

文章编号: 1007-7588(2010)11-2216-13

矿产资源领域国际科技发展态势分析

张树良, 张志强, 熊永兰

(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, 兰州 730000)

摘要: 矿产资源作为人类社会经济发展的重要依赖和支撑, 在当前经济发展对其需求激增同已探明矿产资源日益减少的矛盾加剧的形势下, 其战略意义愈发凸显。本文基于 ISI WoK 论文数据库 (SCI-E/SSCI) 和 Derwent 专利数据库 (DII), 利用 TDA、Aureka 和 UCINET 等分析工具对 2000 年-2008 年间矿产资源领域研究及专利文献进行分析, 系统揭示近 10 年以来矿产资源领域科学研究与技术的发展态势、关注热点及其分布格局。结果显示, 矿产资源领域科学研究与技术研发活动主要集中于矿产资源大国和传统技术强国; 科学研究主体主要为国立研究机构和大学, 而技术研发则集中于公共研究机构和企业; 科学研究主要关注矿石采选方法及工艺、尾矿处理、矿床地球化学及矿物学分析以及矿山环境保护等方向; 技术研发集中面向开采、掘进及井下基础工程技术、计算机控制、测量以及检测与探测技术; 科学研究和技术研发整体呈现先进技术和方法研究及开发不断拓展, 应用范围持续扩大的态势。整体来看, 我国在矿产资源领域的科学研究与技术研发均较为活跃, 科学技术产出持续增长, 发展潜力巨大。

关键词: 矿产资源; 非能源矿产资源; 科学研究; 专利技术; 文献计量; 专利分析

1 引言

广义而言, 矿产资源是指赋存于地表或地下的, 经地质成矿作用形成, 呈固态、液态或气态的具有现实或潜在经济价值的自然资源^[1,2]; 同其成分和用途相对应, 广义上的矿产资源包括金属矿产、非金属矿产和能源矿产三大类^[1]。本文所指矿产资源为狭义上的矿产资源, 即不包括能源、水气矿产在内的金属与非金属固体矿产。

从资源本身的利用价值来看, 由于其本身的不可再生性和分布的不均衡性, 作为人类生产资料重要来源和经济社会发展基础的矿产资源历来被视为关系国家安全的战略资源。特别是在当前经济发展对其需求激增和已探明矿产资源日益减少的矛盾加剧的形势下, 矿产资源的战略意义愈发凸显。同时, 矿产资源其可替代资源选择极为有限, 并且在技术实现路径方面尚存在诸多瓶颈, 因此, 未来全球矿产资源的竞争将趋于“白热化”; 从其利

用的社会效应来看, 矿产资源在支撑人类社会进步及技术革命的同时, 伴随经济发展推动下的矿产资源需求的激增, 由矿产资源开采、管理和利用所引发的诸如温室气体排放、能源消耗、环境污染等问题日益突出, 人类矿产资源开发与利用背后所隐含的地质隐患及环境威胁必须被高度重视。而无论是缓解不断加剧的矿产资源供需矛盾还是实现矿产资源的可持续开发利用均有赖于该领域的科技进步。

当前, 新一轮经济危机正在引发以“绿色”技术为引领的全球科技革命, 在新的全球“资源一体化”理念的带动下, 美国、加拿大等技术强国和资源大国相继启动新的矿产资源开发全球战略, 全球范围内面向实现未来矿产资源可持续发展的技术制高点的“争夺”蓄势待发。特别对于我国而言, 当前我国正值经济发展转型的关键时期, 新一轮发展战略即将启动, 如何有效推动矿产资源开发利用模式的

收稿日期: 2010-05-06; 修订日期: 2010-09-01

基金项目: 中国科学院“西部之光”博士资助项目: “基于价值链与运营链的甘肃矿产资源高效综合利用模式研究”; 中国科学院规划与战略研究项目: “重要科技领域发展趋势分析研究”; 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”(编号: KZCX2-YW-501, 40841015)。

作者简介: 张树良, 男, 河南荥阳人, 博士, 副研究员, 主要从事高科技信息分析及战略情报研究工作。

E-mail: zhangsl@llas.ac.cn

2010年11月

转变,逐步实现矿产资源的可持续发展无疑成为关系到未来经济发展能否顺利推进的重大问题。

基于上述背景,本文从科学与技术视角,通过对2000年-2008年矿产资源领域研究论文与技术专利文献数据分析,系统客观揭示近10年以来矿产资源领域科学研究与技术的发展态势、热点以及分布格局。希望通过分析研究,为明晰目前国际矿产资源领域科技发展趋势和审视我国在该领域发展现状提供有益的参考和启示;同时,也提供了有关如何以完全量化的方式系统分析特定领域发展态势的一种尝试。

2 数据来源与分析方法

2.1 研究论文

研究论文分析数据来源为ISI WoK (Web of Knowledge) 论文数据库 (SCI-E/SSCI), 文献类型选取研究型论文, 包括 Article、review 和 Conference Proceedings。

分析数据提取所依据的检索式为:

TS=(((mine or ((mining or excavat* or extract*) same (ore or mineral*)) or "ore deposit" or "mineral deposit") not oil not petroleum not coal not colliery not nuclear not uranium not gas not water not "data mining" not database* not "data base*" not weapon*));

分析数据时间范围:2000年-2008年;

数据量:共获得符合检索条件的原始记录9539(篇);

数据检索下载时间:2009年3月18日。

分析工具采用美国汤姆森科技信息集团开发的 Thomson Data Analyzer (TDA)、微软公司的 Microsoft Excel 以及分析技术公司的 UCINET。

2.2 技术专利

技术专利分析数据来源为 ISI WoK 德温特创新索引数据库 (Derwent Innovations Index, DII)。专利数据统计基于优先权专利¹⁾。

分析数据提取所依据的检索式为:

TS=(((mine or mining or (ore deposit) or (mineral deposit)) not oil not petroleum not coal not colliery not nuclear not uranium not gas not water not (data mining) not database* not (data base*)) or 德温特手工代码=(A04-D04A2 OR T06-D11 OR X25-D OR X25-D02);

分析数据时间范围:2000年-2008年;

数据量:共获得符合检索条件的原始记录6669(件);

数据检索下载时间:2009年2月25日。

分析工具采用美国汤姆森科技信息集团开发的 Thomson Data Analyzer (TDA) 和 Aureka 分析平台、微软公司的 Microsoft Excel 以及美国分析技术公司的 UCINET。

3 国际研究论文分析

3.1 论文总量年度变化趋势

2000年-2007年,矿产资源领域论文总量总体呈平稳增长态势(2008年数据因收录时滞等原因可能不全,仅供参考,下同)(表1)。其中2007年矿产资源领域论文总量为历年最高,较之以往,其增幅也最为显著,为24.4%。

3.2 论文国家/地区分布

从论文的国家/地区分布(表2)来看,2000年-2008年,矿产资源领域论文产出最多的国家分别为美国、中国、加拿大、澳大利亚。论文产出最多

表1 2000年-2008年矿产资源领域国际研究论文总量年度变化

Table 1 Trend of total amount of international papers in mineral resources from 2000 to 2008

