

· 科学论坛 ·

我国城市基础研究竞争力对比分析

——基于国家自然科学基金资助情况的考察

李瑞楠^{1,2} 马廷灿^{1*} 岳名亮¹

(1. 中国科学院武汉文献情报中心, 武汉 430071; 2. 中国科学院大学, 北京 101408)

[摘要] 国家自然科学基金是我国支持基础研究最重要的渠道之一, 获得国家自然科学基金资助的能力可以反映研究机构、城市等的基础研究竞争力。本文基于国家自然科学基金立项信息, 综合考虑获得国家自然科学基金资助的专家数量和经费数量, 构建了基于获得国家自然科学基金资助能力的城市基础研究竞争力指数。并基于 2006—2015 年的国家自然科学基金立项数据, 对我国大陆重点城市的基础研究竞争力进行了对比分析。研究结果表明: 我国城市基础研究竞争力存在较大差距, 多数城市的学科发展不均衡。

[关键词] 城市; 基础研究; 竞争力; 国家自然科学基金

DOI:10.16262/j.cnki.1000-8217.2017.04.019

基础研究是创新的根本和不竭动力, 基础研究竞争力代表着一个国家或地区的自主创新能力和科技水平。早在 2006 年, 国务院审议通过的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》就提到, 到 2020 年, 我国科学技术发展的总体目标需达到基础科学和前沿技术研究综合实力显著增强, 取得一批在世界具有重大影响的科学技术成果, 进入创新型国家行列, 为本世纪中叶成为世界科技强国奠定基础^[1]。随后国家制定了一系列积极的举措, 加大经费投入, 用于支持我国的基础研究。目前, 我国已进入“十三五”阶段, “建设创新型国家”已成为国家发展的重要目标, 提升基础研究水平显得愈发重要。近年来, 国家自然科学基金和地区科学基金的资助项目和资助经费逐年增加, 各个地区和城市都有一大批优秀的基础研究人员和研究成果涌现, 但是各个区域、城市之间的科研实力仍存在较大差异, 地区差距一直存在^[2]。因此, 开展我国城市基础研究竞争力对比分析, 监测态势、激励竞争, 对国家和地方制定支撑基础研究的战略布局和具体举措, 相关研究人员优化和调整其未来的研究领域和方向, 以及提升我国整体的科研质量和创新能力都

具有十分重要的意义。

1 研究背景

国家自然科学基金作为我国基础研究资助体系的重要组成部分, 以其“公开、公正、公平”的特点, 被科研人员公认为国内最规范、最公正、最能反映研究者竞争能力的研究基金^[3-4]。目前, 基于国家自然科学基金资助情况的基础研究竞争力分析的研究成果较多, 但对全国范围内的城市进行基础研究竞争力对比分析的成果较少。

考虑到全国城市数量众多, 各城市基础研究力量参差不齐, 本文选择 40 多个重点城市作为研究对象。通过对国家自然科学基金立项信息的深入计算和分析, 综合考虑获得国家自然科学基金资助的专家数量和经费数量, 提出基于获得国家自然科学基金资助能力的城市基础研究竞争力指数, 并基于 2006—2015 年 10 年间的国家自然科学基金立项数据, 对我国 40 多个重点城市的基础研究竞争力进行对比分析, 以期在城市基础研究的发展布局和规划等提供参考。

收稿日期: 2017-03-16; 修回日期: 2017-04-19

* 通信作者, Email: matc@whlib.ac.cn

2 数据来源与分析方法

本文分析所采用的国家自然科学基金立项数据(2006—2015年)采集自国家自然科学基金委员会科学基金网络信息系统(ISIS)。考虑到各个学科在基础研究上表现得并不均衡,发展的速度和程度也都不尽相同,因此本文参考国家自然科学基金资助体系,将相关科学基金项目划分到10大学科:材料科学、地球科学、工程科学、管理科学、化学科学、生命科学、数学科学、物理科学、信息科学、医学科学。

