

【简讯与热点】

# 国际高纯石英研究态势文献计量分析与启示

张宇彤, 吕鹏, 卢小莉, 向锂, 洪敬兰, 蔡秀华, 张孟伯, 柴新夏, 李璐

(中国地质图书馆, 中国地质调查局地质文献中心, 北京 100083)

**Bibliometric analysis and inspiration of international research situation of high-purity quartz**

ZHANG Yutong, LÜ Peng, LU Xiaoli, XIANG Li, HONG Jinglan, CAI Xiuhua, ZHANG Mengbo, CHAI Xinxia, LI Lu

(National Geological Library of China, Geoscience Documentation Center, CGS, Beijing 100083, China)

为明确和缓解高纯石英“卡脖子”的关键问题, 本文依托 Web of Science 数据库(简称 WOS), 检索出 1970—2024 年 7 月 15 日期间国际高纯石英研究论文共 3496 篇。借鉴采用文献计量的方法对高纯石英进行研究态势分析, 把握高纯石英动态发展趋势, 丰富高纯石英研究的宏观层面, 明确中外高纯石英关注热点异同。为科研人员提供切实可行的热点方向引导和支持, 促进高效率、可持续高纯石英选冶工程的发展, 为协同保障高纯石英技术攻关提供科学的量化依据。

## 1 论文增长趋势

1970 年至今有关高纯石英的研究论文整体呈现上升趋势, 20 世纪 90 年代开始迅速增长(图 1)。2009 年高纯石英相关研究论文首次破百, 为 127 篇, 较 2000 年相比增长了一倍多。2023 年增

至 198 篇, 2024 年截至到 7 月 15 日已发表 114 篇论文。为明确各个国家研究高纯石英进展与情况, 本文对作者所属国家或地区字段进行统计排序, 整理出发文量排名前 10 的国家(图 2)。其中中国研究高纯石英的论文数量高居榜首, 为 628 篇, 美国次之, 为 455 篇。

分析发文量前 10 的国家论文增速(图 3), 发现中国整体呈现快速增长趋势, 在 2011 年左右首次出现较大波动, 2018 年、2023 年分别为后续发文量增长的两个拐点。这与中国近年来针对高纯石英的相关政策密切相关——“十二五”规划, 中国国务院办公厅发布《找矿突破战略行动纲要(2011—2020 年)》, 明确提出将高纯石英等作为战略性新兴产业所需的矿产; 2017 年《“十三五”资源领域科技创新专项规划》重点强调高纯石英的加工与利用; 2022 年国家发改委发布《产业结构调整指导目录(2024 年

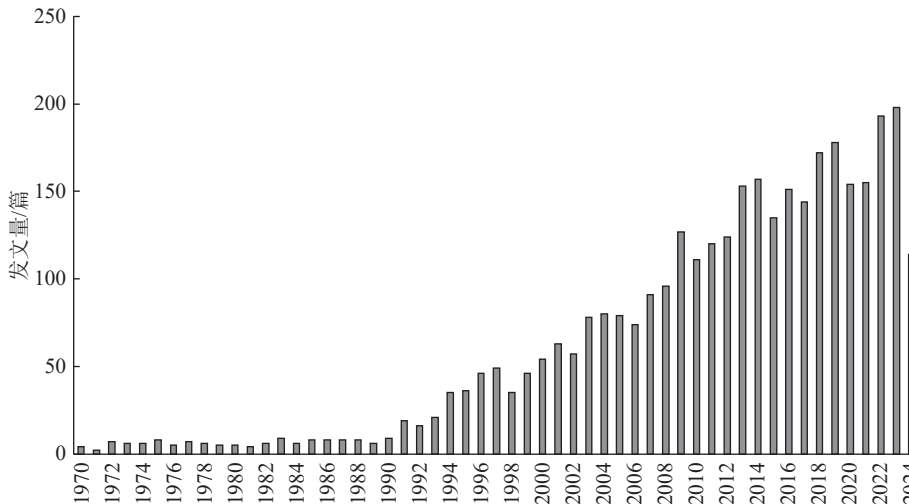


图 1 高纯石英论文增长情况(截至到 2024 年 7 月 15 日)