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
论文数量(篇)	1077	918	866	1052	959	1099	1015	1263	988

表2 2000年-2008年矿产资源领域国际研究论文国家分布

Table 2 Distribution of international papers in mineral resources by countries from 2000 to 2008

国家/地区	美国	中国	加拿大	澳大利亚	德国	英国	南非	西班牙	法国	日本	其他
论文数量(篇)	1642	1161	872	844	375	353	317	299	286	286	3103

1) 专利优先权:按照《保护工业产权巴黎公约》,在缔约国提出专利申请时,专利申请人有权要求将首次申请日期作为其后同一主题申请专利的日期,首次申请日期称为优先权日。设立优先权日的意义在于为专利新颖性和创造性的判断提供时间基准。

的前10位国家中,包括南非在内的世界主要矿业国家全部在列,体现出矿产资源领域资源优势对于研究的基础作用。美国作为资源大国和技术强国,在该领域研究优势明显,其论文产出占论文总量的18.9%,同时占到论文产出最多的前10位国家论文总量的25.5%。基于论文总量,可以将论文产出最多的前10位国家划分为3个水平区间,最高为美国,其次为中国、加拿大和澳大利亚,再次为德国、英国、南非、西班牙、法国和日本。

3.3 主要国家/地区论文数量年度变化趋势

在主要国家/地区论文产出的年度变化方面:美国呈现绝对总量优势之上的下滑趋势;中国论文产出增强强劲,2007年其论文产出首次超越美国并到达2000年-2008年间单位国家论文年度产出的最高值(290篇);加拿大和澳大利亚的论文产出均波动明显;其他国家论文产出则相对较为稳定(表3)。

3.4 研究优势机构分析¹⁾

机构层面,俄罗斯科学院显示出其应有的优势,为2000年-2008年矿产资源领域研究产出最多的科研机构,其次分别为中国科学院、美国地质调查局、中国地质大学、中国矿业大学。发表论文最多的前15个机构分别来自中国(5所)、澳大利亚(3所)、美国(2所)、加拿大(2所)、俄罗斯、南非和西班牙(表4)。其中最令人关注的是美国海军,其相关成果多为军事高技术矿产资源领域的应用。除美国海军之外,其余均为该领域传统优势研究机构。

特别对于中国科学院而言,2000年-2008年发

表论文分别来自其下24个研究机构,其中以贵阳地球化学研究所、北京地质与地球物理研究所和北京生态环境研究中心最为活跃。

3.5 重点研究主题领域及研究热点分析

3.5.1 重点研究主题领域²⁾ 基于对高被引论文及全部论文主要研究领域分布(图1、图2)分析,2000年-2008年矿产资源领域的重点研究主题领域包括:采矿与选矿、地球化学与地球物理学、生物技术与应用微生物学、环境工程、环境科学、微生物学、地学交叉科学、矿物学、冶金与冶金工程。

3.5.2 研究热点分析 依据研究论文的关键词³⁾词频分布(图3),2000年-2008年,矿产资源领域的研究主要集中于矿石采选方法及工艺、尾矿处理、金、

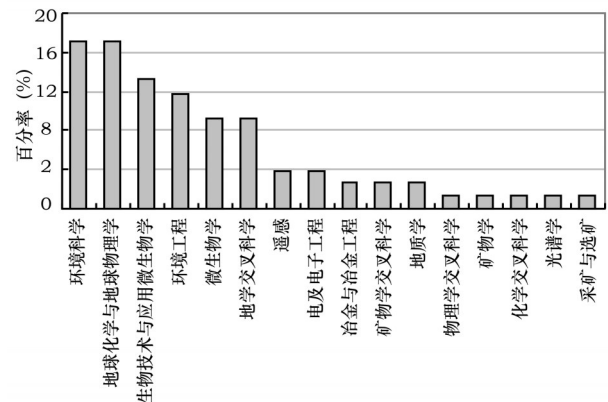


图1 2000年-2008年矿产资源领域高被引论文主要研究领域分布

Fig.1 Main research fields distribution of high cited papers in mineral resources from 2000 to 2008

表3 2000年-2008年主要国家矿产资源领域研究论文数量年度变化

Table 3 Trend of amount of international papers of main countries in mineral resources from 2000 to 2008

国家/地区	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
美国	185	186	202	200	169	211	176	176	137
中国	62	65	65	68	102	148	150	290	211
加拿大	139	85	96	107	103	86	73	99	84
澳大利亚	122	76	50	124	87	108	90	132	55
德国	54	33	43	42	29	37	38	59	40
英国	52	26	45	57	40	36	36	34	27
南非	39	27	29	32	37	56	41	34	22
西班牙	26	12	27	24	23	40	45	47	55
法国	18	20	26	42	28	41	35	36	40
日本	22	26	26	44	26	37	34	42	29

1) 基于论文第一著者机构分析。

2) 被引频次 ≥ 50 。

3) 基于著者关键词分析,下同。

2010年11月

表4 2000年-2008年矿产资源领域研究重要机构

Table 4 Research organizations made main contribution in paper output in mineral resources from 2000 to 2008

研究机构	论文数量(篇)
俄罗斯科学院	105
中国科学院	95
美国地质调查局	92
中国地质大学	62
中国矿业大学	58
西班牙国家研究理事会	48
澳大利亚联邦科学与研究组织	45
中南科技大学	45
加拿大英属哥伦比亚大学	42
美国海军	41
南非金山大学	41
西澳大利亚大学	37
中国中南大学	37
加拿大拉瓦尔大学	35
澳大利亚昆士兰大学	34

铜等有色金属采选、重金属矿及矿山重金属污染、含砷等难选矿石处理(包括砷污染)、矿床地球化学及矿物学分析以及矿山环境保护等方向。

3.6 主要国家/地区研究特点分析

首先就开展研究活动的机构性质来看,2000年-2008年,矿产资源领域研究最为活跃的国家/地区中,德国、南非和日本其研究主要由大学承担,其余则集中于国立研究机构和大学(表5)。

其次就研究重点而言,矿物学分析和重金属矿

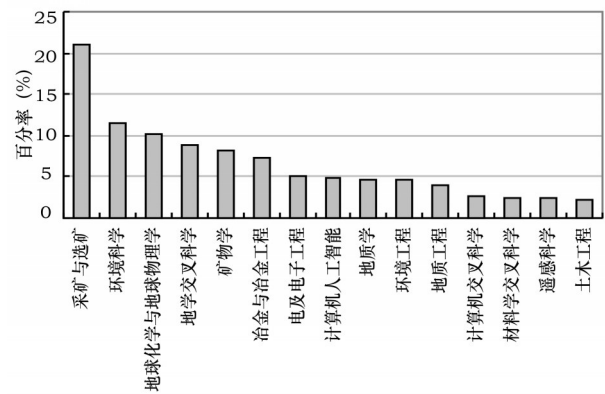


图2 2000年-2008年矿产资源领域论文主要研究领域分布

Fig.2 Main research fields distribution of total papers in mineral resources from 2000 to 2008

