

· 管理纵横 ·

国家自然科学基金纳米生物医学 领域资助项目绩效分析

田文灿^{1,2} 胡志刚^{1,2*} 焦健³ 赵超³ 杜鹏³

(1. 大连理工大学科学学与科技管理研究所, 大连 116024; 2. 大连理工大学 WISE 实验室, 大连 116024;
3. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190)

[摘要] 纳米生物医学是将纳米材料应用于生物医学的新兴学科, 具有非常鲜明的多学科交叉特点, 现已成为十分重要的研究方向。国家自然科学基金的资助情况在一定程度上能够反映出我国前沿科技领域的研究重点和发展趋势。本文基于对 1999—2018 年国家自然科学基金生命科学部和医学科学部在纳米领域的资助情况进行多维度分析和全方位回顾, 揭示出我国纳米生物医学领域受资助项目的领域、地区和机构分布。同时, 统计依托这些资助项目所发表的 SCI 论文数量和被引频次, 设计并计算出各项目的标准化发文指标和被引指标, 以评估各领域、地区和机构的基金资助绩效, 对我国纳米生物医学领域的政策制定和完善具有一定的参考意义。

[关键词] 国家自然科学基金; 纳米生物医学; 科学计量学; 基金论文; 科研绩效

纳米科学是在纳米尺度上研究物质的相互作用、组成、特性、制造方法以及由纳米结构集成的功能系统的科学^[1-3]。纳米技术是现代科技发展的热点和前沿, 纳米研究已经深入到包括化学、材料、物理、和生命科学等各大领域的各个方向, 构成了当前科技投入和产出的重要组成部分。基于 Web of Science 数据库的论文统计显示, 在整个自然科学领域中, 高达 7.6% 的 SCI 论文在题目或摘要中都含有“nano”一词。可以说, 纳米技术正在重新定义我们的科学研究内容、框架和方式^[4-5]。

我国一直高度重视纳米技术的发展, 在纳米科技发展之初就与国际布局保持了同步。“八五”期间, “纳米材料科学”列入国家攀登计划项目; 2001 年 7 月科技部联合国家自然科学基金委员会等 5 部委联合制定了《国家纳米科学技术发展纲要(2001—2010)》。在国家政策和资金的大力支持下, 我国纳米科技成就斐然, 已经成为我国与世界并跑的科技领域之一。但是, 我国纳米技术的布局主要集中在材料、化工、环境和能源领域, 而在生物和医药领域, 发展水平距离世界先进国家还有较大差距。因此,

探究我国在纳米生物医学领域的投入产出情况, 对实现科研经费投入的更合理布局以及我国在纳米生物医学领域的政策制定和完善方面具有一定的价值意义。

在本研究中, 我们将通过科学计量学的方法, 对纳米生物领域的科研投入和论文产出情况进行系统的分析和评价。利用科学计量学的方法展现一个研究领域的发展态势和未来前景, 是目前使用较多的一种研究方法。例如, 闫金定^[6]、梁立明等^[7]、谢彩霞^[8]、石庆平等^[9]基于文献数据研究了我国纳米科技的发展现状; 何鸣鸿^[10]、谢彩霞^[11]、杨海华^[12]等学者从国家自然科学基金对纳米领域的资助层面来对我国纳米领域的发展状况进行了研究。

本文主要基于国家自然科学基金的获批项目数据, 对纳米生物医学领域的资助情况, 进行多维度分析和比较, 并通过查询和统计依托基金项目所发表的 SCI 论文的数量和被引频次, 来衡量基金投入的产出绩效。该研究将为深入揭示我国当前在纳米生物医学领域的科研投入和产出情况, 提供一定的数据支撑和政策支持。

收稿日期: 2018-10-15; 修回日期: 2018-11-15

* 通信作者, Email: huzhigang@dlut.edu.cn

1 数据来源

有研究表明,在自然科学领域,国家自然科学基金的投入一般占科研总投入的 70% 以上^[12]。国家自然科学基金的资助情况在一定程度上能够反映出我国前沿科技领域的研究重点和发展趋势^[10,13-14]。因此,我们选取国家自然科学基金的数据作为科研投入产出的主要数据来源。

