

全球变化空间观测研究的文献计量分析

赵纪东, 安培浚, 张志强

(中国科学院国家科学图书馆兰州分馆/中国科学院资源环境科学信息中心, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 全球变化研究是国际科学界跨世纪的重大研究主题。随着全球环境问题的日益突出, 全球变化研究日益得到国际科学界和国际社会的高度关注。空间观测是全球变化研究的一种不可或缺的重要方法, 在全球变化研究中发挥着不可替代的重要作用。科技文献能够反映科学研究的发展动态, 利用 Thomson Data Analyzer (TDA) 和 Ucinet 对 SCIE 文献数据库中收录的 1980~2009 年间的全球变化空间观测研究论文进行数据挖掘和分析。结果表明, 该研究涉及多个学科领域, 大量研究始于 1990 年, 气候变化、碳循环、土地利用变化等是该领域的主要研究内容, 遥感、建模等是主要的研究方法, 美国在该研究领域具有很大优势。

关键词: 全球变化; 空间观测; 文献计量; SCIE 数据库

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2010)05-0753-08

1 引言

一系列相互密切联系的物理、化学、生物和社会经济系统构成了地球环境, 这些构成系统发生着大尺度的相互作用。“全球变化”这一术语旨在概述地球环境中与自然和人类引起的变化有关的一系列全球问题及相互作用^[1]。

全球变化研究从 20 世纪 80 年代初开始提出、规划, 并从 20 世纪 80 年代中、后期陆续实施。经过几十年的努力人们逐渐认识到: 人类在改变自己居住环境的过程中所产生的影响不是局部的、区域性的, 而是全球规模的, 它涉及到地球系统各圈层的相互作用^[2-5]。与此同时, 人类目前面临的由全球变化所引起的问题也越来越多, 越来越突出。因此, 全球变化研究受到了当前国际社会的空前关注。

由于全球变化研究对象所涉及的范围十分广阔, 所以空间观测日益成为一种不可替代的、关键的研究方法。空间观测系统为监测和检测全球变化的诸多方面提供了途径, 而且还提供模式校准、验证等, 这进一步发展了研究所需的长时间范围的全球数据集^[1-5]。1991 年, 世界气象组织 (WMO)、政府

间海洋学委员会 (IOC)、联合国环境规划署 (UNEP)、国际科学联合会理事会 (ICSU) 开始共同筹建全球气候观测系统 (GCOS) 以及全球海洋观测系统 (GOOS)^[6-7]。1996 年, UNEP、联合国教科文组织 (UNESCO)、联合国粮农组织 (FAO)、WMO 和 ICSU 开始筹建全球陆地观测系统 (GTOS)^[8]。2003 年 7 月, 首届地球观测部长峰会在华盛顿召开, 此次会议成立了政府间地球观测工作组 (GEO), 全球对地观测系统 (GEOSS) 的建设由此拉开序幕^[9]。

全球变化研究从开始提出至今已有 30 a, 空间观测在其中发挥了很大作用, 同时研究者也发表了大量相关论文。美国科学信息研究所 (ISI) 的科学引文索引扩展版 (SCIE) 数据库收录了世界各学科领域内最优秀的科技期刊, 其收录的论文能够在一定程度上反映科学前沿的发展动态^[10]。文献计量学是借助文献的各种特征的数量, 采用数学与统计学方法来描述、评价和预测科学技术的现状与发展趋势的图书情报学分支学科^[11]。因此, 在 SCIE 数据库中检索关于空间监测全球变化的论文, 采用文献计量学方法对其进行分析, 能够掌握全球变化空间观测的国际研究态势, 把握其发展状况。

收稿日期: 2010-05-17; 修订日期: 2010-09-16

基金项目: 国家 973 计划项目“空间观测全球变化敏感因子的机理与方法”(2009CB723900); 中国科学院知识创新工程重要方向项目“资源与海洋、生态与环境创新基地战略研究与科学评价”(KZCX2-YW-501) 资助。

作者简介: 赵纪东(1981-), 男, 助研, 主要从事地球科学技术战略研究工作。E-mail: zhaojd@llas.ac.cn。

2 数据来源和分析工具

在 SCIE(<http://apps.isiknowledge.com>)文献数据库中,以(remote sensing or satellit* or Earth Observ* or Land* observ* or atmospher* observ* or ocean* observ* or global* observ* or GEOSS) and(global* chang* or environment* chang* or climat* chang*)为主题词,检索 1980~2009 年间 article/review 类型的文章,得到关于全球变化空间观测研究的论文共 24 825 篇(数据采集时间 2009 年 11 月 25 日)。利用 Thomson Reuters 的 Thomson Data Analyzer(TDA)进行文献数据挖掘和分析,以复杂网

