

· 管理纵横 ·

# 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

王小梅\* 李国鹏 陈挺

(中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190)

**[摘要]** 本文基于科学结构图谱,将科学资助和科学产出进行关联分析,可视化展现中国与美国、德国、英国、日本、法国等世界主要科技强国政府基金资助的科学论文在科学结构图谱上的分布,对比分析这些国家及国家内部政府资助机构在科学结构图谱 2010—2015 上的资助分布及资助力度的不同。分析结果显示,中国政府资助论文覆盖的研究领域比例有所提高(从 72.8% 到 80.1%),世界排名从第 4 上升到第 2,在新增研究领域中的覆盖率也持续上升,从 65.4% 上升到 76.6%。中国政府资助的核心论文占本国发表的核心论文的比例最高。中国政府资助产出论文的均衡性落后于美、德、英。

**[关键词]** 科学基金资助;科研分布;基金论文;科学结构图谱

中国科学院科技战略咨询研究院通过“科学结构图谱”<sup>[1]</sup>直观形象的方法,可视化展现高度抽象的自然科学基础研究的宏观结构,揭示科学热点前沿间的关联关系与发展进程。研究组自 2007 年开展相关研究,每两年绘制一期科学结构图谱<sup>[1-4]</sup>,周期性监测科学研究结构及其演变规律。

科学结构图谱的原理是通过科睿唯安的基本科学指标库(Essential Science Indicators,ESI)中高被引论文的同被引聚类,揭示国际社会普遍关注的热点研究前沿。这些研究领域超越了传统的学科分类,客观反映科学家相互引证所表征的科研的某种共性。

本文基于科学结构图谱 2010—2015,将科学基金资助和科学产出论文进行关联分析。通过研究科学基金对核心论文资助情况,可视化展现中国与美国、德国、英国、日本、法国等世界主要科技强国(几期科学结构图谱中核心论文世界份额排名靠前)科学资助的论文产出在科学结构图谱上的分布,对比分析这些国家及国家内部政府资助机构在科学结构图谱 2010—2015 上的资助布局及资助力度的不同,以期辅助了解各国政府资助机构的分工特点、科技

实力和关注的未来科学发展的方向。

本文关注政府竞争性资助项目,即经费来自政府的基金类计划、国家重大研发计划及部委级别竞争性科技计划,不包括政府给予大学和科研机构的运行经费和政府投入给非营利机构的少量经费。因此,没有统计以大学名义资助的论文和以社团形式资助的论文。

对于中国的统计,主要包括国家自然科学基金委员会(NSFC)、科技部的 973 计划、863 计划,以及一些国家部委层面计划资助的项目;美国的统计主要包括国家科学基金会、国立卫生研究院及部委的计划。其他国家政府竞争性资助论文的统计都采取了上述原则。

## 1 科学结构图谱数据及方法

科学结构图谱主要通过高被引科学论文的同被引聚类进行分析,计算高被引论文两两之间的同被引关系,并根据同被引关系对高被引论文进行聚类形成若干论文簇,称为“研究前沿”(Research Front);在此基础上利用同被引关系对上述研究前沿再次聚类,得到的若干论文簇,称为“研究领域”。

收稿日期:2018-03-02;修回日期:2018-05-31

\* 通讯作者,Email: wangxm@casisd.cn

研究领域中的高被引论文被称之为“核心论文”。高被引论文、研究前沿以及研究领域之间的关系如图1所示。

科学结构图谱的高被引论文和研究前沿取自科睿唯安的ESI数据库。引用核心高被引论文的施引论文论文集合选自SCI和SSCI。连续两期科学结构图谱的核心论文时间间隔为2年,重叠4年。本期与前一期无重叠的研究领域为新增研究领域。

本文采用整体计数法(即每篇论文的作者中只要有1名作者属于这个国家或机构,该国或机构的论文数量加1)计算国家的核心论文和资助论文数量。表1显示了科学结构图谱中ESI研究前沿、高被引论文、施引论文的数量及覆盖时间。

为易于图谱的理解,将232个研究领域从研究问题或研究现象的角度归入研究大类。进一步对研究大类进行学科划分,大部分研究领域被划入“物理学”“纳米科技”“合成与应用化学”“地球科学”“生物学”“医学”等6个学科领域,因“数学”“工程科学”“计算机科学”“经济学”“社会科学”“农业科学”的研究领域数量较少,归为其他。其中,“物理学”主要包括“粒子物理与宇宙学”“凝聚态物理学”研究大类,“地球科学”主要包括“地质学”“大气科学”“生态/环境科学”等研究大类,“生物学”主要包括“植物科学”“后基因组学”“蛋白质科学”“细胞生物学”研究大类,“医学”主要包括“癌症研究”“传染病研究”“自身免疫性疾病”“心血管疾病”“精神与神经系统疾病”

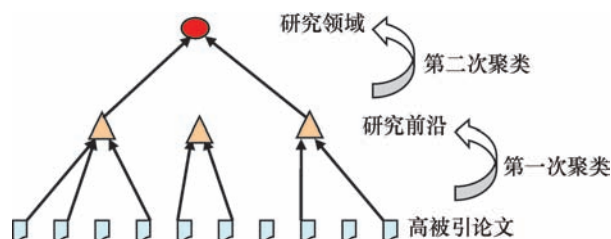


图1 高被引论文、研究前沿、研究领域的关系

表1 科学结构相关数据量统计

时间范围		2006~ 2011年	2008~ 2013年	2010~ 2015年
高被引论文层	高被引论文数/篇	66 033	74 903	82 478
研究前沿层	研究前沿数/个	7 418	9 150	9 546
	高被引论文数/篇	44 934	43 354	45 657
研究领域层	研究领域数/个	149	212	232
	研究前沿数/个	2 402	3 250	3 464
	高被引论文数/篇	19 259	18 498	19 850

