命科学领域相关科研项目发表论文检索结果, 发文量较多的项目有: 2009 年部署的“加速损伤修复的重组与可塑性” (Reorganization and Plasticity to Accelerate Injury Recovery, REPAIR) 项目, 旨在进行机制研究, 以提高大脑建模水平及研究人员与大脑交互的能力, 发文 139 篇; 2011 年部署的“生物代工厂” (Living Foundries) 项目, 旨在通过基于对生物系统的基本代谢过程进行编程的方法, 实现复杂分子的适应性、可扩展性和按需生产能力, 发文 132 篇; 2005 年部署的“生物学的基础规律” (Fundamental Laws of Biology, FunBio) 项目, 致力于为生物学领域带来更深层次的数学理解和相应的预测能力, 其目标是发现生物学基础规律, 发文 130 篇; 2011 年部署的“兼具预防和治疗自动诊断技术” (Autonomous Diagnostics to Enable Prevention and Therapeutics, ADEPT) 项目, 旨在开

发一系列识别、应对自然或工程病原体 and 毒素所构成威胁的相关技术, 发文 126 篇; 2015 年部署的“电子处方” (Electrical Prescriptions, ElectRx) 项目, 致力于通过精确、闭环、非侵入性地调节患者周围神经系统的方式来提供针对疼痛、一般性炎症、创伤后应激、严重焦虑和创伤的非药物治疗方式, 发文 83 篇。其他发文较多的项目还有 2010 年部署的“可靠神经接口技术” (Reliable Neural-Interface Technology, RE-NET) 项目、“预言 (战胜病原体)” [Prophecy (Pathogen Defeat)] 项目, 2016 年部署的“安全基因” (Safe Genes) 项目等 (见表 2)。

### 2.4 DARPA 科研项目发表生命科学相关论文期刊分布

DARPA 科研项目发表生命科学相关论文较多的期刊有 *PLoS One* (154 篇)、*PNAS* (146 篇)、*Lab on a Chip* (128 篇)、*Journal of Neural Engineering* (123 篇) 和 *Nature Communications* (112 篇) 等。

除发表在综合类期刊上的论文数较多外, 其他大多数论文发表在神经科学、生物学基础研究等相关领域的期刊上。一些顶级期刊的刊文量也较高, 如 *Cell* 刊文 78 篇, *Science* 刊文 64 篇, *Nature* 刊文 59 篇; 还有大量论文发表在了 *Nature* 系列子刊上 (见表 3)。根据统计结果, 发表在影响因子 >20 的期刊上的论文有 370 篇, 占比 8.4%, 发表在影响因子 >10 的期刊上的论文有 848 篇, 占比 19.3%。

表 2 2008—2020 年 DARPA 部分科研项目发表生命科学相关论文数量情况

序号	项目名称	立项年度	发文量 (篇)
1	加速损伤修复的重组与可塑性 (REPAIR)	2009	139
2	生物代工厂 (Living Foundries)	2011	132
3	生物学的基础规律 (FunBio)	2005	130
4	兼具预防和治疗的自动诊断技术 (ADEPT)	2011	126
5	电子处方 (ElectRx)	2015	83
6	可靠神经接口技术 (RE-NET)	2010	78
7	预言 (战胜病原体) [Prophecy (Pathogen Defeat)]	2010	72
8	安全基因 (Safe Genes)	2016	57
9	复杂环境中的生物鲁棒性 (BRICS)	2014	56
10	微生理系统 (Microphysiological Systems)	2011	56
11	简化科学发现的复杂性 (SIMPLEX)	2014	54
12	手部本体感受和触感接口 (HaPTIx)	2014	53
13	生物控制 (Biological Control)	2016	51
14	革命性假肢 (Revolutionizing Prosthetics)	2005	48
15	大机制 (Big Mechanism)	2014	47
16	谱系起源指示记录 (CLIO)	2011	46
17	时间生物学 (Biochronicity)	2011	44
18	恢复主动记忆 (RAM)	2014	42
19	神经功能、行为、结构和技术 (Neuro-FAST)	2014	37
20	具有生物功能的可折叠合成聚合物 [Fold F(X)]	2014	36
21	恢复编码记忆集成神经设备 (REMIND)	2009	36
22	基于系统的神经技术新兴疗法 (SUBNETS)	2013	36
23	类透析治疗 (DLT)	2011	33
24	干扰和共同预防及治疗 (INTERCEPT)	2016	25
25	勇士织衣 (Warrior Web)	2011	25
26	快速高海拔与缺氧适应 (RAHA)	2008	24
27	活体内纳米装置 (IVN)	2012	23
28	7 天生物防御 (7-Day Biodefense)	2009	21