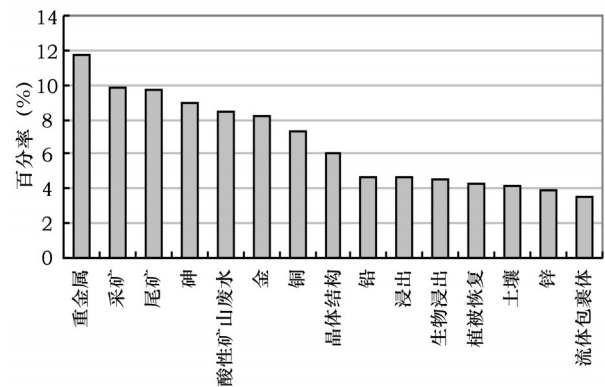


图3 2000年-2008年矿产资源领域论文关键词词频分布

Fig.3 Keywords frequency distribution of papers in mineral resources from 2000 to 2008

表5 2000年-2008年主要国家矿产资源领域研究特点

Table 5 Characteristics of research of main countries in mineral resources from 2000 to 2008

国家/地区	主要研究机构	研究重点
美国	美国地质调查局、美国海军、加利福尼亚理工学院、斯坦福大学	尾矿处理及矿山环境保护、遥感技术、重金属、矿物学分析
中国	中国科学院、中国地质大学、中国矿业大学	稀土及重金属
加拿大	英属哥伦比亚大学、麦吉尔大学、加拿大地质调查局	尾矿处理及矿山环境保护、矿物学分析
澳大利亚	澳大利亚联邦科学与研究组织、西澳大利亚大学、昆士兰大学	金矿地质及开采
德国	克劳斯特工业大学、亚琛工业大学、波鸿鲁尔大学	新矿物开采、矿物学分析
英国	英国自然历史博物馆、利兹大学、伦敦大学帝国理工学院	铜、重金属、含砷矿石处理
南非	金山大学、比勒陀利亚大学、开普敦大学	铂族元素矿床
西班牙	西班牙国家研究理事会、马德里自治大学、巴塞罗那大学	重金属、矿山植被恢复及环境保护
法国	法国国家科研中心、伯干第地矿研究所、巴黎大学	含砷矿石处理、矿物学分析、重金属
日本	东京大学、京都大学、东北大学、九州大学	成矿地球化学、GIS、尾矿处理及矿山环境保护、铜等伴生金属矿产、含砷矿石处理、浅成热液金矿床

及矿山重金属污染普遍为各主要国家/地区所关注;资源兼技术优势国家(美国、加拿大)主要关注尾矿处理和矿山环境保护以及相关先进技术应用与开发;资源优势国家(中国、澳大利亚、南非)集中于各自优势矿产资源(中国:稀土矿产;澳大利亚:金矿;南非:铂族贵金属矿产)的相关研究;其他技术型国家:德国注重新矿产资源的开发;英国和法国更侧重于含砷矿石的处理;西班牙相对倾向于矿山植被恢复和矿山环境保护;而日本则在相关先进技术应用与研发、成矿机理研究、尾矿处理及矿山环境保护、有色金属伴生金属矿产以及浅成热液金矿床等方面有着广泛关注(表5)。

4 专利分析

4.1 专利时间及国家/地区分布

4.1.1 专利时序分布 2000年-2007年(因专利申请受理及数据录入时滞影响2007、2008年数据不全,仅供参考,下同),矿产资源领域技术专利申请总体呈稳定增长态势(表6)。其中2006年为专利申请峰值年度,同期专利申请增幅也达到最大,专利较2005年增长36.1%,较2000年-2005年年均专

利申请量增长37.2%。

4.1.2 专利国家/地区分布 从专利国家/地区分布来看,2000年-2008年矿产资源领域技术专利主要集中于矿产资源大国和矿产资源开发技术强国。专利申请最多的10个国家/地区分别为:俄罗斯、美国、中国、日本、德国、澳大利亚、南非、韩国、法国和加拿大,其专利申请总量占全部专利的90.1%(表7)。其中俄罗斯优势明显,其专利占有率达30.3%,美国和中国较为接近,分别以18.0%和15.5%位列第2、第3位。

从专利申请最多的10个国家/地区其专利年度分布来看,2000年-2007年,只有中国维持持续增长(2006年呈骤增态势,专利申请量几乎为2004年的5倍,是前5年专利总和的1.6倍以上)(表8)。

4.2 专利权人分析

在专利权具体所属方面,2000年-2008年专利申请最多4个机构(专利申请超过100件)分别为美国卡特彼勒公司(CATERPILLAR INC)、俄罗斯科学院西伯利亚分院矿业研究所(AS SIBE MINING INST)、俄罗斯圣彼得堡普列汉诺夫矿业研究所(ST

表6 2000年-2008年矿产资源领域技术专利申请趋势

Table 6 Trend of patent application in mineral resources from 2000 to 2008

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
专利数量(件)	585	664	608	691	687	653	889	664	87

表7 2000年-2008年矿产资源领域技术专利申请主要国家/地区

Table 7 Distribution of patent application in mineral resources by countries/regions from 2000 to 2008

国家/地区	俄罗斯	美国	中国	日本	德国	澳大利亚	南非	韩国	法国	加拿大	其他
专利数量(件)	1862	1105	950	545	542	307	305	90	68	61	404

表8 2000年-2008年矿产资源领域技术专利申请主要国家/地区专利年度分布

Table 8 Distribution of patent application in mineral resources in main countries/regions by years from 2000 to 2008

国家/地区	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
俄罗斯	174	239	200	232	202	172	146	46	-
美国	158	157	144	160	177	190	210	121	30
中国	3	12	26	39	50	66	322	377	44
日本	68	60	75	61	64	46	38	31	2
德国	78	68	51	63	59	60	52	32	2
澳大利亚	32	42	36	46	36	49	42	20	8
南非	30	39	34	32	35	21	21	4	-
韩国	8	10	9	4	8	14	19	12	2
法国	5	5	5	11	10	9	11	4	-
加拿大	6	6	8	13	9	6	3	4	1

2010年11月

PETERSBURG PLEKHANOV MINING INST)、德国 DBT 公司(DBT DEUT BERGBAU-TECH GMBH)。专利申请最多的前 15 个机构分别来自美国、俄罗斯、德国和日本,其中俄罗斯 8 家,美国 3 家、德国和日本分别为 2 家(表 9)。俄罗斯机构的专利申请量占到专利总量的 8.1%。

虽然在专利总量上,中国位居前列,但在机构层面,中国的研发活力明显缺乏,专利申请最多的中国机构为中国矿业大学(排名第 40 位)。

4.3 专利技术方向

4.3.1 专利技术领域分布 从专利所属领域大类来看,2000 年-2008 年矿产资源领域技术专利涉及的主要领域包括冶金学、聚合物学、工业标准、机械工程学、无机化学、计算机控制、电子学等。

4.3.2 专利技术指向 首先,从专利技术标准分类(基于国际专利分类)的角度分析,85.9%的专利集中于如表 10 所列的 15 个技术方向,其中涉及开采、掘进及井下基础工程技术的专利占该 15 个技术方向专利总量的 74.4%,其它则主要为计算机控制、测量及检测与探测技术。

