

2018—2022 年国家自然科学基金医学免疫学领域结题项目情况分析



安应赞¹, 张 慧², 热伊拉·图尔迪³, 沈明辉⁴

1. 秦安县人民医院检验科 (甘肃天水 741600)
2. 甘肃省疾病预防控制中心病原生物实验室 (兰州 730000)
3. 甘肃中医药大学公共卫生学院 (兰州 730000)
4. 兰州大学第二医院检验医学中心 (兰州 730030)

【摘要】目的 分析 2018—2022 年国家自然科学基金 (National Natural Science Foundation of China, NSFC) 医学免疫学领域结题项目, 探讨该领域的发展现状及存在的问题, 为未来项目申请和优化资金导向提供参考。**方法** 以科学基金共享服务网作为数据来源, 获取 2018—2022 年 NSFC 医学免疫学领域已结题项目的项目名称、项目类别、资助经费、分支学科代码、依托单位、项目关键词、研究成果等信息, 并借助 Microsoft Excel 2021、CiteSpace 6.1.R6 和 VOSviewer 1.6.18 软件进行可视化分析。**结果** 2018—2022 年 NSFC 医学免疫学领域结题项目共 1 206 项, 资助经费 60 154.5 万元, 来自 30 个省、市和自治区, 其中 57.88% 的项目集中在上海 (191 项)、北京 (184 项)、江苏 (136 项)、广东 (127 项)、山东 (60 项), 南方地区的结题数量是北方地区的 2.43 倍; 所有项目分属 160 家依托单位, 主要集中在综合类大学, 其中上海交通大学以 64 项的结题量排名第一; 研究成果主要体现在期刊论文 (7 481 篇)、人才培养 (1 748 人) 和专利 (授权 269 项) 三个方面; 分支学科主要集中在 H1104 (炎症、感染与免疫) 和 H1107 (自身免疫性疾病), 其中类风湿性关节炎 (rheumatoid arthritis, RA) 和系统性红斑狼疮 (systemic lupus erythematosus, SLE) 是该研究领域的热点疾病, 巨噬细胞是热点细胞。**结论** 2018—2022 年, NSFC 医学免疫学领域结题项目在地域、依托单位、研究成果类别和分支学科之间存在明显差异, 研究热点主要集中在免疫调节和自身免疫性疾病。

【关键词】 国家自然科学基金; 医学免疫学; 结题项目; 研究热点; 可视化分析

【中图分类号】 R392 **【文献标识码】** A

Analysis of completed projects in medical immunology field of National Natural Science Foundation of China from 2018 to 2022

AN Yingzan¹, ZHANG Hui², Reyila Tuerdi³, SHEN Minghui⁴

1. Department of Laboratory, The People's Hospital of Qin'an, Tianshui 741600, Gansu Province, China
2. Pathogenic Biology Laboratory, Gansu Provincial Center for Disease Control and Prevention, Lanzhou 730000, China
3. School of Public Health, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202407021

基金项目: 甘肃省自然科学基金项目 (21JR1RA173); 兰州市科技计划项目基金项目 (2020-ZD-90); 兰州大学第二医院“萃英科技创新”计划项目 (CY2020-BJ08)

通信作者: 沈明辉, 副主任技师, Email: shenmh21@lzu.edu.cn

<https://slyyx.whuzhmedj.com/>

4. Center of Laboratory Medicine, The Second Hospital, Lanzhou University, Lanzhou 730030, China
Corresponding author: SHEN Minghui, Email: shenmh21@lzu.edu.cn

【Abstract】Objective To analyze the completed projects in medical immunology field of National Natural Science Foundation of China (NSFC) from 2018 to 2022, and explore the current development status and existing problems in this field, in order to provide reference for future project applications and optimization of funding direction. **Methods** The data for this analysis were sourced from the Science Fund Sharing Service Network, which provided information on project titles, categories, funding amounts, sub-discipline codes, host institutions, project keywords and research outcomes for completed medical immunology projects funded by NSFC from 2018 to 2022. Microsoft Excel 2021, CiteSpace 6.1.R6 and VOSviewer 1.6.18 softwares were used for visual analysis of the data. **Results** From 2018 to 2022, there were 1 206 completed projects of NSFC in the field of medical immunology, with funding of 601.545 million RMB from 30 provinces, municipalities and autonomous regions. Among them, 57.88% of the projects were distributed in Shanghai (191 items), Beijing (184 items), Jiangsu (136 items), Guangdong (127 items) and Shandong (60 items). The number of completed projects in southern region was 2.43 times higher than that in northern region. All the projects belonged to 160 supporting institutions, mainly concentrated in comprehensive universities, among which Shanghai Jiao Tong University ranked first with 64 projects. The research achievements were mainly reflected in three aspects: journal papers (7 481 articles), personnel training (1 748 people) and patents (269 authorized items). The subdisciplines focused on H1104 (inflammation, infection and immunity) and H1107 (autoimmune diseases), with rheumatoid arthritis (RA) and systemic lupus erythematosus (SLE) being the hotspot diseases in the field, and macrophages being the hotspot cells. **Conclusion** Between 2018 and 2022, there were significant differences in the distribution of completed medical immunology projects of NSFC in terms of geography, host institutions, categories of research outcomes, and sub-disciplines. The research hotspots were mainly focused on immune regulation and autoimmune diseases.

