

基于文献计量的天然气水合物 研究方向趋势分析

李桂菊^{1,2}, 张 军^{1,2}, 庄新国³, 刘 平⁴

(1. 中国科学院 武汉文献情报中心, 湖北 武汉 430071; 2. 中国科学院国家科学图书馆武汉分馆, 湖北 武汉 430071;
3. 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074; 4. 中海石油有限公司湛江分公司, 广东 湛江 524057)

摘 要: 基于 SCIE 网络数据库构建数据集, 通过文献计量方法, 定量分析了近 20 年全球天然气水合物研究状况, 重点介绍了主要国家和主要研究机构研究方向和发展态势。分析显示美国在天然气水合物研究领域具有明显的优势, 其次是日本、中国等。这些主要研究国家的关注重点集中于地质、地球物理、地球化学等方面。各国主要的国立科研机构中, 美国能源部侧重于数字建模和天然气水合物赋存条件等研究, 俄罗斯科学院侧重于高压水合物及水合物结构和相平衡, 中国科学院侧重于地球物理特征及动力学研究等, 这些研究为最终大规模开采并造福人类奠定了基础。

关键词: 文献计量; 天然气水合物; 发展; 趋势

中图分类号: F407.22 文献标识码: A 文章编号: 1673-2464 (2011) 03-0128-05

RESEARCH ADVANCE OF NATURAL GAS HYDRATES BASED ON QUANTITATIVE REFERENCES

LI Gui-ju^{1,2}, ZHANG Jun^{1,2}, ZHUANG Xin-guo³, LIU Ping⁴

(1. Wuhan Documentation and Information Center, CAS, Wuhan 430071, China;
2. Wuhan Branch of National Science Library, CAS, Wuhan 430071, China;
3. School of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
4. Zhanjiang Branch, CNOOC, Zhanjiang 524057, China)

Abstract: This paper, based on SCIE database and quantitative references, analyzes quantitatively the research advances on natural gas hydrates globally in recent decades with a focus on major nations and major research units. The results show that the USA hosts outstanding advantages, followed by Japan and China. Their major domains are concentrated on geology, geophysics and geochemistry. In their nation-sponsored research units, the America's Ministry of Energy pays attention on digital simulation and occurrence conditions of natural gas hydrates, the Russia's Academy of Science on high-pressure hydrates and their structure and facies balance, CAS on geophysics and dynamics, which benefit human being for scale mining.

Key words: quantitative reference; natural gas hydrate; development; advance

1 引言

天然气水合物作为一种新型的潜在能源, 其能

量含量约为其他所有烃类资源的两倍还要多^[1]。目前, 粗略估计全球天然气水合物的资源量超过 15×10^{12} t, 如果开发其中的 17% ~ 20%, 就能够满足人类 200 年的能源供应^[2]。因此, 天然气水合物对

收稿日期: 2010-06-01; 修订日期: 2011-04-29; 责任编辑: 刘英姿。

第一作者简介: 李桂菊(1979—), 女, 硕士、助理研究员, 主要从事能源科技战略情报研究。

E-mail: ligj@mail.whlib.ac.cn

于解决人类所面临的能源危机有着举足轻重的作用。自20世纪80年代末开始,世界各国开始对天然气水合物展开了全方位的研究,尤其是从21世纪初开始,对天然气水合物的研究达到一个高潮,随之也出现了大量的科研成果。本文借鉴已有的基于文献计量方法的学科领域发展态势研究成果^[3-8],对科学引文索引数据库近20年来所收录的全球天然气水合物研究文献进行统计分析,并就此主要国家及其主要科研机构的研究状况进行比较分析总结。

2 全球天然气水合物研究 SCI 文献计量分析

2.1 数据来源和分析工具

本文分析的数据来源于 ISI Web of Science 的《科学引文索引扩展版》(Science Citation Index Expanded, SCI-EXPANDED),以(“gas hydrate*”) OR(“methane hydrate*”) OR(“hydrate*” AND “clathrat*”) OR(“BSR” AND “hydrate*”) OR(“bottom simulating reflect*” AND “hydrate*”) 为主题检索,得到1990—2010年全球关于天然气水合物的研究论文共4 195篇(数据采集时间为2010年7月13日),据此构建文献计量分析数据集。利用美国 Thomson 公司开发的 Thomson Data Analyzer (TDA) 分析工具进行文献数据挖掘与分析。

