

· 科学论坛 ·

中国地球科学研究的世界贡献及其时空变化

王雪梅^{1*} 张志强² 马明国³

(1. 西南大学图书馆, 重庆 400715; 2. 中国科学院成都文献情报中心, 成都 610041;
3. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715)

[摘要] 基于 WoS 和 ESI 数据库对我国地球科学在全球地球科学研究中的贡献进行了定量分析, 包括论文量、引用次数、篇均被引频次、高影响论文、高被引作者、高水平期刊发文、研究热点等情况; 对中国国家自然科学基金资助项目对我国地球科学研究论文产出的贡献进行了分析, 并基于质心法分析了全球尺度上地球科学研究活跃中心的时空变化特征。研究结果显示: (1) 随着我国地球科学研究论文数量的快速增长, 论文总被引次数也快速增加, 但篇均被引频次的增长并不显著; (2) 从主要国家地学资助机构的贡献度来看, 国家自然科学基金(以下简称“科学基金”)对我国地球科学的资助产生的成果最多, 在科学基金的支持下中国与美欧澳日等发达国家开展了较多的国际合作研究, 并产生了一定的国际影响力; (3) 近 10 年来青藏高原、地球化学、华南地区等是我国地球科学基金资助论文的热点研究方向或研究区域, 近年来关于遥感、气候变化、数值模拟、地质年代、南海等的研究论文成果增长较快; (4) 根据质心公式计算出全球地球科学论文每年发文量和引用量的质心坐标, 世界地球科学研究中心整体呈现出由西向东迁移, 但引用量质心的迁移速度整体上滞后于发文量质心的迁移, 世界地球科学研究中心的稳定持续东移将需要更长的时间。

[关键词] 地球科学; 学术影响力; 时空变化; 文献计量

文献计量学是对科学文献进行量化分析、研究文献增长和引用关系的学科^[1], 主要是研究知识产出和演化规律的学科, 其在科学评价和科研管理方面能够起到客观、科学、公正、有效的辅助作用, 国内外研究人员越来越多地运用文献计量的定量分析结果来辅助科学评价和管理工作^[2,3]。同时, 地理信息系统与文献计量学的集成研究也是当前研究热点之一^[4,5]。本文开展我国地球科学及其学科领域最新科研影响力和竞争力的定量评价, 以及与地球科学研究主要国家的比较, 运用地理信息技术分析国际地球科学论文产出的时空动态变化特征, 勾勒出我国学科发展的现状及在国际上的学术影响力, 把握地球科学发展的新特点, 能为相关管理者和科研人员提供有益参考。

1 中国在全球地球科学研究中的贡献

基本科学指标数据库 (Essential Science Indicators, ESI) 对 Web of Science (WoS) 文献数据平台上的自然科学引文索引 (Science Citation Index Expanded, SCIE) 和社会科学引文索引 (Social Sciences Citation Index, SSCI) 数据库中过去近 11 年的论文 (Article 和 Review) 数据进行统计, 针对 ESI 数据库 22 个专业学科领域, 通过论文数、论文被引次数、篇均被引频次、高被引论文、热点论文和前沿论文等指标, 排出居世界前 1% 的研究机构和研究论文等。ESI 划分的地球科学领域 (Geosciences) 包括地质学、地球化学、地球物理学、土工学、经济地质学、岩石化学、矿物学、气象与大气科学、水文学、海洋学、石油地质、火山学、地震学、气候学、古生物学、遥感、测地学、地质石油和采矿工程。

收稿日期: 2018-02-11; 修回日期: 2018-03-15

* 通信作者, Email: w20141103@swu.edu.cn

1.1 2006—2016 年期间论文及引用情况

基于 ESI 统计了地球科学领域 2006—2016 年在 SCIE/SSCI 数据库中的论文数量及被引情况(数据库更新时间为 2017 年 3 月 9 日)。主要国家的发文及引用情况见表 1。

论文被引用次数总量排名,中国在全球排名第 4 位。中国论文的篇均被引频次相对较低,在论文被引用次数总量前 10 位国家中,篇均被引频次最低。随着我国论文数量的快速增长,论文总被引次数也增加明显,但要实现篇均被引频次,即全部论文影响力的扩大,在短时期内难以有大幅度的提升。

论文数量排名,中国在全球排名第 2 位,仅次于

美国。ESI 高被引论文(Highly Cited Papers)是指近 11 年间 ESI 各学科中被引次数排名位于全球前 1%的论文,热点论文(Hot Papers)是指近 2 年内发表并且在最近 2 个月内被引用次数进入所属学科领域前 1%的论文,这两种论文合起来称为高影响论文(Top Papers)。中国的高影响论文数量,在论文总数排名前 10 位的国家中排在英国、德国之后名列第 4 位。