续表

序号	项目名称	立项年度	发文量 (篇)
29	快速威胁评估 (RTA)	2013	20
30	战地医药 (Battlefield Medicine)	2014	19
31	病原体捕食者 (Pathogen Predators)	2014	19
32	预防新发病原体威胁 (PREEMPT)	2018	19
33	预防暴力性爆炸神经损伤 (PREVENT)	2006	19
34	靶向神经可塑性训练 (TNT)	2016	16
35	加速药品生产 (AMP)	2006	14
36	预测健康与疾病 (PHD)	2006	14
37	按需生物医药 (Bio-MOD)	2012	10
38	普罗米修斯 (Prometheus)	2016	10
39	蛋白质设计过程 (PDP)	2005	10
40	大流行病预防平台 (P3)	2017	9
41	昆虫联盟 (Insect Allies)	2016	5
42	保护性等位基因和响应元件的预表达 (PREPARE)	2018	5
43	宿主耐受技术 (THoR)	2015	5
44	抗体技术项目 (ATP)	2009	4
45	朋友或敌人 (Friend or Foe)	2018	4

表 3 2008—2020 年 DARPA 部分科研项目发表  
生命科学相关论文期刊分布 (发文量居前 20 位)

序号	期刊英文名称	发文量 (篇)	影响因子 (2019年)
1	<i>PLoS One</i>	154	2.7
2	<i>PNAS</i>	146	9.4
3	<i>Lab on a Chip</i>	128	6.8
4	<i>Journal of Neural Engineering</i>	123	4.1
5	<i>Nature Communications</i>	112	12.1
6	<i>Scientific Reports</i>	97	4.0
7	<i>ACS Synthetic Biology</i>	96	4.4
8	<i>PLoS Computational Biology</i>	69	4.7
9	<i>Cell</i>	68	38.6
10	<i>Science</i>	64	41.8

续表

序号	期刊英文名称	发文量 (篇)	影响因子 (2019年)
11	<i>Frontiers in Neuroscience</i>	64	3.7
12	<i>Nucleic Acids Research</i>	62	11.5
13	<i>Nature</i>	59	42.8
14	<i>IEEE TNSRE</i>	52	3.3
15	<i>eLife</i>	49	7.1
16	<i>Journal of Neuroscience</i>	48	5.7
17	<i>Journal of Neuroscience Methods</i>	47	2.2
18	<i>Nature Biotechnology</i>	44	36.6
19	<i>Journal of Neurophysiology</i>	41	2.2
20	<i>Nature Methods</i>	38	30.8

数据来源: 影响因子数据来源于 Web of Science 数据库。

## 2.5 DARPA 科研项目发表生命科学相关论文机构分布

共有来自全球 40 个国家的 752 个机构标注 DARPA 生命科学相关科研项目资助发表论文。发表论文较多的机构有麻省理工学院 (194 篇)、斯坦福大学 (186 篇) 和哈佛大学 (153 篇) 等; 发表在 *Nature*、*Science* 和 *Cell* 等高影响因子期刊的论文大部分来自以上 3 个机构, 其中来自麻省理工学院的论文发表在 *Nature* 2 篇、*Science* 7 篇、*Cell*

6 篇, 来自斯坦福大学的论文发表在 *Nature* 12 篇、*Science* 6 篇、*Cell* 14 篇, 来自哈佛大学的论文发表在 *Nature* 6 篇、*Science* 3 篇、*Cell* 4 篇; 此外, 发表高影响因子期刊论文较多的机构还有加利福尼亚大学旧金山分校和华盛顿大学等机构 (见表 4)。