2.2 总体情况分析

2.2.1 论文数量年度变化情况

1990—2010年全球天然气水合物研究论文数量随年度变化统计表明(图1)(由于入库时滞,近两年数据仅作参考,下同):过去20年,天然气水合物研究基本分为两个阶段:第一阶段是1990—1999年,这10年期间的论文数量增长相对缓慢;第二阶段是2000—2009年,论文数量增长较快,到2009年已经增长到411篇,是1990年发文量的近10倍,反映出自2000年以后天然气水合物研究受到越来越多的重视。

2.2.2 研究主题整体分析

根据 ISI 数据库对期刊的学科分类,对1990—2010年全球天然气水合物研究论文的主要研究领域进行了分析,其主题领域主要集中在:化学与物理、地球科学与多学科交叉、工程与化学、地球化学与地球物理、化学与多学科交叉、海洋学、物理、原子、分子与化学、能源与燃料、多学科交叉学和热力学等。

根据论文的关键词(基于著者关键词)词频分析,1990—2010年全球天然气水合物研究领域的研究集中于:天然气水合物、甲烷、相平衡、似海底反射层、二氧化碳、墨西哥湾、模型、热流、天然气、动力学、拉曼光谱、碳同位素、泥火山、流体流动等(表1)。

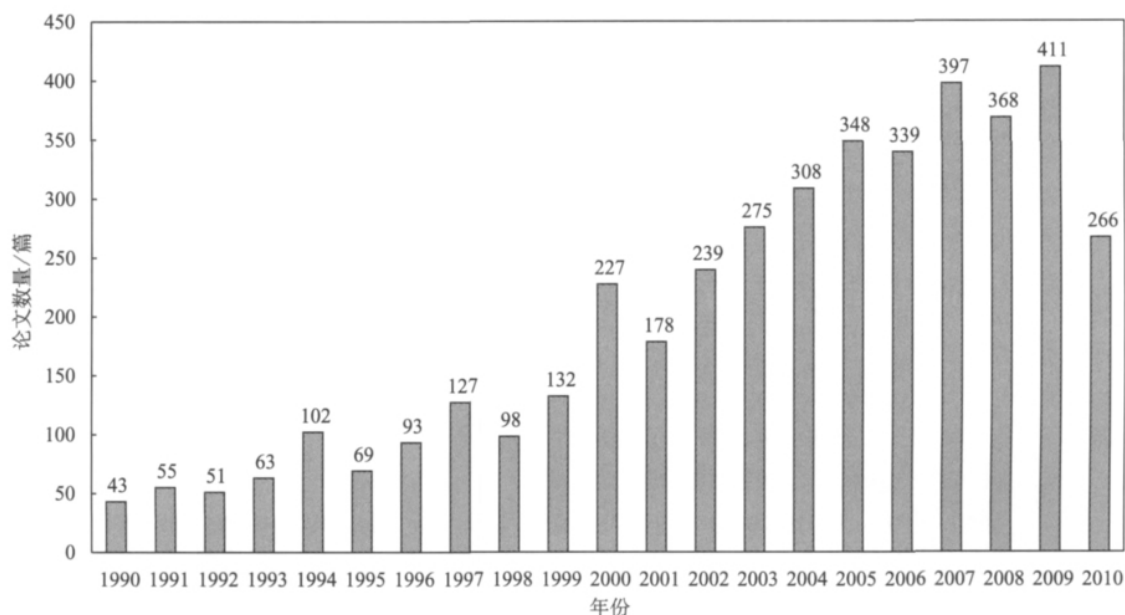


图1 1990—2010年全球天然气水合物研究论文年度增长情况

表 1 天然气水合物研究论文主要主题词频统计

序号	主题词	频次
1	天然气水合物	1250
2	甲烷	218
3	相平衡	97
4	似海底反射	96
5	二氧化碳	68
6	墨西哥湾	62
7	模型	56
8	热流	56
9	天然气	50
10	动力学	47
11	拉曼光谱	47
12	碳同位素	44
13	泥火山	43
14	流体流动	41
15	水	39
16	冷泉	38