在已有相关研究的基础上^[5-7],为使国家自然科学基金资助信息能够更加全面、深入、准确地反映各城市的基础研究竞争力,本文首先研究了专家数量

$$NCI_{\text{某城市-某年-某学科}} = \sqrt{\frac{\text{某城市某年某学科专家数量}}{47 \text{ 城市某年某学科平均专家数量}} \times \frac{\text{某城市某年某学科经费数量}}{47 \text{ 城市某年某学科平均经费数量}}}$$

其中,选择的47个样本城市满足以下条件:

(1) 样本城市的专家数量之和和经费数量之和在2006—2015年每年各学科相应总量中的占比不少于98%;

$$\begin{aligned} NCI_{\text{北京-2006-材料科学}} &= \sqrt{\frac{\text{北京2006年材料科学专家数量}}{47 \text{ 城市2006年材料科学平均专家数量}} \times \frac{\text{北京2006年材料科学经费数量}}{47 \text{ 城市2006年材料科学平均经费数量}}} \\ &= \sqrt{\frac{148}{12.489} \times \frac{6045.3}{466.673}} \approx 12.390 \end{aligned}$$

表示,北京2006年在材料科学领域获得国家自然科学基金资助的专家数量和经费数量分别为148位和6045.3万元,同年47个城市的平均专家数量和平均经费数量分别为12.489位和466.673万元,计算得到北京2006年在材料科学领域的基础研究竞争力指数为12.390。

此外,我们根据10大学科每年获得的经费数量占年度总经费的比重(10年平均),为10大学科领域中的NCI赋权重,加权叠加,定义为基于获得国家自然科学基金资助能力的城市基础研究综合竞争力指数(“Comprehensive Competitiveness Index of Basic Research”,以下简称“BRCCI”)。

经计算得到,BRCCI中材料科学、地球科学、工程科学、管理科学、化学科学、生命科学、数学科学、物理科学、信息科学、医学科学等10个学科的NCI权重分别为 $w_1=0.050$ 、 $w_2=0.120$ 、 $w_3=0.114$ 、 $w_4=0.033$ 、 $w_5=0.110$ 、 $w_6=0.161$ 、 $w_7=0.022$ 、 $w_8=0.098$ 、 $w_9=0.115$ 、 $w_{10}=0.176$ 。则BRCCI的公式为:

(项目负责人数量)、项目数量、经费数量三者之间的关系。结果表明,专家数量和项目数量高度正相关,相关性极其显著。因此,最终选定专家数量和经费数量作为评价城市基础研究竞争力的主要指标因素。同时为了克服单纯利用专家数量、项目数量或经费数量来计算竞争力可能带来的偏颇,本文综合考虑各城市获得国家自然科学基金资助的专家数量、经费数量以及各城市的平均水平,提出基于获得国家自然科学基金资助能力的城市基础研究竞争力指数(Competitiveness Index on NSFC,以下简称“NCI”)。某城市某年(基于项目批准年度)某学科的基础研究竞争力指数—— $NCI_{\text{某城市-某年-某学科}}$ 的计算公式如下:

(2) 样本城市应包括直辖市、省会、计划单列市等重点城市。

以北京为例,

$$BRCCCL_{\text{城市-年份}} = \sum_{i=1}^{10} w_i \cdot NCI_{\text{城市-年份-学科}_i}$$

3 讨论与分析

为考查47个重点城市的基础研究学科竞争力和综合竞争力状况,首先在每个学科中,对每个重点城市每年的学科竞争力进行计算,并求得10年的平均值作为该城市在该领域的学科竞争力。接着对各城市的学科竞争力加权求和,得到综合竞争力。按照上述方法,对2006—2015年各城市的学科竞争力和综合竞争力进行计算,并根据综合竞争力大小进行排名,结果如表1所示。

从上表中可以看出,北京作为我国的经济、政治、文化中心,其科研实力相比其他城市遥遥领先。北京在基础研究上的领先地位,不仅表现在综合竞争力指数高达11.680,同时除了医学科学,在其他学科上都处于绝对领先地位。北京集中了全国最为优秀的研究人员,在数量和质量上都远超其他城市。因此可以预测,未来北京在基础研究上的领先地位将会继续保持,不会轻易被超越。