络研究工具 Ucinet 进行可视化分析。

3 全球变化空间观测研究的总体情况

全球变化空间观测研究领域 1980~2009 年间论文数量变化如图 1 所示(由于数据库的滞后性,2009 年的数据不完整,仅供参考,下同),从中可见,该领域的研究基本上分为两个阶段:第一阶段是 1980~1989 年,这 10 a 间的论文发表量非常低;第二阶段是 1990~2009 年,这一阶段论文数量总体上呈平稳增长态势,1990 年的发文量为 22 篇,2008 年则达到了 2 130 篇,其相对 1990 年增加了 96 倍之多。

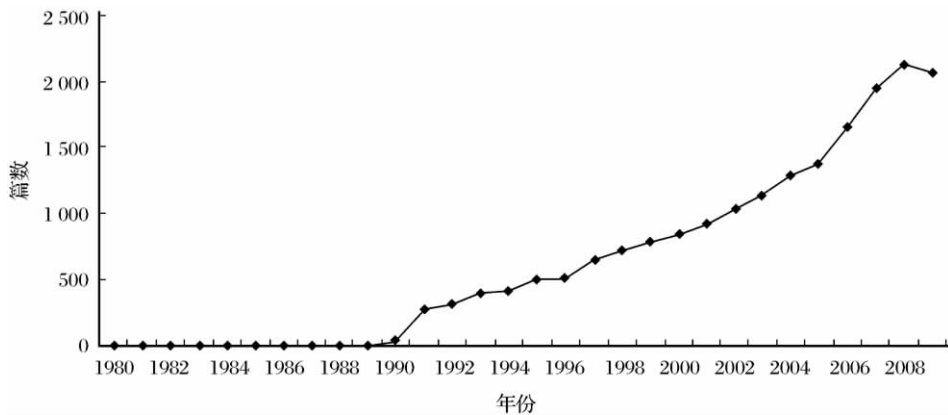


图 1 全球变化空间观测研究论文数量的年度变化

Fig. 1 Number of papers for space observations of global change research by year

此外,从论文数量的年均增长率来看,整个 1980~2009 年间的平均值为 64.66%,而 1990~2009 年则达到了 99.50%,远超出了平均水平,这从另一侧面说明全球变化空间观测的大部分研究集中于 1990~2009 年这一时段。

从文章的被引情况来看(图 2),1980~1989 年

间所发表论文(154 次)的总被引频次低于 1990~2009 年(420 341 次),但是,1988 年存在篇均被引次数大于 60 的论文。同时,1990~2009 年间论文的篇均被引次数的整体平均水平(22 次/篇)也相对高于 1980~1989 年(19 次/篇),而 1996 年也存在篇均被引次数大于 60 的论文。

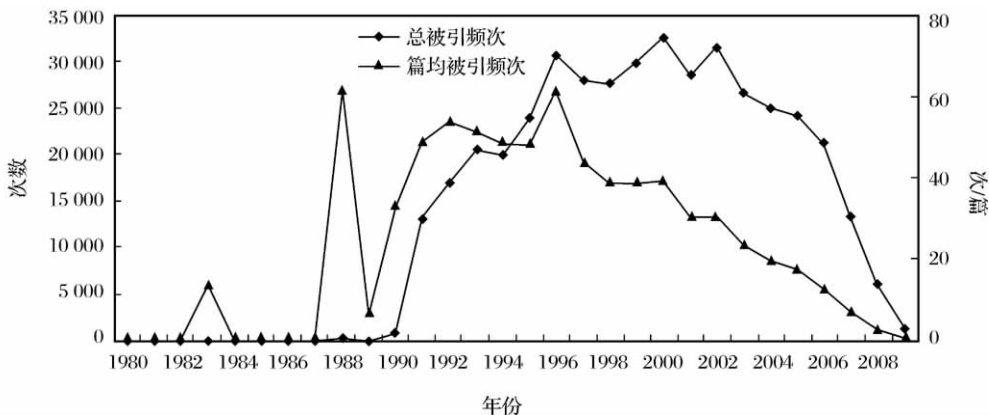


图 2 全球变化空间观测研究论文总被引频次和篇均被引频次的年度变化

Fig. 2 Total cited times and cited times per paper for space observations of global change research by year