1.2 发文及引用的 5 年趋势分析

以 2006—2010 年为基准,分析中国近年来论文产出量及其被引用情况的发展趋势。图 1 可见,2012—2016 年与 2006—2010 年相比,我国论文总被

表 1 2006—2016 年 Geosciences 学科主要国家论文数量及其影响力

| 序号 | 国家 | 论文篇数 | 总被引次数 | 篇均被引频次 | 高影响论文 | | |
|----|------|---------|-----------|--------|-------|---------|--------|
| | | | | | 论文篇数 | 被引次数 | 篇均被引频次 |
| 1 | 美国 | 125 454 | 2 247 177 | 17.91 | 2 554 | 417 346 | 163.41 |
| 2 | 英国 | 35 705 | 690 360 | 19.34 | 924 | 158 900 | 171.97 |
| 3 | 德国 | 39 809 | 665 928 | 16.73 | 760 | 128 481 | 169.05 |
| 4 | 中国 | 65 363 | 629 355 | 9.63 | 686 | 88 699 | 129.30 |
| 5 | 法国 | 34 105 | 567 381 | 16.64 | 609 | 94 725 | 155.54 |
| 6 | 加拿大 | 26 214 | 386 660 | 14.75 | 430 | 65 037 | 151.25 |
| 7 | 澳大利亚 | 22 227 | 364 412 | 16.40 | 489 | 76 503 | 156.45 |
| 8 | 意大利 | 23 647 | 320 723 | 13.56 | 269 | 39 756 | 147.79 |
| 9 | 日本 | 23 712 | 315 922 | 13.32 | 347 | 61 483 | 177.18 |
| 10 | 瑞士 | 12 448 | 260 786 | 20.95 | 380 | 64 430 | 169.55 |

(注:该表根据总被引次数排序。)

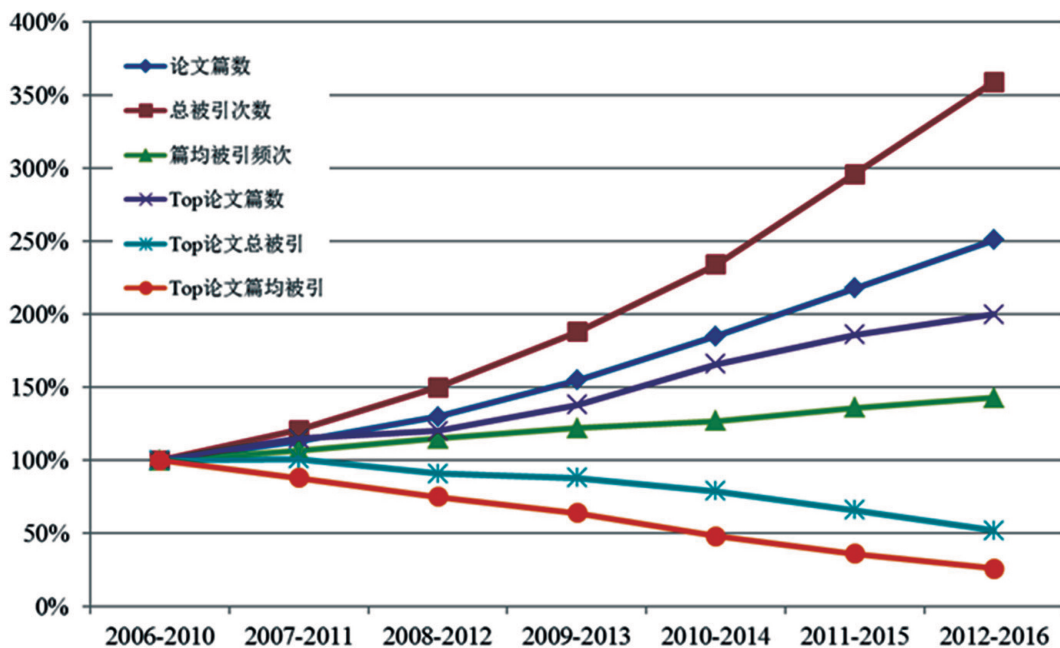


图 1 中国 Geosciences 学科的论文量及其影响力的变化情况(5 年滑动)