首先,国家自然科学基金的数据来自于科学网的基金查询系统(<http://fund.sciencenet.cn>),其收录的自然科学基金项目最早可以追溯到 1999 年,提供基于主题词、学部、领域和年份的查询功能。在通过构建检索条件“项目名称 OR 主题词=纳米”,领域限制在“生命科学部”和“医学科学部”(由于其他科学部在纳米生物医学领域申请项目较少,如化学科学部只有 2 项,信息科学部 4 项等,故对其余科学部在纳米生物医学领域申请的项目不予考虑)。结果显示,在 1999—2018 年间,国家自然科学基金在纳米生物医学领域共资助各类项目数量 3 591 项,项目总金额 13.89 亿元。

其次,在 Web of Science 数据库中,检索依托上述 3 591 项基金项目所发表的 SCI 论文情况,检索式为“FG=项目批准号”,合计共检索得到 16 237 篇论文。值得指出的是,由于 Web of Science 数据库从 2008 年才开始标注论文基金项目的批准号,因此只能检索到 2008 年以后发表的基金项目论文。在论文分析中,也将主要围绕 2008 年之后的论文进行评价。

基于上述数据,我们构建了纳米生物医学领域

的国家自然科学基金投入产出数据库,将该项目及依托项目所发表的论文进行了关联。通过统计各个国家自然科学基金项目所发表论文的数量和被引情况,对各自然科学基金项目的产出绩效进行评价,对不同领域、地区和机构的项目数量和绩效进行了比较。

在论文绩效评价中,由于时间窗口的影响,获批年份不同的基金项目的发文量和被引量可能存在巨大差异。比如,2008 年获批的项目至今已经 10 年,依托该项目发表的论文基本均以见刊,并且被引时间较长,被引量较高;而 2017 年刚刚获批的项目,研究刚刚开展,相关论文还处于撰稿和投稿阶段,已经见刊的论文量相对较少,而引用这些论文的文章还比较少。因此,为了方便比较,需要对不同年份的论文量和被引量进行标准化处理。具体方法是:(1) 求取依托 y 年开始的基金项目的发文量 $AvgPub_y$ 和被引量 $AvgCit_y$;(2) 计算依托 y 年的基金项目 i 的发文得分: $ScorePub_i = Pub_i / AvgPub_y$, $ScoreCit = Cit_i / AvgCit_y$;(3) 计算各个领域/地区/机构的发文得分,即为该领域/地区/机构所属的基金项目的发文得分均值;计算各个领域/地区/机构的被引得分,即为该领域/地区/机构所属的基金项目的被引得分均值。

2 结果

2.1 基金资助项目和产出情况

1999—2018 年间,国家自然科学基金对纳米生物医学领域的资助呈逐年上升态势,项目数量和经费都有大幅提升,如图 1 所示。1999 年,纳米生物医

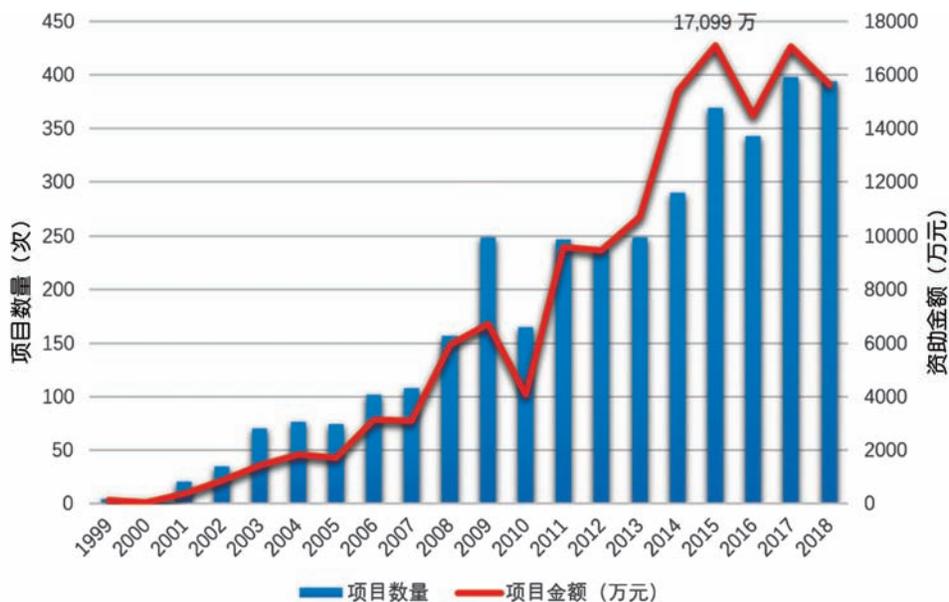


图 1 国家自然科学基金纳米生物医学领域的总体资助情况

学领域的资助项目仅有4项,项目总金额118万元;而最近几年,每年项目数量接近400项,项目总金额稳定在1.5亿元左右。其中,2015年受资助金额最多,达到1.7亿元。