【Keywords】 National Natural Science Foundation of China; Medical immunology; Completed project; Research hotspots; Visual analysis

医学免疫学是免疫学的重要分支学科，是研究人体免疫系统结构和功能的科学，其重点阐明免疫系统识别抗原和危险信号后发生免疫应答及清除抗原的生物学过程，探讨免疫功能异常所致疾病及其发生发展机制，为疾病的诊断、预防和治疗提供理论基础和技术方法^[1-2]。

国家自然科学基金（National Natural Science Foundation of China, NSFC）作为国内支持基础研究的重要渠道之一，对医学免疫学研究的持续资助有效地提高了医学免疫学基础研究领域的水平。2021年，国家自然科学基金委员会医学科学部面向国家需求、新兴学科领域发展需求以及交叉融合需求，优化分支领域，调整相应的申请代码，目前形成了35个一级申请代码（H01~H35）

及相应的二级申请代码体系^[3]。其中，医学免疫学（申请代码：H11）主要资助研究免疫系统、器官、组织、细胞的结构、功能、发育异常，各种疾病的免疫学机制以及免疫诊断、免疫治疗和免疫预防策略研究^[4]。本研究对2018—2022年国家自然科学基金委员会对医学免疫学领域结题项目的项目类型、学科分支、地域分布、支持机构等方面的研发投入现状和研究热点进行分析，旨在为该领域未来项目申请和优化资金导向提供参考。

1 资料与方法

1.1 数据来源与资料提取

以科学基金共享服务网（<http://npd.nsf.gov>。

cn/) 为数据来源, 以学科分支代码为搜索条件, 获取 NSFC 所资助的医学免疫学领域已结题项目的 相关信息, 时间跨度为 2018—2022 年。基于事先 制定的表格提取资料, 由 2 名研究人员独立提取并 交叉核对, 提取的资料内容包括项目名称、项目类 别、资助经费、分支学科代码、依托单位、获批年 度、项目关键词、奖项、著作、专利、发表论文、 论文检索收录情况、成果转化、人才培养等信息。

1.2 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2021 软件对数据进行横 向(项目类型、分支学科、地域、依托单位)和 纵向(年份)比较分析, 并以图表形式进行展示。 借助 CiteSpace 6.1.R6 软件对依托单位进行共现分 析, 软件设置如下: 时区跨度设定为 2018 年 1 月 至 2022 年 12 月; 单个时间分区设定为 1 年; 修 饰算法选择“pathfinder”; 阈值 g-index (k) 默 认为 25, 节点类型为“Institution”。VOSviewer 1.6.18 软件因其在图谱类型方面具有明显的特点, 尤其 是基于关联强度或相似度对知识单元间进行聚类 分析^[5], 借助其对关键词进行共现及聚类分析, 旨在揭示医学免疫学领域研究的总体特征和研究 热点。为保证研究数据的可靠性, 对同义词进行 合并, 如“自身免疫疾病”与“自身免疫病”合 并为“自身免疫性疾病”, “miRNA”与“microRNA” 合并为“microRNA”。

2 结果

2.1 基本情况

2018—2022 年, NSFC 医学免疫学领域共 结题 1 206 项, 分属 160 家依托单位, 资助经 费 60 154.5 万元。研究成果主要体现在期刊论文 (7 481 篇)、人才培养(1 748 人)和专利(申 请 302 项, 授权 269 项)三个方面, 成果转化仅 2 项, 见表 1。2018—2022 年, 医学免疫学领域 结题项目主要类型包括面上项目 555 项(46.02%)、 青年科学基金项目 492 项(40.80%)、地区科学 基金项目 76 项(6.30%)、重大研究计划 65 项 (5.39%)、重点项目 16 项(1.33%)、联合基 金项目 2 项(0.17%)。各类成果产出主要集中 在面上项目和青年科学基金项目, 但仅有的 2 项 成果转化均来自重点项目, 见表 2。此外, 青年 科学基金项目结题数量从 2018 年的 87 项增加至 2022 年的 121 项, 增长了 39.08%, 见图 1。

表1 2018—2022年医学免疫学领域结题项目情况

年份	结题 项目 (项)	依托 单位 (家)	资助 经费 (万元)	奖励 (项)	学术 报告 (次)	会议 论文 (篇)	期刊论文(篇)		SCI	著作 (部)	专利(项)		成果转化 (项)	人才培养(人)			
							CSCD/北大 中文核心	其他			申请	授权		中青年学 术带头人	出站博 士后	毕业 博士	毕业 硕士
2018	239	87	13 924.5	42	78	121	1 113	287	100	10	81	55	0	19	25	166	206
2019	220	108	11 107	22	18	98	919	162	83	9	43	43	0	5	9	136	136
2020	241	89	11 267	52	79	69	1 303	209	67	6	59	45	2	4	16	98	147
2021	241	88	10 061	16	31	68	1 067	229	84	9	57	43	0	5	13	127	206
2022	266	77	13 795	46	47	29	1 206	198	69	13	62	83	0	9	32	168	221
合计	1 206	449 ^a	60 154.5	178	253	385	5 608	1 085	403	47	302	269	2	42	95	695	916

注: ^a代表依托单位存在重复。

表2 2018—2022年医学免疫学领域各类型项目类型结题情况

Table 2. Results of various completed project types in the field of medical immunology from 2018 to 2022

项目类型	结题项目 (项)		依托单位 (家)		资助经费 (万元)		奖励 (项)		学术报告 (次)		会议论文 (篇)		期刊论文 (篇)		SCI		CSCD/北大中文核心		著作 (部)		专利 (项)		成果转化 (项)		人才培养 (人)									
	项目	项	单位	家	经费	万元	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项		
面上项目	555	98	32 974	98	98	146	239	3 218	673	215	30	175	152	0	28	41	418	601																
青年科学基金项目	492	99	9 663.5	29	18	92	92	1 323	224	87	9	73	75	0	0	14	71	122																
地区科学基金项目	76	31	2 938	20	19	35	35	232	161	98	3	7	16	0	1	0	6	108																
重大研究计划	65	32	9 753	16	44	19	19	539	15	1	5	32	17	0	11	31	118	55																
重点项目	16	14	4 772	15	26	0	0	291	12	2	0	15	9	2	2	9	82	30																
联合基金项目	2	2	54	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																
合计	1 206	276	60 154.5	178	253	385	5 608	1 085	403	47	302	269	2	42	95	695	916																	