表1 47个重点城市的学科竞争力及综合竞争力(2006—2015年)

城市	材料科学	地球科学	工程科学	管理科学	化学科学	生命科学	数学科学	物理科学	信息科学	医学科学	综合竞争力	排名
北京	10.407	15.495	9.359	14.263	10.144	11.786	11.108	14.347	13.028	9.037	11.680	1
上海	4.561	1.858	3.639	5.046	5.236	4.593	5.406	5.482	4.252	7.771	4.867	2
南京	1.467	4.395	3.294	2.973	2.489	2.340	2.468	3.537	3.169	2.739	2.975	3
武汉	2.400	3.279	3.313	3.079	1.920	3.226	2.085	1.895	2.071	2.773	2.684	4
广州	1.977	3.321	1.536	2.050	2.006	2.845	2.439	0.945	1.545	4.126	2.471	5
西安	2.588	1.405	3.256	1.359	0.987	0.795	1.651	1.856	3.035	2.477	1.956	6
杭州	1.798	0.912	1.798	2.180	1.991	2.232	1.772	1.172	2.228	1.735	1.772	7
成都	1.871	1.209	1.271	1.562	1.137	0.982	1.544	1.076	1.958	1.643	1.374	8
天津	1.461	0.309	1.622	1.745	2.455	0.842	1.765	0.924	1.363	1.125	1.245	9
合肥	1.425	1.127	0.776	1.065	1.333	0.748	1.248	3.388	1.166	0.676	1.211	10
长沙	0.944	0.435	2.163	1.416	0.825	0.829	1.287	0.933	1.814	1.252	1.167	11
哈尔滨	1.357	0.203	2.515	1.059	0.441	1.010	0.673	0.816	1.550	0.839	1.047	12
长春	2.256	1.028	0.517	0.270	2.133	0.862	1.412	0.778	0.967	0.468	0.980	13
重庆	0.487	0.231	1.361	0.505	0.374	0.976	0.803	0.450	0.544	2.423	0.974	14
大连	0.531	0.244	1.638	1.347	2.499	0.365	0.809	0.964	0.674	0.380	0.879	15
兰州	0.502	2.033	0.523	0.224	0.940	0.825	0.840	1.474	0.246	0.197	0.798	16
沈阳	2.596	0.396	1.244	0.796	0.321	0.644	0.144	0.193	0.801	1.017	0.779	17
济南	1.273	0.228	0.643	0.384	0.783	0.738	1.075	0.576	0.694	1.232	0.760	18
青岛	0.629	2.661	0.573	0.222	0.518	0.844	0.226	0.138	0.304	0.245	0.713	19
昆明	0.452	0.554	0.514	0.432	0.461	1.727	0.601	0.631	0.261	0.605	0.702	20
厦门	0.409	0.903	0.304	0.748	1.246	0.452	0.742	0.314	0.352	0.321	0.543	21
南昌	0.494	0.322	0.405	0.742	0.482	0.601	0.502	0.267	0.412	0.573	0.470	22
郑州	0.365	0.403	0.368	0.313	0.666	0.634	0.678	0.248	0.367	0.441	0.454	23
乌鲁木齐	0.198	0.657	0.161	0.226	0.275	0.513	0.401	0.259	0.172	0.509	0.371	24
苏州	0.556	0.019	0.175	0.109	0.652	0.221	0.678	0.387	0.462	0.509	0.357	25
福州	0.348	0.196	0.184	0.237	0.931	0.498	0.399	0.108	0.198	0.341	0.355	26
太原	0.346	0.115	0.467	0.137	0.595	0.149	0.295	0.412	0.468	0.266	0.326	27
深圳	0.219	0.116	0.265	0.285	0.244	0.188	0.214	0.237	0.695	0.288	0.280	28
南宁	0.189	0.116	0.166	0.176	0.159	0.366	0.216	0.107	0.099	0.580	0.254	29
贵阳	0.078	0.877	0.099	0.110	0.164	0.239	0.234	0.095	0.088	0.223	0.245	30
呼和浩特	0.102	0.143	0.224	0.252	0.195	0.565	0.197	0.147	0.115	0.130	0.223	31
徐州	0.044	0.211	0.622	0.171	0.121	0.065	0.453	0.067	0.094	0.146	0.181	32
咸阳	0.012	0.283	0.097	0.134	0.057	0.720	0.024	0.016	0.026	0.005	0.178	33
石家庄	0.057	0.194	0.145	0.054	0.124	0.242	0.403	0.228	0.085	0.194	0.172	34
桂林	0.279	0.233	0.114	0.068	0.215	0.088	0.269	0.136	0.218	0.100	0.157	35
镇江	0.193	0.006	0.443	0.225	0.171	0.144	0.128	0.108	0.114	0.100	0.155	36
宁波	0.450	0.080	0.124	0.171	0.128	0.092	0.163	0.298	0.235	0.043	0.149	37
绵阳	0.162	0.060	0.069	0.004	0.065	0.018	0.038	0.899	0.068	0.003	0.131	38
海口	0.112	0.089	0.027	0.107	0.075	0.403	0.099	0.011	0.039	0.153	0.131	39
扬州	0.059	0.045	0.081	0.041	0.155	0.413	0.217	0.061	0.059	0.054	0.129	40
银川	0.044	0.088	0.058	0.121	0.083	0.215	0.138	0.040	0.063	0.245	0.124	41
湘潭	0.262	0.053	0.257	0.052	0.216	0.016	0.363	0.244	0.101	0.000	0.120	42
无锡	0.136	0.001	0.054	0.032	0.304	0.246	0.088	0.040	0.121	0.042	0.114	43
保定	0.046	0.024	0.106	0.023	0.118	0.229	0.041	0.102	0.070	0.008	0.088	44
秦皇岛	0.413	0.004	0.238	0.062	0.036	0.019	0.044	0.036	0.219	0.000	0.087	45
西宁	0.026	0.133	0.020	0.009	0.083	0.158	0.080	0.013	0.027	0.061	0.071	46
拉萨	0.002	0.039	0.003	0.024	0.009	0.015	0.019	0.009	0.019	0.025	0.017	47