全球变化空间观测研究的科技论文所涉及的学科领域主要包括气象学和大气科学、多学科地球科学、环境科学、生态学、海洋学、地球化学与地球物理学、遥感学、自然地理学、成像科学与摄影技术等。这些文章大多数发表在《Journal of Geophysical Research-Atmospheres》、《Journal of Climate》、《Geophysical Research Letters》、《Journal of Geophysical Research-Oceans》、《Climate Dynamics》、《Remote Sensing of Environment》、《Global Change Biology》、《International Journal of Remote Sensing》等期刊上。

4 全球变化空间观测研究的主要国家和重要机构

4.1 主要国家

1980~2009 年全球变化空间观测研究领域发文量排名前 10 位的国家依次是:美国、英国、德国、法国、加拿大、中国、澳大利亚、日本、意大利、西班牙。这 10 个国家的论文数总和占该领域论文总数

的 78.18%，这在很大程度上反映出了该领域的主要研究力量。从各国的论文产出数量来看,美国的论文总量占该领域论文总量的 34.18%，说明美国在该研究领域具有较强的研究实力。与此同时,只有美国和英国的发文量超过 2 000 篇,而其余各国的论文数量则都低于 2 000 篇。

从 1980~2009 年间论文数量的年均增长率来看,美国远高于其它几个国家,已接近 80%(图 3),而其余 9 个国家均低于 40%。发文量排位前 5 的国家中,除美国之外的其余 4 国(英国、德国、法国、加拿大)的论文数年均增长率均在 20%~40%之间;发文量排位 6~10 的国家中,只有日本的论文数年均增长率高于 20%,达到 24.95%,其余 4 个国家均低于 20%。

从图 4 可以看出,主要国家在全球变化空间观测研究领域的论文总被引频次与其论文数量存在一定程度上的正相关(中国除外),即论文数越大,总被引频次也相对越高。发文量排名前 5 位的国家美国、英国、德国、法国、加拿大的论文篇均被引频次也与其论文数量存在正相关,即论文数越大,篇均被引

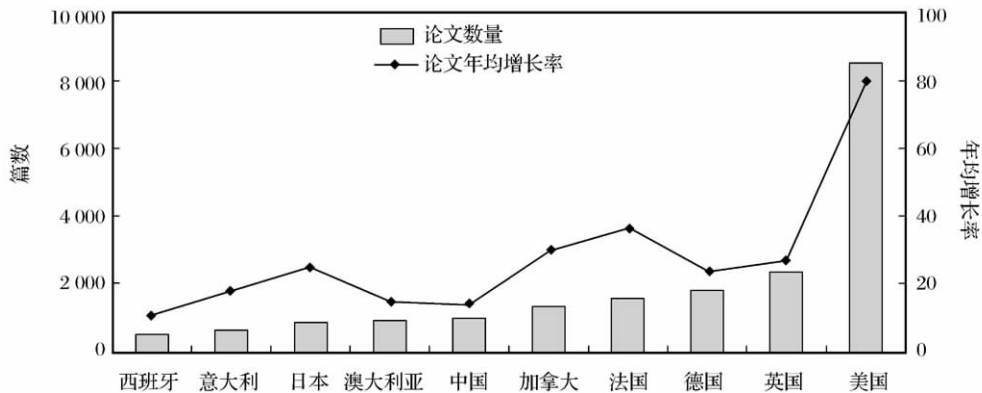


图 3 主要国家全球变化空间观测研究的论文数量及年均增长率

Fig. 3 The number and annual growth rate of papers for top 10 countries on space observations of global change research