注：*代表依托单位存在重复。

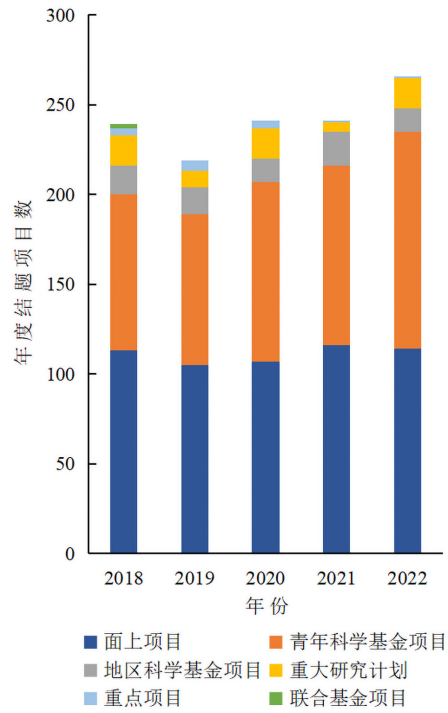


图1 2018—2022年医学免疫学领域结题项目数量分布

Figure 1. Distribution of the number of completed projects in the field of medical immunology from 2018 to 2022

2.2 地域分布情况

从已结题项目的地域分布情况来看，2018—2022年，医学免疫学领域结题项目分布于全国30个省、市和自治区，覆盖地域较广，但结题情况在不同地区之间存在显著差异，大部分结题项目集中在少数几个地区。结题项目数排名前5的地区，分别为上海191项（15.84%）、北京184项（15.26%）、江苏136项（11.28%）、广东127项（10.53%）、山东60项（4.98%），共结题698项，占全国结题总数的57.88%，见图2。海南、河北、山西、甘肃、青海5省结题项目均小于5项，西藏是大陆唯一无NSFC结题项目的省份。从南北地理分界线来看，结题情况存在一定的南北差异，南方地区的结题项目数为854项（70.81%），资助经费为42 436.5万元；北方地区结题项目数为352项（29.19%），资助经费为17 718万元。南方地区的结题数量是北方的2.43倍，资助经费是北方的2.4倍。

2.3 依托单位分布情况

2018—2022年，医学免疫学领域结题项目

共分属 160 家不同的科研单位，其中 72.1% 的结题项目集中在 35 家依托单位，见图 3。结题项目数排名前 10 的依托单位结题项目占总结题项目数的 34.91%，资助经费为 21 437.5 万元，占总资助经费的 35.64%。另外，这 10 家单位获

得奖励、特邀学术报告、会议论文、SCI 论文、CSCD/北大中文核心论文、培养各类人才占各自总数的 30% 以上，而 2 项成果转化均来自北京大学，见表 3。为培养和扶持部分地区科学技术人员，提升区域基础研究水平，部分单位如贵州

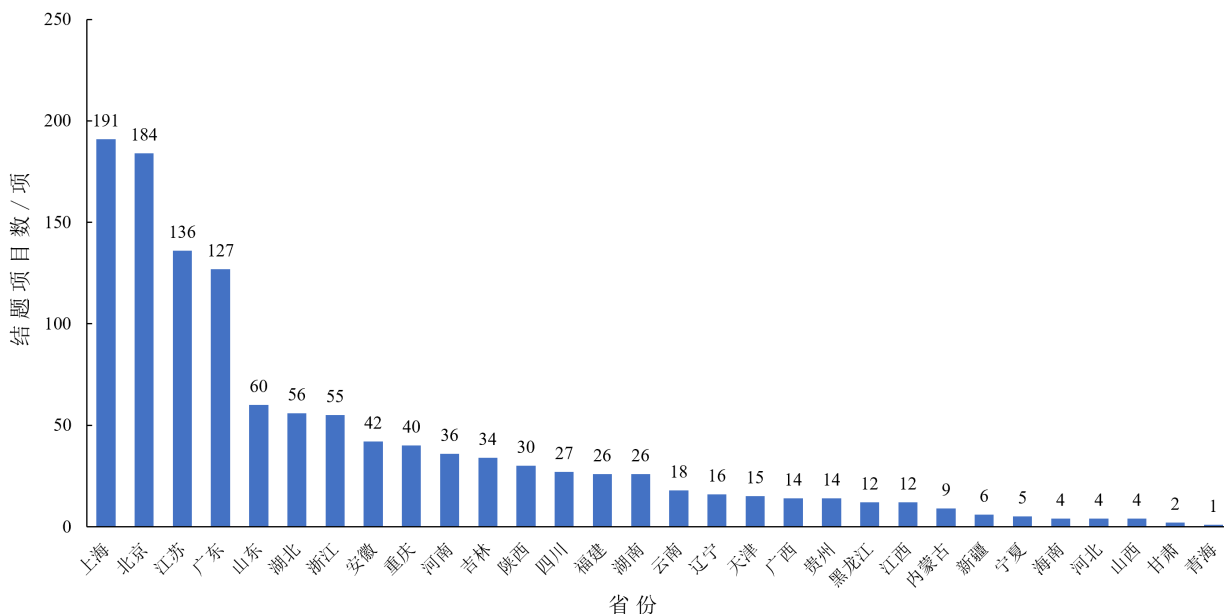


图2 2018—2022年医学免疫学领域结题项目地域分布

Figure 2. Geographical distribution of completed projects in medical immunology from 2018 to 2022

注：新疆为新疆维吾尔自治区，广西为广西壮族自治区，宁夏为宁夏回族自治区，内蒙古为内蒙古自治区。



图3 2018—2022年医学免疫学领域结题项目依托单位共现网络图

Figure 3. Co-occurrence network of dependent units of completed projects in medical immunology from 2018 to 2022

注：节点大小代表结题项目数，节点越大数量越多；节点颜色及其厚度代表不同的年份及该年份结题项目数，图左下角彩色条带代表项目获批年度^[6]。

表3 2018—2022年医学免疫学领域结题项目排名前10的依托单位
Table 3. Top 10 supporting units of the completed project in the field of medical immunology from 2018 to 2022