从基金资助项目的产出来看,从2008年可以查询基金项目号开始,近十年共发表SCI论文16237篇,总被引量为236185次。图2(a)显示了纳米生物医学领域的基金项目论文的发文量和被引量的增长情况。可以看出,依托国家自然科学基金的论文量呈直线上升态势,而被引量则呈现出先增后减的抛物线趋势。这是因为一篇论文的被引量的增加需要一定的时间窗口,近五年的被引时间窗口较短,因此被引量还比较小。

图2(b)展现的是基于论文所受资助的项目获批年份得到的论文量和被引量分布(由于2018年刚获批的项目并未有任何发文,故接下来对2018年获批的基金项目的发文量和被引量以及项目均发文量皆不予讨论)。可以看出,2012年获批的基金项目的论文量最多,高达2668篇;而近几年获批的项目由于刚刚开始有论文刊出,因此对应的论文量较少。被引量受到项目获批年份和被引时间窗口的双重影响,下降区间开始的更早。

进一步统计各年获批的基金项目所对应的发文量的分布如图2(c)所示。可以看出,发文量在5篇之内的基金项目,一般占当年所有基金项目的一半左右;甚至有5%—10%的基金项目的论文量为0,即没有任何论文产出。而在2016年和2017年,由于获批时间较短,基金项目的平均发文量更低。需要特别指出的是,2012年开始的基金项目似乎有更显著的产出效果,其发文量在5篇以内的基金项目数占比最少,而发文量在20篇以上的占比最大。

图2(d)展示的是各年获批的项目每年发表的论文数。由于SCI数据库中在2008年才加入基于基金项目号的查询功能,因此这里只统计2008年开始的项目的逐年发文情况。可以看出,基金项目一般在2—3年内达到发文高峰,此后发文量随着项目的结题逐渐减少,呈现出非常对称的抛物线趋势。另外,该图还显示,近几年获批的项目的发文峰值逐渐增高,说明近年来基金项目的论文产出数量越来越多,资助绩效越来越好。

此外,从图2(d)还可以看出,2014年之前获批的项目已经结题,论文发表也基本已经完成;而2015年以后的项目还处于在研阶段,依托项目的论文发表还在继续,不能统计该项目的发文总量。因

此,在进行发文得分和被引得分的计算时,将只基于2008—2014年获批的基金项目的论文发表情况。

2.2 基金资助项目的分布和比较

2.2.1 基金资助的领域分析

在生命科学和医学科学部,共有54个领域资助过纳米相关的研究,在所有领域中,资助金额最多的领域是“影像医学与生物医学工程”,合计资助项目674个,占全部项目数的18.8%,资助总金额2.93亿元,占全部项目金额的21.1%;排在其次的领域是“生物力学与组织工程学”(资助项目489个,总计1.94亿元)、“肿瘤学”(资助项目484个,总计1.68亿元)和“药理学”(资助项目378个,总计1.41亿元)。这四个领域合计占到了纳米生物医学领域所有资助项目总数的56.4%和项目总金额的57.3%。

从标准化之后的发文得分和被引得分来看,“影像医学与生物医学工程”、“生物力学与组织工程学”和“药理学”的论文产出水平及其被引水平都高于平均水平,基金资助绩效较高。“食品科学”论文产出超过了平均水平,但论文的被引(或影响力)则低于平均水平。“口腔颌面科学”则与之相反。而“肿瘤学”、“林学”、“运动系统”、“中药学”、“神经系统和精神疾病”等学科在发文和被引两个指标上都低于整体水平。