## 2.6 DARPA 科研项目发表生命科学相关论文研究方向分布及年度变化趋势

DARPA 科研项目发表生命科学相关论文共涉及 98 个研究方向, 占 Web of Science 数据库 147 个

表 4 2008—2020 年 DARPA 科研项目发表生命科学相关论文主要机构及高影响因子期刊分布

序号	机构	发文量 (篇)	高影响因子期刊发文量 (篇)					
			<i>Nature</i>	<i>Science</i>	<i>Cell</i>	<i>Nature Biotechnology</i>	<i>Nature Methods</i>	<i>Nature Neuroscience</i>
1	麻省理工学院	194	2	7	6	5	5	3
2	斯坦福大学	186	12	6	14		7	8
3	哈佛大学	153	6	3	4	5	8	
4	西北大学	83		1	1			
5	哥伦比亚大学	81	1	2	2		3	
6	加州理工学院	78	2	2	2			1
7	杜克大学	77	3	3				
8	加利福尼亚大学旧金山分校	77	2	5	9	2	1	2
9	华盛顿大学	76	6	7		3		
10	加利福尼亚大学欧文分校	75		1	2			
11	宾夕法尼亚大学	74	1	1				
12	加利福尼亚大学伯克利分校	72	1	1		1		3
13	南加利福尼亚大学	65				1		1
14	波士顿大学	60		2	3	1		
15	匹兹堡大学	58						
16	得克萨斯大学奥斯汀分校	58		3	1	2		
17	威斯康星大学	58						
18	约翰斯·霍普金斯大学	53		1			1	
19	哈佛医学院	52		3		1	2	
20	佐治亚理工学院	50						
21	其他机构	2 714	23	16	24	23	11	7

注: 表 4 选取了 DARPA 科研项目发表生命科学相关论文中影响因子较高且发文量相对较多的 6 种期刊。

研究方向的 66.7%。论文发表数量较多的研究方向为生物化学与分子生物学（发文 1 115 篇，占比 25.4%）、科学与技术 - 其他主题（主要为跨学科研究领域，发文 1 065 篇，占比 24.2%）、神经科学与神经学（发文 936 篇，占比 21.3%）、化学（发

文 385 篇，占比 8.8%）和工程学（发文 331 篇，占比 7.5%）等；其他发文较多的研究方向还有细胞生物学、生物化学与应用微生物学、数学与计算生物学等（见图 2）。