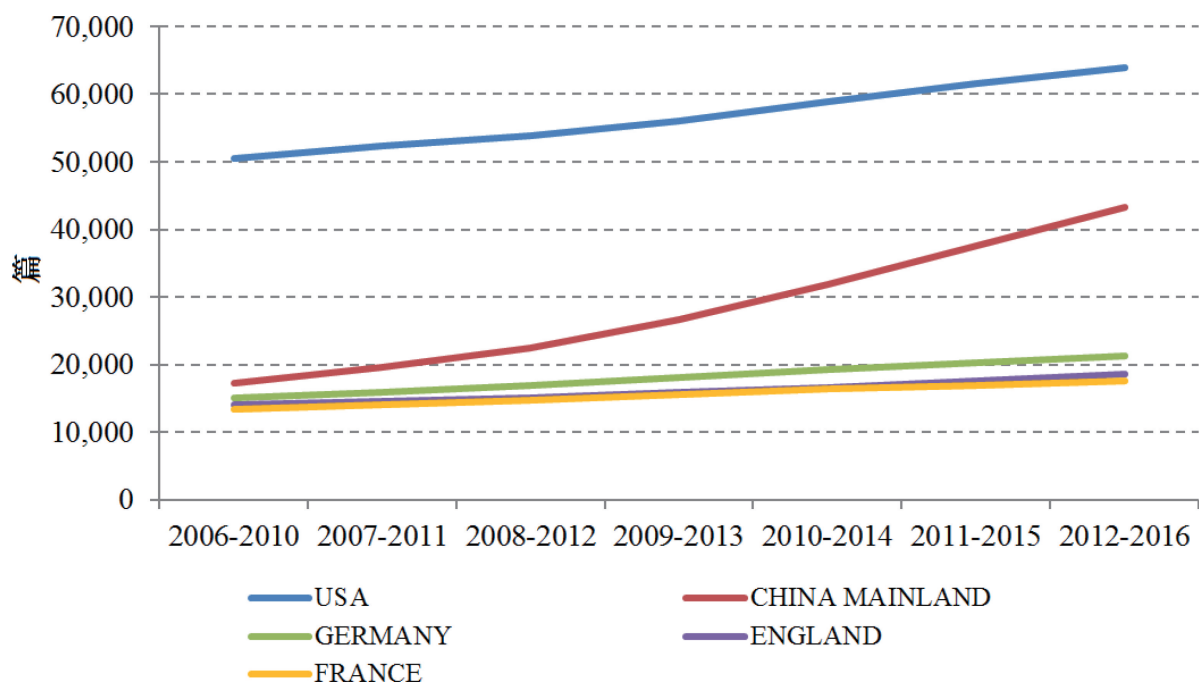


图 2 5 个主要国家 Geosciences 学科的论文数量变化情况比较 (5 年滑动)

引次数增速最快,2012—2016 年约为 2006—2010 年的 3.6 倍;其次是论文总篇数,超过 2.5 倍;篇均被引频次超过 1.4 倍。高影响力的 Top 论文数比 2006—2010 年翻了一番,但高影响论文的被引用次数和篇均被引用次数的增加仍需拭目以待。

对比分析中国与美国、德国、英国和法国的论文数量变化(图 2),中国的论文总量多且近年来增长速度明显高于四个欧美发达国家。在高影响力论文数量方面,中国与法国相接近,2010—2014 年间超过法国,开始逐渐向德国靠近,与美国仍有很大差距。中国的论文被引量增长优势比较明显,2010—2014 年超过法国,2011—2015 年超过英国和德国。篇均被引频次虽然也在增加,但与其他四国之间的差距还比较大。

1.3 高水平期刊主要贡献国家与高被引科学家分布

分析 2006—2016 年期间各国在高水平期刊 *Science*、*Nature*、*Nature Geoscience*、*Nature Communications* 和 *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 等发表的地球科学研究论文,美国在论文数量和被引次数方面都遥遥领先,中国论文数量在美国、英国、德国、法国、加拿大和澳大利亚之后排名第 7 位,总被引次数和被引论文比例相对较低。

科睿唯安基于 ESI Top1% 论文统计的 2016 年全球高被引科学家名录(Highly Cited Researchers, <http://highlycited.com/>)共有 3265 人,美国人数最多,占总数的 46.8%;其次是英国,约占 9.9%;中国略低于德国,高被引作者有 185 人,占总数的 5.7%;法国约占 3.0%。地球科学领域的高被引科学家共有 149 人,其中美国有 60 人,英国有 14 人,法国有 11 人,德国有 8 人,中国有 13 人,占 8.7%。

2 中国国家自然科学基金对地球科学研究的贡献

2.1 NSFC 资助的地球科学研究论文概况

根据文章中的致谢字段统计论文的资助机构情况,SCIE/SSCI 收录的中国发表的 Geosciences 领域论文中有约 53.8% 得到中国国家自然科学基金(NSFC)项目资助,其中 76.1% 的论文已被引用,篇均被引频次 9.1 次/篇。地球科学领域主要发文国家得到本国科学基金组织资助,发文量最高的是 NSFC,其次是美国国家科学基金会(NSF),此外还有加拿大自然科学与工程研究委员会(NSERC)、德国科学基金会(DFG)、英国自然环境研究理事会(NERC)、日本学术振兴会(JSPS)、澳大利亚研究理事会(ARC)等。NSFC 对中国地球科学论文的贡献度最大,其次是 NSERC 资助的地学论文占加拿大地学论文的 30.5%,NSF 资助论文占美国地学论文的 25.1%,ARC 资助论文占澳大利亚地学论文的