依托单位	结题项目 (项)		资助经费 (万元)		奖励 (项)		学术报告 (次)		会议论文 (篇)		SCI		期刊论文 (篇)		著作 (部)		专利 (项)		成果转化 (项)		人才培养 (人)		
	项目	经费	项	万元	项	次	篇	SCI	CSCD/北大中文核心	其他	部	申请	授权	转化	中青年带头人	出站博	博士后	博士	硕士	博士	硕士		
上海交通大学	64	3 628.5	4	15	16	313	42	10	2	8	9	0	0	12	70	51							
中国人民解放军第二军医大学	47	2 776.5	0	8	5	151	66	33	1	6	5	0	3	11	15								
北京大学	46	2 587.5	20	42	24	286	68	3	1	17	12	2	1	3	55	14							
中山大学	44	2 032	11	8	13	202	8	2	0	26	16	0	4	4	40	24							
复旦大学	41	2 221.5	3	12	14	228	33	13	0	11	2	0	0	1	26	22							
华中科技大学	40	2 122.5	3	9	8	154	9	6	1	5	2	0	2	3	34	20							
南京医科大学	39	2 014	14	6	9	236	32	10	0	9	12	0	0	0	8	14							
浙江大学	38	1 739.5	6	3	15	167	14	1	0	0	4	0	1	1	18	17							
中国医学科学院北京协和医院	32	1 257	8	6	7	190	46	30	0	4	1	0	0	1	23	4							
吉林大学	30	1 058.5	2	8	5	131	11	2	0	2	1	0	0	1	8	5							
合计	421	21 437.5	71	117	116	2 058	329	110	5	88	64	2	11	26	293	186							

医科大学、广西医科大学、昆明医科大学、宁夏医科大学、内蒙古医科大学由于受到地区科学基金项目的资助，与中国科学院分子细胞科学卓越创新中心、中国科学院上海营养与健康研究所、中国医学科学院基础医学研究所在结题项目总数上并列排名。160家依托单位中58家结题数仅为1项。

从依托单位的性质分布情况来看，2018—2022年医学免疫学领域已结题项目依托于7种类型的单位，依次为综合类大学（638项，52.9%）、医药类大学（310项，25.7%）、军事类大学（91项，7.5%）、研究机构（78项，6.5%）、医院（67项，5.6%）、理工类大学（17项，1.4%）、师范类大学（5项，0.4%），可见综合类大学在医学免疫学领域的结题项目数和获得经费上占有明显优势，研究成果也相应地集中在综合类大学，主要体现在期刊论文和人才培养，仅有的2项成果转化来自综合类大学。

2.4 学科分布情况

2021年，应NSFC学科领域发展需求，医学免疫学领域分支学科由16个整合为13个，主要包括以下分支学科：H1101（免疫系统发育与分化异常）、H1102（免疫应答异常）、H1103（免疫调节异常）、H1104（炎症、感染与免疫）、H1105（器官移植与移植免疫）、H1106（超敏反应性疾病）、H1107（自身免疫性疾病）、H1108（免疫缺陷性疾病）、H1109（神经内分泌免疫异常）、H1110（区域免疫及黏膜免疫疾病）、H1111（疫苗和免疫预防）、H1112（免疫治疗及其机制）、H1113（医学免疫学研究新技术与新方法）。近五年，H1107（455项，37.73%）和H1104（267项，22.14%）占医学免疫学领域结题项目总数的59.87%。而H1103、H1109、H1112这三个学科的结题项目数均小于20项，尤其是H1112在2021年和2022年连续两年无结题项目，仅有的2项成果转化均来自H1105，见表4。此外，各分支学科每年结题项目数量无显著变化，见图4。

2.5 关键词分布情况

借助VOSviewer软件对同义词合并后的关键词进行共现分析，如图5所示，出现频次排名前10的关键词为类风湿关节炎（rheumatoid arthritis, RA, 126次）、巨噬细胞（104次）、

表4 2018—2022年医学免疫学领域各分支学科结题情况
Table 4. Results of completed project in various subdisciplines in the field of medical immunology from 2018 to 2022

分支学科	结题项目 (项)	依托单位 (家)	资助经费 (万元)	奖励 (项)	学术报告 (次)	会议论文 (篇)	期刊论文 (篇)			著作 (部)	专利 (项)		成果转化 (项)	人才培养 (人)			
							SCI	CSCD/北大中文核心	其他		申请	授权		中青年学术带头人	出站博士后	毕业博士	
H1101	54	31	4 317	6	8	13	258	24	6	0	3	6	0	5	9	51	36
H1102	99	45	4 906	13	16	19	522	67	18	11	42	27	0	4	10	48	86
H1103	16	12	861	1	0	3	98	6	1	0	1	0	0	0	3	2	10
H1104	267	87	13 051	20	46	58	1 003	167	70	8	65	52	0	13	25	140	188
H1105	106	43	5 942.5	28	30	42	644	133	40	2	18	38	2	0	3	63	80
H1106	36	23	1 585.5	7	10	23	200	60	23	3	38	27	0	0	1	20	28
H1107	455	95	19 669.5	74	90	155	2 077	471	196	15	69	73	0	5	20	248	349
H1108	22	11	1 057.5	9	14	10	126	41	7	0	0	0	0	0	2	18	22
H1109	14	12	711	0	0	11	77	3	3	0	2	2	0	2	3	7	15
H1110	55	30	4 615.5	8	32	29	320	47	13	1	16	7	0	1	11	65	48
H1111	56	39	1 843.5	4	6	20	179	43	23	2	41	31	0	8	5	15	28
H1112	4	4	203.5	3	0	0	18	5	3	0	2	1	0	0	0	0	6
H1113	22	16	1 391	5	1	2	86	18	0	5	5	5	0	4	3	18	20
合计	1 206	448	60 154.5	178	253	385	5 608	1 085	403	47	302	269	2	42	95	695	916