上海的基础研究综合竞争力指数达到 4.867, 位于第 2。上海除了在地球科学上表现稍差外, 在其他学科上一直保持良好的发展态势。其中在医学科学上的学科竞争力最为显著, 未来可能继续上升, 与北京形成你追我赶的态势。上海在地球科学上的学科竞争力最为薄弱, 与北京的差距较大, 同时低于综合竞争力排于其后的多个城市, 说明地球科学将是上海未来需要加大投入, 提升基础研究竞争力的最主要学科。

南京、武汉、广州的基础研究综合竞争力排在全国第 3—5 位, 差距较小。3 个城市地理位置优越, 拥有较多的高等学校和科研院所, 在学科基础研究上各有优势。例如, 南京在地球科学、物理科学和信息科学上占有明显的优势, 但在材料科学和生命科学上的竞争力不如其他 2 座城市。武汉的学科发展较为均衡, 与其他 2 座城市相比, 材料科学、管理科学、生命科学的基础研究处于有利地位。广州虽在工程科学和物理科学上显得较为弱势, 但是拥有十分强势的医学科学。

西安、杭州的基础研究综合竞争力排在全国第 6、7 位。西安作为西北核心城市, 这些年来, 在基础研究的各个学科上发展态势良好, 尤其是材料科学、工程科学和信息科学。杭州与西安实力相当, 但杭州的优势主要体现在管理科学、生命科学和信息科学上。

