

基于 Scopus 和 Scival 的稀土材料研究分析

史冬梅¹, 刘龔龙¹, 刘荣辉²

(1. 科学技术部高技术研究发展中心, 北京 100044;

2. 有研科技集团有限公司 稀土材料国家工程研究中心, 北京 100088)

摘要:稀土是镧系元素和钪、钇共 17 种金属元素的总称, 具有独特的性质。稀土材料是我国材料领域重点发展的方向, 广泛应用于国民经济和国防工业各领域, 同时也是国际范围内的研究重点和前沿方向。为全面分析稀土材料领域研究现状及热点主题, 本文基于 Scopus 数据库和 Scival 科研管理分析平台, 针对 2015–2020 年稀土材料领域的科技文献, 对稀土材料领域学术产出学科分布、主要国家、发机构、研究主题及热点等情况进行研究分析。

关键词:稀土; Scival; Scopus; 研究热点

中图分类号: G353

文献标识码: A

文章编号: 1004-0277(2021)03-0150-09

稀土是镧系元素和钪、钇共 17 种金属元素的总称, 具有独特的电、磁、光等性能^[1], 广泛应用于国民经济和国防工业各领域^[2]。稀土是改造传统产业和发展新一代信息技术、生物、新能源等众多高新技术产业的关键元素^[3]。随着全球科技和产业变革的不断深化, 稀土在国民经济和社会中的应用价值与地位进一步提升。因此, 探究稀土的研究现状及热点, 有助于了解稀土材料的研究进展及发展趋势, 为我国科研政策及科技计划制定提供数据支持和参考。

科技论文是科学研究成果的主要表现形式和载体, 专利是技术创新和科学技术发明的产物^[4]。许振亮等^[5,6]通过知识计量学方法分析了稀土研究

领域的前沿和趋势; 运用专利文献计量方法针对稀土上游产业技术, 从技术成熟度、区域特征、高产研发机构等方面进行分析。汪玲玲^[7]基于专利对稀土永磁材料、稀土发光材料、稀土催化材料等 7 个关键技术领域进行了统计分析。稀土领域发表论文的数量与质量, 是衡量稀土材料领域科学技术研究水平的重要指标之一, 同时也是了解稀土科学研究的现状、热点与竞争力的一个重要方式。但目前从文献计量角度对稀土材料领域整体的研究现状和热点分析还较少。

本文基于 Scopus 数据库和 Scival 科研评价工具, 针对 2015–2020 年稀土材料领域的科技文献, 对稀土材料领域学术产出学科分布、主要国家、发

收稿日期: 2020-09-07

作者简介: 史冬梅(1964-), 女, 黑龙江大庆人, 博士, 研究员, 主要从事新材料等高新技术领域科技发展战略研究及科技计划管理,

E-mail: shidm@htrdc.com

DOI: 10.16533/J.CNKI.15-1099/TF.202103017

文机构、研究主题及热点等情况进行研究分析。

1 稀土材料的学术产出总体情况和学科分布

1.1 数据库及文献计量指标

Scopus 数据库是荷兰爱思唯尔(ELSEVIER)出版社在 2004 年推出的文摘引文数据库,收录全球 5000 余家出版社的 23450 余种同行评议期刊、75000 多册图书以及 980 多万篇会议论文^[8]。Scival 科研管理分析平台共享 Scopus 数据库,量化分析全球 230 个国家和 14000 多个研究机构的研究成果数据,是全球比较权威的科研和绩效分析工具^[8]。目前 Scopus 和 Scival 已为全球知名机构 QS、THE、US News、软科等提供统计数据库源和评价指标^[9,10]。

本文分析采用的文献计量指标如下:

(1) 归一化影响因子(Field-Weighted Citation Impact)FWCI:标准化后的论文影响力,计算的是对象论文的被引用次数和相同学科、同年份、相同类型论文平均被引次数的比值^[11],FWCI 通过归一化消除了不同学科和文献发表年限的差异性,用于评价学术产出质量情况,是目前国际公认的定量评价科研论文质量的最优方法^[12]。

(2) 前 1% 高被引论文比例(Output in Top 1% Citation Percentiles)是在所选领域按出版年份,根据引用次数被列入全球前 1% 的文献数量与所选领域及出版年份的总文献的比值。通常在其研究领域具有较高的影响力,是其研究成果得到学术界广泛关注的直接体现。