2.2.2 基金资助的地区分析

从资助地区来看,上海地区在纳米生物医学领域的获批资助数量和经费最多,获批的资助项目多达592项,项目金额高达2.54亿元,占全国总额度的18.3%;其次是江苏和北京,获批项目也都在400项以上,项目金额超过了1.7亿元。这三个地区获批的金额累计占全国的44.5%,占比接近一半。广东和湖北两省的资助金额接近1亿元,分别排在第四和第五位。

从资助地区的分布结果看,资助范围广泛但地区分布极不平衡,主要资助地区集中在东北地区、华中地区和华东地区,但西北和西南地区、华北的山西和内蒙古、以及华南地区的广西和海南等地区受资助力度明显偏低。

从资助绩效来看,江苏和天津无论在发文还是被引上都表现突出,基金资助效果显著。北京的发文得分略高于整体水平,但是论文被引得分最高,说明具有更高的影响力。重庆市、陕西省和浙江省的发文水平和被引水平都低于全体平均,还有较大的提升空间。

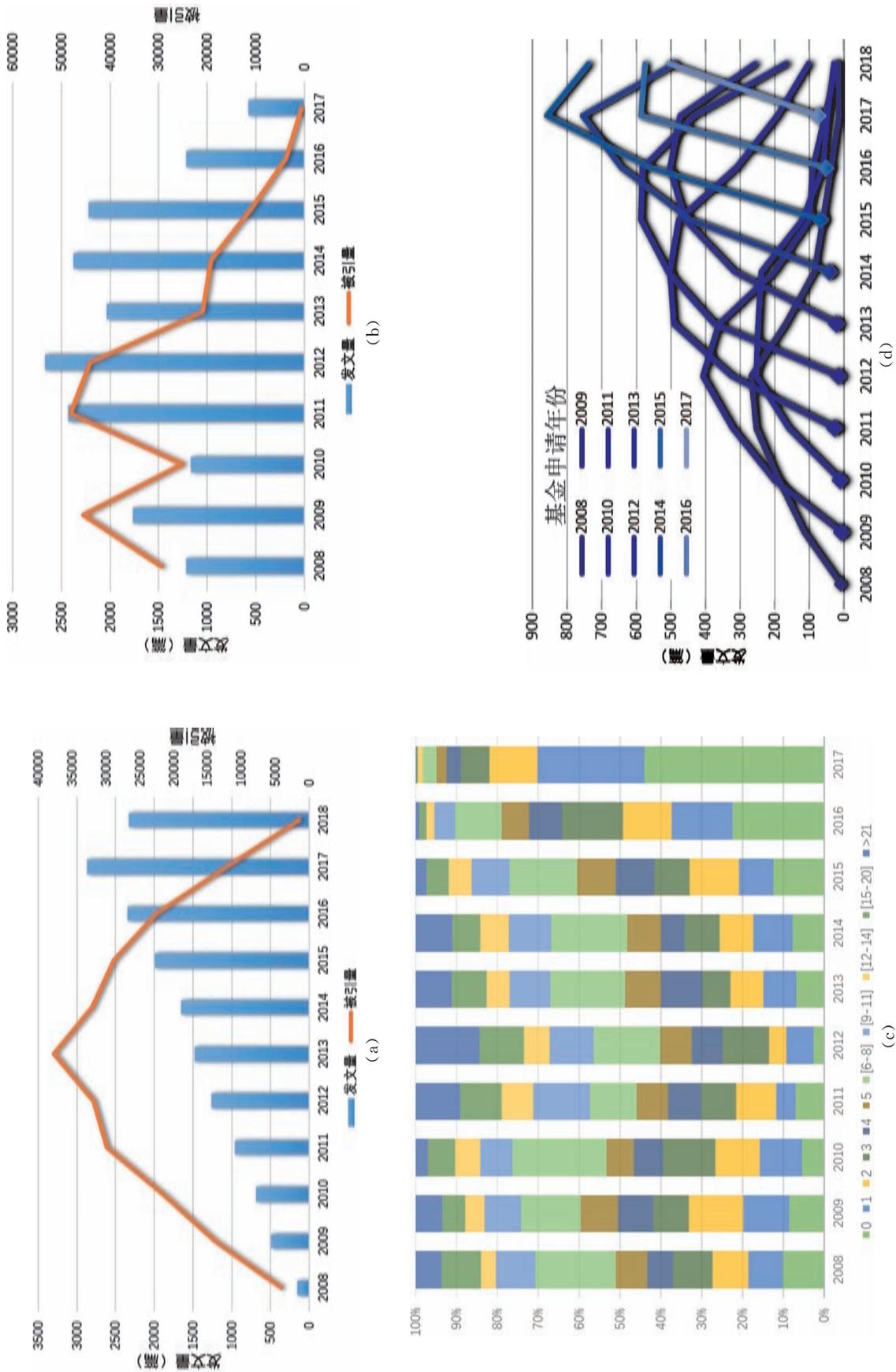


图 2 获批的基金项目的发表论文及和论文被引趋势 (a) 获批的基金项目在 2008—2018 年的发文量和被引量趋势图; (b) 2008—2017 年获批的基金项目的发文量和被引量; (c) 2008—2017 年获批的基金项目的年发文趋势图; (d) 2008—2017 年获批的基金项目的年均发文量。

2.2.3 基金资助的机构分析

在纳米生物医学领域,共有 411 个单位获得过国家自然科学基金资助。其中,来自北京地区的单位最多,有 61 个;其次是江苏(34 个)和上海(29 个)。但从获批资助最多的机构来看,上海交通大学以 210 项的项目数量和 0.88 亿元的项目金额位居首位,占全国总量的 6.4%,项目金额甚至比浙江全省的获批金额还要多。排在第二位的是华中科技大学,项目数量为 156 篇,项目金额合计 0.59 亿元,占湖北全省的 60.8%。其他获批项目和金额较多的机构还有浙江大学和复旦大学。

但从基金资助效果来看,获批项目的数量和金额较高,未必意味着较高的论文产出和影响。比如,上海交通大学的标准化发文得分和被引得分仅仅达到了全国平均水平,而华中科技大学和浙江大学甚至低于平均水平。而资助效果在平均水平以上的机构主要有复旦大学、东南大学、中国药科大学、武汉大学、北京大学、吉林大学和 国家纳米科学中心。