在各技术方向的专利申请变化趋势方面,2000 年-2006 年除个别技术方向(如 F41H)呈下降趋势外,专利申请大都表现为波动性增长或保持相对稳定(表 11,技术方向(IPC)代码的中文释义详见表 10,下同)。

其次,根据基于专利题名及摘要析出关键词专利聚类分析结果(专利地图²⁾(图 4),专利技术研发主要集中于信号接收及探测、电子

表 9 2000 年-2008 年矿产资源领域专利申请主要机构

Table 9 Main patent assignees in mineral resources from 2000 to 2008

排名	机构名称	所属国家	专利申请(件)
1	CATERPILLAR INC	美国	138
2	AS SIBE MINING INST	俄罗斯	134
3	ST PETERSBURG PLEKHANOV MINING INST	俄罗斯	134
4	DBT DEUT BERGBAU-TECH GMBH	德国	103
5	E MINING ORE REST INST STOCK CO	俄罗斯	60
6	AS SIBE N MINING INST	俄罗斯	42
7	HITACHI CONSTR MACHINERY CO LTD	日本	38
8	KOMATSU SEISAKUSHO KK	日本	35
9	UNIV S RUSSIA TECH NOVCH POLY	俄罗斯	32
10	CHITA MED ACAD	俄罗斯	31
11	INT BUSINESS MACHINES CORP	美国	31
12	URALKALII STOCK CO	俄罗斯	31
13	ALROSA STOCK CO	俄罗斯	30
14	RAG AG (RAGR)	德国	26
15	US SEC OF NAVY (USNA)	美国	26

表 10 2000 年-2008 年矿产资源领域专利主要技术方向(IPC)

Table 10 Main types of proprietary technology in mineral resources from 2000 to 2008 (based on IPC)

排序	国际专利分类号代码(4位)	代码中文释义	专利数量(件)
1	E21C	采矿或采石	1003
2	E21D	立井;隧道;平巷;地下室	940
3	E21B	土层或岩石的钻进	556
4	E21F	矿井或隧道中或其自身的安全装置,运输、充填、救护、通风或排水	452
5	E02F	挖掘;疏浚	341
6	G06F	电数字数据处理	309
7	B65G	运输或贮存装置,例如装载或倾斜用输送机;车间输送机系统;气动管道输送机	304
8	F41H ¹⁾	装甲;装甲炮塔;装甲车或战车;一般的进攻或防御手段,例如伪装工事	303
9	F42D	爆破	216
10	E02D	基础;挖方;填方;地下或水下结构物	201
11	G01V	地球物理;重力测量;物质或物体的探测;示踪物	163
12	B02C	一般破碎,研磨或粉碎;碾磨谷物	138
13	G01N	借助于测定材料的化学或物理性质来测试或分析材料	127
14	B66B	升降机;自动扶梯或移动人行道	111
15	G01C	测量距离、水准或者方位;勘测;导航;陀螺仪;摄影测量	106

1)具体为矿产开采所涉及到的类似设施或应用。

2)专利地图以等高线原理绘制,山峰表示相应主题类出现频率高的主题词或关键词;黑点代表专利文献簇;实体(如山峰、黑点等)间的距离,代表不同技术主题间的关联性,距离越近,表示其关联越密切。

表 11 2000年-2008年矿产资源领域主要技术方向(IPC)专利年度分布

Table 11 Distribution of main types of proprietary technology in mineral resources by years from 2000 to 2008 (based on IPC)

技术方向(IPC)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
E21C	108	119	98	112	106	119	127	51	10
E21D	104	101	93	119	99	81	107	77	5
E21B	40	61	66	92	78	51	72	44	3
E21F	48	42	38	37	45	44	58	57	11
E02F	24	36	25	34	45	46	63	35	4
G06F	37	41	40	42	45	48	50	27	3
B65G	38	33	19	41	26	27	36	50	7
F41H	38	35	45	40	38	26	23	9	1
F42D	16	30	21	34	22	20	17	12	2
E02D	21	26	35	23	32	18	20	15	3

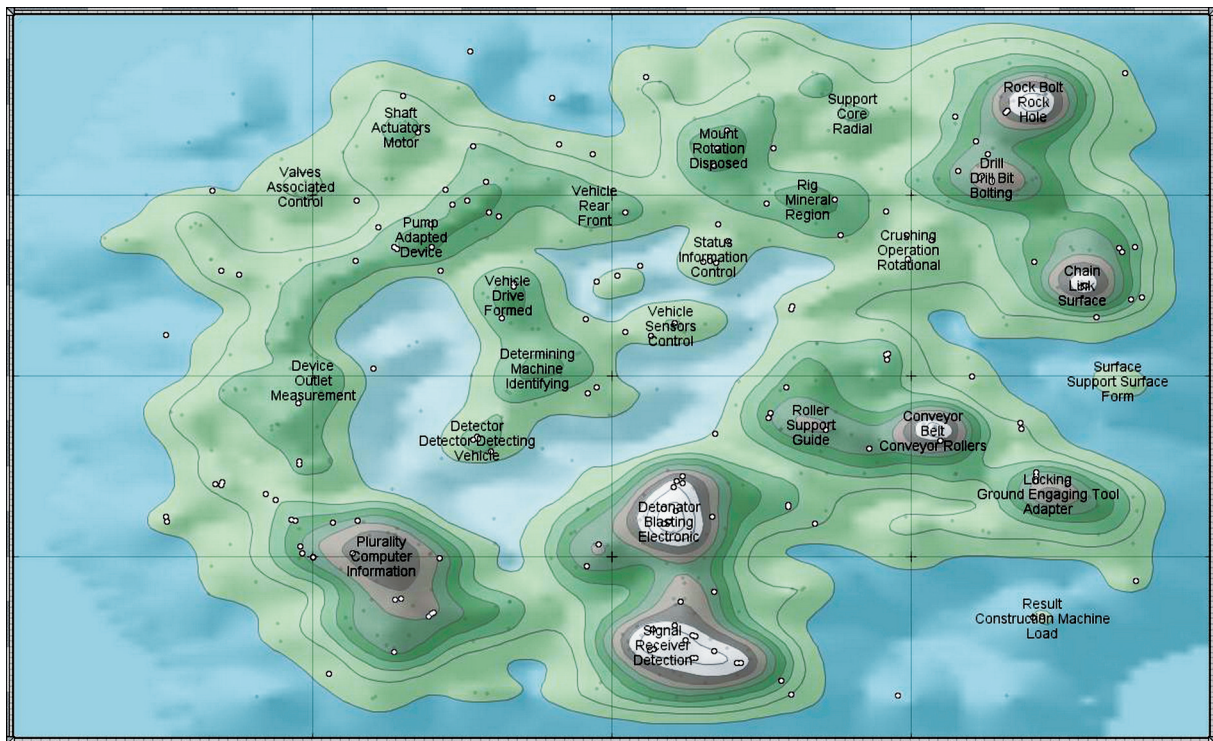


图4 2000年-2008年矿产资源领域专利技术布局(基于题名及摘要关键词)

Fig.4 Distribution of proprietary technology (Patent Map) in mineral resources from 2000 to 2008(based on keywords of title and abstract)