(3) 合作分析(Collaboration):用于评价国家、机构等层面合作的类型,学术产出的合作包括国际合作、国内合作、机构内合作、独立完成。

1.2 稀土材料文献总体情况

基于 Scopus 数据源,以“rare earth”为检索词进行检索(检索日期 2020 年 7 月 23 日),选择材料科学、物理与天文学、化学、工程学、化工、环境科学、能源 7 个学科领域,在 2015-2020 年 7 月针对稀土

材料研究,学术产出共 24976 篇,全球平均 FWCI 为 0.96,涉及 132 个国家/地区。

从论文产出的类型来看,期刊论文 20822 篇,占比 83.4%;会议论文 2852 篇,占比 11.4%;还包括图书、综述等其他类型文献。

从时间分布来看,如图 1 所示,2015 年-2019 年来稀土材料相关的文献数量逐年上升,参与的学者数量也逐年增加。

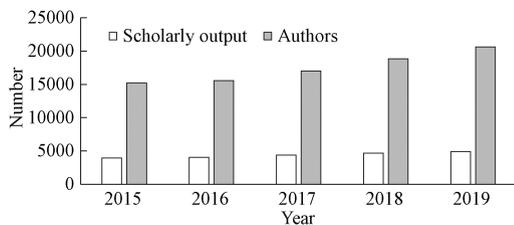


图 1 2015-2019 年稀土材料的发文量和参与学者数
Fig. 1 Scholarly outputs and authors of rare earth from 2015 to 2019

1.3 稀土材料文献学科分布

从学科分布来看,涉及材料科学 14072 篇、物理与天文学 9640 篇、化学 8483 篇、工程学 8258 篇、化学工程 2961 篇、环境科学 2327 篇、能源 1171 篇,除选定的 7 个学科外还涉及地球与行星学、生物化学、计算机科学、数学、医学、农业等 18 个学科领域,共计 25 个学科领域。由此可见,稀土材料研究工作体现了多学科交叉发展的特性和稀土材料应用领域的广泛性。

2 稀土材料学术产出的国家分布

根据发文量按照所属国家进行统计,选取发文量排在前 10 位的国家,针对发文量、FWCI 影响因子、前 1% 高被引论文比例以及国际合作等情况进行对比分析,如表 1 所示。

按照发文量排序来看,中国发文量最高,遥遥领先其他各国,位居第一;其次是美国、印度,发文量 2000 篇以上,俄罗斯、德国、日本、法国发文量 1000 篇以上,英国、韩国、波兰位列前十。根据 FWCI 影响因子和前 1% 高被引论文比例来看,美国、英国、德国论

文质量和学术影响力较高。从国际合作比例来看,法国、英国、德国等国际合作比例超半数以上。

表 1 2015–2020.7 稀土领域发文量前 10 位的国家

Table 1 Top 10 countries ranked by outputs of rare earth from 2015 to 2020.7

No.	Country	Scholarly output	FWCI	Output in top 1% citation percentiles/%	International cooperate/%
1	China	9850	0.94	1.7	16.8
2	United States	2923	1.35	2.2	47.6
3	India	2130	1.00	1.3	24.6
4	Russia	1975	0.60	0.8	29.9
5	Germany	1556	1.16	1.9	58.9
6	Japan	1405	0.95	1.3	37.5
7	France	1130	1.03	0.3	74.1
8	United Kingdom	746	1.33	2.1	71.7
9	Korea	741	1.10	1.8	44.3
10	Poland	713	0.95	1.8	49.9

总体来讲,中国论文数量位居第 1,但论文的影响力在中等偏下,国际合作程度最低。美国论文数量位居第 2,论文的影响力位居前列,国际合作程度居中。印度、俄罗斯和日本论文数量位居第 3、4 名和 6 名,论文的影响力和国际合作程度偏低。德国和英国论文数量位居第 5 和 8 名,论文的影响力和

国际合作程度均居于中等偏上。法国论文数量位居第 7 名,但论文的影响力偏低,国际合作程度排在第 1 名。韩国和波兰的论文数量位居第 9 和 10 名,论文影响力位居中等。