其中中国药科大学和国家纳米科学中心的表现尤为突出,发文得分和被引得分约为全国平均水平的两倍。

由于中国科学院下属的各个研究所规模较小,因此没有单个研究所进入到资助项目数量的前 20 名。在中科院系统里,获批项目最多的研究所是上海药物研究所,共获批项目 31 项,项目金额 2 806 万元,占中科院系统的 29.8%;其次是生物物理研究所,共获批项目 18 项,项目金额 994 万元。表 4 列出了中国科学院系统中获批纳米生物医学领域的项目最多的机构。总体来看,整个中国科学院系统获批项目共计 179 项,项目金额共计 0.94 亿元,超过了上海交通大学的项目金额。

从表 4 还可以发现,不少研究所的发文和被引都在全国平均水平之上,资助绩效较高。其中,中国科学院理化技术研究所和中国科学院深圳先进技术研究院的论文影响力更是达到了平均水平的 6 倍以上,反映出较强的科研实力。

表 1 纳米生物医学领域的主要资助学科(按项目数量排序,下同)

资助学科	项目数量	项目金额/万	发文量	* 发文得分	被引量	* 被引得分
影像医学与生物医学工程(H18)	674	29 332	4 668	1.30	70 026	1.49
生物力学与组织工程学(C10)	489	19 416	2 894	1.27	54 149	1.53
肿瘤学(H16)	484	16 759	2 039	0.83	25 938	0.73
药理学(H30)	378	14 051	2 100	1.04	31 869	1.21
林学(C16)	126	5 186	674	0.88	5 609	0.53
中药学(H28)	121	3 881	293	0.42	2 476	0.26
运动系统(H06)	120	4 279	482	0.80	4 734	0.57
口腔颌面科学(H14)	96	3 465	368	0.88	6 557	1.16
神经系统和精神疾病(H09)	91	3 667	260	0.68	2 731	0.51
食品科学(C20)	84	3 493	548	1.10	6 078	0.85