“脑科学”“心理学”“泌尿系统疾病”“社会医学研究”等研究大类。

## 2 中国与世界主要科技强国政府基金资助核心论文的整体态势分析

从政府资助论文覆盖的研究领域占本国有核心论文研究领域的比例上来看(表2),2006—2011年、2008—2013年、2010—2015年3个时期,中国与美德英日法5国的比例几乎都超过60%(仅2006—2011年期间的法国占比为56.5%)。美国政府资助研究领域占本国有核心论文的研究领域的比例最高,达到90%以上。中国政府资助研究领域的比例从2006—2011年期间72.8%上升到2010—2015年期间的80.1%,以极微弱优势高于英国,排名从第4上升到第2,仅次于美国。发达国家除法国外,均在70%以上。尽管日本核心论文世界份额在逐年降低,但其政府资助覆盖的领域比例的增幅却最为明显,达到12.8%,其科研占领世界热点前沿的意识很强烈。

中国政府资助的核心论文数排位世界第2,为3103篇,几乎是德、英的2.4倍,日、法的5—6倍。各国核心论文中受政府资助的论文比例呈现逐步升高的趋势。中国核心论文受政府资助的比例在3个期间都是最高,从53.2%上升到本期的78.9%,所以尽管中国在科学结构图谱中的核心论文世界份额也排位世界第2,但在全部核心论文中,中国与其他国家论文数之比远低于中国政府资助论文与其他国家资助论文之比;美国核心论文中受政府资助的比例从39.1%上升达到65%,中美上升比例基本差不多,在几个国家中较高;德国、英国从30%上升到40%;日本从39.3%上升到56.8%;法国相对比例较低,从20%上升到30%左右。

从科学结构图谱新增研究领域(与上一期研究领域没有重叠论文)的覆盖率来看,只有本期美国、英国新增研究领域资助覆盖率略高于在全部研究领域中的资助覆盖率,其他国家和其他时期新增研究领域资助覆盖率都低于该国在全部研究领域中的资助覆盖率。中国在新增研究领域中的覆盖率持续上升,从65.4%上升到76.6%,始终排名第三。美国在新增研究领域的覆盖率高达96.1%,英国一直在80%左右,德国也有不小的增长量,达到73%,日本67.4,法国相对最低,为54.2%。

表2 各国政府资助核心论文覆盖的研究领域(整数计数)

2010~2015年							
范围(数量)	统计/类型	美国	中国	德国	英国	日本	法国
全研究领域 (232个)	政府资助研究领域(A)/个	220	<b>157</b>	154	169	110	122
	发表论文研究领域(B)/个	232	<b>196</b>	199	211	148	190
	A/B(%)	94.8	<b>80.1</b>	77.4	80.1	74.3	64.2
	政府资助核心论文总数(C)/篇	6 667	<b>3 103</b>	1 298	1 288	648	534
	发表核心论文总数(D)/篇	10 250	<b>3 934</b>	3 067	3 113	1 140	1 844
C/D(%)	65.0	<b>78.9</b>	42.3	41.4	56.8	29.0	
新增研究领域 (77个)	政府资助研究领域(E)/个	74	<b>49</b>	46	55	29	32
	发表论文研究领域(F)/个	77	<b>64</b>	63	68	43	59
	E/F(%)	96.1	<b>76.6</b>	73.0	80.9	67.4	54.2
2008~2013年							
范围(数量)	统计/类型	美国	中国	德国	英国	日本	法国
全研究领域 (212个)	政府资助研究领域(A)/个	198	<b>128</b>	142	157	108	112
	发表论文研究领域(B)/个	211	<b>167</b>	186	189	148	174
	A/B(%)	93.8	<b>76.6</b>	76.3	83.1	73.0	64.4
	政府资助核心论文总数(C)/篇	5 368	<b>2 025</b>	1 106	1 058	636	430
	发表核心论文总数(D)/篇	9 310	<b>2 805</b>	2 591	2 707	1 144	1 577
C/D(%)	57.7	<b>72.2</b>	42.7	39.1	55.6	27.3	
新增研究领域 (48个)	政府资助研究领域(E)/个	41	<b>20</b>	21	34	20	16
	发表论文研究领域(F)/个	48	<b>35</b>	39	42	29	37
	E/F(%)	85.4	<b>57.1</b>	53.8	81.0	69.0	43.2
2006~2011年							
范围(数量)	统计/类型	美国	中国	德国	英国	日本	法国
全研究领域 (149个)	政府资助研究领域(A)/个	141	<b>83</b>	102	112	72	74
	发表论文研究领域(B)/个	148	<b>114</b>	137	139	117	131
	A/B(%)	95.9	<b>72.8</b>	74.5	80.6	61.5	56.5
	政府资助核心论文总数(C)/篇	4 030	<b>1 082</b>	789	731	485	316
	发表核心论文总数(D)/篇	10 315	<b>2 035</b>	2 669	2 767	1 215	1 590
C/D(%)	39.1	<b>53.2</b>	29.6	26.4	39.9	19.9	
新增研究领域 (39个)	政府资助研究领域(E)/个	37	<b>17</b>	22	27	13	19
	发表论文研究领域(F)/个	39	<b>26</b>	37	35	27	31
	E/F(%)	94.9	<b>65.4</b>	9.5	77.1	48.1	61.3

### 3 中国与主要科技强国政府资助论文在科学结构图谱上的分布

科学结构图谱 2010—2015 通过 ESI 高被引论文的同被引聚类分析得到 232 个研究领域,并利用重力模型根据各个研究领域间的相互关系计算它们在二维空间中的布局位置,直观地反映了当前的科学结构及科学研究活动情况。图中每一个圆代表一个研究领域,由一组论文组成,圆的大小与研究领域包含的核心论文数量成正比,旁边的数字代表研究领域的 ID 号。圆之间连线代表研究领域之间具有较强的关联,各个圆之间的相对位置也反映出它们之间的关联程度,距离越近,关联程度越高。