3 稀土材料学术产出的机构情况分析

根据在稀土领域发文机构的数量统计来看,共 3942 个机构涉及稀土的研究,其中高校 3047 所,研究院 591 所、企业 247 家。

3.1 发文量前 200 家机构的论文数量分析

发文量前 200 的机构涉及 27 个国家,分别为中国 73 家,俄罗斯 19 家,法国 18 家,美国 17 家,德国 13 家,印度 11 家,日本 10 家,波兰 6 家,加拿大、西班牙各 3 家,澳大利亚、巴西、韩国、捷克、瑞典、瑞士、乌克兰、新加坡、意大利、英国各 2 家,比利时、荷兰、马来西亚、葡萄牙、沙特阿拉伯、突尼斯、伊朗各 1 家。按照机构类别来说,高校有 151 所,是稀土研究的主力,研究院所 47 所,企业 2 家。

发文量在前 10 的机构如表 2 所示,中国有 6 家,俄罗斯 2 家、法国、波兰各 1 家。发文量位居首位的是中国科学院,其次是俄罗斯科学院、法国国家科学研究中心发文均在 500 篇以上,随后是中国科学院大学、北京科技大学、江西科技大学、莫斯科国立大学、内蒙古科技大学、东北大学和波兰科学院。

表 2 2015–2020.7 稀土领域发文量前 10 的机构

Table 2 Top 10 institutes ranked by outputs of rare earth from 2015 to 2020.7

No.	Institute	Country	Scholarly output	FWCI	Output in top 1% citation percentiles/%
1	Chinese Academy of Sciences	China	1363	1.23	2.2
2	Russian Academy of Sciences	Russia	786	0.51	0.5
3	National Center for Scientific Research	France	727	0.99	0
4	University of Chinese Academy of Sciences	China	385	1.17	2.1
5	University of Science and Technology Beijing	China	368	0.91	3.3
6	Jiangxi University of Science and Technology	China	325	0.69	1.2
7	Lomonosov Moscow State University	Russia	284	0.6	0.7
8	Inner Mongolia University of Science and Technology	China	275	0.47	0.4
9	Northeastern University	China	265	0.93	1.9
10	Polish Academy of Sciences	Poland	261	1.14	1.9

3.2 发文量前 200 家机构的论文质量分析

发文量前 200 家机构按照 FWCI 论文影响力排序,如表 3 所示,其中前 10 的机构中美国和中国各 3 家,伊朗、比利时、澳大利亚、德国各 1 家。位居前 10 的机构分别为肯塔基大学、太原理工大学、斯坦福大学、中国矿业大学、哈尔滨工程大

学、德黑兰大学、荷语天主教鲁汶大学、新南威尔士大学、达姆施塔特工业大学、宾夕法尼亚州立大学。其中,太原理工大学、中国矿业大学、新南威尔士大学、肯塔基大学的前 1% 高被引论文比例突出,说明其研究成果得到学术界关注度较高。

表 3 2015-2020.7 稀土领域发文量前 200 机构 FWCI 论文影响力前 10 机构

Table 3 Top 10 institutes ranked by FWCI between top 200 institutes ranked by outputs of rare earth from 2015 to 2020.7

No.	Institute	Country	Scholarly output	FWCI	Output in top 1% citation percentiles/%
1	University of Kentucky	United States	60	2.88	8.3
2	Taiyuan University of Technology	China	70	2.69	17.1
3	Stanford University	United States	55	2.44	7.3
4	China University of Mining and Technology	China	51	2.38	11.8
5	Harbin Engineering University	China	84	2.17	4.8
6	University of Tehran	Iran	63	2.13	6.3
7	Catholic University of Leuven	Belgium	122	2.08	5.7
8	The University of New South Wales	Australia	77	1.98	9.1
9	Darmstadt University of Technology	Germany	82	1.97	4.9
10	The Pennsylvania State University	United States	74	1.88	4.1

发文量前 200 机构中,中国在发文量和 FWCI 论文影响力前 10 机构中分别有 6 家和 3 家,俄罗斯在发文量前 10 机构中有 2 家,但无进入 FWCI 影响力因子前 10 机构,美国和德国没有发文量在前 10 的机构,但 FWCI 论文影响力前 10 机构中分别有 3 家和 1 家。

4 研究热点和主题分析

Scival 在主题创建过程中采纳全域微观模型,对 Scopus 中从 1996 年到 2020 年以来所有科学领域论文和参考文献进行聚类,形成近 9.6 万个研究主题^[13]。研究主题的命名方法综合使用了指纹技术(EFT)和特殊短语,Scival 自动给出 3 个术语来命名每个主题,前两个使用 EFT 生成,一般选择高频词,提供对主题在研究领域或者专业方向高层次上的描述,第三个选择关于此主题的特殊短语,是