从研究方向的年度变化趋势看，近年来增长趋势

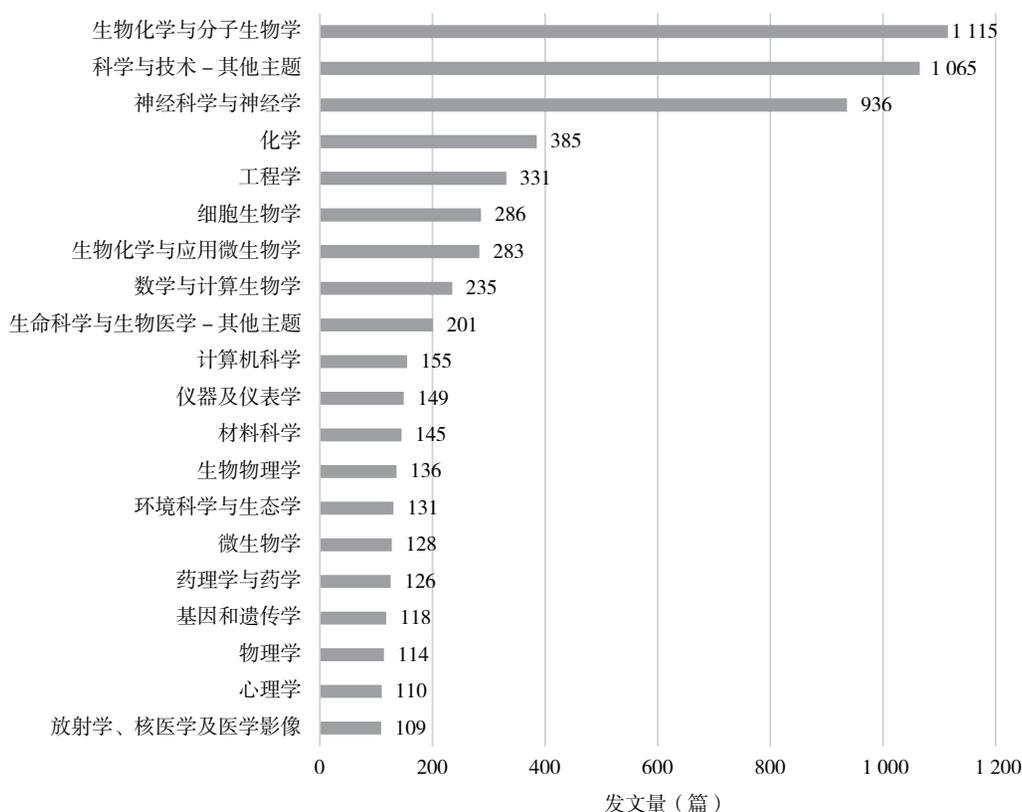


图 2 DARPA 科研项目发表生命科学相关论文研究方向分布（发文章量居前 20 位）

明显的为生物化学与分子生物学、科学与技术 - 其他主题、神经科学与神经学 3 个研究方向（见表 5）。

## 2.7 DARPA 科研项目发表生命科学相关论文标题词频分析

词频分析是文献计量学中一种重要的分析方法，基于论文术语中高频词的统计及其年度变化情况，可以量化反映相应研究领域的热点及其变化趋势<sup>[15]</sup>。根据统计分析结果，DARPA 生命科学相

关科研项目发表论文标题中频次累积较高的词有 Cell（390 次）、Nerve（351 次）、Protein（288 次）、Human（277 次）、Virus（218 次）、Cortex（209 次）、Gene（187 次）、Brain（187 次）等（见表 6）。通过筛选部分有代表意义的词对其年度频次分布进行分析发现，近年来频次较高且增长趋势明显的词有 Virus、Infection、Bacteria、Immune 和 CRISPR 等（见表 7）。

表 5 2008—2020 年 DARPA 科研项目发表生命科学相关论文研究方向年度变化趋势（发文章量居前 10 位）

研究方向	年份											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
生物化学与分子生物学	12	57	64	62	79	87	109	133	98	105	97	113
科学与技术 - 其他主题	18	51	55	70	75	89	77	99	106	102	122	118

续表

研究方向	年份											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
神经科学与神经学	9	25	42	41	84	89	88	87	80	76	106	101
化学	8	35	39	35	42	40	32	31	30	22	18	27
工程学	5	14	13	22	41	23	34	23	28	30	39	29
细胞生物学	4	14	13	13	13	19	21	19	33	49	33	28
生物技术与应用微生物学	4	13	18	14	15	23	31	27	30	24	33	28
数学与计算生物学	2	12	14	11	19	24	19	19	27	16	25	23
生命科学与生物医学 - 其他主题	4	12	7	6	12	10	7	9	13	19	31	44
计算机科学	2	4	7	11	11	17	10	7	12	16	19	21

表 6 2008—2020 年 DARPA 科研项目发表生命科学相关论文标题中部分高频词累计数量

高频词 (英文)	高频词 (中文)	频次 (次)	高频词 (英文)	高频词 (中文)	频次 (次)	高频词 (英文)	高频词 (中文)	频次 (次)
Cell	细胞	390	Memory	记忆	102	RNA	核糖核酸	72
Nerve	神经	351	Mouse	小鼠	101	Microbial	微生物	70
Protein	蛋白	288	Sensor	传感器	101	Quantification	定量	70
Human	人类	277	Structure	结构	100	Metabolism	代谢	68
Virus	病毒	218	Biology	生物学	96	Vivo	体内	65
Cortex	大脑皮质	209	Disease	疾病	96	Electrode	电极	65
Gene	基因	187	Prediction	预测	96	Receptor	受体	63
Brain	大脑	187	Signal	信号	96	Chip	芯片	63
Network	网络	185	Therapy	治疗	95	Automatic	自动	62
Dynamic	动力学	174	Computation	计算	89	Stress	压力	60
Synthesis	合成	165	Rat	大鼠	88	Cell-Free	无细胞	59
Learning	学习	155	Sequence	序列	86	Hippocampal	海马	59
DNA	脱氧核糖核酸	141	Identification	鉴别	85	Injury	损伤	59
Detect	检测	138	Population	种群	83	Vitro	体外	59
Circuit	通路	128	Transcription	转录	83	Blood	血液	57
Genome	基因组	125	Influenza	流感	82	CRISPR	规律成簇间隔短回文 重复序列	54
Interface	接口	124	Molecular	分子	82	Deep	深度	52
Image	成像	118	Cognition	认知	82	Prosthesis	假肢	52