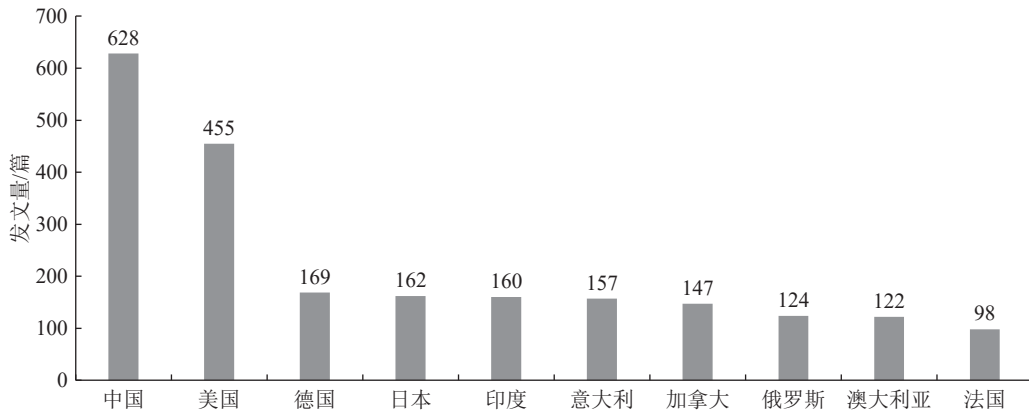


图 2 高纯石英研究发文量排名前 10 国家

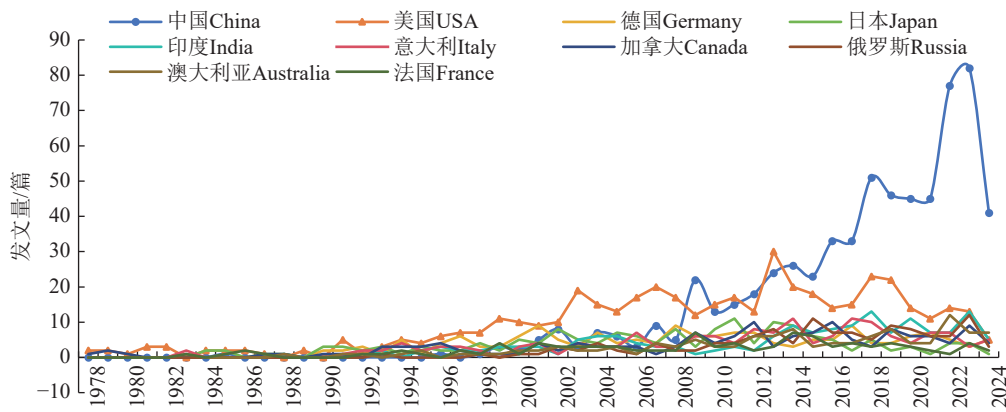


图 3 发文量排名前 10 国家的论文增长趋势

本)》将高纯石英砂原料及下游部分产品列入鼓励类目录。

## 2 期刊分布与研究领域

通过对 3496 篇高纯石英研究论文所发表的期刊类别进行统计,并筛选罗列出载文量排名前 10 期刊信息,前 10 期刊占有期刊载文量的 21.8%,详见表 1。排名第一的期刊是 Biosensors and Bioelectronics,共载文 112 篇;排名第二的期刊

表 1 高纯石英研究期刊载文量前 10

排名	数量/篇	期刊名称	占比
1	112	Biosensors and Bioelectronics	3.2%
2	88	Canadian Mineralogist	2.5%
3	86	American Mineralogist	2.5%
4	85	Mineralogical Magazine	2.4%
5	78	International Journal of Hydrogen Energy	2.2%
6	77	European Journal of Mineralogy	2.2%
7	76	Minerals	2.2%
8	60	Minerals Engineering	1.9%
9	55	Environmental Science & Technology	1.6%
10	46	Analytical Chemistry	1.3%
总计	763	—	21.8%