对主题在研究问题层次上作更具体的描述^[14]。

2015 年到 2020 年 7 月,稀土研究领域的 24976 篇文章涉及 3673 个相关主题。其中发文量前 100 的主题(发文量为 46~679 篇)共涉及论文数量 11666,占总发文量的 46.7%。对前 100 个的相关主题进行归类形成 9 个研究热点,如表 4 所示。

以下对每个研究热点的具体研究主题进行分析。

4.1 稀土光功能材料(Rare earth luminescent materials)

涉及稀土荧光粉材料、上转换发光材料、块体发光材料、有机发光材料、光纤及激光器材料研究等 31 个相关主题,发文量 3978 篇。其中,稀土荧光粉材料包括以 Tm^{3+} 、 Dy^{3+} 、 Eu^{3+} 、 Tb^{3+} 、 Sm^{3+} 等具有 f-f 禁戒跃迁的稀土离子或者 Ce^{3+} 、 Eu^{2+} 具有 f-d 允许跃迁的离子作为发光中心的荧光粉光致发光性能研

究;适用于紫外、近紫外、蓝光芯片激发的白光 LED 用荧光粉的光谱性能调谐、热稳定性提升与机理研究等。稀土上转换发光材料包括 Yb^{3+} - Er^{3+} 、 Tb^{3+} - Er^{3+} 共掺氧化物、氟化物等荧光粉材料合成、上转换发光性能研究;以 Yb^{3+} 、 Er^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Eu^{3+} 、 Tb^{3+} 、 Pr^{3+} 等具有 f-f 特征禁戒跃迁的镧系稀土离子为发光中心,利用激发态吸收(ESA)、光子雪崩(PA)、能量传递上转换(ETU)等机理实现上转换发光的相关机理研究,尤其是由近红外光范围转换到可见光范围的光色调谐机理研究等。稀土块体发光材料包括 Dy^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Sm^{3+} 、 Tb^{3+} 等具有 f-f 特征禁戒跃迁的镧系稀土离子为发光中心,掺杂玻璃的发光特性,尤

其是白光发光特性以及机理研究; Eu-RE^{3+} ($\text{RE} = \text{Dy}, \text{Sm}, \text{Tb}$) 共掺杂氟氧化物玻璃和微晶玻璃的合成、发光特性以及能量传递等机理的研究等。稀土光纤与激光器包括 Er^{3+} - Yb^{3+} - Tm^{3+} 或者 Ho^{3+} - Yb^{3+} - Ce^{3+} 三掺杂硝酸盐玻璃材料的发光性能以及该材料在能量传递等机理的作用下 $2.0 \mu\text{m}$ 发光效率增强的研究; $2.5 \mu\text{m} \sim 5.0 \mu\text{m}$ 中红外激光晶体的合成、晶体生长机理与相关性能表征的研究。稀土有机发光材料包括含有 Eu^{3+} 、 Tb^{3+} 稀土离子的大分子配合物的制备合成方法与机理研究、结构以及发光性能的研究;具有近红外发光的新型稀土配合物的合成机理及光致发光研究等。

表 4 2015-2020.7 年稀土领域热点主题及指标表

Table 4 Hot topics and metrics of rare earth from 2015 to 2020.7

No.	Hot topics	Scholarly output	The number of topics
1	Rare earth luminescent materials	3978	31
2	Rare earth magnetic functional materials	2350	24
3	Preparative separation and recovery of rare earth	1958	13
4	Rare earth metal materials and alloys	1044	9
5	Rare earth electronic materials	792	10
6	Rare earth energy materials and ceramic materials	446	4
7	Influence of rare earth on environment	451	4
8	Rare earth photo catalysis and catalytic materials	402	4
9	Rare earth strategic materials supply risk	245	1
Total		11666	100

4.2 稀土磁功能材料(Rare earth magnetic functional materials)

涉及稀土钕铁硼、钕钴等永磁材料、钙钛矿型锰氧化物等磁电材料、稀土金属间化合物的磁热材料、磁功能材料基础研究等 24 个主题,发文量 2350 篇。其中稀土永磁材料包括氢破碎工艺对稀土材料晶粒细化方面的影响研究;稀土镧、铈、镨、镝、铽等元素取代对钕铁硼内禀磁晶各向异性的影响研究;钴、镓、铝、铜、铅、铪等元素取代对钕铁硼等稀土永磁材料居里温度和矫顽力的影响研究;晶界扩散稀土镝、铽等在提高钕铁硼等稀土永磁材料矫顽