图 2 基于科学结构图谱,在各个研究领域上叠加六国资助的核心论文世界份额,显示了各国资助论文在科学结构图谱上的分布情况。表 3 统计了各国在不同学科领域政府资助论文的情况。

结合图表分析,各国资助论文在物理、纳米科技、合成与应用化学、生物学的比例比较大,尤其以粒子物理与宇宙学、凝聚态物理学最为集中。在地质学、大气科学、植物学中的资助也比较集中。

中国政府资助论文主要集中在纳米科技与合成与应用化学,其次是地球科学、生物学的资助发文量较高。从资助论文占本国发表核心论文的比例上来看,中国的整体比例高于其他科技强国,合成与应用化学、纳米科技领域最高,达到 85% 以上,其次是工

表3 各国政府在不同学科领域资助核心论文统计(整数计数)

统计类型	学科核心论文数 资助论文占本国论文比例	美国	中国	德国	英国	日本	法国
物理	2248	1179	279	438	322	213	183
		0.86	0.81	0.62	0.67	0.77	0.45
纳米科技	3329	1152	1054	129	131	74	25
		0.80	0.85	0.58	0.74	0.52	0.30
合成与应用化学	1772	363	539	133	91	111	29
		0.73	0.91	0.53	0.71	0.83	0.44
生物学	1822	791	176	146	151	74	69
		0.76	0.68	0.56	0.52	0.62	0.42
地球科学	1751	636	213	114	138	55	47
		0.63	0.73	0.34	0.35	0.41	0.20
医学	6253	2206	133	256	373	110	157
		0.53	0.40	0.23	0.26	0.38	0.20
数学	583	96	83	3	13	3	10
		0.59	0.67	0.08	1	0.50	0.38
工程	1301	157	480	71	50	7	7
		0.51	0.89	0.83	0.39	0.23	0.21
计算机	521	75	136	5	9	0	5
		0.50	0.73	0.25	0.17	0.00	0.20
经济/社会	213	6	6	0	5	1	0
		0.06	0.43	0	0.17	0.50	0

程、物理方向也高达80%以上,地球科学、计算机科学领域资助发文比例达到73%,生物学68%,数学67%,在医学、生态学、社会科学方面相对低一些。与其他国家不同的是,中国在SCI的工程领域受资助的发文比例高达89%,计算机领域也高达73%,远高于其他国家,这应该与中国在近一期科学结构中,在工程、计算机领域的核心论文份额第一有直接关系,也可能与我们在这两个学科领域的资助评价体系中以SCI论文为评价要素相关。

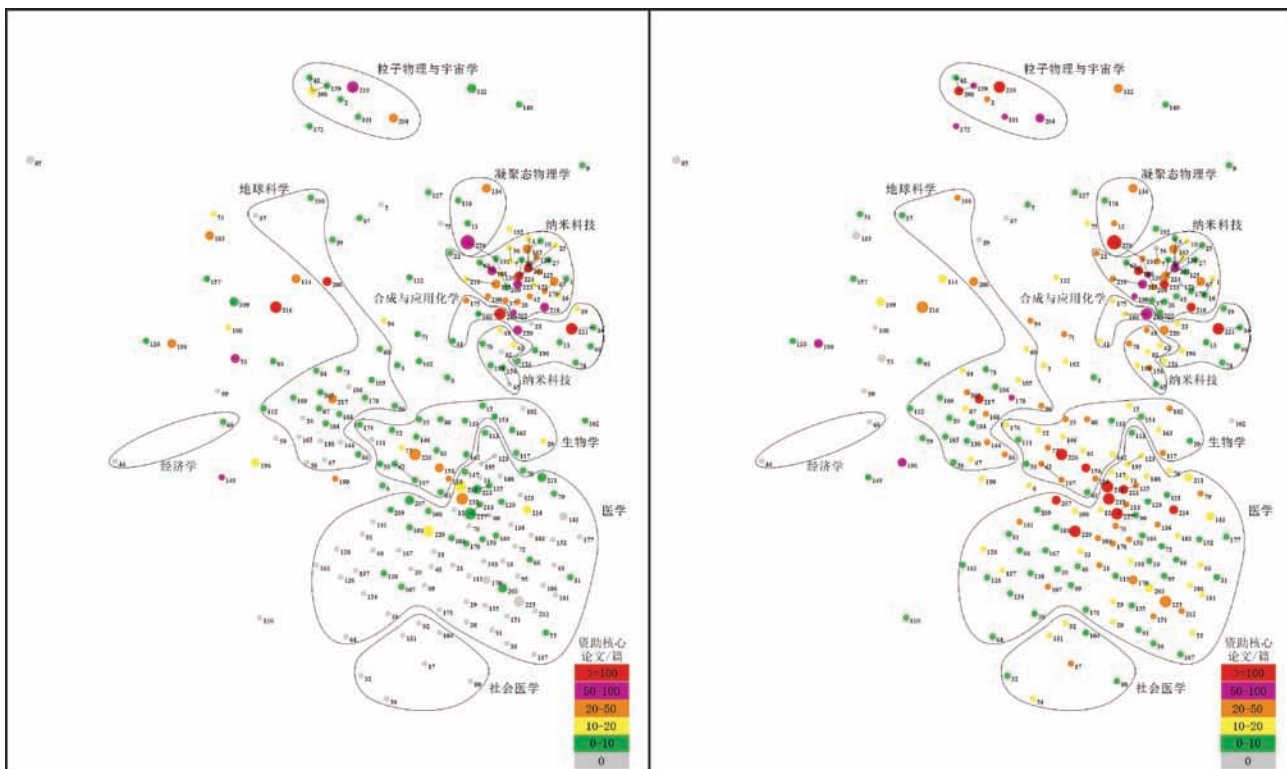
美国的资助论文占本国发表核心论文的比例仅次于中国,也相对较高,基本都超过50%。德国、英国、日本、法国的资助发文占本国发文比例在物理、纳米科技、合成与应用化学、生物学几个领域相对较高。