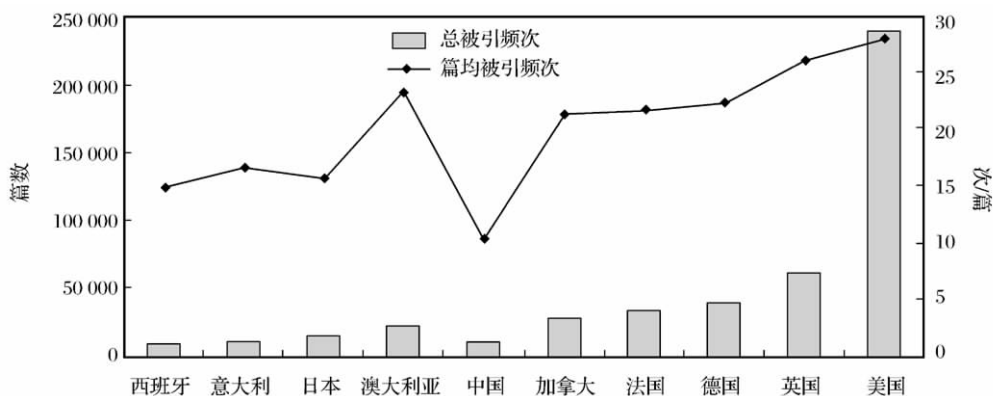


图 4 主要国家全球变化空间观测研究论文的被引情况

Fig. 4 The cited times of papers for top 10 countries on space observations of global change research

次数越高。中国的论文数量位居第 6 位,总被引频次排名第 8,篇均被引排名第 10,这说明中国在该领域的研究还有更大的提升空间。

4.2 重要机构

1980~2009 年全球变化空间观测领域发文较多的机构(基于所有作者机构,下同)依次为:美国国家航空航天局(NASA)、美国国家海洋与大气管理局(NOAA)、中国科学院(Chinese Academy of Science)、美国国家大气研究中心(NCAR)、美国科罗拉多大学(University of Colorado)、德国马普学会(Max Planck)、美国加州理工学院(CALTECH)、美国华盛顿大学(UWS)、美国马里兰大学(University of MAR-

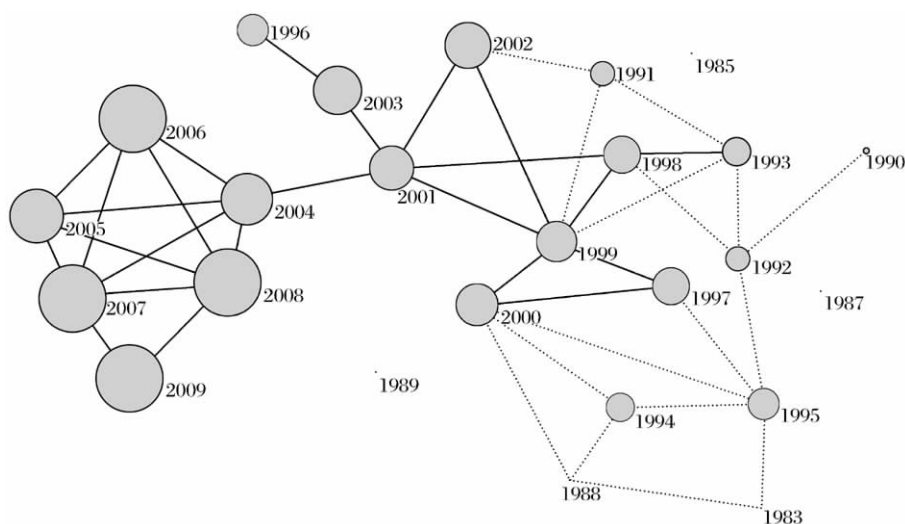
YLAND)、美国哥伦比亚大学(COLUMBIA University)。这些机构中有 8 个来自美国,1 个来自中国,1 个来自德国,其中,来自美国的 8 个机构的论文总数占到这 10 个机构论文总数的 80%。

这 10 个机构中,除中国外的其它 9 个机构的论文篇均被引次数均在 20~80 次/篇之间(图 5),其中,美国国家大气研究中心的篇均被引次数最高,达 63.20 次/篇,来自德国的马普学会为 43.06 次/篇,处于中等水平。中国科学院的发文量虽然位居第 3,但其篇均被引次数却只有 15.46 次/篇,位居最后一位,这在一定程度上说明其和其它机构在该领域的研究上还有很大差距。

表 1 全球变化空间观测研究发文量前 10 位机构及其论文被引情况

Table 1 The number and cited times of papers for top 10 institutions on space observations of global change research