力和性能方面的研究;重稀土减量化和混合稀土的利用,多主相技术在钕磁体开发研究方面的应用;钕钴和钕铁硼等永磁体在各类永磁电机中的应用研究等。稀土磁电材料包括稀土对掺杂钙钛矿型锰氧化物铁电体和铋系铁电体介电性能的影响研究,稀土对掺杂尖晶石铁氧体、钡铁氧体磁电性能和磁光性能的影响研究;稀土磁热材料包括稀土镧、铈、镨、钆、铈、铪对传统和新型金属间化合物以及钙钛矿型锰氧化物的磁热效应的影响研究;稀土功能材料基础研究包括稀土对永磁材料磁晶各向异性、交换耦合作用、温度系数和矫顽力机理

的影响研究,稀土对掺杂钙钛矿锰氧化物和铁氧体磁化反转以及饱和磁化强度的影响研究,稀土对绿石磁结构的影响研究,稀土对有机磁性材料磁弛豫和磁性能的影响,无稀土锰钽等永磁体和铁氮永磁体的开发等。

4.3 稀土制备、分离和回收 (Preparative separation and recovery of rare earth)

涉及稀土矿物主要包括岩矿型稀土矿和风化壳淋积型稀土矿提取稀土元素的方法、从含有稀土的资源分离稀土技术以及含稀土产品的稀土二次回收等 13 个相关主题,发文量 1958 篇。其中稀土矿物主要包括岩矿型稀土矿和风化壳淋积型稀土矿的提取稀土元素方法研究;十二烷基磷酸酯钾、磷酸四丁铵双-磷酸盐、苯并羟膦酸盐、塔尔油脂肪酸等浮选剂对稀土元素提取的影响研究。从含有稀土的资源分离主要包括了从原煤、粉煤灰、赤泥、磷石膏、磷酸、磷酸污泥等中提取制备技术的研究。稀土二次资源研究主要涉及荧光灯废料、钕铁硼磁体废料、含稀土的催化剂废料和电子废弃物等的回收利用;利用湿法冶炼工艺二次资源回收研究;荧光灯、采用硫酸化、选择性焙烧和水浸出工艺的钕铁硼磁体废料中稀土的回收研究;酸浸-选择性沉淀法或溶剂萃取法萃取催化裂化废渣中稀土的研究等。吸附材料研究包括二甘醇-氨基甲酸改性硅胶、无机磷酸修饰介孔 SBA-15、新型 GA-g-PAM/SiO₂ 纳米复合材料等材料的高效吸附作用研究。

4.4 稀土金属材料及合金 (Rare earth metal materials and alloys)

涉及稀土对镁合金、铝合金及钢等金属材料及合金的组织 and 性能的影响、稀土镁合金植入物材料、稀土对激光熔覆金属材料涂层影响等 9 个相关主题,发文量 1044 篇。稀土对镁合金组织和性能影响的主要研究内容包括稀土镧、铈、钕、钇、钆、铟、钪等元素对镁合金晶粒细化等组织和力学性能的影响;稀土变形镁合金孪晶及塑性变形等性能研究。稀土镁合金植入物材料的研究内容主要包括稀土镁合金植入物的生物降解和腐蚀性能研究。

稀土对各种合金钢的组织 and 性能影响的研究主要包括稀土对铝合金组织和力学性能影响;镁合金中准晶与长周期结构的转变、稀土对激光熔覆铝合金、镍基、钴基合金等表面涂层组织性能的影响研究;稀土对铝合金、钢等金属材料腐蚀性能研究等。

4.5 稀土电子材料 (Rare earth electronic materials)

涉及用于稀土掺杂晶体及量子通信、稀土掺杂铁电材料、稀土掺杂硒基硫系中红外材料、稀土钙钛矿超晶格、稀土掺杂氮化铝材料、稀土掺杂超导材料、稀土(硫、硒)化合物、稀土电子焊料等 10 个相关主题,发文量 792 篇。稀土掺杂超导材料的主要研究内容包括稀土对铜基超导体临界电流密度和钉扎性能的影响;稀土对铁基超导体超导电性和超导温度的影响;稀土超导体线圈在核磁共振、探测器等方面的应用评价。稀土钙钛矿超晶格的研究主要包括稀土对钙钛矿氧化物中电子输运性质、巨磁电阻效应和金属-绝缘体转变的影响。稀土对掺杂晶体及量子通信研究主要包括稀土掺杂氧化锌半导体电子激发和电子跃迁的影响;稀土对氮化镓、氮化铝半导体载流子浓度和载流子迁移率的影响;稀土氮化物的电子结构和导电特性研究;稀土对量子传感器光激发态电子自旋的影响以及稀土在纠缠系统量子储存器中的应用研究。稀土(硫、硒)化合物的研究主要包括稀土对多元稀土硫化物电子结构和电子跃迁特性的影响。稀土电子焊料的研究主要包括稀土对电子封装材料中纳米粒子耦合界面微观结构和性能的影响研究等。