成都、天津、合肥、长沙、哈尔滨的基础研究综合竞争力排在全国第 8—12 位。其中, 成都在各个学科上都发展得较好, 属于均衡发展的类型。天津、合肥、长沙、哈尔滨的学科发展不如成都均衡, 4 座城市最为强势的学科分别为化学科学、物理科学、工程学科、工程学科。4 座城市最大的优势是具有多所高校和科研院所。合肥拥有中国科学技术大学、合肥工业大学、安徽大学等一系列高水平大学。天津是拥有天津大学、南开大学 2 所 985 高校的直辖市。长沙拥有以湖南大学和中南大学 2 所 985 高校为中心的高校群。哈尔滨也有国内著名 985 大学——哈尔滨工业大学, 并已形成了以大学、研究所、大工厂科技力量为主, 地方科技力量为辅的研究与开发体系。这些也是促进 4 座城市形成优势学科的重要因素。

长春、重庆、大连、兰州、沈阳、济南的基础研究综合竞争力指数在 0.75—1.0 之间, 在全国排名 13—18。长春的强势学科为材料科学和化学科学, 但在管理科学上的基础研究能力非常弱。重庆最为强势的学科是医学科学, 学科竞争力指数达到 0.9 以上, 但与其他几座城市相比, 其他学科处于中等水

平, 仍需加强。大连与重庆的情况类似, 拥有竞争力指数达到 2.0 以上的化学科学, 但其他学科还需加大投入。兰州表现最好的学科是地球科学和物理科学, 管理科学、信息科学和医学科学表现较差。沈阳的材料科学基础研究竞争力指数达到 2.5 以上, 表现良好, 但其他学科需要加强。济南跟前几座城市相比, 数学科学相对较强, 但没有非常强势的学科, 比较可观的是发展较为平衡, 发展势头良好。

青岛、昆明、厦门、南昌、郑州几座城市的基础研究综合竞争力指数在 0.45—0.72 之间, 处于全国第 19—23 的位置, 属于全国 47 个城市中综合竞争力中等偏上的城市。青岛最强的学科为地球科学, 竞争力指数达到 2.6 以上。昆明最强的学科为生命科学。厦门的化学科学基础研究竞争力在这 5 座城市中是最强的。南昌和郑州各学科的基础研究发展较为均衡。

乌鲁木齐、苏州、福州、太原、深圳、南宁、贵阳、呼和浩特的基础研究综合竞争力在全国 47 个城市中属于中等偏下的水平。乌鲁木齐在这 8 座城市中的基础研究综合竞争力最强, 其中地球科学的竞争力较强。苏州是长江三角洲的中心城市之一, 近些年来, 不仅经济竞争力在不断提高, 同时可持续发展能力也有显著增强。2006—2015 年在基础研究方面, 苏州除了在地球科学表现较弱(竞争力指数不足 0.1)外, 在其他各个学科上都表现良好, 特别是在化学科学和数学科学等领域。可以预见, 未来苏州的基础研究将会在强大经济实力的带动下日益增强。福州和太原的基础研究在学科上发展较为均衡, 其中福州和太原的化学科学在这一梯队中表现良好。深圳作为我国最先改革开放的城市, 近些年来, 在各个方面发展迅速, 2014 年首超香港获城市综合经济竞争力第一。同时, 近几年, 中国许多知名高校分校纷纷落户深圳, 科研人员和科学资源不断增多, 这些都极大地促进了深圳市的基础研究发展。预计未来深圳的基础研究优势将不仅体现在信息科学领域, 在其他领域的基础研究竞争力也有望得到快速提升。南宁虽在多个学科上处于弱势地位, 但在这一梯队中, 其医学科学是有优势的。贵阳地理位置偏远, 虽在其他学科上表现一般, 但也正是其地理位置特殊, 促进了它在地球科学上的良好发展。呼和浩特也在多个学科上处于弱势地位, 但生命科学与同一梯队中的其他城市相比, 是有优势的。

徐州、咸阳、石家庄、桂林、镇江、宁波、绵阳、海口、扬州、银川、湘潭、无锡、保定、秦皇岛、西宁、拉萨的基础研究综合竞争力在 47 个重点城市中属于较低水平。其中, 徐州的工程科学、数学科学, 咸阳的