机构	论文数	总被引次数	篇均被引次数
美国国家航空航天局	788	34 861	44.24
美国国家海洋与大气管理局	522	22 125	42.39
中国科学院	444	6 863	15.46
美国国家大气研究中心	405	25 597	63.20
美国科罗拉多大学	356	14 740	41.40
德国马普学会	337	14 510	43.06
美国加州理工学院	297	10 285	34.63
美国华盛顿大学	272	13 647	50.17
美国马里兰大学	266	9 523	35.80
美国哥伦比亚大学	246	14 052	57.12



图中点的大小代表论文数量的多少,点与点之间的连线代表关联关系的强弱,连线越粗说明关联越强,反之越弱,实线比虚线代表的关联强度大,下同。

图 5 基于研究热点的年份关联可视化图

Fig. 5 The correlation map of published years of papers based on research hotspots

5 全球变化空间观测研究的热点分析

5.1 研究热点年度变化分析

基于著者关键词的词频统计发现全球变化空间观测研究主要集中于气候变化、建模、遥感、碳循环、全球变化、植被、土地利用变化、森林、降雨、温度等方面。以这些研究热点为基础,利用 TDA 分析得出 1980~2009 年各年份的关联矩阵,将此矩阵导入 Ucinet,得到基于研究热点的年份关联可视化图(图 5)。基于此图,我们可以将整个 1980~2009 年全球变化空间观测领域的研究大致分为 4 个阶段:

(1) 1980~1989 年,该时段内论文数量很少(1980~1982、1984、1986 年均没有相关论文产出),各年份的研究主题之间以及它们与其它各年份研究主题的关联强度很低(虚线),甚至没有关联关系(图中的孤立点,如 1985、1987、1989 年)。

(2) 1990~1995 年,该时段内论文数量明显有

所增加,各年份研究主题之间以及与其它年份研究主题的关联强度显著提高(虚线、有较弱的交互式关联)。

(3) 1996~2003 年,该时段内论文数量的提高非常显著,各年份研究主题之间的关联强度较强(实线、有较弱的交互式关联)。

(4) 2004~2009 年,该时间段内论文数量最大,各年份研究主题相互之间的关联强度非常高(实线、高强度的交互式关联)。

表 2 以由高到低的词频顺序列出了 1980~2009 年间全球变化空间观测研究领域各时间段最受关注的研究主题词和新出现的主题词,其中,气候变化、建模、遥感、碳循环等一直是 1990~1995 年、1996~2003 年、2004~2009 年这 3 个时段的研究热点。1980~1989 年的研究论文尽管只有 8 篇,但遥感、地表、观测、气候变化等这些后来关注的研究主题已经出现。

表 2 1980~2009 年全球变化空间观测领域研究热点

Table 2 Research hotspots on space observations of global change research from 1980 to 2009

时间段	最受关注的主题词	新出现的主题词
1980~1989		臭氧;遥感;地表;观测;气候变化
1990~1995	气候变化;建模;遥感;碳循环	空气污染;入侵物种;蒸发;土壤湿度;生物多样性;格陵兰;种群变化
1996~2003	气候变化;建模;遥感;碳循环;全球变化;植被;降雨;大气;温度;土地利用变化;同位素;森林;氮;气溶胶;土壤	荒漠化;富营养化;气孔导度;水平衡;海冰;呼吸作用;农业;火;径流;蒸发;极地;年际变率
2004~2009	气候变化;建模;遥感;碳循环;植被;全球变化;土地利用变化;森林;降雨;温度;同位素;大气;河流;厄尔尼诺与南方涛动;氮	磷;灰尘;分解;上升流;雪;一氧化二氮;净初级生产力;地球化学;数据同化;太阳活动;风化;水分胁迫

注:表中的“全球变化”是指除“气候变化”和“土地利用变化”以外的其它全球变化研究,下同

此外,1990~1995 年出现了空气污染、入侵物种、蒸发、土壤湿度、生物多样性等研究主题词,1996~2003 年出现了荒漠化、富营养化、气孔导度、水平衡、海冰等研究主题词,2004~2009 年出现了磷、净初级生产力、一氧化二氮、数据同化、太阳活动等研究主题词,这些研究主题词的出现说明全球变化空间观测研究所涉及的内容在不断拓展,研究所涉及的全球变化敏感因子也在不断丰富。

5.2 研究热点的关联分析

利用 TDA 对 1980~2009 年该研究领域的主题词进行分析,得出研究热点的关联矩阵,然后将此矩阵导入 Ucinet 进行可视化分析,得到研究热点关联图(图 6)。从图中可以看出,气候变化和建模、降雨、厄尔尼诺与南方涛动现象、温度、碳循环、全球变