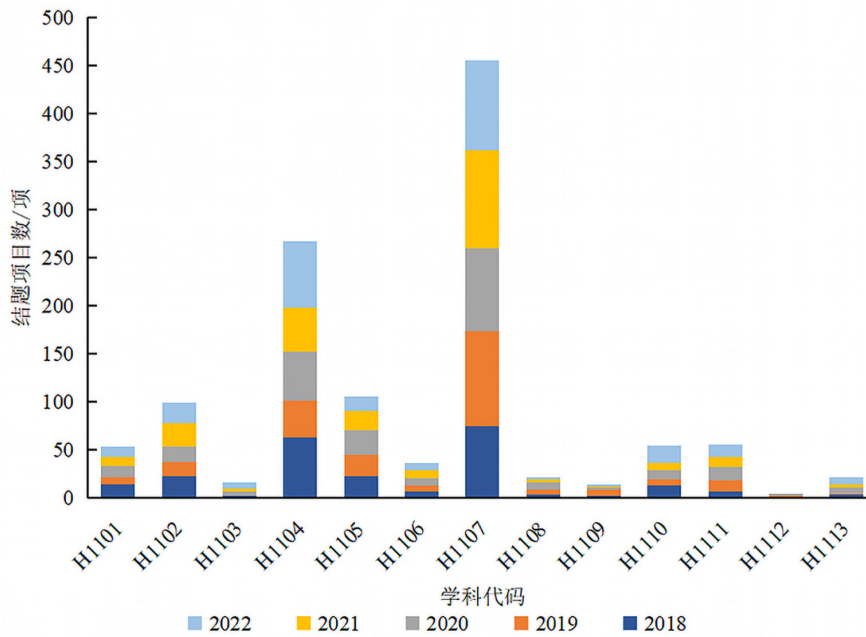


图4 2018—2022年医学免疫学领域结题项目
分支学科分布

Figure 4. Distribution of subdisciplines of the completed projects in medical immunology from 2018 to 2022

注：H1101为免疫系统发育与分化异常，H1102为免疫应答异常，H1103为免疫调节异常，H1104为炎症、感染与免疫，H1105为器官移植与移植免疫，H1106为超敏反应性疾病，H1107为自身免疫性疾病，H1108为免疫缺陷性疾病，H1109为神经内分泌免疫异常，H1110为区域免疫及黏膜免疫疾病，H1111为疫苗和免疫预防，H1112为免疫治疗及其机制，H1113为医学免疫学研究新技术与新方法。

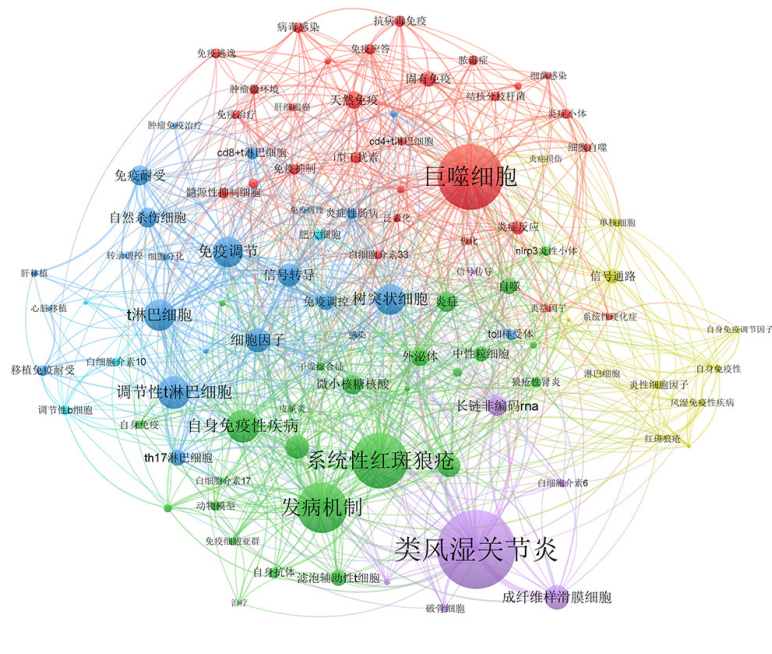


图5 2018—2022年医学免疫学领域结题项目关键词共现网络图

Figure 5. Co-occurrence network diagram of keywords in completed projects in medical immunology from 2018 to 2022

注：节点大小代表关键词出现的频率，节点越大频次越高；颜色代表不同的聚类，同一颜色代表研究方向类似。

系统性红斑狼疮 (systemic lupus erythematosus, SLE, 87 次)、发病机制 (79 次)、自身免疫性疾病 (50 次)、调节性 T 淋巴细胞 (50 次)、T 淋巴细胞 (47 次)、免疫调节 (46 次)、树突状细胞 (46 次)、成纤维样滑膜细胞 (37 次), 构成了 2018—2022 年医学免疫学领域 NSFC 结题项目最主要的研究内容。另外, 关键词在共现分析的基础上形成 4 个明显聚类, 图中颜色代表不同的聚类, 每个聚类代表一个研究方向, 同一颜色代表研究方向类似。蓝色簇的研究内容主要集中在人体免疫调控及其相关机制研究; 红色簇的研究内容以固有免疫细胞中的巨噬细胞为核心, 展开其在不同生理病理条件下表现的多样化功能及在疾病中的应用; 紫色簇的研究内容集中在 RA 及其发病过程中涉及到的主要功能细胞; 绿色簇以 SLE 为核心, 相关研究更多地集中在它的发病机制及其临床诊治方面。