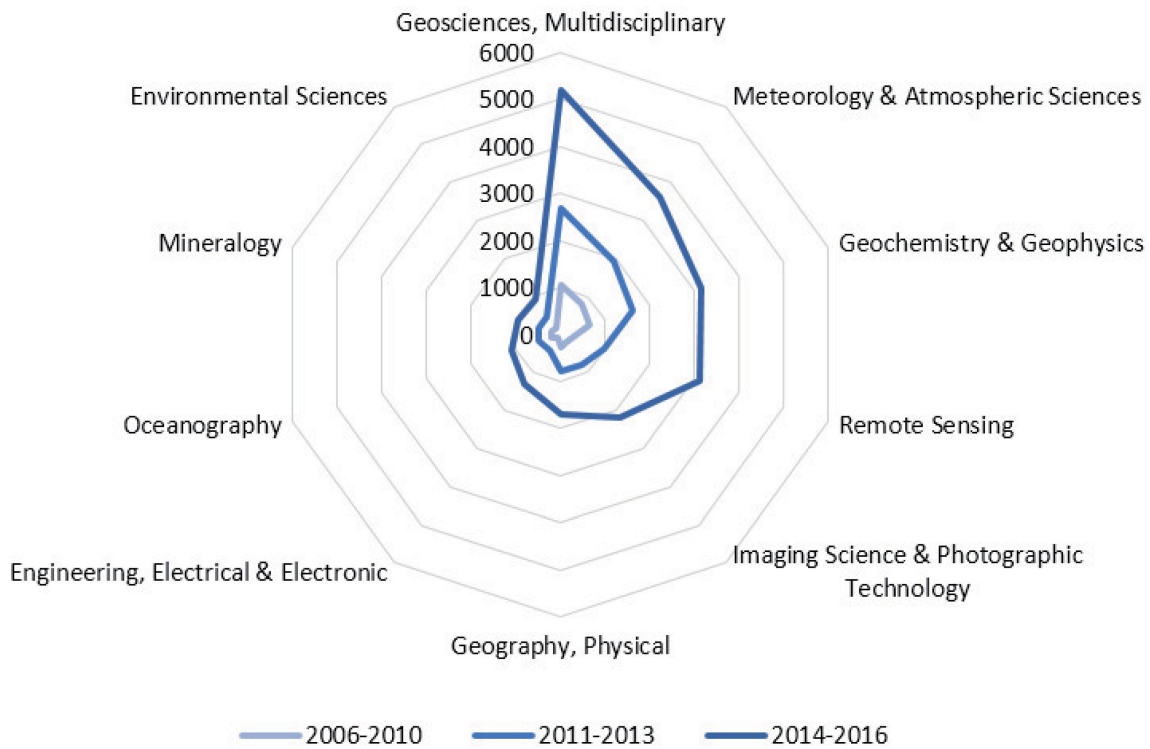


图 3 NSFC 资助发表的地球科学论文的主要学科年代分布

20.0%，JSPS 资助论文占日本地学论文的 19.8%。

从论文总被引次数来看，美国 NSF 资助的地学论文被引用最多，其次是中国 NSFC。篇均被引频次最高的是英国 NERC 资助的地学论文，其次是美国 NSF，中国 NSFC 相对较低。学科相对影响力，即论文在地球科学领域的影响力与全球该学科整体影响力的比值。中国地球科学领域论文的学科相对影响力为 0.99，接近世界平均水平；其中得到 NSFC 资助的论文学科相对影响力为 1.06，略高于世界平均水平。这些科学基金组织资助发表的论文，整体上国际影响力比较大的来自英国 NERC、美国 NSF、法国国家科研署 (ANR)、澳大利亚 ARC、德国 DFG 等的资助，其学科相对影响力都在 1.2 以上。

根据论文作者地址，受 NSFC 资助发表的论文作者除中国外，还来自美国、澳大利亚、英国、德国、加拿大、日本、法国等，说明在 NSFC 的支持下与美欧澳日等发达国家开展了较多的国际合作研究，国际合作产生的研究成果被引用的也较多。国内获得 NSFC 资助发表地球科学论文较多的研究机构见表 2。

2.2 地球科学研究论文的主要领域和热点方向

NSFC 资助发表的地球科学论文主要涉及地球科学交叉学科、气象学与大气科学、地球化学与地球

表 2 2006—2016 年 NSFC 资助的发表 Geosciences 论文较多的机构

| 序号 | 机构 | 论文篇数 | 总被引次数 | 篇均被引频次 |
|----|----------|--------|---------|--------|
| 1 | 中国科学院 | 13 862 | 131 570 | 9.49 |
| 2 | 中国地质大学 | 3 302 | 34 091 | 10.32 |
| 3 | 中国科学院大学 | 3 210 | 21 343 | 6.65 |
| 4 | 中国气象局 | 1 816 | 12 683 | 6.98 |
| 5 | 北京大学 | 1 703 | 20 725 | 12.17 |
| 6 | 南京大学 | 1 693 | 15 222 | 8.99 |
| 7 | 武汉大学 | 1 281 | 8 469 | 6.61 |
| 8 | 中国地质科学院 | 1 260 | 15 698 | 12.46 |
| 9 | 北京师范大学 | 1 222 | 9 535 | 7.80 |
| 10 | 南京信息工程大学 | 1 165 | 5 481 | 4.70 |