化之间的关联度很强,此外,降雨和厄尔尼诺与南方涛动现象、温度、碳循环、同位素、建模、全球变化之间也存在很强的关联关系,这些关联在整体上反映了全球变化空间观测领域的主要研究内容。

与此同时,土地利用变化与遥感、森林之间存在很强的关联关系,与植被、碳循环、建模之间的关联度也较强,此外,遥感与植被、森林,碳循环与森林之间也存在很强或较强的关联关系,这些诸多关联反映了全球变化空间观测领域的另一重要研究内容。

从图 6 中还可以看出,有关气候变化、建模、遥感、碳循环的论文数量远高于其它主题词,结合上述分析可以发现,气候变化、碳循环、全球变化、以及土地利用变化等是全球变化空间观测领域的主要研究内容,而遥感和建模等则是进行研究的两种主要方法。

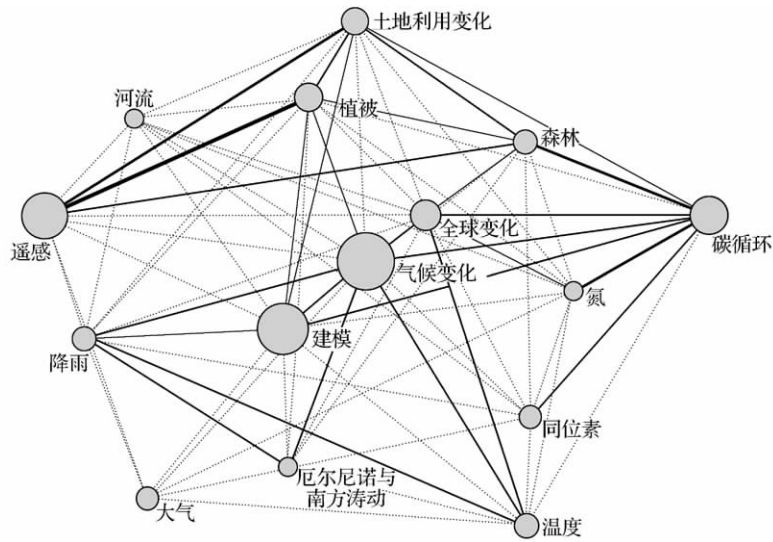


图 6 全球变化空间观测研究热点关联可视化图

Fig. 6 The correlation map of research hotspots on space observations of global change research

6 全球变化空间观测研究的合作情况

基于共现分析法,利用 TDA 得出该领域主要研究国家在整个 1980~2009 年间的共现矩阵,然后借助 Ucinet 对该矩阵进行可视化,得到图 7。从中

可以看出,美国与各个国家均具有很高的合作强度,他们之间的合作可以大致分为 3 个层次,与美国合作关系非常强的是英国和德国(实线,很粗),很强的是法国、加拿大、中国、澳大利亚、日本、意大利(实线,中等粗细),相对较强的是西班牙(实线,较细)。