爆破、矿层支护、矿石传输、复杂信息处理、地面配套设施等技术主题。此外,同采矿相关的自动控制技术也令人关注。各技术主题之间的关联较为密切。

4.4 技术研发特点分析

从国家(地区)层面而言,俄罗斯、中国、德国、澳大利亚、南非、加拿大等传统资源型大国相关技术研发主要集中在采矿、井巷工程以及井下基本设施等方面;而美国、日本、韩国和法国等技术型国家则主要面向自动控制和开采防护技术(表12)。

在机构层面,根据在该领域技术研发最为活跃的前10个机构的专利分布情况(表13),美国卡特彼勒公司、德国DBT公司以及日本日立建机公司(HITACHI CONSTR MACHINERY CO LTD)、日本小松集团(株式会社小松制作所)(KOMATSU SEISAKUSHO KK)等机构专利申请主要集中于掘进、电子数据传输、传动装置、运输系统、防护设施、动力系统、碎矿及非电变量控制与调节技术领域;而其余来自俄罗斯的机构则主要面向采矿基础作

2010年11月

表 12 2000年-2008年矿产资源领域主要专利申请国家/地区专利技术布局(基于IPC)

Table 12 Patented technology allocation of main countries/regions in mineral resources from 2000 to 2008 (based on IPC)

技术方向(IPC)	俄罗斯	美国	中国	日本	德国	澳大利亚	南非	韩国	法国	加拿大
E21C	607	107	83	21	70	18	46	7	5	5
E21D	215	98	100	95	129	84	138	5	3	11
E21B	302	69	31	22	45	18	24	1	2	6
E21F	164	35	103	20	60	25	19	-	3	6
E02F	103	94	13	54	25	23	3	11	3	2
G06F	-	174	21	62	5	13	2	13	3	-
B65G	62	33	58	9	103	18	9	4	1	3
F41H	40	16	-	120	50	3	4	11	25	5
F42D	111	19	11	22	4	7	12	7	8	2
E02D	61	35	23	33	22	6	5	3	2	5

表 13 2000年-2008年矿产资源技术主要研发机构专利技术指向(IPC)

Table 13 Main types of key patent assignees in mineral resources from 2000 to 2008 (based on IPC)

排序	机构名称	专利技术指向(国际专利分类) ¹⁾	所占专利总数百分比
1	CATERPILLAR INC	E02F;G06F;F16H	61.6
2	AS SIBE MINING INST	E21C;E21D;E21B	88.8
3	ST PETERSBURG PLEKHANOV MINING INST	E21C;E21D;E21F	78.4
4	DBT DEUT BERGBAU-TECH GMBH	B65G;E21D;E21C	95.1
5	AS SIBE N MINING INST	E21C;E21D;E21F	90.5
6	HITACHI CONSTR MACHINERY CO LTD	E02F;F41H;B60K	94.7
7	KOMATSU SEISAKUSHO KK	B02C;G05D;E02F	80.0
8	UNIV S RUSSIA TECH NOVCH POLY	E21B;E21D;B66B;E21C	75.0
9	CHITA MED ACAD	E21F;E21C	93.5
10	E MINING ORE REST INST STOCK CO	E21C;E21B;E21F	93.5

业和基础设施建设技术。

此外,从相对技术优势来看,专利申请最为活跃的前25家机构中,排名第一的美国卡特彼勒公司优势明显,其所拥有的专有技术²⁾最多为29项,其次是排名第四的德国DBT公司,为14项,其余机构中除俄罗斯科学院西伯利亚分院矿业研究所拥有2项之外,其他均没有专有技术。不仅如此,从机构所拥有的核心技术分析(基于专利被引分析),拥有核心技术最多的前10家机构中,有6家来自美国,3家来自日本,1家来自瑞典(均为全球知名矿业设备制造商或主要技术研发机构)。据此可知,在矿产资源领域技术领域,以美国、德国、日本等为代表的主要发达国家技术研发以技术创新为主,而包括俄罗斯和

中国在内的其他国家则主要面向基于已有技术的技术拓展。

5 科技发展演化分析

基于共现分析和结果可视化³⁾,进一步揭示2000年-2007年矿产资源领域科学研究和技术的发展演化。

5.1 论文与专利累计增长对比

通过对论文和专利累计数量百分比的对比,揭示矿产资源领域科学研究与技术开发发展的互动关系。

通过对比(图5),2000年-2007年,研究论文和专利在呈现总体相似的增长趋势的同时,也反映出二者增长强弱相交替的特点,这从一定程度上说明

1)受篇幅所限表中所列国际专利代码所代表的技术的中文释义无法逐一给出,除表10给出的以外,其它请参见《国际专利分类表》。

2)在此,技术的专属性是就相比较前25家机构所拥有的非共有专利技术(基于国际专利分类)而言。

3)采用可视化分析工具UCINET(UCINET6 for Windows)。

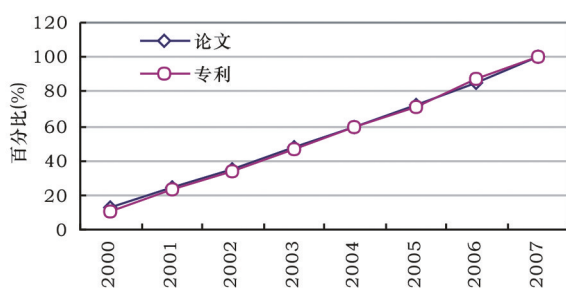


图5 2000年-2007年矿产资源领域论文与专利累计增长百分比

Fig.5 Comparison of cumulate percent increase of papers and patents in mineral resources from 2000 to 2007

了科学研究与技术之间发展的相互影响和促动。

5.2 发展演化分析时间段划分

依据论文和专利累计数量百分比的趋近程度(二者在2004年最为接近),可以将2000年-2007年时序范围划分为2个时间段,即2000年-2004年及2005年-2007年。基于此对2000年-2007年矿产资源领域科学研究和技术研发发展演化予以分析。

5.3 科学研究发展演化分析

5.3.1 研究主题结构演化 2000年-2004年矿产资

源领域研究主要集中于采矿与选矿、地球化学与地球物理学、环境科学、矿物学、地学交叉科学、冶金与冶金工程以及电及电子工程等主题领域。形成了2个比较明显的研究学科群:地学及相关学科群(主要包括采矿与选矿、地球化学与地球物理学、地质学、地质工程、环境科学、环境工程)、矿产资源开采设备及相关技术学科群(主要包括电及电子工程、光学、影像学、遥感科学、设备及仪器),研究体系的分化不甚显著(图6)。

2005年-2007年研究则主要集中于采矿与选矿、环境科学、地球化学与地球物理学、地学交叉科学、计算机人工智能等主题领域。较之2000年-2004年,研究体系分化明显,地学及相关学科群显著分化为以采矿与选矿、以地球化学与地球物理学和以矿物学为中心的学科子群;与此同时,出现了新的由计算机人工智能、计算机交叉科学、计算机信息系统、自动控制、计算机理论与方法、及机器人技术等组成的计算机学科群。此外,通信技术成为矿产资源开采设备及相关技术学科群的新增组成(图7)。