2.2.3 主要期刊分析

1990—2010 年全球天然气水合物论文数量排名前 10 位的期刊主要是地质科学、地球物理、地球化学、化学工程、化学物理等研究领域（表 2）。

表 2 1991—2010 年 SCIE 收录出版物排名

排名	来源出版物	论文数量（篇）
1	The Journal of Physical Chemistry B	153
2	Journal of Chemical Physics	123
3	Marine Geology	116
4	Fluid Phase Equilibria	113
5	Chemical Engineering Science	109
6	Annals of the New York Academy of Sciences	107
7	Earth and Planetary Science Letters	95
8	JGR-Solid Earth	86
9	Geophysical Research Letters	78
10	Marine and Petroleum Geology	77

2.3 主要国家与机构研究情况分析

2.3.1 主要国家分析

1) 主要国家论文数量对比。

1990—2010 年全球天然气水合物研究领域发文量排名前 10 位国家的论文总数占该领域论文总数的 75%（图 2）。美国在论文产出方面占绝对的优势，其论文占论文总数的 24%，反映出美国在该研究领域具有较强的实力。中国位居第三，1990—2010 年期间的发文量为 291 篇。

上述 10 个国家的论文数量随时间变化趋势显

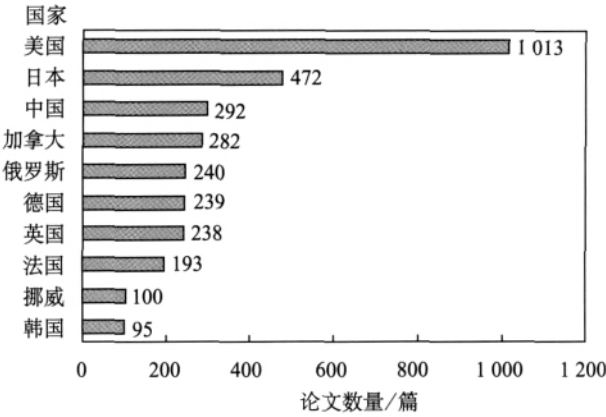


图 2 1990—2010 年全球天然气水合物研究论文主要国家分布情况

示（图 3）：美国在 1990—1997 年论文数量增长较慢，从 1997 年开始一直保持较高的增长水平；日本的论文数量大致分为两个阶段：第一阶段是 1990—1999 年论文数量逐渐增加，2000 年增长最快，之后至 2009 年期间论文数量变化不大；值得关注的是，韩国近几年来年的发展较为明显；中国自 2000 年以来论文数量增长最为明显，这大致可以反映出，自 20 世纪末我国在南海海域开展资源调查以及在国家“863”、“973”等重大项目中开展一些理论性研究之后，国内在这方面也产出很多研究成果。

2) 主要国家研究主题对比。

从主要国家最关注的前 10 个主题词（由高到低的词频顺序）来看（表 3），美国的研究主题为碳循环、碳同位素及相平衡等，主要研究区为墨西哥湾；日本的研究主题为相平衡、拉曼光谱等，主要研究区为南海海槽；中国的研究主题为似海底反射层、分子动力学等，主要研究区为中国南海；唯有英国比较关注与天然气水合物有关的地质事件；其他研究区还包括俄罗斯贝加尔湖、挪威 Soregga 滑坡、德国 Hikurangi 俯冲带等。

2.3.2 主要机构研究情况分析

1) 主要机构论文数量对比。

1990—2010 年全球天然气水合物研究领域发文量排名前 10 位的机构（基于第一作者，下同）依次是俄罗斯科学院、美国能源部（包括下属研究机构以及国家实验室）、中国科学院、美国科罗拉多矿业大学、日本产业技术综合研究所、美国地质调查局、加拿大国家研究理事会、日本大阪大学、韩