物理学、遥感、成像科学与摄影技术、自然地理、电子电气工程、海洋学、矿物学、环境科学等领域，主要学科不同时期论文量的增长变化情况见图 3。

NSFC 资助发表的地球科学论文热点关键词有：遥感、青藏高原、地球化学、华南、华北克拉通、南海、气候变化、数值模拟、降雨、MODIS、合成孔径雷达、全新世、分类、地质年代学、ENSO、西藏、热带气旋、锆石、汶川地震、温度、锆石 U-Pb 定年、中亚造山带等。

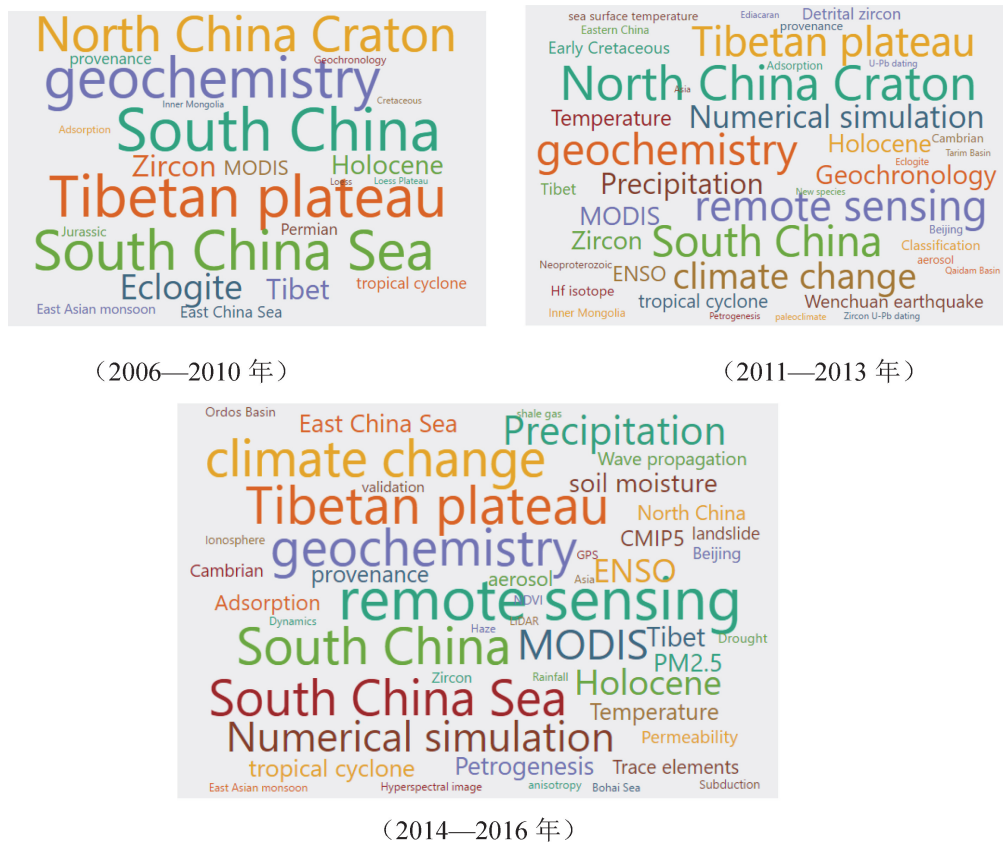


图4 NSFC资助发表的地球科学论文的不同时期热点关键词词云图

图4展示的是不同时期NSFC资助发表地球科学论文的高频关键词词云,可以看出我国地球科学研究热点的演变,青藏高原、地球化学、华南等在近10年一直是我国地球科学基金资助的热点研究方向,产出了大量科研成果,近年来关于遥感、气候变化、数值模拟、地质年代、南海等研究成果增长快速,表明我国地球科学研究在运用现代技术进行定量化和大尺度研究方面取得了新的进展,除了对我国陆地地质方面的研究外对海洋和大气方面的研究也在不断发展。

2006—2016年,全球地球科学的研究热点有华北克拉通、全球地表温度和海洋热含量、页岩气、尼泊尔2015地震、二氧化碳地质储存、全球汞循环、格陵兰冰盖、重霾污染、风速预测、全球水资源、遥感影像分类、土壤水分数据等。最近两年,全球地球科学的研究前沿有非对称磁重联、电子探针、埃洛石纳米管、钼矿床、全球水文模型、刚果深海扇、南极绕极流等。地球科学研究有着鲜明的地域特色,随着科技的进步在宏观和微观尺度上也不断出现新的成果。