上述研究主题结构的变化反映了近年来先进

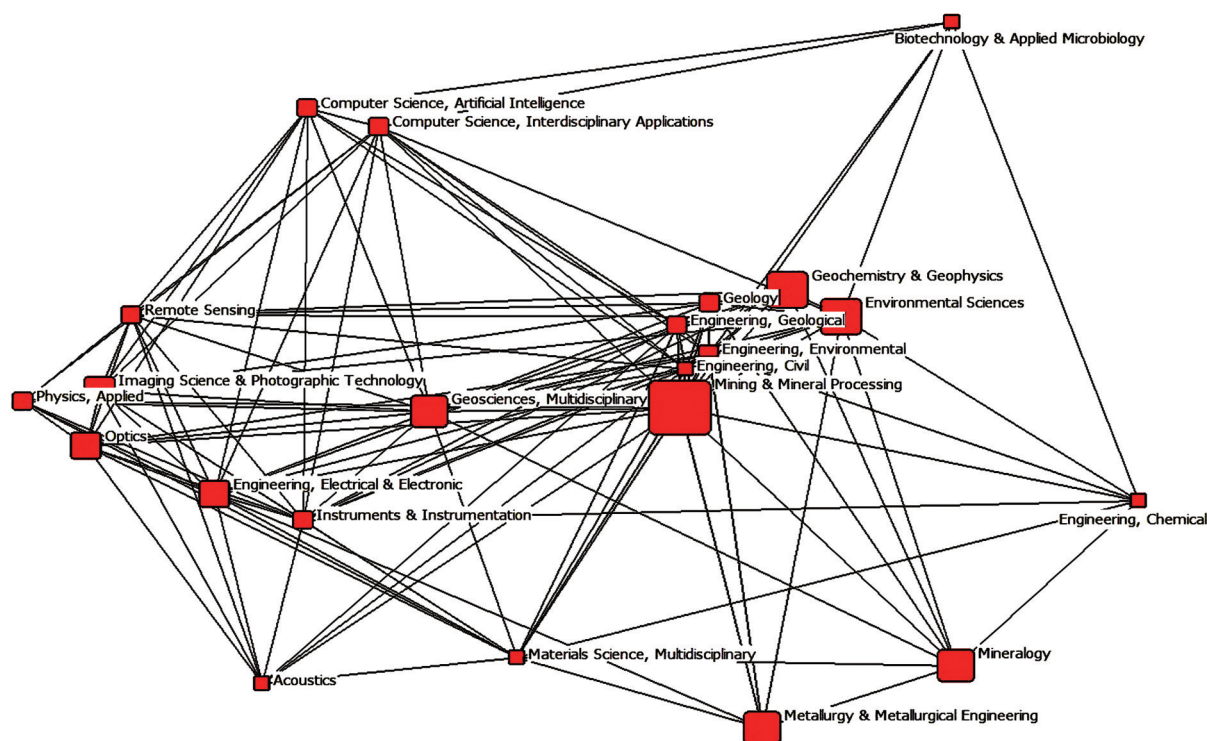


图6 2000年-2004年矿产资源领域研究主题结构

Fig.6 Structure of research topic in mineral resources from 2000 to 2004

2010年11月

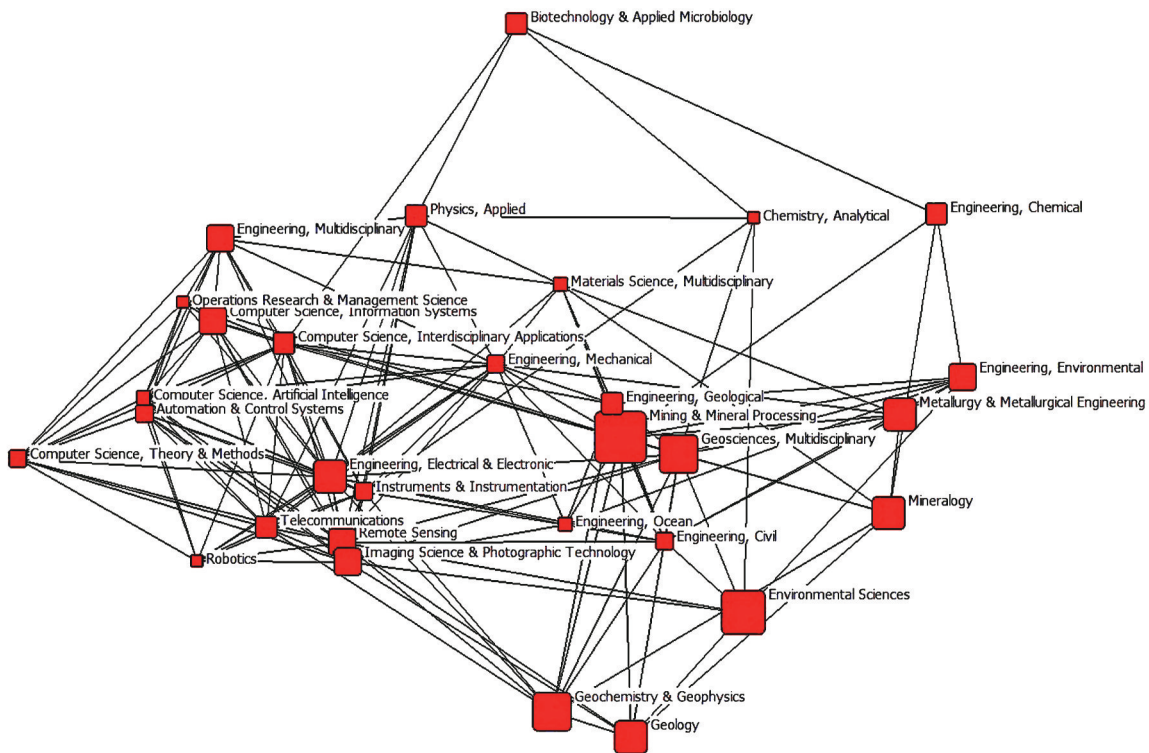


图7 2005年-2007年矿产资源领域研究主题结构

Fig.7 Structure of research topic in mineral resources from 2005 to 2007

技术和方法在矿产资源领域应用的拓展。

5.3.2 研究热点构成变化 2000年-2004年, 矿产资源领域的研究关注点主要集中于重金属矿及矿山重金属污染、采矿过程及工艺、铜、金矿采选、矿山酸性废水处理、含砷矿石处理(包括砷污染处理)及一般浸出工艺(图8)。

2005年-2007年, 研究关注点主要包括重金属矿及矿山重金属污染、含砷矿石处理(包括砷污染处理)、采矿过程及工艺、矿山酸性废水处理、铜、金矿采选、矿石及矿物晶体结构分析、尾矿处理、生物浸出工艺、尾矿处理、矿山植被恢复(图9)。

2005年-2007年矿产资源领域研究关注范围不仅在2000年-2004年基础上有较大拓展, 而且以生物浸出工艺、矿山植被恢复、采选技术优化、遥感技术和数值模拟为代表的新研究热点的出现表明近期矿产资源领域研究重点由传统基础研究及一般技术工艺向矿床开采及选矿自动化、先进复合技术(生物技术、遥感技术、计算机技术等)应用以及可持续发展型矿业(即绿色矿业)方向转变。