表 3 主要国家最关注的天然气水合物研究主题词

国家	最受关注的关键词
美国	天然气水化合物; 甲烷; 墨西哥湾; 碳循环; 碳同位素; 相平衡; 模型; 气候变化; 孔隙水; 碳氢化合物
日本	天然气水化合物; 相平衡; 拉曼光谱; 甲烷; 稳定性; 气体; 南海海槽; 溶液; CO ₂ 水合物; 固-流相平衡
中国	天然气水化合物; 中国南海; 甲烷; 似海底反射层; 分解; 分子动力学; 多孔介质; 形成; 动力学; 相平衡
加拿大	天然气水化合物; 甲烷; 动力学; 二氧化碳; 结晶作用; 电极反应; 溶解度; 相平衡; 笼形包合物; 主-客系统
俄罗斯	天然气水合物; 相平衡; 高压; 贝加尔湖; 甲烷; 结构; 泥火山; 似海底反射; 热流; 水
德国	甲烷; 冷泉; 泥火山; 水合物脊; 似海底反射; 黑海; 热流; Hikurangi 俯冲带; 碳酸盐
英国	天然气水合物; 气候变化; 似海底反射; 碳同位素; 大洋缺氧事件; 大灭绝; 白垩纪; 甲烷; 流体流动; 古新世-始新世最高热值
法国	天然气水合物; 甲烷; 二氧化碳; 太阳系; 形成; 大气; 太阳星云; 泥火山; 冷泉; 结晶; 碳酸盐
挪威	天然气水合物; 二氧化碳; 凹坑; Storegga 滑坡; 甲烷; 动力学; 流体流动; 动力学抑制剂; 水; 分子动力学
韩国	天然气水合物; 甲烷; 二氧化碳; 相平衡; 似海底反射; 氮气; 天然气; 拉曼光谱; 动力学; 氢气

国先进科技研究院、日本庆应义塾大学（图 4）。美国、日本、俄罗斯、中国等国国立科研机构在论

文数量上具有优势。

根据上述 10 个机构的论文篇均被引频次情况（图 5）：美国各机构的论文篇均被引频次较高，在 14.29 ~ 27.10 次/篇；加拿大研究理事会的论文篇均被引频次 19.31 次/（篇）；日本机构论文的篇均被引频次在 7.53 ~ 12.22 次/（篇）之间；俄罗斯科学院的论文篇均被引频次均为 4.75 次/（篇）；中国科学院的发文量虽然位居第三，但其论文篇均被引频次仅为 5.01 次/（篇）。论文篇均被引情况除在一定程度上能反映论文内容本身的创新水平外，还跟其他因素有关，包括科技期刊被录用较少，作者自引和刊物自引等等^[9]。

2) 主要机构研究主题对比。

从前 10 位机构所关注的研究主题可以得出（表 4），这些机构的主要研究方向是与天然气水合物有关的地质与地球物理特征（如似海底反射（BSR）、泥火山、冷泉、碳酸盐岩等）、地球化学特征（水合物结构、相平衡、碳同位素、水合作用、分解等）等；开展研究所采用的主要方法包括拉曼光谱、核磁共振分析（NMR）、电子自旋共振（ESR）测年以及建模等。

俄罗斯科学院天然气水合物研究方向侧重于高压水合物以及水合物的结构和相平衡。俄罗斯科学院开展天然气水合物研究的机构主要是西伯利亚分院的无机化学所和地球低温层研究所，无机化学所的主要研究领域包括：笼形水合物分子动力学、高压水合物、笼形水合物的结构和基本性质；地球低