从图2各国资助核心论文在科学结构图谱的覆盖上来看,美国整体资助发文量最高,覆盖面广,分布均匀。科技强国资助论文整体覆盖面比较广,分布均匀,英国相比德国覆盖的学科范围更广,其没有覆盖的领域主要是纳米科技、社会科学、工程科学中的部分研究领域。日本、法国政府资助的论文产出尽管数量与英德相差较大,但覆盖的学科范围较全。相比之下,中国的核心文和资助论文在整个图谱中

的铺盖是最不均匀的,主要分布在纳米科技、合成与应用化学、凝聚态物理、工程/计算机、地球与环境等,而生物学、医学相对较少。不过经过两年的发展,中国在生物学、医学方面的资助产出的研究领域份额和覆盖率都有所提高。

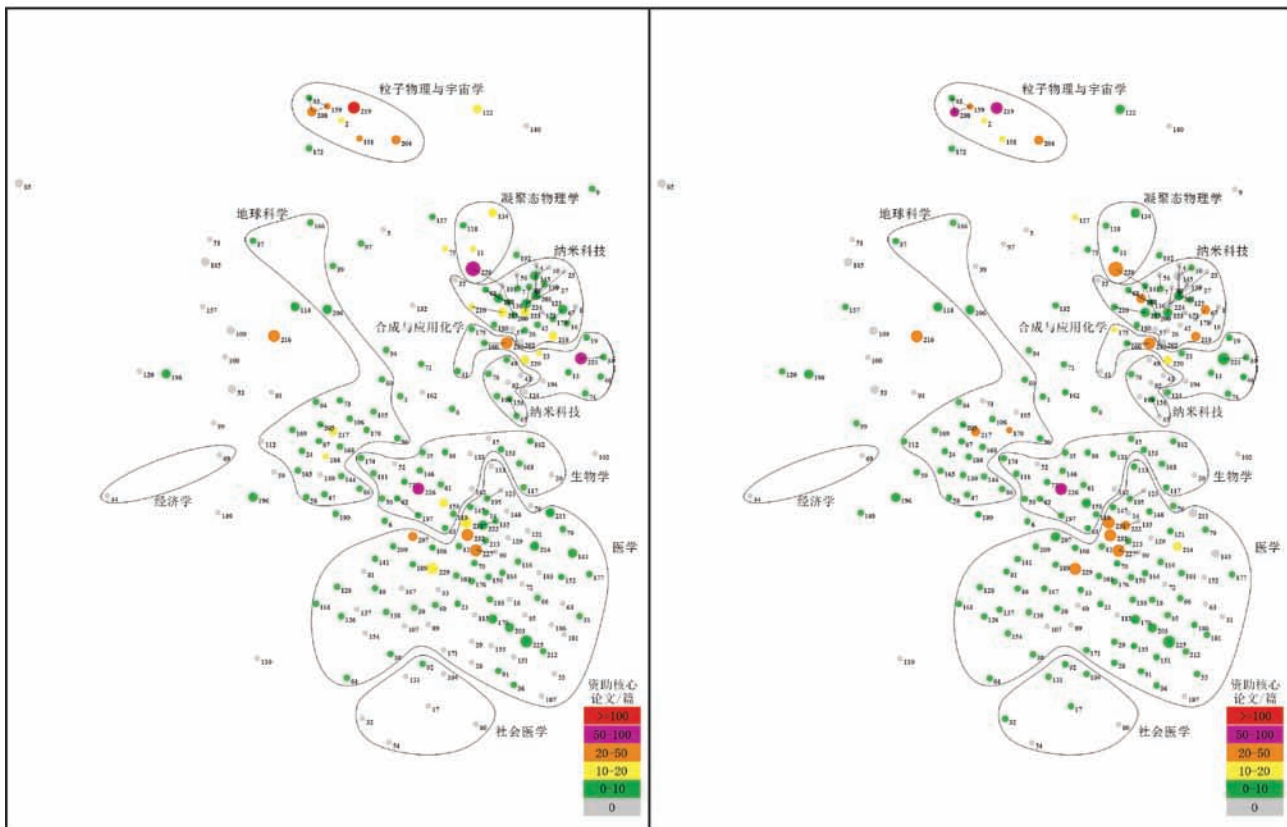
#### 4 中国与主要科技强国政府资助机构资助的论文在科学结构图谱上的分布

本文考察中国与美德英日法的主要政府资助机构,包括,中国国家自然科学基金委(NSF)与973计划、美国国家科学基金会(NSF)与美国国立卫生研究院(NIH)、德国科学基金会(DFG)、英国研究理事会(RCUK)、日本学术振兴会(JSPS)与日本科学技术振兴机构(JST)。表4显示了三个时期这些主要政府资助机构设立的科研项目资助发表核心论文情况。中国、美国、德国、英国主要机构资助有发文的研究领域数占该国发文研究领域比例相对较高,达60%以上,论文产出也相对较高。日本JSPS与JST资助研究领域数占该国发文研究领域比例相对低一些,JSPS在50%以下。