3 讨论

医学免疫学作为医学和生命科学领域的前沿学科, 与细胞生物学、微生物学、分子生物学等多学科交叉融合, 不断涌现新理论、新技术、新方法, 学科知识的更新和发展非常迅速^[7]。为深入实施《国家自然科学基金“十三五”发展规划》, 国家自然科学基金委构建了“探索、人才、工具、融合”四位一体的资助体系, 其中, 探索系列中的面上项目与人才系列中的青年科学基金结题项目数量较大、涉及面较广, 备受科研工作者的关注。本研究发现, 2018—2022 年医学免疫学领域青年基金项目结题数量呈现逐年上升的趋势, 提示年轻学者在该领域获得资助的占比不断增加, 科研队伍呈现年轻化趋势。

通过对医学免疫学领域近五年的 NSFC 结题情况分析, 发现存在一些问题。从项目成果产出情况来看, 首先, 项目成果申请专利较少且集中, 专利申请作为评价基金项目科研工作及项目效益的重要参考指标, 在 1 206 项结题项目中, 仅有 130 项结题项目申请专利 (共 302 项), 相较于学术论文的产出差距较大, 且 302 项申请专利主要集中在 66 家委托单位和上海、北京、广东、江苏 4 个省市, 可能多数依托单位和地区对于专利申请的重视程度不够, 也可能与专利申请周期长有关; 其次, 项目成果转化率低, 近五年该

领域结题项目 1 206 项, 仅有 2 项成果转化, 可能与医药领域产学研周期较长、科研项目不重视成果转化、项目本身不具备市场转化的价值或项目资金投入不足等因素有关。从地区和依托单位分布情况来看, 各地区和依托单位之间结题项目分布不均衡。近 60% 的结题项目集中在上海、北京、江苏、广东、山东 5 个省市, 顶尖效应较为显著; 此外, 结题项目存在南北差异, 在结题项目数量和立项经费上, 南方是北方的 2 倍左右, 可能与科研的重视及投入程度有关, 这不利于全国各地科学和教育的整体发展。其次, 160 家依托单位中 870 项结题项目集中在 35 家依托单位。目前, 获得 NSFC 资助已成为衡量一个单位是否具备高水平研究资格和能力以及评估其学术研究地位的重要指标^[8], 虽然结题项目依托单位范围较广, 但在该领域真正具备科研实力的单位占比较少。从各分支学科结题项目分布情况来看, 研究方向过于集中, 主要集中在 H1104 和 H1107 这 2 个方向, 这与关键词共现图谱结果一致。免疫调节异常、神经内分泌免疫异常、免疫治疗及其机制这 3 个分支学科结题数量过少, 尤其是免疫治疗及其机制这一分支近两年无结题项目。总之, 近五年医学免疫学领域的结题项目仅聚焦于部分研究内容, 这可能对全国该领域研究所存在的潜在问题及未来趋势的分析造成偏差。

关键词是基金项目研究主题的凝练和归纳, 可以反映医学免疫学领域结题项目的研究热点。结合关键词共现及其聚类结果来看, 在过去的五年中, 医学免疫学研究热点主要形成 4 个聚类。蓝色聚类显示, 免疫调节是免疫学研究领域的重要部分, 不同细胞亚群根据其表型分泌不同的细胞因子 / 转录因子参与机体的免疫调控过程^[9], 聚类图显示免疫调节相关研究大多集中在 T 淋巴细胞, 尤其是调节性 T 淋巴细胞这个亚群, 其次树突状细胞 (dendritic cell, DC) 和自然杀伤细胞 (natural killer cell, NK) 参与免疫调节研究也比较多, 具体调节机制集中在免疫耐受、信号转导、细胞因子、toll 样受体等方面, 应用价值体现在移植、移植免疫耐受、肿瘤免疫治疗、炎症性肠病等疾病。红色聚类显示, 免疫领域的研究热点之一是固有 / 天然免疫, 其中以巨噬细胞为代表参与的免疫应答研究最多。巨噬细胞随微环境的改变而表现多样化功能, 可吞噬清除病原

体、提呈抗原激活适应性免疫,通过分泌多种细胞因子参与炎症反应,在细菌感染、病毒感染、脓毒血症等感染性疾病,以及自身炎症性疾病、肿瘤相关疾病中发挥重要作用^[10-16]。巨噬细胞还参与机体的免疫逃逸过程,尤其在肿瘤微环境中^[17],这可作为抗免疫抑制治疗的特异性靶点。同样,巨噬细胞作为结核分枝杆菌(*Mycobacterium tuberculosis*, MTB)的主要宿主细胞,感染初期可以抑制杀灭 MTB,但 MTB 也能在巨噬细胞保护下逃避免疫系统的杀伤^[18]; RA 和 SLE 是近五年医学免疫学领域研究的热点疾病。紫色聚类显示,RA 与成纤维样滑膜细胞(fibroblast-like synoviocytes, FLS)、破骨细胞、白介素-6(interleukin-6, IL-6)、长链非编码 RNA(long non-coding RNA, lncRNA)聚为一类,可见主要研究内容为 RA 的发病机制。FLS^[19]和破骨细胞^[20-21]是主要模型细胞,IL-6 仍是 RA 研究的主要炎症因子。近年来 lncRNA 成为医学领域研究的焦点,多项研究显示,RA 患者 lncRNA 异常表达并通过多种机制调控基因表达,进而影响 RA 的发生发展^[22-26]。绿色聚类显示,SLE 的研究更多地集中在发病机制研究方面,目前认为 SLE 的发生是遗传、表观遗传、免疫、激素和环境因素等多因素综合作用的结果,从而引起多器官多系统的损害,如狼疮性肾炎^[27-28];其次,研究范围较广,包括免疫细胞亚群(中性粒细胞、滤泡辅助性 T 细胞)、炎症、自噬、外泌体、微小核糖核酸(microRNAs, miRNAs)等,SLE 的研究范围及深度胜过 RA。目前迫切需要寻求 SLE 新的治疗方式,外泌体作为最有前景的药物递送载体,已成为治疗自身免疫性疾病的一种新方法^[29]。此外,外泌体中包裹的 miRNAs 在自身免疫性疾病的免疫应答调节和炎症反应触发等过程中也发挥一定的作用^[28],可作为诊断和治疗的潜在生物标志物。