* 发文得分和被引得分基于 2008—2014 年获批的项目的论文发表情况进行计算。

表 2 纳米生物医学领域的主要资助省份

省份	项目数量	项目金额/万	发文量	* 发文得分	被引量	* 被引得分
上海	592	25 359	2 950	0.97	46 390	1.08
江苏	459	17 444	3 013	1.34	42 040	1.35
北京	427	19 004	2 258	1.08	46 737	1.55
广东	280	9 391	1 304	0.93	16 373	0.81
湖北	270	9 680	1 108	0.97	12 836	0.80
浙江	196	6 958	971	0.85	12 404	0.74
重庆	150	5 910	536	0.67	5 169	0.44
陕西	141	5 078	492	0.75	5 958	0.65
四川	123	4 811	761	1.18	11 497	1.09
天津	107	4 459	727	1.33	8 396	1.29

表 3 纳米生物医学领域的主要资助机构

机构	项目数量	项目金额/万	发文量	* 发文得分	被引量	* 被引得分
上海交通大学	210	8 766	1 082	1.01	15 665	0.98
华中科技大学	156	5 888	566	0.81	6 799	0.72
浙江大学	116	4 343	559	0.87	6 546	0.67
复旦大学	116	4 320	582	1.02	10 537	1.18
中山大学	102	3 476	388	0.90	5 096	0.74
四川大学	91	3 632	491	0.96	7 373	0.85
中国人民解放军第二军医大学	90	3 249	252	0.55	2 722	0.38
中国人民解放军第三军医大学	75	3 093	163	0.48	2 194	0.38
中国人民解放军第四军医大学	71	2 628	217	0.59	4 142	0.78
东南大学	69	2 802	532	1.52	7 208	1.18
中国药科大学	64	2 858	621	2.20	9 332	2.09
武汉大学	62	2 071	361	1.66	4 147	1.23
南京医科大学	58	2 026	232	0.72	3 681	0.85
北京大学	57	2 960	389	1.52	9 208	2.15
同济大学	57	2 194	252	0.95	2 303	0.95
重庆医科大学	52	2 070	230	0.79	2 065	0.48
吉林大学	49	2 228	410	1.76	6 657	2.12
国家纳米科学中心	46	3 159	466	2.46	12 748	4.46
中南大学	46	1 442	133	0.69	798	0.24
南昌大学	42	1 711	107	0.47	982	0.28

表 4 中国科学院系统中获批纳米生物医学领域项目最多的机构

机构	项目数量	项目金额	发文量	* 发文得分	被引量	* 被引得分
中国科学院上海药物研究所	31	2 806	272	1.36	5 843	2.71
中国科学院生物物理研究所	18	994	21	0.33	394	0.41
中国科学院深圳先进技术研究院	13	401	191	2.53	5 141	6.13
中国科学院高能物理研究所	12	559	100	1.29	1 579	1.89
中国科学院武汉病毒研究所	12	470	11	0.18	69	0.15
中国科学院理化技术研究所	11	498	243	2.73	10 380	7.14
中国科学院化学研究所	10	870	61	0.79	637	0.56
中国科学院上海硅酸盐研究所	8	513	83	2.16	1 879	3.56
中国科学院上海应用物理研究所	8	437	65	1.98	1 642	4.11
中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所	8	268	28	0.62	595	0.63

2.3 基金资助的关联网络分析

2.3.1 机构和领域关联网络

为了更好地展现纳米生物医学领域的投入布局,我们绘制了机构-领域关联图谱,如图 3 所示。图中绿色节点表示资助领域,红色节点表示研究机

构。可以看出,图谱上部是由“影像医学与生物医学工程”、“生物力学与组织工程学”、“预防医学”组成的纳米生物医学领域研究的疾病检测方向;图谱下方是由“肿瘤学”、“药理学”、“中医学”组成的纳米生物医学领域研究的疾病治疗方向;图谱的右上方是由“林学”、“食品科学”、“植物保护学”、“兽医学”、