4.6 稀土能源材料和陶瓷材料 (Rare earth energy materials and ceramic materials)

涉及稀土储氢合金、稀土掺杂氧化铈等固体氧化物燃料电池电解质材料、稀土钨酸盐等陶瓷材料、稀土陶瓷热障涂层研究 4 个相关主题,发文量 446 篇。稀土储氢合金的主要研究内容包括稀土镧、铈、钕等镁基储氢合金材料组织相变、电化学性能、储氢性能和腐蚀性能的研究及在镍氢电池上的应用研究。稀土掺杂氧化铈固体氧化物燃料电池电解质的研究包括稀土掺杂氧化铈等固体氧化物

燃料电池电解质材料的导电性能和力学性能等研究。稀土锆酸盐的主要研究包括稀土锆酸盐、锡酸盐等陶瓷材料的微观组织结构及物理性能、电学性能等研究;稀土锆酸盐、硅酸盐等离子喷涂陶瓷热障涂层的工艺、组织结构、热学性能及力学性能研究等。

4.7 稀土对环境的影响 (Influence of rare earth on environment)

涉及稀土元素对地球环境、水文环境、动植物体等影响 4 个主题,发文量 451 篇。稀土元素对地球环境方面影响的主要研究包括稀土元素的地球化学行为、海洋沉积物及其在环境中的赋存特征;稀土元素在海洋沉积物、远洋粘土、城市地下及地表水中赋存表征方法的研究;世界范围内的相关地球化学的研究等。稀土元素对生命健康方面影响的研究主要包括动植物体内和人体的相关研究。稀土元素对植物体影响的研究内容主要包括稀土元素对农作物如大豆、水稻、玉米、叶菜、蔬菜中稀土元素含量及对人体健康风险评价研究;ICP-MS 法、固相萃取-ICP-OES 法和仪器中子活化分析法等稀土元素表征手段的研究。稀土元素对动物体影响的研究内容主要包括稀土对哺乳动物、鱼类和无脊椎动物的生物效应。稀土元素对人类影响的研究内容主要包括从遗传学角度考虑考察稀土元素对人体的影响、稀土元素的毒性相关研究、职业毒理学研究、肿瘤患者血液和器官组织中的稀土元素浓度分析研究等。

4.8 稀土光催化和催化材料 (Rare earth photocatalysis and catalytic materials)

涉及机动车尾气催化剂、光催化剂、燃料电池催化剂、石油裂化催化剂和生物质催化剂等材料 4 个相关主题,发文量 402 篇。机动车尾气稀土催化剂的研究主要包括沉淀法、溶胶凝胶法、水热法等催化剂制备方法的研究;通过 Ce 和 La 等稀土元素的掺杂提高催化剂的比表面和空燃比窗口的研究;不同催化剂在汽油车三效催化剂装置的应用研究;通过 Ce、Pr 和 Gd 的掺杂提升 NO_x 催化性能和抗硫

性能的研究;催化剂在柴油车尾气净化等环保领域的应用研究。光催化稀土材料的研究主要包括离子掺杂对光催化性能的影响研究,例如:Gd 掺杂会诱导 TiO_2 形成结构缺陷,增强电荷转移和光催化活性,可应用于光分解水制氢,Ce 掺杂能有效调控 TiO_2 晶格畸变和光催化活性,可用于光催化降解苯并羟肟酸等有机废物处理领域。燃料电池用稀土催化剂的研究主要涉及利用稀土元素的离子电荷特性和稀土-金属协同效应来提高燃料电池催化剂活性的研究;稀土元素对固体氧化物燃料电池(SOFC)催化材料进行修饰以降低极化阻抗,提高电极活性和电池输出功率,降低氧还原活化能的研究。石油催化裂化用稀土催化剂的研究主要包括通过稀土元素对低碳烯烃裂化催化剂和高辛烷值汽油催化剂等材料进行改性的研究;稀土引入分子筛孔道,起到稳定分子筛结构、提高催化活性的作用研究。生物质稀土催化剂研究主要涉及利用稀土元素来提高催化剂稳定性和活性的研究;催化剂在生物乙醇制氢以及生物质催化领中的应用研究。