3 地球科学领域世界研究中心的时空变迁

本文采集了SCI和SSCI数据库收录的1981—2016年期间Geosciences领域论文(Article和Review),统计了世界各国的发文数量和引用次数。有190多个国家或地区参与发表论文,大多数国家的论文数在千篇以内,图5中蓝点的大小展示了各国发文量占总量的比例,点越大发文量越多。发文主要分布在北美、欧洲、亚洲和大洋洲,地球科学研究发文量居前10的国家依次是美国、英国、中国、德国、法国、加拿大、俄罗斯、日本、澳大利亚和意大利。

3.1 世界各国地球科学论文的增长趋势

全球地球科学论文呈指数增长趋势,1981—2016年总的指数增长系数为0.0595($R=0.9963$)。大多数国家或地区都呈指数增长趋势,图5显示了排名前30位的国家或地区的指数增长系数。图中绿色的地方表明这些国家或地区的增长系数高于全球平均水平,例如韩国、中国、土耳其、西班牙、阿根廷、奥地利等国家在全球地球科学论文的增贡献突出;而红色地区,例如俄罗斯、美国、加拿大、

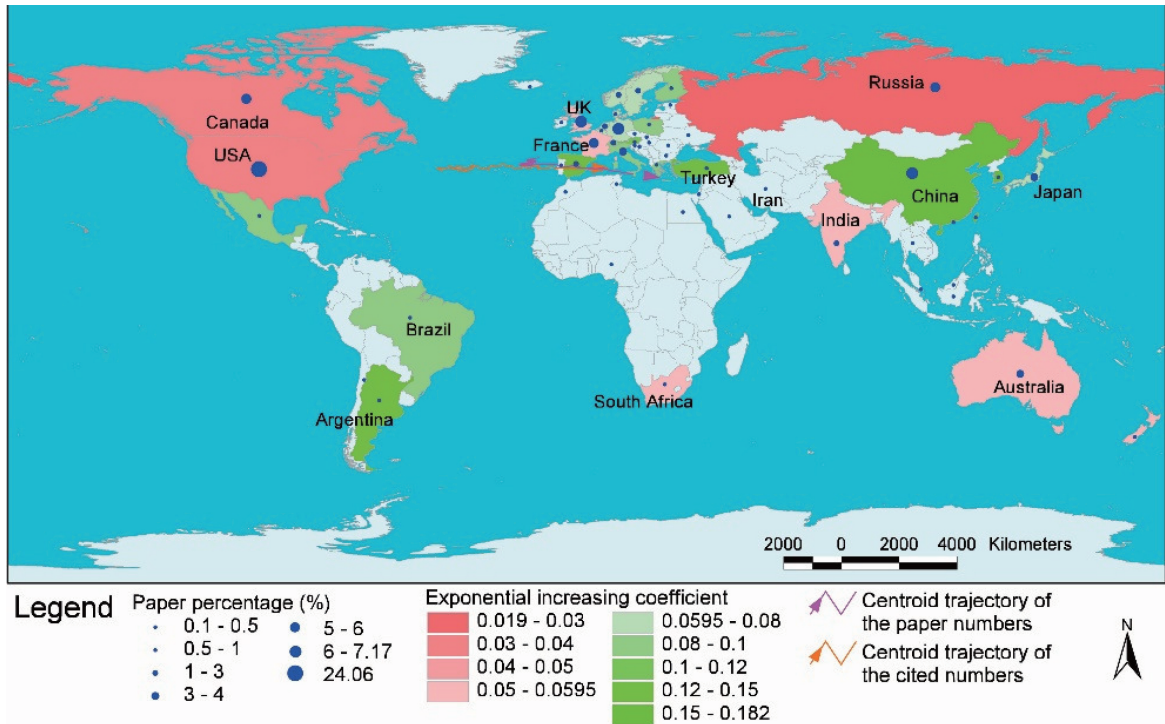


图 5 世界各国论文量所占百分比及其指数增长系数

新西兰、英国、法国、南非、澳大利亚、印度等的论文增长系数则低于全球平均水平。

3.2 世界地球科学论文的质心的时空迁移

基于质心法可以分析全球或者国家尺度上地球科学研究的活跃中心的时空变化特征^[6,7]。地理要素几何中心(Geometric center)计算的是该要素形状所有点在二维空间上的算术平均,先将世界各个国家的几何中心计算出来,再将统计得到的每个国家年际发文数量或被引次数关联到该中心上,质心坐标的计算公式如下:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (1)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (2)$$