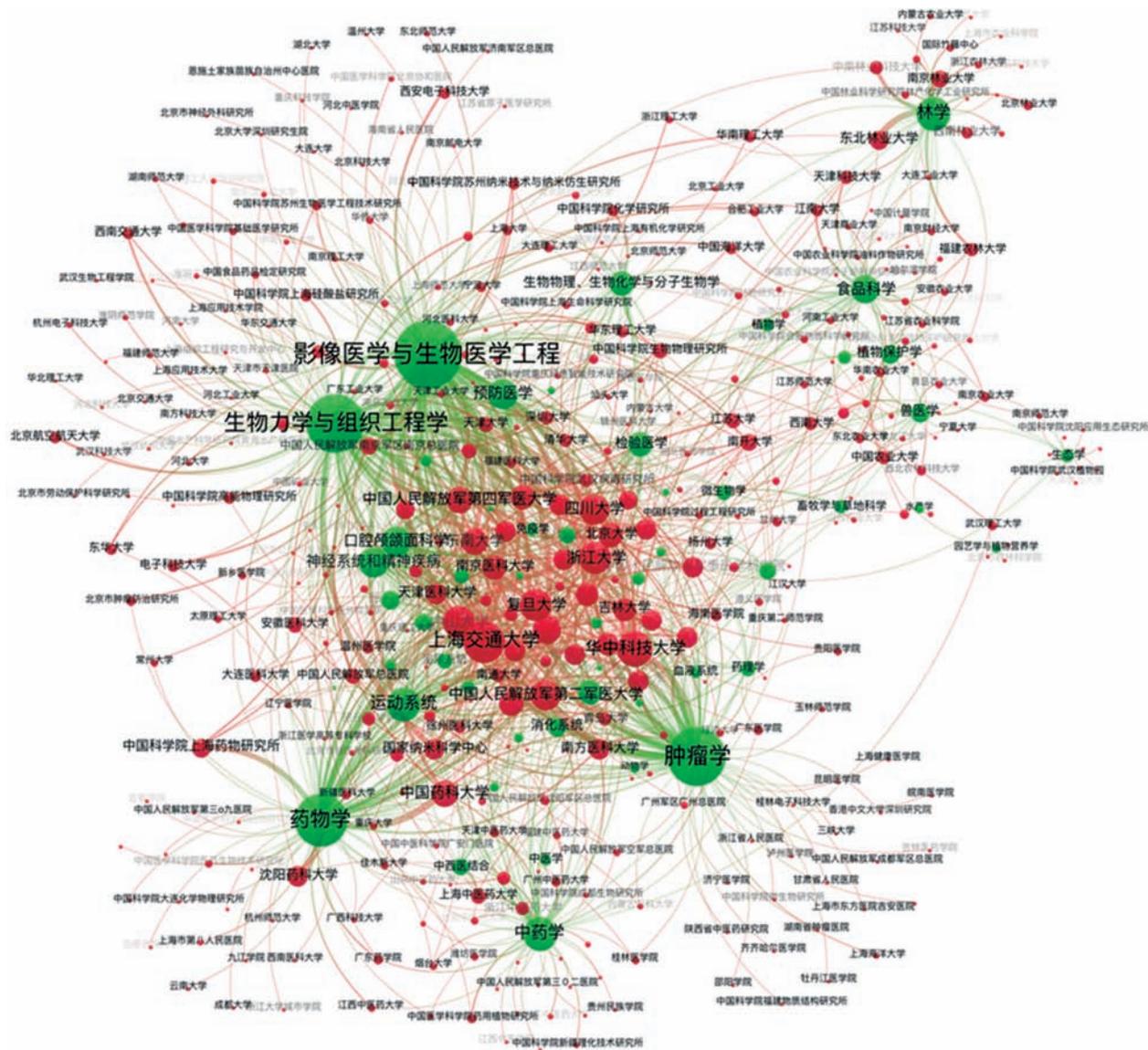


图3 国家自然科学基金纳米生物学领域的学科与机构关联图

“生态学”等组成的纳米生物医学领域研究的环境生态方向。根据研究机构和领域的相对位置,可以看出二者之间的关联关系。比如,上海交通大学和华中科技大学聚焦于影像医学与生物医学工程、肿瘤学等学科,浙江大学和复旦大学关注药物学等学科,四川大学重视生物力学与组织工程学等学科,但东北林业大学和南京林业大学发展林学学科,江南大学和天津科技大学则关注食品科学学科。但总体来看,这些受资助项目最高的机构位于图谱的中心位置,这意味着这些机构在各个资助领域都有布局,是纳米生物医学研究的综合性研究主体。而中国科学院各研究所主要分布在图谱的四周,侧重领域各不相同,相对比较聚焦。