续表

高频词 (英文)	高频词 (中文)	频次 (次)	高频词 (英文)	高频词 (中文)	频次 (次)	高频词 (英文)	高频词 (中文)	频次 (次)
Infection	感染	116	Behavior	行为	81	Tissue	组织	51
Microfluidic	微流体	115	Immune	免疫	81	Delivery	递送	49
Bacteria	细菌	113	Antibody	抗体	78	Encode	编码	49
Genetic	遗传	113	Electric	电力	78	Sleep	睡眠	49
Evolution	进化	111	Acid	酸	75	3D	三维	48
Data	数据	109	Engineering	工程	75	Brain-Machine Interface	脑机接口	48
Neuron	神经元	103	Device	设备	74	Information	信息	48

表 7 2008—2019 年度 DARPA 科研项目生命科学相关论文标题中部分高频词词频变化趋势

序号	高频词 (英文)	高频词 (中文)	频次 总计 (次)	年度频次 (次)											
				2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Nerve	神经	297	1	7	15	5	23	23	31	26	26	40	45	55
2	Human	人类	247	3	6	8	9	19	12	26	24	31	37	38	34
3	Virus	病毒	183	3	3	12	11	3	9	13	14	18	26	31	40
4	Brain	大脑	171	1	5	9	10	19	17	13	10	19	25	26	17
5	Infection	感染	99	1	3	5	8	3	6	6	8	5	19	17	18
6	Bacteria	细菌	105	4	3	4	7	5	4	10	7	12	7	20	22
7	Influenza	流感	75	1	5	5	14	4	9	8	2	7	5	6	9
8	Immune	免疫	71	3	2	2	5	4	2	8	11	6	10	8	10
9	CRISPR	规律成簇间 隔短回文 重复序列	40	0	0	0	0	1	4	2	2	3	0	13	15

### 3 分析与讨论

本文利用文献计量和词频分析的方法,分析了 DARPA 生命科学相关科研论文的分布情况。从中可以看出, DARPA 生命科学领域相关科学研究具有以下特点与趋势。

#### 3.1 持续加强生命科学研究,项目布局重点突出

1997 年“生物战防御”项目部署以来, DARPA 着眼美军作战需求和影响国家安全的重大生物威胁,在生命科学领域部署了大量科研项目以加强生命科学研究,广泛利用现代生物科技为美军

服务。从年度发文数量看,近年 DARPA 资助生命科学领域论文数量不断增加且在论文总数中的占比不断上升,这表明 DARPA 持续加强生命科学领域研究。从研究领域和项目发文情况看, DARPA 重点布局生物化学与分子生物学以及神经科学领域研究,逐渐形成了以感染性疾病应对、合成生物学和神经科学为研究重点的项目体系。

(1) DARPA 感染性疾病应对研究始于 1997 年的“生物战防御”项目。起初开展该类研究是为了应对生物战或生物恐怖威胁,在 2009 年 H1N1 流

感暴发以后, DARPA 围绕大规模流行病应对部署了大量项目。

(2) DARPA 是美国国防部资助合成生物学领域研究的主要机构。自 2011 年以来, DARPA 在合成生物学研究领域投入大量资金以推进合成生物学在美国国家安全领域的广泛应用, 目前已经部署了以复杂环境中的生物鲁棒性 (Biological Robustness in Complex Settings, BRICS)、生命铸造厂 (Living Foundries) 为代表的数个科研项目<sup>[16]</sup>。

(3) DARPA 资助神经科学类项目始于 2002 年部署的“脑机接口” (Brain-Machine Interface, BMI) 项目; 2013 年 4 月奥巴马政府宣布开展“脑计划” (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies, BRAIN) 以后, DARPA 进一步加强神经科学相关研究, 包括研究新型 BMI 技术, 以恢复精神类疾病或记忆障碍患者的神经功能<sup>[6]</sup>。在上述 DARPA 生命科学相关科研项目的资助下, 相关项目承担机构发表了大量研究论文。