(a) 中国

(b) 美国



(c) 德国

(d) 英国

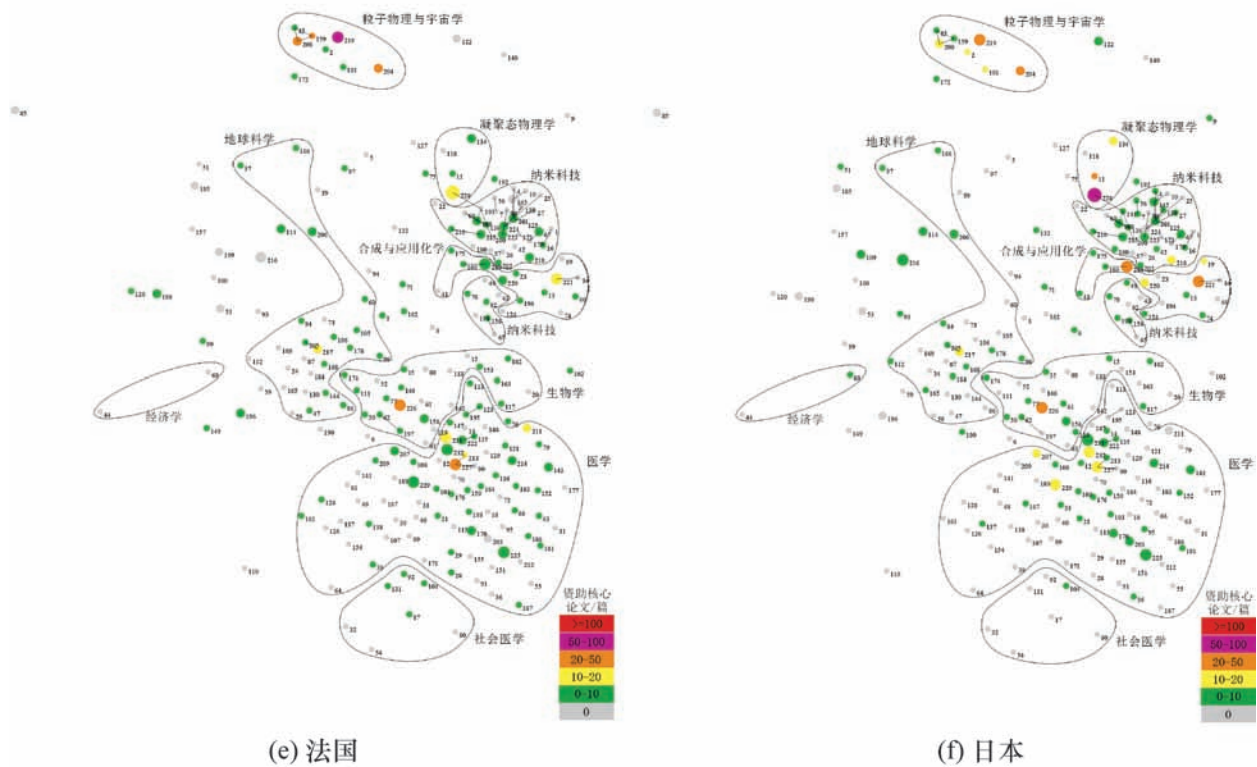


图2 2008~2013年六国政府资助核心论文在科学结构图谱上的分布

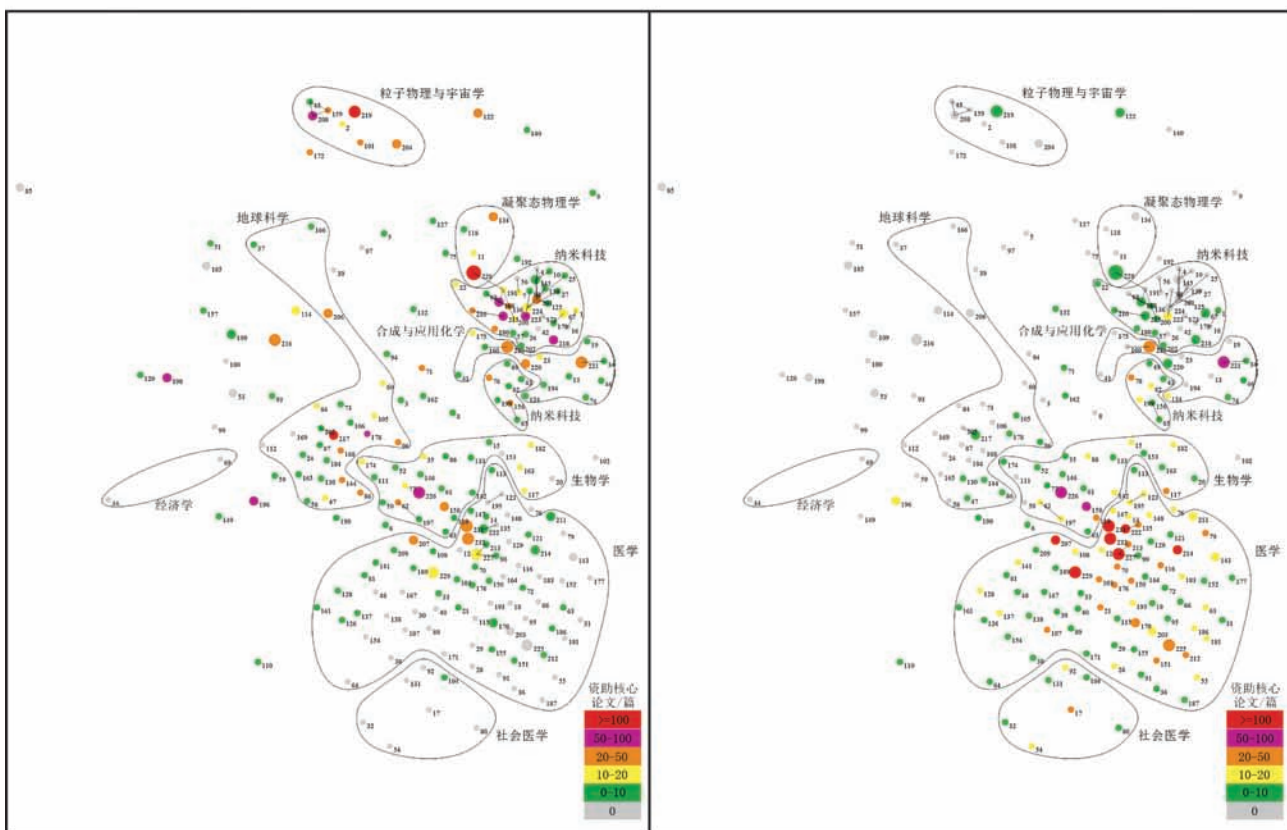
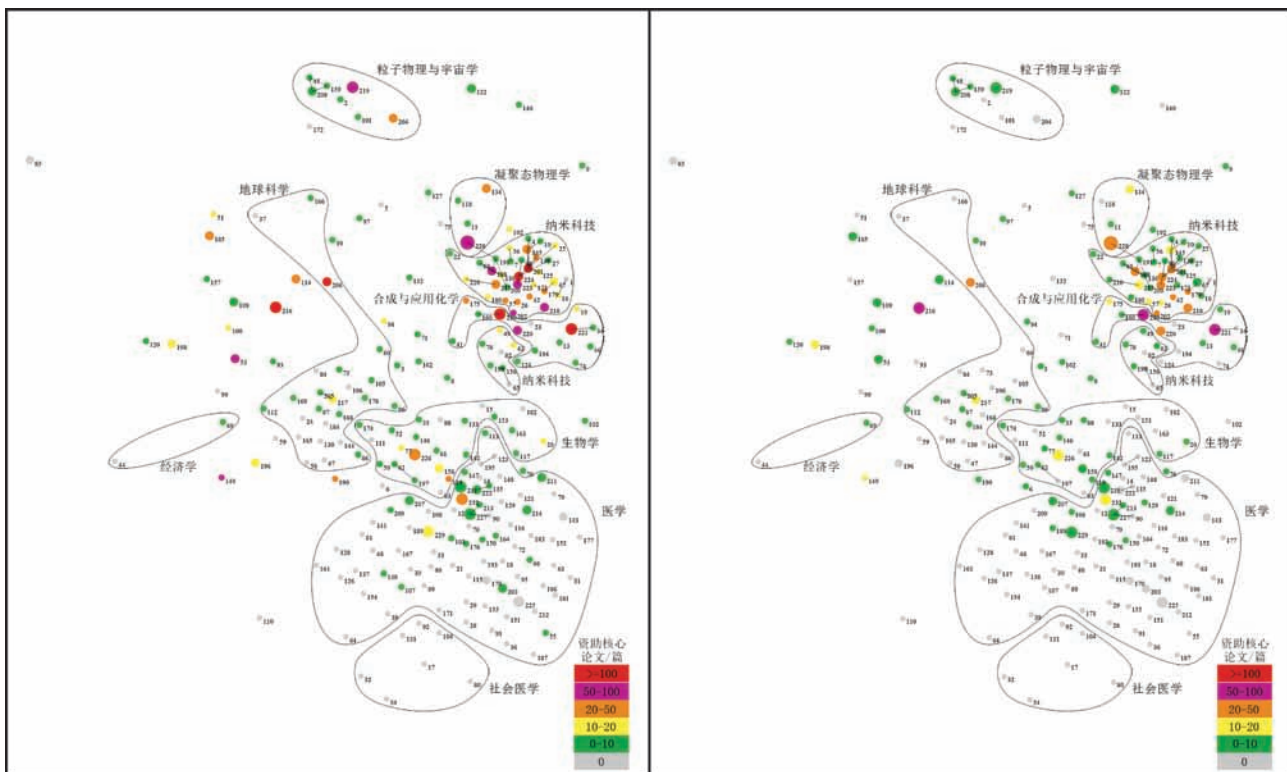
结合图3显示的两个时期重要国家主要机构资助核心论文在科学结构图谱上的分布情况分析,中国NSFC资助的论文占整个中国政府资助论文的87%,与图2(a)对照看,NSFC资助与中国政府资助覆盖的领域布局比较接近,说明NSFC在基础研究领域的重要作用。NSFC与973计划在2010~2015年均集中在纳米科技与合成与化学应用两个研究大类上拥有较高的论文产出。本期NSFC资助产出在医学、生物学、工程科学方面有较大的进步,覆盖面有所扩大,论文份额也有所提高。973计划资助产生的1027篇核心论文中有913篇同时受到NSFC的资助,资助重叠率较大。对比结果显示,973计划资助的研究领域分布与NSFC比较接近,即973计划资助论文份额高的研究领域在NSFC资助中也是论文份额高的领域。

美国的资助覆盖面广,覆盖均衡,两个主要资助基础研究的资助机构在资助方向上各有侧重,NSF重点资助与工程科学、纳米科技等方面的研究,NIH主要资助与生物学、医学相关领域的研

究。但这两个资助机构资助的核心论文有85个共同的研究领域,也表明了科学研究的学科交叉性越来越广。

德国DFG重点资助的研究方向比较多样,资助领域涉及纳米科技、材料科学、医学、生物学、环境科学等,在“粒子物理与宇宙学”、“纳米科技”“合成与应用化学”“生物学”“医学”等大类相关的研究领域均有核心论文发表。英国RCUK资助的研究方向覆盖面更广,覆盖均匀,对各个学科均有资助,并且资助覆盖的论文占英国国家资助论文的比例高达87%。

日本的JSPS与JST两个机构资助发表的核心论文总体数量较中国、美国、英国、德国资助机构发表的核心论文数少。在日本资助布局中,JSPS与JST各有侧重,JSPS主要资助基础研究,JST主要针对国家重大任务、重大需求;JSPS资助的论文占日本资助论文的47%,从布局上看其注重覆盖广度。JST资助的102篇核心论文中仅有29篇同时由JSPS资助。