5.4 技术发展演化分析

在专利技术研发方面, 2000年-2004年, 矿产资源领域技术研发方向较为局限, 主要关注聚合物、

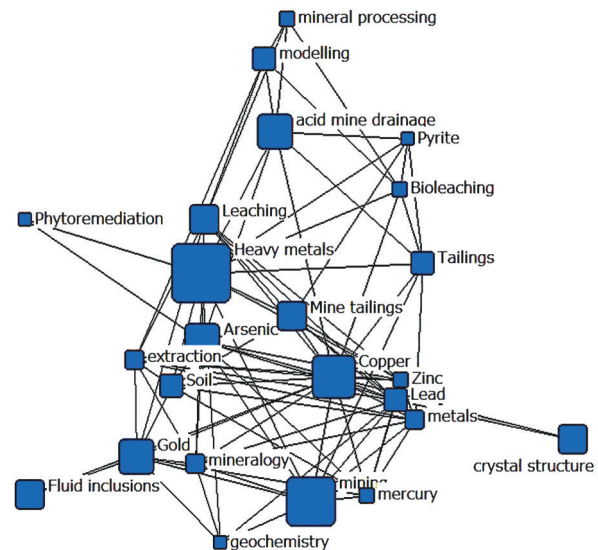


图8 2000年-2004年矿产资源领域研究热点构成

Fig.8 Composition of hot research topics in mineral resources from 2000 to 2004

机械工程、相关工业标准、冶金及自动控制技术, 同时形成以上述方向为主分化不十分明显的技术群(图10)。

2005年-2007年, 矿产资源领域技术研发方向明显由聚合物合成应用转向冶金。同时形成分化

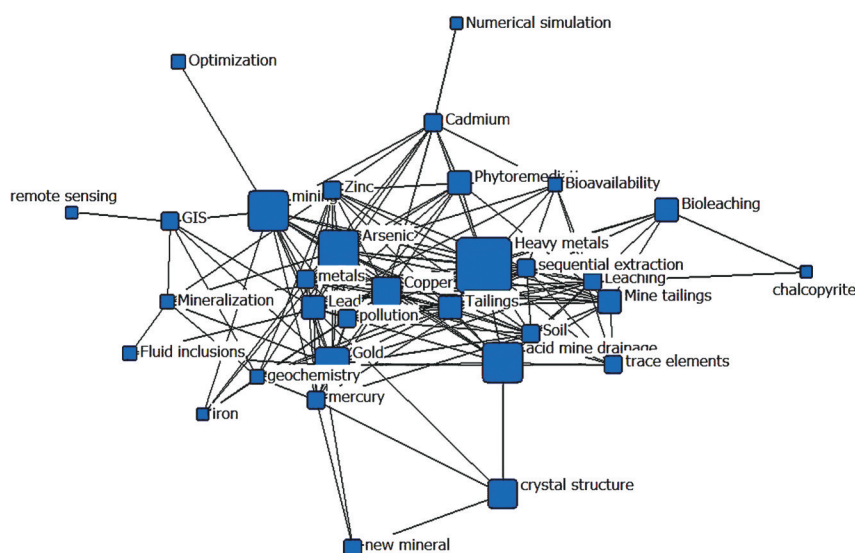


图9 2005年-2007年矿产资源领域研究热点构成

Fig.9 Composition of hot research topics in mineral resources from 2005 to 2007

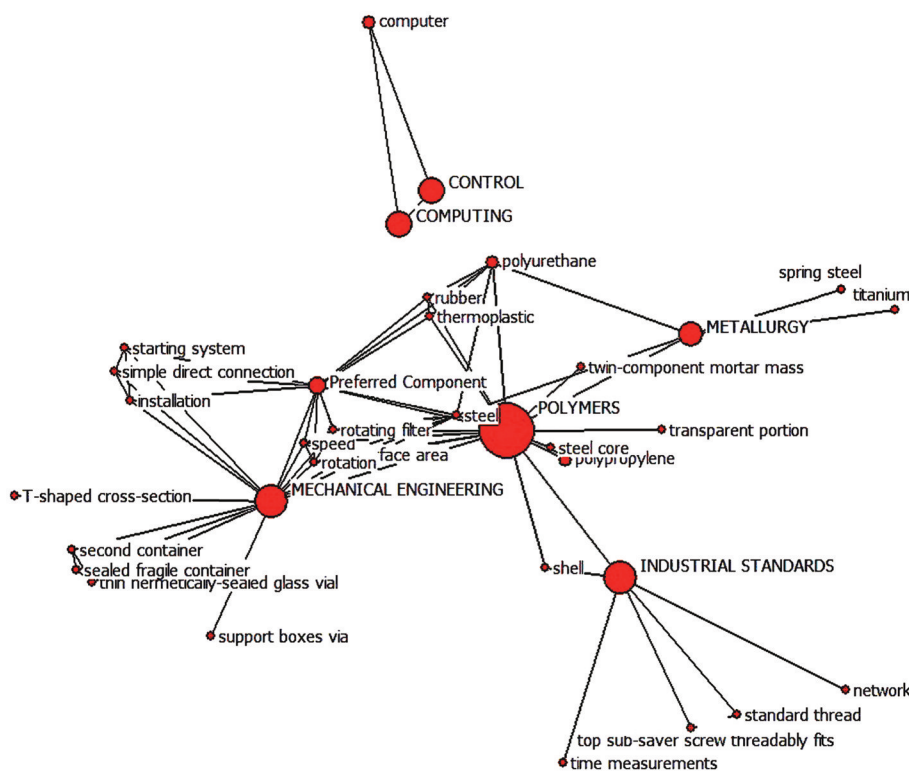


图10 2000年-2004年矿产资源领域技术热点构成

Fig.10 Composition of hot technical topics in mineral resources from 2000 to 2004

5.5 科学研究与技术发展演化比较

首先,在二者发展演化的时序关系方面,2000年-2007年矿产资源领域科学研究与技术发展演化相继经历了2000年-2003年的科学研究活跃期(研究论文增长高于技术专利)、2003年-2005年协同发展期(研究论文与技术专利增长相当)和2005年-2007年的技术研发活跃期3个阶段(技术专利增长高于研究论文)(图5)。显示出2000年至2007年时间范围,矿产资源领域由研究推动应用到科研与应用并举再到应用激发研究的科技发展轨迹。

其次,从二者在2000年-2004及2005年-2007两个时间段相对应的研究关注点和技术热点来看,科学研究明显倾向于相关问题及过程的理论或机理分析(如成矿机理、选矿机理、污染形成机理等),而技术研发则主要面向与之相关的实际应用(如采选工艺标准、金属提取与加工、污染防治等)。

分析数据及结果较为明晰地反映了矿产资源领域科学研究及技术研发的特质及其实际发展特征。

6 结论

基于对2000年-2008年矿产资源领域研究论文及专利文献的分析,可以得出有关

该领域发展状况的主要结论如下:

(1)矿产资源领域科学研究与技术研发活动主要集中于矿产资源大国和传统技术强国。科学研究方面,以美国、中国、加拿大、澳大利亚、德国、英国、南非、西班牙、法国和日本等国家为引领;在技