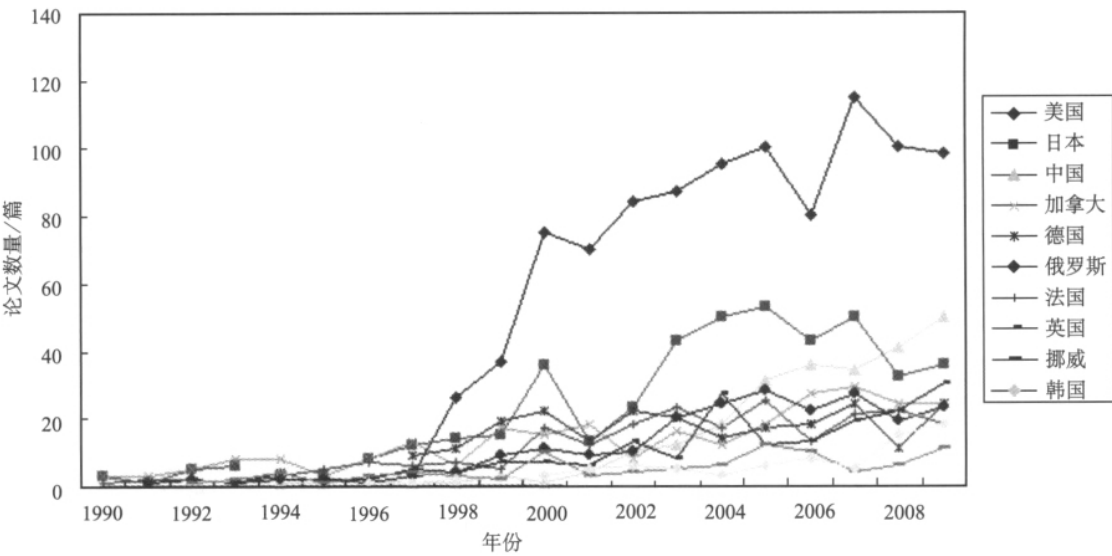


图 3 1990—2010 年主要国家天然气水合物论文数量年度变化态势

表 4 主要机构关注的天然气水合物研究主题

研究机构	最受关注的研究主题
俄罗斯科学院	天然气水合物; 相平衡; 高压; 贝加尔湖; 甲烷; 结构; 热流; 水; 似海底反射; 氢气
美国能源部	天然气水合物; 甲烷; 数学建模; 二氧化碳; 分解; 多孔介质; 表面活性剂; 二氧化碳水合物; 沉积; 环境
中国科学院	天然气水合物; 中国南海; 似海底反射; 分子动力学; 分解; 甲烷; 形成; 稳定性; 冷泉碳酸盐岩; 热流
美国科罗拉多矿业大学	天然气水合物; 乳化液; 甲烷; 模型; 相平衡; 乙烷; 二氧化碳; 拉曼光谱; 冰期; 固-液相平衡
日本产业技术综合研究所	天然气水合物; 分解; 甲烷; 天然气; 渗透率; 相平衡; 水化物抑制剂; 溶解度; 模拟; 二氧化碳
美国地质调查局	天然气水合物; 墨西哥湾; 甲烷; 似海底反射; 冷泉; 稳定同位素; 地震速度; 物理属性; 甲烷生成; 模型
加拿大国家研究理事会	天然气水合物; 主-客系统; NMR; 相平衡; 甲烷; 分子动力学; 氢气; 吸收; 水化物抑制剂
日本大阪大学	天然气水合物; 相平衡; 气体; 稳定性; 溶液; 固-液相平衡; 拉曼光谱; H 型结构; ESR; 热流
韩国先进科技研究院	天然气水化合物; 甲烷; 二氧化碳; 氮气; 相平衡; 氢气; 包合物; NMR; 模型
日本庆应义塾大学	天然气水合物; 结晶作用; CO ₂ 水合物; 物质转移; 能源; CO ₂ 封存; 表面活性剂; 溶液; 相平衡; 热流

温层研究所是最先进的表面活性剂和矿物添加剂天然气水合物动力学研究机构, 主要研究领域包括: 天然气水合物与不同溶液的相平衡、多年冻土水合

物、水合物动力学^[10]。

美国能源部天然气水合物研究方向侧重于数字建模和天然气水合物赋存条件等研究, 这主要是结合能源部的天然气水合物研发项目目标: 一是确定和量化优先钻井的水合物沉积区; 二是示范商业规模水合物开采来获取甲烷。