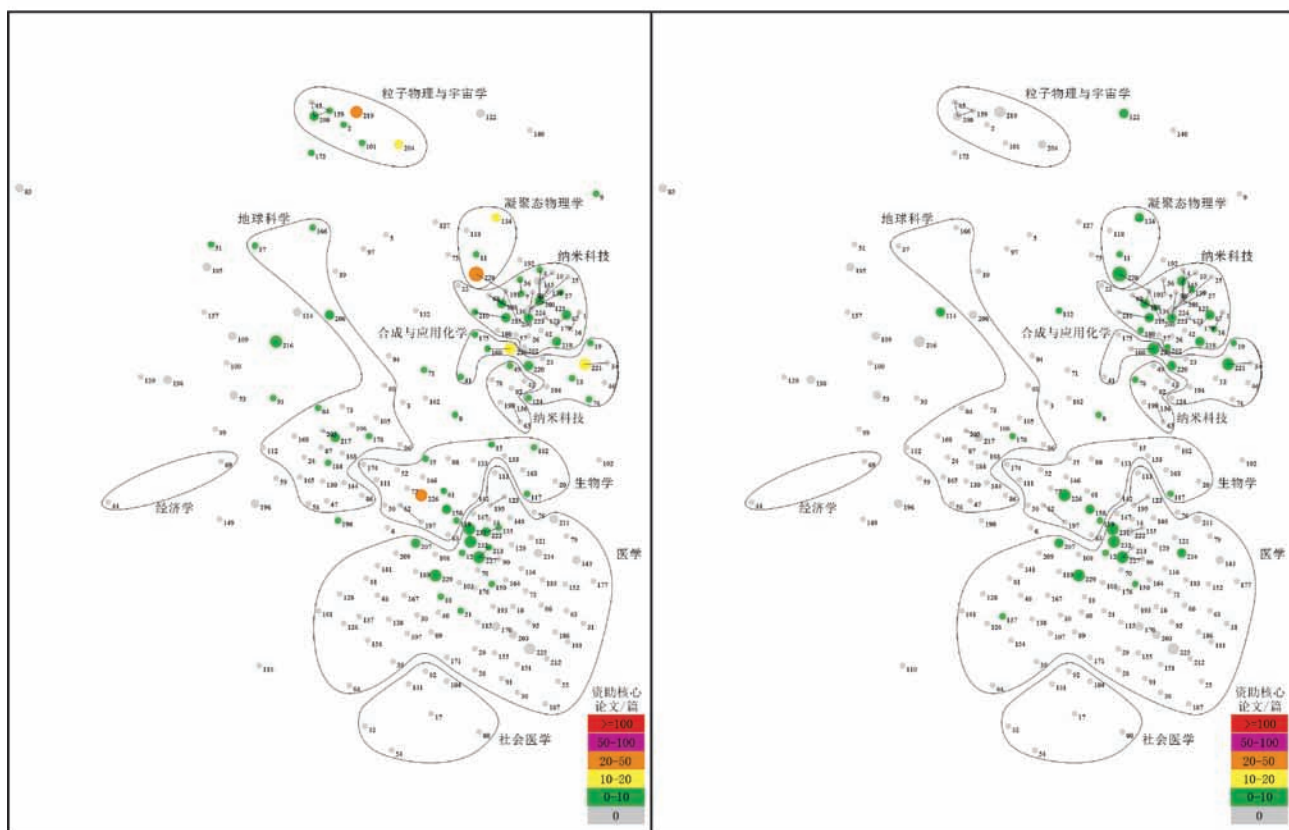
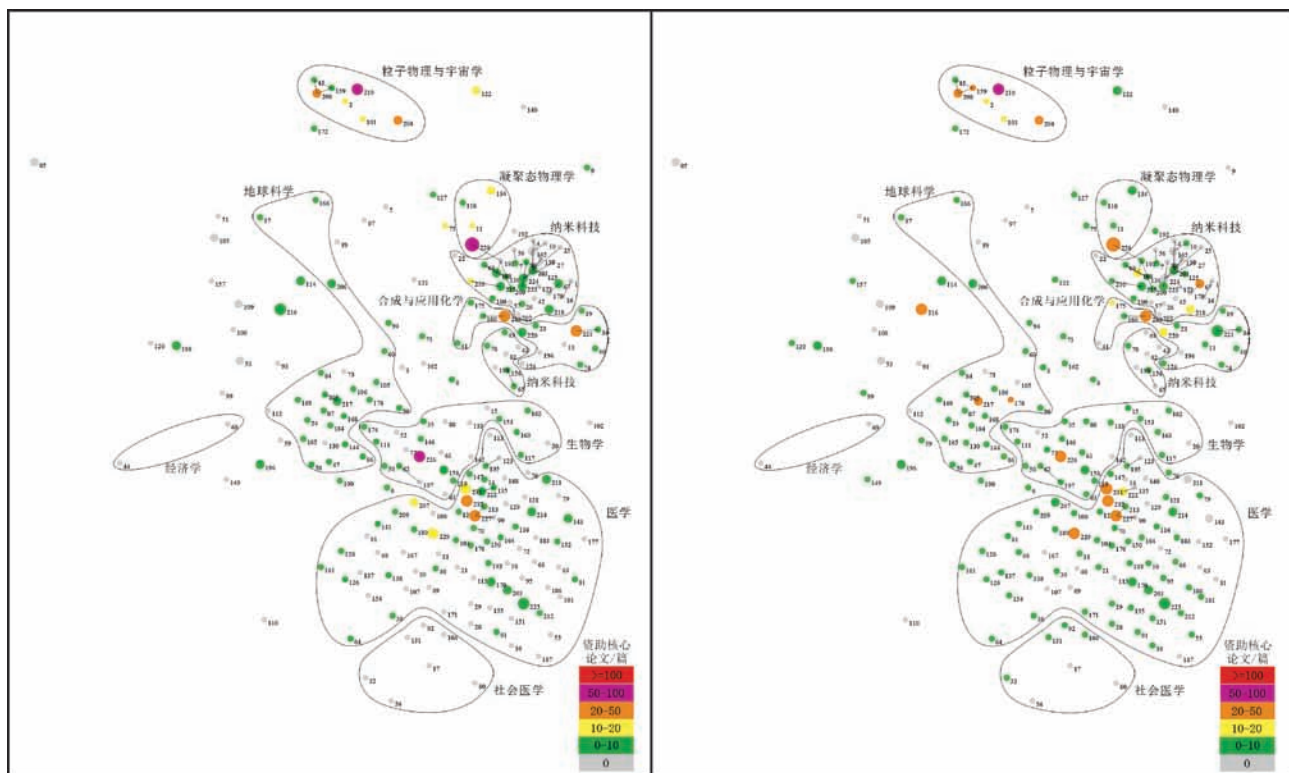