生命科学,石家庄的数学科学,镇江的工程科学,宁波的材料科学,绵阳的物理科学,海口的生命科学,扬州的生命科学和秦皇岛的材料科学基础研究竞争力在同一梯队中是相对最强的。湘潭和秦皇岛在医学科学上的基础研究竞争力指数为0,说明这2座城市在2006—2015年间未能申请到医学科学领域的国家自然科学基金课题,未来应在医学科学基础研究方面积极引导,加大投入,打破僵局。西宁、拉萨虽为省会城市,但基础研究综合竞争力排在47个重点城市的最后2位,未来想要改变这一状况,仍需多方面的努力,不仅需要地方政府加大投入,更需要国家政策的积极引导。

4 结论

通过对2006—2015年间国家自然科学基金资助数据进行统计,选取47个重点城市,进行深入计算、分析和研究。研究表明:

(1) 国内各城市基础研究竞争力存在较大差距:北京拥有众多的高校及科研院所,占据巨大优势,无论是在学科竞争力上,还是综合竞争力上都遥遥领先于其他城市;上海近些年在医学科学上发展势头较猛,在其他学科和综合实力上也基本领先于除北京之外的其他城市;南京、武汉和广州都拥有自己的强势学科,基础研究也具有较强的竞争力;其他城市与上述城市相比,竞争力稍弱。

(2) 国内各城市在基础研究上各具优势,相互竞争激烈。多数城市在学科发展上并不均衡,不同城市在不同学科上的侧重点不同。不过,在过去10

年间,各重点城市的基础研究不断发展,也推动我国整体基础研究实力不断增强。

(3) 城市基础研究竞争力的形成与内外部环境是分不开的。优越的地理位置、优秀的科研资源、强大的经济后盾是形成和提高城市基础研究竞争力最重要的条件,同时也离不开国家和地方的支持。

致谢 本论文的研究工作受到国家自然科学基金“基于复杂关联数据分析的科技领军人才识别及其成长模式研究”(项目号:71603252)以及中国科学院文献情报中心青年人才领域前沿项目“基于差异向量的科研主体领域竞争力分析方法研究”的资助。

参 考 文 献

- [1] 《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,国发[2005]第044号,2005.
- [2] 陈雪珊,毛晓峰,龚雪等. 2006—2015年国家自然科学基金地区科学基金项目资助情况分析. 中国科学基金,2016(3): 223—228.
- [3] 莫琦. 国家自然科学基金对区域技术创新的作用研究. 生产力研究,2009(24):112—114.
- [4] 张经彦,范庆书. 自然科学基金在地方人才培养中的重要作用. 中国科学基金,2005,19(5): 305—306.
- [5] 马廷灿. 从国家自然科学基金看我国基础研究科研力量的变化趋势. 中国科学基金,2011(5):26—29.
- [6] 马廷灿,王桂芳,万勇. 基于国家自然科学基金的我国区域医学科学基础研究对比分析. 科技管理研究,2015(17): 71—76.
- [7] 张慧颖,张瑞. 基于国家自然科学基金的各省市基础研究竞争力研究. 河北工业科技,2015,32(3):189—195.

Comparative analysis on cities' basic research competitiveness in China: investigation based on projects supported by NSFC

Li Ruinan^{1,2} Ma Tingcan¹ Yue Mingliang¹

(1. Wuhan Documentation and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071;

2. Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408)

Abstract The National Natural Science Foundation of China (NSFC) is one of the most important channels to support the basic research in China. It has been recognized as one of the most regulated and fair funds by researchers. So the ability of being funded by the NSFC can partly reflect the basic research competitiveness of different institutions or cities, and so on. Based on statistical analysis of NSFC project information, and synthesizing the quantity of experts and appropriation funded by the NSFC, we propose and construct a new index, the Comprehensive Competitiveness Index of Cities' Basic Research, based on the competitiveness of NSFC. Based on NSFC project information during 2006—2015, the new index was used to analyze the competitiveness of key cities' basic research in mainland China. The results show that there still exists a large gap in competitiveness of key cities' basic research, and Disciplines development has some unevenness in most cities.

Key words city; basic research; competitiveness; NSFC