### 3.2 资助顶尖科研机构, 注重加强国际科技合作

虽然 DARPA 是直属于美国国防部的军事科研项目资助机构, 但并不排斥其他国家的机构参与到其项目研究中, 而且力求通过国际合作, 寻求资助全球范围内高水平科研机构的研究人员促进其颠覆性创新技术的研究。这种项目承担机构及研究人员的选择策略, 可以最大限度地吸收全球优秀人才为其研究服务。以 DARPA 生命科学相关科研项目的资助机构发表论文情况为例, 共有来自全球 40 个国家的 752 个机构标注 DARPA 生命科学相关科研项目资助发表论文。美国国内的麻省理工学院、斯坦福大学和哈佛大学等国际知名高水平研究机构发表了大量高水平研究论文; 美国以外国家或地区的发文总量占比达 10.6%, 国外研究机构发表论文较多的机构有英国的剑桥大学、牛津大学, 加拿大的多伦多大学, 澳大利亚的昆士兰大学和法国的巴斯德研究所、巴黎大学等。这些来自全球、拥有不同特色优势研究学科的高水平研究机构是 DARPA 推进生命科学颠覆性研究的重要外部力量。

### 3.3 重视前沿生物技术, 加强生物防御相关研究

从 DARPA 科研项目发表生命科学论文数量可以看出, 合成生物学与神经科学等前沿生物技术领域发文较多, 如合成生物学相关的“生物代工厂”

“生物学的基础规律”; 神经科学相关的“加速损伤修复的重组与可塑性”“可靠神经接口技术”等。除此以外, DARPA 在基因编辑技术等领域也有项目部署, 如“安全基因”。DARPA 在前沿技术领域的项目部署使得美国保持生物技术的领先优势, 并促进其在军事领域的应用。

DARPA 大规模部署生物防御相关科研项目始于 1997 年的“生物战防御”项目, 该项目部署有数个子项目, 主要致力于开发进行生物武器袭击后果管理的计算机软件工具、检测环境中病原体 and 生物毒素的传感器、快速鉴别疾病成因的诊断技术以及预防感染或增强人体抵御病原体或毒素能力的新方法<sup>[3]</sup>。2001 年“9·11”事件和“炭疽邮件”事件发生以后, DARPA 在战略规划层面将“生物战防御”项目的部分研究内容纳入“反恐”研究领域中, 并陆续部署了“建筑物免疫” (Immune Building) 项目相关的一系列子项目和“快速疫苗评估” (Rapid Vaccine Assessment, RVA) 等多个项目; 2009 年 H1N1 流感暴发后, 其生命科学研究进一步将大规模传染病应对纳入生命科学领域的研究重点, 相继部署了“H1N1 促进” (H1N1 Acceleration) 计划、“微生理系统” (Microphysiological Systems, MPS) 和兼具预防和治疗的自动诊断技术 (Autonomous Diagnostics to Enable Prevention and Therapeutics, ADEPT) 等一系列感染性疾病应对类项目。2014 年 DARPA 成立生物技术办公室以后, 为了应对近年来全球面临的各类新发再发感染性疾病威胁, 继续强化感染性疾病相关研究, 陆续部署了大流行病预防平台 (Pandemic Prevention Platform, P3) 和预防新发病原体威胁 (Preventing Emerging Pathogenic Threats, PREEMPT) 等项目<sup>[7]</sup>。从 DARPA 生命科学相关科研论文标题的词频来看, 近年来 Virus、Bacteria、Infection、Immune 等词在论文标题中出现的频次越来越高。项目经理是 DARPA 扁平化项目管理模式中的重要一环, 被认为是 DARPA 实现科技创新的关键, 而其在 DARPA 任职时的研究方向主要取决于自身的科研经历和技术背景<sup>[17]</sup>。在 DARPA 生物技术办公室工作的 13 位项目经理技术背景中, 只有 4 位分别是神经工程学、合成生物学、海洋学和昆虫学背景, 具有感染性疾病相关研究背景的项目经理达 9 位<sup>[18]</sup>。DARPA 项目经