是 Canadian Mineralogist,共载文 88 篇;排名第三的期刊是 American Mineralogist,共载文 86 篇。

对 3496 篇高纯石英论文所属研究领域进行分类统计,并选出排名前 10 的单一研究领域(若 1 篇论文涉及多个研究则分别计数),详见表 2。前 3 依次为化学(1049 篇)、矿物学(669 篇)、工程学(618 篇)。为了进一步了解高纯石英论文的研究领域交叉情况,将涉及两个及以上研究领域的高纯石英论文重新进行统计计数,其中前 3 交叉领域是 Geochemistry & Geophysics、Mineralogy; Biophysics、Biotechnology & Applied Microbiology、Chemistry、Electrochemistry、Science & Technology; Engineering、Environmental Sciences & Ecology,涉及论文数量均超过 100 篇,排名前 10 的交叉研究领域详见表 3。

## 3 高频机构分析

为明确机构团队研究侧重点与科研实力,对

表 2 高纯石英研究领域排名前 10 (单一领域)

排名	数量/篇	研究领域	中文学科名	占比
1	1049	Chemistry	化学	15.6%
2	669	Mineralogy	矿物学	10.0%
3	618	Engineering	工程学	9.2%
4	589	Materials Science	材料科学	8.8%
5	358	Environmental Sciences & Ecology	环境科学与生态学	5.3%
6	286	Physics	物理学	4.3%
7	284	Geochemistry & Geophysics	地球化学与地球物理学	4.2%
8	282	Mining & Mineral Processing	采矿与矿物加工	4.2%
9	263	Science & Technology-Other Topics	科学与技术-其他主题	3.9%
10	235	Geology	地质学	3.5%
总计	4633	—	—	69.1%

表 3 高纯石英研究领域排名前 10 (交叉领域)

排名	数量/篇	研究领域	中文学科名	占比
1	140	Geochemistry & Geophysics; Mineralogy	地球化学与地球物理学; 矿物学	4.0%
2	112	Biophysics; Biotechnology & Applied Microbiology; Chemistry; Electrochemistry; Science & Technology	生物物理学; 生物技术与应用微生物学; 化学; 电化学; 科学与技术	3.2%
3	102	Engineering; Environmental Sciences & Ecology	工程; 环境科学与生态学	2.9%
4	90	Engineering; Mineralogy; Mining & Mineral Processing	工程; 矿物学; 采矿与矿物加工	2.6%
5	78	Chemistry; Electrochemistry; Energy & Fuels	化学; 电化学; 能源与燃料	2.2%
6	76	Geochemistry & Geophysics; Mineralogy; Mining & Mineral Processing	地球化学与地球物理学; 矿物学; 采矿与矿物加工	2.2%
7	73	Biochemistry & Molecular Biology; Chemistry	生物化学与分子生物学; 化学	2.1%
8	68	Engineering; Environmental Sciences & Ecology; Water Resources	工程; 环境科学与生态学; 水资源	1.9%
9	61	Chemistry; Materials Science	化学; 材料科学	1.7%
10	48	Metallurgy & Metallurgical Engineering; Mining & Mineral Processing	冶金与冶金工程; 采矿与矿物加工	1.4%
总计	848	—	—	24.3%

3496 篇高纯石英论文所有作者的所属机构进行统计, 发文机构排名前 10 和相应发文数量如表 4 所示。前 10 高频机构中有 3 个机构来自中国, 共计 243 篇。其中中国科学院位居第 3, 发文量 126 篇; 中南大学位居第 7, 发文量 59 篇; 昆明理工大学位居第 8, 发文量 58 篇。