图 3 2010~2015 各国政府资助机构资助核心论文在科学结构图谱上的分布



表4 中国及代表性国家资助项目的核心论文产出统计(整数计数)

2006~2011年 (研究领域总数:149)			2008~2013年 (研究领域总数:212)			2010~2015年 (研究领域总数:232)		
中国	研究领域	论文数	中国	研究领域	论文数	中国	研究领域	论文数
发表论文	114	2035	发表论文	167	2805	发表论文	196	3934
资助	83	1082	资助	128	2025	资助	157	3103
NSFC	80	886	NSFC	117	1786	NSFC	144	2707
973计划	60	366	973计划	97	679	973计划	109	1027
NSFC与973 同时资助	59	315	NSFC与973 同时资助	92	610	NSFC与973 同时资助	97	913
美国	研究领域	论文数	美国	研究领域	论文数	美国	研究领域	论文数
发表论文	148	10315	发表论文	211	9310	发表论文	232	10250
资助	141	4030	资助	198	5368	资助	220	6667
NSF	107	1556	NSF	155	2216	NSF	167	2709
NIH	103	1891	NIH	136	2354	NIH	149	2918
NSF与NIH 同时资助	71	260	NSF与NIH 同时资助	95	312	NSF与NIH 同时资助	85	397
德国	研究领域	论文数	德国	研究领域	论文数	德国	研究领域	论文数
发表论文	137	2669	发表论文	186	2591	发表论文	199	3067
资助	102	789	资助	142	1106	资助	154	1298
DFG	89	533	DFG	113	713	DFG	128	878
英国	研究领域	论文数	英国	研究领域	论文数	英国	研究领域	论文数
发表论文	139	2767	发表论文	189	2707	发表论文	211	3113
资助	112	731	资助	157	1058	资助	169	1288
RUCK	104	577	RUCK	145	879	RUCK	164	1124
日本	研究领域	论文数	日本	研究领域	论文数	日本	研究领域	论文数
发表论文	117	1215	发表论文	148	1144	发表论文	148	1140
资助	72	485	资助	108	636	资助	110	648
JSPS	44	212	JSPS	68	283	JSPS	66	306
JST	23	76	JST	41	100	JST	37	102
JSPS与JST 同时资助	18	22	JSPS与JST 同时资助	30	28	JSPS与JST 同时资助	18	29

## 5 结 语

本文基于科学结构图谱 2010~2015,通过研究科学基金对 SCI 核心论文资助情况,不仅计量中国与美国、德国、英国、日本、法国等主要科技强国科学资助的论文产出,还在科学结构图谱上可视化展现各国资助产出的分布,对比分析了不同国家或同一国家不同资助机构在科学结构图谱上的资助布局及资助力度的情况。

分析结果显示,中国政府资助论文覆盖的研究领域比例有所提高,有政府资助核心论文的研究领

域占本国核心论文研究领域的比例从 72.8% 上升到 80.1%,以极微弱优势高于英国,排名从第四上升到第二,仅次于美国;中国政府资助论文在新增研究领域中的覆盖率也持续上升,从 65.4% 上升到 76.6%。

中国政府资助的核心论文比例不断提高,中国政府资助的核心论文占本国发表的核心论文的比例在六个国家中最高,达到 78.9%,其他国家大都在 40% 或 50% 左右,美国达到 65%。

中国政府资助产出的核心论文在各领域不均衡。传统科技强国资助产出的核心论文整体上

覆盖全面,分布比较均匀。中国政府资助产出的核心论文主要集中在纳米科技、合成与应用化学、粒子物理与宇宙学,其他资助方向的核心论文较少,尤其在生态学、医学方面相对较弱。不过,纵观科学结构图谱近3期的演变,受中国政府资助的研究领域占比有所提高,同时,中国在生物学、医学方面的资助产出的研究领域份额和覆盖率都有所提高。

本文所采用的科学结构图谱,为了解当前科学研究结构与变化、分析研究领域的学科交叉等属性、分析各国科研情况等提供了有用的工具。但也存在局限性,其依赖的数据受SCI收录期刊和学科范围的限制,比如,生命科学领域比例较大,工程、计算机、社会/经济类数据不够全面,因此文中的分析受一定的影响。另,国家政府资助项目存在跨国资助与跨国合作的现象,文中采用的资助论文占本国发

表论文之比,数据不是非常精准,但结果不影响整体的趋势分析。

**致谢** 本文系国家自然科学基金(项目资助:71173211)和中国科学院发展规划局“情报研究与平台建设”项目的研究成果。

### 参 考 文 献

- [1] 王小梅,韩涛,李国鹏,等. 科学结构图谱 2017. 北京:科学出版社,2017.
- [2] 王小梅,韩涛,王俊等. 科学结构地图 2015. 北京:科学出版社,2015.
- [3] 潘教峰,张晓林,王小梅等. 科学结构地图 2012. 北京:科学出版社,2013.
- [4] 潘教峰,张晓林,王小梅等. 科学结构地图 2009. 北京:科学出版社,2010.

## Scientific funding of scientific prowess nations: analysis based on the Science Map 2010~2015

Wang Xiaomei      Li Guopeng      Chen Ting

(Institute of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

**Abstract** Based on Science map, this paper linked funding and their output papers to analyze the funding status in China, the United States, Germany, the United Kingdom, Japan, and France, and a visualization map was created for displaying the distribution of scientific papers supported by funding. In addition, the differences between countries or between different domestic agencies are contrasted in view of the recent science map. Furthermore, our analysis shows that the percentage of research areas covered by the Chinese government-funded papers has increased (from 72.8% to 80.1%), the world ranking has risen from the fourth to the second. China has the highest government funded rate in core papers. The balance of Chinese funded papers lags behind the United States, Germany, and Britain.

**Key words** science funding; scientific research layout; Science Map; Foundation-papers