中国科学院天然气水合物研究方向侧重于地球物理特征 (如 BSR、冷泉、碳酸盐岩等) 以及动力学研究, 研究区主要在中国南海海域。

3 结论

作为一种可开采的天然气资源, 和其他非常规能源 (如深层气、页岩气、致密砂岩气和煤层气) 一样, 天然气水合物的研究也遵循从研究、勘探到最终实现开采的过程^[11]。从上述文献计量分析来看, 天然气水合物的研究方向离不开三大基本问题: 1) 水合物的分布 (where); 2) 水合物存在性质 (how); 3) 水合物赋存条件 (why)。结合 “where、how、why” 这 3 个研究主题, 人类就可以对全球水合物的资源量做出较精确的估计, 并结合技术的可行性、经济的合理性等方面的考虑来实现最终的开采。

文献计量方法作为一种科技成果的评价方法, 其应用当然也存在一定的局限性, 比如, 由于数据入库时滞问题, 不能较准确地反映出近几年的学术研究成果趋势。就拿我国在天然气水合物研究方面

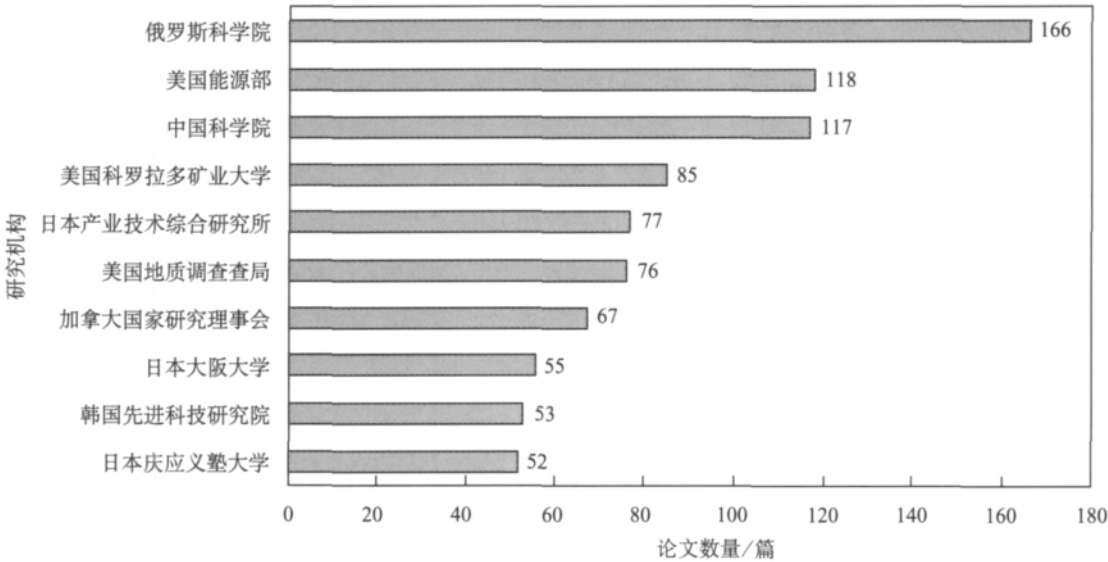


图 4 1990—2010 年天然气水合物论文数量排名前 10 位机构

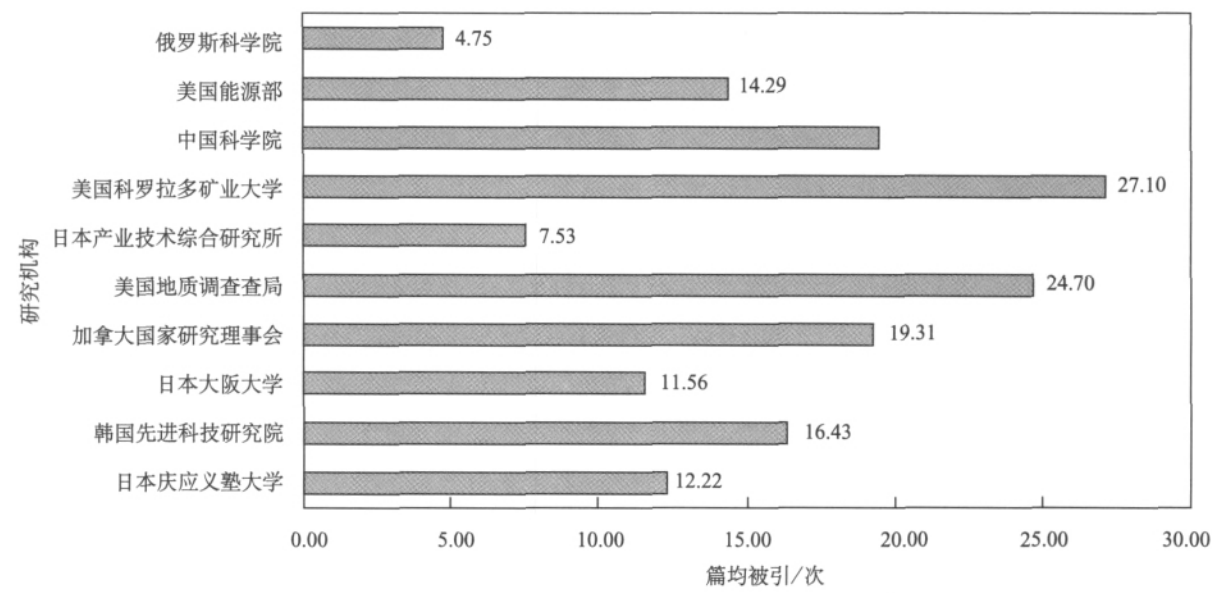


图 5 主要机构天然气水合物研究论文的篇均被引情况

的进展来看，在中国南海海域的研究相对成熟，早在 2007 年就在该地区采到水合物样品^[12]，而且在该区域的科研成果也相当丰富；但近两年在青藏高原多年冻土区的研究成果还未能在科研成果分析中得以体现。此外，单从研究主题来判断主要国家和主要研究机构的研究方向还存在一定的局限，不能完全准确地反映出各国或各机构研究方向的优势，在这方面可能还需要探索其他辅助研究。

参考文献

[1] Cleveland M J, José D A. Dourado, gas hydrates and microbiological processes [C]. Brazil: AAPG International Conference and Exhibition, Rio de Janeiro, 2009