理的任期一般为 3 ~ 5 年, 由此可以看出未来短期内, DARPA 生命科学研究将继续强化感染性疾病应对相关研究。 ■

#### 参考文献:

- [1] DARPA. A selected history of DARPA innovation[EB/OL]. (2020-08-25)[2021-01-06]. <https://www.darpa.mil/Timeline/index>.
- [2] MERVIS J. Biology came late, and arrived with a bang[J]. *Science*, 2016, 351(6273): 553.
- [3] STEPHENSON J. Pentagon-funded research takes aim at agents of biological warfare[J]. *The journal of the American Medical Association*, 1997, 278(5): 373-375.
- [4] 张明华, 王松俊, 雷二庆. DARPA 生命科学研究之鉴[J]. *军事医学*, 2013, 37(10): 721-724.
- [5] DARPA. DARPA launches biological technologies office[EB/OL]. (2020-08-25)[2021-01-06]. <https://www.darpa.mil/news-events/2014-04-01>.
- [6] MIRANDA R A, CASEBEER W D, HEIN A M, et al. DARPA -funded efforts in the development of novel brain-computer interface technologies[J]. *Journal neuroscience methods*, 2015, 244: 52-67.
- [7] MARCY E G. DARPA's pandemic-related programs[EB/OL]. (2020-08-25)[2021-01-06]. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IN/IN11446>.
- [8] WOLFSON B. DARPA and the future of synthetic biology[EB/OL]. (2020-08-25)[2021-01-06]. <https://www.oreilly.com/content/darpa-and-the-future-of-synthetic-biology/>.
- [9] 李长芹, 程鲤, 张子义, 等. DARPA 生物科技项目部署解析[J]. *科技导报*, 2018, 36(4): 51-57.
- [10] 田德桥. 美国 DARPA 感染性疾病应对科研部署情况分析[J]. *军事医学*, 2016, 40(10): 790-794.
- [11] 郭红, 潘云涛, 马峥, 等. 国家自然科学基金资助产出论文计量分析[J]. *科技导报*, 2011, 29(27): 61-66.
- [12] 陈小莉, 韩涛, 王溯. DARPA 科研项目产出文献计量分析[J]. *科技导报*, 2018, 36(4): 44-50.
- [13] DURIEUX V, GEVENOIS P A. Bibliometric indicators: quality measurements of scientific publication[J]. *Radiology*, 2010, 255(2): 342-351.
- [14] 魏韧, 郭世杰, 樊潇潇, 等. 基于文献计量的天文学科发展态势分析[J]. *世界科技研究与发展*, 2021, 43(2): 216-227.
- [15] 左丽华. 词频分析及常用工具比较研究[J]. *图书馆学刊*, 2016, 38(6): 38-41.
- [16] SI T, ZHAO H. A brief overview of synthetic biology research programs and roadmap studies in the United States[J]. *Synthetic and systems biotechnology*, 2016, 1(4): 258-264.
- [17] MERVIS J. What makes DARPA tick[J]. *Science*, 2016, 351(6273): 549-553.
- [18] HIGHNAM P. DARPA VPR-VCR summit 2020 ppt[EB/OL]. (2020-08-25)[2021-01-06]. [https://www.wtamu.edu/\\_files/docs/research/Sponsored-Research-Services/DARPA%20VPR-VCR%20Summit%2025%20August%202020.pptx.pdf](https://www.wtamu.edu/_files/docs/research/Sponsored-Research-Services/DARPA%20VPR-VCR%20Summit%2025%20August%202020.pptx.pdf).

## Bibliometric Analysis of Paper Output of DARPA-Funded Life Science Related Research Projects

WANG Panpan, TIAN Deqiao

(Academy of Military Medical Sciences, Academy of Military Sciences, Beijing 100071)

**Abstract:** By using the SCI-Expanded database of Web of Science, this paper analyzes the paper output of life science related research projects funded by the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). The proportion of papers in life science related fields funded by DARPA has been increasing, and MIT, Stanford University, Harvard University, etc. are the main funded publishing institutions. The analysis of DARPA-funded papers can provide reference for relevant management and scientific researchers in China.

**Keywords:** Defense Advanced Research Projects Agency; life science; research program; bibliometric