医学免疫学是多学科交叉融合形成的领域,其发展对于保障生命健康至关重要。NSFC 作为国内主要的科研资助机构之一,反映了科研人员是否具备承担高水平研究条件和能力的标准,未来 NSFC 项目申请和优化资金导向是一个刻不容缓的现实问题。基于医学免疫学领域 2018—2022 年的 NSFC 结题情况,未来应提高科研效率,强化科研成果评价方案,转变“唯项目、唯论文”

的科研评价体系;提高研究人员的科研能力,加强人才引进,优化科研项目和经费管理,特别是特定地区的依托单位,充分发挥地域特色性研究,提升区域基础研究水平;充分利用国内优势资源,加强医学免疫学研究的深度,尤其在免疫调节的发生、发展机制及其在疾病中的应用方面,让科研成果更好地助力该领域的创新发展。

参考文献

- 1 杨权,邱怀娜,黄俊.医学免疫学教学改革的实践与探讨[J].基础医学教育,2017,19(1):14-16.[Yang Q, Qiu HN, Huang J. Practice and discussion of teaching reform of medical immunology[J]. Basic Medical Education, 2017, 19(1): 14-16.] DOI: 10.13754/j.issn.2095-1450.2017.01.05.
- 2 Rijkers GT, Damoiseaux JG, Hooijkaas H. Medical immunology: two-way bridge connecting bench and bedside[J]. Immunol Lett, 2014, 162(2 Pt B): 127-133. DOI: 10.1016/j.imlet.2014.10.016.
- 3 国家自然科学基金委员会.2021 年度国家自然科学基金项目指南[M].北京:科学出版社,2021.
- 4 国家自然科学基金委员会.2022 年度国家自然科学基金项目指南[M].北京:科学出版社,2022.
- 5 van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping[J]. Scientometrics, 2010, 84(2): 523-538. DOI: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- 6 郑晓,田峰,陈一鸣,等.2002—2022 年我国多重慢病领域研究热点及演进趋势分析[J].中国全科医学,2023,26(21):2567-2573.[Zheng X, Tian F, Chen YM, et al. Research hotspots and evolutionary trends on multimorbidity in China from 2002 to 2022[J]. Chinese General Practice, 2023, 26(21): 2567-2573.] DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0066.
- 7 陈淑珍.医学免疫学科研式教学模式的探索与实践[J].医学研究杂志,2023,52(7):202-204.[Chen SZ. Exploration and practice of medical immunology scientific research teaching mode[J]. Journal of Medical Research, 2023, 52(7): 202-204.] DOI: 10.11969/j.issn.1673-548X.2023.07.042.
- 8 Chang HY, Chu W, Li XD, et al. Analysis of the status and tendency of R&D input in the field of rare diseases funded by the National Natural Science Foundation of China[J].