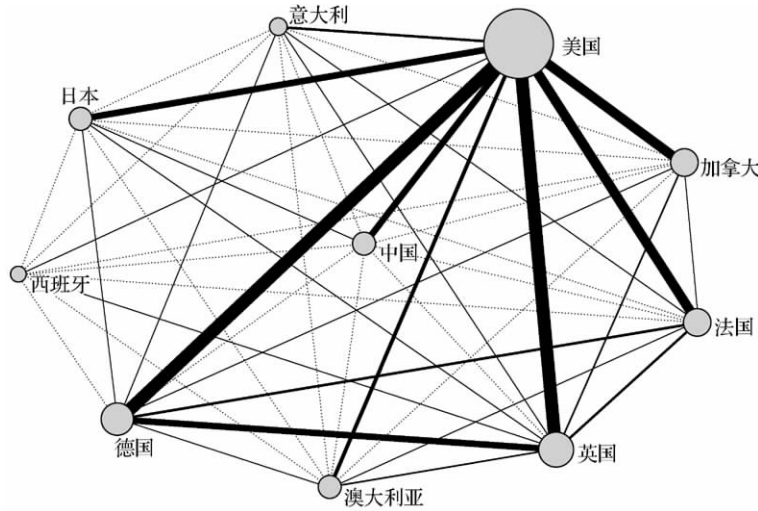


图 7 主要国家研究合作情况

Fig. 7 Cooperation network of top 10 countries

此外,德国、法国、英国之间也存在很强的合作关系。中国除分别与美国、日本具有很强或较强的合作外,与其它各国的合作关系均较弱。

同样,基于共现分析法,利用 TDA 得出该领域主要研究机构在整个 1980~2009 年期间的共现矩阵,然后借助 Ucinet 对该矩阵进行可视化,得到图 8。总体来看,来自美国的 8 个机构间的合作很强:①合作非常强(实线,很粗),如美国国家航空航天局和美国

国家海洋与大气管理局、马里兰大学、哥伦比亚大学等;②合作很强(实线,中等粗细),如美国国家航空航天局与美国国家大气研究中心、科罗拉多大学等;③合作较强(实线,较细),如哥伦比亚大学和美国国家大气研究中心、美国国家海洋与大气管理局等。

此外,德国马普学会和美国国家航空航天局、美国国家大气研究中心、美国国家海洋与大气管理局之间也具有很高的合作强度,同时,马普学会还与马

里兰大学、哥伦比亚大学也有较强的合作关系。中国科学院和马里兰大学、美国国家航空航天局也都

具有较强的合作关系,但与其它机构相比而言,中国科学院与其它机构的合作还是比较弱的。

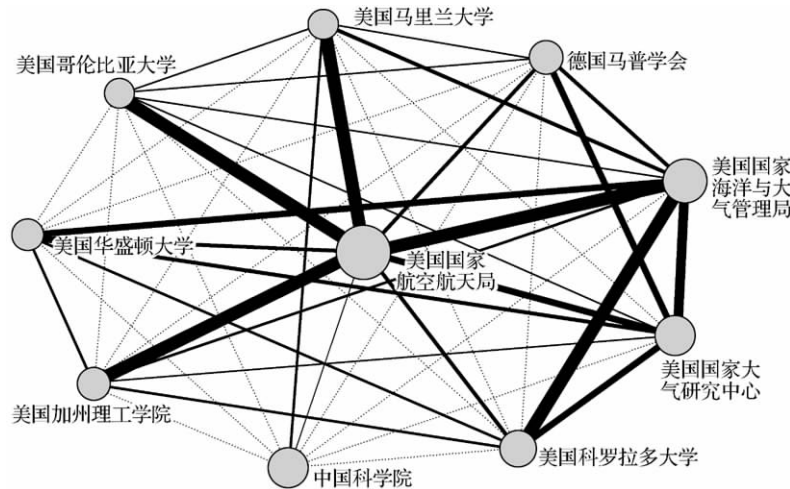


图8 主要机构研究合作情况

Fig. 8 Cooperation network of top 10 institutions

7 结 语

对 SCIE 数据库所收录的全球变化空间观测研究论文进行数据挖掘和分析,发现 1980~2009 年文献变化反映出如下态势:

(1) 从整个时间尺度来看,全球变化空间观测的大量研究始于 1990 年,绝大部分论文集中于 1990~2009 年这一时段。虽然 1980~1989 年间该领域的研究论文相对较少(不到 10 篇),但是 1988 年存在高被引论文(篇均被引大于 60)。

(2) 相关论文以气象学与大气科学、多学科地球科学、生态学、环境科学、海洋学等学科领域为主,较多发表在荷兰、英国和美国等出版的期刊上。

(3) 美国、英国、德国、法国、加拿大、中国、澳大利亚、日本、意大利、西班牙等国家开展了较多的全球变化空间观测研究。美国的论文数量及论文年均增长率均远高于其它几个国家,中国虽然在论文数量上占据一定优势,但论文的被引情况并不乐观。

(4) 该领域 top 10 研究机构中有 8 个来自美国,如美国国家航空航天局、美国国家海洋与大气管理局、美国国家大气研究中心、科罗拉多大学、加州理工学院、华盛顿大学、马里兰大学、哥伦比亚大学,其余两个机构分别是中国科学院和德国马普学会。

(5) 气候变化、碳循环、全球变化、土地利用变化等是该领域的主要研究内容,而遥感、建模等则是进行研究的主要方法。

(6) 基于研究热点的关联,可以将研究的主要

时段(1990~2009)细分为 1990~1995 年、1996~2003 年、2004~2009 年这 3 个时段,这 3 个时段内依次分别有不同的新的研究主题词出现,大大丰富并深化了全球变化空间观测研究。