式中, X_t 、 Y_t 分别表示在 t 年全球发文或者被引次数的质心坐标(经度和纬度坐标), C_{it} 表示在 t 年第 i 个国家的发文数量或者被引次数, X_i 、 Y_i 分别表示第 i 个国家的几何中心坐标(公式 1 和公式 2)。

根据质心坐标公式计算全球地球科学论文每年发文数量和引用次数的质心坐标,结果显示,全球地球科学研究中心整体呈现由北半球西部向东部迁移,论文量质心的移动速度为 0.93 度/年,论文被引次数质心的移动速度为 1.43 度/年。全球地球科学论文量质心于 1981 年至 1995 年期间在

格林尼治西边 17.7 度附近迂回摆动,此后不断向东迁移,表明东方地区的发文数量从 1996 年开始出现显著性增长的趋势;而论文被引数量的质心除个别年份外不断地向东移动,自 1981 年以来东方地区论文的影响力也处于持续增加的趋势。全球地球科学论文引用量的质心总体上始终在论文量质心的西边,表明西方地区的论文被引次数在全球所占比例一直高于其发文数量所占比例,但近年来随着东方地区论文量和被引次数的增长呈现出相对下降的趋势。

4 结 论

通过以上分析,主要得到以下结论:

(1) 2006—2016 年间国际地球科学论文中,中国的论文数量仅次于美国排世界第 2 位,论文引用总量在美国、英国和德国之后居第 4 位,随着我国论文数量的快速增长,论文总被引次数也增加明显,但篇均被引频次的增长还需指日以待。在高影响论文方面,中国已经超过了法国,开始逐渐向德国和英国靠近,仍与美国有很大差距。国际高影响因子期刊 PNAS、Science、Nature 及其子刊 Nature Geoscience 和 Nature Communications 发表的地球科学论文中,美国在论文数量和被引次数方面都遥遥领先,中国论文数量排名第 7 位,总被引次数

和被引论文比例相对较低。2016年全球高被引科学家名录里中国人数约占总数的5.7%，而地球科学领域的中国高被引科学家人数约占8.7%。

(2) 地球科学领域, 各国资助机构的贡献度来看, 中国国家自然科学基金对本国地球科学的支持产生的成果最多, 占本国地球科学论文总量的53.8%。受NSFC资助发表的论文作者除中国外, 还来自美国、澳大利亚、英国、德国、加拿大、日本、法国等, 表明在NSFC的支持下与美欧澳日等发达国家开展了较多的国际合作研究, 国际合作产生的研究成果被引用的也较多。

(3) NSFC资助发表的地球科学论文主要涉及地球科学多学科、气象学与大气科学、地球化学与地球物理学、遥感、成像科学与摄影技术、自然地理、电子电气工程、海洋学、矿物学、环境科学等领域。近10年来青藏高原、地球化学、华南地区等一直是我国地球科学基金资助的热点研究方向, 产出了大量科研成果, 近年来关于遥感、气候变化、数值模拟、地质年代、南海等研究成果增长快速, 表明我国地球科学研究在运用现代技术进行定量化和大尺度研究方面取得了新的进展, 除了对我国陆地地质方面的研究外对海洋和大气方面的研究也在不断发展。

(4) 国际发文在空间上的分布及其随时间变化的过程用质心法进行定量分析, 全球地球科学论文量质心于1981—1995年期间在格林尼治西边17.7度附近迂回摆动, 之后不断向东迁移; 而论文引用量质心一直不断地向东移动, 但引用量质心整体上滞

后于发文量质心, 其东移需要更长久时间。研究结果表明, 质心法可以被成功运用于分析全球论文数量和引用次数的时空动态变化状况。

致谢 本文工作得到国家自然科学基金资助(项目编号:41641058)。

参 考 文 献

- [1] Pritchard A. Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*, 1969, 25(4):348—349.
- [2] 董琳, 刘清. 国外学科评价及其文献计量评价指标研究. *情报理论与实践*, 2008, 31(1):37—40.
- [3] 张树良, 张志强, 王雪梅. 国际科研评价体系现存问题及发展新趋势分析. *科学学研究*, 2015, 33(8):1127—1133.
- [4] Allen RS. Interdisciplinary research: A literature-based examination of disciplinary intersections using a common tool. *Geographic Information System (GIS). Science & technology libraries*, 2001, 21(3—4): 191—209.
- [5] Wang XM, Ma MG, Li X, et al. Applications and researches of geographic information system technologies in bibliometrics. *Earth Science Informatics*, 2014, 7: 147—152.
- [6] Bansal AR, Anand SP, Rajaram M, et al. Depth to the bottom of magnetic sources (DBMS) from aeromagnetic data of Central India using modified centroid method for fractal distribution of sources. *Tectonophysics*, 2013, 603(9): 155—161.
- [7] 杨麦, 王雪梅. 基于GIS的图书馆文献计量分析. *遥感技术与应用*, 2015, 30(4):819—824.