- Front Public Health, 2021, 9: 729162. DOI: [10.3389/fpubh.2021.729162](https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.729162).
- 9 何涛, 吴潇韩, 何倩, 等. 免疫学研究进展 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(80): 124–127. [He T, Wu XH, He Q, et al. Research on animal immunology[J]. World Latest Medicine Information, 2018, 18(80): 124–127.] DOI: [10.19613/j.cnki.1671-3141.2018.80.054](https://doi.org/10.19613/j.cnki.1671-3141.2018.80.054).
- 10 张东玥, 郑国光. 巨噬细胞的固有免疫记忆研究进展 [J]. 中国细胞生物学学报, 2022, 44(1): 120–128. [Zhang DY, Zheng GG. Research progress in innate immune memory of macrophages[J]. Chinese Journal of Cell Biology, 2022, 44(1): 120–128.] DOI: [10.11844/cjcb.2022.01.0015](https://doi.org/10.11844/cjcb.2022.01.0015).
- 11 Yao Y, Jeyanathan M, Haddadi S, et al. Induction of autonomous memory alveolar macrophages requires T cell help and is critical to trained immunity[J]. Cell, 2018, 175(6): 1634–1650. DOI: [10.1016/j.cell.2018.09.042](https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.09.042).
- 12 Chan LC, Rossetti M, Miller LS, et al. Protective immunity in recurrent *Staphylococcus aureus* infection reflects localized immune signatures and macrophage-conferred memory[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2018, 115(47): E11111–E11119. DOI: [10.1073/pnas.1808353115](https://doi.org/10.1073/pnas.1808353115).
- 13 Nigrovic PA, Lee PY, Hoffman HM. Monogenic autoinflammatory disorders: conceptual overview, phenotype, and clinical approach[J]. J Allergy Clin Immunol, 2020, 146(5): 925–937. DOI: [10.1016/j.jaci.2020.08.017](https://doi.org/10.1016/j.jaci.2020.08.017).
- 14 Redelman-Sidi G, Glickman MS, Bochner BH. The mechanism of action of BCG therapy for bladder cancer—a current perspective[J]. Nat Rev Urol, 2014, 11(3): 153–162. DOI: [10.1038/nrurol.2014.15](https://doi.org/10.1038/nrurol.2014.15).
- 15 Stewart JH, Levine EA. Role of bacillus Calmette–Guérin in the treatment of advanced melanoma[J]. Expert Rev Anticancer Ther, 2011, 11(11): 1671–1676. DOI: [10.1586/era.11.163](https://doi.org/10.1586/era.11.163).
- 16 Villumsen M, Sørup S, Jess T, et al. Risk of lymphoma and leukaemia after bacille Calmette–Guérin and smallpox vaccination: a Danish case-cohort study[J]. Vaccine, 2009, 27(49): 6950–6958. DOI: [10.1016/j.vaccine.2009.08.103](https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.08.103).
- 17 高松, 徐培钧, 郝继辉. 巨噬细胞在肿瘤发展及治疗中的研究进展 [J]. 中国细胞生物学学报, 2022, 44(4): 572–582. [Gao S, Xu PJ, Hao JH. Advances in research of macrophages in tumor development and therapy[J]. Chinese Journal of Cell Biology, 2022, 44(4): 572–582.] DOI: [10.11844/cjcb.2022.04.0005](https://doi.org/10.11844/cjcb.2022.04.0005).
- 18 王旭东, 吴利先. 结核分枝杆菌与巨噬细胞相互作用的研究进展 [J]. 中国病原生物学杂志, 2015, 10(6): 571–573. [Wang XD, Wu LX. Advances in study of the interaction of *Mycobacterium tuberculosis* and macrophages[J]. Journal of Parasitic Biology, 2015, 10(6): 571–573.] DOI: [10.13350/j.cjpb.150622](https://doi.org/10.13350/j.cjpb.150622).
- 19 Nygaard G, Firestein GS. Restoring synovial homeostasis in rheumatoid arthritis by targeting fibroblast-like synoviocytes[J]. Nat Rev Rheumatol, 2020, 16(6): 316–333. DOI: [10.1038/s41584-020-0413-5](https://doi.org/10.1038/s41584-020-0413-5).
- 20 邓颖, 金璨, 段志豪, 等. 类风湿关节炎破坏的细胞网络调控及治疗研究进展 [J]. 中国现代医学杂志, 2023, 33(15): 62–68. [Deng Y, Jin C, Duan ZH, et al. Advances in regulation of cellular network and treatment of bone destruction in rheumatoid arthritis[J]. China Journal of Modern Medicine, 2023, 33(15): 62–68.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-8982.2023.15.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-8982.2023.15.010).
- 21 吴玉寒, 潘迎紫, 褚赞波, 等. 类风湿关节炎破骨细胞的活化机制及其预测指标 [J]. 生命的化学, 2020, 40(3): 378–383. [Wu YH, Pan YZ, Chu ZB, et al. Mechanism of osteoclast activation and its predictors in rheumatoid arthritis[J]. Chemistry of Life, 2020, 40(3): 378–383.] DOI: [10.13488/j.smhx.20190321](https://doi.org/10.13488/j.smhx.20190321).
- 22 Bi X, Guo XH, Mo BY, et al. LncRNA PICSAR promotes cell proliferation, migration and invasion of fibroblast-like synoviocytes by sponging miRNA-4701-5p in rheumatoid arthritis[J]. Ebiomedicine, 2019, 50: 408–420. DOI: [10.1016/j.ebiom.2019.11.024](https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2019.11.024).
- 23 Yu B, Chen Y, Chen E, et al. LncRNA RNA XIST binding to GATA1 contributes to rheumatoid arthritis through its effects on proliferation of synovial fibroblasts and angiogenesis via regulation of CCN6[J]. Mol Immunol, 2023, 153: 200–211. DOI: [10.1016/j.molimm.2022.12.004](https://doi.org/10.1016/j.molimm.2022.12.004).
- 24 Zhu J, Tu S, Qu Q. lncRNA BZRAP1-AS1 alleviates rheumatoid arthritis by regulating miR-1286/COL5A2 axis[J]. Immun Inflamm Dis, 2022, 10(2): 163–174. DOI: [10.1002/iid3.558](https://doi.org/10.1002/iid3.558).
- 25 Zou Y, Shen C, Shen T, et al. LncRNA THRIL is involved in the proliferation, migration, and invasion of rheumatoid fibroblast-like synoviocytes[J]. Ann Transl Med, 2021,

- 9(17): 1368. DOI: [10.21037/atm-21-1362](https://doi.org/10.21037/atm-21-1362).
- 26 Elazazy O, Midan HM, Shahin RK, et al. Long non-coding RNAs and rheumatoid arthritis: pathogenesis and clinical implications[J]. *Pathol Res Pract*, 2023, 246: 154512. DOI: [10.1016/j.prp.2023.154512](https://doi.org/10.1016/j.prp.2023.154512).
- 27 Zucchi D, Elefante E, Schilirò D, et al. One year in review 2022: systemic lupus erythematosus[J]. *Clin Exp Rheumatol*, 2022, 40(1): 4–14. DOI: [10.55563/clinexprheumatol/nolysy](https://doi.org/10.55563/clinexprheumatol/nolysy).
- 28 高大玉, 徐文雨, 陈兴国. 外泌体 miRNA 在 SLE 中作用的研究进展 [J]. *现代免疫学*, 2022, 42(4): 354–358. [Gao DY, Xu WY, Chen XG. Research progress of exosome miRNA function in systemic lupus erythematosus[J]. *Current Immunology*, 2022, 42(4): 354–358.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/ChlQZXJpb2RpY2FsQ0hJTmV3UzlwMjQwNzA0EhBzaG15eHp6MjAyMjA0MDE1Ggh1ODcxYTZkMQ%3D%3D>.
- 29 Walker S, Busatto S, Pham A, et al. Extracellular vesicle-based drug delivery systems for cancer treatment[J]. *Theranostics*, 2019, 9(26): 8001–8017. DOI: [10.7150/thno.37097](https://doi.org/10.7150/thno.37097).
- 收稿日期: 2024 年 07 月 02 日 修回日期: 2024 年 09 月 24 日
本文编辑: 张 苗 黄 笛

引用本文: 安应赞, 张慧, 热伊拉·图尔迪, 等. 2018—2022年国家自然科学基金医学免疫学领域结题项目情况分析[J]. *数理医药学杂志*, 2024, 37(10): 734–745. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202407021](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202407021).
An YZ, Zhang H, Reyila Tuerd, et al. Analysis of completed projects in medical immunology field of National Natural Science Foundation of China from 2018 to 2022[J]. *Journal of Mathematical Medicine*, 2024, 37(10): 734–745. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202407021](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202407021).