(7) 从研究合作的角度来看,美国与各主要国家间均具有很强的合作关系,美国的 8 个机构之间以及它们与其它主要机构间也具有很高的合作强度,这表明美国在该领域的研究上具有很大优势。

参考文献:

- [1] Zhang Zhiqiang. Overview of the Progress in International Global Change Research[J]. *Earth Science Frontiers*, 1997, 4: 255-262. [张志强. 国际科学界跨世纪的重大研究主题——国际全球变化研究实施十年进展与现状[J]. *地学前缘*, 1997, 4: 255-262.]
- [2] An Zhisheng, Fu Congbin. The Progress in Global Change Science[J]. *Advances in Earth Science*, 2001, 16(5): 671-680. [安芷生, 符淙斌. 全球变化科学的进展[J]. *地球科学进展*, 2001, 16(5): 671-680.]
- [3] Zhang Zhiqiang, Sun Chengquan. A Decade Progress in International Global Change Research[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(5): 464-477. [张志强, 孙成权. 国际全球变化研究十年新进展[J]. *科学通报*, 1999, 44(5): 464-477.]
- [4] Ge Quansheng, Wang Fang, Chen Panqin, et al. Review on Global Change Research[J]. *Advances in Earth Science*, 2007, 22(4): 417-427. [葛全胜, 王芳, 陈泮勤, 等. 全球变化研究进展和趋势[J]. *地球科学进展*, 2007, 22(4): 417-427.]
- [5] Fu Congbin, Hu Dunxin, An Zhisheng, et al. Global Change Research and Earth System Science. See also: Strategic Study

- Group on Earth Science Development, Chinese Academy of Sciences. Strategic Report: China's Earth Science Development for 21st Century[M]. Beijing: Science Press, 2009: 249-255. [符淙斌, 胡敦欣, 安芷生, 等. 全球变化研究与地球系统科学. 见: 中国科学院地学部地球科学发展战略研究组. 21 世纪中国地球科学发展战略报告[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 249-255.]
- [6] GCOS-Global Climate Observing System. GCOS Background [EB/OL]. 2009. <http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/index.php?name=Background>.
- [7] GOOS-Global Ocean Observing System. What Is GOOS? [EB/OL]. 2010. <http://www.ioc-goos.org/content/view/12/26/>.
- [8] GTOS-Global Terrestrial Observing System. GTOS Resources [EB/OL]. 2002. <http://www.fao.org/gtos/res.html>.
- [9] GEOSS-Global Earth Observation System of Systems. About GEO [EB/OL]. 2009. http://www.earthobservations.org/about_geo.shtml.
- [10] Zhang Zhiqiang, Wang Xuemei. Bibliometrical Analysis of Competitive Situation of International Global Change Research [J]. *Advances in Earth Science*, 2007, 22(7): 760-765. [张志强, 王雪梅. 国际全球变化研究发展态势文献计量评价[J]. *地球科学进展*, 2007, 22(7): 760-765.]
- [11] Pang Jing'an. *Scientometrics Methodology* [M]. Beijing: Scientific and Technological Literature Publishing House, 2002: 123-125. [庞景安. *科学计量研究方法论* [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2002: 123-125.]

Bibliometrical Analysis for Space Observations of Global Change Research

ZHAO Ji-dong, AN Pei-jun, ZHANG Zhi-qiang

(The Lanzhou Branch of National Science Library/The Scientific Information Centre for Resources and Environment, Chinese Academy of Science, Lanzhou 73000, China)

Abstract: Global change research is a cross-century research theme organized by the international scientific and technological circles. It is now getting more and more attentions while the global environment problems become prominent day by day. Space observations is an indispensable and important method for global change research, it plays an important role in the research process. The tendency of scientific research could be reflected by bibliometrical analysis. Thomson Data Analyzer and Ucinet were used to do data mining and analysis of papers about space observations of global change research from SCIE database in this paper. The results indicate that space observations of global change research involved many interrelated fields, many researches were started from 1990, climate change, carbon cycle, land use change etc are the major research contents, remote sensing, modeling etc are the major research methods, The United States has a great advantage in this field.

Key words: Global change; Space observations; Bibliometrical analysis; SCIE database