World contribution of chinese geoscience and its temporal and spatial changes

Wang Xuemei¹ Zhang Zhiqiang² Ma Mingguo³

(1. Southwest University Library, Chongqing 400715; 2. Chengdu Center for Literature and Information of the Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041; 3. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715)

Abstract Bibliometrics can play objective, scientific, justified and effective supplementary roles in scientific evaluation and scientific research management. The contributions of China's geoscience researches to global geoscience researches were quantitatively analyzed based on the WoS and ESI databases. The analysis items include paper numbers, cited times, average number of citations per paper, highly influential papers, highly cited authors, high level journals, and research hotspots. Furthermore, the contributions of the National Natural Science Foundation of China (NSFC) to China's geoscience researches were analyzed. The results indicate that the paper numbers and total cited numbers of the China's geoscience researches has been growing rapidly. But the average number of citations per paper needs to be promoted. The contribution degrees of the China's funding agencies of the geoscience researches were calculated and the result indicated that NSFC generated most of the achievements in geoscience researches. Supported by the

NSFC, China has more cooperation researches with the developed countries such as USA, Europe, Australia, and Japan, which brings some international impacts. According to the papers Supported by the NSFC, the hotpot research directions mainly include Qinghai-Tibetan Plateau, Geochemistry, and South China In the recent 10 years. The papers about remote sensing, climatic change, numerical simulation, geological ages, and South China Sea have grown rapidly, which indicates we have made new progress in quantitative and large scale researches using modern technologies. In additional, the researches on the oceans and atmosphere have been developed. The results indicate that most of the countries or regions have the increasing tendencies with the exponential models. Both of the centroids of paper numbers and cited times mainly move from west to east as a whole. But the cited times in the East have higher increasing speed than the paper numbers. The centroids of the cited times are approximately continuously migrating eastward. It was shown that the centroid method was successfully used to monitor the spatiotemporal dynamics of the paper numbers and cited times.

Key words geosciences; academic influence; temporal and spatial variation; bibliometrics

· 资料信息 ·

细胞自噬在非小细胞肺癌发生发展中的作用研究

在国家自然科学基金(项目批准号:81330058,81772473)等资助下,中山大学中山医学院黎孟枫教授课题组在细胞自噬调控非小细胞肺癌(NSCLC)发生发展的机制研究方面取得重要进展。研究成果以“CK1 α Suppresses Lung Tumour Growth by Stabilizing PTEN and Inducing Autophagy”在 *Nature Cell Biology* 发表(论文链接:<https://www.nature.com/articles/s41556-018-0065-8>)。该期刊同期刊登了西班牙 CIC bioGUNE 生物科学协作研究中心 Ivana Hermanova 和 Arkaitz Carracedo 教授的述评文章“CK1 α promotes tumour suppressive autophagy”,指出“该研究解析了 CK1 α 的抑癌作用,首次揭示了 CK1 α 通过之前未知的 AKT/FOXO3a/Atg7 信号轴介导 PTEN 依赖性的细胞自噬,提示上述信号分子调节细胞的适应性、程序性衰老以及生命周期将是重要的研究方向”。

细胞自噬(Cellular Autophagy)是指细胞内损坏的细胞器、错误折叠的蛋白等被包裹形成囊泡,最终运送至溶酶体降解的生物学过程,是细胞维持自身稳态的重要生理机制。细胞自噬的失调与肿瘤发生关系密切,近年来如何利用细胞自噬的失调机制对肿瘤进行早期诊断和防治,如何使用自噬抑制剂作为肿瘤辅助治疗的手段,以及如何避免自噬抑制剂“误伤”抗癌的促自噬分子备受关注。

黎孟枫教授课题组发现在肺癌中表达缺失的 CK1 α 可以作为内源性自噬诱导因子,通过激活细胞自噬抑制肺上皮细胞恶变和肺癌细胞生长。CK1 α 不依赖其激酶活性,主要通过抑制抑癌蛋白 PTEN 的羧基端尾直接结合,竞争性拮抗泛素化蛋白 NEDD4-1 对 PTEN 的降解和磷酸激酶对 PTEN 磷酸化失活的调控,从而同时上调 PTEN 蛋白总量和磷酸酶活性,有效阻断 AKT 活性,释放抑癌基因 FOXO3a 的转录激活作用。FOXO3a 则可以直接促进新的功能性下游基因 Atg7 的转录表达,而 Atg7 在细胞自噬两条泛素化样连接系统中起至关重要的作用。该研究证实了 CK1 α /PTEN/FOXO3a/Atg7 信号轴在保护肺上皮细胞避免发生恶变转化中的重要作用,并通过肺癌临床标本验证了 CK1 α /PTEN/AKT/FOXO3a/Atg7 信号轴的临床相关性。

(供稿:医学科学部 冯玉宽 石嵘 洪徽)