为了准确识别出高纯石英研究的核心人员, 进一步筛选排序全部作者, 并根据所属机构作为人名

表 4 高纯石英研究高频机构排名前 10

排名	数量/篇	研究高频机构
1	189	俄罗斯科学院
2	187	法国国家科学研究中心 (CNRS)
3	126	中国科学院
4	71	美国能源部 (DOE)
5	66	意大利国家研究会 (CNR)
6	65	印度科学与工业研究委员会 (CSIR)
7	59	中南大学
8	58	昆明理工大学
9	56	瑞士联邦理工学院领域
10	53	加州大学系统院校 (UC)

消歧标准, 最终得到高纯石英研究发文量前 10 的科研人员, 如表 5 所示。其中排名第 10 的是中国湖南大学化学化工学院教授 He Fengjiao, 前 10 中国科研人员有且只有一位。

## 4 被引频次分析

通过研究 3496 篇论文被引频次(表 6)发现, 其中被引频次为 0 的高纯石英研究论文有 269 篇, 占

表 5 高纯石英研究科研人员排名前 10

排名	数量/篇	姓名	所属单位
1	27	Biagioni Cristian	意大利比萨大学地球科学系
2	24	Hawthorne Frank C	加拿大曼尼托巴大学地球科学系
3	21	Agakhanov Atali A	俄罗斯科学院矿物学系
4	19	Kampf Anthony R	美国洛杉矶自然历史博物馆
5	19	Sejkora Jiri	捷克斯洛伐克矿物博物馆
6	18	Plasil Jakub	捷克斯洛伐克物理研究所
7	17	Roberts AC	加拿大地质调查局
8	14	Chukanov Nikita V	俄罗斯化学物理研究所
9	13	Camara Fernando	意大利米兰大学地球科学系
10	13	He Fengjiao	中国湖南大学化学化工学院

表 6 高纯石英研究论文被引情况

被引频次	论文数量/篇	占比	累积论文数量/篇	累积占比
0	269	7.7%	269	7.7%
1	179	5.1%	448	12.8%
2	168	4.8%	616	17.6%
3	169	4.8%	785	22.4%
4	134	3.8%	919	26.2%
5	137	3.9%	1056	30.1%
6	137	3.9%	1193	34%
7	106	3%	1299	37%
8	101	2.9%	1400	39.9%
9	93	2.7%	1493	42.6%
10	86	2.5%	1579	45.1%
>10	1917	54.9%	3496	100%

比 7.7%; 被引频次小于等于 5 的高纯石英研究论文共 1056 篇, 累积占比 30.1%, 其论文影响力和研究重视程度还有待进一步加强。被引频次大于 10 的高纯石英论文有 1917 篇, 占比 54.9%, 超过所有高纯石英研究论文的半数, 表明该领域里有一定影响力的论文数量和占比较高。

进一步提取被引频次最高的前 10 名高纯石英研究论文相关信息(表 7), 其中第 1 名是 2007 年由美国麻省理工工程教授 Thomas P Burg 为第一作者在 Nature 上发表的《Weighing of biomolecules, single cells and single nanoparticles in fluid》, 被引次数高达 957(WOS 核心数据库)。第 2 名是 1995 年美国北卡罗来纳大学教堂山分校生物化学与生物物理系教授 Radzicka A 在 Science 上发表的《A proficient enzyme》, 被引次数高达 738(WOS 核心数

据库)。

## 5 研究主题演变趋势

由于收集的高纯石英相关文献时间跨度较大, 因此截取 2004—2024 年近 20 年的 2806 篇相关论文来分析高纯石英论文研究主题的侧重点与演变趋势。对 2806 篇高纯石英论文的关键词进行主题聚类, 每 5 年划分一个阶段, 主题聚类结果和变化趋势如表 8 所示。2004—2024 年期间, 科研人员对高纯石英的研究经历了从成矿地质环境, 到结构特征, 再到提取精制技术, 最后到实际应用的逐步递进的过程, 即整体呈现出“基本认知—工艺技术—实际应用”的演变趋势。