2.3.2 基金关联网络分析

通过研究中我们发现,很多依托国家自然科学基金项目发表的SCI论文,同时还受到其他项目的联合资助。为此,我们绘制了纳米生物医学领域的基金项目联合资助网络,如图4所示。可以看出,973计划、中央高校基本科研专项资金、863计划、中国博士后科学基金等,是与国家自然科学基金联合资助SCI论文数量最多的基金项目。这些国家级的项目位于图谱的中心,而在图谱的四周,则分布有各省市的自然科学基金或科技资助计划,包括左下方的江苏省基金群,上方的上海市基金群,右上方的北京市和浙江省基金群,以及右下方的广东省基金群。从前面的分析中可以看出,这些地区也

参 考 文 献

- [1] Bell AT. The impact of nanoscience on heterogeneous catalysis. *Science*, 2003, 299(5613): 1688—1691.
- [2] Whitesides G. Nanoscience, nanotechnology, and chemistry. *Small*, 2005, 1(2): 172—179.
- [3] 国之利器 始于毫末——中国纳米科学与技术发展状况概览. 北京: 中国国家纳米科学中心、中国科学院文献情报中心、施普林格·自然集团, 2017.
- [4] 王国彪, 黎明, 丁玉成, 等. 重大研究计划“纳米制造的基础研究”综述. *中国科学基金*, 2010(2): 70—77.
- [5] 中国科学院科技战略咨询研究院, 国家纳米科学中心. 纳米研究前沿分析报告(研究报告). 2017.
- [6] 闫金定. 基于文献计量分析的纳米科学技术发展趋势. *科学通报*, 2014, 59(36): 3637—3644.
- [7] 梁立明, 谢彩霞, 刘则渊. 我国纳米科技研究力量的机构分布与地域分布. *自然辩证法研究*, 2004, 20(9): 67—72.
- [8] 谢彩霞. 国际纳米科技前沿领域研究热点图谱分析. *科技管理研究*, 2009, 29(1): 21—23.
- [9] 石庆平, 吴鸣. 用 CA 数据库进行纳米科技的文献计量分析. *世界科技研究与发展*, 2006, 28(1): 91—94.
- [10] 何鸣鸿, 金祖亮. 从历年科学基金项目看我国纳米科技的发展. *新材料产业*, 2001(10): 49—53.
- [11] 谢彩霞, 梁立明, 刘则渊. 国家自然科学基金对我国纳米科技研究的资助. *科学学与科学技术管理*, 2004, 25(5): 60—64.
- [12] 杨海华, 彭洁, 赵辉. 国家自然科学基金对纳米材料的资助领域分析——基于共词网络法. *科技管理研究*, 2012, 32(1): 23—26.
- [13] 王小梅, 李国鹏, 陈挺. 中国与主要科技强国的科学资助分析: 基于科学结构图谱 2010—2015. *中国科学基金*, 2018, 32(04): 424—433.
- [14] 李志兰, 郑知敏, 李铭禄, 等. 2017 年度国家自然科学基金项目申请、评审与资助工作综述. *中国科学基金*, 2018, 32(01): 4—6.

Performance analysis of funded projects in the National Natural Science Foundation of China for nano biomedicine

Tian Wencan^{1,2} Hu Zhigang^{1,2*} Jiao Jian³ Zhao Chao³ Du Peng³

(1. *Institute of Science of Science and Science and Technology Management, Dalian University of Technology, Dalian 116024;*

2. *WISE Laboratory, Dalian University of Technology, Dalian 116024;*

3. *Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)*

Abstract Nano-biomedicine is an emerging discipline that applies nanomaterials to biomedicine. It has a very distinctive multidisciplinary cross-cutting feature and has become a very important research direction. To a certain extent, the funding of the National Natural Science Foundation of China can reflect the research priorities and development trends in China's frontier science and technology fields. Based on the multi-dimensional analysis and comprehensive review of the funding of the Department of Life Sciences and the Department of Medical Sciences of the National Natural Science Foundation of China in 1999—2018, we discussed the field, region and institution distribution of the funded projects in the field of nano-biomedicine. At the same time, according to the number of SCI papers published and the citations published by these funded projects, the standardized and published indicators and citation indicators are designed and calculated to evaluate the fund-raising effects of various fields, regions and institutions. We hope our results have certain reference significance for the formulation and improvement of policies in the field of nano-biomedicine in China.

Key words National Natural Science Foundation of China; Nano-biomedicine; Scientometrics; funded paper; Research performance