[2] Yuri F. Natural gas hydrates: a promising source of energy [J]. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2010(2): 49-59

[3] 冯瑞华, 超材料研究文献计量分析 [J]. 材料导报, 2009, 23(4): 66-71

[4] 郑军卫, 史斗. 从文献计量角度看国际天然气水合物研发态势 [J]. 天然气地球科学, 2005, 16(6): 825-829

[5] 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

[6] 高峰, 王雪梅, 安培浚, 等. 对地观测技术发展态势的文献计量分析 [J]. 科学观察, 2009, 4(2): 1-8

[7] 邢颖, 孔红梅, 刘天星. 基于 SCI 发文的中国生态学研究态势文献计量分析 [J]. 生态环境学报, 2010, 19(2): 447-572

[8] 张晓林, 张志强. 国际科学技术前沿报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2010

[9] 任胜利, 李家林, 金碧辉, 等. 我国部分科技期刊参考文献和被引用情况统计分析 [J]. 编辑学报, 2001, 13(5): 261-263

[10] Jorge G, Maria B. Gas Hydrates Research Programs: An international Review [R]. Prairie View: Prairie View A & M University, 2009

[11] Collett T S. Energy resource potential of natural gas hydrates [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11): 1971-1992

[12] 姚伯初, 杨木壮, 吴时国, 等. 中国海域的天然气水合物资源. 现代地质, 2008, 22(3): 333-341