## 6 中外研究热点对比

为了进一步明确中国与国际高纯石英研究的差异, 收集统计 2014—2024 年中国与国际高纯石英研究关键词频次, 分别选取排名前 10 的高频关键词进行对比分析(表 9)。发现中外研究关键词的异同点: 相同点在于中外关键词均出现“吸附作用(adsorption)”、“石英(quartz)”, 并且均有提纯去杂的含义的关键词(“去除工艺(removal)”、“分离工艺(separation)”、“精制工艺(refinement)”、“提纯工艺(purification)”), 即中外有关高纯石英研究均会重视高纯石英的处理提纯工艺; 均涉及高纯石英特征机制等关键词, 例如“机理机制(mechanism)”、“性能特征(performance)”、“晶体结构(crystal

表 7 高纯石英被引频次排名前 10 论文

排名	论文标题	被引频次	
		WOS核心数据库 (WOS Core)	WOS所有数据库 (All Databases)
1	Weighing of biomolecules, single cells and single nanoparticles in fluid	957	1128
2	A proficient enzyme	738	852
3	Influence of pyrolysis temperature on characteristics and heavy metal adsorptive performance of biochar derived from municipal sewage sludge	550	633
4	Adsorption kinetics of fluoride on low cost materials	519	584
5	Preparation and characterization of TiO <sub>2</sub> photocatalysts supported on various rigid supports (glass, quartz and stainless steel). Comparative studies of photocatalytic activity in water purification	474	522
6	Characteristics and environmental aspects of slag: A review	441	462
7	Chiral selection on inorganic crystalline surfaces	416	450
8	Characterization and photocatalytic activity in aqueous medium of TiO <sub>2</sub> and Ag-TiO <sub>2</sub> coatings on quartz	415	443
9	Accuracy of XRPD QPA using the combined Rietveld-RIR method	372	439
10	Quantitative mineralogical analysis using the rietveld full-pattern fitting method	371	426

表 8 2004—2024 年高纯石英研究关键词聚类结果

序号	2004—2009	2009—2014	2014—2019	2019—2024
1	压电生物传感 (piezoelectric biosense)	多组分锂 (multicomponent lithium)	无标记检测 (label-free detection)	浮选分离 (flotation separation)
2	多孔介质 (porouse media)	石英晶体微天平 (quartz crystal microbalance)	晶体结构 (crystal structure)	新成员 (new member)
3	碳纳米管 (carbon nanotube)	电池特性 (cell properties)	热解温度 (pyrolysis temperature)	分子洞察 (molecular insight)
4	新矿物 (new mineral)	超薄纳米晶二氧化钛涂层 (ultrathin nanocrystalline titania coating)	稀土氧化物 (rare earth oxide)	重金属 (heavy metal)
5	美国蒙大拿州 (ryhead area momtana usa)	新矿物 (new mineral species)	石英砂 (quartz sand)	物理化学表征 (physico-chemical characterization)
6	多环芳烃 (airborne polycyclic aromatic hydrocarbon)	氢气生产 (hydrogen production)	相形成 (phase formation)	氢气地下储存 (hydrogen subsurface storage)
7	动力学 (kinetic studies)	诱导分离 (induced separation)	湿法冶金 (hydrometallurgical process)	胶凝材料 (cementitious material)
8	安培检测 (amperometric detection)	肽配体 (peptied ligand)	抗压强度 (compressive strength)	碳柱 (carbon column)
9		涂层石英颗粒 (coated quartz particle)	碳纳米管 (carbon nanotube)	光催化质量损失 (photocatalytic mass loss)
10		光催化氧化 (photocatalytic oxidation)	生物质气化 (biomass gasification)	氢气生产 (hydrogen production)