极为显著且相对独立的3大技术群:冶金、工业标准及聚合物合成应用技术群。同时,相关技术所涉及的矿产资源范围极大扩展,涵盖包括有色金属、贵金属及非金属在内的诸多重要矿产(2000年-2004年仅有钛和钢(铁)两种)(图11)。

2010年11月

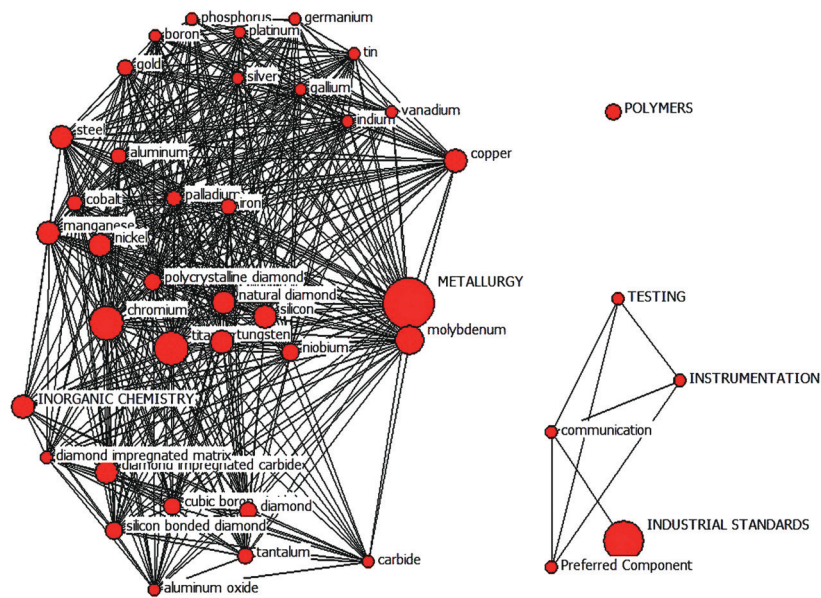


图 11 2005 年-2007 年矿产资源领域技术热点构成

Fig.11 Composition of hot technical topics in mineral resources from 2005 to 2007

术研发方面,俄罗斯、美国、中国、日本、德国、澳大利亚、南非、韩国、法国和加拿大最为活跃;

(2)在机构层面,矿产资源领域科学研究集中于国立研究机构(如俄罗斯科学院、中国科学院、美国地质调查局、西班牙国家研究理事会、澳大利亚联邦科学与研究组织等)和以高校为代表的公共研究机构(如中国矿业大学、中国地质大学、中国中南科技大学、加拿大英属哥伦比亚大学、南非金山大学等);技术研发则主要以企业和公共研究机构为主导;

(3)矿产资源领域科学研究主要涉及采矿与选矿、地球化学与地球物理学、生物技术与应用微生物学、环境工程、环境科学、微生物学、地学交叉科学、矿物学、冶金与冶金工程等领域。研究热点包括矿石采选方法及工艺、尾矿处理、金、铜等有色金属采选、重金属矿及矿山重金属污染、含砷等难选矿石处理(包括砷污染)、矿床地球化学及矿物学分析以及矿山环境保护等;技术研发则主要面向冶金学、聚合物学、工业标准、机械工程学、无机化学、计算机控制、电子学等领域。热点方向包括开采、掘进及井下基础工程技术、计算机控制、测量以及检测与探测技术等;

(4)在研究与技术发展演化方面,矿产资源领

域科学研究呈现先进技术和方法应用研究不断拓展的特点,即由传统基础研究及一般技术工艺研究向矿床开采及选矿自动化技术、先进复合技术(生物技术、遥感技术、计算机技术等)应用研究,以及矿业发展可持续性研究方向转变。技术研发则表现出注重工业专门应用、研发方向由分散到相对集中,以及应用范围由单一矿产资源向多种矿产资源拓展等特点。

(5)虽然在总体上我国在矿产资源领域的科学研究与技术研发均呈现持续较快增长势头,发展潜力巨大,但科学研究和技术研发发展水平不均衡,在科学研究方面,我国无论在总量增长还是研究主体的实力方面均表现较为突出;而技术研发方面,研发活动较为分散,研发主体的研发活力不足,从一定程度上反映出我国目前在该领域“重研究轻应用”的现状。

参考文献 (References):

- [1] 张钦礼,王新民,刘保卫. 矿产资源评估学[M].长沙:中南大学出版社,2007.
- [2] 中华人民共和国法典/法律出版社法规出版中心. 中华人民共和国矿产资源法实施细则[M].北京:法律出版社,2003.

Analysis of International Science and Technology Development in the Area of Mineral Resources

ZHANG Shuliang, ZHANG Zhiqiang, XIONG Yonglan

(The Lanzhou Branch of the National Science Library/The Scientific Information Center for Resources and Environment, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: As a basis of social and economic development, the strategic significance of mineral resources is increasingly apparent in the context of the contradiction between growing demand and limited supply. Meanwhile, the competition for advanced technology of sustainable development of mineral resources is becoming increasingly fierce. The transformation of the way of mineral resources development and utilization and technology improvement are critical to China's economic growth in the future. Aiming to reveal the development status, focus, and distribution of research and development (R&D) during the period 2000-2008, analysis of research and patent literature (data from the SCI-E/SSCI and Derwent Innovations Index, (DII)) is carried out using tools such as Thomson Data Analyzer (TDA), Aureka, and UCINET. Results showed that R&D activities in mineral resources are mainly from countries rich in resources (e.g., the United State, Russia, China, Canada, Australia, and South Africa) and developed countries (e.g., the United State, Japan, Germany, France, and South Korea). In addition, academic research bodies primarily consist of government research agencies (e.g., the Russia Academy of Sciences, Chinese Academy of Sciences, the United States Geological Survey, Spanish National Research Council, and Australian Commonwealth Scientific and Research Organization) and universities (e.g., China University of Mining and Technology, China University of Geosciences, the University of British Columbia, and the University of the Witwatersrand). Technological development is overwhelmingly dominated by public research institutions (e.g., AS SIBE Mining Inst. and St Petersburg Plekhanov Mining Inst.) and corporations (e.g., Caterpillar Inc., DBT Inc., Hitachi Construction Machinery Co., Ltd., and KOMATSU SEISAKUSHO KK). Scientific research focuses on methods and techniques of mining and ore-processing, tailing deposal, geochemistry, mineralogy of mineral deposit, and mine environment protection, while technological development primarily concentrates on technologies of mining, drivage and underground foundation engineering and technologies of computer control, measure and detection. As a whole, R&D of advanced technologies and approaches in mineral resources is increasing and applications keep expanding. In general, China's performance in the area of mineral resources is quite well, illustrated by active academic research and technology development, rapid growth of scientific-technological products, and the large potential in scientific and technological development. This work can provide a basis for revealing the international status of science and technology development in the area of mineral resources and unraveling current situations of the field in China.

Key words: Mineral resources; Non-energy producing mineral resources; Scientific research; Proprietary technology; Bibliometric analysis; Patent analysis