4.9 稀土战略物资的供应风险 (Rare earth strategic materials supply risk)

涉及稀土战略资源的供应风险 1 个相关主题,发文量 245 篇,研究内容包括稀土资源和供应风险、稀土生命周期评估和回收、稀土元素有效利用以及在能源等领域需求分析;全球稀土资源勘探与开发前景探讨;全球稀土政治经济的变化;中国、欧盟、日本、美国等主要稀土市场主体地位的变化;全球稀土元素利用及未来供需分析;全球稀土消费趋势分析;全球稀土供应、生命周期评估和风能、全球钕铁硼磁体稀土元素回收潜力估算;全球价值链中稀土元素闭环的治理与风险价值构建等。

5 小结及建议

5.1 主要结论

基于 Scopus 和 Scival 分析平台,对“十三五”期间 2015-2020 年国内外稀土材料领域的学术论文产出、论文影响力等相关指标进行比较分析,得出

以下结论:

稀土材料研究的产出以期刊论文为主,发文数量和参与作者每年呈增长的趋势。

从发文学科分布来看,稀土材料研究涉及材料科学、物理与天文学、化学、工程学、化工、环境科学、能源等学科领域,研究工作体现了多学科交叉发展的特性和稀土材料应用领域的广泛性。

从发文的国家来看,中国位居第一;其他前10的国家分别是美国、印度、俄罗斯、德国、日本、法国、英国、韩国和波兰,其中美国、英国、德国的论文质量和学术影响力较高。

从发文机构来看,高校为主,其次为研究院和企业。发文量位居首位是中国科学院、俄罗斯科学院、法国国家科学研究中心等紧随其后。发文影响力和前1%高被引论文比例突出的机构有太原理工大学、中国矿业大学、澳大利亚新南威尔士大学、美国肯塔基大学。

从发文主题和热点来看,研究主要集中在稀土光功能材料、稀土磁功能材料、稀土制备、分离和回收、稀土金属材料、稀土电子材料、稀土对环境的影响、稀土光催化和催化材料、稀土能源材料和陶瓷材料以及稀土战略物资的供应风险等方面。

5.2 建议

稀土作为战略资源,稀土材料的研究得到各国的重视,我国在稀土材料领域具有突出的资源优势,在稀土材料研究领域文献产出数量和研发机构数量均位居世界第一,但相对美国,我国论文的总体质量和影响低于美国,国际合作程度较低,论文产出主要集中在高校和研究所,企业的学术产出较少。

建议在“十四五”期间,在新的国际竞争格局下,围绕稀土材料的发展前沿热点和国民经济和国防军工领域的需求,加大对稀土材料的研发投入,重视稀土矿产资源开发和冶炼分离技术和稀土材料产品的二次回收利用技术,提高稀土资源的利用效率,加强稀土在光功能材料、磁性材料、电子材料、能源材料和金属材料等前沿热点的研究,提升稀土的平衡利用和

稀土材料附加值,推动稀土材料全产业链的研发和技术创新,提升研发和技术创新能力。

鼓励国内研发机构加强与国际上稀土材料研发的优势国家和机构的国际合作,提升研发能力和学术影响力;加强高校和研究机构与企业的合作,提高企业技术创新能力和研发成果的产出。继续切实推进科技评价“三评”改革及破除“四唯”不良导向,鼓励科研单位发表具有业界公认的国际顶级或重要科技期刊、国际影响力的国内科技期刊、以及国内外顶级学术会议上的报告论文,提高我国稀土材料的学术论文的影响力和国际竞争力。

参考文献:

- [1] 梁小蕊,江炎兰,周鸣宇,李慧. 稀土材料的应用及发展趋势[J]. 化学工程师,2011,25(5):30-33.
Liang X R, Jiang Y L, Zhou M Y, Li H. Application and trend of development of rare earth material[J]. Chemical Engineer, 2011, 25(5): 30-33.
- [2] 中国科学技术协会,中国稀土学会. 稀土科学技术学科发展报告(2014—2015)[M]. 北京:中国科学技术出版社,2016.
China Association for Science and Technology, The Chinese Society of Rare Earths. Report on Advances in Rare Earth Science and Technology (2014—2015) [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2016.
- [3] 黄小卫,张永奇,李红卫. 我国稀土资源的开发利用现状与发展趋势[J]. 中国科学基金,2011,25(3):134-137.
Huang X W, Zhang Y Q, Li H W. Development trend and research progress of rare earth extraction in China [J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2011, 25(3): 134-137.
- [4] 宋巧枝,方曙. 基于文献统计分析法的专利计量分析研究[J]. 现代情报,2008,(2):125-126,129.
Song Q Z, Fang S. Measure analyzing on patent based on literature statistic analysis [J]. Journal of Modern Information, 2008, (2): 125-126, 129.
- [5] 许振亮,刘冬潇,刘喜美. 国际稀土研究前沿及研究趋势的知识计量分析——基于 Sci² 工具包的视角[J]. 中国稀土学报,2017,35(3):392-402.

- Xu Z L, Liu D X, Liu X M. Knowledgeometrics analysis of research fronts and research trend in research area of international rare earth—based on view of Sci² tool [J]. *Journal of the Chinese Society of Rare Earths*, 2017, 35(3):392-402.
- [6] 许振亮,刘喜美,刘冬潇. 稀土上游产业技术研发状况及趋势分析——基于专利计量的视角[J]. *稀土*, 2018,39(3):138-148.
- Xu Z L, Liu X M, Liu D X. The analysis of the trend and status of research & development in the upstream industry technology of rare earth—based on the perspective of patent measurement [J]. *Chinese Rare Earths*, 2018, 39(3):138-148.
- [7] 汪玲玲. 稀土功能材料的专利态势分析[J]. *中国金属通报*, 2020, (11):5-8.
- Wang L L. Patent analysis of rare earth functional materials[J]. *China Metal Bulletin*, 2020, (11):5-8.
- [8] Elsevier. How scopus works. Content[EB/OL]. <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/how-scopus-works/content>.
- [9] World university rankings 2015-2016 methodology [EB/OL]. <https://www.timeshighereducation.com/news/ranking-methodology-2016>.
- [10] QS intelligence unit ranking indicator [EB/OL]. <http://www.iu.qs.com/university-rankings/indicator-citations-per-faculty>.
- [11] Scival. Research Metrics Guidebook. [EB/OL]. https://p.widencdn.net/5pyfuk/ACAD_RL_EB_ElsevierResearchMetricsBook_WEB
- [12] 匡登辉,张立彬. 顶级学术论文的补充计量学特征分析:基于“Nature”周刊的实证研究[J]. *情报理论与实践*, 2019,42(2):80-86.
- Kuang D H, Zhang L B. Altmetrics characteristics analysis of top academic papers: An empirical study based on “nature” weekly [J]. *Information Studies: Theory & Application*, 2019, 42(2):80-86.
- [13] Scival Support Center. Topic-prominence-in-science [EB/OL]. <https://www.elsevier.com/solutions/scival/releases/topic-prominence-in-science>.
- [14] 崔宇红,王飒,高晓巍,杨卉,曹学伟. 基于全域微观模型的研究前沿主题探测和特征分析[J]. *图书情报工作*, 2018, 62(15):75-82.
- Cui Y H, Wang S, Gao X W, Yang H, Cao X W. Detecting and characterizing research fronts topics based on global-micro model [J]. *Library and Information Service*, 2018, 62(15):75-82.

Research on Rare Earth Materials Based on Scopus and Scival

SHI Dong-mei¹, LIU Yan-long¹, LIU Rong-hui²

(1. High Technology Research and Development Center, Ministry of Science and Technology, Beijing 100044, China;

2. National Engineering Research Center for Rare Earth Materials, GRINM Group Corporation Limited, Beijing 100088, China)

Abstract: Rare earth is the general term of lanthanide, scandium and yttrium elements, which has unique properties. Rare earth materials are widely used in the national economy and national defense industry, and act as the key development direction of material science in China and also research emphasis and frontiers in the world. To analyze the research status and trends in the field of rare earth materials, based on the academic outputs during 2015 to 2020.7, the discipline distribution, main countries, institutions, research topics and hotspots have been analyzed and prospected based on Scopus database and Scival scientific research platform.

Key words: rare earth; Scival; Scopus; research hotspots