表 9 中外高纯石英研究高频关键词对比

排名	中国高频关键词	频次	国际高频关键词	频次
1	吸附作用 (adsorption)	60	晶体结构 (crystal structure)	124
2	选矿 (beneficiation)	45	石英晶体微天平 (quartz crystal microbalance)	95
3	去除工艺 (removal)	43	吸附作用 (adsorption)	92
4	分离工艺 (separation)	42	石英 (quartz)	85
5	石英 (quartz)	38	精制工艺 (refinement)	63
6	机理机制 (mechanism)	37	新矿物 (new mineral)	62
7	行为 (behavior)	35	水 (water)	53
8	酸 (acid)	34	提纯工艺 (purification)	47
9	性能特征 (performance)	29	矿物 (minerals)	46
10	复原 (recovery)	28	化学 (chemistry)	39

structure)”。不同点在于,中外研究对于研究侧重点先后顺序不同,国内更关注高纯石英处理工艺(60次),国际更关注结构特征(124次)。对中外研究主题聚类发现,两者差异在于中国高纯石英研究

更侧重于物理吸附杂质研究,国际更侧重于高纯石英化学工艺精制。

## 7 启示

高纯石英是近年来研究的新兴热点,结合中国政策支持与实际需要来看,中国有关高纯石英的研究整体正处于高速发展阶段,相关科研成果层出不穷。在后续研究中,相关部门可加大对高纯石英研究的资金支持力度,加强组织保障,统筹项目和经费资金工作;重视国际交流与合作,积极学习借鉴国外先进研究成果与经验,提升国际影响力;提升高纯石英研究综合实力,科学推进模拟实验,加强精制工艺技术攻关,推动产业化进程。

但在计量分析中发现,中国地质调查局及中国地质科学院的高纯石英相关论文并未在 Web of Science 核心合集收录中排名前 10,因此进一步在 CNKI 中检索“高纯石英+石英提纯+石英精制”等主题,共检索出中国地质调查局及中国地质科学院共 39 篇期刊论文。其中发文量最高的单位是中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所,共计 22 篇,详见表 10。进一步筛选出发文量排名前 10 的专家及所属单位,发现前 10 中有 9 名专家来自中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所、国家非金属矿资



表 10 中国地质调查局与中国地质科学院高纯石英发文排名前 10

排名	数量/篇	所属单位
1	22	中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所
2	19	国家非金属矿资源综合利用工程技术研究中心
3	12	自然资源部高纯石英资源开发利用工程技术创新中心
4	5	中国地质科学院矿产资源研究所
5	4	中国地质大学(北京)地球科学与资源学院
6	4	中国地质调查局
7	3	自然资源部多金属矿综合利用评价重点实验室
8	3	自然资源部高纯石英开发利用工程技术创新中心
9	2	中国地质科学院矿产资源研究所自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室
10	2	中国地质调查局发展研究中心

表 11 中国地质调查局与中国地质科学院高纯石英发文排名前 10 专家

排名	数量/篇	姓名	所属机构
1	12	刘磊	
2	8	张海啟	
2	8	朱黎寬	中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所;
4	7	张宏丽	国家非金属矿资源综合利用工程技术研究中心;
5	6	谭秀民	自然资源部高纯石英资源开发利用工程技术创新中心
5	6	马亚梦	
7	5	刘广学	
7	5	王九一	中国地质科学院矿产资源研究所; 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室
9	4	张亮	中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所;
9	4	曹飞	国家非金属矿资源综合利用工程技术研究中心; 自然资源部高纯石英资源开发利用工程技术创新中心

源综合利用工程技术研究中心、自然资源部高纯石英资源开发利用工程技术创新中心, 其中刘磊发表高纯石英相关论文总量超过 10 篇, 详见表 11。从上述分析来看, 中国地调局及地科院的专家应加大

力度在 CNKI、Web of Science 数据库收录期刊上多发表高纯石英相关文章, 全面提升中国地质调查局和中国地质科学院的科技成果在国内外地学领域的学术影响力和知名度。